

تأثیر گلازنی بر ویژگی‌های زیست‌فنی و مقدار مسلح‌سازی ریشه وی‌ول (*Quercus libani Oliv.*)

مه‌آباد سلیمی زند^۱، احسان عبدی^{۲*}، باریس مجنونیان^۳ و سیدعطاءالله حسینی^۴

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی جنگل، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج، ایران

۲- نویسنده مسئول، دانشیار، گروه جنگل‌داری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج، ایران. پست الکترونیک: abdie@ut.ac.ir

۳- استاد، گروه جنگل‌داری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج، ایران

۴- دانشیار، گروه جنگل‌داری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج، ایران

تاریخ دریافت: ۹۵/۰۳/۱۶

تاریخ پذیرش: ۹۵/۰۸/۲۳

چکیده

پوشش گیاهی اثرات مهمی در افزایش پایداری و کاهش نرخ فرسایش دارد که یکی از مهم‌ترین آن‌ها مسلح‌سازی خاک توسط ریشه‌ها است. میزان مسلح‌سازی یک‌گونه به ویژگی‌های زیست‌فنی ریشه بستگی دارد. این پژوهش سعی دارد تأثیر سرشاخه‌زنی (گلازنی) درازمدت درختان وی‌ول (*Quercus libani Oliv.*) را بر ویژگی‌های زیست‌فنی و میزان مسلح‌سازی خاک بررسی کند. به‌منظور برآورد نسبت سطح ریشه به خاک (شاخص تراکم ریشه) از روش نمونه‌گیری با سیلندر از هسته‌های خاک استفاده شد. در اطراف هر درخت، نمونه‌گیری هسته خاک در سه عمق مختلف، در چهار سمت درخت و در فاصله یک متری از تنه انجام شد. در هر هسته، تعداد ریشه و مجموع طول ریشه برای هر طبقه قطری تعیین شد. برای اندازه‌گیری مقاومت کششی، نمونه‌های ریشه از سمت بالا و پایین شیب (بیشترین و کمترین تنش قابل انتظار سربار) جمع‌آوری و مقاومت آن‌ها با دستگاه اینسترون استاندارد اندازه‌گیری شد. نتایج نشان داد که پراکنش ریشه‌ها در رابطه با عمق دارای وارپانس زیادی بود. گلازنی اثر منفی معنی‌داری بر مقدار نسبت سطح ریشه به سطح خاک ریشه‌های نازک و مقاومت کششی ریشه‌ها داشت. درصد نسبت سطح ریشه به سطح خاک ریشه‌های نازک در درختان شاهد ۰/۴۷ و در درختان گلازنی‌شده ۰/۲۸، میانگین مقاومت کششی ریشه در درختان شاهد ۴۰/۳۱ و در درختان گلازنی‌شده ۱۹/۹۴ مگاپاسکال و میانگین مقدار مسلح‌سازی ریشه‌های نازک در درختان شاهد ۲/۲۹ و در درختان گلازنی‌شده ۱/۱۲ کیلوپاسکال به‌دست آمد. نتایج این پژوهش تأیید کرد که گلازنی درختان وی‌ول با کاهش تراکم ریشه‌های نازک و کاهش مقاومت کششی ریشه‌ها، تأثیر مثبت این‌گونه را در مسلح‌سازی خاک کاهش می‌دهد.

واژه‌های کلیدی: زیست‌مهندسی، مقاومت کششی ریشه، نسبت سطح ریشه.

مقدمه

معضلاتی مانند فرسایش و ناپایداری دامنه‌ها شده است. یکی از عناصر زیستی که خاک را در برابر نیروهای فرساینده حفظ می‌کند، وجود پوشش گیاهی است. اجزای مختلف پوشش گیاهی از قبیل تاج، تنه و ریشه در کنترل فرسایش تأثیر داشته و هر یک نقش ویژه‌ای از نظر زیست‌مهندسی بر عهده دارند (Greenway, 1987). پوشش

جنگل‌های زاگرس به‌عنوان گسترده‌ترین جنگل‌های ایران، جزو بوم‌سازگان‌های ارزشمند و در عین حال شکننده محسوب می‌شود که به‌دلیل استفاده بی‌رویه و چرای مفرط دام، در معرض تخریب قرار دارند. بهره‌برداری بیش از حد از جنگل‌ها و حذف پوشش گیاهی موجب افزایش بروز

گیاهی به وسیله افزایش چسبندگی ذرات خاک، باعث افزایش پایداری شیب (De Baets *et al.*, 2007) و تثبیت دامنه‌ها در برابر لغزش‌های سطحی می‌شود. از آنجاکه افزایش چسبندگی خاک نتیجه عملکرد ریشه گیاهان است، در سال‌های اخیر به اهمیت سیستم ریشه‌ای گیاه برای پایداری شیب توجه زیادی شده است (Bischetti *et al.*, 2005). ریشه‌های گیاهان با جذب رطوبت از خاک، سبب کاهش فشار آب منفذی و افزایش پتانسیل ماتریک شده (Soltani & Faraji, 2014) و با افزایش چسبندگی ذرات خاک، حساسیت خاک به فرسایش را کاهش می‌دهند (Bischetti *et al.*, 2009). تثبیت خاک و افزایش پایداری دامنه وابسته به ویژگی‌های سیستم ریشه مانند توزیع ریشه و مقاومت کششی ریشه (Root tensile strength)، تعداد و قطر ریشه، عمق ریشه‌دوانی و معماری سیستم ریشه (Root architecture) است (Wu *et al.*, 1979; Stokes, 2002). از بین این ویژگی‌ها، مقاومت کششی و پراکنش ریشه‌ها (Root distributions) به‌عنوان مهم‌ترین فاکتورها در بسیاری از مدل‌های کمی‌سازی نقش ریشه‌ها در نظر گرفته شده‌اند (Bischetti *et al.*, 2009). مقاومت ریشه تابعی از ترکیبات شیمیایی ریشه (Genet *et al.*, 2008)، اختلاف بین خواص مکانیکی ریشه‌ها و خاک و توزیع ریشه‌های درون خاک است (Nyambane & Mwea, 2011). همچنین مقاومت کششی ریشه به گونه درختی، شرایط رویشگاه و موقعیت پایه‌ها بستگی دارد (Bischetti *et al.*, 2009). حداکثر نیروی لازم برای گسیختن ریشه به‌عنوان مقاومت آن در نظر گرفته می‌شود و با تقسیم مقدار حداکثر نیرو بر سطح مقطع ریشه، مقاومت کششی آن به‌دست می‌آید (Watson & Marden, 2004). در بسیاری از مطالعات و مدل‌ها برای بررسی پراکنش ریشه‌ها از شاخص نسبت سطح ریشه به سطح خاک (Root Area Ratio) استفاده می‌شود (Bischetti *et al.*, 2009). این شاخص در تعیین پایداری دامنه‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرد و نشان‌دهنده وضعیت مسلح‌سازی (Reinforcement) خاک توسط ریشه‌ها در عمق‌های مختلف است (Bischetti *et al.*, 2005).

مسئله‌سازی به معنای بهبود ویژگی‌های مهندسی خاک است و در مورد ریشه‌ها به معنی افزایش چسبندگی خاک و در نتیجه، افزایش مقاومت برشی خاک در اثر حضور ریشه‌ها است (Genet *et al.*, 2008). مطالعات مختلف نشان داده‌اند که تراکم ریشه‌ها با افزایش عمق و فاصله از تنه کاهش می‌یابد (Bischetti *et al.*, 2005; Mattia *et al.*, 2005). در زاگرس شمالی، وابستگی اقتصادی-اجتماعی روستاییان به جنگل بسیار زیاد بوده (Ghazanfari *et al.*, 2003) و به‌طور معمول قطع مکرر سرشاخه‌ها به‌منظور تغذیه دام و در مواردی برای تأمین سوخت انجام می‌شود (Abedini *et al.*, 2010). در پاسخ به نیاز جنگل‌نشینان، یک سیستم جنگل‌داری سنتی متکی بر دامداری و استفاده از سرشاخه‌های درختان برای تهیه علوفه دام‌ها به‌وجود آمده که اصطلاحاً آن‌را گلازنی (Pollarding) می‌نامند (Ranjbar *et al.*, 2013). این سیستم بهره‌برداری سنتی باعث ایجاد تغییرات عمده‌ای در ساختار و شکل طبیعی این جنگل‌ها شده است (Heidari, 2005). در بین گونه‌های مختلف بلوط، برگ ویول (*Quercus libani*) نسبت به سایر گونه‌ها برای دام خوش‌خوراک‌تر است و بنابراین گلازنی بیشتر در مورد این‌گونه انجام می‌شود (Fattahi, 1994). مطالعات پیشین نشان داده‌اند که گلازنی درختان بلوط باعث کاهش رویش شعاعی (Abedini *et al.*, 2010)، کاهش قطر برابر سینه، طول تنه، سطح تاج و ارتفاع کل (Ranjbar *et al.*, 2013) درختان شد. البته تاکنون در ایران مطالعه‌ای در مورد تأثیر گلازنی بر سیستم ریشه درختان انجام نشده، اما برخی مطالعات خارجی نشان داده‌اند که گلازنی الگوی توزیع ریشه درختان و تراکم ریشه‌های نازک را تغییر داده و موجب کاهش تراکم طولی ریشه می‌شود (Bayala *et al.*, 2004).

از آنجاکه سیستم ریشه‌ای نقش مهمی در تثبیت خاک دارد، هرگونه تأثیر منفی بر سیستم ریشه می‌تواند باعث کاهش نقش گیاه در تثبیت خاک (Soil stabilisation) شود. با توجه به اهمیت جنگل‌های زاگرس در ذخیره‌سازی آب در کشور، هدف پژوهش پیش‌رو بررسی تأثیر گلازنی

گلازنی‌نشده (شاهد) به‌صورت کاملاً تصادفی انتخاب شدند. به‌منظور برآورد نسبت سطح ریشه به خاک، از روش نمونه‌گیری با سیلندر از هسته‌های خاک (Genet *et al.*, 2010; Beeden & Mclvor, 2008) استفاده شد. در اطراف هر درخت دو خط‌نمونه عمود بر هم یکی موازی و دیگری عمود بر خطوط میزان در نظر گرفته شد (Genet *et al.*, 2008) و نمونه‌گیری هسته خاک با سیلندری به قطر داخلی ۱۰۰ و ارتفاع ۱۰۰ میلی‌متر در فاصله یک متری (Abdi *et al.*, 2010) از تنه و در افق‌های مختلف (Bayala *et al.*, 2010; Beeden & Mclvor, 2004) صفر تا ۱۰۰، ۲۰۰-۳۰۰ و ۳۰۰-۲۰۰ میلی‌متری انجام شد. نمونه‌های خاک تهیه شده از هر قالب (به حجم ۷۸۵ سانتی‌متر مکعب) از الک با قطر دو میلی‌متر عبور داده شدند (Bayala *et al.*, 2010; Beeden & Mclvor, 2004) و ریشه‌ها از خاک جدا، شسته، با محلول الکل ۱۵٪ مرطوب شده و در کیسه‌های پلاستیکی و در دمای چهار درجه سانتیگراد (Beeden & Mclvor, 2010) در آزمایشگاه نگهداری شدند. در هر هسته خاک، قطر متوسط کلیه ریشه‌ها با اندازه‌گیری قطر در سه نقطه ابتدا، انتها و وسط ریشه با استفاده از کولیس دیجیتال (Bischetti *et al.*, 2005) اندازه‌گیری و ریشه‌ها به طبقات قطری 1، $2-1$، $5-2$، $10-5$ (Genet *et al.*, 2008; Beeden & Mclvor, 2010) و بیشتر از ۲۰ میلی‌متر طبقه‌بندی شدند. سپس تعداد ریشه و مجموع طول ریشه در هر قالب و برای هر طبقه قطری تعیین شد (Beeden & Mclvor, 2010). با فرض استوانه‌ای بودن فرم ریشه‌ها (Soltani & Faraji, 2014)، حجم مربوط به قطر میانه در هر طبقه قطری با استفاده از رابطه ۱ برآورد شد (Genet *et al.*, 2008).

$$\text{رابطه (۱)} \quad = \frac{\pi}{4} (d)^2 \times h = \text{حجم در هر طبقه قطری}$$

حجم قالب (Genet *et al.*, 2008) نسبت سطح ریشه (شاخص پراکنش ریشه / RAR) از رابطه ۲ محاسبه شد.

بر مقاومت کششی ریشه و نسبت سطح ریشه به‌عنوان دو شاخص مهم زیست‌فنی (Biotechnical) سیستم ریشه وی‌ول و ارزیابی تأثیرات احتمالی بر مقدار مسلح‌سازی خاک و پایداری دامنه‌ها بود.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

این مطالعه در بخشی از جنگل‌های شهرستان مریوان در استان کردستان در محدوده جغرافیایی "۴۰'۵" ۳۵° تا "۴۰'۷" ۳۵° عرض شمالی و "۱۷'۱۵" ۴۶° تا "۱۷'۲۵" ۴۶° طول شرقی انجام شد. متوسط بارندگی سالانه منطقه بر اساس آمار ایستگاه سینوپتیک مریوان، ۹۰۹ میلی‌متر و متوسط دمای سالانه ۱۲/۵ درجه سانتی‌گراد و فصل خشک حدود چهار ماه است (Pourhashemi *et al.*, 2015). حداقل و حداکثر ارتفاع منطقه ۱۴۴۰ تا ۲۱۳۰ متر از سطح دریا است. گونه‌های اصلی این جنگل‌ها وی‌ول، مازودار و برودار هستند. در منطقه انتخاب‌شده، آخرین گلازنی درختان وی‌ول در توده گلازنی‌شده در سال ۱۳۹۲ انجام شده بود و پژوهش پیش‌رو در سال ۱۳۹۴ (دو سال پس از آخرین گلازنی) و یک سال پیش از اجرای گلازنی دوباره توده انجام شد. در کنار توده‌های گلازنی‌شده، توده شاهد نیز وجود داشت که در آن گلازنی انجام نشده بود. با مطالعه و انجام آزمایش‌ها مشخص شد که خاک منطقه از نوع رسی با خمیرایی پایین (CL) در طبقه یونیفاید بوده و حد روانی و خمیری خاک نیز به ترتیب ۴۱/۵ و ۲۱/۴۵ است.

روش پژوهش

در دامنه‌ای به‌نسبت یکنواخت با جهت جنوبی و شیب ۲۵ درصد، چهار پایه وی‌ول گلازنی‌شده و چهار پایه

که در آن: d قطر میانه هر طبقه و h مجموع طول ریشه در طبقه مربوطه است.

از تقسیم حجم ریشه‌های موجود در هر طبقه قطری بر

$$\text{رابطه (۲)} \quad \%RAR = \frac{v}{V} \times 100$$

که در آن: v حجم ریشه در هر طبقه قطری و V حجم قالب است.

برای انجام آزمایش مقاومت کششی ریشه‌ها، در اوایل شهریور ۱۳۹۴، از هر درخت تعدادی نمونه ریشه با حفر خاک در نزدیک درخت و از عمق حدود ۳۰ سانتی‌متر بالا و پایین شیب تهیه شد. مقاومت نمونه ریشه‌ها با استفاده از دستگاه اینسترون استاندارد (مدل ۴۴۸۶ ساخت انگلستان) و با سرعت ثابت ۱۰ میلی‌متر بر دقیقه (Mattia *et al.*, 2010; Abdi *et al.*, 2005) اندازه‌گیری شد. به‌منظور برآورد مقدار مسلح‌سازی ریشه از مدل وو (Wu *et al.*, 1979) استفاده شد (Abdi *et al.*, 2008; Genet *et al.*, 2010). این مدل چسبندگی اضافی خاک در اثر حضور ریشه را با توجه به نسبت سطح ریشه و مقاومت کششی ریشه برآورد می‌کند (رابطه ۳: Greenway, 1987).

$$\text{رابطه (۳)} \quad Cr = K \cdot t_R$$

که در آن: Cr چسبندگی اضافه‌شده به خاک در اثر حضور ریشه‌ها (کیلوپاسکال)، t_R مقاومت کششی بسیج‌شده ریشه در واحد سطح خاک و K ضریبی است که با توجه به شرایط منطقه و زاویه اصطکاک داخلی ذرات خاک تعیین می‌شود. در مدل وو مقدار عددی K برابر ۱/۲ در نظر گرفته می‌شود (Bischetti *et al.*, 2005; Mattia *et al.*, 2005). مقاومت کششی بسیج‌شده ریشه در واحد سطح خاک (t_R) نیز از رابطه (۴) محاسبه شد.

$$\text{رابطه (۴)} \quad t_R = T_R a_R$$

که در آن: T_R متوسط مقاومت کششی نظیر قطر متوسط و a_R نسبت سطح ریشه به سطح خاک است.

بنابراین، با جمع‌بندی داده‌های مقاومت کششی و نسبت سطح ریشه و با بهره‌گیری از مدل وو (Wu *et al.*, 1979) برآوردی از مقدار مسلح‌سازی خاک در اثر وجود ریشه‌های نازک با قطر کمتر از ۲۰ میلی‌متر (Abdi *et al.*, 2010) وی‌ول شاهد و گلازنی‌شده انجام شد.

تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها

تجزیه و تحلیل داده‌ها با نرم‌افزار SAS 9.3 انجام شد. نرمال‌بودن داده‌های پراکنش ریشه با استفاده از آزمون کولموگروف-سمیرنف بررسی شد و به دلیل نرمال‌نبودن، برای نرمال‌سازی داده‌ها از تبدیل لگاریتمی استفاده شد. برای مقایسه میانگین‌ها از آزمون دانکن و به‌منظور بررسی معنی‌داری رابطه‌ها از تجزیه واریانس استفاده شد. در مورد داده‌های مقاومت، به دلیل نرمال‌نبودن داده‌ها در اثر وجود داده‌های بسیار بزرگ مربوط به قطرهای کم و وجود اثر کوواریت قوی (قطر ریشه)، از مدل خطی تعمیم‌یافته (Generalized linear model) و آزمون والد مربع کای برای مقایسه تأثیر گلازنی بر مقاومت کششی با در نظر گرفتن اثر کوواریت (قطر ریشه) استفاده شد.

نتایج

نتایج نشان داد که تأثیر عمق بر نسبت سطح ریشه به سطح خاک معنی‌دار بود. همچنین، گلازنی اثر منفی معنی‌داری بر $\%RAR$ ریشه‌های نازک داشت (جدول ۱). آمار توصیفی و نتایج مقایسه میانگین تیمارهای $\%RAR$ در جدول ۲ آورده شده است. نتایج نشان داد که پراکنش ریشه‌ها در رابطه با عمق دارای واریانس زیادی بود. میزان ریشه‌ها در تیمار شاهد به‌طور معنی‌داری بیشتر از تیمار گلازنی‌شده بود. بیشترین میزان سطح ریشه‌های با قطر کمتر از ۲۰ میلی‌متر، در افق دوم دیده شد و با افزایش عمق در افق سوم این شاخص کاهش یافت (جدول ۲).

مقادیر $\%RAR$ ریشه‌های نازک در تیمارهای گلازنی‌شده و شاهد در شکل ۱ ارائه شده است.

جدول ۱- تجزیه واریانس تأثیر تیمار گلازنی و عمق بر RAR% ریشه‌های نازک

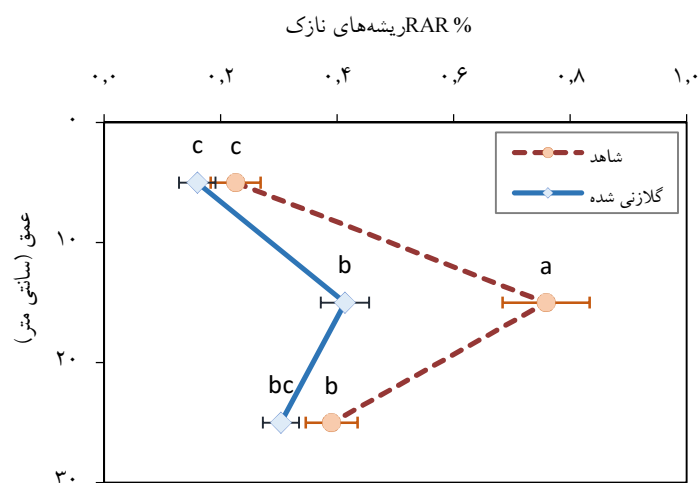
منابع تغییر	درجه آزادی	مجموع مربعات	میانگین مربعات	F	معنی‌داری
تیمار گلازنی	۱	۱/۰۸۷	۱/۰۸۷	۱۱/۳۶	۰/۰۰۰۹**
عمق	۲	۴/۷۵۰	۲/۳۷۵	۲۵/۴۱	۰/۰۰۰۱**

** معنی‌دار در سطح اطمینان ۹۹ درصد

جدول ۲- آمار توصیفی و مقایسه‌های میانگین RAR% ریشه‌های نازک در نمونه‌های مربوط به دو تیمار گلازنی و شاهد و عمق‌های مختلف

گروه‌بندی	میانگین \pm اشتباه معیار	بیشینه	کمینه	شاهد	تیمار
A	۰/۴۷ \pm ۰/۰۷	۲/۱۰۰	۰/۰۱۶	شاهد	گلازنی شده
B	۰/۲۸ \pm ۰/۰۴	۱/۲۲۰	۰/۰۱۶	گلازنی شده	شاهد
C	۰/۱۹ \pm ۰/۰۳	۰/۷۴۵	۰/۰۱۶	۰ - ۱۰	RAR% ریشه‌های نازک
A	۰/۵۷ \pm ۰/۰۸	۱/۸۱۹	۰/۰۶۲	۱۰ - ۲۰	عمق (سانتی‌متر)
B	۰/۳۶ \pm ۰/۰۷	۲/۱۰۰	۰/۰۵۸	۲۰ - ۳۰	

حروف انگلیسی متفاوت، اختلاف معنی‌دار بین میانگین‌ها در سطح اطمینان ۹۵ درصد را نشان می‌دهد.



شکل ۱- RAR% ریشه‌های نازک در افق‌های مختلف درختان شاهد و گلازنی شده (میانگین \pm اشتباه معیار؛ حروف متفاوت نشان‌دهنده وجود اختلاف معنی‌دار در سطح اطمینان ۹۵ درصد هستند)

توصیفی مربوط به داده‌های مقاومت کششی در جدول ۳ آورده شده است.

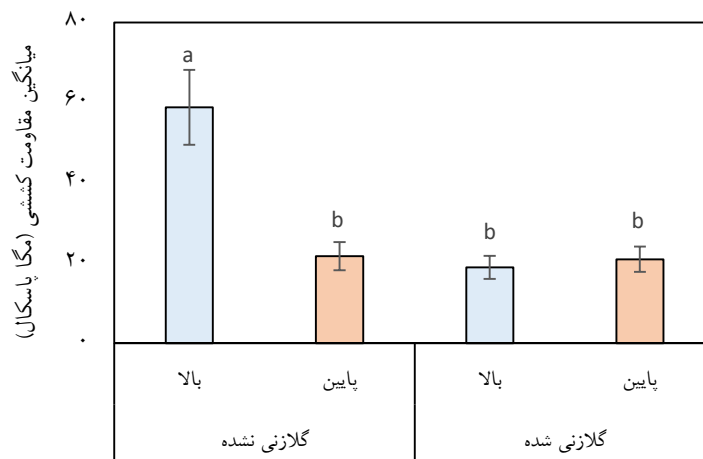
با تقسیم نیروی گسیختگی (حاصل از آزمایش کشش) بر سطح مقطع ریشه‌ها، مقاومت کششی محاسبه شد. آمار

جدول ۳- آمار توصیفی مربوط به مقاومت کششی در دو سمت بالا و پایین درختان گلازنی شده و شاهد

مقاومت کششی (مگاپاسکال)				قطر (میلی متر)				منبع
اشتباه معیار	میانگین	بیشینه	کمینه	اشتباه معیار	میانگین	بیشینه	کمینه	
۹/۳۱	۵۸/۸۵	۷۱۵/۰۴	۹/۰۴	۰/۱۶	۱/۵۸	۴/۰۸	۰/۳۷	شاهد- بالا
۳/۵۱	۲۱/۷۷	۷۶/۵۲	۳/۷۵	۰/۱۹	۱/۷۶	۴/۵۷	۰/۳۲	شاهد- پایین
۲/۸۵	۱۸/۹۲	۵۴/۷۶	۶/۸۹	۰/۱۶	۱/۴۹	۴/۲۵	۰/۴۰	گلازنی شده- بالا
۳/۱۳	۲۰/۹۶	۱۱۷/۴۶	۵/۷۹	۰/۱۸	۱/۵۲	۴/۶۲	۰/۳۲	گلازنی شده- پایین

مشاهده می‌شود، میانگین مقاومت کششی در سمت بالای درختان شاهد به‌طور معنی‌داری بیشتر از سایر تیمارها بود. همچنین، بین میانگین مقاومت کششی در سمت بالا و پایین شیب درختان گلازنی شده اختلاف معنی‌داری وجود نداشت.

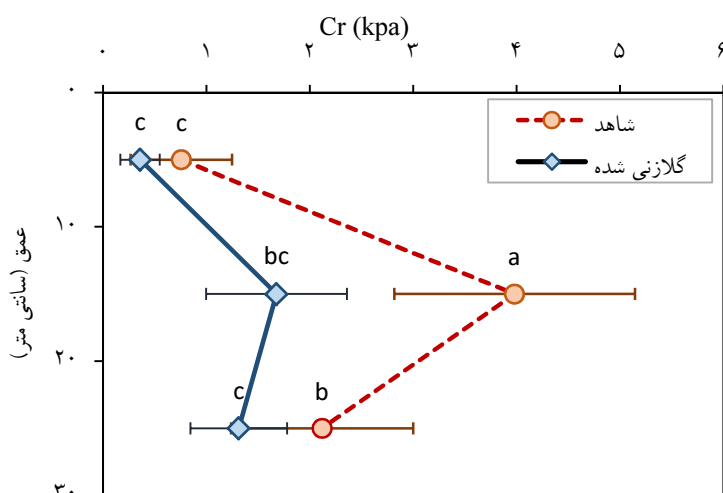
نتایج آزمون والد مربع کای نشان داد که تأثیر عامل کواریت یا قطر ریشه ($p < ۰/۰۰۱$) و تیمار گلازنی ($p < ۰/۰۰۱$) بر مقاومت کششی معنی‌دار بود. مقایسه دوه‌دو میانگین‌ها با استفاده از آزمون LSD انجام شد که نتایج آن در شکل ۲ آمده است. همان‌طور که در شکل ۲



شکل ۲- تغییرات میانگین مقاومت کششی در سمت بالا و پایین درختان گلازنی شده و شاهد (میانگین \pm اشتباه معیار؛ حروف متفاوت نشان‌دهنده وجود اختلاف معنی‌دار در سطح اطمینان ۹۵ درصد هستند)

خاک در تیمار گلازنی شده و شاهد در شکل ۳ ارایه شده است.

اطلاعات مربوط به افزایش چسبندگی خاک (به کیلوپاسکال) در اثر حضور ریشه‌های نازک در رابطه با عمق



شکل ۳- مسلح‌سازی خاک در اثر حضور ریشه‌های نازک با افزایش عمق در درختان شاهد و گلازنی‌شده (میانگین \pm اشتباه معیار؛ حروف متفاوت نشان‌دهنده وجود اختلاف معنی‌دار در سطح اطمینان ۹۵ درصد هستند)

بحث

نسبت سطح ریشه به خاک یکی از شاخص‌هایی است که بسیاری از پژوهشگران برای بررسی پراکنش ریشه از آن استفاده کرده (Genet et al., 2008; Abdi et al., 2010; Avani et al., 2013) و اطلاعات به‌دست‌آمده از این شاخص در کمی کردن مقدار مسلح‌سازی خاک کاربرد دارد (Bischetti et al., 2005). RAR به‌شدت تحت تأثیر عمق (Bischetti et al., 2005)، گونه، رویشگاه، آب‌وهوا و نوع خاک (De Baets et al., 2007) است. در این بررسی برای اولین بار در مطالعات زیست‌مهندسی ایران از روش نمونه‌گیری به‌وسیله هسته‌های خاک برای برآورد نسبت سطح ریشه استفاده شد که یک روش مختص خاک‌های سطحی است (Böhm, 1979) و تخریب بسیار کمتری نسبت به روش دیواره پروفیل دارد. مطالعات مختلف نشان داده‌اند که ریشه‌های نازک که تأثیر اصلی در افزایش چسبندگی خاک دارند، ۸۰ تا ۹۰ درصد مجموع طول ریشه‌های درخت را شامل می‌شود (O'Loughlin & Watson, 1979; Mclvor et al., 2008). در نتیجه، هر عاملی که بالقوه باعث کاهش تراکم شبکه ریشه‌های نازک شود، سهم درخت را در بهبود چسبندگی ذرات خاک و کنترل فرسایش کاهش

می‌دهد (Mclvor et al., 2011). در این پژوهش از دو فاکتور طول ریشه و قطر ریشه برای برآورد حجم ریشه (Genet et al., 2008) و در نهایت درصد نسبت ریشه به خاک استفاده شد. Mclvor و Beeden (۲۰۱۰) گزارش کردند که تراکم طولی ریشه‌های نازک درختان بید در لایه‌های بالایی خاک پس از گلازنی کاهش قابل توجهی یافت. پس با توجه به همخوانی دامنه‌های قطری در تیمارها می‌توان انتظار داشت که با کاهش طول ریشه‌های نازک، نسبت سطح ریشه هم کاهش یافته باشد. Coutts (۱۹۸۷) بیان می‌کند که شرایط محیطی به‌ویژه شرایط خاک منطقه می‌تواند تأثیر قابل توجهی بر ویژگی‌های سیستم ریشه داشته باشد (به نقل از Stofko, 2010). همچنین، روند گسترش و رشد ریشه درختان به مواد غذایی قابل دسترس بستگی دارد (Sagheb Talebi et al., 2009). از آنجاکه بسیاری از عامل‌های کیفی خاک به‌طور مستقیم و غیرمستقیم به کمیت و کیفیت مواد آلی خاک و چرخه عناصر غذایی وابسته است، برداشت درختان و سرشاخه‌زنی آن‌ها در منطقه تخریب یافته به‌سرعت به زوال کیفیت خاک با کاهش ورودی مواد آلی به خاک منجر می‌شود (Salehi et al., 2011). بنابراین، تغییرات ایجادشده در خصوصیات معرف

پژوهش وی نشان‌دهنده معنی‌دار نبودن اثر تیمار سرشاخه‌زنی بر مقاومت کششی ریشه بود که با نتایج این پژوهش در تناقض است. دلیل این تناقض می‌تواند این باشد که درختان سرشاخه‌زنی شده فقط یک‌بار و آن هم به‌منظور مقابله با خشکیدگی بلوط سرشاخه‌زنی شده بودند. در پژوهش پیش‌رو، میانگین مقاومت کششی به‌دست‌آمده در درختان شاهد ۴۰/۳۱ و در درختان گلازنی‌شده ۱۹/۹۴ مگاپاسکال بود. همچنین نتایج به‌دست‌آمده از تجزیه داده‌ها نشان داد که تفاوت میانگین مقاومت کششی مربوط به تیمار گلازنی و دو سمت بالا و پایین شیب و همچنین قطر ریشه به‌عنوان عامل کواریت معنی‌دار بودند و گلازنی تأثیر منفی معنی‌داری بر مقاومت کششی ریشه درخت وی‌ول داشت و ویژگی‌های مکانیکی ریشه را تحت تأثیر قرار داد. آشکارترین پیامد گلازنی، تأثیر بر تاج درخت و کاهش سطح آن است (Ranjbar *et al.*, 2013). شاید اثر منفی گلازنی بر مقاومت کششی ریشه به‌دلیل کاهش حجم و ابعاد تاج درخت پس از گلازنی و در نتیجه کاهش نیروها و تنش‌های وارده بر ریشه درخت باشد. همچنین در عملیات گلازنی در هر دوره با حذف برگ و سرشاخه‌ها جزئی از درخت از سیستم چرخه عناصر غذایی از درختان خارج می‌شود و ممکن است بر ترکیبات ساختار شیمیایی ریشه اثرگذار باشد که البته نیازمند مطالعاتی در این زمینه است. Beeden و McIvor (۲۰۱۰) نیز بیان کردند که حذف برگ درختان ممکن است عرضه کربوهیدرات به ریشه‌های درخت را قطع کند و انتظار می‌رود تأثیر منفی قابل توجهی بر پویایی ریشه و به‌طور غیرمستقیم در پایداری خاک داشته باشد. در درختان گلازنی‌نشده، ریشه‌های سمت بالای شیب نسبت به ریشه‌های سمت پایین شیب مقاومت کششی بیشتری داشتند. این نتیجه با نتایج Stokes (۲۰۰۲) هماهنگی دارد که بیان می‌کنند که در درختان روی شیب ریشه‌های بالا قوی‌ترند. ریشه‌های سمت بالا تحت تنش‌ها و بارهای شدیدتری نسبت به ریشه‌های سمت پایین هستند. این ریشه‌ها با افزایش مقدار مقاومت کششی می‌توانند در عین افزایش پایداری گیاه، کاهش چسبندگی خاک را تا

حاصلخیزی خاک‌ها نیز ممکن است تأثیر زیادی در کاهش تراکم ریشه‌های جانبی درختان گلازنی‌شده داشته باشد. Abdi و همکاران (۲۰۱۰) در مورد انجیلی، نسبت سطح ریشه به خاک در رابطه با عمق را کاهشی به‌دست آورده و بیشترین میزان سطح ریشه را در عمق ۱۰ سانتی‌متر اول گزارش کردند. کاهش تراکم ریشه در رابطه با عمق به‌وسیله بسیاری از پژوهشگران (Mattia *et al.*, 2005; Majnounian *et al.*, 2014) گزارش شده است. همکاران (۲۰۰۵) حداکثر درصد این نسبت را در ۳۰ سانتی‌متر اول از سطح خاک و Avani و همکاران (۲۰۱۳) در ۲۰-۳۰ سانتی‌متر اول از سطح خاک، Majnounian و همکاران (۲۰۱۴) حداکثر درصد نسبت سطح ریشه در ۱۰ سانتی‌متر اول از سطح خاک و Mohammadrad (۲۰۱۵) در ۳۰ سانتی‌متر اول از سطح خاک مشاهده کردند. در پژوهش پیش‌رو، کمترین درصد نسبت سطح ریشه در افق ۱۰ سانتی‌متری اول و بیشترین آن در افق ۲۰-۱۰ سانتی‌متر دیده شد و با افزایش عمق در افق سوم میزان این شاخص دوباره روند کاهشی داشت. تأثیر گیاهان بر افزایش پایداری دامنه‌ها و کاهش فرسایش به مقدار زیادی وابسته به مقاومت کششی ریشه است و تعیین مقاومت کششی ریشه، اطلاعات مورد نیاز در تحلیل نقش ریشه در خاک را فراهم می‌سازد (Abdi *et al.*, 2011). تغییرپذیری در مقاومت کششی در پژوهش‌های پیشین بررسی و مشخص شده که این ویژگی وابسته به گونه، شرایط رویشگاه، شرایط محیطی، نوع مدیریت و قطر ریشه است (Gray & Sotir, 1996). Abdi و همکاران (۲۰۱۰) عملکرد ریشه‌های بالا و پایین شیب را به‌دلیل تفاوت ماهیت تنش‌های مکانیکی متفاوت دانستند، بنابراین در این مطالعه مقاومت کششی درختان گلازنی‌نشده و گلازنی‌شده به‌تفکیک بالا و پایین شیب نیز بررسی شد. Mohammadrad (۲۰۱۵) میانگین مقاومت کششی ریشه را در تابستان برای درختان سرشاخه‌زنی‌نشده بلوط ایرانی ۱۵/۷۶ مگاپاسکال و برای درختان سرشاخه‌زنی‌شده از همان گونه ۱۵/۴۶ مگاپاسکال گزارش کرد که نتایج

نتایج این پژوهش موجب آگاهی از تأثیر منفی گل‌زنی در مقدار مسلح‌سازی دامنه‌ها و افزایش احتمال وقوع ناپایداری و ایجاد فرسایش در مناطق گل‌زنی شده می‌شود.

References

- Abdi, A., Majnounian, B., Rahimi, H., Zobeiri, M. and Habibi Bibalani, Gh., 2010. Investigation of biotechnical properties of *parottia persica* in order to use in bioengineering (Case study: Patom district of Kheiroud forest). Iranian Journal of Natural Resources, 63(1): 53-62 (In Persian).
- Abdi, A., Majnounian, B., Rahimi, H., Zobeiri, M. and Habibi Bibalani, Gh., 2011. Assessment of root tensile strength of some Hyrcanian species for soil stabilization (Case study: Patom district, Kheiroud forest). Iranian Journal of Natural Resources, 64(3): 339-351 (In Persian).
- Abedini, A., Pourtahmasebi, K., Ghazanfari, H. and Karimi, A.N., 2010. Effect of severe lopping on radial growth of Lebanon oak (*Quercus libani* Oliv.) trees in Baneh adjacent forests. Iranian Journal of Forest and Poplar Research, 18(4): 556-578 (In Persian).
- Avani, N., Lateh, H. and Habibi Bibalani, Gh., 2013. Study of root distribution of *Macaranga tanarius* (L.) Mull. Arg. (Parasol leaf tree) on east-west highwat slope, Malasiya. Journal of BioScience and Biotechnology, 2(3): 195-200.
- Bayala, J., Teklehaimanot, Z. and Ouedraogo, S.J., 2004. Fine root distribution of pruned trees and associated crops in a parkland system in Burkina Faso. Agroforestry Systems, 60: 13-26.
- Beeden, J. and Melvor, I., 2010. The effects of pollarding on the fine roots of willows planted for soil stabilisation on pastoral hill slopes. Published by Contributing Regional Councils and MAF, Contract 23273, Wellington, 7p.
- Bischetti, G.B., Chiaradia, E.A., Epis, T. and Morlotti, E., 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.
- Böhm, W., 1979. Methods of Studying Root

حدی جبران کنند. البته این نتیجه در مورد درختان گل‌زنی‌شده صدق نکرد و اختلاف معنی‌داری در مقاومت کششی ریشه دو سمت بالا و پایین شیب در این درختان مشاهده نشد. اگرچه در منابع موجود دلیلی برای توجیه این پدیده یافت نشد، اما شاید یک نوع واکنش ریشه متناسب با کاهش و تغییر فرم تاج درخت پس از گل‌زنی و کمتر شدن تنش‌ها است.

مسلح‌سازی خاک به دلیل تفاوت کارکرد ریشه و خاک در مقابل تنش‌های فشاری و کششی اتفاق می‌افتد (Greenway, 1987). حضور ریشه در خاک ماتریس مسلح‌شده‌ای را تشکیل می‌دهد که طی بارگذاری خاک تنش به ریشه‌ها منتقل می‌شود (Abdi et al., 2010). کمترین میزان مسلح‌سازی در ۱۰ سانتی‌متر اول افق خاک و ۰/۵۶ کیلوپاسکال و بیشترین مقدار مسلح‌سازی در ۱۰ سانتی‌متر دوم و ۲/۸۳ کیلوپاسکال مشاهده برآورد شد و با افزایش عمق در افق ۱۰ سانتی‌متری سوم این مقدار به ۱/۷۲ کیلوپاسکال کاهش یافت. نتایج بسیاری از پژوهش‌ها نشان داده است که با افزایش عمق مقدار مسلح‌سازی کاهش می‌یابد (Abdi et al., 2010; Mohammadrad, 2015).
Mattia و همکاران (۲۰۰۵) نیز بیان کردند که این کاهش شبیه به الگوی کاهش نسبت سطح ریشه است. میانگین مقدار مسلح‌سازی ریشه‌های نازک در درختان گل‌زنی‌شده ۲/۲۹ کیلوپاسکال و در درختان گل‌زنی‌شده ۱/۱۲ کیلوپاسکال به دست آمد. نتایج این پژوهش نشان داد که گل‌زنی با سابقه طولانی، مقدار مسلح‌سازی خاک توسط ریشه‌های نازک را به طور معنی‌داری کاهش داده است که این نتیجه با توجه به اثر منفی این سیستم برداشت سنتی بر پراکنش ریشه‌های نازک و همچنین مقاومت کششی ریشه قابل توجیه است.

نتایج به دست آمده از این پژوهش نشان داد که گل‌زنی درختان وی‌ول با کاهش تراکم ریشه‌های نازک و همچنین کاهش مقاومت کششی ریشه‌ها، مقاومت برشی خاک در اثر حضور ریشه‌ها را کم می‌کند و اثرات مثبت پوشش گیاهی بر مسلح‌سازی خاک را به طور معنی‌داری کاهش می‌دهد.

- McIvor, I.R., Douglas, G.B., Dymond, J., Eyles, G. and Marden, M., 2011. Pastoral hill slope erosion in New Zealand and the role of poplar and willow trees in its reduction: 257-278. In: Godone, D. and Silvia, S. (Eds.), Soil Erosion Issues in Agriculture. Open Access Publisher, Wellington, 470p.
- Mohammadrad, A., 2015. Effect of pollarding and season on tensile strength of *Quercus persica* roots. M.Sc. thesis, Faculty of Natural Resources, University of Tehran, Karaj, 92p (In Persian).
- Naghdi, R., Maleki, S., Abdi, E., Mousavi, R. and Nikooy, M., 2013. Assessing the effect of *Alnus* roots on hillslope stability in order to use in soil bioengineering. Journal of Forest Science, 59(11): 417-423.
- Nyambane, O.S. and Mwea, S.K., 2011. Root tensile strength of three typical plant species and their contribution to soil shear strength, a case study, Sasumua Backslope, Nyandarua District, Kenya. Journal of Civil Engineering Research and Practice, 8(1): 57-73.
- O'Loughlin, C. and Watson, A., 1979. Root-wood strength deterioration in radiata pine after clearfelling. New Zealand Journal of Forestry Science, 9: 284-293.
- Pourhashemi, M., Zandebasiri, M. and Panahi, P., 2015. Structural characteristics of oak coppice stands of Marivan forests. Journal of Plant Researches, 27(5): 766-776 (In Persian).
- Ranjbar, A., Ghahramani, L. and Pourhashemi, P., 2013. Impact assessment of pollarding on biometrical indices of Lebanon oak (*Quercus libani* Oliv.) in Belake forests, Baneh. Iranian Journal of Forest and Poplar Research, 20(4): 578-594 (In Persian).
- Sagheb Talebi, Kh., Hemmati, A., Khanjanishiraz, B., Siahpour, Z. and Akbarzadeh, A., 2009. Architectural model and impact of root pruning on diameter and height growth of oak (*Quercus castaneifolia*) seedlings (Pilambara, Guilan). Iranian Journal of Natural Resources, 61(4): 867-876 (In Persian).
- Salehi, A., Mohammadi, A. and Safari, A., 2011. Investigation and comparison of physical and chemical soil properties and quantitative characteristics of trees in less-damaged and damaged area of Zagros forests (Case study: Poldokhtar, Lorestan province). Iranian Journal Systems. Springer, Heidelberg, 190p.
- De Baets, S., Poesson, J., Reubens, B., Wemans, K., De Baerdemaeker, J. and Muys, B., 2007. Root tensile strength and root distribution of typical Mediterranean plant species and their contribution to soil shear strength. Plant and Soil, 3058: 207-226.
- Fattahi, M., 1994. Galazani (Pollarding of oak trees). Pajouhesh & Sazandegi, 23: 4-11 (In Persian).
- 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: 1517-1526.
- Ghazanfari, H., Namirani, M., Sobhani, H., Marvie Mohajer, M.R. and Pourtahmasbi, K., 2003. An estimation of tree diameter growth of Lebanon oak (*Quercus libani*) in northern Zagros forests (Case study: Havareh Khol). Iranian Journal of Natural Resources, 57(4): 649-662 (In Persian).
- Gray, D.H. and Sotir R.B., 1996. Biotechnical and Soil Bioengineering Slope Stabilization: A Practical Guide for Erosion Control. Wiley, Chichester, 400p.
- Greenway, D.R., 1987. Vegetation and slope stability: 187-230. In: Anderson, M.G. and Richards, K.S. (Eds.). Slope Stability. John Wiley & Sons, Chichester, 187p.
- Heidari, B., 2005. Study of forest structure in natural and degraded stands in Baneh. M.Sc. thesis, Faculty of Natural Resources, University of Mazandaran, Sari, 75p (In Persian).
- Majnounian, B., Abdi, A., Foshat, M. and Soofimariv, H., 2014. Determining biomechanical properties of poplar (*populus nigra*) for soil bio engineering purposes. Journal of Forest and Wood Product, 67(1): 13-19 (In Persian).
- Mattia, C., Bischetti, G.B. and Gentile F., 2005. Biotechnical characteristics of root system of typical Mediterranean species. Plant and Soil, 278: 23-32.
- McIvor, I.R., Douglas, G.B., Hurst, S.E., Hussain, Z. and Foote, A.G., 2008. Structural root growth of young Veronese poplars on erodible slopes in the southern North Island, New Zealand. Agroforestry Systems, 72(1): 75-86.

- anchorage: 175-186. In: Waisel, Y., Eshel, A. and Kafkafi, U. (Eds.). *Plant Roots: The Hidden Half*. Marcel Dekker, Inc., New York, 1120p.
- 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., McKinnell, W.P. and Swanston, D.N., 1979. Strength of tree root and landslides on Prince of Wales Island. *Canadian Geotechnical Journal*, 16: 19-33.
 - Soltani, A. and Faraji, A., 2014. Relation of Water, Soil and Plants. Published by Iranian Academic Center for Education, Culture and Research (ACECR), Mashhad, 252p (In Persian).
 - Stofko, P., 2010. Relationships between the parameters of aboveground parts and the parameters of root plates in Norway spruce with respect to soil drainage. *Journal of Forest Science*, 56(8): 353-360.
 - Stokes, A., 2002. Biomechanics of tree root of Forest, 3(1): 81-89 (In Persian).

Effect of pollarding on biotechnical characteristics and reinforcement amount of Lebanon oak (*Quercus libani* Oliv.) roots

M. Salimi Zand¹, E. Abdi^{2*}, B. Majnunian³ and S.A. Hoseini⁴

1- M.Sc. Student Forest Engineering, Faculty of Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran

2* - Corresponding author, Associate Prof., Department of Forestry, Faculty of Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran. Email: abdie@ut.ac.ir

3- Prof., Department of Forestry, Faculty of Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran

4- Associate Prof., Department of Forestry, Faculty of Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran

Received: 05.06.2016

Accepted: 13.11.2016

Abstract

Among positive effects of vegetation in erosion control, reinforcement of soil by roots is very important. The quantity of reinforcement depends on root biotechnical characteristics such as root density and tensile strength. The aim of current study is to assess the effect of traditional pollarding on root biotechnical characteristics, soil reinforcement and slope stability. To estimate the Root Area Ratio (RAR/Root density index) core sampling with cylinder cores was used. For this purpose, core samples were taken from four sides around each tree in three different soil depths. In each core, number of roots and total root length was determined for each diameter class. Root samples were collected from both up and down slope and their strength was measured with a standard Instron. The results showed that root distribution in relation to depth had a wide variation. The results of ANOVA revealed that pollarding had a significant negative effect on RAR. Also the results of Wald chi square showed that pollarding had a significant negative effect on tensile strength of roots. Mean RAR values of fine roots in control and pollarding samples were 47.0 and 28.0%. Mean tensile resistance in control and pollarding samples were 40.31 and 19.94 MPa, respectively. The average reinforcement of fine roots in control and pollarding samples were 2.29 kPa and 1.12 kPa. The results of this study confirmed that traditional pollarding not only have negative effect on aboveground biomass of oak trees but also significantly reduce the positive effect of vegetation on soil reinforcement.

Keywords: Bioengineering, Root Area Ratio, root tensile strength.