

بررسی آزمایشگاهی اثر پوشش گیاهی در جلوگیری از فرسایش خاک در حوزه‌های آبخیز

علی‌رضا مسجدی^۱، استادیار گروه آبیاری، واحد اهواز، دانشگاه آزاد اسلامی
منوچهر فتحی‌مقدم، دانشیار دانشکده مهندسی علوم آب، دانشگاه شهید چمران اهواز

پذیرش مقاله: ۱۳۸۸/۰۶/۲۷

دریافت مقاله: ۱۳۸۸/۰۱/۲۲

چکیده

وجود پوشش گیاهی در هر منطقه‌ای باعث کاهش سرعت جریان‌های سطحی و جلوگیری از فرسایش خاک می‌شود، بنابراین پوشش گیاهی تاثیر قابل ملاحظه‌ای بر کاهش سیلاب‌های مخرب خواهد داشت. یکی از روش‌های حفاظت از فرسایش در حوزه‌های آبخیز سیل‌زا، استفاده از روش زیستی است. وجود پوشش گیاهی در حوزه‌های آبخیز، باعث کاهش سرعت جریان در هنگام سیلابی و جلوگیری از فرسایش خاک می‌شود. اندام‌های بیرونی گیاهان موجب افزایش زبری و کاهش سرعت جریان آب و در نتیجه کاهش انرژی تنش برشی آن می‌شود. از عوامل مهمی که مقاومت هیدرولیکی گیاهان با آن بیان می‌شود، ضریب زبری است. اندازه‌گیری ضریب زبری گیاهان و بررسی تاثیر آن‌ها در کاهش سرعت و تنش برشی جریان، از اهمیت خاصی برخوردار است. یکی از گونه‌های مناسب برای تثبیت و حفاظت خاک، گیاه گز است. این گیاه نسبت به شرایط مختلف مقاوم، و به آسانی در محل مورد نظر استقرار می‌یابد. گز از جمله گیاهانی است که دارای برگ‌های سوزنی بوده، اندام بیرونی آن‌ها به دلیل زبری، باعث کاهش سرعت جریان و جلوگیری از فرسایش خاک می‌شود. در این تحقیق، با استفاده از مدل آزمایشگاهی ضریب زبری اندام بیرونی گیاه گز و تاثیر آن در کاهش سرعت جریان بررسی شده است. گز، در شرایط غیر مستغرق و زیر بحرانی در فلوم شیشه‌ای به طول ۱۲/۶ متر، عرض ۰/۵ متر و ارتفاع ۰/۶ متر با سرعت، دبی و عمق‌های مختلف آزمایش شد. ارتفاع گیاه در این، تحقیق ۳۵ سانتی‌متر و با آرایش طبیعی و تصادفی در بازه‌ای از فلوم به طول ۲/۸ متر در کف فلوم قرار داده شد. ۲۲ نوع آزمایش در این تحقیق صورت گرفت. با توجه به آزمایش‌های انجام شده بر روی مدل فیزیکی و نمودارهای به دست آمده، می‌توان نتیجه گرفت ضریب زبری این گیاه، تابعی از شرایط جریان، نظیر سرعت، عمق و شعاع هیدرولیکی و همچنین تابعی از نوع و پوشش گیاهی است؛ همچنین گیاه گز به دلیل زبری بالا، گزینه مناسبی برای کاهش سرعت جریان و جلوگیری از فرسایش خاک به شمار می‌رود.

واژه‌های کلیدی: جریان سطحی، ضریب زبری، گز، فلوم، مقاومت جریان

مقدمه

علاقه به سامان‌دهی و جلوگیری از فرسایش خاک و انتقال بار رسوب به مخازن سدها، روز به روز از طرف مراکز عمرانی و آبخیزداری در حال افزایش است. یکی از مشکلات اساسی در حوزه‌های آبخیز، فرسایش خاک در زمان جاری شدن آب‌های سطحی و انتقال بار رسوب به پائین‌دست است. یکی از روش‌های حفاظت از خاک، روش زیستی است. وجود پوشش گیاهی در حوزه‌های آبخیز باعث کاهش سرعت جریان در هنگام سیلابی و جلوگیری از فرسایش خاک می‌شود. اندام‌های بیرونی گیاهان باعث افزایش زبری و کاهش سرعت جریان آب و در نتیجه کاهش انرژی تنش برشی آن می‌شود. در واقع، انرژی آب در محل دیواره‌ها با انعطاف‌پذیری پوشش گیاهی مستهلک می‌شود و مقاومت

^۱ drmasjedi.2007@yahoo.com

هیدرولیکی این پوشش سبب جذب و ته‌نشست مواد رسوبی معلق شده و در نتیجه باعث کاهش انتقال بار رسوب به پائین دست می‌شود.

نقش پوشش گیاهی در حفاظت و تثبیت حوضه‌ها، به‌طور گسترده‌ای به‌وسیله محققان در اقصی نقاط جهان بررسی شده و همگی آن را یک گزینه اقتصادی و زیست‌محیطی می‌دانند. این روش، قدرت و قابلیت تجدید حیات و بازسازی به‌صورت طبیعی را دارد. از نقطه نظر هیدرولیکی، پوشش گیاهی باعث افزایش مقاومت در برابر جریان و کاهش میزان انتقال جریان می‌شود؛ به‌عبارت دیگر، پوشش گیاهی از طریق ایجاد آشفتگی در اطراف ساقه‌ها و برگ‌های گیاه، موجب افت انرژی شده و در مقابل حرکت آب، مقاومت ایجاد می‌کند.

به‌طور کلی، موفقیت استفاده از پوشش گیاهی در حوزه‌های آبخیز، با توجه به اهداف هر طرح، بستگی به شرایط حوضه، شدت تخریب‌پذیری خاک، نوع گیاه، تنوع و آرایش گیاهی، روش کاشت و تثبیت زیستی و مدیریت نگاه‌داری پوشش گیاهی دارد. اولین تحقیق برای به‌دست آوردن رابطه‌ای بین زبری هیدرولیکی جریان با عمق و سرعت جریان و همچنین نوع و ارتفاع پوشش گیاهی، در آزمایشگاه سازمان حفاظت خاک ایالت کارولینای جنوبی واقع در شهر اسپارتاگ ایالات متحده شروع شد. حاصل این آزمایش، ارائه مجموعه‌ای ضرایب زبری کوتر و مانینگ در کانال‌های کشت شده با عرض $0/3 - 1/2$ متر و شیب کناره متفاوت بود (Cook, 1983, Campbell و Cook, 1939).

در تحقیقی، Li و Shen (1973) اثر مقاومت گیاهان با ساقه‌های استوانه‌ای مختلف را در حالت مستغرق بر جریان بررسی کردند. نتایج نشان داد که الگوهای مختلف قرارگیری ساقه‌های استوانه‌ای، تاثیر مهمی بر دبی جریان دارد، علاوه بر آن مدل‌های فیزیکی برای تعیین ضریب زبری با ساقه‌های استوانه‌ای سفت مورد استفاده قرار گرفت، به‌طوری که یک بخش از این تحقیق، برای محاسبه دبی‌های مختلف منطقه رویش گیاه برنامه‌ریزی شده بود. کوشش و عمل کرد Li و Shen (1973) درباره نتایج محاسبه ضریب اصطکاک، برای یک گیاه منفرد در یک دسته، با C_{WR} ، به-علاوه محاسبه ضریب زبری برای پوشش گیاهی (f_p) بسیار وسیع بود.

در زمینه پوشش گیاهی، Kouwen (1992) با استفاده از نظریه لایه مرزی، بین مقاومت جریان در کانال‌های با پوشش گیاهی و زبری نسبی، ارتباط برقرار کرد و برای محاسبه ضریب زبری، از ضریب دارسی-ویسباخ و معادله لگاریتمی زیر استفاده نمود:

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = a + b \log\left(\frac{y}{h_p}\right) \quad (1)$$

که در آن، y عمق جریان بر حسب m ، h_p ارتفاع خمیده پوشش گیاهی (ارتفاع پوشش گیاهی پس از عبور جریان آب) بر حسب m ، a و b ضرایب تجربی هستند.

در تحقیقی دیگر، Chiew (1992) تاثیر بوته‌های کاشته شده در کف کانال را بر ضریب اصطکاک در شرایط تراکم کم و زیاد را مورد بررسی قرار داد. نتیجه آزمایش‌ها نشان داد که ساقه‌های گیاه، که جریان از میان آن‌ها عبور می‌کند، بیش‌ترین نیروی کششی را تحمل کرده، توربولانس بیش‌تری تولید می‌کند؛ همچنین با افزایش تراکم، ضریب زبری افزایش می‌یابد. مطالعات Kouwen و Fathi-Moghadam (2000) نشان داد که اضافه شدن سرعت آب از $0/1$ به یک متر بر ثانیه، باعث کاهش ضریب زبری دارسی ویسباخ تا حد $1/4$ درصد می‌شود. این کاهش زبری، ناشی از قابلیت ارتجاع پوشش گیاهی و هم‌سو شدن پوشش گیاهی با جریان آب است.

در بررسی دیگری، Kouwen و Fathi-Moghadam (1997) نشان دادند که در فلوم‌هایی که نهال، قلمه و شاخ و برگ نوعی درخت از خانواده کاج قرار دارد، ضریب زبری، دامنه زیادی به‌واسطه تغییرات سرعت جریان بر اثر خمیدگی گیاه و در نتیجه افزایش فضای غوطه‌وری و افزایش اندازه حرکت داشته است. Freeman و همکاران (1998) برای به‌دست آوردن زبری هیدرولیکی ناشی از بوته‌ها و گیاهان خشبی، عوامل تراکم، قطر ساقه و عرض قسمت بر گذار این گیاه را محاسبه کرده، نشان دادند که ضریب سختی (عدم انعطاف‌پذیری) را می‌توان با استفاده از قطر ساقه (D_s) و ارتفاع گیاه (h_p) در قالب یک رابطه غیرخطی با دقت خوبی برآورد نمود. Jarvela (2002)

مقاومت جریان ناشی از ترکیب‌های مختلف پوشش‌های طبیعی علف و بوته زنبق و درخت بید را در شرایط مستغرق و غیر مستغرق در کانال آزمایشگاهی بررسی کرد. نتایج به‌دست آمده، اختلاف زیادی را در مقدار ضریب اصطکاک با تغییر عمق، سرعت، عدد رینولدز و تراکم پوشش گیاهی نشان داد؛ همچنین برگ‌های روی درخت بید، ضریب اصطکاک را دو یا سه برابر در مقایسه با حالت بی‌برگی، افزایش داده، برای درخت بید بی‌برگ، ضریب اصطکاک تقریباً به‌صورت خطی با عمق و مستقل از سرعت افزایش می‌یابد. همچنین به‌طور غیرمنتظره، آرایش‌های مختلف تعداد یک‌سانی از درختان بید بی‌برگ همراه با علف، تاثیر مهمی بر روی ضریب اصطکاک ندارد، ضمن آن‌که در کل آزمایش‌ها، ضریب اصطکاک با افزایش عدد رینولدز، به‌جز در حالت بید بی‌برگ، که کم‌تر تابع عدد رینولدز و بیش‌تر تابع ارتفاع درخت است، افزایش می‌یابد. مقدار ضریب اصطکاک، زمانی به‌دست می‌آید که R_e یا سرعت پائین باشد. با افزایش زبری نسبی k/h (k ارتفاع گیاه و h عمق جریان)، ضریب اصطکاک در هر دو ردیف افزایش می‌یابد.

در بررسی‌های آزمایشگاهی که Wilson و همکاران (۲۰۰۳) بر روی دو نوع گیاه شبیه‌سازی‌شده در شرایط مستغرق انجام دادند، دریافتند که در قسمت لایه مرزی داخلی گیاه (۲۰٪ نزدیک بستر) پروفیل عمودی سرعت از توزیع لگاریتمی سرعت پیروی نمی‌کند و سرعت متوسط جریان برای میله همراه با شاخ و برگ، از نصف سرعت متوسط برای میله کم‌تر است.

با وجود اینکه تحقیقاتی در خصوص ضریب زبری گیاهان صورت‌گرفته، ولی تاکنون اثر زبری گیاه گز بر خصوصیات جریان آب بررسی نشده است. برای این منظور، برای بررسی تغییرات خصوصیات جریان، نظیر سرعت، عمق، عمق استغراق و حاصل‌ضرب سرعت در شعاع هیدرولیکی بر ضرایب زبری، آزمایش‌های متعددی بر روی مدل فیزیکی با مقیاس ۱:۱ انجام شد، کلیه این آزمایش‌ها، در یک فلوم شیشه‌ای در زمین تحقیقاتی منطقه چنیویه دانشگاه آزاد اسلامی واحد اهواز صورت گرفت.

مواد و روش‌ها

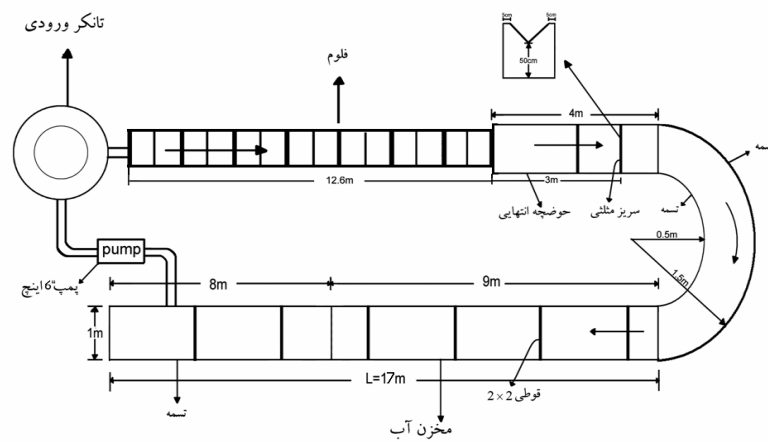
به‌منظور بررسی اثر مقاومت هیدرولیکی گیاه گز بر خصوصیات جریان، نظیر سرعت، عمق، عمق استغراق، عدد رینولدز و حاصل‌ضرب سرعت در شعاع هیدرولیکی، آزمایش‌هایی بر روی یک فلوم شیشه‌ای به طول ۱۲/۶ متر، عرض ۰/۵ متر و ارتفاع ۰/۶ متر انجام شد. گیاه مورد آزمایش در این تحقیق، گز بود که در مسیر جریان در فلوم آزمایشگاهی قرار داده شد و در فاصله شش‌متری در بالادست گیاه، به‌منظور آرام کردن جریان، از پوشال استفاده و برای کنترل عمق جریان در فلوم، دریچه‌ای در پائین دست نصب شد. دبی جریان به‌وسیله شیر فلکه در ورودی فلوم تغییر یافت، آن‌گاه جریان آب به‌وسیله یک دستگاه پمپ شش اینچی وارد تانک هوایی به ارتفاع چهار متر شد و پس از آن، از طریق یک لوله شش اینچی، که در مسیر آن شیر فلکه قرار داشت، وارد فلوم و پس از عبور از پوشال‌ها داخل بازه مورد آزمایش شده، سپس به‌وسیله دریچه، در پائین دست، فلوم کنترل شد (شکل ۱).

در این تحقیق، روش برآورد مقاومت هیدرولیکی گیاهان تعیین شیب افت انرژی^۱ در طول بازه گیاهان بود؛ برای این منظور، با اندازه‌گیری اختلاف سطح آب در بالادست و پائین‌دست بازه مورد نظر، نسبت سطح مقایسه افقی به‌دست آمد، سپس با تقسیم بر طول بازه مقدار شیب افت انرژی (S_f) حاصل شد.

با توجه به‌روش محاسبه مقاومت هیدرولیکی گیاهان، برای تعیین ضریب زبری گیاه طبق معادله مانینگ، ابتدا گیاه گز برداشت و ساقه‌های ۳۵ سانتی‌متری (H) از آن بریده، در سوراخ‌های تعبیه شده در یک جعبه چوبی به طول ۲/۸ متر با آرایش طبیعی و تصادفی در بازه مورد نظر در فاصله نه متری از ابتدای فلوم قرار داده شد. تراکم طبیعی گیاهان در آزمایش‌ها بر اساس تراکم موجود طبیعی انتخاب شده بود، به‌نحوی که اگر از بالا به بازه مورد نظر نگاه شود، کف بستر تقریباً قابل رویت نباشد. گیاهان در تمام طول آزمایش، به‌صورت عمودی، غیرمستغرق ($\gamma < 0.8H$) (عمق جریان $\gamma = 1$) و جریان به‌صورت غیر یک‌نواخت و زیر بحرانی ($Fr < 1$) بود (شکل ۲). به‌منظور تعیین متوسط سرعت

^۱ Energy lose slope

جریان در معادله مانینگ، با استفاده از دستگاه میکرومولینه، سرعت متوسط جریان در بالادست گیاهان (جلوی گیاهان) در شش نقطه با توجه به تغییرات عمق اندازه‌گیری شد.



(نمایی کلی از سیستم)

شکل ۱- طرح فلوم آزمایشگاهی (پلان)



شکل ۲- قرارگیری گیاه گز در فلوم آزمایشگاهی با آرایش و تراکم طبیعی

کلیه آزمایش‌ها در عمق ۱۳، ۱۶، ۱۹، ۲۳، ۲۵ و ۲۷ سانتی‌متری (y) با دبی‌های ۲۰، ۳۰، ۴۰ و ۵۰ لیتر بر ثانیه انجام شد. شیب افت انرژی در بازه مورد آزمایش (S_f)، به‌وسیله متر با دقت ۰/۱ میلی‌متر و سرعت جریان در قسمت‌های مختلف (V) و میکرومولینه با دقت ۰/۱ تا ۳ متر بر ثانیه اندازه‌گیری شد و سپس متوسط سرعت در جلوی گیاه (\bar{V})، به‌دست آمد (جدول ۱)، همچنین دبی جریان با سرریز مثلثی در حوضچه آرامش، در پائین دست فلوم، و با توجه به معادله به‌دست آمده اندازه‌گیری شد.

یکی از عوامل مهم در این تحقیق، اندازه‌گیری مساحت جانبی گیاه در مقابل جریان در عمق‌های مختلف بود. برای اندازه‌گیری سطح جذب‌کننده انرژی نمونه‌های گیاهی مورد آزمایش، تمام شاخ و برگ‌ها در یک ردیف روی یک صفحه سفید پخش شد. سپس با دوربین عکاسی دیجیتالی از بالا به‌طور کاملاً عمود بر جهت صفحه، عکس‌برداری انجام و با استفاده از نرم‌افزار در عمق‌های مختلف با شمارش تعداد پیکسل‌های سیاه، سطح جذب شده انرژی برای اعماق مختلف اندازه‌گیری شد، در صورتی‌که در هر عمق، تعداد پیکسل‌های سیاه (a) بر کل پیکسل‌ها (A) تقسیم شود، سطح استغراق (a/A) به‌عنوان یک عامل تعیین‌کننده سطح جذب شده انرژی، به‌دست می‌آید.

جدول ۱- نتایج حاصل از آزمایش‌ها بر روی گیاه گز رودخانه‌ای

شماره آزمایش	y (m)	Q (m^3/s)	\bar{V} (m/s)	$F_r = \frac{V}{\sqrt{gy}}$	R (m)	$R_e = \frac{VR}{\nu}$	S_f	n_{veg}
۱	۰/۱۳	۰/۰۲	۰/۲۸۰	۰/۲۸	۰/۰۸۵	۲۶۳۵۰	۰/۰۰۶۸	۰/۰۴۵
۲	۰/۱۶	۰/۰۲	۰/۲۴۳	۰/۲۱	۰/۰۹۷	۲۵۱۶۵	۰/۰۰۴۶	۰/۰۴۹
۳	۰/۱۹	۰/۰۲	۰/۱۸۰	۰/۱۵	۰/۱۱۰	۲۳۱۰۰	۰/۰۰۴۳	۰/۰۷۴
۴	۰/۲۳	۰/۰۲	۰/۱۵۳	۰/۱۲	۰/۱۱۹	۲۱۳۵۴	۰/۰۰۳۲	۰/۰۷۹
۵	۰/۱۳	۰/۰۳	۰/۴۳۰	۰/۴۲	۰/۰۸۵	۳۹۹۵۰	۰/۰۲۵۰	۰/۰۶۱
۶	۰/۱۶	۰/۰۳	۰/۳۴۰	۰/۳۰	۰/۰۹۷	۳۶۸۶۰	۰/۰۱۷۵	۰/۰۶۸
۷	۰/۱۹	۰/۰۳	۰/۲۹۰	۰/۲۳	۰/۱۱۰	۳۵۲۰۰	۰/۰۱۰۰	۰/۰۶۹
۸	۰/۲۳	۰/۰۳	۰/۲۴۰	۰/۱۸	۰/۱۱۹	۳۲۰۲۱	۰/۰۰۹۲	۰/۰۸۷
۹	۰/۲۵	۰/۰۳	۰/۲۲۰	۰/۱۵	۰/۱۲۴	۲۹۶۹۷	۰/۰۰۷۶	۰/۰۸۹
۱۰	۰/۲۷	۰/۰۳	۰/۲۰۰	۰/۱۴	۰/۱۲۸	۲۹۵۴۳	۰/۰۰۶۲	۰/۰۹۰
۱۱	۰/۱۳	۰/۰۴	۰/۵۳۰	۰/۵۶	۰/۰۸۵	۵۳۵۵۰	۰/۰۲۱۰	۰/۰۴۳
۱۲	۰/۱۶	۰/۰۴	۰/۴۸۰	۰/۴۱	۰/۰۹۷	۴۹۴۷۰	۰/۰۱۶۰	۰/۰۴۶
۱۳	۰/۱۹	۰/۰۴	۰/۳۶۰	۰/۳۱	۰/۱۱۰	۴۷۳۰۰	۰/۰۰۸۰	۰/۰۴۹
۱۴	۰/۲۳	۰/۰۴	۰/۲۹۰	۰/۲۳	۰/۱۱۹	۴۱۵۲۱	۰/۰۰۵۳	۰/۰۵۱
۱۵	۰/۲۵	۰/۰۴	۰/۲۷۰	۰/۲۱	۰/۱۲۴	۴۰۸۳۳	۰/۰۰۴۹	۰/۰۵۴
۱۶	۰/۲۷	۰/۰۴	۰/۲۳۰	۰/۱۸	۰/۱۲۸	۳۸۵۳۴	۰/۰۰۴۲	۰/۰۶۲
۱۷	۰/۱۳	۰/۰۵	۰/۷۱۰	۰/۶۹	۰/۰۸۵	۶۶۳۰۰	۰/۰۱۴۲	۰/۰۲۳
۱۸	۰/۱۶	۰/۰۵	۰/۵۶۰	۰/۵۱	۰/۰۹۷	۶۲۰۸۰	۰/۰۱۲۵	۰/۰۳۲
۱۹	۰/۱۹	۰/۰۵	۰/۴۳۰	۰/۴۰	۰/۱۱۰	۵۹۴۰۰	۰/۰۱۱۷	۰/۰۴۹
۲۰	۰/۲۳	۰/۰۵	۰/۳۷۳	۰/۲۹	۰/۱۱۹	۵۲۱۹۸	۰/۰۱۱۴	۰/۰۵۹
۲۱	۰/۲۵	۰/۰۵	۰/۳۳۰	۰/۲۶	۰/۱۲۴	۵۰۷۳۲	۰/۰۱۰۰	۰/۰۶۵
۲۲	۰/۲۷	۰/۰۵	۰/۳۱۰	۰/۲۳	۰/۱۲۸	۴۸۸۱۰	۰/۰۰۹۵	۰/۰۷۰

برای محاسبه دقیق ضریب زبری مانینگ گیاهان گز (n_{veg})، بعد از اندازه‌گیری و محاسبه ضریب زبری کل (n_{vb})، مقادیر به‌دست آمده از ضریب زبری بستر ($n_b = 0.01$) با جنس چوب کسر شدند. ضریب زبری مانینگ با استفاده از رابطه (۲) محاسبه شد:

$$n_{vb} = \frac{1}{\bar{V}} R^{2/3} S_f^{1/2} \quad (2)$$

که در آن، n ضریب زبری منینگ، \bar{V} سرعت متوسط اندازه‌گیری شده در جلوی گیاهان، R شعاع هیدرولیکی و S_f شیب خط انرژی در بالادست و پائین‌دست گیاهان است سپس به‌منظور بررسی ضریب زبری داریسی-ویسباخ، کلیه ضرایب مانینگ با استفاده از معادله (۳) به ضریب داریسی-ویسباخ تبدیل شد:

$$f_{veg} = 8g \left(\frac{n_{veg}}{R^{1/6}} \right)^2 \quad (3)$$

محدوده متغیرهای اندازه‌گیری شده در این تحقیق عبارتند از:

الف- عمق جریان ($y = 13 - 27 \text{ cm}$)

ب- سرعت متوسط جریان ($\bar{V} = 0.18 - 0.78 \text{ m/s}$)

- ج- شدت جریان ($Q = 20 - 50 \text{ lit/s}$)
 د- عدد رینولدز ($Re = 21354 - 66300$)
 ه- عدد فرود ($Fr = 0.12 - 0.69$)
 و- شیب خط انرژی ($S_f = 0.0032 - 0.025$)

نتایج و بحث

پس از انجام آزمایش‌ها بر روی مدل فیزیکی و گیاهان، نتایج حاصل به صورت نمودار نشان داده شد. تعداد کل آزمایش‌ها در این تحقیق، با توجه به محدودیت‌های موجود در مدل فیزیکی، ۲۲ عدد بود. با توجه به مشاهدات عینی و بررسی نمودارهای به دست آمده می‌توان نتایج زیر را استنتاج نمود.

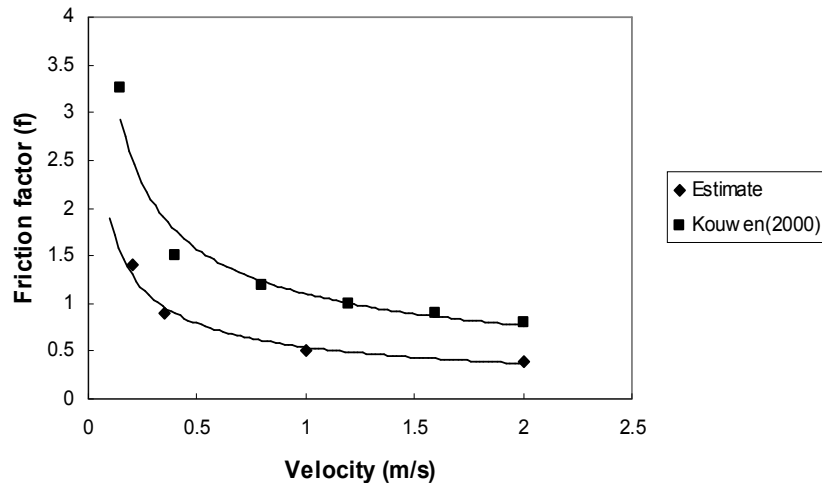
سرعت جریان: برای بررسی تغییرات زبری با سرعت جریان در گیاه گز، روند تغییرات سرعت جریان در مقابل ضریب زبری در اعماق مختلف ترسیم شد. تحقیقات انجام گرفته به وسیله Kouwen و Fathi-Maghadam (۲۰۰۰) و Fathi-Moghadam و Kouwen در سال ۱۹۹۷، به منظور بررسی ضریب زبری گیاهان مختلف نشان داد که با افزایش سرعت جریان در اعماق مختلف، ضریب زبری داریسی-ویسباخ (f) به صورت غیرخطی کاهش می‌یابد. با توجه به نتایج به دست آمده به وسیله محققان و به منظور صحت‌سنجی نتایج به دست آمده، نمودار تغییرات سرعت جریان در مقابل ضریب زبری داریسی-ویسباخ (f)، در شکل ۳ ترسیم شد. شکل ۳، هم‌خوانی مناسب بین نتایج به دست آمده به وسیله محققان و نتایج اندازه‌گیری شده را نشان می‌دهد. در اشکال ۴ و ۵ مشاهده می‌شود با افزایش سرعت جریان در اعماق مختلف، ضرایب زبری نیز به طور غیر خطی کاهش می‌یابد، زیرا افزایش سرعت جریان، باعث هم‌سو شدن شاخه‌های گیاهان در مسیر جریان شده، سطح بیش‌تری از شاخه‌های گیاه با جریان هم‌سو شده، مساحت کم‌تری از شاخه‌ها در مقابل جریان قرار می‌گیرند. در نتیجه افزایش سرعت باعث کاهش زبری در گیاهان می‌شود.

عمق جریان: به منظور بررسی تغییرات زبری با عمق جریان در گیاه گز، روند تغییرات عمق جریان در مقابل ضریب زبری در سرعت‌های مختلف، ترسیم شد. شکل ۶ نشان می‌دهد با افزایش عمق جریان در سرعت‌های مختلف، ضریب زبری داریسی-ویسباخ (f) به طور غیرخطی افزایش می‌یابد. تحقیقات انجام گرفته به وسیله Fathi-Moghadam و Kouwen در سال ۱۹۹۷، و Jarvela و همکارانش در سال ۲۰۰۲ بر روی ضریب زبری گیاهان، نشان داد که با افزایش عمق جریان در گیاهان، ضریب زبری داریسی-ویسباخ (f) به صورت غیرخطی زیاد می‌شود. با توجه به نتایج به دست آمده به وسیله محققان و صحت نمودار حاصل شده، نمودار تغییرات عمق جریان در مقابل ضریب زبری مانینگ (n)، رسم شد. شکل ۷ نشان می‌دهد که با افزایش عمق جریان در سرعت‌های مختلف، ضریب زبری مانینگ (n) نیز به طور غیرخطی افزایش می‌یابد. با توجه به نمودارهای به دست آمده می‌توان نتیجه گرفت که افزایش عمق جریان در گیاهان باعث می‌شود تا گیاه در مقابل جریان آب، به طور ایستاده قرار گرفته، سطح تماس گیاه با جریان و مقدار انرژی جذب شده به وسیله گیاهان بیش‌تر شود که نتیجه آن افزایش زبری گیاهان است.

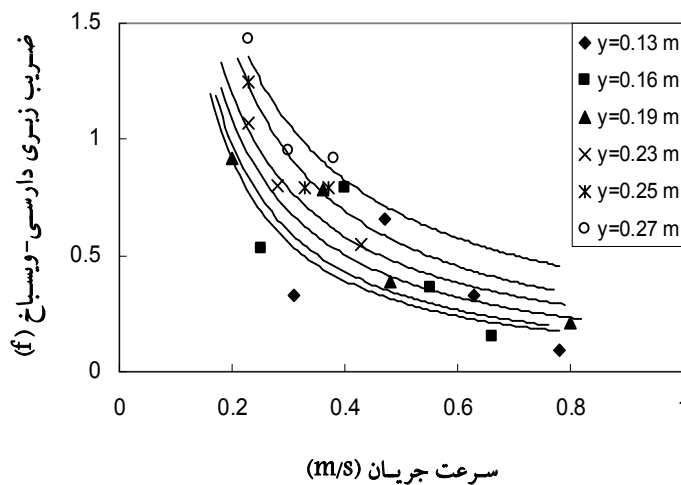
عمق استغراق: برای بررسی تغییرات زبری با عمق استغراق (y/H) در گیاه گز، روند تغییرات عمق استغراق در مقابل ضریب زبری در سرعت‌های مختلف ترسیم شد. تحقیقات انجام گرفته به وسیله Fathi-Maghadam و Kouwen در سال ۱۹۹۷ نشان می‌دهد که با افزایش عمق استغراق در گیاهان، ضریب زبری مانینگ (n) به طور غیر خطی افزایش می‌یابد. همچنین مطالعات Jarvela و همکارانش در سال ۲۰۰۲ بر روی ضریب زبری گیاهان نشان داد که با افزایش عمق استغراق در گیاهان، ضریب زبری داریسی-ویسباخ (f) به صورت غیرخطی افزایش می‌یابد. با توجه به نتایج و صحت نمودار به دست آمده، نمودار تغییرات عمق استغراق در مقابل ضریب زبری داریسی-ویسباخ و مانینگ (n) رسم شد. شکل ۸ نشان می‌دهد با افزایش عمق استغراق در سرعت‌های مختلف، ضریب زبری داریسی-ویسباخ (f) به طور غیرخطی افزایش می‌یابد. همچنین در شکل ۹ مشاهده می‌شود با افزایش عمق استغراق در سرعت‌های مختلف، ضریب زبری مانینگ (n) نیز به طور غیرخطی زیاد می‌شود. با توجه به نمودارهای به دست آمده

می‌توان نتیجه گرفت که افزایش عمق استغراق در گیاهان باعث می‌شود تا سطح تماس گیاه با جریان و مقدار انرژی جذب شده به‌وسیله گیاهان بیش‌تر شود که نتیجه آن افزایش زبری گیاهان است. به‌منظور بررسی اثر سطح تماس گیاه با جریان، عمق استغراق در مقابل سطح جذب انرژی (a/A) ، در شکل ۱۰ نشان داده شده است. با توجه به شکل ۱۰ می‌توان نتیجه گرفت با افزایش عمق استغراق، سطح استغراق، و یا به‌عبارت دیگر مقدار انرژی جذب شده در سرعت‌های مختلف افزایش می‌یابد.

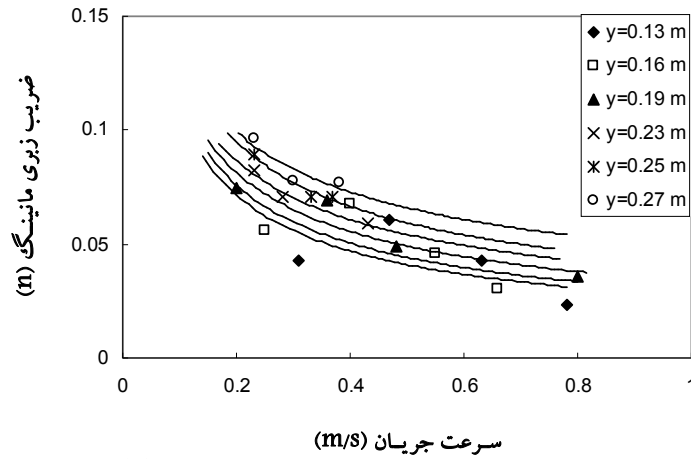
عدد رینولدز: برای بررسی تغییرات زبری با عدد رینولدز در گیاه گز، روند تغییرات عدد رینولدز در مقابل ضریب زبری در عمق‌های مختلف ترسیم شد. تحقیقات انجام گرفته به‌وسیله Jarvela و همکارانش در سال ۲۰۰۲ بر روی ضریب زبری گیاهان نشان داد که با افزایش عدد رینولدز در گیاهان، ضریب زبری دارسی-ویسباخ (f) به‌صورت غیرخطی کاهش می‌یابد. با توجه به نتایج به‌دست آمده نمودار تغییرات عدد رینولدز در مقابل ضریب زبری دارسی-ویسباخ (f) ترسیم شد. شکل ۱۱ نشان می‌دهد با افزایش عدد رینولدز در عمق‌های مختلف، ضریب زبری دارسی-ویسباخ (f) به‌طور غیرخطی کاهش می‌یابد. در نمودارهای به‌دست آمده مشاهده می‌شود با توجه به این‌که افزایش عدد رینولدز بر اثر افزایش سرعت متوسط جریان ایجاد می‌شود، افزایش عدد رینولدز باعث هم‌سو شدن گیاهان در مسیر جریان و در نتیجه موجب کاهش زبری در گیاهان می‌شود.



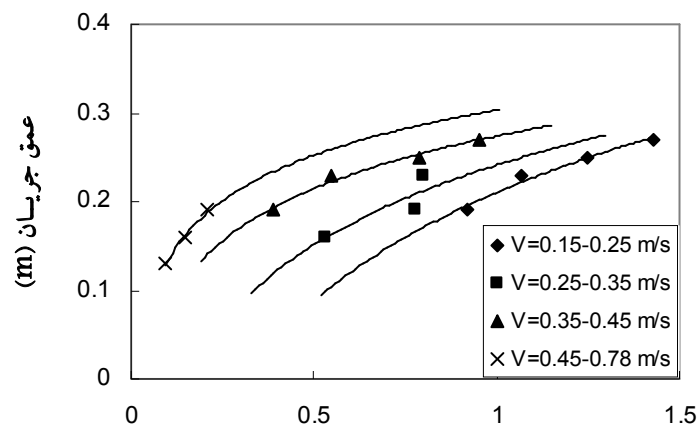
شکل ۳- مقایسه نتایج محققین و نتایج اندازه‌گیری شده



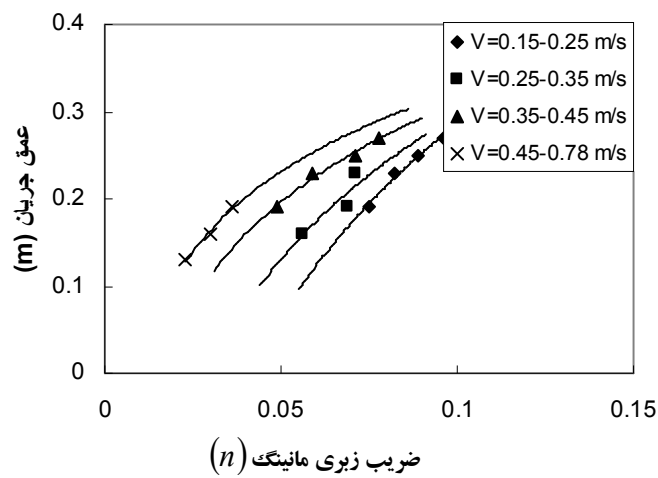
شکل ۴- تغییرات سرعت جریان با ضریب زبری دارسی-ویسباخ (f)



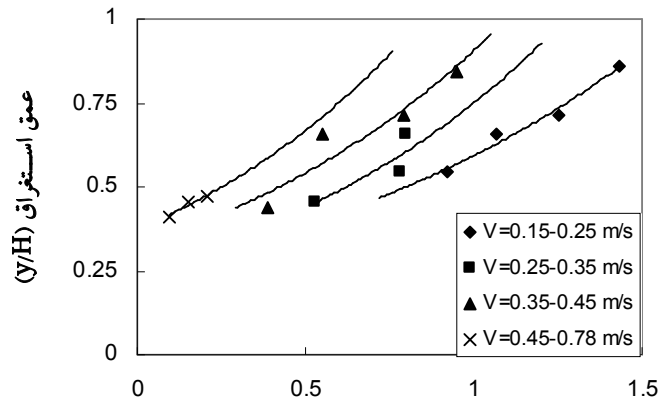
شکل ۵- تغییرات سرعت جریان با ضریب زبری مانینگ (n)



شکل ۶- تغییرات عمق جریان با ضریب زبری دارسی-ویسباخ (f)

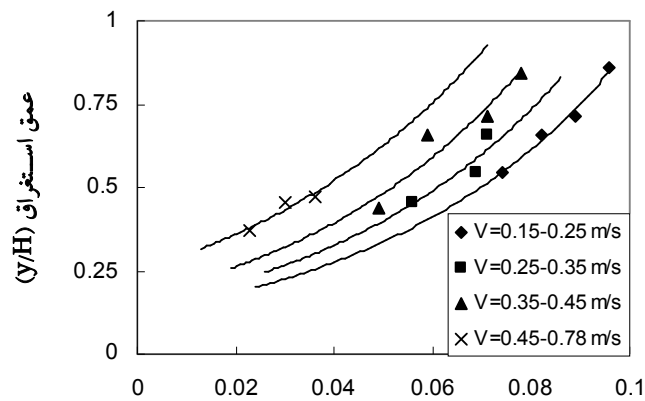


شکل ۷- تغییرات عمق جریان با ضریب زبری مانینگ (n)



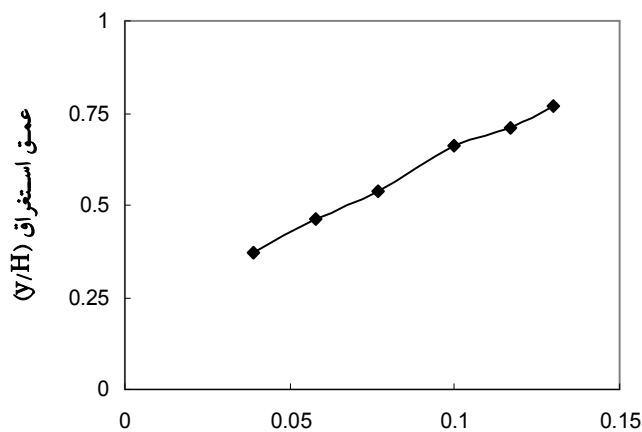
ضریب زبری دارسی-ویسباخ (f)

شکل ۸- تغییرات عمق استغراق با ضریب زبری دارسی-ویسباخ (f)



ضریب زبری مانینگ (n)

شکل ۹- تغییرات عمق استغراق با ضریب زبری مانینگ (n)

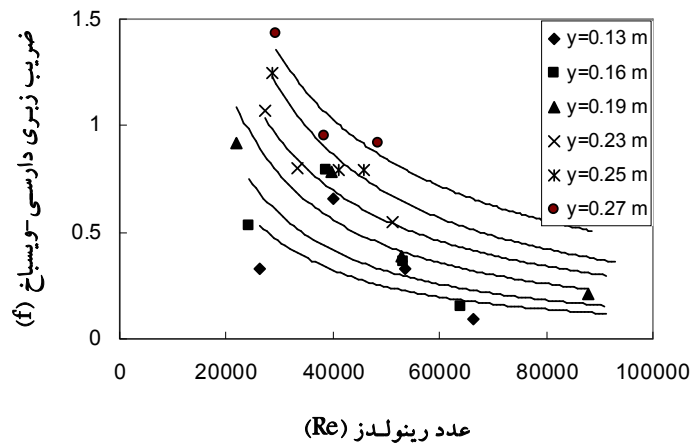


سطح جذب انرژی (a/A)

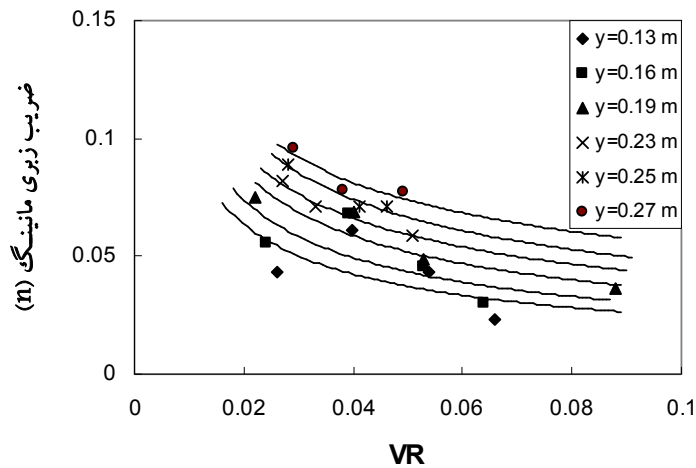
شکل ۱۰- تغییرات عمق استغراق (y/H) با سطح استغراق (a/A)

حاصل ضرب سرعت در شعاع هیدرولیکی (VR): به منظور بررسی تغییرات زبری با حاصل ضرب سرعت در شعاع هیدرولیکی (VR) در گیاه گز، روند تغییرات (VR) در مقابل ضریب زبری در عمق‌های مختلف ترسیم شد. تحقیقات

انجام گرفته به وسیله Fathi-Moghadam و Kouwen در سال ۱۹۹۷ و Palmer و Ree در سال ۱۹۴۹ بر روی ضریب زبری گیاهان، نشان داد که با افزایش VR در گیاهان، ضریب زبری مانینگ (n) به صورت غیرخطی کاهش می‌یابد. با توجه به نتایج به دست آمده و صحت نمودار حاصله، نمودار تغییرات VR در مقابل ضریب زبری مانینگ (n)، رسم شد. شکل ۱۲ نشان می‌دهد که با افزایش VR در عمق‌های مختلف، ضریب زبری مانینگ (n) به طور غیرخطی کاهش می‌یابد. می‌توان نتیجه گرفت که کاهش ضریب زبری مانینگ به دلیل هم‌سو شدن گیاهان در مسیر جریان، با اضافه شدن سرعت و شعاع هیدرولیکی همراه است.



شکل ۱۱- تغییرات عدد رینولدز با ضریب زبری دارسی-ویسباخ (f)



شکل ۱۲- تغییرات VR با ضریب زبری مانینگ (n)

نتایج کلی این تحقیق نشان می‌دهد که:

۱. ضرایب زبری گیاه گز تابعی از شرایط جریان، نظیر سرعت، عمق و شعاع هیدرولیکی و همچنین تابعی از نوع و پوشش گیاهی است.
۲. در پوشش گیاهی غیر مستغرق، ضرایب دارسی-ویسباخ (f) و مانینگ (n) با افزایش سرعت جریان به طور غیرخطی کاهش می‌یابند.
۳. در پوشش گیاهی غیر مستغرق، ضرایب دارسی-ویسباخ (f) و مانینگ (n) با افزایش عمق جریان و عمق استغراق به طور غیرخطی افزایش می‌یابند.

۴. افزایش عدد رینولدز (Re) در پوشش گیاهی غیر مستغرق باعث کاهش غیرخطی ضرایب دارسی-ویسباخ (f) و مانینگ (n) می‌شود؛ همچنین رابطه بین VR و ضریب زبری مانینگ گیاهان ($n - VR$)، به‌طور غیرخطی بوده و با افزایش حاصل ضرب سرعت متوسط جریان و شعاع هیدرولیکی، ضریب زبری مانینگ گیاه نیز کاهش می‌یابد.

منابع مورد استفاده

1. Cook, H.L. 1938. Spartanburg hydraulic laboratory. Civil Eng., 8:653-655.
2. Cook, H.L. and F.B. Campbell. 1939. Characteristics of some meadow strip vegetation. Agricultural Engineering, 20:345-348.
3. Chiew, Y. 1992. Friction resistance of overland flow on tropical turfed slop. ASCE, 118(1):92-97.
4. Fathi-Moghadam, M. and N. Kouwen. 1997. Nonrigid, nonsubmerged, vegetative roughness on floodplains. Journal of Hydraulic Engineering, 123(1):51-57.
5. Freeman, G.E., W. Rahmayer and D.L. Derrick. 1998. Manning n values for floodplain with shrub and woody vegetation. In: http://www.r2d-eng.com/download/USCID_98_pap.pdf.
6. Jarvela, J. 2002. Flow resistance of flexible and stiff vegetation: a flume study with natural plants. Journal of Hydrology, 269(1-2):44-54.
7. Kouwen, N. 1992. Modern approach to design of grassed channels. J. Irrig. and Drain. Eng., ASCE, 118(5):733-743.
8. Kouwen, N. and M. Fathi-Moghadam, 2000. Friction factor for coniferous trees along rivers. Journal of Hydraulic Engineering, 126(10):732-740.
9. Li, R.M., H.W. Shen. 1973. Effect of tall vegetations on flow and sediment. Journal of the Hydraulics Division, ASCE, 99(5):739-814.
10. Ree, W.O. and V.J. Palmer. 1949. Flow of water in channels protected by vegetation linings. U.S.D.A, Soil Cons. Service, Tech. Bulletin, No. 967.
11. Wilson, C.A.M., T. Stoesser, D. Bates and A.B. Pinzen. 2003. Open channels flow through different forms of submerged flexible vegetation. J. Hydr. Eng., ASCE, 129(11):847-853.

A laboratory study of vegetation effects on preventing soil erosion in water catchments

Ali Reza Masjedi¹, Assistant Professor, Department of Irrigation, Ahvaz Unit, Azad Islamic University, Iran

Manouchehr Fathi Moghadam, Associate Professor, Faculty of Water Science Engineering, Shahid Chamran
University, Ahvaz, Iran

Received: 10 April 2009

Accepted: 17 September 2009

Abstract

The existence of vegetation cover in a region can reduce the velocity of surface run-off and prevent soil erosion. This can substantially control the occurrence of destructive floods in the region. One reliable method used in protecting flood-forming catchments is the biological method. Also, one factor that represents the hydraulic resistance in plants is roughness coefficient. Measuring the coefficient and its impact on the flow velocity and shear stress reduction in the plants is of utmost importance. One of the known species used extensively in soil stabilization and protection is *Tamarix srieta*. This species resists against various climates and is easy to be planted. With its needle leaves and rough external organs, *Tamarix srieta* reduces the flow velocity and prevents further soil erosion. In this research roughness coefficient of the *Tamarix srieta* was investigated. The plant studied in non-submerged and sub critical condition flow using a flume with the length of 12.6 m, width of 0.5 m and height of 0.6 m in different velocity, discharge and depths. The height of plants in this is 35 cm with a natural arrangement in trays of 2.8 m in length laid over the bed of the flume. The total number of the experiments is 22. The results of this study show that roughness coefficient of plants is function of velocity, depth, hydraulic radius and plant types. Because of its high roughness, this species is an appropriate alternative to be used in reducing the flow velocity and protecting the soil from any erosion possibility.

Key words: Flume, Roughness coefficient, Tamarix, Shear stress, Surface runoff

¹ drmasjedi.2007@yahoo.com