تأثیر سرشاخه‌زنی بر مقاومت‌کششی ریشهٔ درخت بلوط ایرانی (مطالعهٔ موردی: جنگل‌های دینارکوه شهرستان آبدانان)

اسماء محمدراد[۱]، احسان عبدی[۲*]، باریس مجنونیان[۳] و حامد یوسف‌زاده[۴]

[۱] کارشناس ارشد مهندسی جنگل، دانشکدهٔ منابع‌طبیعی، دانشگاه تهران
[۲] دانشیار گروه جنگلداری و اقتصاد جنگل، دانشکدهٔ منابع طبیعی، دانشگاه تهران
[۳] استاد گروه جنگلداری و اقتصاد جنگل، دانشکدهٔ منابع طبیعی، دانشگاه تهران
[۴] استادیار گروه جنگلداری و اقتصاد جنگل، دانشکدهٔ منابع طبیعی، دانشگاه تربیت مدرس

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۳/۱۲/۲۵؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۴/۱۱/۰۳)

چکیده

پوشش‌گیاهی با افزایش مقاومت برشی خاک سبب مسلح‌سازی و در نتیجه افزایش پایداری دامنه و نیز کنترل فرسایش می‌شود. میزان مسلح‌سازی و تأثیر در کنترل فرسایش ریشه‌ها به تراکم و مقاومت کششی ریشهٔ گیاهان بستگی دارد. هدف این مطالعه بررسی تأثیر سرشاخه‌زنی‌های انجام گرفته در جنگل‌های آبدانان (با هدف کنترل پدیدهٔ زوال بلوط) بر مقاومت‌کششی ریشه درختان بلوط ایرانی است. به‌منظور بررسی این مسئله، پنج پایه بلوط سرشاخه‌زنی‌شده و پنج پایه شاهد برای نمونه‌برداری از سیستم ریشه به‌طور تصادفی انتخاب شدند. نمونه‌های ریشه از هر کدام از درختان جمع‌آوری و مقاومت کششی برخی نمونه‌ها با دستگاه اینسترون اندازه‌گیری شد. ۱۵۰ آزمایش کشش موفق بر روی نمونه ریشه‌های بلوط ایرانی انجام گرفت. دامنهٔ قطری ریشه‌های مورد آزمایش ۰/۹-۵/۵ میلیمتر، دامنهٔ نیروی کششی ۳/۰۰-۳۷۴/۵۰ نیوتن و دامنهٔ مقاومت کششی ۱/۲۲-۲۱۷/۸۰ مگاپاسکال بود. در این مطالعه، قطر ریشه و نیروی کششی از رابطهٔ توانی مثبت پیروی کرده ولی بین قطر و مقاومت کششی رابطهٔ توانی منفی مشاهده نشد. نتایج آزمون والد کای‌اسکوئر نشان داد که تفاوت معنی‌داری بین مقاومت کششی دو تیمار سرشاخه‌زنی‌شده و شاهد وجود نداشت. البته قطر ریشه به‌عنوان عامل کوواریت اثر معنی‌داری بر مقاومت کششی داشت.

واژه‌های کلیدی: اینسترون، بلوط ایرانی، مقاومت کششی، نیروی‌کششی.

* نویسندهٔ مسئول شمارهٔ تماس: ۰۲۶۳۲۲۲۳۰۴۴ ایمیل:abdie@ut.ac.ir

مقدمه و هدف

در سال‌های اخیر، شمار بلایای طبیعی مرتبط با ناپایداری دامنه‌ها در سطح جهان افزایش یافته است (Watson and Marden, 2004). حرکت‌های توده‌ای خاک از پدیده‌های ژئومورفولوژی است، که عوامل مختلفی از قبیل اقلیم، شیب زمین، نوع پوشش‌گیاهی، سنگ‌شناسی، و زمین‌شناسی در آن مؤثر است (طاهونی،۱۳۷۲; Wolfe and Williams, 1986). بیشتر مهندسان به‌طور سنتی استفاده از مصالح بیجان برای پایداری شیب و جلوگیری از فرسایش استفاده می‌کنند. امروزه روش‌های جایگزین استفاده از پوشش‌گیاهی به نام روش‌های زیست‌مهندسی مطرح است. پوشش‌گیاهی عاملی مهم در ایجاد تعادل بین نیروهای ویرانگر و سازندهٔ طبیعت است. تأثیر پوشش گیاهی در مسلح سازی و کنترل فرسایش، علاوه بر رویهٔ زمینی به سیستم ریشه‌ای یعنی پراکنش و مقاومت ریشه‌ها (مقاومت کششی) بستگی دارد (Bischetti *et al*., 2005). حداکثر نیروی لازم برای گسیختن ریشه به عنوان مقاومت آن در نظر گرفته می‌شود. با افزایش قطر ریشه نیروی لازم برای گسیختن ریشه نیز به‌صورت توانی افزایش می‌یابد (Tosi, 2007). با تقسیم نیرو بر سطح مقطع ریشه، مقاومت‌کششی آن به‌دست می‌آید (Watson and Marden, 2004). به‌طور کلی تغییرات مقاومت‌کششی را می‌توان توسط قطر ریشه به خوبی نشان‌داد، به‌طوری که مقاومت‌کششی ریشه با افزایش قطر ریشه کاهش می‌یابد (Nyambane and Mwea, 2011). Genet *et al*. (2005) نشان دادند در ریشه‌های با قطر کمتر، مقاومت‌کششی افزایش می‌یابد و رابطهٔ معنی‌داری بین قطر و مقاومت کششی وجود دارد و رابطهٔ مقاومت‌کششی- قطر ریشه به نوع گونهٔ گیاهی وابسته است. عبدی و همکاران (۱۳۸۹) نیز نشان دادند در گونه‌های شمال ایران مقاومت‌کششی ریشه‌ها با افزایش قطر به‌صورت تابع توانی کاهش می‌یابد. تأثیر گیاهان بر افزایش پایداری دامنه‌ها به مقدار زیادی وابسته به مقاومت‌کششی ریشه است و تعیین مقاومت‌کششی ریشه، اطلاعات لازم در تحلیل نقش ریشه در تثبیت خاک و رابطهٔ ریشه-خاک را فراهم می‌کند (عبدی و همکاران، ۱۳۹۰). ریشه‌های گیاهان با جذب رطوبت از خاک سبب کاهش آب منفذی در نتیجهٔ افزایش مقاومت خاک می‌شوند و با پیوند دادن ذرات خاک سطحی، حساسیت خاک را به فرسایش کاهش می‌دهند (Morgan and Rickson, 1995). مقاومت ریشه تابعی از ترکیب شیمیایی ریشه، نوع گونه، نوع خاک، و چگونگی توزیع ریشه‌ها درون خاک است (Nyambane and Mwea, 2011) که با توجه به زمینه‌های استفاده شامل پایداری شیب، تکنیک‌های زیست‌مهندسی خاک تعیین می‌شود (Vergani *et al*., 2012).

بسیاری از مطالعات نشان داده اند که ناپایداری دامنه‌ها می‌تواند به‌دلیل از بین‌رفتن ریشهٔ درختان به عنوان مسلح‌کننده خاک باشد، در واقع احتمال وقوع ناپایداری دامنه و ایجاد فرسایش با از بین‌رفتن پوشش‌گیاهی افزایش خواهد یافت. مسلح‌سازی خاک به‌دلیل تفاوت کارکرد ریشه و خاک در مقابل تنش‌های فشاری و کششی اتفاق می‌افتد (Greenway, 1987). خاک در برابر فشار مقاوم است، ولی در برابر کشش ضعیف است. برخلاف خاک، ریشه در برابر فشار ضعیف و در برابر کشش قوی است (Pollen, 2007). بنابراین وجود ریشه در خاک ماتریس مسلح‌شده را تشکیل‌می‌دهد که در طی بارگذاری خاک، تنش به ریشه‌ها منتقل می‌شود (Thorne, 1990). عوامل مختلفی از جمله تراکم و مقاومت‌کششی ریشه‌ها، می‌توانند میزان مسلح‌سازی ریشه‌ها را تحت تأثیر قرار دهند (Greenway, 1987). پوشش‌گیاهی با افزایش چسبندگی ذرات خاک به‌طور معنی‌داری سبب پایداری شیب و تثبیت دامنه‌ها در برابر ناپایداری‌های سطحی می‌شود (De Baets *et al*., 2007). از آنجا که افزایش چسبندگی ذرات خاک، حاصل عملکرد ریشهٔ گیاهان

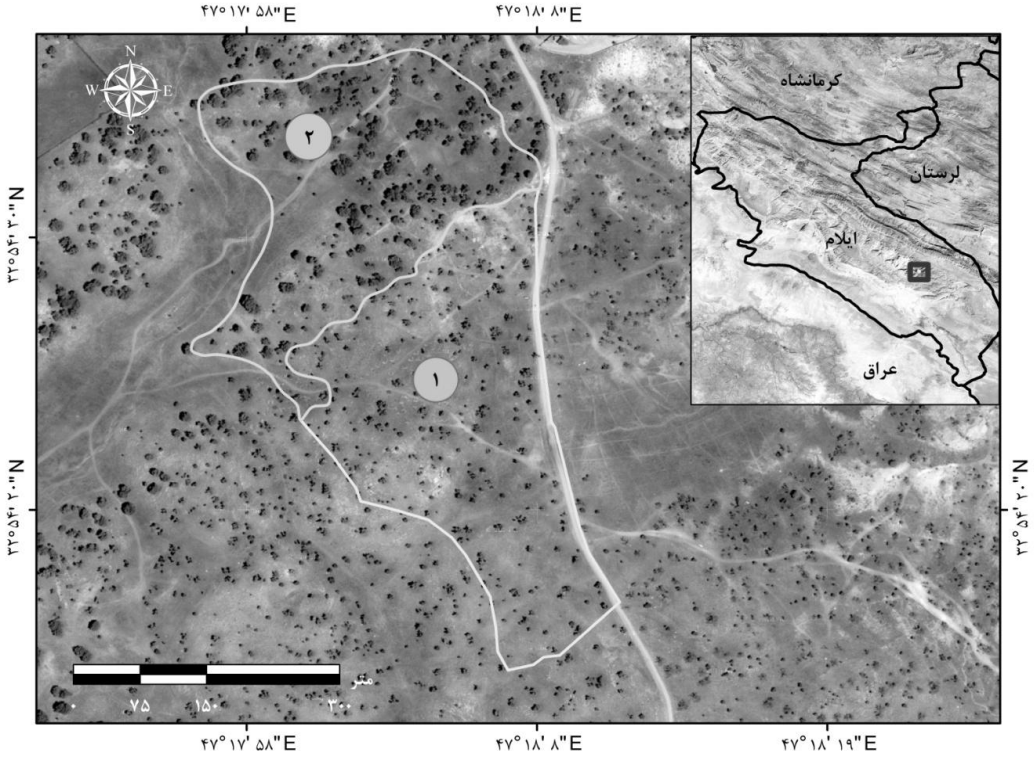
است، در سال های اخیر به اهمیت سیستم ریشه‌ای گیاهان برای پایداری شیب توجه زیادی شده است (De Baets *et al.*, 2007). بنابراین هر عامل یا عملیات مؤثر بر سیستم ریشه می‌تواند سبب تأثیر در میزان پایداری و در نتیجه نرخ فرسایش خاک شود. به دلیل خشکسالی‌های اخیر و خشکیدگی و مرگ درختان بلوط در زاگرس، طی طرحی برای مقابله با خشکیدگی درختان بلوط عملیات پرورشی شامل سرشاخه زنی پایه‌های بلوط انجام گرفت (سازمان جنگل‌ها، مراتع و آبخیزداری، ۱۳۹۱). در برخی منابع به احتمال تأثیر سرشاخه‌زنی بر سیستم ریشه‌ای اشاره شده است (Morgan and Rickson, 1995)، با وجود این گزارشی علمی از بررسی تأثیر سرشاخه‌زنی بر مقاومت‌کششی ریشه وجود ندارد با توجه به اهمیت جنگل‌های بلوط غرب در حفاظت از منابع آب و خاک و نیز نقش سیستم ریشه در کنترل فرسایش، بهبود چسبندگی خاک و بهبود پایداری، بررسی تأثیر این سرشاخه‌زنی‌ها بر مقاومت‌کششی ضرورت دارد.

بنابراین هدف این پژوهش بررسی تأثیر سزشاخه‌زنی بر مقاومت کششی ریشه‌های درخت بلوط ایرانی است و فرضیهٔ پژوهش نیز این است که سرشاخه‌زنی تأثیر معنی‌داری بر مقاومت کششی ریشه دارد.

مواد و روش‌ها

منطقهٔ تحقیق

این پژوهش در جنگل دینارکوه شهرستان آبدانان در استان ایلام انجام گرفت. مساحت جنگل‌های شهرستان بالغ بر ۲۹۰۰ هکتار است. این جنگل در ناحیه‌ای کوهستانی با دامنهٔ ارتفاعی ۶۹۶ متر تا ۱۹۲۹ متر از سطح دریا و دامنه شیب صفر تا ۸۰ درصد واقع شده است. منطقهٔ نمونه‌برداری درطول جغرافیایی ″۱۲ ′۱۸ °۴۷ تا ″۵۵ ′۱۷ °۴۷ و عرض جغرافیایی ″۳۷ ′۵۴ °۳۲ تا ″۱۴ ′۵۴ °۳۲، در دامنه ارتفاعی حدود ۱۹۰۰ متر از سطح دریا و شیب متوسط ۲۰ درصد قرار گرفته است (شکل ۱).



شکل ۱- منطقهٔ تحقیق (۱: منطقه سرشاخه‌زنی شده ۲: منطقهٔ شاهد)

اقلیم از نظر ویژگی‌های اقلیمی و آب‌وهوایی، نیمه‌خشک بوده و بارندگی سالیانهٔ آن به‌طور متوسط ۳۲۳ میلی‌متر است. مهم‌ترین گونه‌های جنگلی این منطقه شامل بلوط ایرانی، بنه، کیکم، ارژن، زالزالک، بادام کوهی و انجیر کوهی است (مظفریان، ۱۳۸۷) که گوهٔ غالب، بلوط ایرانی[1] است. خاک منطقه، از نوع (MH) در کلاسه یونیفاید و مقادیر (C) و (φ) با دانسیتهٔ طبیعی به‌ترتیب ۱/۴۷ کیلوپاسکال و ۱۷/۲۱ درجه و حد روانی و خمیری خاک به‌ترتیب ۵۴ و ۴۲ درصد است.

شیوهٔ اجرای پژوهش

ابتدا دامنه‌ای به نسبت یکنواخت از نظر ارتفاع، شیب (کمتر از ۱۰ درصد) و جهت و با مساحت حدود ۲۰ هکتار تعیین شد. سپس پنج پایهٔ تیپیک از گونهٔ بلوط ایرانی سرشاخه‌زنی‌شده (پلی‌گون شمارهٔ ۱ شکل ۱) و پنج پایه شاهد (پلی‌گون شمارهٔ ۲ شکل ۱) به‌طور تصادفی از میان درختان این دامنه انتخاب شدند. منظور از تیپیک نبود خمیدگی، انحراف یا شکستگی در تنه و تاج است. سپس از هر پایهٔ درختی تعدادی نمونهٔ ریشه از عمق ۳۰ حدود سانتی‌متر جمع‌آوری شد (Abdi *et al.*, 2010). برای جلوگیری از تأثیر منفی پوسیدگی، بین مراحل جمع‌آوری ریشه‌ها و اجرای آزمایش حداکثر دو روز اختلاف زمانی منظور شد. تیماری که به‌عنوان آماده‌سازی و نگهداری نمونه‌ها استفاده شد، شامل شست‌وشو و قرار دادن آنها درکیسه‌های پلاستیکی و مرطوب کردن با محلول آب و الکل ۱۵ درصد بود (Bischetti *et al.*, Mattia *et al.*, 2005;2005). De Baets (2007) و Mattia *et al* (2005) بیان کردند که استفاده از الکل ۱۵درصد، تأثیری بر مقاومت کششی ریشه ندارد و از پوسیدگی قارچی ریشه نیز جلوگیری می‌کند؛ به همین دلیل در این پژوهش نیز از این تیمار استفاده شد. البته برخلاف منابع دیگر، برای جلوگیری از تغییرات رطوبت طبیعی به‌جای غوطه‌وری تنها از الکل ۱۵ درصد برای تثبیت نمونه‌ها استفاده شد. در آزمایشگاه نمونه‌هایی به طول حدود ۱۵ سانتی‌متر به‌صورت تصادفی و با درنظر داشتن دامنهٔ قطری قابل آزمایش انتخاب، با سیم‌چین تیز جدا شدند. مقاومت کششی ریشه با استفاده از یک دستگاه اینسترون استاندارد (مدل ۴۴۸۶ ساخت انگلستان) اندازه‌گیری شد (شکل ۲).

شکل ۲- شمای کلی دستگاه اینسترون استاندارد مورد استفاده و یک آزمایش موفق

از آنجا که در اجرای آزمایش مقاومت کششی در بیشتر منابع از سرعت ۱۰ میلی‌متر بر دقیقه برای تعیین مقاومت کششی (Mattia *et al.*, 2005; Bischetti *et al.*, 2005; Pollen, 2007; Abdi *et al.*, 2010) ریشه استفاده شده است، در این پژوهش نیز این سرعت انتخاب شد. دامنهٔ قطری مورد بررسی در این دسته از پژوهش‌ها وابسته به ابعاد فک دستگاه اینسترون است. در این پژوهش با توجه به قابلیت دستگاه مورد استفاده دامنهٔ قطری ۵/۵-۰/۹ میلی‌متر (قطر با پوست) بررسی شد و ۱۵۰ آزمایش موفق انجام گرفت. شایان ذکر است نمونه‌هایی که

[1] *Quercus persica*

گسیختگی از محل نزدیک فک‌ها رخ می‌داد نامعتبر بود و داده‌های آنها حذف شد. با تقسیم نیروی گسیختگی بر سطح مقطع، مقاومت کششی محاسبه و رابطهٔ قطر- مقاومت کششی بررسی شد. ارتباط مقاومت کششی و قطر با استفاده از رابطهٔ ۱ نشان داده شد (Gary and Sotir, 1996; Tosi, 2007).

$$TR= \alpha D^{\beta}$$ رابطهٔ ۱

که در آن TR مقاومت کششی برحسب مگاپاسکال، D قطر ریشه به میلی‌متر و α و β ضرایب تجربی معادله‌اند. برای آنالیز داده‌ها از نرم‌افزار SPSS 22 و برای بررسی نرمال بودن داده‌ها از آزمون کولموگروف-اسمیرنوف استفاده شد. به دلیل نرمال نبودن داده‌ها و وجود اثر کوواریت قوی (قطر ریشه) از مدل خطی تعمیم‌یافته[1] و آزمون والد-کای‌سکوئر[2] برای مقایسهٔ تأثیر سرشاخه زنی بر مقاومت کششی با در نظرگرفتن اثر کوواریت (قطر ریشه) استفاده شد.

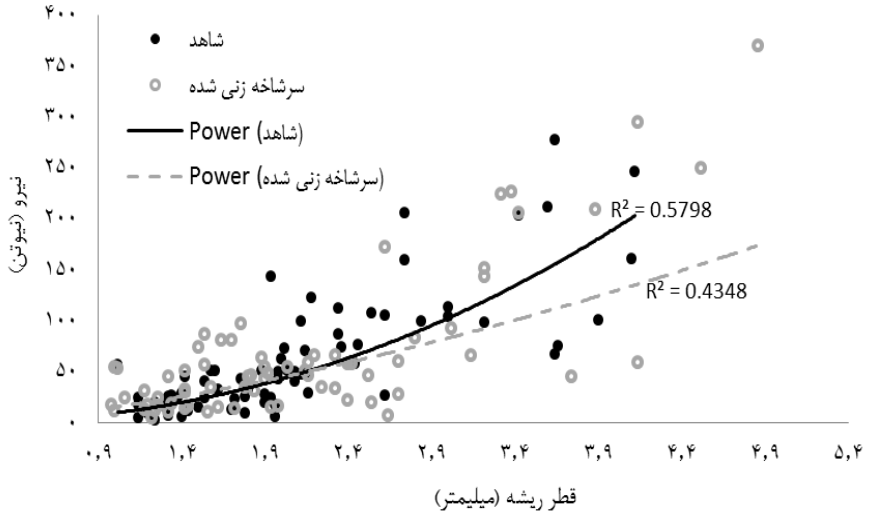
نتایج

آمار توصیفی مربوط به نیروی کششی نمونه‌های مربوط به دو تیمار در جدول ۱ آورده شده است.

با توجه به نتایج، با افزایش قطر ریشه، نیروی لازم برای گسیختن ریشه به‌صورت توانی افزایش می‌یابد (شکل ۳).

جدول ۱- آمار توصیفی مربوط به نیروی کششی در پایه‌های سرشاخه‌زنی‌شده و شاهد

تیمار		انحراف معیار	میانگین	بیشینه	کمینه
سرشاخه‌زنی شده	قطر (میلی‌متر)	۰/۹۰	۱/۹	۴/۸۶	۰/۹۸
	نیرو (نیوتون)	۸۵/۲۸	۴۶/۴	۳۷۴/۵	۴/۶
شاهد	قطر (میلی‌متر)	۰/۷۷	۱/۹۵	۴/۱۲	۱/۰۲
	نیرو (نیوتون)	۵۹/۰۷	۴۴	۲۷۷/۹	۳



شکل ۳- رابطه قطر ریشه و نیروی لازم برای گسیختن ریشه در دو تیمار سرشاخه‌زنی‌شده و شاهد

[1] Generalized linear model
[2] Wald Chi-Square

نتایج نشان داد که ضریب تبیین هر دو منحنی توانی از نظر آماری معنی‌دار است؛ بنابراین رابطهٔ بین قطر ریشه و نیروی کششی به‌خوبی از رابطهٔ توانی پیروی می‌کند (جدول ۲).

جدول ۲- ضریب تبیین و مقدار p مربوط به معادلهٔ توانی نیروی کششی تیمارهای سرشاخه‌زنی‌شده و شاهد

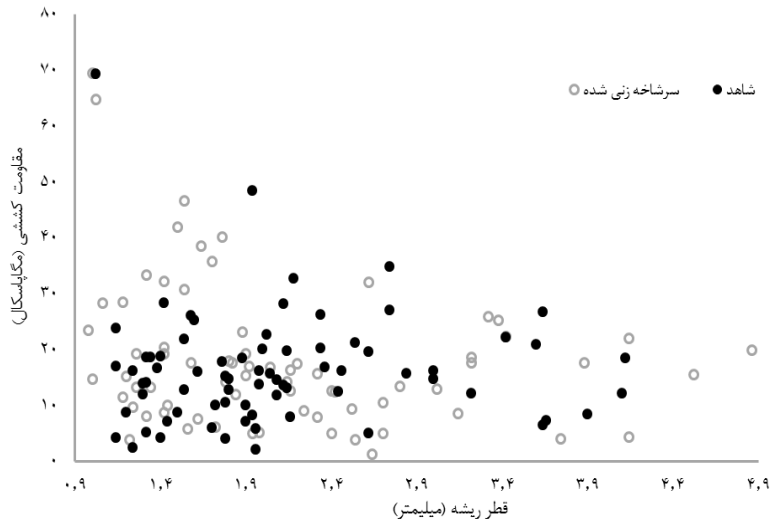
تیمار	R Square	*p* value
سرشاخه‌زنی‌شده	۰/۴۳۴	۰/۰۰۱
شاهد	۰/۵۷۹	۰/۰۰۱

با تقسیم نیروی گسیختگی بر سطح مقطع ریشه مقاومت کششی محاسبه شد. آمار توصیفی مربوط به داده‌های مقاومت کششی در جدول ۳ آورده شده است.

جدول ۳- آمار توصیفی مربوط به مقاومت کششی در پایه‌های سرشاخه‌زنی‌شده و شاهد

تیمار		انحراف معیار	میانگین	بیشینه	کمینه
سرشاخه‌زنی‌شده	قطر (میلی‌متر)	۰/۹۰	۱/۹	۴/۸۶	۰/۹۸
	مقاومت کششی (مگاپاسکال)	۲۷/۰۶	۱۵/۷۶	۲۱۷/۸۰	۱/۲۲
شاهد	قطر (میلی‌متر)	۰/۷۷	۱/۹۵	۴/۱۲	۱/۰۲
	مقاومت کششی (مگاپاسکال)	۱۰/۳۲	۱۵/۴۶	۶۹/۳۰	۲/۱۲

نتایج نشان داد که ضریب تبیین هر دو منحنی از نظر آماری معنی‌دار نیست ($p>0/05$) و بنابراین رابطهٔ قطر ریشه و مقاومت کششی از تابع توانی پیروی نمی‌کند (شکل ۴). بنابراین در شکل ۴ منحنی توانی به داده‌ها برازش داده نشده است.



شکل ۴- رابطهٔ قطر و مقاومت کششی (مگاپاسکال) ریشه در دو تیمار سرشاخه‌زنی‌شده و شاهد

نتایج آزمون والد-کااسکوئر نشان‌داد تفاوت میانگین مربوط به دو تیمار درختان سرشاخه زنی‌شده و شاهد معنی‌دار نبود، ولی عامل کوواریت (قطر ریشه) معنی‌دار بود (جدول ۴).

جدول ۴- نتایج آزمون والد کااسکوئر

	Wald Chi-Square	Df	Sig.
کوواریت (قطر)	۱۱۹۹/۰۷۲	۱	۰/۰۰۱
تیمار	۰/۷۲۱	۱	۰/۳۹۶

بحث

افزایش مقاومت برشی خاک در اثر وجود ریشه‌ها، تا حدود زیادی به مقاومت کششی آنها بستگی دارد. تعیین مقاومت کششی ریشه اطلاعات لازم برای رابطهٔ ریشه- خاک را فراهم می‌کند. از آنجا که پوشش‌گیاهی از راه افزایش چسبندگی ذرات خاک سبب پایداری شیب می‌شود (De Baets *et al.*, 2007)، هرگونه عامل یا عملیات مؤثر بر سیستم، می تواند سبب تأثیر بر میزان پایداری و نرخ فرسایش خاک شود. Genet *et al.* (2005) عملکرد ریشه‌های بالا و پایین شیب را به‌دلیل تفاوت ماهیت تنش های مکانیکی متفاوت دانسته، به همین دلیل در این پژوهش نمونه‌ها در سطوح مسطح انتخاب شد تا عامل شیب بر نتایج تأثیری نگذارد. Tosi (2007) رابطه قطر و نیروی گسیختگی را تابع چندجمله‌ای درجه دو و Docker and Hubble (2008)به صورت تابع توانی مثبت گزارش کردند. در پژوهش حاضر نیز رابطه قطر و نیروی گسیختگی به‌صورت تابع توانی مثبت مشاهده شده است. نتایج این پژوهش نشان داد که با افزایش قطر، نیروهای لازم برای گسیختن ریشه به‌صورت توانی افزایش می‌یابد. در این پژوهش رابطهٔ معنی‌دار توانی بین قطر ریشه و مقاومت کششی دیده نشد که برخلاف نتایج اکثر پژوهش‌های انجام گرفته است. اگرچه در منابع موجود دلیلی برای توجیه این پدیده یافت نشد، احتمال تأثیر خشکسالی‌ها، تخریب‌ها و فرسایش بر ویژگی‌های مقاومت ریشه وجود دارد. البته مطالعات تکمیلی برای یافتن قطعی جواب این پرسش ضروری است. نتایج کاظمی و همکاران (۱۳۹۳) نشان داد که رابطهٔ توانی بین قطر ریشهٔ بلوط ایرانی و مقاومت کششی در فصل تابستان وجود نداشت، ولی در مورد فصل زمستان این رابطه معنی‌دار بود. این نتیجه تا حدودی می‌تواند فرضیهٔ مطرح‌شده در مورد تأثیر خشکی را تأیید کند. شایان ذکر است تاکنون مطالعه‌ای دربارهٔ اثرهای سرشاخه‌زنی بر مقاومت کششی انجام نگرفته است، بنابراین امکان مقایسه با پژوهش های مشابه وجود ندارد. در این مطالعه نتایج تجزیه‌وتحلیل داده‌ها نشان داد تفاوت میانگین‌های بین دو تیمار سرشاخه‌زنی‌شده و شاهد معنی‌دار نشد، ولی قطر ریشه به‌عنوان عامل کوواریت معنی‌دار بود. میانگین مقاومت کششی ریشهٔ به‌دست‌آمده برای درختان سرشاخه‌زنی‌شده ۱۵/۷۶ مگاپاسکال و برای درختان شاهد ۱۵/۴۶ مگاپاسکال بود. بنابراین با توجه به نتایج به دست آمده از آزمون والد کااسکوئر می‌توان گفت حداقل یک بار سرشاخه‌زنی تأثیر منفی یا مثبت معنی‌دار بر مقاومت کششی ریشهٔ بلوط ایرانی نداشت و ویژگی‌های مکانیکی ریشه را تحت تأثیر قرار نداد. البته این نتیجه می‌تواند به این دلیل باشد که درختان منطقهٔ تحقیق سه سال پیش سرشاخه‌زنی شد بودند و ممکن است این مدت زمان برای بروز اثر سرشاخه‌زنی بر سیستم

ریشه و مقاومت‌کششی کافی نباشد یا در مدت سه سال مجدداً ترمیم صورت گرفته باشد. چون از زمان آغاز طرح گلازنی سازمان منابع طبیعی در این استان سه سال می‌گذرد منطقه‌ای مناسب‌تر برای مطالعه وجود نداشت. از آنجا که سابقهٔ این نوع سرشاخه‌زنی مدیریت‌شده به‌منظور کنترل خشکیدگی بلوط طولانی و مکرر نیست، پیشنهاد می‌شود تأثیر گلازنی بر ویژگی‌های مکانیکی ریشه بررسی شود.

منابع

کاظمی، مرضیه، احسان عبدی، باریس جنونیان و حامد یوسف‌زاده، ۱۳۹۳. تأثیر فصل بر مقاومت ریشهٔ درخت بلوط ایرانی، مجلهٔ جنگل ایران، ۶ (۴): ۴۴۴-۴۳۵.

سازمان جنگل‌ها، مراتع و آبخیزداری کشور، ۱۳۹۱. دستورالعمل مدیریت پایدار جنگل دراکوسیستم‌های جنگلی زاگرس به‌منظور پیشگیری و کنترل خشکیدگی بلوط، ۶۰ ص.

طاهونی، شاپور، ۱۳۷۲. اصول مهندسی ژئوتکنیک، انتشارات پارس‌آئین، تهران، ۸۳۱ ص.

عبدی، احسان، باریس مجنونیان، حسن رحیمی، محمود زبیری و قاسم حبیبی بی‌بالانی، ۱۳۸۹. بررسی ویژگی‌های زیست فنی گونه انجیلی به‌منظور بهره‌گیری در زیست مهندسی، بررسی موردی: بخش پاتم، جنگل خیرود، نشریهٔ محیط زیست طبیعی، ۶۳ (۱): ۵۳- ۶۱.

عبدی، احسان، باریس مجنونیان، حسن رحیمی، محمود زبیری و قاسم حبیبی بی‌بالانی، ۱۳۹۰. بررسی تنوع درون‌گونه‌ای مقاومت‌کششی ریشه به‌عنوان مصالح بوم مهندسی، مطالعهٔ موردی: بخش پاتم، جنگل خیرود، نشریهٔ محیط زیست طبیعی، مجله منابع طبیعی ایران، ۶۴ (۲): ۱۳۷- ۱۴۴.

مظفریان، ولی اله، ۱۳۸۷. فلور استان ایلام، انتشارات فرهنگ معاصر، تهران، ۶۸۷ ص.

Abdi, E., B. Majnounian, H. Rahimi, and M. Genet, 2010. Quantifying the effects of root reinforcement of Persian Ironwood (*Parrotia persica*) on slope stability; a case study: hillslope of Hyrcanian forests, northern Iran, *Ecological Engineering*, 36(10):1409-1416.

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), *Plant and Soil*, 278(1):11-22.

De Baets, S., J. Poeson, B. Reubens, K. Wemans, J. De Baerdemaeker, and B. Muys, 2007. Root tensile strength and root distribution of typical Mediterranean plant species and their contribution to soil shear strength, *Plant and Soil*, 305(8): 207-226.

Docker, B.B., and T.C.T. Hubble, 2008. Quantifying root-reinforcement of river bank soils by four Australian tree species, *Geomorphology*, 100(4): 401-418.

Genet, M., A. Stokes, F. Salin, S. B. Mickovski, T. Fourcaud, J. F. Dumail, and R. VanBeek, 2005. The influence of cellulose content on tensile strength in tree roots, *Plant and Soil*, 258(1): 1-9.

Gray, D.H., and R.D. Sotir, 1996. Biotechnical and Soil Bioengineering Slope Stabilization. John Wiley and Sons, Ltd, New York, 369 pp.

Greenway, D.R, 1987. Vegetation and slope stability. In: Slope stability: geotechnical engineering and geomorphology, edited by Anderson, M.G., and K.S., Richards, John Wiley and Sons Ltd. New York, 187-230.

Mattia, C., G.B. Bischetti, and F. Gentile, 2005. Biotechnical characteristics of root system of typical Mediterranean species, *Plant and Soil*, 278(1): 23-32.

Morgan, R.P., and R. J. Rickson, 1995. Slope stabilization and erosion control: A bioengineering approach. Chapman and Hall University Press, Cambridge. 288 pp.

Nyambane, O.S., and S.K. Mwea, 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.

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.

Thorne, C.R., 1990. Effects of vegetation on riverbank erosion and stability, In: Vegetation and Erosion, edited by Thornes J.B, John Wiley and Sons Ltd, Chichester, UK, 125-144.

Tosi, M., 2007. Root tensile strength relationships and their slope stability implications of three shrub species in Northern Apennines (Italy), *Geomorphology*, 87(4):268-283.

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

Watson, A.J., and M. Marden, 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.

Wolfe, M.D., and J.W. Williams, 1986. Rates of landsliding as impacted by timber management activities in northwestern California, *Bulletin of the Association of Engineering Geologists*, 23(1), 53-60.

The effect of pollarding on tensile strength of Persian oak (Case Study: Dinarkooh, Ilam)

A. Mohamadrad[1], E. Abdi[2*], B. Majnounian[3], and H. Yousefzadeh[4]

[1] M.Sc. of Forest Engineering, Faculty of Natural Resources, University of Tehran, I. R. Iran
[2] Associate Prof., Faculty of Natural Resources, University of Tehran, I. R. Iran
[3] Prof., Faculty of Natural Resources, University of Tehran, I. R. Iran
[4] Assistant Prof., Faculty of Natural Resources, Tarbiat Modares University, I. R. Iran

(Received: 16 March 2015, Accepted: 23 January 2016)

Abstract

Previous studies have shown that vegetation enhances the soil shear strength and the stability of slopes through soil reinforcing. The amount of reinforcement mainly depends on the density and tensile strength of the root. The objective of this study was to assess the impact of pollarding on tensile strength of *Quercus persica* roots. For this purpose, five treatment and five control tree samples were randomly selected. Some root specimens for each tree were collected and tensile strength was measured by a standard Instron. 150 successful tensile tests were conducted on roots with diameter ranging from 0.9 to 5.5 mm, force range of 3-374.5 N and tensile strength range of 1.22-217.80 MPa. The relationship between root diameter and force was following a positive power one but the power relationship between the root diameter and tensile strength was not statistically significant. The results of Wald Chi square test showed there was no significant difference between the tensile strength of treatment and control sample trees, although the root diameter (as covariate) had a significant effect on tensile strength. It can be concluded that no significant differences may relate to short history of pollarding (3 years) in the study area, and therefore it is suggested to assess the stands with longer history of pollarding.

Keyword: Persian oak, Standard Instron, Tensile force, Tensile strength

[*]Corresponding author Tel: +982632223044 Email: abdie@ut.ac.ir