



شاپا چاپی: ۲۲۵۱-۷۴۸۰
شاپا الکترونیکی: ۲۲۵۰-۷۴۰۰

نشریه حفاظت منابع آب و خاک

آدرس تارنما:

<https://wsrj.srbiau.ac.ir>

پست الکترونیک:

iauwsrcj@srbiau.ac.ir
iauwsrcj@gmail.com

سال دوازدهم
شماره سه (۴۷)
بهار ۱۴۰۲

تاریخ دریافت:

۱۴۰۰/۱۲/۲۵

تاریخ پذیرش:

۱۴۰۱/۱۰/۳۰

صفحات: ۹۶-۸۱

ارزیابی قابلیت گیاهان مؤثر در مهار فرسایش آبکندی (مطالعه موردی: منطقه کنار تخته استان فارس)^۱

اکبر فرهادی^۱، حسن احمدی^{۲*}، بهارک معتمد وزیری^۳ و ابوالفضل معینی^۴

۱) دانشجوی دکتری علوم و مهندسی آبخیز داری گروه جنگل، مرتع و آبخیزداری، دانشکده منابع طبیعی و محیط زیست، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات، تهران، ایران.

۲) استاد گروه احیاء مناطق خشک و کوهستانی، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج، ایران.

۳) استادیار گروه جنگل، مرتع و آبخیزداری، دانشکده منابع طبیعی و محیط زیست، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات، تهران، ایران.

۴) استادیار گروه جنگل، مرتع و آبخیزداری، دانشکده منابع طبیعی و محیط زیست، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات، تهران، ایران.
* ایمیل نویسنده مسئول: ahmadi@ut.ac.ir

چکیده:

زمینه و هدف: فرسایش آبکندی از جمله انواع فرسایش آبی و تشدید شونده است که وقوع آن موجب تغییرات بارز در منظر زمین و محیط زیست می‌شود. گرچه روش‌های مهندسی برای مهار فرسایش مهم است، اما روش‌های زیستی از روش‌های بسیار کارآمد و کم‌هزینه برای مهار فرسایش خاک است. بنابراین، توجه به ویژگی اندام‌های گیاه برای مهار فرسایش بسیار مهم است که کمتر مورد مطالعه قرار گرفته است. از این رو، هدف از مطالعه حاضر ارزیابی قابلیت گیاهان بومی به منظور مهار فرسایش آبکندی در منطقه نیمه‌خشک کنار تخته در استان فارس است.

روش پژوهش: بر اساس چهار معیار مقاومت در برابر جریان فرسایشی متمرکز، قابلیت پایدارسازی دیواره‌ها، آستانه خمیدگی بر اثر جریان آب و توان جذب بار معلق و با کاربست پنج شاخص کمی توان گیاهان به منظور مهار فرسایش آبکندی ارزیابی شد. مقایسه و امتیازدهی گیاهان بر مبنای معیارهای فوق و بر اساس تجزیه و تحلیل چند معیاره انجام شد. پس از اندازه‌گیری شاخص‌های تراکم ساقه (SD)، پتانسیل جذب رسوب و مواد آلی (SOP)، شاخص سختی ساقه (MEI)، میزان نسبی جدا شدن خاک (RSD) و انسجام ریشه (Cr) هر شاخص با توجه به مقیاس به پنج امتیاز (صفر کم‌ترین و چهار بالاترین) تقسیم‌بندی شد. در ادامه، نمره هر شاخص در نمودار ستاره‌ای نشان داده شد. در نهایت، برای ارزیابی بهتر گونه‌های مختلف برای مهار فرسایش آبکندی، سطح اشغال شده در نمودار ستاره‌ای مورد بررسی قرار گرفت.

یافته‌ها: نتایج اندازه‌گیری شاخص‌های SD، SOP، MEI، RSD و Cr برای گونه *Ziziphus spina-christi* به ترتیب برابر با ۰/۰۰۲۷، ۰/۰۹۷، ۰/۳۹۸، ۱/۰۸ و ۸/۳۴ کیلو پاسکال بود که بهترین عملکرد را در مقایسه با سایر گونه‌ها نشان می‌دهد. در مجموع با ۱۸ امتیاز، این مناسب‌ترین گونه برای مهار فرسایش آبکندی است. گونه *Atriplex canescens* با ۱۳ امتیاز در جایگاه دوم و سایر گونه‌ها با عملکردی پایین‌تر در جایگاه‌های بعدی قرار گرفتند.

نتایج: گونه‌هایی مانند *Ziziphus spina-christi* و *Atriplex canescens* به دلیل سازگاری با اقلیم، شرایط خشک منطقه، مقاومت در برابر جریان‌های متمرکز و نیز تثبیت دیواره آبکندها ممکن است در احیاء و توسعه پوشش گیاهی منطقه سودمند باشند. استفاده از ترکیبی از گونه‌های گیاهی به دلیل قابلیت متفاوت در مهار فرسایش کمک‌کننده می‌باشد. لذا، استفاده از گونه‌های بومی مقاوم علفی و چندساله برای مبارزه زیستی با فرسایش‌های تشدید شونده به‌ویژه فرسایش آبکندی در مناطق نیمه‌خشک توصیه می‌شود. استفاده از یافته‌های پژوهش حاضر در سایر مناطق نیمه‌خشک کشور پیشنهاد می‌شود.

کلیدواژه‌ها: فرسایش آبکندی، کنار تخته، مهار زیستی، *Ziziphus spina-christi*، *Atriplex canescens*



¹ برگرفته از رساله دکتری

مقدمه

پیامدهای ناشی از آن، پسرفت منابع زیست‌محیطی نیز آشکار می‌شود (Mortezaei, 2005; Hassen and Bantider, 2020). فرسایش آب‌کندی از فرآیندهای مؤثر در تخریب اراضی شناخته می‌شود و به‌طور معمول این نوع فرسایش در مناطق خشک و نیمه‌خشک جهان، هنگامی که بهره‌برداری از منابع خاک و آب مبتنی بر اصول صحیح و متناسب با توان‌های طبیعی و شرایط محیطی نباشد حادث می‌شود. به‌طور متوسط فرسایش آب‌کندی ۱۱ تا ۴۹ درصد از کل فرسایش آبی در جهان را شامل می‌شود که در جهان نیز به‌عنوان یکی از عوامل هدر رفت و تخریب زمین (Igwe et al., 2018) قلمداد می‌شود و به‌طور مستقیم با نحوه مدیریت زمین در ارتباط است. آب‌کنند آبراه‌های با عمق ۰/۵ تا ۳ متر است که توسط ادوات کشاورزی از بین نمی‌رود و عموماً در شیب‌های حداکثر تا ۱۵ درصد و در دشت‌ها و دشت‌سرها ایجاد می‌شود و به‌ندرت در دامنه‌ها دیده می‌شود (Mortezaei, 2005).

پوشش گیاهی به‌عنوان اصلی‌ترین عامل مهار فرسایش آبی راهکار اساسی در مهار فرسایش آب‌کندی و جلوگیری از هدر رفت خاک و تولید رسوب محسوب می‌شود. مدیریت و احیای پوشش گیاهی اراضی اطراف آب‌کندها اولین گام در راستای کاهش پتانسیل فرسایش خاک است (Walkly and Black, 1934; Liu et al., 2019). از آنجایی که اصلی‌ترین عامل محدودکننده میزان فرسایش خاک درصد تراکم پوشش گیاهی است (Battany and Grismer, 2000; Wainwright et al., 2000) لذا، تأثیر گیاهان در مهار فرسایش بستگی به شکل بوته و خواص مهندسی آن دارد (Bochet et al., 2006). از این رو، پوشش گیاهی باعث افزایش مقاومت در برابر جریان و کاهش میزان انتقال جریان می‌شود که از طریق ایجاد آشفتگی در اطراف ساقه‌ها و برگ‌های گیاه، موجب افت انرژی شده و در مقابل حرکت آب، مقاومت ایجاد می‌کند. پوشش گیاهی یک تا ۱۵ ساله در بستر آب‌کندها، به‌منظور ته‌نشست رسوبات و تثبیت آن‌ها بسیار مؤثر عمل می‌نماید (Molina

فرسایش خاک جزء محدودیت‌های اساسی در استفاده بهینه و پایدار از منابع آب و خاک بوده، از این رو آگاهی از وضعیت فرسایشی منطقه، به‌منظور درک بهتر سامانه‌های آبخیز و اتخاذ تصمیمات مدیریتی مناسب ضروری است (Sadeghi et al., 2011). تولید رسوب به‌عنوان یکی از پیامدهای مهم و مشخص فرسایش خاک در اشکال مختلف، نقش فرسایش خاک را در تخریب محیط‌زیست و برهم زدن توسعه پایدار حوزه آبخیز بارزتر می‌نماید (Williams, 1983). فرسایش تشدید شونده خاک یکی از عوامل مهم و اصلی تغییر منظر زمین، تخریب منابع محیط‌زیست و محدودکننده، امکان دستیابی به امنیت غذایی و آب در جهان است (Mortezaei, 2005). در سامانه‌های آبخیز ایران نیز فرسایش خاک و تولید رسوب از موضوعات بسیار مهم اقتصادی، اجتماعی و عمرانی کشور بوده که با از دست رفت سالانه بیش از یک میلیارد تن از خاک‌های حاصلخیز و نیز با تولید و انتقال حجم بالای رسوب از مناطق منشأ به سمت پایین‌دست، سبب تخریب شدید بوم‌سازگان‌های طبیعی، زیرساخت‌ها و مناطق مسکونی و صنعتی می‌شود (Sadeghi et al., 2011; Sadeghi et al., 2022). پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری کشور میزان سالانه فرسایش خاک در ایران را تا ۳۳ تن در هکتار برآورد نموده که ۵ تا ۶ برابر حد مجاز است (Sadeghi and Mizuyama, 2007). از این رو، درک فرایند فرسایش به‌منظور کاهش فرسایش خاک و جلوگیری از شدت تولید رسوب حائز اهمیت است. هرچند انواع مختلف فرسایش آبی موجب هدر رفت خاک و در نتیجه پیامدهای منفی و خسارت‌بار ناشی از آن می‌شوند، اما فرسایش آب‌کندی در مقایسه با سایر انواع فرسایش آبی تنها محدود به ایجاد تغییرات ناهنجار در منظر زمین و عدم امکان فعالیت‌های اصولی کشاورزی و بهره‌برداری اقتصادی از منابع طبیعی نمی‌شود. با رخداد و گسترش این نوع فرسایش، جاری شدن سیل و تند-آب‌ها، جابه‌جایی حجم قابل توجهی از رسوبات و

دشت ارژن در استان فارس اقدام نمودند. نتایج نشان داد از بین ۱۳ گونه گیاهی مورد مطالعه، گونه *Scirpoides holoschoenus* به دلیل برخورداری از تراکم ساقه‌ای و ریشه‌ای زیاد برای مهار جریان‌های متمرکز بسیار مناسب است. نتایج زارع‌کیا و ابوالقاسمی (۱۳۹۹) نشان داد گونه‌های مختلف *Salsola* با ریشه‌دوانی گسترده و تاج پوشش وسیع نقش مؤثری در حفاظت خاک دارند. طلایی و همکاران (۱۴۰۰) در مطالعه‌ای در شمال استان اردبیل نسبت به ارزیابی توان ۲۰ گونه گیاهی اقدام نمودند. نتایج نشان داد با کاربرد شاخص‌های کمی تراکم ساقه، تراکم ریشه گیاه، قدرت ایجاد مانع در برابر مواد معلق، سفتی گیاه و چسبندگی ریشه گونه‌های گز، علف‌شور، درمنه معطر، زلف‌پیر ریش‌دار، خارشتر، گل‌ماهور سنبله‌ای، علف‌بره و ملیکای بلند برای مهار فرسایش شیاری و آبکندی در منطقه بسیار مناسب است. نتایج ارزیابی توان ۲۵ گونه گیاهی در حوزه آبخیزی در اسپانیا توسط *De Baets* و همکاران (۲۰۰۹) با کاربرد شاخص‌های پنج گانه تراکم ساقه، تراکم ریشه گیاه، قدرت ایجاد مانع در برابر مواد معلق، سفتی گیاه و چسبندگی ریشه نشان داد گونه‌های *Stipa tenacissima*، *Salsola genistoides* و *Spartum Lygeum* توان زیادی در مهار فرسایش شیاری و آبکندی دارند. ارزیابی قابلیت گیاهان در کاهش فرسایش خاک در مناطق نیمه‌خشک استان فارس توسط *Farhadi* و همکاران (۲۰۱۸) انجام شد نتایج نشان داد توان بالای گونه *Ziziphus spina-christi* در مهار فرسایش شیاری و آبکندی بسیار بالا می‌باشد. بر اساس نتایج *Guo* و همکاران (۲۰۱۹) در فلات لسی چین مشخص شد اندازه هدررفت خاک، طول عقب‌نشینی و رأس آبکند و حجم خاک ازدست‌رفته در قطعات با پوشش چمن گندمی گونه *Agropyron cristatum* با تراکم ریشه متفاوت، به صورت میانگین ۶۶/۳۳٪ از مناطق فاقد پوشش گیاهی کم‌تر است. در مطالعه‌ای *Liu* و همکاران (۲۰۲۲) باهدف تعیین کمیت و تجزیه و تحلیل اثرات تاج پوشش گیاهی، ریشه گیاه و پوسته زیستی خاک

(*et al.*, 2009). ریشه‌های گیاه می‌توانند در کاهش سرعت فرسایش خاک در جریان متمرکز بسیار مؤثر باشند (*Vannoppen et al.*, 2015) تا جایی که تغییرات مقاومت کششی ریشه‌ها با افزایش قطر به صورت تابع توانی کاهش می‌یابد. برای ارزیابی مقاومت خاک توسط ریشه‌های گیاهی، محاسبات استحکام کشش ریشه و داده‌های میزان مساحت ریشه^۱ در اراضی مختلف ضروری است (*Lateh et al.*, 2015). استحکام کششی ریشه و میزان مساحت ریشه مهم‌ترین موارد به‌منظور درک انسجام پیوستگی توسط ریشه‌های گیاهی هستند (*Reubens et al.*, 2007). پتانسیل کاهش فرسایش توسط گونه‌های گیاهی با قطر ریشه همبستگی منفی دارد و با درصد ریشه‌های ریز همبستگی مثبت دارد. ریشه‌های کوچک باعث تقویت انعطاف‌پذیری ریشه و استحکام کششی بالا و نهایتاً تثبیت خاک می‌شود (*Melanie et al.*, 2012). برای مهار کف بستر آبکند گونه‌های *Sirpoides holoscheonus*، *Carthamus oxyacanta* و گونه‌های *Noae mucronata* و *Sirpoides holoscheonus* به دلایل داشتن تراکم ساقه‌ای و ریشه‌ای بالا به‌منظور مهار کناره آبکندها مؤثر است (*Qanawati et al.*, 2015). گونه گز (*Tamarix spp*) از جمله گیاهانی است که اندام بیرونی آن به دلیل زبری، باعث کاهش سرعت جریان و جلوگیری از فرسایش خاک می‌شود. گونه‌های *Salsola genistoides* و *Anthyllis cytisoides* باعث ثبات شیب و *Lygeum spartum* را می‌توان در رأس آبکندها، باهدف به دام انداختن رسوبات ورودی کاشت نمود (*De Baets et al.*, 2009). تاکنون اکثر روش‌های مهار فرسایش آبکندی بر اساس روش‌های زیستی به صورت ارزیابی اندام‌های هوایی گیاه و معمولاً کیفی انجام شده است، درحالی که بررسی‌های اندکی بر نقش توأم اندام‌های هوایی و زیرزمینی گیاهان در مهار این نوع فرسایش انجام شده است. فنواتی و همکاران (۱۳۹۳) در مطالعه‌ای نسبت به ارزیابی توانایی گونه‌های گیاهی در مهار فرسایش آبکندی در منطقه چهل‌چشمه،

¹ Root Area Ratio

انتخاب گونه‌هایی که؛ ۱) دارای پتانسیل بالا در جلوگیری از فرسایش جریان متمرکز دارند، ۲) مؤثر در بهبود پایداری شیب هستند، ۳) مقاومت بالایی در برابر خم-شدگی توسط جریان آب را دارند و ۴) توانایی بالا در به دام انداختن رسوبات و بقایای مواد آلی را دارند اقدام شد. در این مطالعه به منظور تأمین الزامات مهار فرسایش آبکنندی با توجه به چهار معیار فوق و کاربست ۵ شاخص کمی نسبت به ایجاد راه‌کار جامع در تعیین مناسب‌ترین گیاه برای مهار فرسایش آبکنندی در منطقه کنارتخته گام مهمی برداشته شد.

مواد و روش‌ها

موقعیت منطقه

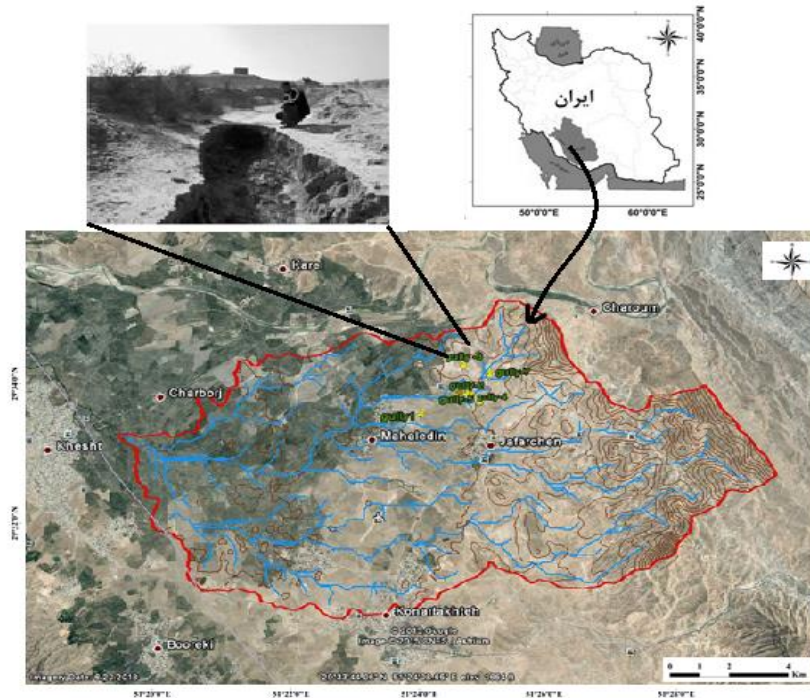
منطقه کنارتخته از توابع شهرستان کازرون به وسعت تقریبی ۴۰۰۰۰ هکتار در جنوب غرب استان فارس و در محدوده جغرافیایی $23^{\circ} 51'$ تا $29^{\circ} 51'$ طول شرقی و $35^{\circ} 29'$ تا $38^{\circ} 29'$ عرض شمالی، با ارتفاع متوسط ۵۴۰ متر، شیب متوسط ۸ درصد، میانگین بارندگی ۳۰۶ میلی‌متر، خاک لومی شنی و اقلیم خشک بیابانی گرم و میانگین دمای سالانه ۲۳ درجه سانتی‌گراد واقع است. این شهر در منتهی‌الیه جنوب غربی استان فارس و کنار مرز استان فارس با بوشهر واقع شده است. کنارتخته در مسیر جاده بین‌المللی شیراز - بوشهر واقع شده است.

روش پژوهش

پژوهش حاضر طی سه مرحله بررسی دفتری، نمونه‌برداری و بازدیدهای صحرایی و تجزیه و تحلیل نتایج آزمایشگاهی انجام شد. از آنجا که منطقه کنارتخته از تشکیلات منفصل مارنی مربوط به سازند آغاچاری تشکیل شده فرسایش‌پذیری بسیار بالایی دارد و فرسایش‌های آبکنندی بسیاری در آن شکل گرفته است. آبکندهای این منطقه در نتیجه تغییر کاربری اراضی، تخریب پوشش گیاهی و مدیریت نامناسب ایجاد شده است. در بازدیدهای میدانی صورت گرفته از منطقه کنارتخته محدوده آبکندها

بر جدانشدگی ذرات خاک در فلات لس چین اقدام نمودند. در این مطالعه از دو گونه بومی و غالب منطقه *Sophora* و *Bothriochloa ischaemum* (Linn) Keng *dauidii* (Franch) Skeel در چهار تیمار زمین لخت، ریشه، تاج پوشش به‌همراه ریشه و پوسته زیستی، ریشه به‌همراه پوسته زیستی مورد آزمایش قرار گرفت. مقاومت ذرات خاک در شیب ۲۰ درجه، در برابر جدانشدگی تحت جریان متمرکز با دبی پنج لیتر بر ثانیه بررسی شد. نتایج نشان داد میزان جدانشدگی خاک در تمام تیمارها در سه دقیقه اول به دلیل تغییر در نیروی داخلی ذرات خاک به شدت کاهش یافته است. پس از آن که اثرات تاج پوشش، ریشه‌ها و پوسته زیستی خاک باهم در نظر گرفته شد، جدانشدگی خاک در مقایسه با زمین برهنه ۹۳/۴۲ درصد کاهش داشت. تاج پوشش گیاهی، ریشه‌ها و پوسته زیستی خاک به ترتیب تا ۹/۵۴، ۹۵/۲۷ و ۳/۸۴ درصد موجب کاهش جدانشدگی خاک شدند.

بررسی پژوهش‌های انجام‌شده در زمینه مهار زیستی فرسایش آبکنندی بیانگر نبود مطالعات جامع و چارچوب مناسب براساس گونه‌های بومی منطقه می‌باشد که خلأ ارزیابی اثر توأم اندام‌های هوایی و زیرزمینی گیاهان بومی و غالب منطقه در مهار فرسایش آبکنندی را نشان می‌دهد. فرسایش آبکنندی به دلیل تولید رسوب زیاد و خسارت‌های فراوان به اراضی، راه‌ها و سازه‌های عمرانی در استان فارس از اولویت بالایی برخوردار است. از آنجایی که گسترش زیاد فرسایش آبکنندی در جنوب استان فارس مسئولین و ساکنین منطقه را با چالش جدی مواجه کرده است. لذا، استفاده از روش‌های زیستی و همسو با طبیعت که در مهار فرسایش آبکنندی مؤثر باشد شدیداً توصیه می‌شود. از این‌رو، با توجه به اینکه اندام‌های هوایی و زیرزمینی تأثیر زیادی در کاهش برخورد قطرات باران به خاک، افزایش ضریب زبری، نفوذپذیری و کاهش فرسایش را دارند لذا در این پژوهش پس از شناسایی گونه‌های بومی و غالب منطقه کنارتخته، با مبنای قرار دادن چهار معیار اصلی در مهار فرسایش آبکنندی، نسبت به



شکل ۱. موقعیت منطقه کنارتخته در استان فارس و کشور

کل اشغال شده برای هرگونه با استفاده از تصویر قائم از اندام هوایی گیاه انجام شد. سطح مقطع کل ریشه‌های اندازه‌گیری شده در خاک و طول یا قطر بیشینه اندام‌های هوایی گیاه روی خط عمود بر جریان آب در تصویر قائم اندام هوایی گیاه روی زمین اندازه‌گیری شد. در آزمایشگاه اندازه متغیرهای بیش‌ترین نیرو برای شکست ریشه، میانگین قطر ریشه در محل شکستگی قبل از کشش، بیشینه نیروی وارد شده برای خمیدگی ساقه برای قطرهای مختلف ساقه‌ها، میانگین قطر ریشه، جرم ریشه که در کوره در دمای ۶۰ تا ۶۵ درجه سانتی‌گراد در ۲۴ ساعت خشک شد، و حجم خاک ریشه‌دار سنجیده شد. به منظور آزمایش مقاومت کشتی نمونه‌های ریشه گیاهان، از هرگونه ۵ گیاه به صورت تصادفی و از عمق‌های متفاوت ریشه‌ها جمع‌آوری شد. بین مراحل جمع‌آوری ریشه‌ها و انجام آزمایش، کمتر از یک هفته اختلاف زمانی وجود داشت. تیماری به منظور نگهداری و آماده‌سازی نمونه ریشه‌ها پس از شستشو و قرار گرفتن در کیسه‌های پلاستیکی حاوی محلول الکل ۱۵٪ (Bischetti et al., 2007)، به آزمایشگاه منتقل شد. ریشه‌ها به طبقات قطری

در قالب ۲۵ مسیر مشخص شد که در نهایت ده مسیر به‌عنوان مسیرهای اصلی انتخاب شد که تصویر پیشانی یکی از آبکندها در شکل (۱) ارائه شده است. در حین بازدیدهای صحرایی از گیاهان موجود در مسیرهای اصلی دارای فرسایش آبکندی و نیز فاقد فرسایش نمونه‌برداری شد. در عملیات نمونه‌برداری از بین گونه‌های گیاهان بومی نه گونه به‌منظور سنجش توانایی آن‌ها در مهار فرسایش آبکندی انتخاب شد. به‌منظور انتخاب گونه‌ها حضور گونه‌های گیاهی در طول ترانسکت‌های ۵۰ متری اقدام شد. فراوانی گونه‌های اصلی با حضور بیش از ۱۰ درصد در ترانسکت‌ها مدنظر قرار گرفت (De Baets et al., 2009). در گام بعدی، متغیرهای مختلفی از اندام‌های هوایی و زیرزمینی گونه‌های گیاهی در منطقه کنارتخته تحت بررسی و اندازه‌گیری قرار گرفت. بر این اساس از هرگونه گیاهی چندین نمونه با اندازه متوسط انتخاب و پس از اندازه‌گیری‌های صحرایی به آزمایشگاه منتقل شد. در عملیات صحرایی متغیرهایی از قبیل ارتفاع گونه، متغیرهای یقه گیاه، متغیرهای تاج پوشش، تعداد و قطر ساقه‌ها در یقه هرگونه اندازه‌گیری شد. همچنین مساحت

مانع جدا شدن ذرات خاک می‌شود. سختی ساقه گیاه می‌تواند به‌عنوان شاخص برای تعیین مقاومت کلی گیاه نسبت به خمیدگی و قدرت انعطاف‌پذیری متأثر از نیروی برشی آب جاری (De Baets et al., 2009) استفاده شود، که در این مطالعه برای محاسبه سختی ساقه گیاه از رابطه ۲ (Kouwen et al., 1980) استفاده شد. برای سنجش سختی ساقه گونه‌های مختلف در منطقه کنارتخته آزمایش خمش سه‌نقطه‌ای انجام شد. بدین منظور از دستگاه STM-150 دانشگاه شیراز و از ساقه‌های با طول ۱۵-۱۰ سانتی‌متر استفاده شد (شکل ۲).



شکل ۲. آزمون خمش سه‌نقطه‌ای

$$MEI = \frac{\sum_i^n L_i E_{mod}}{A_r} \quad (2)$$

که در آن L_i اینرسی لحظه‌ای دوم هر یک از ساقه‌ها، E_{mod} میانگین مدول خمیدگی ساقه (پاسکال) و A_r سطح اشغال‌شده توسط تاج پوشش (در مترمربع) است. میانگین مدول خمیدگی ساقه از رابطه ۳ به دست آمد:

$$E_{mod} = \frac{L^3 (df / dy)}{12\pi r^4} \quad (3)$$

که در آن E_{mod} میانگین مدول خمیدگی ساقه (پاسکال) که در آن L (به متر) طول بین نقاط ثابت، F نیرو (برحسب نیوتن)، Y جابجایی در جهت عمودی (به متر) و r شعاع ساقه (به متر) است. برای تعیین پارامتر L_i نیز از رابطه ۴ استفاده شد:

$$L_i = \frac{\pi d s^4}{64} \quad (4)$$

مختلف تقسیم و از هر طبقه قطری ۵ نمونه با پوست با طول ۱۵ تا ۲۰ سانتی‌متر برای آزمون مقاومت کششی ریشه‌ها استفاده شد و سرعت انجام آزمایش مقاومت کششی ۱۰ میلی‌متر بر دقیقه انتخاب شد (Bischetti et al., 2007; Mattia et al., 2005; Pollen-Bankhead et al., 2009). قابلیت هرگونه گیاهی در مهار فرسایش آبکنندی با کاربرد متغیرهای اندازه‌گیری شده در صحرا و آزمایشگاه و با کاربست یکسری معیار به‌منظور تحلیل چندمعیاری برای انتخاب گونه مناسب (De Baets et al., 2009؛ De Baets et al., 2014؛ Farhadi et al., 2018)؛ تلاشی و همکاران، ۱۴۰۰) ارزیابی شد. پنج شاخص کمی بر اساس ویژگی‌های اندازه‌گیری شده از اندام‌های هوایی و زیرزمینی گیاهان منطقه محاسبه شد. با مقایسه نسبی این شاخص‌ها، قابلیت گونه‌های بومی منطقه در مهار کردن فرسایش ارزیابی شد.

شاخص‌های ارزیابی قابلیت گیاهان در مهار فرسایش

آبکنندی بر اساس ویژگی اندام‌های هوایی و زیرزمینی

تراکم ساقه گیاه^۱: میزان عناصر زبری در هر منطقه تعیین‌کننده مقاومت پوشش گیاهی نسبت به جریان تنش برشی آب است (Komasi et al., 2013). تراکم ساقه به‌عنوان شاخصی در برابر جریان فرسایشی متمرکز باعث نفوذ جریان آب و کاهش تمرکز رواناب می‌شود (Kouwen and Simons, 1981) و بر اساس رابطه ۱ محاسبه می‌شود:

$$SD = \frac{\sum_i^n \pi \left(d_{s,i/2} \right)^2}{A_r} \quad (1)$$

که در آن $d_{s,i}$ (به متر) قطر هر ساقه در گیاه پایه و A_r (در مترمربع) سطح کل اشغال‌شده توسط تاج پوشش است. سختی ساقه گیاه^۲ (MEI): شاخص سختی به‌عنوان عامل مقاومت گیاه به خمیدگی است و هر چه ساقه گیاه سخت‌تر باشد گیاه نسبت به خمیدگی در برابر جریان آب مقاوم‌تر عمل می‌کند (Mattia et al., 2005). بخشی از انرژی جریان توسط سختی ساقه خشی شده و از این رو

¹ Stem Density

² Modulus of Elasticity Index

(Abernethy et al., 2001). نسبت مساحت ریشه یا غلظت زی توده به عنوان بخشی از مقطع خاک که توسط ریشه در واحد سطح اشغال شده تعریف می شود. شاخص RAR به شدت تحت تأثیر عمق، گونه، رویشگاه، ژنتیک، آب و هوا و نوع خاک است (De Baets et al., 2009). میزان مساحت ریشه به عنوان تابعی از عمق خاک به منظور برآورد سهم ریشه در کاهش قدرت فرسایش بوده که از رابطه ۸ محاسبه می شود.

(۸)

$$RAR = \frac{\sum n.a}{A}$$

$\sum n$ مجموع طول ریشه ها (برحسب متر)، a میانگین قطر ریشه (برحسب متر)، A مساحت حاصل از تصویر تاج پوشش روی زمین (برحسب مترمربع).
میزان نسبی جدا شدن خاک (RSD): به عنوان شاخصی بر مبنای معیار مقاومت در برابر جریان فرسایشی متمرکز مطرح است که ناشی از اختلاف تغییرپذیری بافت و ساختمان خاک و ویژگی های ریشه است (Knapen et al., 2007). در این پژوهش برای محاسبه میزان نسبی جدا شدن خاک از رابطه ۹ استفاده شد:

$$RSD = e^{-1.45RD_{<D<5mm}} \cdot e^{-0.45RD_{>5mm}} \quad (9)$$

$$R^2 = (0.68, \text{weed and carrot roots, silt loam, } n=27)$$

De Baets و همکاران نیز در سال (۲۰۰۹)، از رابطه ۱۰ برای محاسبه RSD استفاده نمودند:

(۱۰)

$$RSD = 0.79038e^{-1.33538RD} + 0.06458$$

$$R^2 = 0.73067, P < 0.05$$

مقاومت کششی ریشه^۳: برای ارزیابی اثرات گیاهان در تثبیت شیب (دیوار آبکندها) اطلاعات میزان مساحت ریشه یا RAR (بدون بعد) و مقاومت کششی ریشه یا TR (برحسب مگا پاسکال) استفاده می شود. برای بررسی استحکام کششی ریشه (TR) از دستگاه کشش ریشه

که در آن ds قطر ساقه است. گونه هایی مانند Nerium oleander و Salsola genistoides نسبت به خمیدگی توسط جریان آب بسیار مقاوم و Tamarix canariensis مقاومت زیادی به نیروهای خمشی اعمال شده توسط جریان متمرکز ارائه می کنند (De Baets et al., 2009).

پتانسیل جذب رسوب و مواد آلی (SOP)^۱: این شاخص از مجموع قطر گیاه (ds, i در متر) به حداکثر خط طول تاج پوشش (L_{tot} در متر) عمود بر جهت جریان غالب برحسب متر بر متر از رابطه ۵ به دست آمد (De Baets et al., 2009).

(al., 2009)

$$SOP = \frac{\sum d_{s,i}}{L_{tot}} \quad (5)$$

که در آن ds, i قطر ساقه در پایه گیاهی (به متر) و L_{tot} طول تاج پوشش در جهت عمود بر جهت جریان غالب (به متر) است.

تراکم ریشه: تراکم ریشه به عنوان شاخصی از معیار مقاومت در برابر جریان فرسایشی متمرکز مطرح است که از تقسیم وزن خشک ریشه بر حجم معینی از خاک که ریشه از آن استخراج شده است از طریق رابطه ۶ به دست آمد.

(۶)

$$RD = \frac{M_D}{V}$$

که در آن M_D وزن خشک ریشه گیاه (برحسب کیلوگرم) و V حجم خاک دارای ریشه همان گیاه (به مترمکعب) است. در این رابطه RD برحسب کیلوگرم بر مترمکعب است.

تراکم طولی ریشه^۲: که از تقسیم مجموع طول ریشه های استخراج شده بر حجم معینی از خاک که ریشه در آن موجود است (به متر بر مترمکعب) که از رابطه ۷ به دست آمد.

$$\text{تراکم طولی ریشه} = \frac{\text{مجموع طول ریشه}}{\text{حجم خاک معین}} = \text{تراکم طول ریشه} \quad (7)$$

میزان مساحت ریشه یا شاخص RAR که برای بررسی پراکنش ریشه ها از این شاخص استفاده می شود

¹ Sediment absorption Organic Potential

² Root Length Density

³ Root Tensile Strength

تأثیر ریشه بر مقاومت خاک سطحی در برابر جریان متمرکز فرسایشی با کاربرد تراکم ریشه (RD)، برحسب کیلوگرم در مترمکعب ماده خشک)، قطر ریشه (D)، برحسب متر) و با محاسبه شاخص جدایشی نسبی خاک (RSD) به‌مانند متغیر بیان شد. قابلیت گونه‌های منطقه در کاهش فرسایش در برابر رواناب متمرکز با کاربرد تراکم ریشه (RD)، قطر ریشه (D) در خاک سطحی و تراکم ساقه (SD، مترمربع بر مترمربع) سنجیده شد.

قابلیت پایدارسازی دیواره‌ها

برای ارزیابی تأثیر گیاهان منطقه بر پایداری دیواره آبکندها مقدار چسبندگی ریشه (r یا C ، کیلو پاسکال)، که نشان‌دهنده میزان قدرت ریشه در پایدارسازی دیواره برآورد شد. به‌منظور سنجش این ویژگی نسبت مساحت ریشه (RAR، بی‌بعد) و مقاومت کششی ریشه (r یا T ، مگا پاسکال) محاسبه شد. در این حالت تأثیر ریشه بر چسبندگی خاک تا ژرفای ۰/۳ تا ۰/۴ متری است و این همان ژرفایی است که دیواره آبکند در آن ناپایدار می‌شود.

آستانه خمیدگی بر اثر جریان آب

شاخص سفتی یا سختی (MEI، برحسب نیوتن) نماینده درجه مقاومت گیاه در برابر خمیدگی است. فرض به این است که هراندازه ساقه گیاه سفت و سخت‌تر باشد، باعث می‌شود که گیاه در برابر جریان آب کم‌تر خمیده‌تر شود. به‌این‌ترتیب از اندازه کارمایه آب کاسته می‌شود و اجازه جدا شدن بیش‌تر به ذره‌های خاک داده نمی‌شود.

توان جذب مواد معلق و آلی

در این معیار توان ایجاد مانع در برابر مواد معلق و آلی (SOP، متر بر متر) برای ارزیابی توانایی گیاه در به جذب مواد معلق و آلی سنجیده شد. به‌منظور تحلیل چندمعیاری

STM-150 آزمایشگاه دانشگاه شیراز استفاده شد (شکل ۳). برای محاسبه مقاومت کششی ریشه TR از رابطه ۱۱ استفاده شد (Bischetti et al., 2007).



شکل ۳. آزمون مقاومت کششی ریشه با استفاده از دستگاه STM-150

(۱۱)

$$T_r = \frac{F_{\max}}{\Pi \left(\frac{D^2}{4} \right)}$$

که در آن F_{\max} حداکثر نیروی وارده، N تعداد ضربات موردنیاز برای پاره شدن ریشه و D قطر میانگین ریشه برحسب میلی‌متر است و مقاومت کششی ریشه TR ر حسب مگا پاسکال است.

انسجام ریشه^۱: برای ارزیابی اثرات گیاهان در تثبیت شیب (دیوار آبکندها) اطلاعات میزان مساحت ریشه یا RAR (بی‌بعد) و مقاومت کششی ریشه یا TR (برحسب مگا پاسکال) استفاده شد که برای به دست آوردن ارزش انسجام ریشه یا C_r (در کیلو پاسکال)، اثر تقویت ریشه بر ثبات شیب باهم ترکیب شدند (Gray and Sotir, 1996) و از طریق رابطه ۱۲ به دست آمد.

(۱۲)

$$C_r = \frac{RAR}{T_r}$$

شاخص‌های ارزیابی قابلیت گونه‌های گیاهی در مهار فرسایش آبکندهی بر مبنای چهار معیار اصلی مقاومت زیاد در برابر جریان فرسایشی متمرکز

¹ Root Cohesion Values

جدول ۱. محدوده تغییر اندازه شاخص‌ها و امتیازدهی آنها

درجه‌ها	امتیازها	SD	SOP	RSD	MEI	Cr
بسیار کم	۰	۰/۰-۰/۰۰۱	۰/۰-۰/۰۰۵	بزرگ‌تر از ۰/۵	۰/۰-۰/۲۵	۰/۰-۰/۱
کم	۱	۰/۰۰۱-۰/۰۰۲	۰/۰۰۵-۰/۰۰۷۵	۰/۲۵-۰/۰۵	۰/۲۵-۱	۰/۱-۱
متوسط	۲	۰/۰۰۲-۰/۰۰۳	۰/۰۰۷۵-۰/۱۰	۰/۱-۰/۲۵	۱-۱۰	۱-۵
زیاد	۳	۰/۰۰۳-۰/۰۰۷	۰/۱-۰/۱۵	۰/۰۱-۰/۱	۱۰-۲۵	۵-۱۰
خیلی زیاد	۴	بزرگ‌تر از ۰/۰۰۷	بزرگ‌تر از ۰/۱۵	۰/۰-۰/۰۱	بزرگ‌تر از ۲۵	بزرگ‌تر از ۱۰

(De Baets et al., 2009)

گیاهی بومی و غالب شناسایی شد. گونه‌های شناسایی شده شامل *Noaea mucronata*, *Scariola orientalis*, *Astragalus gummifer*, *Platychaete glaucescens*, *Ziziphus spina-christi*, *Atriplex canescens*, *Alhagi persarum* و *Lycium shawii* می‌باشد. گونه‌های بررسی شده به دلیل تفاوتی که در ویژگی‌های اندام‌های هوایی و زیرزمینی دارند قابلیت متفاوتی نیز در مهار فرسایش و تثبیت خاک دارند. که نتایج مربوط به اندازه‌گیری متغیرهای اندام‌های هوایی و زیرزمینی گونه‌های گیاهی مورد بررسی در آبکندهای منطقه کنارتخته به شرح جداول ۳ و ۴ می‌باشد.

نتایج مربوط به معیار مقاومت در برابر جریان فرسایشی متمرکز که در این مطالعه با شاخص‌های تراکم ساقه و نرخ نسبی جداشدگی خاک مفهوم‌سازی شده است نشان داد اندازه‌های مربوط به تراکم ساقه از ۰/۰۰۰۵ تا ۰/۰۰۲۷ متغیر می‌باشد. بیش‌ترین تراکم ساقه مربوط به گونه‌های *Ziziphus spina-christi* و *Scariola orientalis* و *Prosopis farcta* و *Noaea mucronata* بوده که بیانگر مقاومت بالای گونه‌های مذکور در برابر جریان فرسایشی متمرکز می‌باشد. قابلیت بالای گونه‌های *Ziziphus spina-christi* و *Atriplex canescens* و *Prosopis farcta* با حداقل نرخ نسبی جداشدگی خاک نیز نشانگر توان بالای گونه‌های مذکور در مهار فرسایش در برابر جریان‌های متمرکز را نشان می‌دهد. در راستای مفهوم‌سازی معیار توان جذب مواد معلق و آلی، شاخص توان ایجاد مانع در برابر رواناب مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد میزان شاخص مذکور از ۰/۱۴۴ تا ۰/۰۳ متفاوت می‌باشد که بیشترین توان ایجادکنندگی مانع مربوط به گونه‌های *Scariola*

برای انتخاب گونه‌های مناسب در مهار فرسایش آبکندی روابط شاخص‌های فوق مورد استفاده قرار گرفت. اندازه‌های برآورد شده برای هر شاخص در پنج رده (۰ تا ۴) طبقه‌بندی شد. در جدول ۱ محدوده تغییر اندازه شاخص‌های محاسبه شده و امتیازهای در نظر گرفته شده ارائه شده است. امتیازهای زیاد (۳) و بسیار زیاد (۴) نشان‌دهنده توانایی گیاه در مهار فرسایش آبکندی است. برای مقایسه قابلیت گیاهان مختلف منطقه، امتیازهای هر شاخص برای هر گونه گیاهی در نمودار ستاره‌ای (آمیب) با پنج محور مشخص و ترسیم شد. با مقایسه شکل و مساحت اشغال شده سطح ترسیم شده، گونه‌های گیاهی منطقه از دیدگاه توان مهار فرسایش مقایسه و ارزیابی شد. برای جمع‌بندی نتیجه‌ها در نمودارهای ستاره‌ای، گونه‌های گیاهی طبق امتیازهای داده شده برحسب پنج شاخص و بر اساس اندازه تراکم ساقه (SD)، توان ریشه گیاه در کاهش فرسایش (RSD)، توان ایجاد مانع در برابر مواد معلق (SOP)، سفتی گیاه (MEI) و چسبندگی ریشه (Cr) گروه‌بندی شد.

نتایج و بحث

در این مطالعه طی بازدیدهای میدانی در حوزه آبخیز کنار تخته استان فارس ۲۵ مسیر آبکنند مشخص شد که پس از بررسی‌های نهایی ۱۰ مسیر از فرسایش آبکندی به‌عنوان مسیرهای اصلی در پژوهش انتخاب شدند که مشخصات هر کدام از آبکندهای با جزئیات در جدول ۲ ارائه شده است. در مجموع در آبکندهای کنارتخته ۹ گونه

نسبت به سایر گونه‌ها علاوه بر اینکه قابلیت بالایی در مهار فرسایش در دیواره آبکندها دارند، تراکم ساقه آن‌ها و توان آن‌ها برای ایجاد مانع در برابر مواد معلق و آلی را نیز دارند. گونه‌های *Alhagi persarum* و *Scariola orientalis* در بستر رودخانه‌ها، مسیل‌ها و کف آبکندها که نسبت رطوبت بالاتری دارند رشد می‌کنند. دو گونه *Scariola orientalis* و *Ziziphus spina-christi* توانایی بالایی در مهار ناپایداری دیوار آبکندها یا شیب‌ها دارند. علاوه بر دو گونه فوق، گونه *Atriplex canescens* بیشترین توان را در برابر نیروی برشی جریان آب دارند و می‌توانند مانع جدی در برابر جریان مواد معلق باشند. گونه‌های *Ziziphus spina-christi*، *Alhagi persarum*، *Scariola orientalis* و *Prosopis farcta* و *Astragalus gummifer* به دلیل تراکم زیاد ریشه، یعنی نسبت زیاد جرم ریشه به حجم خاک دربرگیرنده، توان زیادی در کاهش فرسایش در برابر جریان‌های تمرکز یافته دارند. گونه‌های *Ziziphus spina-christi*، *Atriplex canescens* و *Prosopis farcta* گونه‌های چندساله‌ای هستند که به دلیل تراکم بالای ساقه سختی بالایی دارند و به تبع آن از مقاومت بالاتری در برابر خمیدگی با جریان آب برخوردارند. دو گونه *Platychaete glaucescens* و *Lycium shawii* با اینکه چندساله هستند، اما توان اندام-های هوایی و زیرزمینی آن‌ها در تثبیت خاک زیاد نیست.

Ziziphus spina-christi و *Atriplex canescens*، *orientalis* می‌باشد که قابلیت بالایی در جذب مواد آلی و معلق دارند. میزان شاخص سختی یا سختی گیاه که مفهوم معیار مربوط به مقاومت در برابر خمیدگی بر اثر جریان آب را نشان می‌دهد در بین گونه‌های مورد بررسی از ۴/۸ تا ۳۲/۴ متغیر بود. بیشترین میزان سختی مربوط به گونه‌های *Prosopis farcta*، *Noaea mucronata*، *Atriplex canescens* و *Astragalus gummifer* می‌باشد که به ترتیب ۳۲/۴، ۲۰/۹، ۱۲/۱ و ۱۱/۱ به دست آمد و بیانگر توان بالای گونه‌های مذکور در برابر نیروی برشی جریان است. توان افزایش پایداری دیواره‌های آبکندها معیاری است که با شاخص انسجام ریشه‌ها مفهوم‌سازی شده است. انسجام ریشه در سه گونه *Ziziphus spina-christi*، *Alhagi persarum* و *Scariola orientalis* با شکل رویشی درختچه‌ای و بوته‌ای چندساله باعث پایداری خاک‌ها در اعماق بیش از ۴۰ سانتی‌متر می‌شود. مقایسه نمودارهای ستاره‌ای شاخص‌های کمی نشان می‌دهد که گونه‌های *Ziziphus spina-christi*، *Atriplex canescens*، *Scariola orientalis*، *Alhagi persarum* و *Noaea mucronata* که مساحت درون منحنی آن‌ها بزرگ‌تر از سایر گونه‌ها است، برای مهار فرسایش آبکندهی مناسب است (شکل ۴). گونه‌های *Ziziphus spina-christi*، *Alhagi persarum* و *Scariola orientalis*

جدول ۲. مشخصات جغرافیایی آبکندهای مورد مطالعه در حوزه آبخیز کنار تخته

مسیر آبکند	طول جغرافیایی عرض	عرض جغرافیایی	عمق آبکند (متر)		شکل مقطع عرضی		موقعیت مکانی آبکند (شیب ۵ - ۱۵٪)
			<۱	>۱	شکل V	شکل U	
۱G	"E۲۰'۲۵°۵۱"	"N۸'۳۱°۲۹"	*	*	*	*	*
۲G	"E۲۴'۲۵°۵۱"	"N۳۱'۳۱°۲۹"	*	*	*	*	*
۳G	"E۲۳'۲۴°۵۱"	"N۳'۳۴°۲۹"	*	*	*	*	*
۴G	"E۳۰'۲۴°۵۱"	"N۲۱'۳۴°۲۹"	*	*	*	*	*
۵G	"E۲۲'۲۵°۵۱"	"N۱۳'۳۱°۲۹"	*	*	*	*	*
۶G	"E۴۷'۲۴°۵۱"	"N۳۱'۳۴°۲۹"	*	*	*	*	*
۷G	"E۵۸'۲۸°۵۱"	"N۲۷'۳۳°۲۹"	*	*	*	*	*
۸G	"E۳۹'۲۸°۵۱"	"N۲۸'۳۳°۲۹"	*	*	*	*	*
۹G	"E۴۳'۲۸°۵۱"	"N۲۶'۳۳°۲۹"	*	*	*	*	*
۱۰G	"E۳۸'۲۷°۵۱"	"N۲۰'۳۲°۲۹"	*	*	*	*	*

G: مخفف واژه Gully یا همان آبکند می‌باشد.

جدول ۳. نتایج اندازه‌گیری خصوصیات ریخت‌شناسی اندام‌های هوایی گونه‌های گیاهی موجود در آبکندهای منطقه کنارتخته

نام گونه گیاهی	ارتفاع گیاه (متر)	قطر یقه (متر)	محیط یقه (متر)	مساحت یقه گیاه (متر مربع)	حداکثر خط طول تاج پوشش (متر)	محیط تاج پوشش (متر)	مساحت تاج پوشش (متر مربع)	حجم تاج پوشش (متر مکعب)	تعداد ساقه	تراکم ساقه (متر مربع بر متر مربع)	سفتی گیاه (نیوتن)	توان جذب مواد معدنی و آلی (متر بر متر)
Noaea mucronata	۶۳/۰	۳۶/۰	۱۳/۱	۱۰۲/۰	۷/۰	۲/۲	۳۸/۰	۲۴۲/۰	۸	۰۰۲۱/۰	۹/۲۰	۰۶۶/۰
Scariola orientalis	۲۵/۰	۲۶/۰	۸۲/۰	۰۵۳/۰	۳۵/۰	۱/۱	۱۰/۰	۰۲۴/۰	۱۵	۰۰۲۵/۰	۶/۷	۱۴۴/۰
Platychaete glaucescens	۵۵/۰	۷/۰	۲۰/۲	۳۸۵/۰	۹/۸	۱/۳	۷۵/۰	۴۱۵/۰	۱۲	۰۰۰۶/۰	۴/۶	۰۶۱/۰
Astragalus gummifer	۶۵/۰	۶۲/۰	۹۵/۱	۳۰۲/۰	۸۲/۰	۶/۲	۵۳/۰	۳۴۳/۰	۱۰	۰۰۱۲/۰	۳/۱۱	۰۸۱/۰
Ziziphus spina-christi	۹۵/۱	۸۵/۰	۶۷/۲	۵۶۷/۰	۶۳/۱	۱/۵	۰۹/۲	۴	۱۳	۰۰۲۷/۰	۱۰/۸	۰۹۸/۰
Atriplex canescens	۴۷/۰	۵۸/۰	۸۲/۱	۲۶۴/۰	۶۸/۰	۱/۲	۳۶/۰	۱۷۱/۰	۱۶	۰۰۱۷/۰	۴/۳۲	۱۳۹/۰
Alhagi persarum	۲۷/۰	۳/۰	۹۴/۰	۰۷۱/۰	۴۱/۰	۳/۱	۱۳/۰	۰۳۳/۰	۹	۰۰۱۹/۰	۸/۴	۰۹۴/۰
Lycium shawii	۹۵/۰	۶۲/۰	۹۵/۱	۳۰۲/۰	۱/۱	۵/۳	۹۵/۰	۹۰۲/۰	۷	۰۰۰۵/۰	۸/۴	۰۳۲/۰
Prosopis farcta	۳۴/۰	۳۳/۰	۰۴/۱	۰۸۵/۰	۱۵/۱	۶/۳	۰۴/۱	۳۵۳/۰	۵	۰۰۲۲/۰	۱/۱۲	۰۳۰/۰

جدول ۴. نتایج اندازه‌گیری ویژگی‌های ریخت‌شناسی اندام‌های زیرزمینی گونه‌های گیاهی موجود در آبکندهای منطقه کنارتخته

نام گونه گیاهی	عمق ریشه (متر)	مجموع طول ریشه (متر)	حجم خاک دارای ریشه (متر مکعب)	قطر ریشه (متر)	وزن تر ریشه (گرم)	وزن خشک ریشه (گرم)	تراکم ریشه (کیلوگرم بر متر مکعب)	تراکم طولی ریشه (متر بر متر مکعب)	نرخ مساحت ریشه	نرخ نسبی جدا شدن خاک	مقاومت کششی ریشه (مگا پاسکال)	انسجام ریشه (کیلو پاسکال)
Noaea mucronata	1/75	4/7	0/986	0/0031	47	41	0/041	4/7	0/037	0/923	14	2/63
Scariola orientalis	0/88	2/45	0/651	0/0013	21	13	0/020	3/7	0/033	0/962	6	5/49
Platychaete glaucescens	0/76	1/8	0/491	0/0078	43	16	0/032	3/6	0/018	0/939	5/6	3/32
Astragalus gummifer	2/2	3/8	1/139	0/0051	140	130	0/114	3/3	0/036	0/803	9/8	3/70
Ziziphus spina-christi	2/8	11/32	5/431	0/0088	3256	2604	0/479	2/08	0/047	0/398	5/7	8/34
Atriplex canescens	0/78	1/36	0/861	0/0036	119	52	0/06	1/5	0/013	0/890	14	0/91
Alhagi persarum	1/43	2/48	1/28	0/0065	172	84	0/065	1/9	0/122	0/881	3/7	32/8
Lycium shawii	1/45	2/7	1/345	0/0049	160	73	0/054	2	0/013	0/901	28/	0/47
Prosopis farcta	0/9	1/35	1/191	0/0054	329	289	0/242	1/1	0/006	0/627	18	0/37

صفر تا ۴ امتیازبندی شد. عدد صفر معرف ارزش بسیار کم، یک معرف ارزش کم، دو معرف ارزش متوسط، سه معرف ارزش بالا و چهار معرف ارزش بسیار بالاست. نمره بالاتر به مفهوم مؤثرتر بودن گیاه برای مهار فرسایش آبکندی است. از تجزیه و تحلیل خوشه‌ای به منظور طبقه‌بندی گیاهان برای مهار فرسایش آبکندی بر اساس پتانسیل مهار فرسایش استفاده شد و نتایج مربوط به امتیاز هر گیاه در مهار فرسایش آبکندی مشخص شد (جدول ۵).

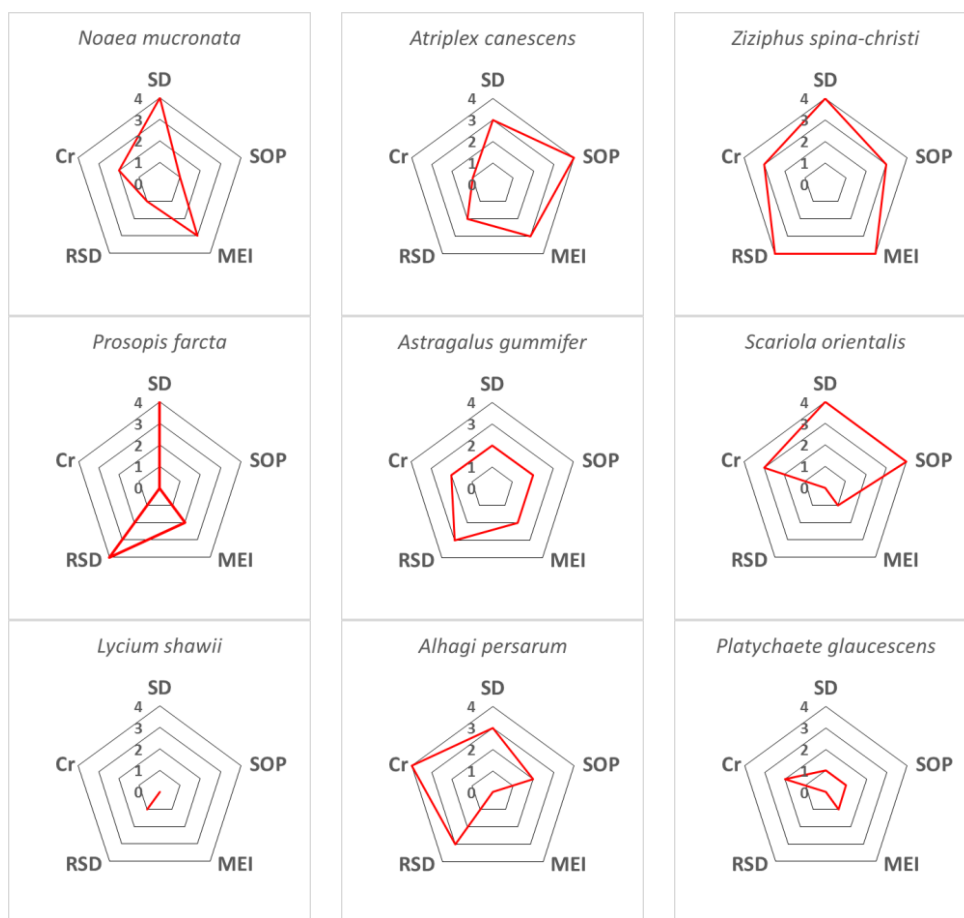
با توجه به اهمیت موضوع مهار فرسایش آبکندی از پنج شاخص کمی مهم از قبیل تراکم ساقه (SD)، پتانسیل جذب رسوب و مواد آلی (SOP)، شاخص سختی ساقه (MEI)، میزان نسبی جدا شدن خاک (RSD) و انسجام ریشه (Cr) استفاده شد و با کاربرد تجزیه و تحلیل چند معیاره دسته‌بندی هر کدام از موارد در محیط نرم افزار SPSS انجام شد (De Baets et al., 2009). به منظور مقایسه گونه‌ها، برای داده‌های عددی موجود با استفاده از تجزیه و تحلیل خوشه‌ای و از عدد

جدول ۵. تجزیه و تحلیل خوشه‌ای طبقه‌بندی گیاهان برای مهار فرسایش آبکنندی

ردیف	نام گونه گیاهی	SD	امتیاز SOP	امتیاز MEI	امتیاز RSD	امتیاز Cr	امتیاز	مجموع امتیازها
۱	Ziziphus spina-christi	۰/۰۰۲۷	۴	۳	۴	۰/۳۹۸	۴	۱۸
۲	Atriplex canescens	۰/۰۰۱۷	۳	۴	۳	۰/۸۹۰	۲	۱۳
۳	Scariola orientalis	۰/۰۰۲۵	۴	۴	۱	۰/۹۶۲	۰	۱۲
۴	Alhagi persarum	۰/۰۰۱۸	۳	۲	۰	۰/۸۸۱	۳	۱۲
۵	Noaea mucronata	۰/۰۰۲۱	۴	۱	۱	۰/۹۲۳	۱	۱۱
۶	Astragalus gummifer	۰/۰۰۱۱	۲	۲	۲	۰/۸۰۳	۳	۱۱
۷	Prosopis farcta	۰/۰۰۲۲	۴	۰	۳	۰/۶۲۷	۴	۱۰
۸	Platychaete glaucescens	۰/۰۰۰۶	۱	۱	۱	۰/۹۳۹	۰	۵
۹	Lycium shawii	۰/۰۰۰۵	۰	۰	۰	۰/۹۰۱	۱	۱

آبکنندی به دست آمد. هر چه مساحت منطقه اتصالی زیاد باشد گیاه برای مهار فرسایش و آبکند مناسب‌تر است (شکل ۴). سطح اشغال‌شده در نمودار ستاره‌ای مربوط به گونه‌های نامناسب بسیار کوچک‌تر می‌باشد.

بعد از به دست آمدن نتایج و استخراج آن از جدول ۴ نمودار ستاره‌ای رسم شد. این نمودار دارای ۵ بعد شامل (SD، SOP، Cr، MEI، RSD) و پنج درجه (۰، ۱، ۲، ۳ و ۴) است که از اتصال ابعاد به یکدیگر توانایی یک گیاه برای مهار فرسایش



شکل ۴. نمودار ستاره‌ای برای آبکنندها

خاک مطابقت دارد. از بین گونه‌های بوته‌ای چندساله گونه‌های *Scariola orientalis* و *Prosopis farcta* و *Noaea mucronata* به دلیل تراکم ساقه‌ای بالا در برابر نیروی برشی جریان مقاومت قابل‌توجهی دارند. گونه *Atriples canescens* پتانسیل بالایی در کاهش فرسایش آبی در کانال‌ها و نیز مقاومت در برابر جریان فرسایشی متمرکز دارد. نتایج ثابت نمود تراکم بالای گونه‌های علفی و بوته‌ای چندساله مانند *Alhagi persarum* و *Atriples canescens* به دلیل توانایی بالا در به دام انداختن رسوبات بستر و کناره کانال‌ها مقاومت بسیار بالایی به‌ویژه در برابر سیلاب‌های متوسط دارند که با نتایج *Sandercock* و همکاران (۲۰۰۷) و *Farhadi* و همکاران (۲۰۱۸) در ارتباط با نقش گونه‌های مذکور در کاهش فرسایش آبی و تولید رسوب در کانال‌ها مطابقت بالایی دارد. تراکم بالای گونه‌های علفی به‌عنوان عاملی بسیار مؤثر و با پتانسیل بالا در مهار فرسایش کانال‌ها در مواقع سیلابی می‌باشد. با توجه به مرفولوژی ساقه گونه *Atriples canescens*، منطقه اشغال‌شده توسط ساقه نسبت به پیکره عمودی متعامد زیست‌توده زمینی نسبت کوچک بود. با این حال، این گیاه می‌تواند پایه‌های متراکمی تشکیل دهد و در برابر رسوبات به‌صورت سدی عمل نماید.

نتیجه‌گیری

به‌منظور پیشگیری از پیشروی پیشانی آبکندها و نیز مهار بهتر این فرسایش به‌ویژه در مناطق نیمه‌خشک که از بوم‌سازگان شکننده‌ای برخوردار است، توصیه می‌شود از ترکیب گونه‌های علفی، بوته‌ای و درختچه‌ای با قابلیت مقاومت بالا در برابر جریان متمرکز استفاده شود. ترکیب گونه‌های با انعطاف‌پذیری بالا در برابر جریان متمرکز که توانایی بالایی در نگه‌داشت رسوب دارند در مهار انواع فرسایش و بخصوص فرسایش آبکندی سودمند خواهند بود. گونه‌های *Ziziphus spina-christi* و *Atriplex canescens*، *Scariola orientalis* و *Alhagi persarum* قابلیت بالایی در مهار فرسایش آبکندی دارند. گونه‌های

نقطه قوت چارچوب ارائه‌شده در این مطالعه استفاده از داده‌های نسبتاً کمی بوده که به‌سادگی قابل‌اندازه‌گیری و از طریق روابط تجربی ساده شاخص‌های مهمی را معرفی می‌کند. از ترکیب ویژگی‌های اندام‌های سطحی و زیرزمینی گیاهان استفاده شد و پتانسیل هرکدام از گونه‌ها در مهار و کاهش فرسایش آبکندی موردبررسی قرار گرفت. از چهارچوب این روش می‌توان برای بررسی سایر درختچه‌های چوبی و گیاهان علفی دو و یا چندساله که در حال رشد در سایر محیط‌ها هستند استفاده نمود. اما در خصوص گیاهان و درختان انعطاف‌پذیر می‌بایست با حساسیت بیشتری برخورد کرد، زیرا روش‌های اندازه‌گیری ویژگی‌های گیاهی انتخاب‌شده در این مطالعه پیچیدگی خاص خود را داشته و نیازمند سازگاری گونه‌ها در شرایط محیطی مختلف است. به‌طور حتم نمی‌توان ترکیبی ایده آل از گیاهان مناسب برای هر موقعیت و در شرایط مختلف را داشت. عوامل مختلفی می‌تواند در انتخاب گونه خاصی از گیاهان برای احیاء نقاط تخریب‌شده مؤثر باشد. گونه‌های *Ziziphus spina-christi*، *Atriplex canescens*، *Scariola orientalis* و *Alhagi persarum* و *Noaea mucronata* برای احیاء و مقابله با فرسایش آبکندی در کانال‌ها از اولویت بالایی برخوردار هستند. دلیل این امر تراکم بالای ساقه و ریشه و ظرفیت جذب بالای رسوب توسط این گونه‌ها و جلوگیری از ایجاد فرسایش توسط جریان متمرکز در کانال‌ها است. علاوه بر این، گونه‌های مذکور از آنجایی که برای جوانه‌زنی بذرها به محیط مرطوب (بستر کانال‌ها) نیاز دارند به‌خوبی با این زیستگاه سازگار هستند و این بسترهای رویشی را برای رشد ترجیح می‌دهند. از آنجاکه *Ziziphus spina-christi* خاک را تا عمق بیشتری تقویت می‌کند (یعنی حداقل تا عمق ۰/۴ متر) می‌توان از آن برای تثبیت دیواره آبکند و بستر کانال استفاده کرد که با نتایج *De Baets* و همکاران (۲۰۰۹)؛ *Farhadi* و همکاران (۲۰۱۸) و طلایی و همکاران (۱۴۰۰) مبنی بر استفاده از گونه‌های درختچه‌ای با ریشه عمیق و نیمه عمیق در حفظ

دارند سودمند می‌باشد. استقرار سریع یک پوشش گیاهی خوب گامی اساسی برای کاهش مؤثر فرسایش است، از این رو استقرار اولین سری از گونه‌ها که در برابر حذف مقاوم هستند و به سرعت رشد می‌کنند حیاتی است تا با گذشت زمان بوته‌های بعدی مستقر شوند. با توجه به تولیدمثل گیاهان، گیاهانی که قادر به بازتولید مجدد هستند ممکن است یک استراتژی سودمند نسبت به بذرپاشی داشته باشند زیرا به گونه‌ها اجازه می‌دهد تا پس از رفع موانع ادامه حیات دهند. اما گیاهانی که جوانه می‌زنند، جذب‌کننده ضعیفی هستند و به‌طور کلی تولید بذر کمتر و با اندازه کوچک‌تر و با سرعت رشد کندتری دارند. روش به‌کار رفته ممکن است برای گیاهان با شکل رویشی مختلف در سایر منطقه‌ها نیز به‌کار رود. توصیه می‌شود برای احیاء پوشش گیاهی بومی مناطق و کاهش فرسایش در سایر نقاط کشور، پژوهش‌های مشابهی به‌منظور شناسایی، انتخاب، دسته‌بندی و اولویت‌بندی گونه‌های با توانایی زیاد در مهار فرسایش اجرا شود.

درختچه‌ای و بوته‌ای با ریشه‌های بلند از جمله گونه‌های *Atriplex canescens* و *Ziziphus spina-christi* پایداری دیواره‌های آب‌کنند و جلوگیری از ریزش دیواره‌ها بسیار مؤثر می‌باشد. گونه *Alhagi persarum* علاوه بر نقش بسزایی که در تثبیت دیواره آب‌کندها دارد به‌منظور پایداری ساحل آبراهه‌ها و مسیل‌ها نیز مؤثر می‌باشد. گونه *Scariola orientalis* در تثبیت بستر آب‌کندها و کنترل رسوبات از توان بالایی برخوردار است. به‌ویژه در محل خروجی آب‌کندها به‌منظور ته‌نشست مواد معلق موجود در جریان سودمند می‌باشد. گونه *Noaea mucronata* علاوه بر اینکه قابلیت بالایی در جذب رسوبات بستر آب‌کندها دارند، در احیاء پوشش گیاهی دامنه‌ها و نیز تثبیت دامنه‌های شیب‌دار به کار برده می‌شود. تأثیر کاشت ترکیبی از گونه‌های انتخاب‌شده در جلوگیری از گسترش آب‌کندها سودمند می‌باشد. به عبارتی اختصاص گونه‌های علفی چندساله در بستر آب‌کندها و گونه‌های ریشه‌دار بوته‌ای و درختچه‌ای برای ایجاد ثبات در دامنه‌ها و دیواره‌های آب‌کندها و ترانس‌ها که ارتباط مستقیمی با عدم فعالیت آب‌کندها

Reference:

- Abernethy, B., & Rutherford, I. D. (2001). The distribution and strength of riparian tree roots in relation to riverbank reinforcement. *Hydrological Processes*, 15(1): 63-79.
- Battany, M. C., & Grismer, M. E. (2000). Rainfall runoff and erosion in Napa Valley vineyards: effects of slope, cover and surface roughness. *Hydrological Processes*, 14(7): 1289-1304.
- Bischetti, G. B., Chiaradia, E. A., Simonato, T., Speziali, B., Vitali, B., Vullo, P., & Zocco, A. (2007). Root strength and root area ratio of forest species in Lombardy (Northern Italy). Springer, Dordrecht, In *Eco-and ground bio-engineering: The use of vegetation to improve slope stability*, 31-41.
- Bochet, E., Poesen, J., & Rubio, J. L. (2006). Runoff and soil loss under individual plants of a semi-arid Mediterranean shrubland: influence of plant morphology and rainfall intensity. *Earth Surface Processes and Landforms: The Journal of the British Geomorphological Research Group*, 31(5): 536-549.
- De Baets, S., Poesen, J., Reubens, B., Muys, B., De Baerdemaeker, J., & Meersmans, J. (2009). Methodological framework to select plant species for controlling rill and gully erosion: application to a Mediterranean ecosystem. *Earth Surface Processes and Landforms*, 34(10): 1374-1392.
- Farhadi, A., Ahmadi, H., Soufi, M., Motamedvaziri, B. and Moeini, A., (2018). Assessment of the potential of semi-arid plants to reduce soil erosion in the Konartakhteh watershed, Iran. *Arabian Journal of Geosciences*, 11(17): 1-13.
- Ghanavati R, Soufi M, Abasizadeh M. (2015). Determining suitable plant species to control gully erosion in Chehel Cheshmeh area of Arjan plain of Fars province. Tehean, 16 March 2015, First International Conference on New Findings in Agricultural Sciences, Natural Resources and Environment. 8 p. [In Persian].
- Gray, D.H., & Sotir, R.B. (1996). *Biotechnical and Soil Bioengineering Slope Stabilization: A Practical Guide for Erosion Control*. John Wiley and Sons, Toronto. 14, 24-39.
- Guo M, Wang W, Shi Q, Chen T, Kang H, Li J. (2019). An experimental study on the effects of grass root density on gully headcut erosion in the gully region of China's Loess Plateau. *Land Degradation and Development*, 30 (17): 2017-2025.
- Hassen G, Bantider A. (2020). Assessment of drivers and dynamics of gully erosion in case of Tabota Koromo and Koromo Danshe watersheds, South Central Ethiopia. *Geoenvironmental Disasters*, 7(5): 1-13.

- Igwe, P. U., Chinedu, O. C., Nlem, E. U., Nwezi, C. C., & Ezekwu, J. C. (2018). A review of landscape design as a means of controlling gully erosion. *International Journal of Environment, Agriculture and Biotechnology*, 3(1): 239-253.
- Knapen, A., Poesen, J., & De Baets, S. (2007). Seasonal variations in soil erosion resistance during concentrated flow for a loess-derived soil under two contrasting tillage practices. *Soil and Tillage Research*, 94(2): 425-440.
- Komasi, M., Alami, M., & Nourani, V. (2013). Drought forecasting by SPI index and ANFIS model using fuzzy C-mean clustering. *Journal of Water and Wastewater*; 24(4): 90-102. [in Persian].
- Kouwen, N., Li, R. M., & Simons, D. B. (1981). Flow resistance in vegetated waterways. *Transactions of the ASAE*, 24(3): 684-0690.
- Kouwen, N., & Li, R. M. (1980). Biomechanics of vegetative channel linings. *Journal of the Hydraulics Division*, 106(6): 1085-1103.
- Lateh, H., Avani, N., & Bibalani, G. H. (2015). Tensile strength and root distribution of *Acacia mangium* and *Macaranga tanarius* at spatial variation (Case study: East-West highway, Malaysia). *International Journal of Bioscience*, 6(7): 18-28.
- Liu, J., Zhou, Z., Zhu, B., & Su, X. (2022). Quantifying the effects of the plant canopy, plant roots, and biological soil crust on soil detachment by overland flow. *Journal of Soils and Sediments*, 22(2): 457-469.
- Mattia, C., Bischetti, G. B., & Gentile, F. (2005). Biotechnical characteristics of root systems of typical Mediterranean species. *Plant and soil*, 278(1): 23-32.
- Burylo, M., Rey, F., Mathys, N., & Dutoit, T. (2012). Plant root traits affecting the resistance of soils to concentrated flow erosion. *Earth Surface Processes and Landforms*, 37(14): 1463-1470.
- Molina, A., Govers, G., Cisneros, F., & Vanacker, V. (2009). Vegetation and topographic controls on sediment deposition and storage on gully beds in a degraded mountain area. *Earth Surface Processes and Landforms*, 34(6): 755-767.
- Mortezaei, M. (2005). Evaluation of the quantitative effect of environmental variables on the occurrence of ditch erosion [Doctoral dissertation, Islamic Azad University, Tehran Branch of Science and Research]. <http://digitalthesis.srbiau.ac.ir/diglib/WebUI/14512/620617>. [in Persian].
- Pollen-Bankhead, N., & Simon, A. (2009). Enhanced application of root-reinforcement algorithms for bank-stability modeling. *Earth Surface Processes and Landforms*, 34(4): 471-480.
- Quinton, J. N., Morgan, R. P. C., Archer, N. A., Hall, G. M., & Green, A. (2002). *Bioengineering principles and desertification mitigation* John Wiley and Sons, Chichester, 93-105.
- Reubens, B., Poesen, J., Danjon, F., Geudens, G., & Muys, B. (2007). The role of fine and coarse roots in shallow slope stability and soil erosion control with a focus on root system architecture: a review. *Trees*, 21(4): 385-402.
- Sadeghi, S.H.R., Noor, H., Fazli, S., & Raeisi, M.B. (2011). Storm-Wise Sediment Yield Prediction Using Rainfall and Runoff Variables at Educational and Research Watershed of Tarbiat Modares University. *Water and Soil Science*, 21(2): 149-158. [in Persian]
- Sadeghi, S. H. R., & Mizuyama, T. (2007). Applicability of the Modified Universal Soil Loss Equation for prediction of sediment yield in Khanmirza watershed, Iran. *Hydrological Sciences Journal*, 52(5): 1068-1075.
- Sadeghi, S. H. R., Khazayi, M., Mirnia, S. K. (2022). Effect of soil surface disturbance on overland flow, sediment yield, and nutrient loss in a hyrcanian deciduous forest stand in Iran. *CATENA*, 218: 106-126.
- Sandercock, P. J., Hooke, J. M., & Mant, J. M. (2007). Vegetation in dryland river channels and its interaction with fluvial processes. *Progress in Physical Geography*, 31(2): 107-129.
- Talaei, R., Shadfar, S., Azimi Motem, F., Rostamikia, Y., & Soufi, M. (2021). Evaluation of Native Plants Potential for Rill and Gully Erosion Control in the North of the Province of Ardabil. *Watershed Management Research Journal*, 34(2): 134-150. [in Persian].
- Vannoppen, W., Vanmaercke, M., De Baets, S., & Poesen, J. (2015). A review of the mechanical effects of plant roots on concentrated flow erosion rates. *Earth-Science Reviews*, 150, 666-678.
- Wainwright, J., Parsons, A. J., & Abrahams, A. D. (2000). Plotscale studies of vegetation, overland flow and erosion interactions: Case studies from Arizona and New Mexico. *Hydrological Processes*, 14(16-17): 2921-2943.
- Walkley, A., & Black, I. A. 1934. An examination of the Degtjareff method for determining soil organic matter, and a proposed modification of the chromic acid titration method. *Soil science*, 37(1): 29-38.
- Zarekia S, Abolghasemi M. (2020). Salsola, capabilities and potentials (Emphasis on rehabilitating destroyed rangelands and providing forage). *Journal of Iran nature*, 3(5): 79-86. [in Persian].



Print ISSN: 2251-7480
Online ISSN: 2251-7400

Journal of
**Water and Soil
Resources Conservation
(WSRCJ)**

Web site:

<https://wsrcj.srbiau.ac.ir>

Email:

iauwsrcj@srbiau.ac.ir
iauwsrcj@gmail.com

**Vol. 12
No. 3 (47)
Spring 2023**

Received:
2022-03-16

Accepted:
2023-01-207

Pages: 81-96

Evaluating the effective plants' ability to control gully erosion (Case Study: Konar Takhteh Region, Fars Province, Iran)

Akbar Farhadi¹, Hasan Ahmadi*², Baharak Motamedvaziri³ and Abolfazl Moeini⁴

- 1) Ph.D. Student, Department of Forest, Range and Watershed Management, Faculty of Natural Resources and Environment, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran.
 - 2) Professor of Department of Reclamation of Arid and Mountainous Regions, University of Tehran, Karaj, Iran.
 - 3) Associate Professor, Department of Forest, Range and Watershed Management, Faculty Natural Resources and Environmental, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran.
 - 4) Assistant Professor, Department of Forest, Range and Watershed Management, Faculty Natural Resources and Environmental, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran.
- *Corresponding author email: ahmadi@ut.ac.ir

Abstract:

Background and Aim: Gully erosion is one of the types of water and intensified erosion, which causes a significant change in the landscape and environment. Although engineering methods are important for erosion control, biological methods are very efficient and low-cost methods for soil erosion. Therefore, it is essential to pay attention to the characteristics of plant organs for erosion ability, which has yet to be studied. Thus, the purpose of the study is to evaluate the ability of native plants to slow gully erosion in the semi-arid Konar Takhteh region in Fars province.

Method: Based on four criteria of resistance to concentrated erosive flow, the ability to stabilize the walls, the bending threshold due to water flow, and the ability to trap suspended load, and by using five quantitative indices, the power of plants to control gully erosion is evaluated. The comparison and scoring of plants are done based on the above criteria and based on multi-criteria analysis. After measuring the indices of stem density (SD), sediment obstruction potential (SOP), plant stiffness (MEI), relative soil detachment rate (RSD) and root cohesion (Cr), each index is divided into five grades according to the scale (zero is the lowest and four are the highest). In the following, the score of each index is shown in a radar chart. Finally, in order to evaluate better, different species to control the gully erosion, the occupied surface of radar chart is examined.

Results: The measurement results of SD, SOP, MEI, RSD and Cr indices for *Ziziphus spina-christi* species equal to 0.0027, 0.097, 108, 0.398 and 8.34 kPa, respectively, which demonstrates the best performance in comparison with other species. Overall, with a total of 18 points, it is the most suitable specie to control ditch erosion. *Atriplex canescens* with 13 points is in the second place and the other species are in the next places with lower performance.

Conclusion: Species such as *Ziziphus spina-christi* and *Atriplex canescens* may be beneficial in the revitalization and development of vegetation in the region due to their adaptation to the climate, dry conditions of the region, their resistance to concentrated currents as well as the stabilization of the gullies' wall. The use of a combination of plant species is helpful in controlling erosion due to their different capabilities. Therefore, it is recommended to use perennial and herbaceous resistant indigenous species for biological combat against intensifying erosions, especially gully erosion in semi-arid areas. It is suggested to use the findings of this research in other semi-arid regions of the country.

Keywords: Gully erosion, Konar Takhteh, Biological controlling, *Atriplex canescens*, *Ziziphus spina-christ*

