

بررسی تأثیر جریان و شیب ساحل رودخانه بر سامانه ریشه درختان پده

علیرضا حسینی^{۱*} و محمود شفاعی بجمستان^۲

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۴/۰۵/۱۶؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۴/۰۹/۳۰)

چکیده

برای تعیین میزان تأثیر ریشه در افزایش مقاومت برشی خاک، بررسی سامانه ریشه و مقاومت کششی آنها ضروری است. هدف از انجام این تحقیق بررسی تأثیر شیب ساحل و جریان رودخانه بر سامانه ریشه درختان پده می‌باشد. در بازه نسبتاً مستقیمی، تعداد ۶ پایه درخت پده روی شیب ساحل رودخانه سیمره، انتخاب گردید. برای بررسی سیستم ریشه، از روش مقطع پروفیل دورانی استفاده شد. پیرامون هر درخت به چهار ناحیه بالادست و پایین دست در جهت شیب و جریان تقسیم گردید. تعداد و قطر ریشه‌ها در هر ناحیه اندازه‌گیری شد. نتایج تحقیق نشان داد که بیشترین تعداد ریشه‌ها در عمق ۹۰ تا ۱۰۰ سانتی‌متری قرار دارد. در جهت شیب ۵۹ درصد و در جهت جریان ۵۳ درصد تعداد ریشه‌ها در ناحیه بالایی قرار دارند. حدود ۹۷ درصد تعداد ریشه‌ها قطری تا ۲۰ میلی‌متر دارند. بیشترین تفاوت تعداد ریشه‌ها در نواحی بالایی و پایینی شیب و جریان، مربوط به قطرهای ۵ تا ۵ میلی‌متر می‌باشد. این تفاوت درجهت شیب حدود ۲/۷ برابر بیشتر از جهت جریان می‌باشد. متوسط نسبت سطح مقطع ریشه برابر ۰/۲۶ درصد می‌باشد. نتایج این پژوهش نشان می‌دهد که سامانه ریشه درختان پده روی ساحل رودخانه به صورت نامتقارن است.

کلید واژه: مهندسی رودخانه، مسلح‌سازی خاک، پایداری شیب، فرسایش، زیست مهندسی، سیمره.

۱- گروه مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ایلام

۲- گروه سازه‌های آبی، دانشکده علوم و مهندسی آب، دانشگاه شهید چمران

*: مسئول مکاتبات: پست الکترونیکی: ar.hoseini@ilam.ac.ir

مقدمه

رودخانه‌ها بستر جریان یکی از بزرگ‌ترین نیروهای مخرب طبیعی (سیلاب‌ها) هستند. افزایش جمعیت و نیاز به یافتن منابع جدید، انسان را به تصرف در حریم رودخانه‌ها و بهم‌زدن تعادل اکولوژیکی آن ترغیب نموده است. پوشش‌های گیاهی به‌صورت هیدرولوژیکی و مکانیکی در کاهش خسارت‌های ناشی از آن مؤثراند (۹ و ۱۴). برخی کشورها در دهه ۱۹۷۰، برای کاهش زبری آبراهه‌ها و به‌دنبال آن افزایش سرعت جریان و کاهش ارتفاع سیلاب، به‌منظور حفاظت تأسیسات زیربنایی از آب‌گرفتگی، اقدام به پاک‌سازی سواحل رودخانه‌ها از درختان و بقایای گیاهی نمودند. بررسی‌ها نشان می‌دهد که در طول سال‌های ۱۹۸۰ تا ۱۹۹۰ قطع درختان ساحلی سبب عریض‌تر شدن و عمیق‌تر شدن رودخانه‌ها شده است (۱۰). با وجود این‌که فرسایش یک پدیده طبیعی است اما از بین رفتن پوشش‌های گیاهی، سبب تشدید فرسایش می‌شود. این پدیده سبب از بین رفتن بخشی از زمین‌های حاصلخیز کشاورزی، افزایش رسوبات ته‌نشین شده در دریاچه سدهای مخزنی، تخریب تأسیسات آبرگیری از رودخانه، تخریب پایه پل‌ها و راه‌ها، افزایش هزینه تصفیه آب شرب و تغییرات زیست محیطی می‌شود. معمولاً فرسایش کناره‌های رودخانه در طول نسبتاً زیادی از آبراهه اتفاق می‌افتد که تثبیت سازه‌ای آن به‌دلیل بالا بودن هزینه‌ها تنها به‌صورت موضعی امکان‌پذیر است. بنابراین برای کاهش این پدیده، احیاء مجدد پوشش‌های گیاهی کنار رودخانه‌ها ضروری است. در چند دهه اخیر استفاده از پوشش‌های گیاهی، به‌نام روش‌های زیست‌مهندسی گسترش یافته است. استفاده از روش‌های زیست‌مهندسی در مراحل ابتدایی فرسایش با هزینه کمتری امکان‌پذیر است (۳). در روش‌های زیست‌مهندسی با گذشت زمان، پایداری شیب‌ها افزایش می‌یابد و در صورت آسیب دیدگی، توانایی احیاء دوباره خود را دارند. زیست‌مهندسی علاوه بر کارکردهای فنی، سبب تجدید حیات طبیعی آبراهه‌ها نیز می‌شود (۱۰).

ریشه‌ها با اتصال لایه‌های سطحی خاک به لایه‌های عمیق‌تر

و سنگ بستر از فرسایش و لغزش توده خاک جلوگیری می‌کنند (۱۱). بیشتر رانش‌ها در عمق‌های کم ۱ تا ۱/۵ متر اتفاق می‌افتد. این عمق تقریباً برابر عمق توسعه ریشه بیشتر گونه‌های درختی و درختچه‌ای است که در منابع مختلف به آنها اشاره شده است. ریشه‌های موجود در خاک از طریق؛ افزایش میزان نفوذپذیری، کاهش فشار آب منفذی، جذب رطوبت، افزایش مقاومت برشی، ایجاد چسبندگی در بین ذرات خاک و حضور مواد آلی، شدت فرسایش خاک را کاهش می‌دهند (۴ و ۱۲). اثر مکانیکی ریشه در پایداری شیب‌ها بیشتر از اثر هیدرولوژیکی گزارش شده است (۱۴). یکی از ویژگی‌های مهم مکانیکی ریشه‌ها، مقاومت قابل توجه آنها در برابر کشش است. مقاومت فشاری خاک زیاد و مقاومت کششی آن ضعیف است، بنابراین ترکیب خاک-ریشه باعث افزایش مقاومت برشی توده خاک می‌شود. هنگامی که خاک تحت برش قرار می‌گیرد، نیروی وارده در اثر چسبندگی بین خاک و ریشه به ریشه‌ها منتقل می‌شود. ریشه نیز از طریق مقاومت کششی در برابر نیروی وارده مقاومت می‌کند. بررسی‌های انجام شده نشان می‌دهد که ریشه‌های باریک‌تر (با قطر ۲۰-۱ میلی‌متر) نسبت به ریشه‌های ضخیم‌تر دارای مقاومت کششی بیشتری می‌باشند (۹ و ۱۴). بنابراین تعداد بیشتری از ریشه‌های نازک‌تر در مقایسه با تعداد کمتر ولی قطورتر از ریشه‌ها، اثر مسلح‌سازی بهتری در خاک دارند. تراکم ریشه در خاک با استفاده از شاخص نسبت سطح ریشه اندازه‌گیری می‌شود (۷). مساحت سطح مقطع عرضی ریشه‌ها در واحد سطح خاک، شاخص نسبت سطح ریشه می‌نامند. نسبت سطح ریشه با افزایش عمق و فاصله از تنه درخت کاهش می‌یابد (۲). عمق نفوذ و چگونگی توزیع از مهم‌ترین ویژگی‌های سامانه ریشه‌اند که لازم است تأثیر آنها در افزایش مقاومت برشی و افزایش ضریب پایداری شیب‌ها در نظر گرفته شود (۴ و ۱۵). به‌جز در لایه سطحی خاک، عموماً با افزایش عمق و فاصله از تنه درخت تراکم ریشه کاهش می‌یابد (۱، ۳ و ۸). به‌نقل از عبدی (۳)، نیکول و همکاران بیشترین تعداد ریشه صنوبر را در پایین شیب ولی نیکول و رای بیشترین تعداد را در

بررسی‌ها نشان داد که درخت پده یکی از گونه‌های غالب در رویشگاه‌های حاشیه رودخانه سیمره است. در انتخاب مکان پژوهش چند نکته اساسی مورد توجه قرار گرفت: (۱) دسترسی به مکان پژوهش امکان‌پذیر باشد، (۲) از این گونه درخت به اندازه نیاز طرح وجود داشته باشد، (۳) بازه انتخابی ترجیحاً مستقیم باشد، (۴) تراکم پوشش و فاصله درختان به اندازه‌ای باشد که امکان کار کردن در بین آنها وجود داشته باشد. (۵) سن درختان انتخاب شده نزدیک به هم باشد و (۶) تأثیر پوشش گیاهی در افزایش پایداری شیب مشاهده شود. در طول این بازه، پایه‌های مناسب برای انجام تحقیق شناسایی و شماره‌گذاری شدند. از بین ۱۲ پایه درخت پده شماره‌گذاری شده، تعداد ۶ پایه به‌روش کاملاً تصادفی انتخاب گردید. برای بررسی سیستم ریشه از روش مقطع پروفیل دایره‌ای که توسط محقق ارائه گردیده، استفاده شد. برای این منظور در فاصله ۰/۵ متری از تنه درخت، ترانشه‌ای به‌شکل دایره حفر گردید. روی مقطع عرضی ترانشه دستگاه مختصات قائم تعریف شد. محورهای مختصات به‌گونه‌ای در نظر گرفته شدند که یکی از محورها بر ساحل رودخانه عمود و محور دیگر موازی ساحل و جریان عمومی آبراهه باشد. ربع‌ها در جهت مثلثاتی (خلاف جهت عقربه‌های ساعت) شماره‌گذاری شدند. با این فرض، برای ساحل چپ رودخانه، ربع‌های اول و دوم ناحیه بالایی شیب و ربع‌های سوم و چهارم ناحیه پایینی شیب را تشکیل می‌دهند. عمق ترانشه بر حسب حداکثر عمق ریشه‌دوانی و شرایط منطقه تعیین شد. حفاری به‌روش دستی انجام گردید. سطح ترانشه، در راستای قائم، به افق‌های ۱۰ سانتی‌متری تقسیم شد و به‌طور مشابه در راستای افق، انحنا ترانشه به بخش‌های ۱۰ سانتی‌متری نیز افزای گردید. بعد از شبکه‌بندی سطح ترانشه به تفکیک هر ربع، شمارش تعداد و اندازه‌گیری قطر ریشه‌ها برای مختصات‌های ۱۰ در ۱۰ سانتی‌متری انجام شد. قطر ریشه‌ها با استفاده از کولیس اندازه‌گیری گردید. به‌منظور تأثیر شیب و جریان بر سامانه ریشه، تعداد ریشه و قطر آنها به

سمت بالای گزارش نموده‌اند. وجود بادهای غالب دلیل این پدیده ذکر شده است. چیاتاته و همکاران (۶) بیشترین مقدار نسبت سطح ریشه را در بالادست شیب گزارش کردند. یکی از عوامل محدودیت ساز در استفاده از فنون زیست‌مهندسی، عدم آگاهی از ویژگی‌های سیستم ریشه‌ای گونه‌های مختلف و خواص مکانیکی آنها و مکانیزم مسلح‌سازی می‌باشد. بنابراین مشخص کردن سامانه ریشه گونه‌های مختلف گیاهی، شاخص مؤثری به‌منظور انتخاب گونه مناسب برای مسلح کردن خاک و تعیین تأثیر گونه‌های مختلف در پایداری سواحل رودخانه‌ها است. در این تحقیق فرض شده است که شیب و نیروی ناشی از جریان آب بر سامانه ریشه درختان پده مؤثر است. هدف از این پژوهش بررسی سیستم ریشه درختان پده در جهت شیب ساحل و جریان رودخانه سیمره می‌باشد.

مواد و روش‌ها

برای بررسی سیستم ریشه درختان ساحلی، بازه نسبتاً مستقیمی به‌طول یک کیلومتر از ساحل رودخانه سیمره واقع در استان ایلام - شهرستان دره شهر - روستای وحدت آباد انتخاب شد. این رودخانه یکی از سرشاخه‌های اصلی رودخانه کرخه است. نزدیک‌ترین ایستگاه آب‌سنجی به محل طرح، ایستگاه نظرآباد در ۲۶°، ۴۷° طول و ۱۱°، ۳۳° عرض جغرافیایی می‌باشد. متوسط بارندگی سالانه ۴۴۱/۸ میلی‌متر، متوسط درجه حرارت سالانه ۲۰/۲ سانتی‌گراد و براساس تقسیم‌بندی دومارتن و آمبرژه، محدوده طرح دارای اقلیم نیمه‌خشک معتدل می‌باشد. مساحت حوزه بالادست حدود ۲۹ هزار کیلومتر مربع، با شیب متوسط ۱۷/۴ درصد است. شیب متوسط آبراهه ۰/۲ درصد و طول آن ۵۵۶ کیلومتر می‌باشد. متوسط آب‌دهی سالانه رودخانه در ایستگاه نظرآباد ۱۲۲ مترمکعب در ثانیه است. بیشترین میزان آب‌دهی در فروردین ماه با متوسط ۲۸۵ و کمترین در مهرماه با متوسط ۵۷/۳ مترمکعب در ثانیه می‌باشد.

برای شناسایی گونه‌های غالب حاشیه رودخانه سیمره، پیمایش‌های فراوانی در طول ساحل انجام گرفت. نتایج



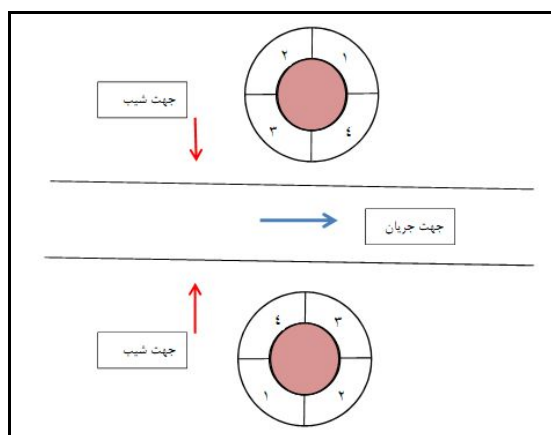
شکل ۲. تأثیر ریشه در جلوگیری از فرسایش خاک



شکل ۱. مکان انجام تحقیق - رودخانه سیمره (روستای وحدت آباد)



شکل ۴. روش حفر ترانشه و بررسی سیستم ریشه



شکل ۳. آرایش ربع‌ها در ساحل راست و چپ رودخانه

داشته و از آن به بعد کاهش می‌یابد. حداکثر تعداد ریشه در عمق ۹۰ تا ۱۰۰ سانتی متری می‌باشد. در این گونه، توزیع تعداد ریشه نسبت به عمق، ابتدا با شیب ملایم‌تری تا عمق حداکثر تعداد ریشه‌ها، افزایش یافته و سپس با شیب تندتری نسبت به حالت اول کاهش می‌یابد. این پدیده به دلیل محدودیت‌های زیستی در عمق‌های پایین تر رخ می‌دهد. بیسپختی و همکاران ()، علت این روند، کاهش مواد غذایی، کاهش مقدار هوا و افزایش تراکم لایه‌های پایینی گزارش کرده‌اند. هرچند که روند تغییر تعداد ریشه در جهت عمق به شکل افزایشی و سپس کاهش است اما با توجه به لایه‌ای بودن خاک ساحل رودخانه و شرایط محیطی هر لایه، این روند دارای نوسان‌هایی نیز می‌باشد. نتایج آزمون کروسکال والیس با سطح معنی‌داری صفر نشان می‌دهد که تفاوت میانگین تعداد ریشه در افق‌های مختلف معنی‌دار

تفکیک نواحی مختلف با استفاده از نرم‌افزار اسپاس پی‌اس اس مورد تحلیل قرار گرفت. تأثیر پوشش‌های گیاهی در پایداری شیب‌ها، روش حفر ترانشه و بررسی سیستم ریشه در شکل ۱ تا ۴ نشان داده شده است.

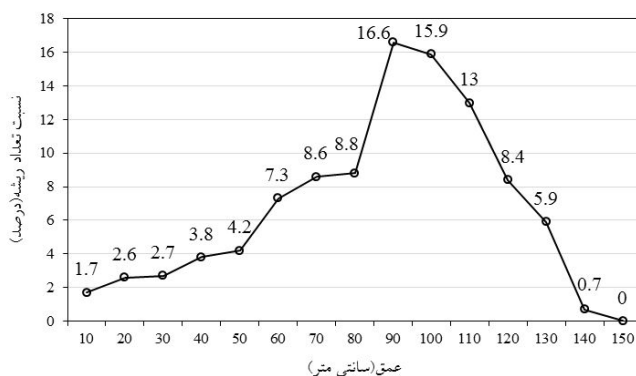
نتایج و بحث

تعداد ریشه‌ها

در این تحقیق کل تعداد ریشه‌های شمارش شده در شش پایه درخت انتخاب شده، برابر ۱۲۰۲ عدد می‌باشد با توجه به محدودیت‌های اجرایی، توزیع ریشه‌ها حداکثر تا عمق ۱۵۰ سانتی متری مورد بررسی قرار گرفت. نتایج به دست آمده نشان می‌دهد که در نزدیکی سطح خاک، تعداد ریشه کم و با افزایش عمق بیشتر می‌شود. افزایش تعداد ریشه تا عمق مشخصی ادامه

جدول ۱. آماره‌های توصیفی تعداد ریشه برحسب افق‌های مختلف گونه پده

عمق (برحسب سانتی‌متر)	تعداد افق	تعداد ریشه	میانگین	انحراف استاندارد از میانگین	حداقل	حداکثر	انحراف معیار	ضریب کشیدگی	نسبت تعداد ریشه (درصد)
۱۰	۲۴	۲۰	۰/۸۳	۰/۳۷	۰	۶	۱/۸۳	۲/۳۰	۱/۷
۲۰	۲۴	۳۱	۱/۲۹	۱/۵۸	۰	۱۱	۲/۸۵	۲/۵۰	۲/۶
۳۰	۲۴	۳۲	۱/۳۳	۰/۵۰	۰	۱۰	۲/۴۶	۲/۲۹	۲/۷
۴۰	۲۴	۴۶	۱/۹۲	۰/۴۴	۰	۶	۲/۱۷	۰/۸۲	۳/۸
۵۰	۲۴	۵۰	۲/۰۸	۰/۵۷	۰	۱۰	۲/۸۰	۱/۵۷	۴/۲
۶۰	۲۴	۸۸	۳/۶۷	۰/۸۶	۰	۱۷	۴/۲۲	۱/۶۲	۷/۳
۷۰	۲۴	۱۰۳	۴/۲۹	۱/۰۶	۰	۱۸	۵/۱۷	۱/۴۳	۸/۶
۸۰	۲۴	۱۰۶	۴/۴۲	۱/۱۰	۰	۲۱	۵/۳۸	۱/۸۴	۸/۸
۹۰	۲۰	۱۹۹	۹/۹۵	۱/۵۴	۰	۲۴	۶/۸۹	۰/۹۲	۱۶/۶
۱۰۰	۲۰	۱۹۱	۹/۵۵	۱/۳۵	۱	۲۰	۶/۰۴	۰/۳۰	۱۵/۹
۱۱۰	۲۰	۱۵۶	۷/۸۰	۱/۳۵	۰	۲۰	۶/۰۵	۰/۶۴	۱۳/۰
۱۲۰	۱۶	۱۰۱	۶/۳۱	۱/۶۷	۱	۳۰	۶/۶۹	۳/۲۹	۸/۴
۱۳۰	۱۲	۷۱	۵/۹۲	۱/۲۰	۲	۱۷	۴/۱۴	۱/۹۵	۵/۹
۱۴۰	۱۲	۸	۰/۶۷	۰/۳۸	۰	۴	۱/۳۰	۱/۹۳	۰/۷
۱۵۰	۴	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
کل	۲۹۶	۱۲۰۲	۴/۰۶	۰/۳۱	۰	۳۰	۵/۳۰	۱/۸۵	۱۰۰/۰



شکل ۵. درصد تعداد ریشه در افق‌های مختلف

توزیع ریشه در چهار ربع

آماره‌های توصیفی تعداد ریشه‌ها بر حسب چهار ربع، در جدول نشان داده شده است. درختان پده انتخاب شده در این تحقیق در ساحل چپ رودخانه قرار دارند. با توجه به آرایش تعریف شده برای ربع‌های مختصاتی، بیشترین تعداد ریشه‌ها در

می‌باشد. روند تغییر تعداد ریشه‌ها در جهت عمق در جدول و شکل نشان داده شده است. نتایج پژوهش‌های بیسجستی وهمکاران (۶)، داکر و هابل (۹)، دی‌آریو و همکاران (۸)، شفاعی بجستان و گل‌شیخی (۲)؛ عبدی (۳)؛ حسینی (۱) نشان می‌دهد که با افزایش عمق تعداد ریشه‌ها کاهش می‌یابد.

جدول ۲. آماره‌های توصیفی تعداد ریشه بر حسب چهار ربع

ربع	تعداد افق	تعداد ریشه	میانگین	انحراف استاندارد از میانگین	کمینه	بیشینه	انحراف معیار	ضریب کشیدگی	نسبت تعداد ریشه (درصد)
اول	۷۳	۳۱۰	۴/۲۵	۰/۵۸	۰	۲۲	۴/۹۸	۱/۴۳	۲۵/۸
دوم	۷۳	۳۹۵	۵/۴۱	۰/۸۱	۰	۳۰	۶/۹۱	۱/۵۷	۳۲/۹
سوم	۷۳	۲۳۳	۳/۱۹	۰/۴۸	۰	۲۴	۴/۱۱	۲/۳۳	۱۹/۴
چهارم	۷۳	۲۶۴	۳/۶۲	۰/۵۵	۰	۱۹	۴/۶۷	۱/۵۸	۲۲/۰
کل	۲۹۲	۱۲۰۲	۴/۱۲	۰/۳۱	۰	۳۰	۵/۳۱	۱/۸۴	۱۰۰/۰

جدول ۳. رده‌بندی ریشه‌ها

رده‌بندی ریشه‌ها بر حسب دسته قطری				
رده	۱	۲	۳	۴
دسته- قطر (میلی متر)	۱-۵	۵-۱۰	۱۰-۲۰	>۲۰
تعداد ریشه (درصد)	۷۶/۵	۱۳/۷	۶/۴	۳/۴
تعداد ریشه در بالادست	۴۶/۶	۷/۳	۳/۵	۱/۶
جهت شیب (درصد)	۲۹/۹	۶/۳	۳/۰	۱/۷
تعداد ریشه در بالادست	۴۱/۳	۶/۷	۲/۸	۲/۱
جهت جریان (درصد)	۳۵/۱	۷/۰	۳/۷	۱/۳

مقاومت برشی خاک تا ۲۰ میلی‌متر دانسته‌اند. همچنین تعیین مقاومت کششی ریشه‌ها تا قطر ۱۰ میلی‌متر با ابزارهای موجود با خطایی کمتری قابل اندازه‌گیری می‌باشد. بیشترین تفاوت تعداد ریشه‌ها در رده‌های مختلف مربوط به رده تا ۵ میلی‌متر می‌باشد. به عبارت دیگر تعداد ریشه‌ها با قطر تا ۵ میلی‌متر در بالادست شیب تفاوت قابل توجه با تعداد همین رده در پایین دست شیب دارد. همین‌طور در جهت جریان، درصد تعداد ریشه‌های رده یک، در بالادست جریان بیشتر از پایین دست جریان می‌باشد. اما این تفاوت در جهت شیب به مراتب بیشتر از جهت جریان می‌باشد و این اختلاف به ۲/۷ برابر می‌رسد.

ربع دوم با ۳۲/۹ درصد کل ریشه‌ها، وجود دارند. این ربع به‌طور مشترک در بالادست جریان و شیب قرار دارد. به عبارت دیگر این ناحیه هم تحت تأثیر شیب و هم برخورد جریان واقع شده و درختان برای برقراری تعادل نیروها، سامانه ریشه را در جهت بالادست گسترش داده‌اند (۶).

رده‌بندی قطر ریشه‌ها

در جدول رده‌بندی ریشه‌ها بر حسب قطرهای مختلف نشان داده شده است. بیش از ۹۰ درصد ریشه‌ها قطری کمتر از ۱۰ میلی‌متر دارند. همین‌طور حدود ۹۷ درصد ریشه‌ها قطری حداکثر تا ۲۰ میلی‌متر دارند. این مسئله از این نظر اهمیت دارد که بیشتر محققان تأثیر ریشه را در افزایش

جدول ۴. آماره‌های توصیفی تعداد ریشه برحسب نواحی بالایی و پایینی شیب و جریان

ناحیه	تعداد افق	تعداد ریشه	میانگین	انحراف استاندارد از میانگین	کمینه	بیشینه	انحراف معیار	ضریب کشیدگی	نسبت تعداد ریشه (درصد)
ناحیه بالایی شیب	۱۴۸	۷۰۵	۴/۷۶	۰/۵۰	۰	۳۰	۶/۰۲	۱/۶۵	۵۸/۷
ناحیه پایینی شیب	۱۴۸	۴۹۷	۳/۳۶	۰/۳۶	۰	۲۴	۴/۳۷	۱/۹۰	۴۱/۳
ناحیه بالایی جریان	۱۴۸	۶۲۸	۴/۲۴	۰/۴۷	۰	۳۰	۵/۷۶	۲/۰۱	۵۲/۲
ناحیه پایینی جریان	۱۴۸	۵۷۴	۳/۸۸	۰/۴۰	۰	۲۲	۴/۸۱	۱/۵۰	۴۷/۸
کل	۲۹۶	۱۲۰۲	۴/۰۶	۰/۳۱	۰	۳۰	۵/۳۰	۱/۸۵	۱۰۰/۰

توزیع ریشه‌ها در جهت شیب و جریان

بررسی تعداد ریشه‌ها در بالادست و پایین دست شیب و جریان نشان می‌دهد که، تعداد ریشه‌ها در ناحیه بالایی شیب و جریان بیشتر از ناحیه پایینی است. در بالادست شیب ۵۹ درصد و در بالادست جریان ۵۲ درصد تعداد ریشه‌ها قرار دارند. همچنین نتایج این بررسی نشان داد که این تفاوت در جهت شیب به مراتب بیشتر از جهت جریان می‌باشد. به عبارت دیگر سامانه ریشه در جهت شیب نسبت به جهت جریان نامتقارن تر است. آماره‌های توصیفی تعداد ریشه در نواحی بالایی و پایینی شیب و جریان در جدول نشان داده شده است. در جهت شیب، نیروی وزن و در جهت جریان، نیروی دراگ ناشی از وقوع سیلاب‌ها و دبی پایه آبراهه، عامل برهم زننده تعادل نیروهای مکانیکی است. به همین دلیل، درختان برای پایداری، سامانه ریشه را در جهت بالادست شیب و جریان توسعه می‌دهند. نیروی وزن، به طور مداوم سامانه ریشه را تحت تأثیر قرار می‌دهد در حالی که تأثیر نیروی دراگ ناشی از جریان به صورت مقطعی و گذرا خواهد بود. از این رو تأثیرپذیری سامانه ریشه در جهت شیب بیشتر از جهت جریان بوده و نامتقارنی سامانه ریشه در جهت شیب بیشتر از جهت جریان می‌باشد. به نقل از عبدی (۳)، نیکول و همکاران بیشترین تعداد ریشه صنوبر را در پایین شیب ولی نیکول و رای بیشترین تعداد را در سمت بالای شیب گزارش نموده‌اند. وجود بادهای غالب دلیل این پدیده ذکر شده است. دی‌آوریو و همکاران (۸) نیروهای وارد بر گیاهان را شامل نیروهای: وزن، شیب و باد معرفی کرده و حجم توده

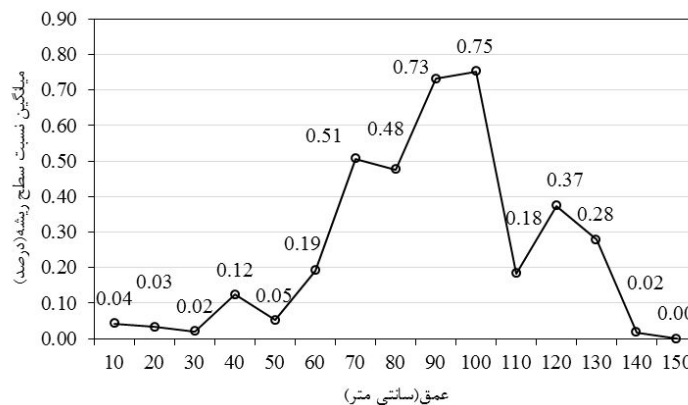
ریشه درختان در روی شیب را بیشتر از حالت هموار تأیید کرده‌اند. در روی شیب تعداد ریشه‌ها در بالادست بیشتر و مرکز ثقل نیز به سمت بالای شیب تمایل دارد. عبدی (۳)، تعداد ریشه‌ها را برای دو گونه جنگلی در ناحیه پایینی شیب بیشتر از بالای شیب گزارش کرد. اما با توجه به نداشتن سرعت و جهت باد منطقه دلیلی برای آن ذکر نکرد. حسینی (۱) سامانه ریشه درختان گز روی شیب ساحل رودخانه سیمره را مورد بررسی قرارداد. نتایج این تحقیق نشان داد که ۶۱ درصد تعداد ریشه‌ها در بالادست شیب قرار دارند.

نسبت سطح ریشه

نتیجه این پژوهش نشان می‌دهد که نسبت سطح ریشه در افق‌های مختلف متفاوت است. با افزایش عمق نسبت سطح ریشه افزایش می‌یابد. این افزایش تا عمق مشخصی ادامه داشته و بعد از آن روندی کاهشی دنبال می‌کند. حداکثر نسبت سطح ریشه در عمق ۹۰ تا ۱۰۰ سانتی متری اتفاق می‌افتد. این روند توسط شفافی بجستان و گل شیخی (۲)، برای گونه پده در ساحل رودخانه کارون نیز گزارش شده است. آبرنتی و رادرفورد (۴)، بیسچتی و همکاران (۶)، ماتیا و همکاران (۱۱) و عبدی (۳) نشان دادند که با افزایش عمق شاخص نسبت سطح ریشه روندی کاهشی دارد. روند کاهش و یا افزایش نسبت سطح ریشه در افق‌های مختلف یکنواخت نیست. دبیتس و همکاران (۷) افزایش ناگهانی نسبت سطح ریشه را در برخی از افق‌ها، وجود لایه‌های با مواد غذایی بیشتر و شرایط بهتر

جدول ۵. آماره‌های توصیفی نسبت سطح ریشه بر حسب افق‌های مختلف

عمق (سانتی‌متر)	تعداد افق	میانگین (درصد)	انحراف استاندارد از میانگین	کمینه	بیشینه	انحراف معیار	ضریب کشیدگی
۱۰	۲۴	۰/۰۴۳	۰/۰۳۰	۰/۰	۰/۷۲	۰/۱۵	۴/۶
۲۰	۲۴	۰/۰۳۳	۰/۰۱۷	۰/۰	۰/۳۵	۰/۰۸	۳/۱
۳۰	۲۴	۰/۰۲۱	۰/۰۰۸	۰/۰	۰/۱۳	۰/۰۴	۱/۹
۴۰	۲۴	۰/۱۲۴	۰/۰۵۸	۰/۰	۱/۳۴	۰/۲۹	۳/۷
۵۰	۲۴	۰/۰۵۲	۰/۰۱۹	۰/۰	۰/۴۳	۰/۱۰	۳/۰
۶۰	۲۴	۰/۱۹۱	۰/۰۶۶	۰/۰	۱/۲۵	۰/۳۲	۲/۵
۷۰	۲۴	۰/۵۰۶	۰/۲۲۹	۰/۰	۵/۲۸	۱/۱۲	۳/۷
۸۰	۲۴	۰/۴۷۶	۰/۲۴۶	۰/۰	۴/۵۳	۱/۲۰	۳/۱
۹۰	۲۰	۰/۷۳۲	۰/۲۰۴	۰/۰	۳/۳۸	۰/۹۱	۱/۶
۱۰۰	۲۰	۰/۷۵۳	۰/۲۵۷	۰/۰۱	۳/۹۱	۱/۱۵	۲/۱
۱۱۰	۲۰	۰/۱۸۳	۰/۰۵۸	۰/۰	۱/۱۶	۰/۲۶	۳/۱
۱۲۰	۱۶	۰/۳۷۴	۰/۲۱۱	۰/۰	۳/۳۲	۰/۸۴۵	۳/۳
۱۳۰	۱۲	۰/۲۷۹	۰/۰۹۴	۰/۰۱	۱/۲۱	۰/۳۲۴	۲/۴
۱۴۰	۱۲	۰/۰۱۸	۰/۰۱۵	۰/۰	۰/۱۸	۰/۰۵۲	۳/۲
۱۵۰	۴	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰	۰/۰	۰/۰	۰/۰
کل	۲۹۶	۰/۲۶۲	۰/۰۴۰	۰/۰	۵/۲۸	۰/۶۸۹	۴/۶



شکل ۶. میانگین نسبت سطح ریشه در افق‌های مختلف

از مقایسه تعداد ریشه‌ها با نسبت سطح ریشه در ربع‌های مختلف، مشاهده می‌شود که بالا بودن تعداد ریشه‌ها در یک ناحیه به معنی بالا بودن نسبت سطح ریشه در آن ناحیه نخواهد بود (جدول‌های ۲، ۶ و ۷). متوسط نسبت سطح ریشه در ناحیه بالایی شیب کمتر از ناحیه پایینی و در ناحیه بالایی جریان بیشتر

رطوبتی می‌دانند. در این پژوهش نسبت سطح ریشه در افق‌های مختلف گونه پده از ۰/۰۲ تا ۰/۷۵ درصد متغیر است. متوسط نسبت سطح ریشه در افق‌های ۱۰ سانتی‌متری ۰/۲۶ درصد می‌باشد. روند تغییر نسبت سطح ریشه در افق‌های مختلف در جدول و شکل نشان داده شده است.

جدول ۶. آماره‌های توصیفی نسبت سطح ریشه بر حسب ربع

ربع	تعداد افق	میانگین (درصد)	انحراف استاندارد از میانگین	کمینه	بیشینه	انحراف معیار	ضریب کشیدگی
اول	۷۴	۰/۲۵۹	۰/۰۸۰	۰/۰	۵/۲۸	۰/۶۹	۵/۹
دوم	۷۴	۰/۲۲۶	۰/۰۶۲	۰/۰	۳/۳۲	۰/۵۴	۳/۸
سوم	۷۴	۰/۳۷	۰/۱۰۹	۰/۰	۴/۵۳	۰/۹۴	۳/۴
چهارم	۷۴	۰/۱۹۳	۰/۰۶۰	۰/۰	۳/۷۴	۰/۵۲	۵/۱
کل	۲۹۶	۰/۲۶۲	۰/۰۴۰	۰/۰	۵/۲۸	۰/۶۹	۴/۶

جدول ۷. آماره‌های توصیفی نسبت سطح ریشه بر حسب نواحی بالایی و پایینی شیب و جریان

ناحیه	تعداد افق	میانگین (درصد)	انحراف استاندارد از میانگین	کمینه	بیشینه	انحراف معیار	ضریب کشیدگی
ناحیه بالایی شیب	۱۴۸	۰/۲۴۳	۰/۰۵۰	۰/۰	۵/۲۸	۰/۶۱	۵/۳
ناحیه پایینی شیب	۱۴۸	۰/۲۸۲	۰/۰۶۲	۰/۰	۴/۵۳	۰/۷۶	۴/۱
ناحیه بالایی جریان	۱۴۸	۰/۲۹۸	۰/۰۶۳	۰/۰	۴/۵۳	۰/۷۶	۳/۹
ناحیه پایینی جریان	۱۴۸	۰/۲۲۶	۰/۰۵	۰/۰	۵/۲۸	۰/۶۱	۵/۸
کل	۲۹۶	۰/۲۶۲	۰/۰۴	۰/۰	۵/۲۸	۰/۶۹	۴/۶

از ناحیه پایینی است. این به این معنی است که در ناحیه پایینی شیب ریشه‌های قطورتری وجود دارند.

تجزیه میدانی نشان می‌دهد که دو عامل در افزایش قطر ریشه‌ها مؤثر است، الف) چنانچه خاک پیرامون ریشه در اثر جریان آب فرسایش یابد، قطر ریشه افزایش می‌یابد این پدیده در مورد درختان نزدیک رقوم سطح آب در دوره حداقل جریان رودخانه (شهریور ماه)، که معمولاً در دوره پرآبی در معرض فرسایش قرار گرفته بودند، مشاهده شد، و ب) هر اندازه ارتفاع ساحل بیشتر و فاصله درختان از رقوم سطح آب و ساحل رودخانه بیشتر شود، درختان برای دسترسی به آب، طول و در نتیجه قطر ریشه را افزایش می‌دهند. البته بالا بودن نسبت سطح ریشه در یک ناحیه به معنی افزایش مقاومت برشی خاک در آن ناحیه نیست زیرا مقاومت کششی ریشه با قطر رابطه عکس دارد (۱ و ۲). بیسجتی و همکاران (۶)، نسبت سطح ریشه در پروفیل‌ها را برای یک گونه درخت ۰/۳۵-۰/۱۰ درصد، ماتیا و

همکاران (۱۱)، برای بوته‌ها، ۰/۰۹-۰/۰۰۰۱ درصد، ابرنتی و رادفورد (۴)، برای یک گونه درختی ۰/۸۶-۰/۰۰۱ درصد، دبیتس و همکاران (۷)، برای یک گونه درختچه‌ای ۰/۷۵-۰/۰۲ درصد و عبدی (۳)، برای سه گونه از درختان جنگلی ۰/۶-۰/۰۰۰۴ درصد، گزارش نموده‌اند. آماره‌های توصیفی نسبت سطح ریشه در چهار ربع و همچنین در جهت شیب و جریان در جداول نشان داده شده است.

نتیجه‌گیری

نتایج این طرح پژوهشی نشان می‌دهد که با افزایش عمق تعداد ریشه‌ها ابتدا افزایش و سپس کاهش می‌یابد. بیشترین تعداد ریشه‌ها در عمق ۹۰ تا ۱۰۰ متری قرار دارد. روند کاهش تعداد ریشه‌ها بعد از عمقی، بیشتر از حداکثر عمق تعداد ریشه‌ها، با شدت بیشتری کاهش می‌یابد. بیشترین تعداد ریشه‌ها در ناحیه بالایی شیب و جریان واقع شده‌اند. اما تفاوت تعداد ریشه‌ها در

است، اما این به معنی افزایش مقاومت برشی خاک در آن ناحیه نخواهد بود، زیرا ریشه‌های ناحیه بالایی شیب، دارای قطر متوسط کمتری هستند. از مهم‌ترین مزایای استفاده از روش مقطع پروفیل دایره‌ای، بررسی سامانه ریشه در جهت‌های مختلف است. درختان برای برقرار تعادل نیروها، سامانه ریشه را به شکل نامتقارن توسعه می‌دهند.

تشکر و قدردانی

بدین وسیله از شرکت آب منطقه‌ای استان ایلام که تأمین منابع مالی طرح را به عهده داشته‌اند صمیمانه تشکر می‌شود.

نواحی بالایی و پایینی، در جهت شیب بیشتر از جهت جریان می‌باشد. این به آن معنی است که تأثیر شیب بر سامانه ریشه به مراتب بیشتر از جریان می‌باشد. بیشترین تعداد ریشه‌ها در ربع دوم واقع شده است. این ربع هم تحت تأثیر شیب و هم جریان قرار دارد. بیشترین تعداد ریشه‌ها، قطری کمتر از ۵ میلی‌متر دارند. بنابراین در بررسی سامانه ریشه و تأثیر آن بر مقاومت برشی خاک، ریشه‌های با قطر تا ۵ میلی‌متر از اهمیت بیشتری برخوردار هستند. یکی از شاخص‌های مهم که در بررسی تأثیر ریشه در افزایش مقاومت برشی خاک مورد توجه قرار می‌گیرد، شاخص نسبت سطح ریشه می‌باشد. اما بالا بودن شاخص نسبت سطح ریشه زمانی دارای اهمیت بیشتری است که ریشه‌ها دارای قطر کمتری باشند. به عبارت دیگر هر چند نسبت سطح ریشه در جهت شیب در ناحیه پایینی، بیشتر از ناحیه بالایی

منابع مورد استفاده

۱. حسینی، ع.، م. شفافی بجستان و س. موسوی جهرمی. ۱۳۹۲. بررسی سیستم ریشه درختان گز روی شیب ساحل رودخانه سیمره، نشریه علوم و مهندسی آبیاری ۳۶(۴): ۸۹-۹۹.
۲. شفافی بجستان، م. و م. گل شیخی. ۱۳۸۱. تعیین اثر ریشه درختان پده و گز بر مقاومت برشی ساحل کارون در محل. مجله علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی ۶(۴): ۲۷-۴۰.
۳. عبدی، ا. ۱۳۸۸. بررسی تأثیر ریشه گونه‌های جنگلی در پایداری دامنه‌ها به منظور استفاده‌های کاربردی در جاده‌سازی جنگل و زیست‌مهندسی. پایان‌نامه دکتری جنگلداری و اقتصاد جنگل، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران.
4. Abernethy, B. and ID. Rutherford. 2001. The distribution and strength of riparian tree roots in relation to riverbank reinforcement. *J. Hydrol Process.* 15: 63-79.
5. Bischetti, G. B., E. A. Chiaradia, T. Simonato, B. Speziali, B. Vitali, P. Vullo and A. Zocco. 2005. Root strength and root area ratio of forest species in Lombardy (Northern Italy). *J. Plant and Soil.* 278:11-22.
6. Chiatante, D., G. S. Scippa, A. Di Dorio, M. Sarnataro. 2003. The influence of steep slope on root system development. *J. plant growth regulation.* 21: 247-260.
7. De Baets, S., J. Poesen, B. Reubes, K. Wemans, J. De Baerdewaeker and B. Muys. 2008. Root tensile strength and root distribution of typical Mediterranean plant species and their contribution to soil shear strength. *J. Plant and Soil.* 305:207-226.
8. Di Iorio, A., B. Lasserre, G. S. Scippa and D. Chiatante. 2005. Root system architecture of *Quercus pubescens* tree growing on difference sloping conditions. *J. Annals of Botany.* 95: 351-361.
9. Docker, B.B. and T. C. T. Hubble. 2008. Quantifying root-reinforcement of river bank soils by four Australian tree species. *J. Geomorphology* 100: 401-418.
10. Hubble T. C. T., B. B. Dockerand and I. D. Rutherford. 2010. The role of riparian trees in maintaining riverbank stability: A review of Australian experience and practice. *J. Ecological Engineering* 36: 292-304.
12. Mattia, C. 2005. Biotechnical characteristics of root systems of typical Mediterranean species. *J. Plant and Soil.* 278: 23-32.
13. Normaniza, O. and S. S. Barakbah. 2008. Engineering properties of *Leucaena leucocephala* for prevention of slope failure. *J. Ecological Engineering* 32: 215-221.

15. Simon A. and A. J. C. Collison. 2002. Quantifying the mechanical and hydrologic effects of riparian vegetation on stream bank stability. *J. Earth Surf. Process. Landforms* 27: 527-546.
16. Watson, A. J. and M. Marden. 2004. Live root-wood tensile strengths of some common New Zealand indigenous and plantation tree species. *J. Forestry Science* 34(3): 344-353.

Investigating the Impact of Slope and Flow of Riverbank on the Root System of Riparian POPULOYS Trees

A. Hosseini^{1*} and M. Shafai-Bajestan²

(Received: July 08-2015 ; Accepted : Dec. 21-2015)

Abstract

Assessing the root system and its tensile strength is necessary for determine the impact of roots in increasing the soil shear strength. The present study aims to investigate effects of slope and flow of riverbank on root system of riparian POPULOYS trees. In a relatively direct interval, 6 riparian POPULOYS trees were chosen on the slope of Simereh riverbank. To assess the root system, the circular profiles trenching method was utilized. The surface around each tree was divided into four quadrants: upper quadrant, lower quadrant, in slope direction and in flow direction. In every quadrant, number and diameter of roots were measured. The obtained results showed that the highest number of roots were in 90-100 cm depth. 59% of Roots, in the slop direction and 53% of roots in flow direction, were located in the top quadrant. Approximately, 97% of roots had up to 20 mm diameter. The greatest difference in the number of roots in upper, lower, in slop direction and in flow direction quadrants, were seen in diameters up to 5 mm. In slope direction, this difference was almost 2.7 times more than the difference seen in flow direction. The average ratio of root cross-section was 0.26%. The obtained results indicate that the root system of riparian POPULOYS trees on the riverbank is asymmetrical.

Keywords: River engineering; Soil reinforcement; Slop stability; Erosion; Bioengineering, Simereh river.

1. Dept. of Water Eng., Faculty of Agric. Eng., Ilam Univ., Ilam, Iran.

2. Dept. of Hydraulic Structures, Faculty of Water Sciences and Eng., Shahid Chamran Univ., Ahvaz, Iran.

*: Corresponding Author, Email: ar.hoseini@ilam.ac.ir