دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری
پژوهشنامه مدیریت حوزه آبخیز

ارزیابی اثر ارتفاع و درصد سطح پوشش نوارهای حائل گیاهی برکاهش انتقال رسوب

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

۱، ۳ و ۴ – دانش‌آموخته دکتری، استاد و دانشیار، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری
۲- دانشیار، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری (نویسنده مسوول: a.kavian@sanru.ac.ir)
تاریخ دریافت: ۹۵/۶/۹ تاریخ پذیرش: ۹۶/۱/۱۵

چکیده

فرسایش خاک یکی از جدی‌ترین مشکلات زیست محیطی در جهان می‌باشد. نوارهای حائل گیاهی شامل گیاهی خاص 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. تحقیق حاضر نیز با هدف بررسی تاثیر ارتفاع و درصد سطح پوشش گیاه بر کارایی نوارهای حائل گیاهی در کاهش انتقال رسوب به انجام رسیده است. این پژوهش با استفاده از کرت‌های آزمایشی ۱۰×۱ 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 لالیم ساری واقع در استان مازندران طی یک سال به انجام رسید. نتایج نشان داد که ارتفاع و سطح پوشش گیاه که در زمان‌های مختلف ممکن است متفاوت باشند، نقش قابل توجهی در کارایی نوار حائل گیاهی در کنترل غلظت رسوب دارد. همچنین مشاهده گردید که سطح پوشش گیاهی و تراکم و یکنواختی آن تأثیر بیشتری در کارایی نوارهای حائل گیاهی در کاهش غلظت رسوب معلق رواناب نسبت به ارتفاع دارد و در حقیقت، افزایش ارتفاع در بسیاری از گیاهان در نهایت منجر به افزایش سطح پوشش گیاه و در نتیجه افزایش کارایی نوارهای حائل گیاهی می‌گردد. در پایان نیز پیشنهاد گردید که به منظور افزایش شناخت و تاثیر نوارهای حائل گیاهی در محافظت از آب و خاک، عوامل دیگری نظیر بارندگی و رطوبت خاک که کارایی نوارهای حائل گیاهی را تحت تأثیر قرار می‌دهند نیز در پژوهش‌های آینده مورد مطالعه و بررسی قرار گیرند.

واژه‌های کلیدی: رواناب مصنوعی، غلظت رسوب، فرسایش خاک، لالیم، نوارهای حائل گیاهی

مقدمه

فرسایش خاک و تولید رسوب از جمله مسائل مهم در بسیاری از کشورهای در حال توسعه به شمار می‌رود (۱۱) فرسایش، انتقال رسوب، رسوب‌گذاری و وضعیت کیفیت آب از مسایل بسیار مهم در مدیریت حوزه‌های آبخیز می‌باشند. فرسایش خاک و انتقال رسوبات حاصل از فرسایش ضمن محدودسازی منابع آب و خاک، مشکلات اقتصادی و زیست‌محیطی زیادی را پدید می‌آورد (۲۵).

این مسأله عموما 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 (۱۸،۸). مطالعات انجام شده نشان می‌دهد که کاهش سالانه توانائی ذخیره سدهای جهان به دلیل ته‌نشین شدن رسوبات تقریباً ۰/۵ تا ۱ درصد حجم مخزن می‌باشد که برای بسیاری از سدها این مقدار بالاتر از ۴ تا ۵ درصد بوده و در نتیجه اغلب سدها قسمت اصلی توانائی ذخیره آب خود را در طول ۲۵ تا ۳۰ سال از دست می‌دهند (۲۷). حائل‌های گیاهی نوارهایی هستند که شامل انواع گیاهان نظیر علف‌ها، درختان و درختچه‌ها یا ترکیبی از آن‌ها می‌باشند که در پایین دست اراضی فرسایش‌پذیر و کشاورزی و در کناره رودخانه‌ها تعبیه می‌گردند (۴). به عبارت دیگر، نوارهای حائل گیاهی شامل گیاهی خاص 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 (۲۱). این نوارها معمولاً برای جریان‌های سطحی با شدت کم، تله‌اندازی رسوب، فیلتر کردن مواد مغذی و فراهم آوردن زیستگاه و شرایط مناسب برای آبزیان مورد استفاده قرار می‌گیرند (۲۹). زمانی که رواناب سطحی از یک نوار حائل گیاهی عبور می‌نماید، سرعت رواناب و خروجی آن کاهش می‌یابد چرا که زبری هیدرولیکی و نفوذ بالا می‌باشند که این موجب نگهداشت رسوب در طول نوار حائل می‌گردد. کنترل آلودگی در این روش توسط فرآیندهای طبیعی که آبشویی را افزایش می‌دهند و از سرریز جریان جلوگیری می‌نمایند، صورت می‌پذیرد. حائل‌ها زمانی بهترین عملکرد را دارند که جریان سطحی از لحاظ مکانی به صورت ورقه‌ای باشد (۹). کارایی نوارهای حائل گیاهی بسیار متغیر است و به عواملی نظیر رطوبت اولیه خاک، خصوصیات فیزیکی–شیمیایی آلاینده‌ها، خصوصیات پوشش گیاهی (تراکم، ارتفاع و یکنواختی)، نوع نوار گیاهی از لحاظ ترکیب، سن و عرض، حجم رواناب و خصوصیات منطقه ای که رواناب در آنجا تولید شده (شیب، اندازه و کاربری زمین) بستگی دارد (۲۱).

گیاه وتیور 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 (۲۵). این گیاه سریع الرشد است، ارتفاع آن۱۵۰–۵۰ سانتی‌متر و به گستردگی 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 (۱۰).

در گذشته پژوهش‌های بسیاری در زمینه تاثیر نوارهای حائل گیاهی بر کنترل کیفیت و کمیت رواناب صورت پذیرفته‌اند (۶،۷،۸،۱۳،۱۵،۱۶،۱۹،۲۳،۲،۳،۵) که در برخی از

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-11-08]
[DOI: 10.29252/jwmr.8.16.157]

آن‌ها پژوهشگران تلاش نموده‌اند تا یک دستورالعمل برای کاربرد نوارهای حائل گیاهی در کنترل کیفیت آب تهیه نمایند 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 و خاک بلکه در فواید دیگر آن به جهت نگهداری منطقه وسیعی از گیاهان طبیعی می‌دانند (۱۹). برخی محققین 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 غیر نقطه‌ای هستند (۵،۱۴،۲۳) در حالیکه خود خاک نیز می تواند تا حدودی این کاهش آلودگی را انجام دهد اما سیستم ترکیب خاک با گیاه بهترین عملکرد را خواهد داشت (۵). منکین و همکاران (۱۶) تاثیر نوع گیاه در کاهش مواد جامد را از یک رواناب شبیه‌سازی شده پس از عبور از نوار حائل گیاهی مورد ارزیابی قرار دادند و گزارش کردند که نوارهای حائل گیاهی بسیار در از بین بردن رسوب، نیتروژن و فسفر موجود در رواناب کارا هستند که این کارایی به شدت با نفوذ مرتبط است، همچنین نوع گیاه مورد استفاده در نوار حائل اثر قابل توجهی بر از بین بردن آلاینده‌ها دارد. گلابی و همکاران (۷) در گزارش نتایج تحقیق خود اعلام نمودند که سیستم وتیور نه تنها در کنترل فرسایش موثر است بلکه کیفیت رواناب را بهبود می‌بخشد. پان و شانگان (۲۲) به بررسی خصوصیات هیدرولیکی رواناب و تولید رسوب در کرت‌های شیبدار با پوشش گراس با استفاده از شبیه‌سازی باران پرداختند. نتایج نشان داد که در مقایسه با کرت لخت، کرت حاوی گراس به مقدار ۲۵-۱۴ درصد رواناب و ۹۵-۸۱ درصد رسوب کمتری دارد و نقش مهم‌تری را در کاهش رسوب در مرحله نهایی باران دارد. همچنین نتایج نشان داد که افزایش پوشش علف می‌تواند به طرز مؤثری هدررفت خاک را کاهش دهد و محیط‌زیست‌های اکولوژیکی را بهبود بخشد. لمبرچز (۱۲) طی پژوهشی تاثیر رشد گیاه و مورفولوژی آن را بر میزان کارایی نوارهای حائل گیاهی با استفاده از فلوم آزمایشی مورد بررسی قرار دادند که نتایج این تحقیق حاکی از افزایش پتانسیل تله‌اندازی رسوب توسط نوار حائل گیاهی پس از دو ماه رشد بود. همچنین بر اساس گزارش محققین فوق، رشد گیاه و توسعه آن مورفولوژی گیاه و پتانسیل تله‌اندازی رسوب توسط نوار حائل گیاهی را اصلاح نموده و بهبود بخشیده است. همچنین برخی دیگر از محققین با بررسی تاثیر نوارهای حائل گیاهی بر کاهش رواناب سطحی اعلام نمودند که کارایی نوارهای حائل گیاهی بسیار تحت تاثیر یکنواختی پوشش گیاهی این نوارها خصوصاً در ابتدای کاشت آن‌ها است (۱۶). استاتر و همکاران (۲۶) استقرار نوارهای حائل گیاهی بین اراضی کشاورزی و پیکره‌های آبی را مورد بررسی قرار دادند که در تحقیق ایشان پوشش کانوپی همبستگی بسیار خوبی (ضریب تبیین ۸۸-۷۰ درصد) با زدودن مواد مغذی و در نتیجه حفاظت خاک و آب نشان داد.

همانطور که از تحقیقات انجام شده بر می‌آید، اثربخشی نوارهای حائل گیاهی در کاهش آلودگی آب‌های سطحی به دفعات ثابت شده است اما تغییرات میزان این اثربخشی تحت تأثیر گونه گیاهی، سطح پوشش گیاهی و ارتفاع گیاه مورد استفاده در این نوارها بر کارایی نوارهای حائل گیاهی در کنترل انتقال رسوب اشاراتی شده است اما به جزئیات آن پرداخته نشده است. از آنجا که وجود دانش در زمینه شرایط لازم جهت رسیدن به حداکثر کارایی نوارهای حائل گیاهی در حفاظت آب و خاک خصوصاً در فاز اجرا ضروری می‌باشد، تحقیق حاضر با هدف بررسی تاثیر ارتفاع و درصد سطح پوشش گیاه بر کارایی نوارهای حائل گیاهی در کاهش انتقال رسوب به انجام رسیده است.

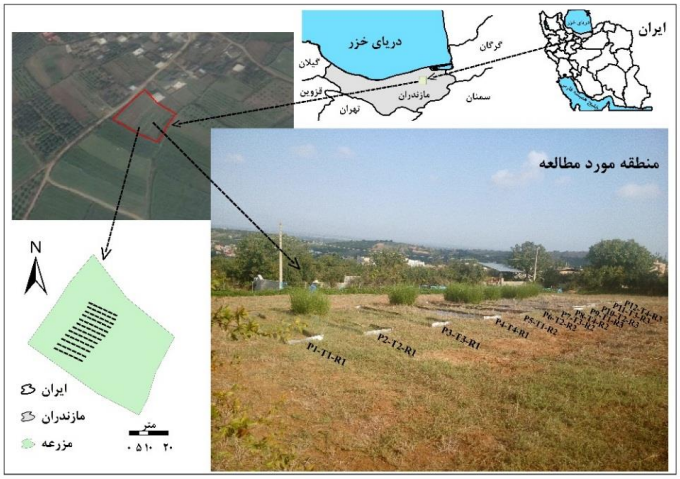
مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

عرصه این تحقیق بخشی از اراضی کشاورزی دیم منطقه میاندرود از توابع شهرستان ساری می باشد که در موقعیت جغرافیایی ۵۳ درجه و ۱۰ دقیقه ی طول شرقی و ۳۶ درجه و ۳۳ دقیقه عرض شمالی در نیمکره شمالی (۲۴) 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 می باشد. 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، ۱۷درجه سانتیگراد و ۷۷٪ می‌باشد.

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-11-08]

[DOI: 10.29252/jwmr.8.16.157]



شکل ۱- موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه
Figure 1. Location of the study area

طراحی آزمایش

به منظور ارزیابی کارایی نوارهای حائل گیاهی تحت تأثیر مراحل مختلف رشد گیاه در از بین بردن و یا کاهش انتقال رسوب توسط رواناب، از کرت‌های آزمایشی در قالب طرح آزمایشی بلوک‌های کامل تصادفی[1] 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)

در این پژوهش ۱۲ کرت آزمایشی ۱۰متر مربعی (۱×۱۰ متر) با شیب ۱۵٪ که به وسیله ورق‌های گالوانیزه تا عمق ۱۰ سانتیمتر از محیط اطراف جدا گشتند، ایجاد و استفاده شد (۱۱، ۱۴) (شکل ۲).



شکل ۲- نحوه آماده‌سازی و قرار گرفتن گونه‌های گیاهی مورد آزمایش در کرت‌های آزمایشی
Figure 2. Preparation and installation of the studied plant species in the plots

تولید رواناب مصنوعی

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).

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

تداوم بارش (دقیقه)	دوره بازگشت (سال)					
	۲	۵	۱۰	۲۵	۵۰	۱۰۰
۱۰	۳۲/۹	۴۷/۴	۵۴/۸	۶۲/۸	۷۲/۴	٪۸/۶

1- Randomized Complete Blocks Design (RCBD)

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-11-08]

[DOI: 10.29252/jwmr.8.16.157]

همانطور که اشاره شد مساحت کرت‌های آزمایشی ۱۰ مترمربع می‌باشد، بنابراین شدت رواناب با دوره بازگشت ۱۰۰ سال ۷۸۶ لیتر بر ساعت محاسبه گردید که به طور تقریبی ۸۰۰ لیتر بر ساعت به ترتیب به مدت ۱۰ دقیقه توسط پمپ تولید و وارد کرت‌های آزمایشی گردید.

اندازه‌گیری ارتفاع و در صد سطح پوشش گیاهان

به منظور تعیین تاثیر ارتفاع و درصد سطح پوشش گیاهان بر کارایی نوارهای حائل گیاهی مورد مطالعه، پارامترهای مذکور در طول دوره آزمایش و در زمان نمونه‌برداری برای دو گونه گیاهی مورد آزمایش اندازه‌گیری شدند (۱۷).

نمونه‌برداری رواناب

نمونه‌برداری 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 به‌طوری‌که نمونه‌برداری از بهمن ماه سال ۱۳۹۳ آغاز و در دی ماه سال ۱۳۹۴ پایان یافت. به منظور اندازه‌گیری دقیق میزان رسوب معلق، در هر نوبت نمونه‌برداری یک نمونه رواناب توسط ظروف ۱/۵ لیتری برداشت و به آزمایشگاه انتقال داده شد (۱۴) (شکل ۳).



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

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

اندازه‌گیری غلظت رسوب

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 (۱۴):

$$TSS = \frac{M}{V} \qquad \text{رابطه (۱)}$$

که در آن M وزن مواد جامد پس از خشک کردن نمونه (میلی گرم) و V حجم نمونه آب (لیتر) می باشد.

کارایی نوارهای حائل گیاهی در کاهش آلاینده‌های رواناب

کارایی نوارهای حائل گیاهی مورد آزمایش (تیمارها) در کاهش غلظت رسوب معلق موجود در رواناب با استفاده از رابطه (۲) محاسبه شد (۱۴):

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

که در آن T_i کارایی تیمار i برای کاهش غلظت رسوب معلق (٪)، P_i میزان غلظت رسوب معلق در نمونه آب تیمار i و P_1 میزان غلظت رسوب معلق در نمونه آب تیمار شاهد است.

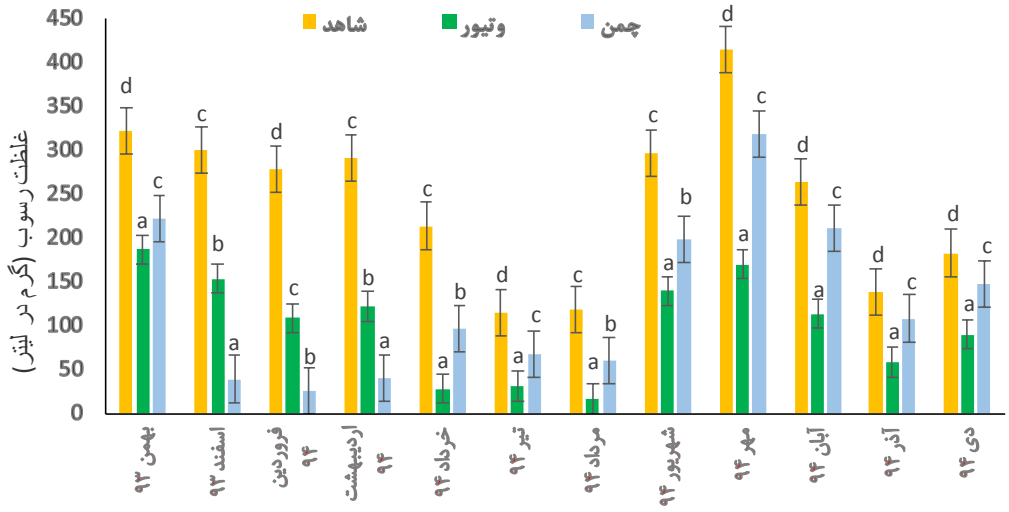
نتایج و بحث

تغییرات غلظت رسوب معلق

نتایج تجزیه و تحلیل آماری نشان داد که بین میانگین غلظت رسوب تیمار شاهد و دو تیمار دیگر اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۱٪ وجود دارد. همانطور که شکل (۴) و جدول (۲) نشان می‌دهند در کلیه ماه‌های نمونه‌برداری، تیمار شاهد بیشترین میانگین غلظت رسوب را داراست اما در مورد کمترین میزان غلظت رسوب که نشان دهنده عملکرد مناسب نوار حائل گیاهی است، نوار حاوی چمن در ماه‌های دوم، سوم و چهارم و در باقی ماه‌های نمونه برداری نوار حاوی وتیور کمترین میزان غلظت رسوب معلق را با اختلاف معنی‌دار نسبت به دیگر تیمارها نشان دادند.

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-11-08]

[DOI: 10.29252/jwmr.8.16.157]



شکل ۴- مقایسه میانگین غلظت رسوب معلق خروجی از نوارهای حائل گیاهی مورد مطالعه در طول دوره آزمایش

Figure 4. Comparison of outflow sediment concentration means during the study period

جدول ۲- مقادیر میانگین غلظت رسوب در تیمارهای مورد بررسی در طول دوره آزمایش

Table 2. Means of sediment concentration in the three studied treatments during the study period

ماه	بهمن ۹۳	اسفند ۹۳	فروردین ۹۴	اردیبهشت ۹۴	خرداد۹۴	تیر ۹۴	مرداد ۹۴	شهریور ۹۴	مهر ۹۴	آبان ۹۴	آذر ۹۴	دی ۹۴
تیمار	غلظت رسوب (میلی‌گرم در لیتر)											
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	۱۵۳/۱۸	۱۰۸/۲۹	۱۲۱/۹۱	۲۷/۷۷	۳۱/۱۱	۱۶/۵۸	۱۳۹/۴۳	۱۶۹/۷۵	۱۱۳/۳۱	۵۸/۲۸	۸۹/۵۰
چمن	۲۲۲/۴۹	۳۹/۰۵	۲۴/۹۹	۴۰/۶۴	۹۶/۱۲	۶۷/۹۹	۶۰/۴۱	۱۹۸/۷۶	۳۱۸/۸۰	۲۱۰/۸۰	۱۰۸/۲۳	۱۴۷/۹۵

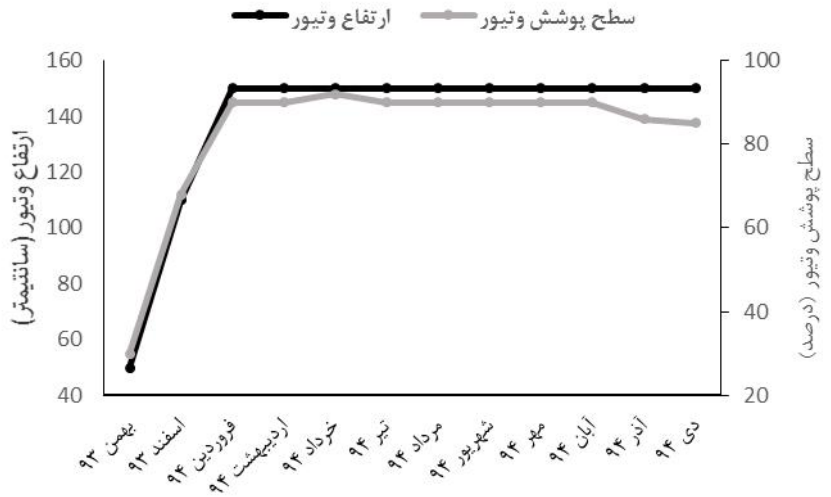
شکل (۴) و جدول (۲) همچنین نشان می‌دهند که در چهار ماه انتهایی آزمایش، میانگین غلظت رسوب معلق خروجی از کلیه کرت‌های آزمایشی افزایش قابل توجهی داشته است که حاصل از انباشته شدن رسوب در نوارهای حائل به مرور زمان است. با توجه به این نتیجه می‌توان گفت که نوارهای حائل گیاهی با گذشت زمان می‌توانند به عنوان منبع رسوب نیز ایفای نقش نمایند. این نتیجه با نتایج اوسبورن و کوواچیچ (۲۰)، باتارای و همکاران (۱) و استاتر و همکاران (۲۶) مطابقت دارد. البته در چهار ماه مورد اشاره (از ماه نهم تا دوازدهم) مجدداً شاهد یک روند نزولی در میزان غلظت رسوب معلق می‌باشیم که البته این نتیجه منافاتی با نتایج مربوط به ایفای نقش نوارهای حائل گیاهی به عنوان منبع رسوب در این چهار ماه ندارد و علت آن بارندگی زیاد در طول ماه نمونه‌برداری – بر اساس آمار موجود بارندگی– و در نتیجه شسته شدن آلاینده ها از سطح کرت‌ها بوده است.

تغییرات ارتفاع گیاه-درصد سطح پوشش گیاهی

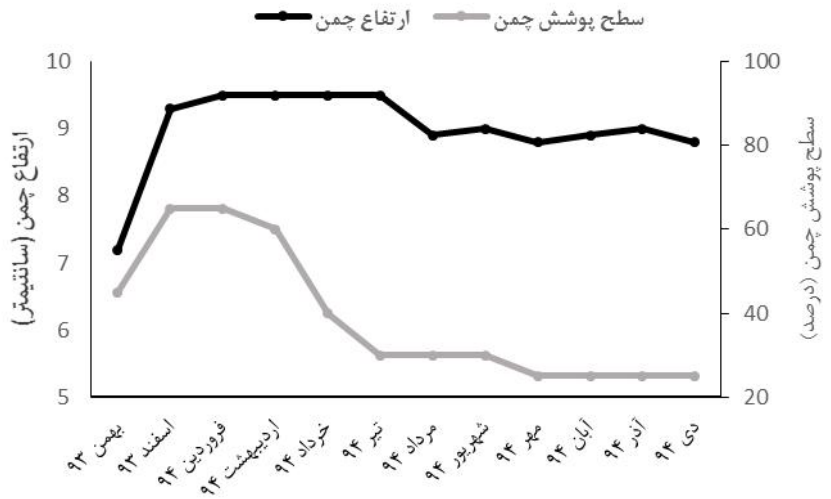
اشکال (۵) و (۶) نحوه تغییر ارتفاع گیاه و درصد سطح پوشش گیاهی را به ترتیب برای گیاه وتیور و چمن در طول دوره آزمایش نشان می‌دهند. همانطور که در شکل (۵) مشاهده می‌گردد ارتفاع و سطح پوشش گیاهی وتیور در سه ماه ابتدایی آزمایش یک روند صعودی قابل توجه را طی نموده‌اند و از ماه چهارم تا انتهای آزمایش تقریباً ثابت باقی مانده‌اند که علت آن مقاوم بودن این گیاه در شرایط مختلف آب و هوایی و همچنین خوش‌خوراک نبودن آن برای دام می‌باشد. اما برای گیاه چمن این روند صعودی ارتفاع و درصد سطح پوشش گیاهی در دو ماه ابتدایی آزمایش برقرار است. ارتفاع چمن از ماه سوم تا ششم تقریباً ثابت بوده و پس از آن با یک افت نسبی در ماه هفتم مواجه است و تا پایان دوره آزمایش تغییر قابل توجهی نشان نداد. درصد سطح پوشش گیاهی برای گیاه چمن نیز پس از طی یک روند صعودی قابل توجه در دو ماه ابتدایی آزمایش، تا ماه چهارم افت ناچیزی را نشان داد اما از ماه چهارم این افت بسیار شدید گردید و تا ماه هشتم ادامه داشت و پس از آن مجدداً در ماه نهم کاهش یافت و تا انتهای آزمایش تقریباً ثابت باقی ماند (شکل ۶). دلیل کاهش ارتفاع متوسط و همچنین درصد سطح پوشش گیاهی چمن را می‌توان در ابتدا چرای دام و سپس نامساعد شدن شرایط آب و هوایی برای رشد و بقای چمن دانست.

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-11-08]

[DOI: 10.29252/jwmr.8.16.157]



شکل ۵- تغییرات ارتفاع و سطح پوشش گیاهی وتیور در طول دوره آزمایش
Figure 5. Variations of the vegetation cover and height of vetiver during the study period



شکل ۶- تغییرات ارتفاع و سطح پوشش گیاهی چمن در طول دوره آزمایش
Figure 6. Variations of the vegetation cover and height of turf-grass during the study period

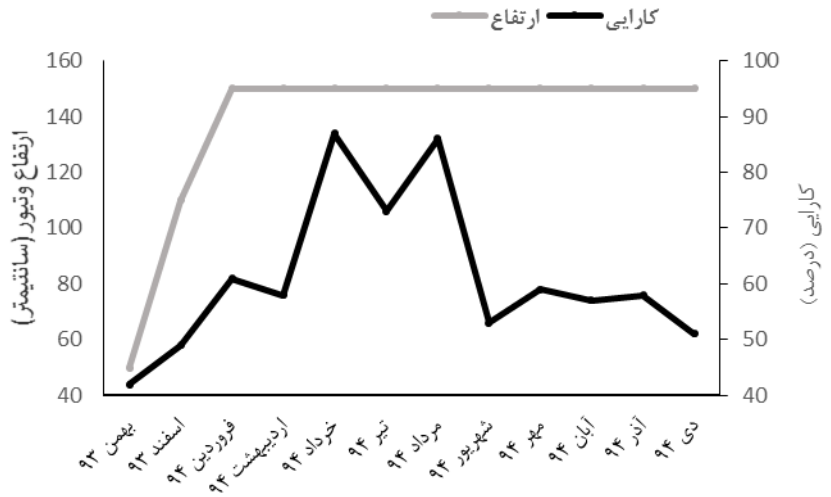
ارتفاع گیاه-کارایی نوار حائل گیاهی

پس از محاسبه کارایی نوارهای حائل گیاهی مورد آزمایش در کاهش میزان غلظت رسوب معلق نمودارهای تغییرات کارایی این نوارها در طول دوره آزمایش و نسبت به تغییرات ارتفاع و سطح پوشش گیاهان مورد مطالعه تهیه و تفسیر گردیدند.

شکل (۷) تغییرات کارایی نوارهای حائل گیاهی حاوی وتیور و همچنین ارتفاع گیاه وتیور در طول دوره آزمایش را نشان می‌دهد. مشاهده می‌گردد که در سه ماه ابتدایی ارتفاع گیاه وتیور روند صعودی قابل توجهی داشته است در حالی‌که از ماه سوم تا انتهای آزمایش ارتفاع آن ثابت باقی مانده است.

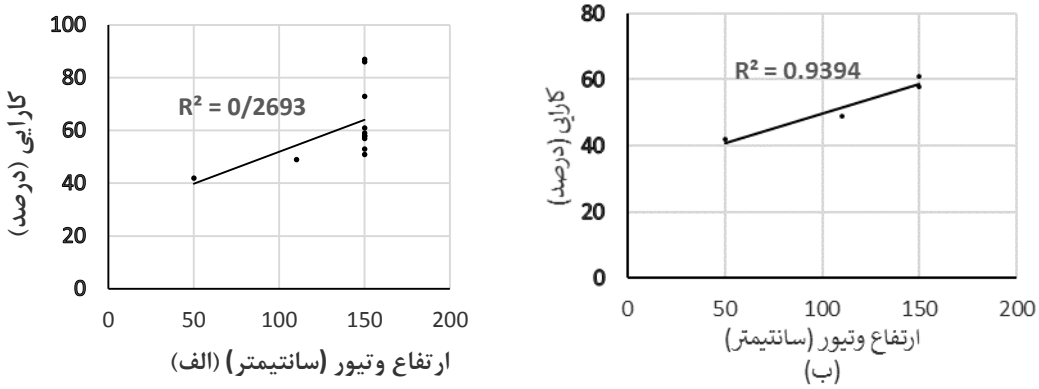
[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-11-08]

[DOI: 10.29252/jwmr.8.16.157]



شکل ۷- تغییرات کارایی نوارهای حائل گیاهی حاوی وتیور و ارتفاع گیاه وتیور در طول دوره آزمایش
Figure 7. Variations of the efficiency of vetiver buffer strips and vetiver grass height during the study period

کارایی نوار حائل حاوی وتیور نیز تقریباً در سه ماه ابتدایی آزمایش روند صعودی دارد اما پس از ماه سوم علیرغم اینکه ارتفاع گیاه وتیور تغییری ننموده است، کارایی نوار حائل در کاهش غلظت رسوب روند منظمی را نشان نمی‌دهد. دلیل این بی‌نظمی را می توان عوامل دیگر مؤثر در کارایی نوارهای حائل گیاهی مانند میزان بارندگی، رطوبت خاک و غیره (۲۱) دانست. افت شدید کارایی نوار حاوی وتیور در پنج ماه انتهایی آزمایش نیز به دلیل تجمع رسوب در این نوارها در هفت ماه گذشته می‌باشد و همانطور که در بخش غلظت رسوب نیز اشاره شد، با توجه به این نتیجه می‌توان گفت که نوارهای حائل گیاهی با گذشت زمان می‌توانند به عنوان منبع رسوب نیز ایفای نقش نمایند.



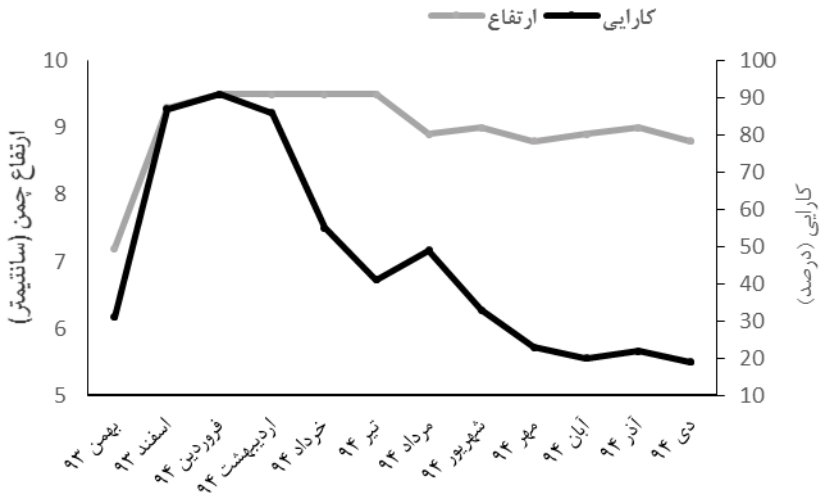
شکل ۸- الف) تغییرات کارایی نوارهای حائل گیاهی حاوی وتیور و ارتفاع گیاه وتیور در طول دوره آزمایش ب) تغییرات کارایی نوارهای حائل گیاهی حاوی وتیور و ارتفاع گیاه وتیور در چهار ماه ابتدایی آزمایش
Figure 8. (a) Variations of the efficiency of vetiver buffer strips and vetiver grass height during the study period (b) Variations of the efficiency of vetiver buffer strips and vetiver grass height during the first four months of the study

بررسی همبستگی بین کارایی نوارهای حائل گیاهی حاوی وتیور نشان داد که در طول کل دوره آزمایش همبستگی خوبی بین این دو پارامتر وجود ندارد که دلیل این موضوع دخیل بودن عوامل دیگر مؤثر بر کارایی نوارهای حائل گیاهی در کاهش غلظت رسوب و همچنین تغییرات درصد سطح پوشش گیاهی می‌باشد. اما نتایج به‌دست آمده برای چهار ماه ابتدایی آزمایش همبستگی بسیار خوبی بین کارایی نوارها و ارتفاع گیاه وتیور نشان می دهد (شکل ۸) چرا که در این چهار ماه رشد و افزایش ارتفاع گیاه وتیور، رشد عرضی و تراکم ساقه را هم به دنبال دارد (۱۰).

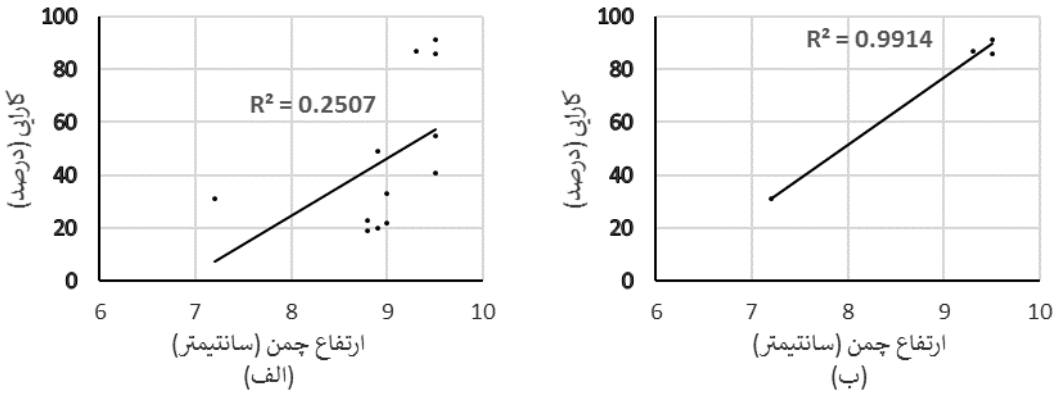
اشکال (۹) و (۱۰) نیز به ترتیب تغییرات کارایی نوار حائل چمن و ارتفاع این گیاه و همچنین همبستگی این دو پارامتر را نشان می‌دهند.

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-11-08]

[DOI: 10.29252/jwmr.8.16.157]



شکل ۹- تغییرات کارایی نوارهای حائل گیاهی حاوی چمن و ارتفاع گیاه چمن در طول دوره آزمایش
Figure 9. Variations of the efficiency of turf grass buffer strips and turf grass height during the study period



شکل ۱۰- الف) تغییرات کارایی نوارهای حائل گیاهی حاوی چمن و ارتفاع گیاه چمن در طول دوره آزمایش ب) تغییرات کارایی نوارهای حائل گیاهی حاوی چمن و ارتفاع گیاه چمن در چهار ماه ابتدایی آزمایش
Figure 10. (a) Variations of the efficiency of turf grass buffer strips and turf grass height during the study period (b) Variations of the efficiency of turf grass buffer strips and turf grass height during the first four months of the study

همانطور که مشاهده می‌شود، پس از طی روند صعودی در سه ماه ابتدایی آزمایش، کارایی نوار حائل حاوی چمن یک روند نزولی شدید را تا انتهای دوره آزمایش طی می‌نماید (شکل ۹). با توجه به ثابت بودن ارتفاع این گیاه در طول دوره نزولی مذکور، می‌توان اشاره نمود که کاهش سطح پوشش گیاهی عمده‌ترین دلیل افت کارایی این نوار در کاهش غلظت رسوب معلق در کنار دیگر عوامل مؤثر در کارایی نوارهای حائل گیاهی (۲۱) می باشد (شکل ۶) که این نتیجه با نتایج به‌دست آمده توسط (۱۶) همخوانی دارد.

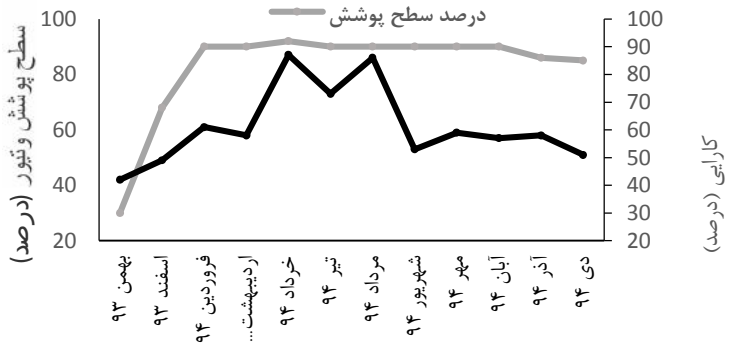
بررسی همبستگی کارایی نوار حائل گیاهی و ارتفاع چمن نیز به مانند وتیور نتیجه مطلوبی در کل دوره آزمایش به همراه نداشت اما در چهار ماه ابتدایی آزمایش، این همبستگی بسیار قوی بود (شکل ۱۰)، چرا که همانطور که اشاره شد (شکل ۶) درصد سطح پوشش گیاهی پس از ماه چهارم دچار افت شدیدی گردیده و کارایی نوار حائل را تحت تأثیر قرار داده است.

سطح پوشش گیاهی-کارایی نوار حائل گیاهی

همانطور که شکل (۱۱) نشان می‌دهد کارایی نوار حائل حاوی وتیور نیز تقریباً در سه ماه ابتدایی آزمایش روند صعودی دارد اما پس از ماه سوم علیرغم اینکه درصد سطح پوشش گیاه تقریباً ثابت است، کارایی نوار حائل در کاهش غلظت رسوب روند منظمی را نشان نمی‌دهد. همانطور که در بررسی ارتفاع گیاه نیز اشاره شد، دلیل این بی‌نظمی عوامل دیگر مؤثر در کارایی نوارهای حائل گیاهی مانند میزان بارندگی، رطوبت خاک و غیره (۲۱) می‌باشند. افت شدید کارایی نوار حاوی وتیور در پنج ماه انتهایی آزمایش نیز به دلیل تجمع رسوب در این نوارها در هفت ماه ابتدایی آزمایش می‌باشد که با توجه به این نتیجه می‌توان گفت که نوارهای

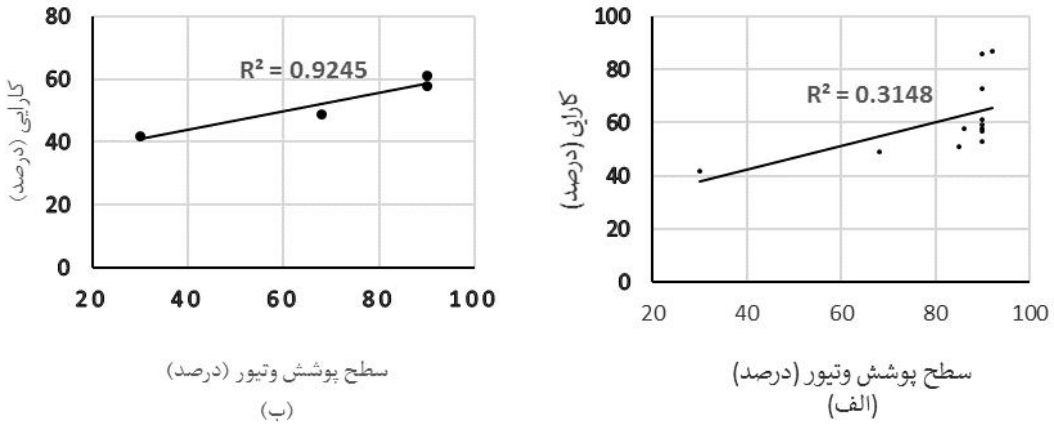
[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-11-08]
[DOI: 10.29252/jwmr.8.16.157]

حائل گیاهی با گذشت زمان می‌توانند به عنوان منبع رسوب نیز ایفای نقش نمایند که این نتیجه نیز با نتایج اوسبورن و کوواچیچ (۲۰)، باتارای و همکاران (۱) و استاتر و همکاران (۲۶) مطابقت دارد.



شکل ۱۱- تغییرات کارایی نوارهای حائل گیاهی حاوی وتیور و درصد سطح پوشش گیاهی وتیور در طول دوره آزمایش
Figure11. Variations of the efficiency of vetiver buffer strips and vetiver grass vegetation cover during the study period

بررسی همبستگی بین کارایی نوارهای حائل و سطح پوشش وتیور نیز تنها در چهار ماه ابتدایی آزمایش نتایج خوبی به همراه داشت (شکل ۱۲) چرا که عوامل دیگر مؤثر بر کارایی نوارهای حائل گیاهی در کاهش غلظت رسوب از ماه چهارم به بعد کارایی نوارها را تحت تأثیر قرار داده‌اند بایستی در مطالعات دیگر مورد بررسی قرار گیرند.

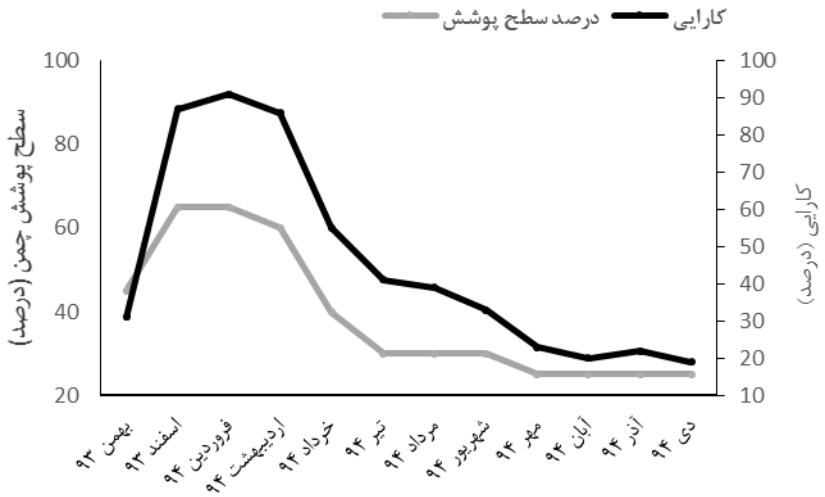


شکل ۱۲- الف) تغییرات کارایی نوارهای حائل گیاهی حاوی وتیور و درصد سطح پوشش گیاه وتیور در طول دوره آزمایش ب) تغییرات کارایی نوارهای حائل گیاهی حاوی وتیور و درصد سطح پوشش گیاه وتیور در چهار ماه ابتدایی آزمایش
Figure 12. (a) Variations of the efficiency of vetiver buffer strips and vetiver grass vegetation cover during the study period (b) Variations of the efficiency of vetiver buffer strips and vegetation cover height during the first four months of the study

بیشترین ارتباط و همبستگی در کل نتایج به‌دست آمده در این آزمایش بین کارایی نوار حائل چمن و درصد سطح پوشش گیاه چمن مشاهده گردید به طوری‌که با افزایش درصد سطح پوشش گیاهی، کارایی نوار حائل حاوی چمن نیز افزایش و با کاهش درصد سطح پوشش گیاهی، کارایی نوار حائل حاوی چمن نیز در طول دوره آزمایش کاهش یافت (شکل ۱۳). همچنین همبستگی بسیار خوبی بین دو پارامتر کارایی و درصد سطح پوشش گیاهی در کلیه ماه‌های آزمایش برای نوار حائل حاوی چمن مشاهده گردید (شکل ۱۴).

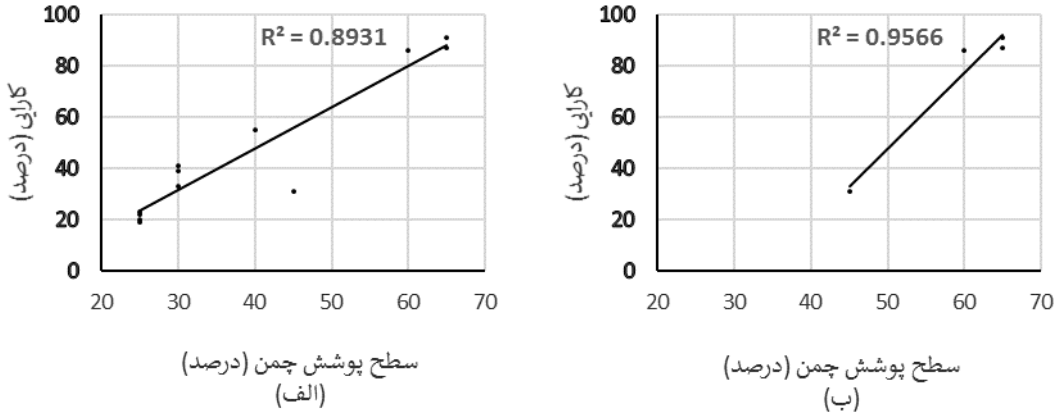
[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-11-08]

[DOI: 10.29252/jwmr.8.16.157]



شکل ۱۳- تغییرات کارایی نوارهای حائل گیاهی حاوی چمن و درصد سطح پوشش گیاهی چمن در طول دوره آزمایش

Figure13. Variations of the efficiency of turf grass buffer strips and turf grass vegetation cover during the study period



شکل ۱۴- الف) تغییرات کارایی نوارهای حائل گیاهی حاوی چمن و درصد سطح پوشش گیاه چمن در طول دوره آزمایش ب) تغییرات کارایی نوارهای حائل گیاهی حاوی چمن و درصد سطح پوشش گیاه چمن در چهار ماه ابتدایی آزمایش

Figure14. (a) Variations of the efficiency of turf grass buffer strips and vegetation cover during the study period (b) Variations of the efficiency of turf grass buffer strips and vegetation cover during the first four months of the study

با نگاهی به نتایج به‌دست آمده می‌توان دریافت که دو ماه پس از کاشت گیاهان، نوارهای حائل گیاهی مورد آزمایش تاثیر قابل توجهی بر کاهش غلظت رسوب معلق موجود در رواناب و در نتیجه حفاظت آب و خاک داشته‌اند که این نتیجه با نتایج بسیاری از محققین همخوانی دارد (۲،۶،۸،۱۳،۱۵،۲۳، ۲۸). نتایج نشان داد که با گذشت زمان و تجمع رسوب در نوارهای حائل گیاهی، کارایی این نوارها کاهش می‌یابد که البته این اتفاق در نوارهای حائل حاوی وتیور کمتر از چمن احساس شد. این نتیجه با نتایج اوسبورن و کوواچیچ (۲۰)، باتارای و همکاران (۱) و استاتر و همکاران (۲۶) مطابقت دارد. به منظور مقابله با این موضوع برداشت و کوتاه نمودن دوره‌ای گیاه به عنوان راهکاری موثر به منظور مقابله با این موضوع توصیه می گردد.

همانطور که مشاهده شد ارتفاع و سطح پوشش گیاه که در زمان‌های مختلف ممکن است متفاوت باشند، نقش قابل توجهی در کارایی نوار حائل گیاهی در کنترل غلظت رسوب دارد به‌طوری‌که هر چه از زمان کاشت گیاهان سپری شد (تا ماه چهارم) گیاه وتیور با افزایش ارتفاع و تراکم ساقه و در نتیجه 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 بورین و همکاران (۲) همسو است. اما نوع گیاه استفاده شده در نوارهای حائل گیاهی مورد مطالعه در این تحقیق نیز تاثیر قابل توجهی در ارتباط بین کارایی نوارها و پارامترهایی نظیر ارتفاع گیاه و درصد سطح پوشش آن نشان

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-11-08]

[DOI: 10.29252/jwmr.8.16.157]

داد به‌طوری‌که درصد سطح پوشش گیاهی برای گیاه چمن نقش بسیار پررنگ‌تری در میزان کارایی نوار حائل گیاهی در کاهش میزان غلظت رسوب ارائه نمود اما در مورد ارتفاع گیاه چمن چنین نتیجه‌ای به دست نیامد که این نتیجه با نتایج به دست آمده توسط منکین و همکاران (۱۵) مطابقت دارد.

نتیجه مهم دیگر اینکه سطح پوشش گیاهی و تراکم و یکنواختی آن تأثیر بیشتری در کارایی نوارهای حائل گیاهی در کاهش غلظت رسوب معلق رواناب نسبت به ارتفاع دارد و در حقیقت، افزایش ارتفاع در بسیاری از گیاهان در نهایت منجر به افزایش سطح پوشش گیاه و در نتیجه افزایش کارایی نوارهای حائل گیاهی می‌گردد. بنابراین یکنواختی پوشش گیاهی خصوصاً در ابتدای کاشت گیاه در حصول کارایی بیشتر نوارهای حائل گیاهی از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است که این نتیجه نیز با نتایج میلان و همکاران (۱۶) همسو است.

در این مطالعه مشاهده گردید که عوامل دیگری غیر از ارتفاع و سطح پوشش گیاهی نظیر بارندگی و رطوبت خاک، کارایی نوارهای حائل گیاهی را تحت تأثیر قرار می‌دهند که پیشنهاد می‌گردد در مطالعات آینده مورد بررسی قرار گیرند. همچنین انجام تحقیقاتی در زمینه نفوذپذیری خاک تحت تاثیر نوارهای حائل گیاهی مختلف و تاثیر آن بر شدت تولید رواناب و همچنین میزان جذب آلاینده‌ها توسط پوشش گیاهی در نوار حائل گیاهی می‌تواند کمک شایانی در جهت افزایش شناخت و تاثیر این نوارها در محافظت از آب و خاک نماید.

منابع

1. 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.
2. Borin, M., M. Passoni, M. Thiene and T. Tempesta. 2010. Multiple functions of buffer strips in farming areas. Europ. J. Agronomy, 32: 103-111.
3. 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.
4. Dabney, S.M. 2003. Erosion control, vegetative. Encyclopaedia of Water Science. Marcel Dekker, Madison Ave, New York, USA.
5. Delgado, A.N., E.L. Periago and F.D. Viqueira. 1995. Vegetated filter strips for wastewater purification: a review. Bioresource Technology, 51: 13-22.
6. 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.
7. 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 J.T., 9(1): 63-70.
8. 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.
9. Hussein, J., B. Yu, H. Ghadiri and C. Rose. 2007. Prediction of surface flow hydrology and sediment retention upslope of a vetiver buffer strip. Journal of Hydrology, 338: 261-272.
10. Iranian association for vetiver promotion 2008. Vetiver system to prevent and treatment of chemical pollutions of water and soil (In Persian).
11. Kashi Zenouzi, L., H. Ahmadiand and A.A. Nazari Samani. 2015. Using Statistical Hydrogeomorphology Method for Estimating Sediment Yield of Watersheds (Case study: Zonouz Chay and Zilber Chay watersheds). Journal of Watershed Management Research, 6(12): 166-174. (In Persian)
12. Kelarestaghi, A.A., H. Ahmadi, A. Esmaeili Ori and J. Ghodusi. 2008. Comparison of runoff and sediment production in various agricultural landuse treatments. Iran-Watershed Management Science and Engineering, 2(5): 41-52 (In Persian).
13. Lambrechts, T., S. Francois, S. Lutts, R. Munoz-Carpena and C. Bielders. 2014. Impact of plant growth and morphology and of sediment concentration on sediment retention efficiency of vegetative filter strips: Flume experiments and VFSMOD modeling. Journal of Hydrology, 511: 800-810.
14. 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.
15. 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.
16. 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.
17. 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, Part B, 48: 1021-1033.
18. Mohammadi Golrang, B., Gh. Gazanchian, R. Ramzani Moghadam, H. Falahati, H. Rouhani and M. Mashayekhi. 2008. Estimation of forage yields of some range plant species by plant height and diameter measurements. Iranian journal of Range and Desert Reseach, 15(2): 158-178.
19. Morgan, R.P.C. 1995. Soil erosion and conservation, 2nd edn. Longman, Addison.
20. Norris, V. 1993. The use of buffer zones to protect water quality: A review. Water Resources

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-11-08]

[DOI: 10.29252/jwmr.8.16.157]

Management, 7: 257-272.
21. Osborne, L.L. and D.A. Kovacic. 1993. Riparian vegetated buffer strips in water-quality restoration and stream management. freshmler Biology, 29: 243-258.
22. 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.
23. Pan, Ch. and Z. Shangguan. 2006. Runoff hydraulic characteristics and sediment generation in sloped grassplots under simulated rainfall conditions. Journal of Hydrology, 331: 178-185.
24. 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. Pestic. Sci., 49: 243-251.
25. Ramezanipour, E., A. Mosaedi and M. Mesdaghi. 2017. Determination of the Best Model for Estimation of Suspended Sediment by using Statistical Error Criteria (Case study: Some Sub-Watersheds of Kashaf Roud). Journal of Watershed Management Research, 8(15): 166-174 (In Persian).
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. Shooshtarian, S. and A. Tehranifar. 2011. Introducing the vetiver grass. Journal of Iranian Agricultural Science, 170 pp.
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. Verstraeten, G., J. Poesen, J.D. Vente and X. Koninckx. 2003. Sediment yield variability in Spain: a quantitative and semiqualitative analysis using reservoir sedimentation rates. Geomorphology, 50: 312- 327.
30. 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.
31. 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.

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-11-08]

[DOI: 10.29252/jwmr.8.16.157]

Evaluating the Effects of height and Canopy of Vegetative Buffer Strips on Sediment Transport Reduction

Iman Saleh[1], Ataollah Kavian [2], Mahmoud Habibnezhad Roshan[3] and Zeinab Jafarian[4]

1, 3 and 4- Graduated Ph.D. Student, Professor and Associate Professor, Faculty of Natural Resources, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University
2- Associate Professor, Faculty of Natural Resources, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University
(Corresponding author: a.kavian@sanru.ac.ir)
Received: 30 August 2016 Accepted: 4 April 2017

Abstract

Soil erosion is one of the most serious environmental issues in the world. 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 plant height and canopy 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. The results indicated that, plant height and canopy which may be different in various time periods, have a considerable role in the efficiency of vegetative buffer strips to control sediment concentration. Also, it was found that the efficiency of vegetative buffer strips to reduce suspended sediment concentration of runoff is more affected by canopy and uniformity of plant density than plant height. In fact, increasing height in most of plants ultimately would cause to increase canopy and consequently the efficiency of vegetative buffer strips. Finally, it was suggested to do more studies on the other factors such as precipitation and soil moisture affecting the efficiency of vegetative buffer strips in order to improve understanding and effectiveness of vegetative buffer strips in water and soil conservation.

Keywords: Artificial runoff, sediment concentration, soil erosion, Lalim, vegetative buffer strips

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-11-08]

[DOI: 10.29252/jwmr.8.16.157]