

بررسی سیستم ریشه درختان گز روی شیب ساحل رودخانه سیمره

علیرضا حسینی^۱، محمود شفاعی بجنستان^۲ و سیدحیب موسوی چهرمی^۳

۱- دانشجوی دکتری سازه های آبی، دانشگاه شهید چمران اهواز Ar.hoseini@yahoo.com

۲- استاد دانشکده مهندسی علوم آب، دانشگاه شهید چمران اهواز

۳- دانشیار دانشکده مهندسی علوم آب، دانشگاه شهید چمران اهواز

تاریخ دریافت: ۹۱/۴/۱۷

تاریخ پذیرش: ۹۱/۹/۱۳

چکیده

هدف از انجام این تحقیق، بررسی سیستم ریشه درختان گز روی شیب ساحل رودخانه سیمره می باشد. برای برآورد افزایش مقاومت برشی خاک در اثر حضور ریشه ها، بررسی سیستم ریشه لازم بود. برای این منظور تعداد پنج پایه درخت گز، در بازه ی نسبتاً مستقیمی از رودخانه سیمره انتخاب گردید. برای بررسی سیستم ریشه، از روش مقطع پروفیل دورانی استفاده شد. تعداد و قطر ریشه ها در ناحیه بالایی و پایینی شیب اندازه گیری گردید. تحلیل آماری داده ها با استفاده از نرم افزار SPSS انجام گردید چون توزیع داده ها نرمال نبود. برای تحلیل آماری داده ها از روش های ناپارامتری استفاده شد. نتایج این بررسی نشان داد که تعداد ریشه ها در ناحیه بالایی شیب بیشتر از ناحیه پایینی شیب است، ۶۱ درصد تعداد ریشه ها در ناحیه بالایی و ۳۹ درصد در ناحیه پایینی شیب قرار دارند. قطر متوسط ریشه ها در ناحیه پایینی شیب بیشتر از ناحیه بالایی است، اما مجموع قطر ریشه ها در ناحیه بالایی بیشتر از ناحیه پایینی شیب بود، متوسط و مجموع سطح مقطع ریشه ها در ناحیه بالایی بیشتر از ناحیه پایینی است. ۶۳/۸ درصد سطح مقطع ریشه ها در ناحیه بالایی شیب و تنها ۳۶/۲ درصد آن در ناحیه پایینی قرار دارد. برای همه دسته های قطری، مجموع سطح مقطع ریشه ها در ناحیه بالایی بیشتر از ناحیه پایینی بود سیستم ریشه درختان گز روی شیب ساحل رودخانه نامتقارن است و برای برقراری تعادل نیروها و پایداری شیب، تعداد و سطح مقطع ریشه ها در ناحیه بالایی شیب بیشتر از ناحیه پایینی شیب می باشد.

کلید واژه ها: مهندسی رودخانه، مسلح سازی خاک، پایداری شیب، فرسایش، زیست مهندسی.

Investigation of Root System of Tamarix Trees on Slope of SAIMEREH Riverbanks

A. R. Hosseini¹, M. shafai-Bajestan² and S.H. Musavi³

1- Ph. D. Student, Faculty of Water Sciences Engineering, Shahid Chamran University, Ahwaz, Iran.

2- Professor, Faculty of Water Sciences Engineering, Shahid Chamran University, Ahwaz, Iran.

3- Associate Professor, Faculty of Water Sciences Engineering, Shahid Chamran University, Ahwaz, Iran.

Received: 8 July 2012

Accepted: 4 Dec 2012

Abstract

Root system is effective on increase soil shear strength. This study investigates the root system of Tamarix trees on slope of riverbanks. Five trees (from TAMARIX species) which grow on the river beech were selected in a distance about one km on SAIMEREH River in Ilam Province. Circle profile trenching method was employed to obtain characteristics. Results show that the number of roots on upslope is about 22 percent more than downslope. For all diameters, the number of roots in upslope is more than downslope. The average of root diameters on downslope is bigger than upslope. Total root area on upslope is about 27.6 percent more than downslope. It is concluded that root system on riverbank is unsymmetrical and slope has effect on the root system. The number of roots and root area on upslope was more than downslope.

Keywords: River engineering, Soil reinforcement, Slope stability, Erosion, Bioengineering.

مقدمه

رودخانه‌ها یکی از مهمترین منابع آبی دنیا می‌باشند که نقش و اهمیت آنها در توسعه زندگی بشری سبب شده است تا همواره تمدن‌های بزرگ در کنار رودخانه به‌وجود آیند. رودخانه‌ها بستر جریان یکی از بزرگترین نیروهای مخرب طبیعی (سیلاب‌ها) هستند که پوشش‌های گیاهی به‌صورت هیدرولوژیکی و مکانیکی در کاهش خسارت‌های ناشی از آن مؤثرند. افزایش جمعیت و نیاز به یافتن منابع جدید، انسان را به تصرف در حریم رودخانه‌ها و به‌هم زدن تعادل اکولوژیکی آن ترغیب نموده است. برخی کشورها در دهه ۱۹۷۰، برای کاهش زبری آبراهه‌ها و به دنبال آن افزایش سرعت جریان و کاهش ارتفاع سیلاب، به‌منظور حفاظت تاسیسات زیربنایی از آب گرفتگی، 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 پدیده فرسایش می‌شود. ناپایداری سواحل رودخانه با فرسایش سطحی^۱ آغاز می‌شود و در ادامه پدیده آبشستگی^۲ و سپس لغزش^۳ به‌وجود می‌آید (۹). این پدیده سبب از بین رفتن بخشی از زمین‌های حاصلخیز کشاورزی، افزایش رسوبات نه‌شین شده در دریاچه سدهای مخزنی، تخریب تاسیسات آبیگری 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 آبراه اتفاق می‌افتد که تثبیت سازه‌های آن به‌دلیل بالا بودن هزینه‌ها تنها به‌صورت موضعی امکان‌پذیر است. بنابراین برای کاهش این پدیده احياء مجدد پوشش‌های گیاهی کنار رودخانه‌ها ضروری است. در چند دهه اخیر استفاده از پوشش‌های گیاهی، بنام روش‌های زیست‌مهندسی^۴ در حال گسترش می‌باشد. بیشتر مهندسان به‌طور سنتی استفاده از مصالح سخت (سازه‌ای) را برای پایداری شیب و جلوگیری از فرسایش انتخاب می‌کنند. در صورتی‌که استفاده از روش‌های زیست‌مهندسی در مراحل ابتدایی فرسایش با هزینه کمتری امکان‌پذیر است (۲). در روش‌های زیست‌مهندسی با گذشت زمان، پایداری شیب‌ها افزایش می‌یابد و در صورت آسیب دیدگی، توانایی احياء دوباره خود را دارند (۱۰). تراکم ریشه می‌تواند ضریب ایمنی پایداری را نسبت به خاک بدون ریشه افزایش دهد (۱). زیست‌مهندسی علاوه بر کارکردهای فنی، سبب تجدید حیات طبیعی آبراه‌ها نیز می‌شود (۱۰). استفاده از این روش به‌همراه روش‌های سازه‌ای اثر بخشی بیشتری دارد. به‌عبارت دیگر این دو روش مکمل یکدیگرند.

ریشه‌ها با اتصال لایه‌های سطحی خاک به لایه‌های عمیق‌تر و سنگ بستر از فرسایش و لغزش توده خاک جلوگیری می‌کنند (۱۲). 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. پوشش‌های گیاهی به صورت مکانیکی و هیدرولوژیکی سبب پایداری شیب‌ها می‌شوند (۱۵ و ۹). 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 (۵ و ۱۳). اثر مکانیکی ریشه در پایداری شیب‌ها بیشتر از اثر هیدرولوژیکی گزارش شده است (۱۵). 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. مشخصه‌هایی از قبیل ویژگی‌های مرفولوژیکی ریشه (توزیع سیستم ریشه نسبت به قطرهای مختلف، توزیع ریشه نسبت به سطح مقطع و توزیع ریشه نسبت به عمق)، مقاومت کششی ریشه‌ها، مدول کششی ریشه^۵، انحناء ریشه^۶، اصطکاک داخلی خاک - ریشه و جهت ریشه نسبت به جهت کشیدگی، در اندازه مسلح‌سازی خاک توسط ریشه‌ها موثر است (۱۵). بررسی‌های انجام شده نشان می‌دهد که ریشه‌های باریک‌تر (با قطر ۲۰-۱ میلی‌متر) نسبت به ریشه‌های ضخیم‌تر دارای مقاومت کششی بیشتری می‌باشند (۱۵ و ۹). بنابراین تعداد بیشتری از ریشه‌های نازک‌تر در مقایسه با تعداد کمتر ولی قطورتر از ریشه‌ها، اثر مسلح‌سازی بهتری در خاک دارند.

5- Root tensile modulus values
6- Root tortuosity

1- Sub-aerial erosion
2- Scouring
3- Slumping
4- Bioengineering



شکل ۱- روش حفر ترانشه و بررسی سیستم ریشه

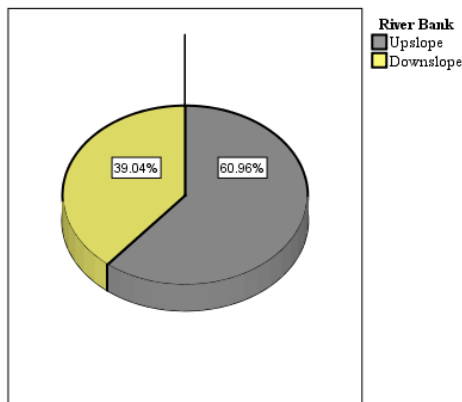
است. در انتخاب مکان تحقیق چند نکته اساسی مورد توجه قرار گرفت: دسترسی به مکان پژوهش امکان پذیر باشد، از این گونه‌ی درخت به اندازه نیاز طرح وجود داشته باشد، بازه انتخابی ترجیحاً مستقیم باشد، تراکم پوشش و فاصله درختان به اندازه‌ای باشد که امکان کار کردن در بین آنها وجود داشته باشد. سن درختان انتخاب شده نزدیک به هم باشد و تأثیر پوشش گیاهی در افزایش پایداری شیب مشاهده شود. در طول این بازه، پایه‌های مناسب برای انجام تحقیق شناسایی و شماره گذاری شدند. از بین ۱۲ پایه درخت گز شماره گذاری شده، تعداد پنج پایه به روش کاملاً تصادفی انتخاب گردید. برای بررسی سیستم ریشه از روش مقطع پروفیل دورانی که توسط محقق ارائه شده، استفاده شد. این روش با اندکی تفاوت مشابه روش مقطع پروفیل است (۴ و ۶). برای این منظور در فاصله ۰/۵ متری از تنه درخت، ترانشه‌ای به شکل دایره حفر گردید. روی مقطع عرضی ترانشه دستگاه مختصات قائم تعریف شد. محورهای مختصات به گونه‌ای در نظر گرفته می‌شوند 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) شماره گذاری شدند. با این فرض، برای ساحل راست رودخانه، ربع‌های اول و دوم ناحیه بالایی شیب و ربع‌های سوم و چهارم ناحیه پایینی شیب (طرف ساحل رودخانه) را تشکیل می‌دهند. عمق ترانشه بر حسب حداکثر عمق ریشه‌دوانی و شرایط منطقه تعیین می‌شود. حفاری به روش‌های مرسوم دستی انجام می‌شود. سطح ترانشه، در راستای قائم، به افق‌های ۱۰ سانتی‌متری تقسیم می‌شود. به طور مشابه در راستای افق، انحناء ترانشه به بخش‌های ۱۰ سانتی‌متری نیز افزایش می‌شود. بعد از شبکه بندی سطح ترانشه به تفکیک هر ربع، شمارش تعداد و اندازه‌گیری قطر ریشه‌ها برای مختصات‌های ۱۰×۱۰ سانتی‌متری انجام گرفت. قطر ریشه‌ها با استفاده از کولیس اندازه‌گیری می‌شود. روش حفر ترانشه و بررسی سیستم ریشه به صورت شماتیک در شکل (۱) نشان داده شده است. برای تجزیه و تحلیل آماری داده‌های سیستم ریشه، از نرم افزار

مواد و روش‌ها

برای بررسی سیستم ریشه درختان ساحلی، بازه‌ی نسبتاً مستقیمی به طول یک کیلومتر از ساحل رودخانه سیمره واقع در استان ایلام - شهرستان دره‌شهر - روستای وحدت آباد انتخاب شد. این رودخانه یکی از سرشاخه‌های اصلی رودخانه کرخه است. نزدیک‌ترین ایستگاه آبسنجی به محل طرح، ایستگاه نظرآباد با بزرنگی سالبانه ۴۴۱/۸ میلی‌متر، متوسط درجه حرارت سالبانه ۲۰/۲ سانتی‌گراد و بر اساس تقسیم‌بندی دومارتن و آمبرژه محدوده طرح، دارای اقلیم نیمه خشک 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 مهر ماه با متوسط ۵۷/۳ مترمکعب در ثانیه می‌باشد (۷). از نظر زمین ریخت شناسی^۱، رودخانه سیمره در بازه‌های مورد نظر به عنوان یک رودخانه بالغ^۲ تلقی می‌گردد و از نظر شکل ظاهری در گروه رودخانه‌های مارپیچی و یا پیچان‌رودی^۳ قرار می‌گیرد. فرسایش سواحل موجب عدم پایداری قوس‌ها و حتی پیشروی متاندرها در بلند مدت می‌شود (۱۱).

یکی از عوامل مؤثر در موفقیت طرح‌های زیست‌مهندسی خاک، انتخاب درست گونه درختی است. گونه انتخاب شده بایستی با شرایط محیطی منطقه سازگار باشد. بنابراین بهترین راه برای انتخاب درخت و یا درختچه‌های مناسب با هدف مسلح‌سازی خاک، استفاده از گونه‌های بومی است (۶). برای شناسایی گونه‌های غالب حاشیه رودخانه سیمره، پیمایش‌های فراوانی در طول ساحل انجام گرفت. نتایج بررسی‌ها نشان داد که درخت گز یکی از گونه‌های غالب در رویشگاه‌های حاشیه رودخانه سیمره

- 1- Geomorphology
- 2- Mature
- 3- Meandering



شکل ۲- مقایسه تراکم ریشه در ناحیه بالایی و پایینی شیب

ریشه‌های ناحیه بالایی شیب، ۵۰ درصد آن در کلاس قطری (۳-۱) میلی‌متر قرار دارد. در حالی که این مقدار در ناحیه پایینی شیب حداکثر ۴۵ درصد می‌باشد. کلاس‌های قطری (۵-۳) و (۱۰-۵) میلی‌متر در ناحیه پایینی شیب، نسبت به ناحیه بالایی شیب، درصد بیشتری از کل ریشه را به خود اختصاص داده‌اند. در کلاس‌های قطری (۲۰-۱۰) و (۵۰-۲۰) میلی‌متر درصد ریشه‌ها در ناحیه بالایی شیب بیشتر است. بنابراین در ناحیه بالایی شیب، ریشه‌های باریک‌تر و قطورتر، درصد بیشتری از ریشه‌ها را نسبت به ناحیه پایینی شیب تشکیل می‌دهد. این مسئله نشان می‌دهد که ریشه‌های کوچکتر سهم بیشتری از کل ریشه‌های ناحیه بالایی شیب را به خود اختصاص می‌دهند. درصد تعداد ریشه‌ها به تفکیک رتبه‌های مختلف در شکل‌های (۳) و (۴) نشان داده شده است. در برخی از مطالعه‌های انجام شده، تعداد ریشه در ناحیه بالایی بیشتر از ناحیه پایینی شیب گزارش شده است (۱۱ و ۱۴). ولی بعضی هم بیشتر بودن تعداد ریشه‌ها در ناحیه پایینی شیب را گزارش کرده‌اند (۲). نیروهای اثر گذار بر سیستم ریشه، نیروی وزن، باد و شیب معرفی شده‌اند (۸). گیاهانی که در نواحی هموار می‌رویند، دارای ساختار ریشه‌ای متقارن هستند. گیاهان برای برقراری تعادل نیروها، سیستم ریشه را به صورت نامتقارن توسعه می‌دهند (۷).

تراکم ریشه در ناحیه بالایی شیب کلیه پایه‌ها نیز مورد بررسی قرار گرفت. برای این کار از آزمون ناپارامتری کروسکال-والیس استفاده شد. نتیجه آزمون با سطح معنی‌داری ۰/۰ نشان می‌دهد که با احتمال بسیار زیادی، تراکم ریشه‌ها در ناحیه بالایی شیب با هم تفاوت دارد (فرض صفر رد می‌شود). نتیجه این آزمون برای ناحیه پایینی شیب با سطح معنی‌داری ۰،۰۱۹۲، فرض صفر را تأیید می‌کند. به عبارت دیگر تراکم ریشه‌ها در ناحیه پایینی شیب برای همه پایه‌ها مشابه است.

بنابراین شیب بر روی ناحیه بالایی پایه‌ها بیشتر از ناحیه پایینی تاثیر گذار است. چون شیب ساحل یکنواخت نیست از این رو تراکم ریشه در ناحیه بالایی شیب همه پایه با هم تفاوت دارد.

SPSS استفاده شد. مقایسه تعداد، قطر و سطح مقطع ریشه به تفکیک چهار ربع و ناحیه بالایی و پایینی شیب برای تمام پایه‌ها انجام گرفت.

نتایج و بحث

تعداد ریشه‌ها

برای بررسی نرمال بودن داده‌های تعداد ریشه، از آزمون کلموگروف-اسمیرنف^۱ استفاده شد. نتیجه این آزمون نشان داد که توزیع داده‌ها نرمال نیست. بنابراین برای تحلیل داده‌ها یا باید داده‌ها را نرمال نمود و یا اینکه از آزمون‌های ناپارامتری استفاده کرد. در این تحقیق از روش‌های ناپارامتری برای تحلیل داده‌ها استفاده شد. توزیع داده‌ها به تفکیک چهار ربع نیز از توزیع نرمال پیروی نکرد. بررسی تراکم ریشه‌های پنج پایه نشان داد که از ۵۰۲ عدد ریشه مشاهده شده، ۶۱ درصد در ناحیه بالایی شیب و ۳۹ درصد در ناحیه پایینی شیب قرار دارند. از این رو تعداد ریشه‌ها در ناحیه بالایی شیب به مراتب بیشتر از ناحیه پایینی شیب می‌باشد. مقایسه تعداد ریشه‌ها در شکل (۲) نشان داده شده است. برای مقایسه متوسط تراکم ریشه‌ها در ناحیه بالایی و پایینی شیب، از آزمون من-ویتنی^۲ استفاده شد. نتیجه این آزمون نشان داد که سطح معنی‌داری آن برابر ۰/۰۳۲ است یعنی فرض صفر (یکسان بودن تراکم ریشه‌ها در ناحیه بالایی و پایینی شیب) رد می‌شود. به عبارت دیگر با احتمال ۹۶/۸ درصد تراکم ریشه در ناحیه بالایی و پایینی شیب با هم متفاوت است. برای اینکه بتوان تعداد ریشه‌ها را به تفکیک قطرهای مختلف مورد بررسی قرار داد، ریشه‌ها در پنج دسته قطری رده‌بندی شدند (جدول-۱).

بررسی‌ها نشان داد که بیشترین تعداد ریشه‌ها مربوط به رده ۱ و کمترین آن مربوط به رده ۵ می‌باشد. تقریباً در تمام رده‌ها (به جز رده ۳، آن هم با تفاوتی اندک) تعداد ریشه‌ها در ناحیه بالایی شیب بیشتر از رتبه‌های متناظر در ناحیه پایینی شیب است. از کل

1- Colmogorof and Smirnof

2- Mann-Whitne

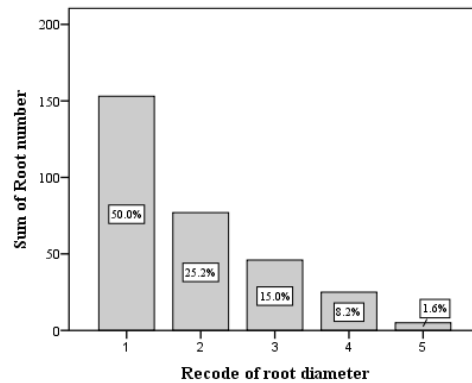
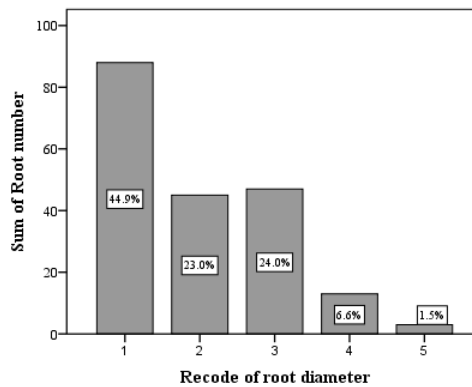
قطر ریشه ها

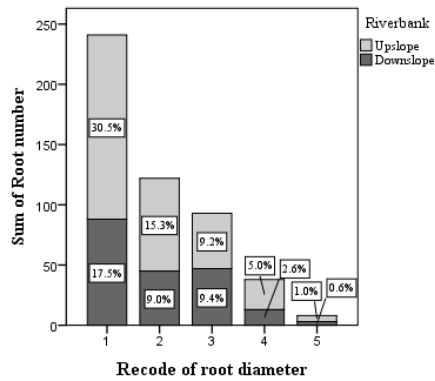
ناحیه بالایی شیب قرار دارد (شکل ۷). به عبارت دیگر تعداد ریشه‌های با متوسط قطر کمتر، در ناحیه بالایی شیب بیشتر است. برای مقایسه متوسط قطر ریشه‌ها از آزمون ناپارامتری من-ویتنی استفاده شد. نتیجه این آزمون با سطح معنی‌داری برابر ۰/۰۲۹ نشان داد که فرض صفر (یکسان بودن متوسط قطر ریشه در ناحیه بالایی و پایینی شیب) مورد تأیید نمی‌باشد. به عبارت دیگر با احتمال ۹۷/۱ درصد، متوسط قطر ریشه‌ها در ناحیه پایینی شیب با متوسط قطر ریشه‌ها در ناحیه بالایی شیب متفاوت است. شکل (۸)، مقایسه بین متوسط قطر ریشه‌ها در ناحیه بالایی شیب و پایینی شیب به تفکیک رده‌ها را نشان می‌دهد. در دسته‌های قطری (۱-۳) و (۳-۵) میلی‌متر، متوسط قطر ریشه‌ها در ناحیه پایینی شیب، بیشتر از ناحیه بالایی شیب است. اما در کلاس‌های قطری بزرگتر متوسط قطر ریشه‌های ناحیه بالایی بیشتر از ناحیه پایینی می‌باشد.

نتایج آزمون کولموگروف-اسمیرنوف داده‌های قطر ریشه با سطح معنی‌دار برابر صفر نشان داد که توزیع داده‌ها نرمال نیست. متوسط قطر ریشه‌ها در ناحیه پایینی شیب بیشتر از ناحیه بالایی شیب است. انتظار می‌رفت که متوسط قطر ریشه‌ها در ناحیه بالایی شیب بیشتر باشد اما با توجه به شکل (۵)، مشاهده می‌شود که ریشه‌های با قطر کوچک‌تر درصد بیشتری از کل ریشه‌ها را تشکیل می‌دهد. همین موضوع سبب می‌شود که متوسط قطر ریشه‌ها در ناحیه بالایی شیب کاهش یابد. در شکل (۶) مقایسه بین متوسط قطر ریشه‌ها در ناحیه بالایی و پایینی شیب به تفکیک رده‌های مختلف نشان داده شده است. هرچند که متوسط قطر ریشه در ناحیه بالایی شیب کمتر است اما مجموع قطر ریشه‌ها در این ناحیه بیشتر است و حدود ۶۰ درصد مجموع قطر ریشه‌ها در

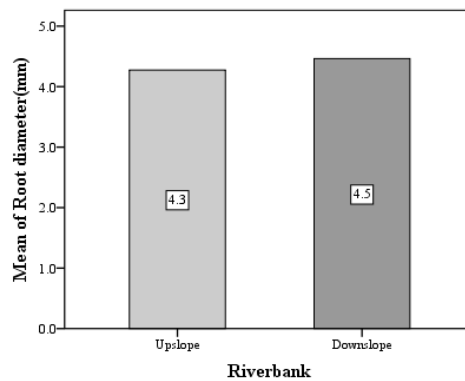
جدول ۱- رده‌بندی ریشه‌ها

رده بندی ریشه‌ها بر حسب دسته قطری					رده
۵	۴	۳	۲	۱	رده
۲۰-۵۰	۱۰-۲۰	۵-۱۰	۳-۵	۱-۳	دسته- قطر (میلی‌متر)

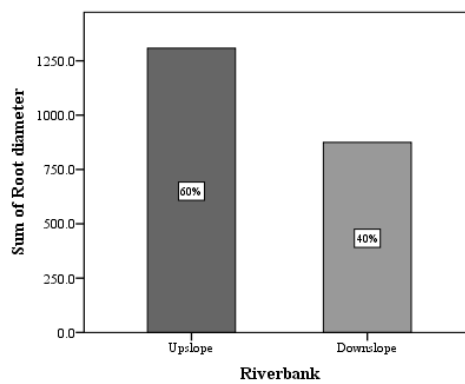
**شکل ۳- درصد تعداد ریشه‌ها بر حسب رده‌های مختلف در ناحیه بالایی شیب****شکل ۴- درصد تعداد ریشه‌ها بر حسب رده‌های مختلف، در ناحیه پایینی شیب**



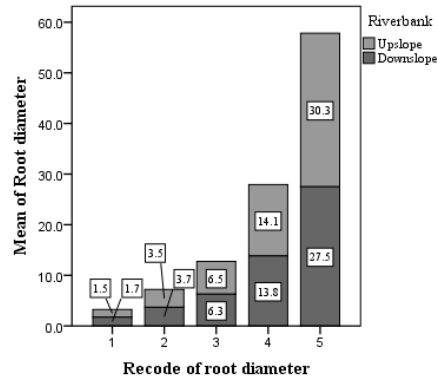
شکل ۵- مقایسه تعداد ریشه رده‌های مختلف در ناحیه بالایی و پایینی شیب



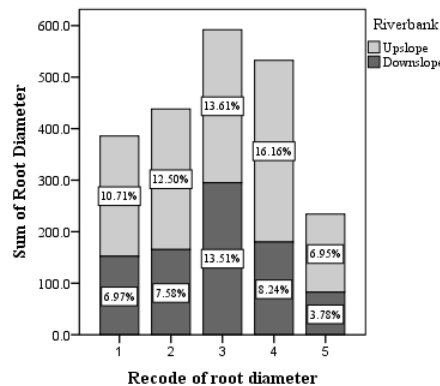
شکل ۶- مقایسه متوسط قطر ریشه‌ها در ناحیه بالایی و پایینی شیب



شکل ۷- مقایسه مجموع قطر ریشه‌ها در ناحیه بالایی و پایینی شیب



شکل ۸- مقایسه متوسط قطر ریشه‌ها در ناحیه بالایی و پایینی شیب بر حسب اندازه قطر



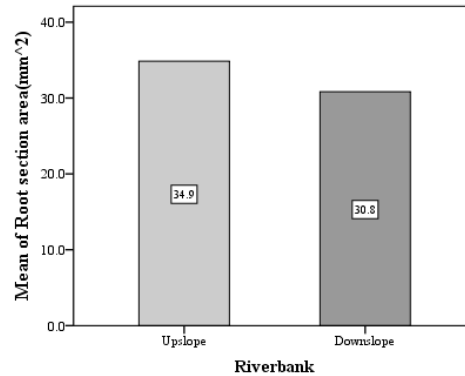
شکل ۹- مقایسه مجموع قطر ریشه‌ها بر حسب رده ریشه در ناحیه بالایی و پایینی شیب

با سطح معنی‌داری ۰/۷۰، فرض صفر را با احتمال بیشتری در ناحیه پایینی شیب تأیید می‌کند.

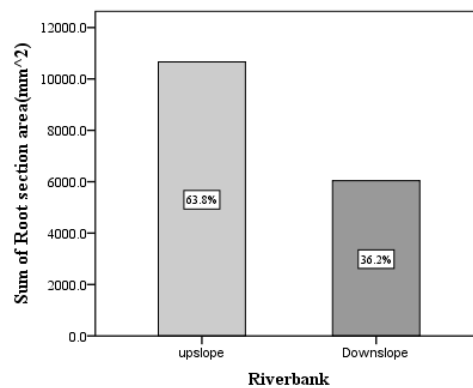
سطح مقطع ریشه‌ها

آزمون کولموگروف-اسمیرنوف سطح مقطع ریشه‌ها با سطح معنی‌داری برابر ۰/۰ نشان داد که توزیع داده‌ها باز هم نرمال نیست. متوسط سطح مقطع ریشه‌ها در ناحیه بالایی شیب ۳۴/۹ میلی‌متر مربع است. این مقدار در ناحیه پایینی شیب ۳۰/۸ میلی‌متر مربع می‌باشد (شکل ۱۰). بنابراین متوسط سطح مقطع ریشه‌ها در ناحیه بالایی بیشتر از ناحیه پایینی شیب است. از آزمون من-ویتنی برای مقایسه میانگین سطح مقطع ریشه‌ها در ناحیه بالایی و پایینی شیب استفاده شد. نتیجه این آزمون با سطح معنی‌دار ۰/۰۲۹ نشان می‌دهد که فرض یکسان بودن میانگین سطح مقطع ریشه‌ها در ناحیه بالایی و پایینی شیب، با احتمال ۹۶/۱ درصد رد می‌شود که اطمینان قابل قبولی است. همین‌طور مجموع سطح مقطع ریشه در ناحیه بالایی شیب بیشتر از ناحیه پایینی شیب است. ۶۳/۸ درصد مجموع سطح مقطع ریشه‌ها در ناحیه بالایی شیب قرار دارد.

ریشه‌های قطور بیشتر نقش مهاری را در سیستم ریشه درختان به عهده دارند. همین‌طور مقاومت کششی ریشه‌های نازک‌تر در مقایسه با ریشه‌های بزرگتر بیشتر است (۶). چنانچه این مسئله پذیرفته شود که درختان برای برقراری تعادل نیروها و پایداری شیب، نیاز به ریشه‌های مهاری و ریشه‌هایی با مقاومت کششی بیشتر دارند، پس طبیعی است که در ناحیه بالایی شیب، ریشه‌های نازک‌تر دارای قطر متوسط کمتر و ریشه‌های قطور دارای قطر متوسط بیشتری باشند. مجموع قطر ریشه‌ها برای رده‌های مختلف در ناحیه بالایی و پایینی شیب در شکل (۹) نشان داده شده است. برای همه رده‌ها، مجموع قطر ریشه‌ها در ناحیه بالایی شیب بیشتر از ناحیه پایینی شیب می‌باشد. این تفاوت در رده‌های بالا و پایین قابل توجه است ولی برای رده ۳ تفاوت معنی‌دار ندارد. در ادامه، ناحیه بالایی شیب همه پایه‌ها، با هم در نظر گرفته می‌شود. در این ناحیه، از آزمون کروסקال-والیس برای مقایسه متوسط قطر ریشه در ناحیه بالایی پایه‌ها استفاده می‌شود. نتیجه آزمون با سطح معنی‌داری برابر ۰/۱۲۲ فرض صفر (یکسان بودن متوسط قطر ریشه‌ها در ناحیه بالایی هر پایه) را تأیید نمود. چنانچه این آزمون را برای ناحیه پایینی مورد استفاده قرار دهیم، نتیجه آزمون



شکل ۱۰- متوسط سطح مقطع ریشه‌ها در ناحیه بالایی و پایینی شیب



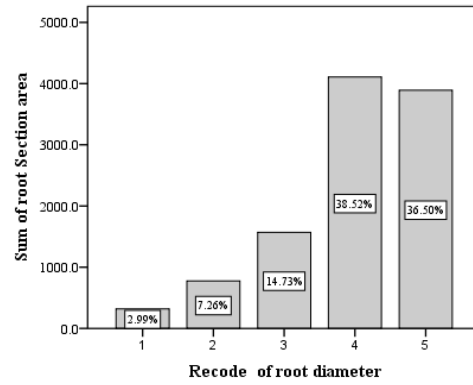
شکل ۱۱- مجموع سطح مقطع ریشه‌ها در ناحیه بالایی و پایینی شیب

مقطع ریشه در ناحیه بالایی شیب بیشتر از ناحیه پایینی شیب است. رده (۴) و (۵) یعنی ریشه‌هایی با قطرهای ۱۰ تا ۵۰ میلی‌متر، در ناحیه بالایی و پایینی شیب به ترتیب ۴۷/۹ و ۲۲/۹ درصد سطح مقطع کل ریشه‌های این گونه را تشکیل می‌دهند اما رده‌های قطری (۱) و (۳) به همان ترتیب ۱۵،۹ و ۱۳،۲ درصد کل ریشه را شامل می‌شود. شکل (۱۴) این مقایسه را نشان می‌دهد.

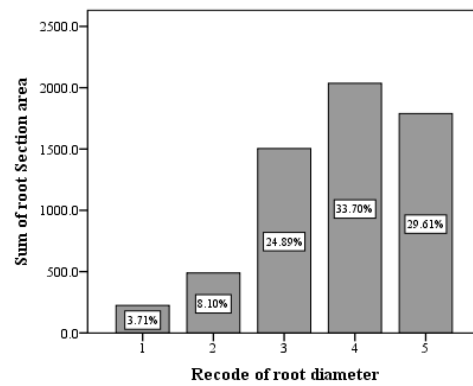
در بررسی دیگر، متوسط سطح مقطع ریشه‌ها در ناحیه بالایی شیب برای پنج پایه جداگانه در نظر گرفته شد. برای مقایسه متوسط سطح مقطع ریشه‌ها از آزمون کروسکال-والیس استفاده گردید. نتیجه این آزمون با سطح معنی‌دار ۰/۱۲۲ نشان داد که فرض صفر (یکسان بودن متوسط سطح مقطع ریشه‌ها در ناحیه بالایی همه پایه‌ها) رد می‌شود. چنانچه این آزمون را برای ناحیه پایینی شیب انجام دهیم سطح معنی‌دار ۰/۷۰ می‌شود. در واقع احتمال یکسان بودن سطح مقطع ریشه‌ها در ناحیه پایینی شیب تأیید می‌شود. بنابراین نتایج آزمون کروسکال-والیس فرض صفر را در ناحیه پایینی شیب با احتمال بیشتری تصدیق می‌کند.

بین سطح مقطع ریشه‌ها و افزایش مقاومت برشی خاک در اثر حضور ریشه، رابطه مستقیمی وجود دارد. به همین دلیل برای قراری تعادل نیروها و افزایش پایداری شیب ساحل، سطح مقطع ریشه‌ها در ناحیه بالایی شیب بیشتر است (۷). در بعضی از منابع تفاوت معنی‌داری گزارش نشده است (۲). مقایسه مجموع سطح مقطع ریشه‌ها در ناحیه بالایی و پایینی شیب در شکل (۱۱) نشان داده شده است. اگر سطح مقطع ریشه‌ها صرفاً در ناحیه بالایی شیب بر حسب رده‌ها، مورد بررسی قرار گیرد مشاهده می‌شود که بیش از ۷۵ درصد سطح مقطع ریشه‌ها مربوط به قطرهای ۱۰ تا ۵۰ میلی‌متر است. اما در ناحیه پایینی شیب این مقدار به ۶۳ درصد محدود می‌شود. از این رو سطح مقطع ریشه‌های مربوط به قطرهای ۱ تا ۱۰ میلی‌متر در ناحیه پایینی شیب، نسبت به قطرهای متناظر در ناحیه بالایی شیب، بیشتر است.

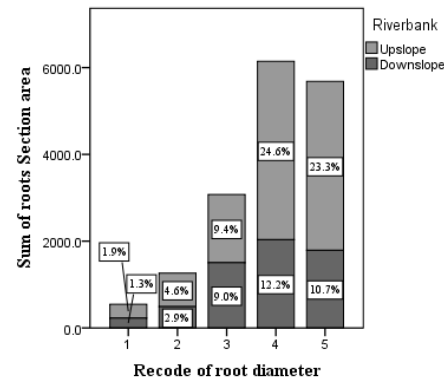
شکل‌های (۱۲) و (۱۳) سطح مقطع ریشه‌ها را در ناحیه بالایی و پایینی شیب بر حسب رده‌ی قطرها نشان می‌دهد. مقایسه مجموع سطح مقطع ریشه‌ها در ناحیه بالایی و پایینی شیب بر حسب رتبه ریشه‌ها نشان می‌دهد که در همه اندازه‌های قطری ریشه، سطح



شکل ۱۲- سطح مقطع ریشه‌ها در ناحیه بالایی شیب بر حسب رده‌ی قطر



شکل ۱۳- سطح مقطع ریشه‌ها در ناحیه پایینی شیب بر حسب رده‌ی قطر



شکل ۱۴- مقایسه سطح مقطع ریشه‌ها بین ناحیه بالایی و پایینی شیب بر حسب رتبه قطر

نتیجه گیری

بود. اما تعداد ریشه‌ها و مجموع قطر ریشه‌ها در ناحیه بالایی شیب بیشتر از ناحیه پایینی شیب است. درختان برای برقراری تعادل نیروها و پایداری شیب ساحل، نیاز به ریشه‌های مهاری و ریشه‌هایی با مقاومت کششی بیشتر دارند. متوسط و مجموع سطح مقطع ریشه‌ها در ناحیه بالایی شیب بیشتر از ناحیه پایینی شیب بود. سطح مقطع ریشه‌ها در ناحیه بالایی شیب ۶۳/۸ درصد از کل سطح مقطع ریشه‌ها را تشکیل داد. مقایسه مساحت سطح مقطع ریشه به تفکیک رده‌های قطر ریشه، بین ناحیه بالایی و پایینی شیب نشان داد که سطح مقطع ریشه برای تمام رده‌ها در ناحیه بالایی شیب بیشتر از ناحیه پایینی شیب است. این تفاوت برای رده‌های بالایی بیشتر بود. نتایج این تحقیق نشان داد که درختان گز برای برقراری تعادل نیروها در روی شیب دارای سیستم ریشه نامتقارن هستند و در ناحیه بالایی شیب، تعداد ریشه‌ها و مجموع سطح مقطع ریشه‌ها بیشتر از ناحیه پایینی شیب می‌باشد.

این مطالعه برای بررسی سیستم ریشه درختان گز روی ساحل رودخانه سیمره انجام شد. جهت محاسبه مقدار افزایش مقاومت برشی خاک در اثر حضور ریشه‌ها، بررسی سیستم ریشه درختان لازم است. برای بررسی سیستم ریشه از روش مقطع پروفیل دورانی استفاده شد چون توزیع آماری داده‌های تعداد، قطر و سطح مقطع ریشه‌ها نرمال نبود. برای تجزیه و تحلیل آماری، از روش‌های ناپارامتری استفاده شد. تراکم تعداد ریشه‌ها در ناحیه بالایی شیب با ناحیه پایینی شیب متفاوت و مقدار آن در ناحیه بالایی شیب بیشتر بود. مقایسه تراکم ریشه‌ها به تفکیک قطرهای مختلف نشان داد که تقریباً برای همه قطرهای تراکم ریشه در ناحیه بالایی شیب، از قطرهای متناظر در ناحیه پایینی شیب بیشتر می‌باشد. تراکم ریشه‌ها در ناحیه بالایی شیب همه پایه‌ها یکسان نبود. در صورتی که این شاخص برای ناحیه پایینی همه پایه‌ها یکسان بود. متوسط قطر ریشه در ناحیه بالایی شیب کمتر از ناحیه پایینی شیب

منابع

۱. بجستان، م. و گل شیخی، م.، 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.
۲. عبدی، ا.، ۱۳۸۸. "بررسی تاثیر ریشه گونه‌های جنگلی در پایداری دامنه‌ها به منظور استفاده‌های کاربردی در جاده‌سازی جنگل و زیست مهندسی"، دانشگاه تهران، رساله دکتری.
۳. وزارت نیرو، مدیریت منابع آب، ۱۳۸۸. "طرح سیستمی حوضه آبریز رودخانه کرخه-بخش هیدرولوژی".
۴. سازمان جهاد کشاورزی استان ایلام، ۱۳۸۸. "مطالعات شبکه آبیاری و زهکشی دشت چم‌زاب".
5. Abernethy B., Rutherford ID., 2001. The distribution and strength of riparian tree roots in relation to riverbank reinforcement. *Hydrological Processes*, 15:63-79.
6. Bischeti G0B0, 2009. Root cohesion of forest species in the Italian ALPS. *Plant and Soil*, 324:71-89.
7. Chiatante, D., et al., 2003. The influence of steep slope on root system development. *Journal of Plant Growth Regulation*, 21: 247-260.
8. Di Iorio, A., et al., 2005. Root system architecture of *Quercus pubescens* tree growing on difference sloping conditions. *Annals of Botany*, 95:351-361.
9. Docker, B.B. and Hubble, T.C.T., 2008. Quantifying root-reinforcement of river bank soils by four Australian tree species. *Geomorphology*, 100: 401- 418.
10. Hubble, T.C.T., et al., 2009. The role of riparian trees in maintaining riverbank stability: A review of Australian experience and practice. *Ecological Engineering*, 36(3): 292-304.
11. Jackson R.B., Canadell J., Ehleringer J. R., Mooney H. A., Sala O. E. and Schulze E. D., 1996. A global analysis of root distributions for terrestrial biomes. *Oecologia*, 108(3):389-411.

12. Mattia C., 2005. Biotechnical characteristics of root systems of typical Mediterranean species. *Plant and Soil*, 278:23–32.
13. Normaniza O., Barakbah S.S., 2008. Engineering properties of *Leucaena leucocephala* for prevention of slope failure. *Ecological Engineering*, 32:215–221.
14. Nicoll B.c., and Ray D., 1996. Adaptive growth of tree root systems in response to wind action and site condition. *Tree Physiology*, 16:891-898.
15. Simon A., and Collison. A. J. C., 2002. Quantifying the mechanical and hydrologic effects of riparian vegetation on stream bank stability. *Earth Surface Processes and landforms*, 4:527–546.