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

نشریه حفاظت منابع آب و خاک

آدرس تارنما:
https://wsrcj.srbiau.ac.ir

پست الکترونیک:
iauwsrcj@srbiau.ac.ir
iauwsrcj@gmail.com

سال دوازدهم
شماره یک (۴۵)
پائیز ۱۴۰۱

تاریخ دریافت:
۱۳۹۸/۱۱/۲۰

تاریخ پذیرش:
۱۴۰۱/۰۴/۲۱

صفحات: ۷۲-۶۳

ارزیابی تأثیر سیستم ریشه گیاه یونجه در مقاوم سازی خاک

صمد ظاهرمند[۱*]، خسرو شفیعی مطلق[۲]، رسول اجل لوییان[۳] و اسفندیار جهانتاب[۴]

۱) مربی، گروه مهندسی عمران، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد دهدشت، دهدشت، ایران.
۲) استادیار، گروه مهندسی عمران، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد دهدشت، دهدشت، ایران.
۳) استاد، گروه زمین‌شناسی، دانشگاه اصفهان، اصفهان، ایران.
۴) استادیار، گروه مرتع و آبخیزداری، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فسا، فسا، ایران.
* ایمیل نویسنده مسئول: samadzahermand@yahoo.com

چکیده:

زمینه و هدف: بهسازی خاک با استفاده از ریشه گیاهان به‌منظور مقاوم سازی توده خاک از نظر حفظ محیطزیست و منابع طبیعی مورد توجه محققان زیادی قرار گرفته است. تأثیر سیستم ریشه‌ای گیاهان در مقاوم سازی خاک‌ها تابع ویژگی‌های زیست فنی ریشه‌ها است؛ اما با توجه به تعاملات پیچیده بین خاک و گیاه، تأثیر بهسازی ریشه‌ها در خاک‌ها به‌عنوان یک چالش باقی مانده است. این مطالعه، به بررسی اثر تراکم ریشه گیاه یونجه در مقاوم سازی خاک منطقه پازنان در استان خوزستان می‌پردازد.

روش پژوهش: در پژوهش انجام شده، برای اولین بار تأثیر سیستم ریشه‌ای گیاه یونجه در مقاوم‌سازی خاک در شرایط گلخانه‌ای بررسی شد. نمونه‌های خاک اخذ شده از منطقه مورد مطالعه پس از طی یک دوره ۵ ماهه در شرایط کشت گلخانه‌ای، برای اندازه‌گیری مقاومت برشی ترکیب خاک و ریشه، آزمایش برش مستقیم بر روی ۳ نمونه خاک فاقد ریشه و تعداد ۱۲ نمونه خاک با دانسیته‌های مختلف ریشه انجام گردید و پارامترهای زاویه اصطکاک داخلی و چسبندگی خاک مسلح شده با ریشه به دست آمد و با نمونه‌های خاک بدون ریشه مقایسه شد.

یافته‌ها: به‌طور کلی تراکم و شمار ریشه‌ها با افزایش عمق کاهش یافته است و شاخص تراکم ریشه به‌صورت توانی با افزایش عمق کاهش می‌یابد. با بهره‌گیری از این نتایج و آزمون‌های برش مستقیم میزان مسلح‌سازی محاسبه شد. وجود ریشه‌ها مقاومت چشمگیری را در مقاومت برشی خاک ایجاد کرده است که این تغییرات متأثر از افزایش مقدار چسبندگی خاک بوده است و در مقابل، زاویه اصطکاک داخلی خاک مسلح با کاهش نسبت به خاک بدون ریشه، رفتاری عکس عامل چسبندگی دارد و تغییرات آن بسیار کمتر از تغییرات عامل چسبندگی است. بنابراین افزایش مقاومت برشی خاک مسلح شده با ریشه گیاه یونجه را می‌توان معادل افزایش چسبندگی دانست.

نتایج: نتایج به دست آمده از این تحقیق نشان می‌دهد که بین شاخص تراکم ریشه و مقاومت برشی خاک رابطه مستقیم وجود دارد. بیشترین و کمترین میزان مسلح سازی برای شاخص تراکم ۲۸ و ۵ درصد به ترتیب ۸۷/۵ و ۷/۵ درصد افزایش در چسبندگی خاک به دست آمد و حداکثر کاهش زاویه اصطکاک داخلی نسبت به خاک فاقد ریشه ۵/۵ درصد بوده است. این پژوهش وجود رابطه کاهش بین عمق و شاخص تراکم ریشه، عمق و قدرت مسلح سازی را به‌عنوان ویژگی‌های زیست فنی گونه یونجه را نشان داد.

کلیدواژه‌ها: آزمایش برش مستقیم، شاخص تراکم ریشه، زیست مهندسی، مسلح سازی خاک، یونجه

10.30495/WSRCJ.2022.20415

مقدمه

مسلح کننده‌های خاک نظیر ژئوتکستایل‌ها، ژئونت‌ها، ژئوگریدها، ژئوفوم‌ها و تقویت کننده‌های طبیعی مانند سیستم ریشه‌ای گیاه با بهبود خصوصیات مکانیکی خاک سبب افزایش مقاومت برشی خاک می‌شوند. پوشش‌های گیاهی از طریق دو مکانیسم مکانیکی و هیدرولیکی به بهسازی خاک کمک می‌کند. از نظر مکانیکی گیاهان می توانند با افزایش مقاومت برشی خاک از طریق اصطکاک بین ذرات خاک و ریشه، انسجام خاک را حفظ نمایند (Rey et al., 2019). امروزه بهسازی خاک با استفاده از ریشه گیاهان به دلایل اقتصادی و زیست‌محیطی در اولویت قرار دارد. خاک در برابر فشار مقاوم و در مقابل کشش ضعیف است ریشه در برابر فشار ضعیف و در برابر کشش مقاوم است (Pollen, 2007). حضور ریشه در خاک با تشکیل یک ماتریس مسلح، باعث انتقال تنش‌های برشی گسیختگی خاک به ریشه می‌شود (Thorne, 1990). پایداری خاک به خصوصیات سیستم ریشه مانند شاخص تراکم ریشه، مقاومت کششی ریشه، توزیع سیستم ریشه و عمق ریشه وابسته است (Waisel et all., 2002; Pourmalekshah et al., 2019). شاخص تراکم ریشه توسط بروگز[1] و توماس[2] (۱۹۷۷) به‌عنوان نسبت مجموع سطح مقطع ریشه‌ها به سطح توده خاک تعریف شد و تحت تأثیر نوع خاک و شرایط محیطی بوده بنابراین یک گیاه می‌تواند در مناطق مختلف رفتار متفاوت داشته باشد و به همین دلیل بررسی آن حالت منطقه‌ای دارد و قابل تعمیم به مناطق دیگر نیست (Watson and Mardan, 2004). مدل وو[3] (۱۹۸۸) یکی از منابع پایه و مرجع در رابطه با مسلح سازی خاک با ریشه گیاه است. این مدل برای ارزیابی پایداری شیب‌ها در خاک‌های کم‌عمق در مناطق آلاسکا تدوین و مورد استفاده قرار گرفت. در مدل برشی وو فرض شده است که یک ریشه در بین لایه‌های یک خاک آماده گسیختگی قرار گرفته است. در این مدل ریشه با تبدیل تنش‌های برشی موجود در خاک به مقاومت کششی، در برابر تغییر شکل و گسیختگی خاک مقاومت می‌کند. در استفاده از این مدل فرض بر این است که افزایش مقاومت برشی ناشی از عامل چسبندگی خاک است. مدل مسلح سازی ریشه وو بر پایه معادله کولمب است که مقاومت برشی خاک بر پایه چسبندگی و زاویه اصطکاک داخلی محاسبه می‌شود و تنها یک جزء چسبندگی اضافه شده در اثر حضور ریشه‌ها به معادله کولمب اضافه می‌شود. این چسبندگی اضافه شده همان مقاومت کششی بسیج شده ریشه در واحد سطح خاک است. در بررسی‌های میدانی و آزمایشگاهی که توسط اولوگلین[4] (۱۹۸۴) بر روی نمونه‌های خاک منطقه راش در نیوزلند صورت گرفت نتایج نشان داد که پس از سه سال از قطع درختان چسبندگی خاک به نصف و در حدود ۳/۳ کیلوپاسکال کاهش پیدا کرد. همچنین تحقیقات آن‌ها نشان داد که ریشه‌ها با قطر کمتر از ۲۰ میلی‌متر (ریز ریشه‌ها) نسبت به ریشه‌های قطورتر، تأثیر بیشتری در مسلح کردن و افزایش مقاومت برشی خاک دارد. تحقیقات اولوگلین و زیمر[5] و (۱۹۸۲) نشان داد که با قطع درختان مقاومت ریشه از ۳۰۰ تا ۵۰۰ کیلوپاسکال در ماه کاسته می‌گردد. واتسون[6] (۲۰۰۴) عنوان نمود که سیستم خاک-ریشه به علت داشتن چسبندگی و مقاومت کششی نسبتاً بالای ریشه سبب افزایش پایداری خاک می شود. نتایج پژوهش‌های محققین نشان داد که سیستم خاک-ریشه به‌واسطه مقاومت کششی ریشه سبب افزایش مقاومت برشی خاک می‌شود (Bischetti, 2009). نتایج پژوهشی نشان داد که چمن‌ها انتخاب مهمی برای کنترل فرسایش شیب زمین بوده و به‌طور مؤثری پوشش سطح را در برابر فرسایش ناشی از بارندگی مقاوم می‌کند (Mulyono et al., 2018). ریشه گیاه علفی کوچک با

[1] Burroughs
[2] Thomas
[3] wu
[4] O'Loghlin
[5] Zimer
[6] Watson

شاخص تراکم بالا می‌تواند یک ساختار شبکه‌ای را در خاک تشکیل دهد تا با افزایش عامل چسبندگی خاک، مقاومت برشی خاک را افزایش دهد (Chen et al., 2016). Shafaeibajestani و Salimigolsgaikhi (۲۰۰۳) رابطه خطی بین تراکم ریشه درختان گز و پده با مقاومت برشی خاک ریزدانه سواحل کارون ارائه کردند. والدرون[1] (۱۹۷۷) برای ریشه جو در خاک سیلتی رسی لوم و زیمر[2] (۱۹۸۱) برای ریشه کاج در خاک ماسه‌ای رابطه خطی بین تراکم ریشه و افزایش مقاومت برشی خاک ارائه کردند. با وجود مطالعات به نسبت زیادی که در زمینه زیست مهندسی در دنیا انجام گرفته است (Vergaani et al., 2012; Tiwari et al., 2013; Genet et al., 2008) با توجه به تنوع گونه‌های مختلف گیاه این نوع مطالعات مختص منطقه تحقیق بوده و بسیاری از نتایج در دیگر نقاط دنیا را نمی‌توان به وضعیت ایران تعمیم داد. بنابراین باید مطالعات زیادی در ایران انجام گیرد تا بتوان به نتایج تعمیم‌پذیر دست یافت. البته شایان ذکر است که در ایران مطالعاتی صورت گرفته (Habibi, 2001؛Maleki, 2014؛ Abdi et al.2010,). مجموع نتایج پژوهش‌های انجام شده در دنیا به افزایش مقاومت برشی خاک مسلح شده با ریشه نسبت به خاک بدون پوشش گیاه دلالت دارد اما مقدار این افزایش مقاومت، تابع خصوصیات خاک، شاخص تراکم ریشه و شرایط محیطی حاکم بر این سیستم است. هنوز گیاهان ناشناخته‌ای از نظر خاصیت بیوتکنولوژیکی آن‌ها وجود دارد که می‌تواند به مهندسی زیست‌محیطی خاک به همراه مفید بودن آن‌ها در اکوسیستم، به تثبیت خاک کمک کند (Giupponi et al., 2019). نتایج ارزیابی کمی تغییرات مکانیک خاک در نتیجه حضور سیستم ریشه‌ای گیاه، بهبود فرایند تصمیم‌گیری در پروژه‌های زیست‌محیطی را به دنبال دارد.

[1] Waldron
[2] Ziemer

مواد و روش‌ها

از آنجا که گیاه یونجه در مناطق مختلف ایران سازگاری خوبی دارد آزمایش‌هایی بر روی این گیاه در مقیاس گلخانه‌ای انجام شد. یونجه نسبت به رطوبت بالا در زمستان و شرایط خشک در تابستان بردبار است و دمای حدود ۵۰ درجه سانتی‌گراد را به‌خوبی تحمل می‌کند. این گیاه می‌تواند از سطح دریا تا ارتفاع بیش از ۲۰۰۰ متر نسبت به سطح دریا به‌خوبی رشد نماید. از لحاظ سوددهی اقتصادی نیز مورد توجه کشاورزان بوده و همین مورد برای توسعه و نگهداری آن مؤثر است. از خصوصیات دیگر آن کمک به بهبود و اصلاح فیزیک خاک است و خاک و اراضی زیر کشت را غنی‌تر می‌سازد (Sobhani and Majidi., 1995). یونجه، در منطقه‌ای که دارای آب‌وهوای قاره‌ای سرد یا تابستان‌های گرم و خشک بوده رشد و گسترش‌یافته است. با توجه به این خصوصیات آب و هوایی، منطقه سازش یونجه در کشور ایران شامل نواحی سردسیر و گرمسیر یا مناطق غربی کشور می‌شود (Karimi, 1990). محل نمونه‌برداری در منطقه پازنان واقع در استان خوزستان و در فاصله ۲۲۰ کیلومتری جنوب شرق اهواز قرار دارد.

روش پژوهش

برای بررسی اثر مسلح سازی ریشه گیاه یونجه، نمونه‌هایی از خاک منطقه مورد مطالعه در آذر ۱۳۹۷ جمع آوری گردید و پس از هوا خشک از الک نمره ۱۰ عبور داده شد. سپس خاک‌ها در گلدان‌هایی به قطر بزرگ ۲۴ و قطر کوچک ۱۹ و ارتفاع ۲۵ سانتیمتر آماده و در شرایط گلخانه‌ای نگهداری شدند و پس از یک دوره ۵ ماهه برای اندازه‌گیری مقاومت برشی ترکیب خاک-ریشه از دستگاه برش مستقیم در شرایط کرنش استفاده شد. نمونه‌برداری از ریشه در اواخر اردیبهشت ۱۳۹۸ انجام گرفت. ریشه‌ها در طول‌های ۵ تا ۶ سانتیمتری برش داده و تا زمان انجام آزمایش برش در محلول ۱۵ درصد الکل نگهداری

شکل ۱. نمونه ریشه‌های دسته بندی شده

شدند (Mattia et al., 2005). خصوصیات برشی نمونه‌ها حدود ده روز بعد از برداشت ریشه‌ها مورد آزمایش قرار گرفتند. بعد از نمونه برداری ریشه‌ها و قبل از قرار دادن آن‌ها در محلول ۱۵ درصد الکل، قطر ریشه در سه نقطه از طول (ابتدا، وسط و انتها) اندازه‌گیری و از میانگین حسابی قطر ریشه‌ها برای محاسبه سطح ریشه استفاده شد. برای تعدادی از ریشه‌ها که در نقاط اندازه‌گیری دارای مقطع دایره‌ای نبودند در همان نقطه در دو جهت قطر اندازه گیری شد و متوسط آن به‌عنوان سطح مقطع مورد استفاده قرار گرفت. به‌منظور کاهش خطای انسانی برای اندازه گیری طول و قطر ریشه‌ها از کولیس دیجیتالی استفاده شد (شکل ۱).

از نظر اندازه ذرات، بخش اعظم ذرات در حد ماسه و مابقی از سیلت و رس تشکیل شده‌اند. برای تعیین خصوصیات مکانیکی خاک، دانه‌بندی خاک با استاندارد ASTM D 422-87 و ASTM D 422-63 و آزمایش برش مستقیم با استاندارد ASTM D 3080 با سرعت اعمال کرنش ۰/۶ میلی‌متر بر دقیقه انتخاب شد. طبقه‌بندی یونیفاید نشان داد خاک منطقه، ماسه لای‌دار (SM) است. میانگین زاویه اصطکاک و چسبندگی به دست آمده از آزمایش برش مستقیم برای خاک منطقه به ترتیب ۲۳/۷ درجه و ۰/۴۴ کیلوگرم بر سانتیمتر مربع است (جدول ۱).

برای محاسبه پراکنش ریشه از روش دیواره پروفیل استفاده شد (Sun et all., 2008; Kazemi, 2017) دیواره پروفیل به افق‌های ۱۰ سانتیمتری تقسیم شد. در هر افق قطر همه ریشه‌ها به‌وسیله کولیس اندازه‌گیری شد و سطح ریشه در هر افق به دست آمد. نسبت مجموع سطح مقطع ریشه‌ها به سطح توده خاک، شاخص تراکم ریشه تعریف می‌شود. برای برآورد شاخص تراکم ریشه از شبکه ۱۰×۱۰ سانتیمتری استفاده شد. شبکه روی دیواره قرار

جدول ۱. مشخصات خاک منطقه مورد مطالعه و خاک گلدان‌ها

شماره نمونه	توصیف	طبقه‌بندی (USCS)	شن (درصد)	ماسه (درصد)	لای (درصد)	رس (درصد)	چسبندگی (کیلوگرم برسانتیمترمربع)	زاویه اصطکاک (درجه)
۱	خاک منطقه	ماسه لای دار	۰/۵	۷۱/۱	۱۶/۳	۱۲/۱	۰/۴۸	۲۲/۰
۲	خاک منطقه	ماسه لای دار	–	۷۵/۹	۱۸/۵	۵/۶	۰/۴۲	۲۵/۰
۳	خاک منطقه	ماسه لای دار	۰/۳	۶۸/۰	۲۱/۷	۱۰/۰	۰/۴۶	۲۱/۵
٤	خاک منطقه	ماسه لای دار	۱/۰	۷۰/۵	۱۸/۸	۹/۷	۰/۴۳	۲۶/۳
-	خاک گلدان‌ها	ماسه لای دار	–	۶۹/۷	۱۸/۷	۱۱/۶	۰/۴۰	۲۷/۰

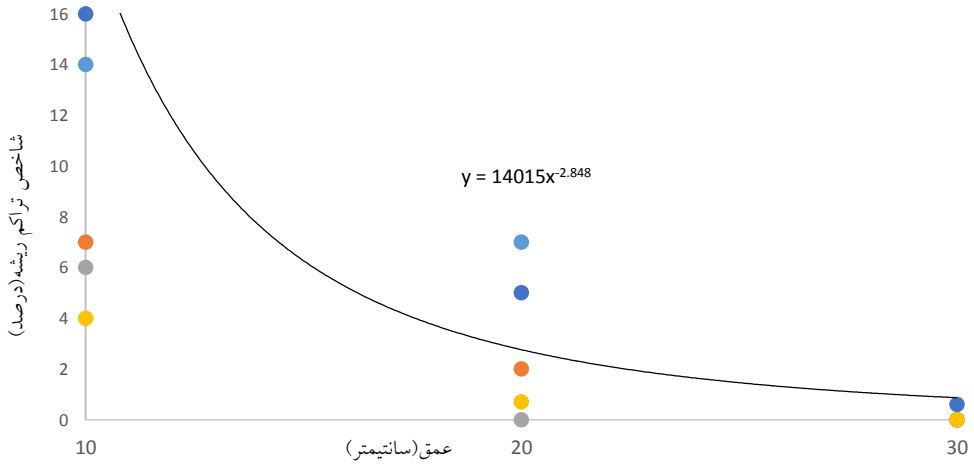
داده شد و تمامی ریشه‌هایی که درون شبکه قرار داشتند در افق‌های ۱۰ سانتیمتری شمارش و قطر آن‌ها با کولیس اندازه‌گیری شد. در هر افق با تقسیم مجموع سطح مقطع ریشه‌ها بر عدد ۱۰۰ شاخص تراکم ریشه به دست آمد. روش‌های مختلفی برای اندازه گیری مقاومت برشی خاک ارائه شده است که مهم‌ترین این روش‌ها عبارتند از تعیین مقاومت کششی ریشه با دستگاه اینسترون، آزمایش برش مستقیم و تست سه محوری. آزمایش برش مستقیم به دلیل سادگی کاربرد زیادی در تعیین مقاومت برشی خاک داشته که در این تحقیق نیز از این روش استفاده شده است. در این تحقیق آزمایش برش مستقیم آزمایشگاهی بر روی نمونه‌های خاک مسلح شده با ریشه انجام شد و نتایج آن با نمونه‌های بدون ریشه مقایسه شد. برای انجام نمونه‌گیری در این روش نمونه‌ها همراه با دانسیته‌های مختلف ریشه برداشت شد. در این پژوهش آزمایش برش مستقیم تحکیم یافته زهکشی شده با سه بار ۰/۲۵، ۰/۵ و ۱ کیلوگرم بر سانتیمتر مربع بر روی ۱۵ نمونه خاک مسلح با تراکم مختلف از ریشه و فاقد ریشه انجام شد. ابعاد نمونه‌های خاک با ریز ریشه‌های کوچک‌تر از ۵ میلی‌متر، ۶×۶ سانتیمتر است. تعداد ۳ نمونه خاک فاقد ریشه، تعداد ۱۲ نمونه خاک با دانسیته‌های مختلف ریشه آزمایش شد. این نمونه‌ها از قسمت‌های مختلف با فواصل متفاوت نسبت به سطح خاک برداشت شدند و به‌تبع آن تراکم و قطر ریشه‌ها در آن‌ها متفاوت بوده است. آزمایش برش مستقیم در آزمایشگاه ایمن خاک جنوب در اهواز انجام شد.

نتایج و بحث

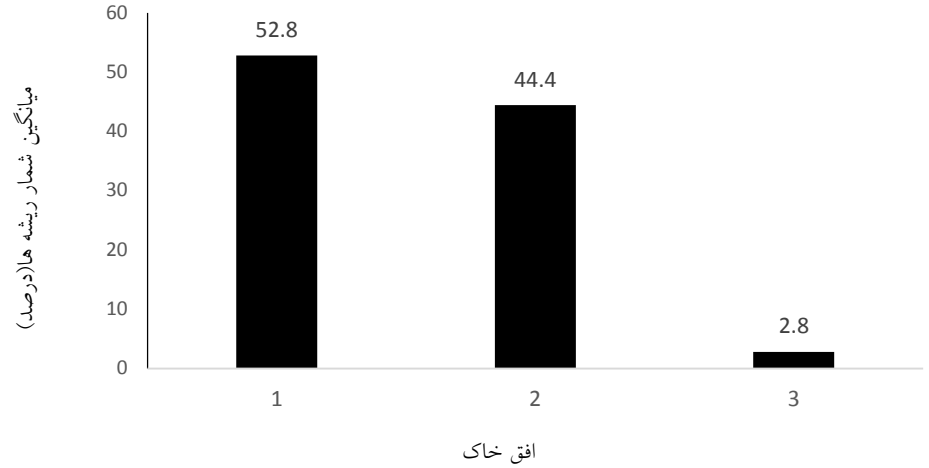
با توجه به شکل ۲ با افزایش عمق، شاخص تراکم ریشه کاهش می‌یابد. بیشترین شاخص تراکم ریشه در عمق ۱۰ سانتیمتری دیده می‌شود. بیشترین عمق رشد ریشه گیاه یونجه در طول دوره ۵ ماهه تا عمق ۳۰ سانتیمتر است. بیشینه و کمینه شاخص تراکم ریشه به ترتیب ۱۶ درصد و ۰/۶ درصد بوده است.

ارتباط بین شاخص تراکم ریشه و عمق به‌صورت تابع توانی است که معادله آن $y = \alpha x^{\beta}$ است. بنابراین ضریب α و β این معادله توانی به ترتیب ۱۴۰۱۵ و ۲/۸۴۸- به دست آمد. تغییرات شمار ریشه‌ها نسبت به عمق در شکل ۳ ارائه شده است. به‌طور کلی شمار ریشه‌ها با افزایش عمق کاهش می‌یابد. بیشینه و کمینه شمار ریشه‌ها به ترتیب در افق اول و افق آخر دیده شد. به‌طور میانگین ۵۲/۸ درصد شمار کل ریشه‌ها در ۱۰ سانتیمتر اول و ۴۴/۴ درصد شمار ریشه‌ها در ۱۰ سانتیمتر دوم دیده شد.

با استفاده از مقادیر شاخص تراکم ریشه نتایج حاصل از آزمایش برش مستقیم نمونه‌های خاک مسلح شده با ریشه گیاه یونجه در جدول ۲ ارائه شده است.



شکل ۲. تغییرات شاخص تراکم ریشه در مقابل عمق



شکل ۳. درصد شمار ریشه‌ها در هر افق نسبت به‌کل ریشه‌ها

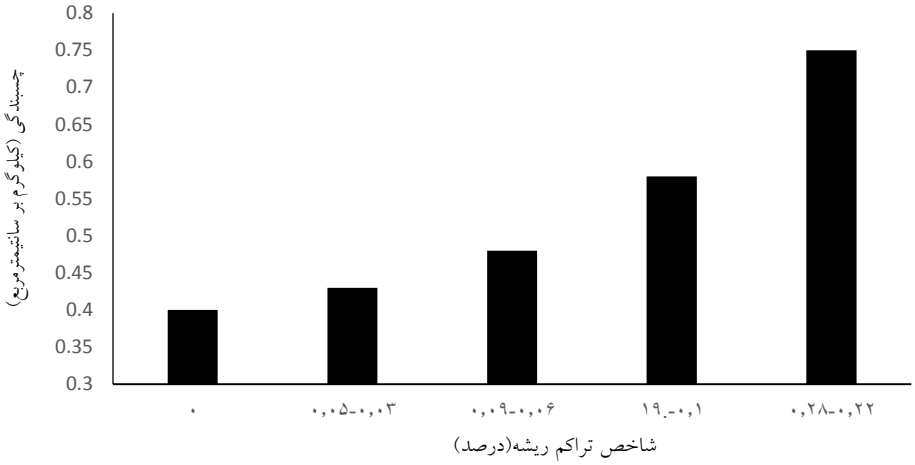
جدول ۲. مقادیر چسبندگی، زاویه اصطکاک و رطوبت بر اساس مقادیر شاخص تراکم ریشه

شاخص تراکم ریشه (درصد)	چسبندگی (کیلوگرم بر سانتیمتر مربع)	زاویه اصطکاک (درجه)	رطوبت (درصد)
۰	۰/۴۰	۲۷/۰	۱/۲
۳–۵	۰/۴۳	۲۷/۰	۲۰–۲۳
۶–۹	۰/۴۸	۲۷/۰	۱۸–۲۱
۱۰–۱۹	۰/۵۸	۲۶/۰	۱۸–۱۹
۲۲–۲۸	۰/۷۵	۲۵/۵	۱۳–۱۷/۵

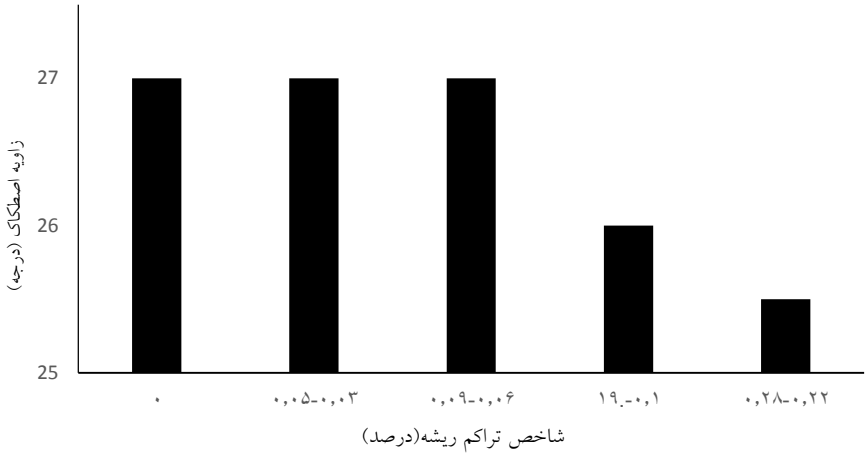
با رسم نمودار چسبندگی در مقابل شاخص تراکم ریشه تأثیر فراوانی و مساحت ریشه بر مقاومت برشی خاک مشخص می‌شود (شکل ۴). بر اساس نتایج، بیشینه افزایش چسبندگی خاک مسلح شده به‌وسیله ریشه‌ها مربوط به گروه ۲۸–۲۲ درصد است به‌گونه‌ای که چسبندگی نسبت به خاک فاقد ریشه ۸۷/۵ درصد افزایش پیدا کرده است و با افزایش عمق، چسبندگی ترکیب خاک–ریشه روند کاهشی پیدا می‌کند. این افزایش چسبندگی سبب پایداری خاک در برابر گسیختگی می‌شود.

شکل ۵ تغییرات شاخص تراکم ریشه در مقابل زاویه اصطکاک ترکیب خاک–ریشه را نشان می‌دهد. نتایج نشان داد عامل زاویه اصطکاک در خاک مسلح شده با ریشه گیاه یونجه نسبت به خاک فاقد ریشه ۵/۵ درصد کم شده و با افزایش عمق، این میزان نسبت به خاک فاقد ریشه کم می‌شود.

تغییرات چسبندگی و زاویه اصطکاک در مقابل شاخص تراکم ریشه در جدول ۳ آورده شده است. تغییرات زاویه اصطکاک در مقابل شاخص تراکم ریشه رفتاری عکس نسبت به عامل چسبندگی دارد و تغییرات آن در مجموع بسیار کمتر از دامنه تغییرات چسبندگی است. در مدل وو نیز یادآوری شد که افزایش مقاومت برشی در ترکیب خاک–ریشه نسبت به نمونه خاک فاقد ریشه، عامل چسبندگی بوده است.



شکل ۴. تغییرات چسبندگی در مقابل شاخص تراکم ریشه



شکل ۵. تغییرات زاویه اصطکاک در مقابل شاخص تراکم ریشه

جدول ۳. تغییرات چسبندگی و زاویه اصطکاک در مقابل شاخص تراکم ریشه

شاخص تراکم ریشه (درصد)	تغییرات چسبندگی (درصد)	تغییرات زاویه اصطکاک (درصد)
۰	–	–
۳–۵	۷/۵	–
۶–۹	۲۰/۰	–
۱۰–۱۹	۴۵/۰	-۳/۷
۲۲–۲۸	۸۷/۵	-۵/۵

نتیجه‌گیری

نتایج این پژوهش نشان می‌دهد که بین شاخص تراکم ریشه و مقاومت برشی خاک رابطه مستقیم وجود دارد. شاخص تراکم ریشه به‌شدت تحت تأثیر گونه، شرایط آب و هوا، بافت خاک و عمق است. به‌طور کلی این شاخص با افزایش عمق ریشه کاهش می‌یابد و این کاهش به علت کم شدن هوا، مواد مغزی و تراکم بیشتر خاک در لایه‌های پایین است (Bichetti et al., 2005). در این تحقیق نیز کاهش شاخص تراکم ریشه با افزایش عمق دیده شد. محققین دیگر نیز کاهش شاخص تراکم با عمق را اثبات کرده‌اند (Schmid and Kazda, 2001). میزان مسلح سازی خاک در اثر حضور ریشه با افزایش عمق روند کاهشی

داشت. بیشترین میزان مسلح‌سازی در افق اول که بیشترین تراکم ریشه را داراست اتفاق می‌افتد. با توجه به خصوصیات مکانیکی خاک منطقه میزان افزایش چسبندگی در اثر ریشه گیاه یونجه به‌ویژه در افق‌های بالایی می‌تواند نقش بسزایی در افزایش مقاومت برشی خاک و پیشگیری از گسیختگی‌های سطحی ایفا کند. دامنه تغییرات افزایش چسبندگی خاک در اثر حضور ریشه‌ها با شاخص تراکم ۰/۰۳-۰/۳۵ کیلوگرم بر سانتیمتر مربع گزارش شد که به نوع پوشش گیاهی، عوامل محیطی و عمق خاک بستگی دارد (Vergani et al., 2012). کمینه مسلح سازی در تحقیق حاضر برای شاخص تراکم برای ۱۰ سانتیمتر آخر گزارش شد. این مقدار کم برای انتهای ریشه که دارای تعداد ریشه بسیار کم و قابل چشم‌پوشی داشت برآورد شده است و کم بودن آن طبیعی به نظر می‌رسد. بر اساس منحنی تغییرات خصوصیات مقاومت برشی در برابر شاخص تراکم ریشه، جدول ۳ عامل چسبندگی در خاک مسلح شده با ریشه گیاه یونجه نسبت به خاک بدون ریشه حداکثر ۸۷/۵ درصد افزایش نشان می‌دهد و در مقابل زاویه اصطکاک داخلی خاک مسلح با ۵/۵ درصد کاهش نسبت به خاک بدون ریشه رفتاری عکس عامل چسبندگی دارد و تغییرات آن در مجموع بسیار کمتر از تغییرات عامل چسبندگی است. هر چند کاهش زاویه اصطکاک داخلی در افزایش مقاومت برشی خاک مسلح مؤثر است اما تأثیر آن نسبت به عامل افزایش چسبندگی بسیار اندک است و از این رو افزایش مقاومت برشی با ریشه گیاه را صرف نظر از تأثیر اندک زاویه اصطکاک داخلی تقریباً می‌توان معادل افزایش چسبندگی دانست. به‌طور کلی می‌توان گفت میزان مسلح سازی یک گیاه با خصوصیات زیست فنی آن بستگی دارد. با توجه به مطالعات انجام گرفته بین گونه‌ها از نظر این خصوصیات اختلاف معناداری وجود دارد. این پژوهش وجود رابطه کاهش بین عمق و شاخص تراکم ریشه، عمق و قدرت مسلح سازی را به‌عنوان ویژگی‌های زیست فنی گونه یونجه را نشان داد. این تحقیق آگاهی ما را در مورد خصوصیات زیست فنی و میزان مسلح سازی گیاه یونجه افزایش می‌دهد.

Reference:

Abdi, A., Majnonian, B., Rahimi, H., Zubair, M. And Habibi Bi Balai, Q. (2010). Study of biotechnical characteristics of biblical species for use in bioengineering, Case study: Patem section, Khairud forest. Journal of Natural Environment, Iranian Journal of Natural Resources, 63 (1): 53-62. [In Persian]

Bischetti, G.B. (2009). Root cohesion of forest species in the Italian Alps. Plant and Soil, 324: 71-89

Bischetti, G.B., Chiaradia, E.A., Simonato, T., Speziali, B., Vitali, B., Vullo, P. and Zocco, A.(2005). Root strength and root area ratio of forest species in Lombardy (Northern Italy). Plant and Soil, 278: 11-22.

Burroughs, E.R. and Thomas, B.R. (1977). Declining root strength in Douglas-fir after felling as a factor in slope stability, (USDA Forest Service research paper INT).

Chen, Z.D., Xiao, H.B. and Zhang, C.X. (2016). Effects of root distribution on shear strength of root soil complex. Journal of central south university of forestry and technology, 36(8): 130-135.

Genet, M., Kokutse, N., Stokes, A., Fourcaud, T., Cai, X., Ji, J. and Mickovski, S. (2008). Root reinforcement in plantations of Cryptomeria japonica D. Don: effect of tree age and stand structure on slope stability, Forest Ecology and Management, 256(8): 1517–1526.

Giupponi, L., Borgonovo, G., Giorgi, A. and Bischetti, G. B. (2019). How to renew soil bioengineering for slope stabilization: some proposals. Landscape and Ecological Engineering, 15(1): 37-50.

Habibi Bi Balai, Q. (2001). The conservation and supportive role of forest and non-forest tree species. PhD Thesis, Azad University, Research Sciences Branch, Tehran, 149 p. [in Persian]

Karimi, H. (1990). Alfalfa (first edition). University Publishing Center Publications. [In Persian]

Kazemi, M., Abdi, A., Majnonian, B. And Yousefzadeh, H. (2017). The role of Persian oak species (Quercus persica) in soil reinforcement (Case study: Tabarak area, Bazaft basin). Forests and wood products, Iranian Journal of Natural Resources, 70 (1): 31-38. [in Persian]

Maleki, P., Naqdi, R., Abdi, A. And goodness, M. (2014). Evaluation of alder root armament for use in bioengineering. Iranian Forest Journal, Iranian Forestry Association, 6 (1): 49-58. [In Persian]

Mattia, C., Bischetti, G.B., Gentile, F. (2005). Biotechnical characteristics of root systems of typical Mediterranean species. Plant and Soil, 278: 23–32.

Mulyono, A., Subardja, A., Ekasari, I., Lailati, M., Sudirja, R. and Ningrum, W. (2018). The hydromechanics of vegetation for slope stabilization. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 118: 1–6.

O'Loghlin, C.L. (1984). Effective of Introduced Forest Vegetation For Protecting Against Landslides And Erosion In New Zealand Steep Lands. Conference Title: Symposium on effects of forest land use on erosion and slope stability, Honolulu, Hawaii, 275-280.

O'loughlin, C.L. and Zimer, R.R. (1982). The importance of root strength and deterioration rates upon edaphic stability in steep land forests. U.S. Forest Service, 70-78.

Pollen, N. (2007). Temporal and spatial variability in root reinforcement of stream banks: Accounting for soil shear strength and moisture. Catena, 69(3): 197-205.

Pourmalekshah A.A.M.A., Moayeri, M.H. and Parsakhoo, A. (2019). Effect of the root biotechnical characteristics of Alnus subcordata, Paulownia fortunei and Populus deltoides on the soil mechanics. Journal of Forest Science, 65(7): 283–290.

Rey, F., Bifulco, C., Bischetti G.B., Bourrier, F., Cesare, G.D., Florineth, F., Grag, F., Marden, M., Mickorski, S.B., Philips, C., Peklo, K., Poesen, J., Polster, D., Preti, F., Rouch, H.P., Paymond, P., Sangalli, P., Tardio, G. and Stokes, A. (2019). Soil and water bioengineering: practice and research needs for reconciling natural hazard control and ecological restoration. Science of the Total Environment, 648: 1210–1218.

Schmid, I. and Kazda, M. (2001). Vertical distribution and radial growth of coarse roots in pure and mixed stands of Fagus sylvatica and Picea abies. Canadian Journal of Forest Research, 31(3): 539–548.

Shafaeibajestan, M. and Salimigolshaekhi, M. (2003). Influence of willow root on shear resistance. Journal of Science and Technology of Agriculture and Natural Resources, 6(4): 27-40.

Sobhani, A., Majidi., M.A. (1995). Evaluation of quantitative and qualitative yield of different cultivars of five Iranian alfalfa cultivars. Journal of Seedlings and Seeds, 11 (3): 15-20. [in Persian]

Sun, H.L., Li, S.C., Xiong, W.L., Yang, Z.R., Cui, B.S. and Yang, T. (2008). Influence of slope on root system anchorage of Pinus yunnanensis. Ecological Engineering, 32(1): 60–67.

Thorne, C.R. (1990). Effects of vegetation on riverbank erosion and stability. In: Thornes, J.B. (Ed.), Vegetation and Erosion. John Wiley and Sons Inc, Chichester, 125–143.

Tiwari, R.C., Bhandary, N.P., Yatabe, R. and Bhat, R.D. (2013). New numerical scheme in the finit- element method for evaluating root reinforcement effect on soil slope stability, Geotechnique, 63(2): 129 - 139.

Vergani, C,E., Chiaradia, A. and Bischetti, G.B. (2012). Variability in the tensile resistance of roots in Alpine forest tree species. Ecological Engineering, 46: 43-56.

Waisel, Y., Eshel, A. and Kafkafi, U. (2002). Plant roots – the hidden half. 3rd edn, New York, Basel: Marcel Dekker, 1136pp.

Waldron, L.J. (1977). The Shear Resistance of Root-Permeated Homogeneous And Stratified Soils. Soil science Society of America Journal, 41(5): 843-849.

Watson, A.J. and Marden, M. (2004). Live root-wood tensile strengths of some common New Zealand indigenous and plantation tree species. New Zealand journal of forestry science, 34(3): 344-353.

Wu, T.H., McOmber, R.M., Erb, R.T. and Beal, P.E. 1988. Study of soil-root interactions. Journal of Geotechnical Engineering (ASCE), 114(12): 1351-1375.

Ziemer, R. (1981). Roots and Shallow Stability of Forested Slopes, International Association of Hydrological Sciences, Publications, 132: 343-361.

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. 1 (45)
Autumn 2022

Received:
2020-02-09

Accepted:
2022-07-12

Pages: 63-72

Assess the Impact of Alfalfa Root System on the Reinforcement of Soil

Samad Zahermand[1*], Khosrow Shafiei Motlagh[2], Rasol Ajaloeian[3] and Esfandiar Jahantab[4]

1) Lecturer of Department of Civil engineering, Dehdasht branch, Islamic Azad University, Dehdasht, Iran.
2) Assistant Professor, Department of Civil engineering, Dehdasht branch, Islamic Azad University, Dehdasht, Iran.
3) Professor, Department of Geology, University of Isfahan, Isfahan, Iran.
4) Assistant Professor, Department of range and watershed management, faculty of agriculture, Fasa University, Fasa, Iran.
*Corresponding author email: samadzahermand@yahoo.com

Abstract:
Background and Aim: Soil improvement using plant roots has been considered by many researchers in order to strengthen soil mass in terms of environmental protection and natural resources.The effect of plant root system on soil resilience is a function of the biotechnical properties of roots But due to the complex interactions between soil and plant, the impact of root reclamation on soils remains a challenge.This study investigates the effect of alfalfa root density on soil consolidation in Pazannan region in Khuzestan province
Methods: In this study, for the first time, the effect of alfalfa root system was investigated on soil resilience in greenhouse conditions .Soil samples taken from the study area after a period of 5 months under greenhouse cultivation, 3 rootless soil samples and 12 soil samples with different root densities were tested for direct cutting to measure the shear strength of soil composition and roots And the parameters of internal friction angle and adhesion of root-reinforced soil were obtained and compared with rootless soil samples.
Results: In general, the density and number of roots has been reduced with increasing depth, and also the root density index decreases with the depth increases.Using these results and direct cutting tests was calculated the amount of armament.The presence of roots has created a significant resistance to soil shear strength, which has been affected by increasing the amount of soil adhesion.In contrast, the internal friction angle of reinforced soil decreases with respect to the rootless soil and has the opposite behavior of the adhesion factor.And its changes are much less than the changes of the adhesion factor.Therefore, it can be known that increasing the shear strength of soil reinforced with alfalfa root is equivalent to increasing adhesion.
Conclusions: The results of this study show that there is a direct relationship between root density index and soil shear strength. The highest and lowest reinforcement rates for 28 and 5% density index were 87.5% and 7.5% increase in soil adhesion, respectively and there has been a maximum reduction in internal friction angle relative to rootless soil of 5.5%. This study showed that there is a decrease in the relationship between depth and root density index, depth and strength of reinforcement as biotechnological characteristics of alfalfa species.
Keywords: Direct shear test, Root Density Index, Biotechnology, Soil Reinforcement, alfalfa

10.30495/WSRCJ.2022.20415