

تأثیر فصل بر مقاومت ریشه درخت بلوط ایرانی (مطالعه موردی: منطقه تبرک، حوضه بازفت)

مرضیه کاظمی^۱، احسان عبدی^{۲*}، باریس مجنونیان^۳ و حامد یوسف‌زاده^۴

^۱ دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی جنگل، دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران

^۲ استادیار گروه جنگلداری و اقتصاد جنگل، دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران

^۳ استاد گروه جنگلداری و اقتصاد جنگل، دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران

^۴ استادیار گروه جنگلداری دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تربیت مدرس

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۳/۳/۱۸؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۳/۹/۵)

چکیده

گیاهان به‌عنوان مصالح زیستی علاوه بر داشتن قابلیت خودتجدیدی و خودترمیمی، فاقد تأثیرات منفی بر محیط‌زیست هستند. پوشش گیاهی در عرصه‌های شیب‌دار در فرایند فرسایش خاک و کنترل آن نقش مهمی دارد و سبب افزایش چسبندگی و بهبود پایداری خاک می‌شود. تأثیر گیاهان بر افزایش پایداری دامنه‌ها و آثار هیدرولوژیکی آنها تا حد زیادی وابسته به مقاومت کششی ریشه است و تغییرات مقاومت ریشه می‌تواند سبب تغییر تأثیر پوشش گیاهی در پایداری شود. هدف از این مطالعه، بررسی مقاومت کششی ریشه بلوط ایرانی و مقایسه مقادیر آن در دو فصل خزان و رویش است. به این منظور، دامنه‌ای نسبتاً یکنواخت انتخاب و نمونه‌های ریشه از ۵ پایه گونه بلوط به‌طور تصادفی جمع‌آوری و مقاومت کششی آنها با استفاده از دستگاه اینسترون استاندارد اندازه‌گیری شد. ۲۲۴ آزمایش کشش موفق اجرا شد که دامنه قطری ریشه‌های مورد آزمایش ۰/۱ تا ۵/۳۸ میلی‌متر، دامنه نیروی کشش ۱/۳ تا ۴۱۱/۳ نیوتن و دامنه مقاومت کششی ۰/۹۳ تا ۳۵۰۳/۸۵ مگاپاسکال بود. رابطه قطر ریشه و نیروی کششی توانی مثبت و رابطه قطر و مقاومت کششی توانی منفی مشاهده شد. نتایج آزمون والد نشان داد که تفاوت مقاومت-کششی در دو فصل معنی‌دار و مقاومت در فصل زمستان نسبت به تابستان بیشتر بود. قطر ریشه نیز به‌عنوان عامل کوواریت تأثیر معنی‌داری بر مقاومت کششی داشت. این پدیده می‌تواند نوعی سازوکار سازگاری سیستم ریشه در برابر افزایش تنش‌ها در خاک به‌دلیل کاهش نقش رویه زمینی و نیز افزایش رطوبت خاک باشد.

واژه‌های کلیدی: اینسترون، پایداری شیب، تأثیر فصل، مقاومت کششی، نیروی کششی.

مقدمه و هدف

در سال‌های اخیر در برخی سازه‌ها از گیاهان به‌عنوان نوعی مصالح زیستی که علاوه بر داشتن قابلیت خود تجدیدی و خودترمیمی، برخلاف مصالح بیجان و مصنوعی، فاقد آثار منفی بر محیط زیست هستند، استفاده می‌شود. استفاده از گیاهان به‌منظور پایدارسازی شیب و کنترل فرسایش، زیست‌مهندسی نامیده می‌شود (Barker, 1995). پوشش گیاهی در عرصه‌های شیب‌دار در فرایند فرسایش خاک و جلوگیری از آن نقش مهمی دارد و سبب بهبود پایداری دامنه‌های شیب‌دار می‌شود. پوشش گیاهی از راه افزایش چسبندگی ذرات خاک به‌طور معنی‌داری سبب پایداری شیب (De Baets *et al.*, 2007) و تثبیت دامنه‌ها در برابر لغزش‌های سطحی می‌شود. از آنجا که تاثیر در افزایش چسبندگی حاصل عملکرد ریشه گیاهان است، در سال‌های اخیر به اهمیت سیستم ریشه‌ای گیاه برای پایداری شیب توجه زیادی شده است (Bischetti *et al.*, 2005). تا مدت‌ها تأثیر پوشش گیاهی برای کنترل و کاهش فرسایش آبی در بیشتر موارد به زی‌توده روی زمین ارتباط داده می‌شد، در صورتی که نقش زی‌توده زیرین (سیستم ریشه‌ای) اغلب نادیده گرفته می‌شد. گزارش شده که گاهی رویه زمینی به‌طور موقت در محیط‌های کم‌آب خشک می‌شود و نقش حفاظتی خود را از دست می‌دهد، ولی ریشه‌ها در زیر زمین هنوز نقش مهمی در حفاظت خاک در مقابل فرسایش دارند (De Baets *et al.*, 2007). همچنین در جنگل‌های خزان‌کننده در فصل خزان، کارکردهای زیست-مهندسی رویه زمین تا حد زیادی متوقف می‌شود (مانند باران‌ریایی و تبخیر و تعرق)، در حالی که سیستم ریشه‌ای هنوز نقش خود را ایفا می‌کند. پوشش گیاهی نقش مهمی در چرخه هیدرولوژیک آب از طریق جذب بارش (باران‌ریایی)، توزیع مکانی و زمانی بارش، کاهش سرعت برخورد قطرات باران بر

سطح زمین (فرسایش پاشماني)، تبخیر و تعرق، کاهش رواناب و افزایش نفوذ آن ایفا می‌کند که اهمیت فوق‌العاده‌ای در حفاظت آب و خاک دارد (صادقی و یثربی، ۱۳۸۷؛ Wang and Zang, 2001). این تأثیر پوشش گیاهی در فصل رویش (بهار و تابستان) است و تأثیرات هیدرولوژیک گیاهان عموماً با خزان به‌علت نبود تاج‌پوشش و کم شدن باران‌ریایی و خواب زمستانی کاهش می‌یابد و مقداری از تأثیر مثبت گیاه کاسته می‌شود. با وجود این در برخی موارد گزارش‌هایی کیفی از افزایش دیگر تأثیرات مثبت در فصل خزان مانند افزایش مقاومت کششی ریشه شده است (Coppin and Richards, 1990). تأثیر گیاهان بر افزایش پایداری دامنه‌ها و اثر هیدرولوژیک آنها تا حد زیادی به مقاومت کششی ریشه وابسته است و تعیین مقاومت کششی ریشه، اطلاعات مورد نیاز در تحلیل نقش ریشه در خاک را فراهم می‌سازد (عبدی و همکاران، ۱۳۹۰). همچنین تعیین مقاومت کششی ریشه، اطلاعات مورد نیاز در تحلیل رابطه ریشه- خاک را فراهم می‌کند. ریشه‌های گیاهان با جذب رطوبت از خاک سبب کاهش آب منفذی می‌شوند و با پیوند دادن ذرات خاک سطحی، حساسیت خاک به فرسایش را کاهش می‌دهند. مقاومت ریشه تابعی از ترکیبات ریشه، اختلاف بین خواص ریشه‌ها و خاک، و توزیع ریشه‌های 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). حداکثر نیروی لازم برای گسیختن ریشه، مقاومت آن در نظر گرفته می‌شود و با افزایش قطر، نیروهای لازم برای گسیختن ریشه نیز به‌صورت توانی افزایش می‌یابند (Tosi, 2007). با تقسیم نیرو بر سطح مقطع ریشه، مقاومت کششی آن به‌دست می‌آید (Watson and Warden, 2004). تغییرپذیری مقاومت کششی ریشه در پژوهش‌های گذشته بررسی شده و مشخص شده که به‌گونه،

گرفت. حوضه بازفت یکی از زیرحوضه‌های کارون است که مساحت آن بالغ بر ۲۲۳۳ کیلومتر مربع است. این حوضه منطقه‌ای کوهستانی با کوه‌های مرتفع و کشیده است که ارتفاع نقاط آن از ۸۴۰ متر تا ۴۴۲۰ متر متغیر بوده و میانگین ارتفاع آن ۲۱۵۶ متر و شیب آن بین ۲۵ تا ۷۵ درصد است. تبرک (منطقه نمونه‌برداری) در موقعیت جغرافیایی ۳۵۶۱۷۶۷ و ۴۰۷۸۵۳ UTM سیستم با ارتفاع ۱۵۵۸ متر از سطح دریا تا ۴۰۸۲۰۷ و ۳۵۵۸۵۰۲ با ارتفاع ۱۷۴۹ متر از سطح دریا قرار دارد و شیب منطقه بین ۴۰ تا ۵۵ درصد است. از نظر ویژگی‌های اقلیمی و آب‌وهوایی، اقلیم نیمه‌مرطوب کمی سرد با تابستان‌های خشک دارد و بارندگی به‌طور متوسط ۹۰۰ میلی‌متر است. حدود ۸/۶ درصد از مساحت این استان را جنگل پوشانده است؛ یعنی در حدود ۳۰۷ هزار هکتار جنگل در این استان وجود دارد. مهم‌ترین گونه‌های جنگلی این استان شامل بلوط، بنه، بادام، ارژن، نارون، افرا، کیکم، زالزالک، داغداغان، گلابی وحشی، پلاخور و زبان گنحشک است (طاهری، ۱۳۸۹) که گونه غالب بلوط ایرانی است. خاک منطقه تحقیق از نوع CL در کلاسه یونیفاید و مقادیر C و ϕ به ترتیب ۱/۴۷ کیلو نیوتن و ۱۷/۲۱ درجه است. حد روانی و خمیری خاک به ترتیب ۲۸ و ۱۸/۱۹ درصد می‌باشد.

روش پژوهش

ابتدا دامنه‌ای به نسبت یکنواخت از نظر شیب و جهت انتخاب شد (جهت دامنه جنوب غربی). پنج پایه از گونه بلوط ایرانی به طور تصادفی انتخاب و از هر پایه درختی ۳۰ نمونه ریشه با حفر خاک (بالا و پایین شیب) جمع‌آوری شد. برای در نظر گرفتن تأثیر فصل نمونه‌ها در مرداد و اسفند (نمونه‌برداری تابستانه و زمستانه) از عمق ۳۰ سانتی‌متری جمع‌آوری شدند. برای جلوگیری از تأثیر منفی پوسیدگی، بین مراحل جمع‌آوری ریشه‌ها و اجرای آزمایش حداکثر یک تا دو

شرایط رویشگاه، شرایط محیطی و قطر ریشه وابسته است (Gary and Sotir, 1996). در منابع محدودی فصل نیز به‌عنوان فاکتور تأثیرگذار در مقاومت‌کششی مطرح شده است و ریشه‌ها در زمستان نسبت به تابستان قوی‌تر گزارش شده‌اند (Coppin and Richards, 1990). به‌طور کلی تغییرات مقاومت‌کششی را می‌توان توسط قطر ریشه به‌خوبی نشان داد، 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 رابطه معنی‌داری بین قطر و مقاومت‌کششی وجود دارد و رابطه مقاومت‌کششی-قطر ریشه، وابسته به نوع گونه گیاهی است. عبدی و همکاران (۱۳۸۹) نیز نشان دادند در گونه‌های شمال ایران مقاومت‌کششی ریشه‌ها با افزایش قطر به صورت تابع توانی کاهش می‌یابد. البته در زمینه تأثیر فصل بر مقاومت‌کششی تاکنون تحقیقی در ایران صورت نگرفته است. با توجه به مطالب ذکر شده و از آنجا که بیشتر جنگل‌های ایران جزء جنگل‌های خزان‌کننده‌اند، ممکن است تغییرات فصلی مقاومت‌کششی در گونه‌های ایران نیز وجود داشته باشد. با توجه به اهمیت جنگل‌های بلوط غرب در تولید آب و نیز نقش سیستم ریشه در کنترل فرسایش، بهبود چسبندگی خاک و بهبود پایداری، بررسی تغییرات فصلی مقاومت‌کششی می‌تواند یک اولویت باشد. با بررسی مقاومت‌کششی و مقایسه تغییرات احتمالی این پارامتر در دو فصل مختلف (فصل رویشی و خزان) می‌توان این داده‌ها را در مدل‌های مسلح‌سازی وارد کرد و تغییرات فصلی مسلح‌سازی خاک توسط ریشه را نشان داد.

مواد و روش‌ها

منطقه تحقیق

این پژوهش در استان چهارمحال و بختیاری، در اطراف روستای تبرک از حوضه آبخیز بازفت انجام

نتایج

آزمایش کشش بر روی ۲۲۴ نمونه با موفقیت اجرا شد. آمار توصیفی مربوط به داده نیروی کششی در جدول ۱ آورده شده است.

با توجه به نتایج به دست آمده با افزایش قطر ریشه، نیروی لازم برای گسیختن ریشه به صورت توانی افزایش می یابد. رابطه نیروی کششی و قطر ریشه مربوط به دو فصل در شکل ۱ و اطلاعات مربوط به ضرایب مدل توانی در جدول ۲ آورده شده است.

با تقسیم نیروی گسیختگی بر سطح مقطع ریشه مقاومت کششی محاسبه شد. آمار توصیفی مربوط به داده های مقاومت کششی در جدول ۳ آورده شده است. ریشه های با قطر بسیار کم نیز آزمایش شدند، در نتیجه همان طور که در جدول آمده بیشینه مقاومت کششی بسیار بزرگ مشاهده شده است.

رابطه مقاومت کششی و قطر ریشه مربوط به دو فصل در شکل ۲ آورده شده است.

با افزایش قطر ریشه، مقاومت کششی کاهش می یابد و بیشترین مقاومت مربوط به کمترین قطر هاست (شکل ۲). به دلیل زیاد بودن مقاومت ریشه های کم قطر، عملاً داده های مربوط به قطرهای زیاد، عرض بسیار کمی از محور عمودی (مقاومت کششی) را به خود اختصاص داده اند. داده های مربوط به ضرایب معادله ها در جدول ۴ آمده است.

روز اختلاف زمانی وجود داشت. تیماری که به عنوان آماده سازی و نگهداری نمونه ها استفاده شد، شامل شست و شو و قراردادن آنها در کیسه های پلاستیکی و مرطوب کردن با الکل ۱۵ درصد بود (Mattia et al., 2005; Bischetti et al., 2005). سپس نمونه هایی به طول حدود ۱۰ سانتی متر به طور تصادفی انتخاب و با سیم چین تیز جدا شدند. مقاومت کششی ریشه با استفاده از یک دستگاه اینسترون استاندارد (مدل ۴۴۸۶ ساخت انگلستان) اندازه گیری شد. دامنه قطری مورد بررسی در این دسته از پژوهش ها وابسته به ابعاد فک دستگاه اینسترون است. در این پژوهش با توجه به قابلیت دستگاه مورد استفاده دامنه قطری ۰/۱ تا ۵/۳۸ میلی متر بررسی شد. شایان ذکر است نمونه هایی که گسیختگی از محل نزدیک فکها رخ می داد نامعتبر بود و داده های آنها حذف شد. در ضمن در پژوهش حاضر نمونه ها با پوست آزمایش شدند. با تقسیم نیروی گسیختگی بر سطح مقطع مقاومت کششی محاسبه و رابطه قطر - مقاومت کششی بررسی شد. رابطه ۱ ارتباط مقاومت کششی و قطر را نشان می دهد.

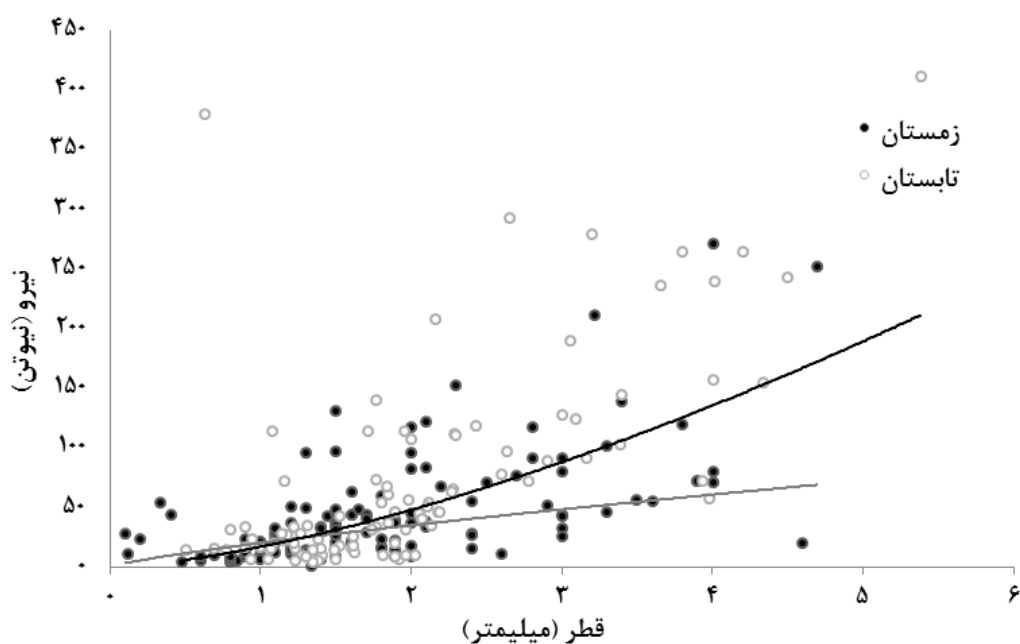
$$TS = \alpha D^{\beta} \quad \text{رابطه ۱}$$

که در آن TS مقاومت کششی و D قطر ریشه و α و β ضرایب ثابت می باشد (Tosi, 2007; Gary and Sotir, 1996).

برای آنالیز داده ها از نرم افزار SPSS 22 و برای بررسی نرمال بودن داده ها از آزمون کولموگروف اسمیرنوف استفاده شد.

جدول ۱- آمار توصیفی مربوط به نیروی کششی در دو فصل

تابستان		زمستان		
مقاومت کششی (مگا پاسکال)	قطر (میلی متر)	مقاومت کششی (مگا پاسکال)	قطر (میلی متر)	
۴۸/۴۲	۰/۹۸	۴۵/۵۰	۰/۹۶	انحراف معیار
۷۳/۳۶	۲/۰۰	۴۳/۵۷	۱/۷۹	میانگین
۴۱۱/۳	۵/۳۸	۲۷۱/۱	۴/۷	بیشینه
۴/۶	۰/۵	۱/۳	۰/۱	کمینه



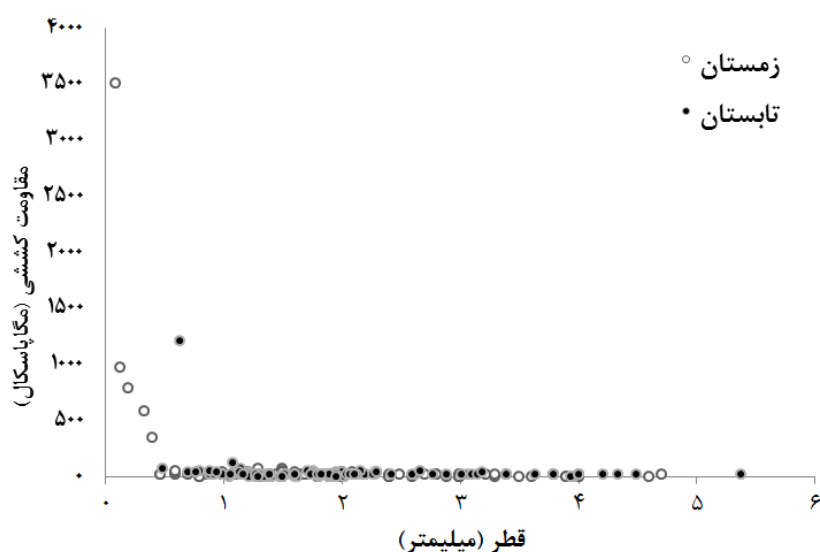
شکل ۱- رابطه نیروی کششی و قطر ریشه در دو فصل

جدول ۲- ضرایب α و β در تابع توانی رابطه قطر و نیرو در دو فصل

منبع	α	β	R^2
تابستان	۱۶/۹۹	۱/۴۹	۰/۰۶
زمستان	۲۰/۱۷	۰/۷۹	۰/۲۷

جدول ۳- آمار توصیفی مربوط به مقاومت کششی در دو فصل

تابستان		زمستان		انحراف معیار
مقاومت کششی (مگاپاسکال)	قطر (میلی‌متر)	مقاومت کششی (مگاپاسکال)	قطر (میلی‌متر)	
۱۲۳/۴۵	۰/۹۷	۳۲۹/۹۱	۰/۹۷	
۳۳/۲۳	۱/۹۹	۶۴/۹۸	۱/۷۷	میانگین
۱۲۱۷/۳۹	۵/۳۸	۳۵۰۳/۸۵	۴/۷	بیشینه
۲/۴۱	۰/۵	۰/۹۳	۰/۱	کمینه



شکل ۲- رابطه قطر و مقاومت کششی (MPa) ریشه در دو فصل

جدول ۴- ضرایب α و β در تابع توانی رابطه قطر و مقاومت کششی در دو فصل

منبع	α	β	R^2
تابستان	۲۱/۶۵	-۰/۵۰	۰/۰۶
زمستان	۲۵/۳۰	-۱/۱۸	۰/۴۶

نتایج آزمون کولموگروف اسمیرنوف نشان داد که داده‌های مقاومت کششی نرمال نبودند و به دلیل وجود داده‌های بسیار بزرگ مقاومت کششی مربوط به قطرهای کم، هیچ یک از تبدیل‌ها هم قادر به نرمال کردن داده‌ها نبود. بنابراین به دلیل وجود اثر کوواریت قوی (قطر ریشه) و نرمال نبودن داده‌ها از رویه Generalized linear model و آزمون Wald chi-Square برای مقایسه تأثیر فصل بر مقاومت کششی با در نظر گرفتن اثر کوواریت استفاده شد. نتایج نشان داد تفاوت میانگین مربوط به دو فصل و نیز عامل کوواریت (قطر ریشه) معنی‌دار است (جدول ۵).

میانگین مربوط به فصل تابستان و زمستان به ترتیب ۳۳/۲۳ و ۶۴/۹۸ مگاپاسکال است.

جدول ۵- نتایج آزمون والد کای اسکوئر

منبع	Wald chi-Square	df	Sig.
تیمار	۱۹۸۰۸/۳۷	۱	۰/۰۰۰
کوواریت (قطر ریشه)	۷۲۴۵۳۱/۲۸	۱	۰/۰۰۰

بحث

Mattia *et al.*, (2005) و De Baets *et al.*, (2007)

بیان کردند که استفاده از الکل ۱۵ درصد تأثیری بر مقاومت کششی ریشه ندارد و از قارچ‌زدگی ریشه نیز جلوگیری می‌کند. در این پژوهش نیز از این تیمار استفاده شد. البته برخلاف دیگر منابع، برای جلوگیری از تغییرات رطوبت طبیعی به جای غوطه‌وری تنه‌ها از مرطوب کردن جزئی استفاده شد و با فاصله زمانی کوتاهی از جمع‌آوری آزمایش‌های کشش انجام گرفت. در این مطالعه دامنه قطری مورد بررسی ریشه‌ها ۵/۳۱-۰/۱ میلی‌متر و دامنه نیروی نظیر ۴۱۱/۳-۱/۳ نیوتن بود (جدول ۱). شایان ذکر است که در مطالعات اندکی از جمله Genet *et al.* (2005) ریشه‌های نازک‌تر از یک میلی‌متر مورد آزمایش قرار گرفته‌اند و به همین دلیل دامنه نیروی کششی در این پژوهش از بسیاری از مطالعات بزرگ‌تر است. (Tosi (2007 رابطه قطر و نیروی گسیختگی را تابع چندجمله‌ای درجه دو و (Docker and Hubble (2008 به صورت تابع توانی گزارش کردند. در پژوهش حاضر نیز رابطه قطر و نیروی گسیختگی به صورت توانی مثبت مشاهده شد. β میزان افزایش نیرو به ازای افزایش قطر و α به عنوان ضریب اندازه مطرح است. نتایج این پژوهش نشان داد با افزایش قطر، نیروهای لازم برای گسیختن ریشه به صورت توانی افزایش می‌یابد (شکل ۱). با توجه به ضرایب به دست آمده (جدول ۲) مقادیر β در فصل تابستان نسبت به زمستان بزرگ‌تر و مقادیر α برای زمستان نسبت به تابستان بزرگ‌تر است. بنابراین سرعت افزایش نیروی مورد نیاز برای گسیختن با افزایش قطر در تابستان بیشتر و عرض از مبدأ در زمستان بالاتر است.

در مورد مقاومت کششی نیز مقادیر بیشینه (جدول ۳) از بسیاری از مطالعات مشابه بیشتر بود که همان‌طور که Genet *et al.* (2005) اشاره داشته‌اند به دلیل در نظر گرفتن ریشه‌های بسیار نازک بود. نتایج نشان داد نازک‌ترین ریشه‌ها

مقاومت کششی بیشتری داشتند و افزایش قطر ریشه سبب کاهش مقاومت کششی آن می‌شود (شکل ۲). Norris (2005) رابطه توانی منفی بین قطر و مقاومت کششی ریشه را گزارش کرد که پژوهش‌های بعدی نیز آن را نشان دادند (Tosi, 2007; Nyambane and Mwea, 2011;) (Bischetti *et al.*, 2005). دلیل این پدیده بیشتر بودن نسبت سلولز به لیگنین در ریشه‌های نازک‌تر ذکر شده است (Genet *et al.*, 2005).

Bischetti *et al.* (2005) ضریب β را عامل کنترل‌کننده میزان مقاومت کششی در رابطه با قطر و ضریب α را ضریب اندازه معرفی می‌کنند. گونه‌ای دارای مقاومت کششی بیشتری است که مقادیر α بزرگ‌تر و β کوچک‌تری داشته باشد (De Baets *et al.*, 2007). نتایج به دست آمده در این تحقیق بیشترین مقدار α و کمترین مقدار β را برای فصل زمستان نشان می‌دهد (جدول ۴). Nilaweera (1994) دامنه تغییر ضرایب ثابت معادله توانی (β, α) را برای گونه‌های درختی پهن‌برگ به صورت $0.87 < \alpha < 29.1$ و $-0.4 < \beta < 0.8$ پیشنهاد کرد. با توجه به ضرایب حاصل از این پژوهش، مشاهده می‌شود که کلیه مقادیر α معادلات در دامنه ذکر شده قرار می‌گیرند، ولی این مسئله در مورد β صادق نیست. عبدی و همکاران (۱۳۹۰) نیز گزارش کردند که مقادیر α دارای همخوانی است ولی مقادیر β همخوانی ندارد. دلیل محتمل، در نظر گرفتن ریشه‌های بسیار نازک و محدود بودن دامنه قطری در مطالعات اخیر یا صادق بودن دامنه‌های پیشنهادی در مورد گونه‌های تروپیکال است. تنها مورد گزارش شده مقاومت کششی بلوط مربوط به گونه *Quercus rubra* با میانگین ۳۲ مگاپاسکال است (Stokes, 2002) که با میانگین فصل تابستان همخوانی دارد، ولی از مقدار مربوط به زمستان کوچک‌تر است. شایان ذکر است که تاکنون مطالعات بسیار محدودی بر روی نمونه‌های فصل خزان در دنیا

زیست‌فنی گونه‌های گیاهی یکی از عوامل محدودکننده استفاده عملی از آنها در زیست‌مهندسی، نه تنها در ایران، بلکه در دیگر نقاط جهان است. همانطور که در مورد مصالح بیجان و مصنوعی علم مقاومت مصالح وجود دارد، با شناخت این ویژگی‌ها و روابط مرتبط با مصالح زیستی می‌توان به بهترین نحو از این مصالح استفاده کرد. البته در مورد مصالح زیستی علاوه بر ویژگی‌های فنی، ویژگی‌های زیستی نیز اهمیت دارند. علاوه بر این یکی دیگر از کاربردهای این اطلاعات نشان دادن سایر کارکردهای مهم جنگل، این موهبت الهی، به جز تولید چوب است.

منابع

صادقی، سید حمیدرضا و بنفشه یثربی، ۱۳۸۷. حفاظت خاک و آب در آبخیزهای جنگلی، انتشارات دانشگاه تربیت مدرس، ۴۰ ص.

طاهری، کامبیز، ۱۳۸۹. جنگل‌شناسی جنگل‌های خارج از شمال در ایران، انتشارات حق‌شناس، ۱۵۲ ص.

عبدی، احسان، باریس مجنونیان، حسن رحیمی، محمود زبیری و قاسم حبیبی بی‌بالانی، ۱۳۹۰. بررسی تنوع درون گونه‌ای مقاومت کششی ریشه به‌عنوان مصالح بوم‌مهندسی، مطالعه موردی: بخش پاتم، جنگل خیرود، نشریه محیط زیست طبیعی، مجله منابع طبیعی ایران، ۶۴ (۲): ۱۳۷-۱۴۴.

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

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*, 278:11-22.

انجام گرفته است (Coppin and Richards, 1990) و مقایسه‌ای کمی و آماری برای دو فصل در منابع یافت نشد. بنابراین امکان مقایسه با پژوهش‌های مشابه وجود ندارد. در این مطالعه نتایج به‌دست آمده از آنالیز داده‌ها نشان داد تفاوت میانگین‌های بین دو فصل و نیز قطر ریشه به‌عنوان عامل کوواریت معنی‌دارند (جدول ۵). میانگین مقاومت کششی ریشه به‌دست‌آمده برای فصل زمستان ۶۴/۹۸ مگاپاسکال و برای فصل تابستان ۳۳/۲۳ مگاپاسکال بود. در برخی منابع گذشته نیز مقاومت کششی در زمستان بیشتر گزارش شده (Karrenberg *et al.*, 2003)، ولی تاکنون دلیلی برای این پدیده ذکر نشده است. در بهره‌برداری جنگل بر قطع در زمستان تأکید شده و دوام چوب قطع‌شده در زمستان بیشتر ذکر شده است. دلیل این پدیده بسته‌شدن دریاچه‌ها در زمستان و قطع شیره‌نباتی دانسته شده است. با توجه به شباهت‌های ریشه و چوب ممکن است در مورد ریشه نیز چنین وضعیتی وجود داشته باشد که نیازمند پژوهش بیشتر بوده و خارج از چارچوب این پژوهش است. از طرفی این پدیده می‌تواند نوعی سازگاری سیستم ریشه‌ای با افزایش تنش‌ها در خاک به‌دلیل کاهش نقش رویه زمینی و نیز افزایش رطوبت خاک باشد. افزایش رطوبت خاک می‌تواند سبب کاهش مکش و چسبندگی خاک و افزایش فشار آب منفذی در نتیجه کاهش ضریب پایداری دامنه شود. اینجاست که گیاه با افزایش مقاومت کششی می‌تواند در عین افزایش پایداری خود، کاهش چسبندگی خاک را نیز تا حدی جبران کند. نتایج این پژوهش سبب افزایش شناخت در مورد ویژگی‌های زیست فنی گونه مهم جنگل‌های زاگرس یعنی بلوط ایرانی می‌گردد. علاوه بر این، نتایج برای اولین بار در ایران تفاوت مقاومت کششی در طی فصل خزان و رویش را نیز نشان داد. البته هنوز برای شناخت سازوکار این پدیده مطالعات زیادی باید انجام گیرد. نبود اطلاعات

- Barker, D.H., 1995. Vegetation and slopes, stabilization, protection and ecology. Thomas Telford Publications. United Kingdom. 296 pp.
- Coppin, N.J., and I.G. Richards, 1990. Use of vegetation in Civil Engineering. Butterworth publication, London. 272 pp.
- 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
- 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.
- 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: 1-9.
- Gray, D.H., and R.D. Sotir, 1996. Biotechnical and Soil Bioengineering Slope Stabilization, Wiley publication, 369 pp.
- Karrenberg, S., S. Blaser, J. Kollmann, T. Speck, P.J. Edwards, 2003. Root anchorage of saplings and cuttings of woody pioneer species in a riparian environment, *Functional Ecology*, 17: 170-177.
- Mattia, C., G.B. Bischetti, and F. Gentile, 2005. Biotechnical characteristics of root system of typical Mediterranean species, *Plant and Soil*, 278: 23-32.
- Nilaweera, N.S, 1994. Effects of tree roots on slope stability: the case of Khao Luang Mountain area, So Thailand. Dissert, No. Gt-93-2. 82 pp.
- Norris, J., 2005. Root reinforcement by hawthorn and oak roots on a highway cut-slope in Southern England, *Plant and Soil*, 278:43-53
- 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.
- Stokes, A., 2002. Biomechanics of tree root anchorage. In: Waisel, Y., Eshel, A. and Kafkafi, U. eds. Plant roots: The hidden half. New York, Marcel Dekker, Inc. 175-186.
- Tosi, M., 2007. Root tensile strength relationships and their slope stability implications of three shrub species in Northern Apennines (Italy), *Geomorphology*, 87:268 - 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.
- Wang, L.X., and Z.Q. Zhang, 2001. Impacts of forest vegetation on watershed runoff in dry land area, *Journal of Natural Resources*, 16: 439-444.
- 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.

**The effect of season on resistance of Persian oak (*Quercus persica*) roots
(Case study: Tabarok, Bazaft basin)**

M. Kazemi¹, E. Abdi^{2*}, B. Majnounian³, and H. Yousef Zadeh⁴

¹M.Sc. Student in Forest Engineering, Faculty of Natural Resources, University of Tehran, I. R. Iran.

²Assistant Prof., Faculty of Natural Resources, University of Tehran, I. R. Iran.

³Prof., Faculty of Natural Resources, University of Tehran, I. R. Iran.

⁴Assistant Prof., Faculty of Natural Resources, Tarbiat Modares University, I. R. Iran.

(Received: 8 June 2014, Accepted: 26 November 2014)

Abstract

Plants as bio-materials in addition to having self-renewal capability, cause no adverse effects on the environment. Vegetation in steep areas have an important effect in the process of soil erosion and its control in comparison with bare soil and therefore plays an important role in improving the stability of the slope. The effects of vegetation in slope stability and hydrological processes depend on tensile strength of roots and determining root tensile strength will provide the information required to analyze the role of roots in the soil improvement. The purpose of this study was to investigate the root tensile strength of Persian oak and comparing its values in leaf on and leaf off seasons. To do this, a relatively uniform hill was selected, root samples were randomly collected from 5 oak trees and tensile strength was measured using a standard Instron. 224 successful tensile tests were conducted with root diameter range of 1.0- 5.5 mm, tensile force range of 1.3-411.3 N and tensile strength range of 0.93-1217.39 MPa. The relationship between root diameter and tensile force and strength were positive and negative power law, respectively. The results of Wald test showed that the difference in tensile strength due to season is significant and the mean strength was higher in winter than summer. The covariate (root diameter) was also statistically significant. This phenomenon may be a mechanism of root system adaptation due to the increased soil moisture content and reduction hydrologic effect of vegetation.

Keywords: Instron, Season effect, Slope stability, Tensile force, Tensile strength.