Archive of SID

جنگل و فرآورده‌های چوب، مجلهٔ منابع طبیعی ایران
دورهٔ ۷۱، شمارهٔ ۳، پاییز ۱۳۹۷
ص ۱۹۹-۲۰۷

DOI: 10.22059/jfwp.2018.251075.891

مقایسهٔ ویژگی‌های مکانیکی ریشهٔ درختان ممرز در طبقه‌های قطری مختلف

آزاده دلجویی[۱]، احسان عبدی[۲*]، باریس مجنونیان[۳]، ماسیمیلیانو شوارتز[۴]

۱. دانشجوی دکتری، گروه جنگلداری و اقتصاد جنگل، دانشکدهٔ منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج
۲. دانشیار، گروه جنگلداری و اقتصاد جنگل، دانشکدهٔ منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج
۳. استاد، گروه جنگلداری و اقتصاد جنگل، دانشکدهٔ منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج
۴. استادیار، دانشکدهٔ کشاورزی، جنگل و علوم غذایی، دانشگاه علوم کاربردی برن، زولیکوفن، سوئیس

تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۱۱/۲۱ ، تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۰۲/۲۳

چکیده

کمّی‌سازی ویژگی‌های مکانیکی ریشه از مسائل مهم در مشکلات مربوط به پایداری دامنه‌ها و مدل‌سازی پایداری خاک است. هدف این پژوهش، برآورد ویژگی‌های مکانیکی ریشهٔ گونهٔ ممرز در سه طبقهٔ کم‌قطر، میان‌قطر و قطور در بخش پاتم جنگل خیرود بود. بدین منظور پنج درخت از سه طبقهٔ قطری کم‌قطر (۷/۵ تا ۳۲/۵ سانتی‌متر)، میان‌قطر (۳۲/۵ تا ۵۷/۵ سانتی‌متر) و قطور (۵۷/۵ تا ۷۲/۵ سانتی‌متر) انتخاب شد. نمونه‌های ریشه در دو سمت بالا و پایین (شیب ۳۰-۲۰ درصد) درختان جمع‌آوری شد و سپس میان دو فک دستگاه اینسترون قرار گرفت و آزمایش مقاومت کششی انجام پذیرفت و نیروی کششی ریشه‌ها ثبت شد. نتایج نشان داد که میان قطر ریشه و نیروی کششی، رابطهٔ توانی مثبت و میان قطر ریشه و مقاومت کششی، تابع توانی منفی برقرار بود. بیشینهٔ نیروی کششی در درختان میان‌قطر در سمت بالا و در درختان طبقهٔ قطور و کم‌قطر در سمت پایین درخت مشاهده شد. در طبقهٔ میان‌قطر، مقاومت کششی به‌طور معنی‌داری در سمت بالا و پایین بیشتر از دو طبقهٔ دیگر بود و عامل کوواریت (قطر ریشه) در همهٔ موارد معنی‌دار بود. نتایج این پژوهش نشان داد که عامل قطر درختان و همچنین سمت دامنه بر نیروی کششی و مقاومت ریشهٔ درختان ممرز تأثیرگذار است و امکان تغییر در مقدار مقاومت کششی ریشه با افزایش سن وجود دارد؛ بنابراین پیشنهاد می‌شود که بررسی تغییرات ویژگی‌های مکانیکی ریشهٔ درختان در قطرهای مختلف، در مدل‌سازی‌های پایداری دامنهٔ خاک در نظر گرفته شود.

واژه‌های کلیدی: جنگل خیرود، زیست‌مهندسی، مقاومت کششی ریشه، نیروی کششی ریشه.

مقدمه

امروزه کارکردهای حمایتی و حفاظتی جنگل در زندگی انسان بر کسی پوشیده نیست. براساس پژوهش‌ها، مقاومت و پایداری خاک در دامنه‌های دارای پوشش گیاهی به‌صورت معنی‌داری بیشتر از دامنهٔ بدون پوشش گیاهی است [۱]. مدیریت نادرست و ناآگاهانه در عرصهٔ جنگل‌ها، مانند رعایت نکردن استانداردهای جاده‌سازی، سبب افزایش روند ناپایداری در دامنه‌های جنگلی می‌شود و خسارات ناشی از این ناپایداری‌ها شامل تخریب جاده‌ها و بزرگراه‌ها، خطوط انتقال برق، لوله‌های انتقال انرژی (گاز و نفت)، از بین رفتن گستردهٔ منابع طبیعی (جنگل‌ها و مراتع)، کمک به تغییر کاربری اراضی، رسوب‌زایی

* نویسندهٔ مسئول، تلفن: ۰۲۶۳۲۲۳۰۴۴
Email: abdie@ut.ac.ir

www.SID.ir

Archive of SID

گسترده و سریع و کمک به پر شدن مخزن سدها و بستر رودخانه‌ها از رسوب، تخریب اراضی کشاورزی، منازل مسکونی و ابنیهٔ فنی و تلفات انسانی است [۲]؛ بنابراین در صورت از بین رفتن پوشش گیاهی، دامنه‌ها در برابر زمین‌لغزش‌های سطحی مستعدتر خواهند بود.

اجزای مختلف پوشش گیاهی بر پایداری دامنه‌ها تأثیر دارند؛ این اجزا به دو دستهٔ زی‌تودهٔ روی زمین و زی‌تودهٔ زیر زمین تقسیم می‌شوند. منظور از زی‌تودهٔ روی زمین، تاج‌پوشش و تنه است و مفهوم زی‌تودهٔ زیر زمین بر سیستم ریشه‌ای دلالت دارد [۱]. در گذشته بیشتر به تأثیر زی‌تودهٔ روی زمین در پایداری دامنه‌ها توجه می‌شد و نقش ریشه‌ها در این زمینه اغلب نادیده گرفته می‌شد [۳]. در جنگل‌های خزان‌کننده (مانند جنگل‌های شمال کشور)، طی فصل خزان، کارکردهای زیست‌مهندسی رویه زمینی در مقابل فرسایش خاک و پایداری دامنه‌ها تا حد زیادی متوقف می‌شود (مانند باران‌ربایی و تعرق)، درحالی که سیستم ریشه‌ای چه در فصل خزان و چه در فصل رویش، تأثیر خود را در مقابل فرسایش خاک و پایداری دامنه دارد و به همین دلیل، زی‌تودهٔ زیر زمینی (سیستم ریشه‌ای) اهمیت زیادی در پایداری دامنه‌ها، به‌ویژه در جنگل‌های خزان‌کننده دارد. بررسی‌ها در طی چند دههٔ اخیر در زمینهٔ ارزیابی اثرهای سیستم ریشه‌ای پوشش گیاهی در تثبیت و پایدارسازی دامنه‌های جنگلی در داخل [۴-۶] و خارج کشور [۷، ۸] روندی رو به افزایش داشته است. نتایج کلی این پژوهش‌ها نشان داده است که ریشه‌ها با استفاده از مقاومت کششی و دسترسی گسترده به سطوح زیرین خاک، مقاومت برشی خاک را افزایش می‌دهند و در نتیجه سبب بهبود پایداری دامنه‌ها می‌شوند.

مهم‌ترین اثر مثبت زی‌تودهٔ زیرزمینی در پایدارسازی دامنه‌ها، مسلح‌سازی خاک توسط ریشه (افزایش مقاومت و چسبندگی خاک به‌دلیل وجود ریشه) است که تابعی از مقاومت کششی و پراکنش سیستم ریشه است [۳]. منظور از مقاومت کششی ریشه، نسبت بیشینهٔ نیروی کششی لازم برای گسیخته شدن ریشه به سطح مقطع ریشه است [۴]. برای پژوهشگران و مدیران منابع طبیعی، کمّی‌سازی ویژگی‌های مکانیکی ریشه از مسائل مهم در مشکلات مربوط به پایداری دامنه‌ها و مدل‌سازی پایداری خاک است. به‌منظور بررسی تغییرات مسلح‌سازی ریشه در طول زمان، بررسی مقاومت کششی در سنین مختلف درختان ضروری به نظر می‌رسد. مطالعات اندکی دربارهٔ تغییرات زمانی مقاومت کششی انجام گرفته است. مقاومت کششی ریشه، به قطر ریشه و مقدار سلولز وابسته است [۹]؛ بنابراین ریشه‌های کم‌قطر از ریشه‌های قطور مقاوم‌ترند و مقدار سلولز نیز در آنها بیشتر است؛ بنابراین امکان تغییر مقاومت کششی ریشه با افزایش سن وجود دارد. ازآنجا که تاکنون پژوهشی در داخل کشور در زمینهٔ تأثیر طبقه‌های قطری مختلف درختان در برآورد مقاومت کششی ریشه انجام نگرفته است، باید به بررسی درختان با قطرهای مختلف اقدام کرد. فرضیهٔ این پژوهش این است که تغییر در قطر برابرسینهٔ درختان، سبب تغییرات معنی‌داری در مقاومت کششی و نیروی کششی ریشهٔ درختان ممرز می‌شود. هدف این پژوهش، بررسی نیروی کششی و مقاومت کششی ریشهٔ درختان ممرز، در سه طبقهٔ قطری کم‌قطر، میان‌قطر و قطور در ارتفاعات پایین‌بند جنگل خیرود است.

مواد و روش‌ها

- منطقهٔ تحقیق

این پژوهش در جنگل آموزشی- پژوهشی دانشکدهٔ منابع طبیعی دانشگاه تهران (جنگل خیرود)، با وسعت ۸۰۰۰ هکتار انجام پذیرفت. بخش پاتم، ۹۰۰ هکتار وسعت دارد و اولین بخش از جنگل خیرود است. در این بخش، تیپ‌های غالب ممرزستان، راش- ممرز، بلوط- ممرز و انجیلی- ممرز است. به‌منظور حذف اثرهای محیطی، منطقهٔ تحقیق به‌صورتی انتخاب شد که درختان ممرز از

www.SID.ir

Archive of SID

هر طبقهٔ قطری (براساس اهداف پژوهش) پراکنش یکسان و شرایط محیطی مشابه داشتند؛ بنابراین با جنگل‌گردشی اولیه، پارسل ۱۰۸ بخش پاتم (با ارتفاع ۴۰۰ متر از سطح دریا) که تعداد زمین‌لغزش‌های سطحی در آن شایان توجه است، انتخاب شد. براساس آنالیز خاک در منطقهٔ پژوهش، نوع خاک براساس طبقه‌بندی یونیفاید CH است که روی سنگ مادر آهکی واقع شده است.

- روش پژوهش

در ابتدا با جنگل‌گردشی منطقهٔ پژوهش انتخاب شد. سپس همهٔ درختان مورد نظر در سه طبقهٔ قطری کم‌قطر (۷/۵ تا ۳۲/۵ سانتی‌متر)، میان‌قطر (۳۲/۵ تا ۵۷/۵ سانتی‌متر) و قطور (۵۷/۵ تا ۸۲/۵ سانتی‌متر) [۱۰] که دارای شرایط پژوهش بودند، شماره‌گذاری شدند. سپس به‌صورت تصادفی، در هر طبقهٔ قطر برابرسینه، پنج پایه درخت بررسی شد. نمونه‌های ریشه در دو سمت بالا و پایین شیب (دامنهٔ شیب ۲۰ تا ۳۰ درصد) درختان ممرز در طبقه‌های قطری مختلف در خرداد ۱۳۹۶ از عمق حدود ۳۰ سانتی‌متری خاک و حداکثر فاصلهٔ ۱ متر از تنه [۱۱] جمع‌آوری شدند. میان زمان جمع‌آوری ریشه‌ها و اجرای آزمایش حداکثر ده روز اختلاف زمانی وجود داشت. تیماری که به‌منظور نگهداری و آماده‌سازی نمونه‌های ریشه استفاده شد، شامل شست‌وشو و افشاندن محلول آب و ۱۵ درصد الکل روی ریشه‌ها و در نهایت قرار دادن آنها در کیسه‌های پلاستیکی بود [۱۲]. سپس نمونهٔ ریشه‌های سالم به طول حدود ۱۵ سانتی‌متر به‌صورت تصادفی انتخاب و با استفاده از سیم‌چین جدا شد. ریشه‌ها در ۹ طبقهٔ قطری ۱ میلی‌متری طبقه‌بندی شدند و در هر طبقهٔ قطری ریشه، ۱۰ نمونه آزمایش صحیح در هر سمت دامنه (بالا و پایین شیب) و برای هر درخت انجام گرفت (۴۵۰ ریشه در سمت بالای درختان هر طبقهٔ قطری و ۴۵۰ ریشه در سمت پایین هر طبقهٔ قطری؛ مجموع ۹۰۰ ریشه در هر طبقهٔ قطر برابرسینه؛ مجموع ۲۷۰۰ ریشه در سه طبقهٔ قطری). نمونهٔ ریشه‌ها میان دو فک دستگاه اینسترون استاندارد ساخت شرکت ستام ایران (STM5) قرار داده شد و آزمایش مقاومت کششی انجام گرفت. سرعت آزمایش مقاومت کششی ۱۰ میلی‌متر بر دقیقه انتخاب شد [۷، ۱۳]. دقت اندازه‌گیری دستگاه برای نیرو ۰/۰۰۱± نیوتن و جابه‌جایی در واحد طول ۰/۰۰۰۱± میلی‌متر بود. بیشینهٔ نیروی لازم برای گسیخته شدن ریشه‌ها با استفاده از دستگاه اندازه‌گیری شد. نمونهٔ ریشه‌هایی که گسیختگی آنها در محل نزدیک فک‌هاست، نامعتبر بود و داده‌های آنها حذف شد [۱۴]. با تقسیم بیشینهٔ نیروی گسیختگی (F_{max}) بر سطح مقطع هر نمونهٔ ریشه[1]، مقاومت کششی (T_r) نمونه‌های ریشه محاسبه شد [۱۵].

- تجزیه‌وتحلیل داده‌ها

بهترین رابطهٔ نیروی کششی و قطر ریشه با استفاده از رابطهٔ رگرسیونی تک‌متغیره (خطی و غیرخطی) بررسی شد. با استفاده از آزمون کولموگروف- اسمیرنوف، نرمال بودن داده‌ها و با استفاده از آزمون لون، همگن بودن واریانس‌ها بررسی شد. به‌منظور مقایسهٔ نیروی کششی و مقاومت کششی ریشه در طبقه‌های قطری مختلف گونهٔ ممرز، آنالیز کوواریانس (قطر ریشهٔ عامل کوواریت) انجام گرفت و مقایسهٔ میانگین میان سه طبقهٔ قطری با آزمون LSD انجام پذیرفت. در این پژوهش، همهٔ مقایسه‌های آماری در سطح معنی‌داری ۹۵ درصد صورت گرفت و تجزیه‌وتحلیل‌ها در محیط نرم‌افزار R (نسخهٔ ۳) انجام پذیرفت.

نتایج و بحث

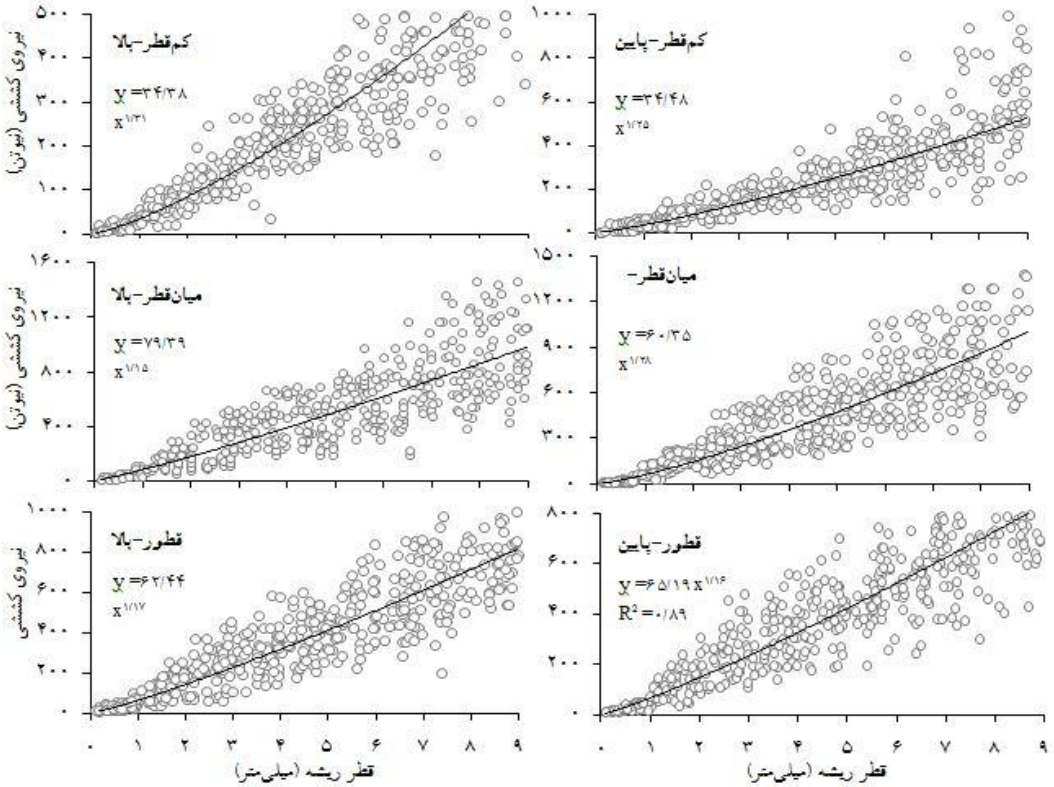
نتایج آزمایش کشش ریشه نشان داد که بین قطر و نیروی کششی ریشه رابطهٔ توانی مثبت برقرار است (شکل ۱) و در تحقیقات دیگر نیز رابطهٔ قطر ریشه و نیروی کششی به‌صورت توانی مثبت به‌دست آمد [۱۶]. در رابطهٔ توانی ارائه‌شده در شکل ۱، β مقدار افزایش نیرو به‌ازای افزایش

1. Cross Sectional Area (CSA)

www.SID.ir

Archive of SID

قطر و α به‌عنوان ضریب اندازه شناخته می‌شود [۶]؛ بنابراین ریشه‌هایی قوی‌ترند که مقدار α و β آنها در معادله بزرگ‌تر باشد. میانگین نیروی کششی ریشه در طبقهٔ کم‌قطر در سمت بالا و پایین درخت به‌ترتیب ۲۸۳/۸ و ۲۵۷/۳ نیوتن، در طبقهٔ میان‌قطر در سمت بالای درخت ۴۹۳/۷ نیوتن و در سمت پایین درخت ۴۳۷/۲ نیوتن، و در طبقهٔ قطور در سمت بالای درخت ۴۰۴/۶ و در سمت پایین درخت ۴۰۹/۶ نیوتن است. میانگین نیروی کششی حاصل‌شده در این پژوهش، با تحقیقات دیگر پژوهشگران دربارهٔ درخت ممرز همخوانی دارد [۱۷].



شکل ۱. رابطهٔ نیروی کششی و قطر ریشه در طبقه‌های قطری مختلف در سمت بالا و پایین درخت

در آزمایش مقاومت کششی ریشه برای درختان ممرز در سمت بالای درخت طبقهٔ قطری کم‌قطر از ۵۱۲ نمونه ریشهٔ تحت آزمایش ۴۵۰ نمونه ریشه، برای طبقهٔ قطری میان‌قطر از ۴۹۵ نمونه ریشهٔ تحت آزمایش ۴۵۰ نمونه ریشه و برای طبقهٔ قطری قطور از ۵۰۶ نمونه ریشهٔ تحت آزمایش ۴۵۰ نمونه ریشه گسیختگی از میان دو فک دستگاه رخ داد که در محاسبه‌ها و آنالیزها به‌کار گرفته شدند. در سمت پایین درخت نیز به‌ترتیب ۴۸۷، ۴۹۵ و ۵۱۳ نمونه ریشه آزمایش شد تا به حدنصاب ۴۵۰ نمونه در هر سمت درخت رسیده شود. نتایج نشان داد که در هر سه طبقهٔ قطری و در دو سمت بالا و پایین درخت با افزایش قطر ریشه، مقاومت کششی ریشه براساس تابع توانی منفی کاهش می‌یابد (شکل ۲). مقاومت کششی ریشه یکی از عامل‌های مهم در افزایش پایداری دامنه‌ها و جلوگیری از فرسایش به‌حساب می‌آید، به‌طوری که تعیین مقاومت کششی ریشه اطلاعات مهمی در زمینهٔ تحلیل نقش ریشه در خاک فراهم می‌کند. متغیر بودن مقاومت کششی در مطالعات مختلف به‌دلیل متفاوت بودن گونه‌ها، تفاوت سن درختان، شرایط رویشگاهی و محیطی، نوع مدیریت جنگل و قطر ریشه‌هاست. میانگین مقاومت کششی در سه طبقهٔ قطری در این پژوهش (۲۵/۷ تا ۵۶/۷

www.SID.ir

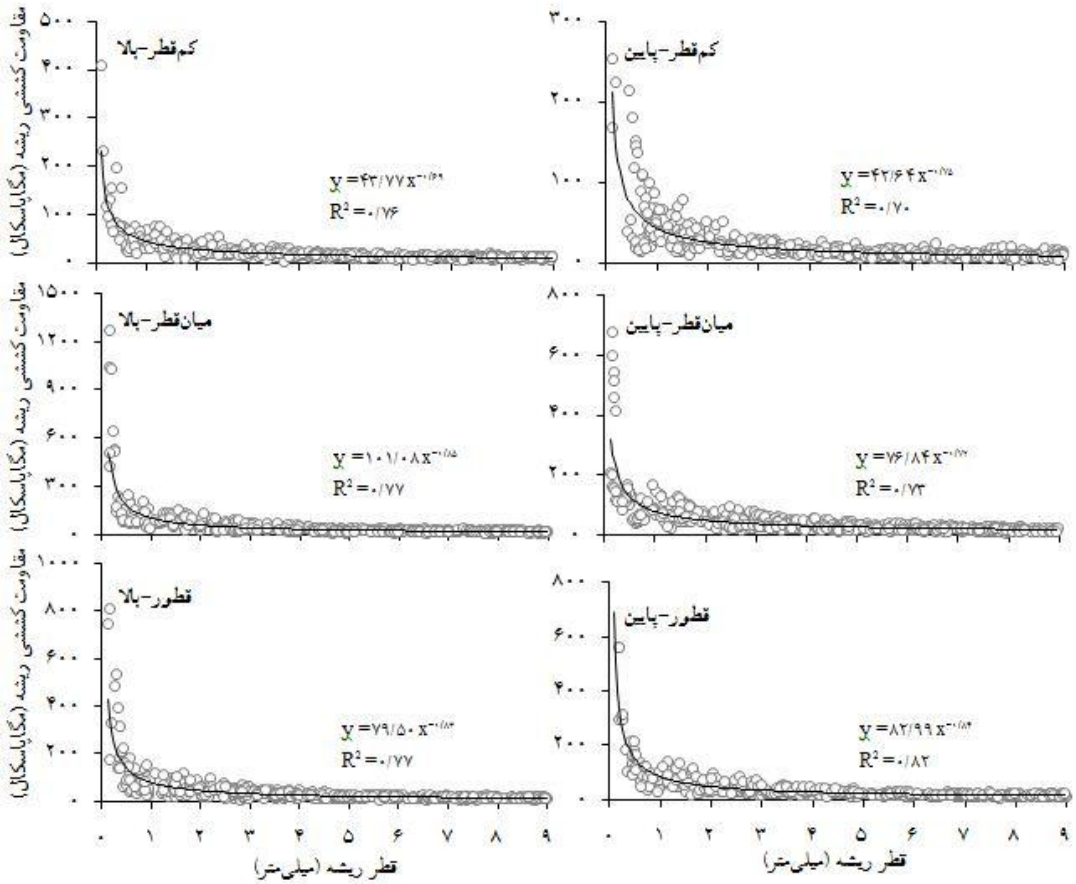
Archive of SID

مگاپاسکال در سمت بالای درخت و ۲۳/۶ تا ۴۸/۲ مگاپاسکال در سمت پایین درخت) قابل مقایسه با دیگر درختان پهن‌برگ مانند *Parrotia persica* ۳۱/۳ مگاپاسکال [۱۷]، *Fraxinus excelsior* ۱۷/۰ مگاپاسکال [۵]، *Ficus microcarpa* ۲۴/۰ مگاپاسکال، *Fraxinus excelsior* ۲۶ مگاپاسکال، *Acer platanoides* ۲۷/۰ مگاپاسکال، *Alnus incana* ۳۰/۰ مگاپاسکال، *Quercus robur* ۳۲/۰ مگاپاسکال و *Betula pendula* ۳۸ مگاپاسکال [۱۸] است. مقاومت کششی ریشه تحت تأثیر قطر ریشه است و در این بررسی نشان داده شد که با افزایش قطر ریشه، مقاومت کششی ریشه کاهش می‌یابد و همانند تحقیقات دیگر پژوهشگران، رابطهٔ قطر ریشه با مقاومت کششی ریشه از تابع توانی منفی پیروی می‌کند [۱۷]. دلیل چنین رابطه‌ای کاهش نسبت سلولز در ریشه‌های قطور نسبت به کم‌قطر بیان شده است و ریشه‌های کم قطر، به‌دلیل داشتن درصد بیشتر سلولز، بیشترین مقاومت کششی را دارند [۹]. ضریب β عامل کنترل‌کنندهٔ مقدار کاهش مقاومت کششی در رابطه با قطر و ضریب α ضریب اندازه معرفی‌شده است؛ بنابراین، گونه‌ای مقاومت کششی بیشتری دارد که معادلهٔ آن دارای مقادیر α بزرگ‌تر و β کوچک‌تر باشد. مقدار مشخصهٔ α در هر سه طبقهٔ قطری در گسترهٔ پیشنهادی گونه‌های پهن‌برگ است (α میان ۲۹/۱ تا ۸۷ و β بین ۰/۴- تا ۰/۸)؛ به‌جز سمت بالای طبقهٔ میان‌قطر که برابر با ۱۰۱/۱ است. همچنین مقدار مشخصهٔ β نیز در سه طبقهٔ قطری در این مقدار قرار دارد، البته گاهی در دیگر پژوهش‌ها نیز تفاوت‌هایی دیده می‌شود که به‌دلیل وجود چنین اختلاف‌هایی، تحقیقات بیشتری لازم است [۳]. با توجه به تأثیر مکانیکی ریشه‌ها، درختان در برابر نیروهای واردشده مقاومت می‌کنند، به‌نحوی که درختان در سمت بالا مقاومت بیشتری از سمت پایین دارند؛ چراکه ریشه‌های سمت بالا تحت تنش‌ها و بارهای شدیدتری از ریشه‌های سمت پایین هستند. این ریشه‌ها با افزایش مقدار مقاومت کششی می‌توانند در عین افزایش پایداری گیاه، کاهش چسبندگی خاک را تا حدی جبران کنند تا در برابر خطرهای احتمالی مقاومت کنند [۱۸]. در این پژوهش نیز سمت بالای درخت مقاومت کششی بیشتری از سمت پایین داشت که نتایج به‌دست‌آمده مشابه دیگر تحقیقات است. در طبقهٔ قطور این روند در سمت پایین درخت بیشتر از سمت بالاست، ولی احتمالاً نوعی واکنش ریشه متناسب با افزایش سن درخت و تفاوت در عملکرد ریشه‌های بالا و پایین به‌دلیل تفاوت ماهیت تنش‌های مکانیکی بوده است [۹].

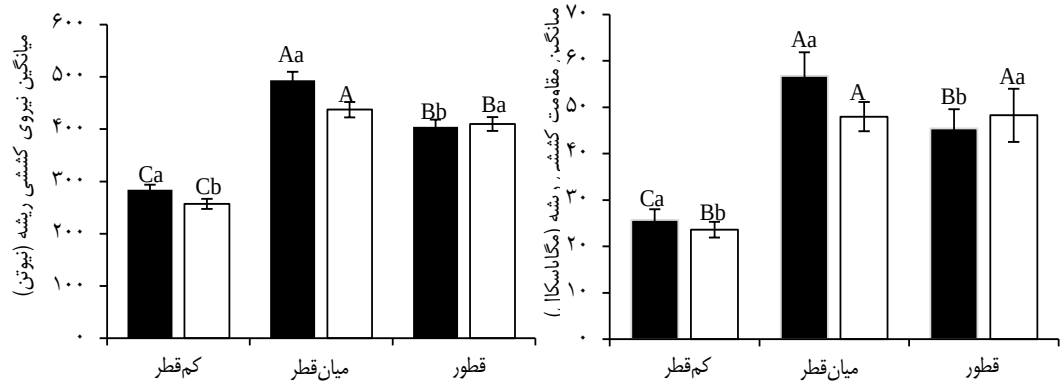
نتایج آنالیز کوواریانس نشان داد که بین نیروی کششی ریشه در سه طبقهٔ قطری درختان اختلاف معنی‌داری وجود دارد و به‌ترتیب درختان میان‌قطر و کم‌قطر بیشترین مقادیر را در سمت بالا ($F=۲۳۷/۵, P<۰/۰۵$) و پایین درخت ($F=۲۵۶/۷, P<۰/۰۵$) دارند، درحالی که در طبقهٔ قطور در سمت پایین درخت نیروی کششی ریشه بیشتر است (شکل ۳). همچنین عامل کوواریت (قطر ریشه) در همهٔ موارد معنی‌دار بوده است؛ بدین معنا که در صورت در نظر نگرفتن قطر ریشه به‌عنوان کوواریت، نتایج دچار خطا می‌شدند. کمینهٔ نیروی کششی در طبقه‌های کم‌قطر، میان‌قطر و قطور در سمت بالای درخت به‌ترتیب ۲/۶، ۷/۴ و ۴ نیوتن و در سمت پایین درخت ۲/۱، ۲/۸ و ۷/۵ نیوتن است. بیشینهٔ نیروی کششی ریشه نیز در سمت بالای درخت ۸۹۶/۱، ۱۴۷۶/۲ و ۱۳۵۳/۳ نیوتن و در سمت پایین درخت به‌ترتیب ۱۰۲۵/۸، ۱۳۷۴/۱ و ۱۳۰۰/۵ نیوتن است. مقایسهٔ رابطهٔ نیروی کششی و قطر ریشه در طبقه‌های قطر برابرسینهٔ درختان مختلف نشان داد که مقاومت ریشه‌ها در قطرهای مختلف درختان متفاوت است. تفاوت نیروی کششی ریشه‌ها در یک گونه و طبقه‌های قطری مختلف به شرایط محیط رشد نیز بستگی دارد [۱۶]. در پژوهش انجام‌گرفته در نهالستان، نیروی کششی ریشه‌ها میان درختان مختلف یک گونه اختلاف معنی‌داری داشت که سازگاری ژنتیکی درختان را در این زمینه نباید نادیده گرفت [۱۹].

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۲. رابطهٔ مقاومت کششی و قطر ریشه در طبقه‌های قطری مختلف در سمت بالا و پایین درخت



شکل ۳. تغییرات میانگین مقاومت کششی و نیروی کششی ریشهٔ درختان ممرز در طبقه‌های قطری مختلف در سمت بالا (مشکی) و پایین (سفید) درخت. حروف مختلف بزرگ نشان‌دهندهٔ معنی‌دار بودن اختلاف در هر سمت درخت میان سه طبقهٔ قطری و حروف مختلف کوچک نشان‌دهندهٔ معنی‌دار بودن اختلاف میان دو سمت بالا و پایین درخت در هر طبقهٔ قطری است. بارها نشان‌دهندهٔ خطای معیار میانگین است.

www.SID.ir

Archive of SID

همچنین از نظر مقاومت کششی ریشه، میان درختان کم‌قطر، میان‌قطر و قطور اختلاف معنی‌داری وجود دارد. در طبقهٔ میان‌قطر، مقاومت کششی به‌طور معنی‌داری در سمت بالا ($F=18/3, P<0/05$) بیشتر از دو طبقهٔ دیگر است و در سمت پایین ($F=12/9, P<0/05$) با طبقهٔ قطور اختلاف معنی‌داری ندارد، ولی با طبقهٔ کم‌قطر اختلاف معنی‌داری دارد (شکل ۳). کمینه و بیشینهٔ مقاومت کششی ریشه در طبقهٔ کم‌قطر سمت بالای درخت ۳/۳ و ۸۱۹/۵ و در سمت پایین درخت ۳/۰ و ۵۰۶/۵ مگاپاسکال، در طبقهٔ میان‌قطر سمت بالای درخت ۵/۵ و ۱۲۷۱/۹ و در سمت پایین درخت ۶/۳ و ۶۷۹/۱ مگاپاسکال و در طبقهٔ قطور سمت بالا و پایین درخت به‌ترتیب ۴/۷، ۶/۵ و ۱۰۸۵/۶ و ۱۸۳۹/۱ مگاپاسکال به‌دست آمد. ریشهٔ درختان در طبقهٔ قطری کم‌قطر مقاومت کمتری از دو طبقهٔ دیگر دارد که دلیل آن تفاوت ساختار ریشه‌هاست. با افزایش سن درختان و قطورتر شدن آنها، مقدار سلولز در ریشه‌ها افزایش می‌یابد؛ چراکه زمان زیادی برای ساختن سلولز داشته‌اند [۲۰]. هرچند بیشتر بودن مقاومت کششی ریشه‌های طبقهٔ میان‌قطر نسبت به قطور، نمی‌تواند به مقدار سلولز ارتباط داشته باشد؛ بنابراین پیشنهاد می‌شود در پژوهش‌های آتی، بررسی مقدار سلولز موجود در طبقه‌های قطری مختلف و در سنین مختلف درخت ضروری به‌نظر می‌رسد. از سوی دیگر مقدار زی‌تودهٔ ریشه‌های کم‌قطر در درختان جوان‌تر بیشتر است، اما مقاومت کمتری در برابر تنش‌ها نسبت به درختان قطور و مسن دارند [۲۰]. در همین زمینه، John و همکاران (۲۰۰۱) نشان دادند که با افزایش سن درخت، مقدار ریشه‌های کم‌قطر کاهش می‌یابد و تولید زیاد ریشه‌های کم‌قطر در سال‌های نخست زندگی درختان رخ می‌دهد. این ریشه‌ها به‌سرعت آب و مواد غذایی را جذب می‌کنند و در طول زمان به ریشه‌های قطور تبدیل می‌شوند، بنابراین بهتر می‌توانند از درختان قطور پشتیبانی کنند و آنها را در خاک نگه دارند. کاهش مقاومت کششی در درختان قطور، به‌دلیل نزدیک شدن درخت به سن دیرزیستی و به‌احتمال زیاد پوسیدن درخت است [۲۱].

نتیجه‌گیری

در گذشته در دامنه‌های ناپایدار، با تنک کردن درختان و حذف درختان قطورتر (به‌منظور کاهش وزن سربار)، برای بهبود پایداری دامنه‌ها اقدام می‌شد، اما نتایج این پژوهش نشان داد که با افزایش قطر درختان تا دامنه‌ای مشخص، مقاومت کششی ریشه و نیروی کششی آنها افزایش می‌یابد. پیشنهاد می‌شود در پژوهش‌های آتی به بررسی تأثیر وزن سربار در کنار مقاومت کششی ریشه‌ها و اثر آنها بر پایداری دامنه پرداخته شود. ازآنجا که پژوهش صورت‌گرفته، اولین پژوهش در زمینهٔ تأثیر قطر درختان بر مقاومت کششی و نیروی کششی ریشه‌ها در جنگل‌های شمال کشور است، باید پژوهش‌های تکمیلی بیشتری در این جنگل‌ها دربارهٔ گونه‌های مختلف و در گرادیان ارتفاعی صورت پذیرد. نتایج این پژوهش نشان داد که باید تغییرات ویژگی‌های مکانیکی ریشهٔ درختان در قطرهای مختلف، در مدل‌سازی‌های پایداری دامنهٔ خاک در نظر گرفته شود.

References

[1]. Vergani, C. (2013). Spatial and temporal dynamics of root reinforcement in Alpine forests. PhD Thesis. University Degli Studi Di Milano, 194 p.

[2]. Korkinejad, M., Ownegh, M., and Sepehri, A. (2005). Comparing applicability of two landslide hazard zonation models in Cia-Rudbar watershed, Gorgan. Journal of Agriculture Sciences and Natural Resources, 12(3): 91-99.

[3]. De Baets, S., Poesen, J., Reubens, B., Wemans, K., De Baerdemaeker, J., and Muys, B. (2008). Root tensile strength and root distribution of typical Mediterranean plant species and their contribution to soil shear strength. Plant and Soil, 305(1-2): 207-226.

www.SID.ir

Archive of SID

[4]. Abdi, E. (2014). Effect of Oriental beech root reinforcement on slope stability (Hyrcanian Forest, Iran). Journal of Forest Science, 60(4): 166-173.

[5]. Esmaiili, M., Abdi, E., Jafary, M., and Majnounian, B. (2017). Comparison of biotechnical characteristics of root in two forest plantations of *Fraxinus excelsior* and *Picea abies*. Journal of Forest Research and Development, 3(3): 237-247.

[6]. Kazemi, M., Abdi, E., Majnounian, B., and Yousefzadeh, H. (2014). The effect of season on resistance of Persian oak (*Quercus persica*) roots (Case study: Tabarok, Bazaft basin). Iranian Journal of Forest, 6(4): 435-444.

[7]. Bischetti, G.B., Bassanelli, C., Chiaradia, E.A., Minotta, G., and Vergani, C. (2016). The effect of gap openings on soil reinforcement in two conifer stands in northern Italy. Forest Ecology and Management, 359: 286-299.

[8]. Schwarz, M., Phillips, C., Marden, M., McIvor, I.R., Douglas, G.B., and Watson, A. (2016). Modelling of root reinforcement and erosion control by 'Veronese' poplar on pastoral hill country in New Zealand. New Zealand Journal of Forestry Science, 46(4): 1-17.

[9]. Genet, M., Stokes, A., Salin, F., Mickovski, S.B., Fourcaud, T., Dumail, J.F., and VanBeek, R. (2005). The influence of cellulose content on tensile strength in tree roots. Plant and Soil, 278(1-2): 1-9.

[10]. Sagheb-Talebi, K., and Eslami, A. (2008). Nature-based silviculture - how can we achieve the equilibrium state in uneven-aged oriental beech stands? 8th International Symposium, IUFRO Research Group. Sept. 8-13, Hokkaido, Japan, pp. 79-81.

[11]. Cofie, P., and Koolen, A.J. (2001). Test speed and other factors affecting the measurements of tree root properties used in soil reinforcement models. Soil and Tillage Research, 63(1-2): 51-56.

[12]. Vergani, C., Schwarz, M., Cohen, D., Thormann, J.J., and Bischetti, G.B. (2014). Effects of root tensile force and diameter distribution variability on root reinforcement in the Swiss and Italian Alps. Canadian Journal of Forest Research, 44(11): 1426-1440.

[13]. Vergani, C., Schwarz, M., Soldati, M., Corda, A., Giadrossich, F., Chiaradia, E. A., Morando, P., and Bassanelli, C. (2016). Root reinforcement dynamics in subalpine spruce forests following timber harvest: a case study in Canton Schwyz, Switzerland. Catena, 143: 275-288.

[14]. Zhang, C., Chen, L., Jiang, J., and Zhou, S. (2012). Effects of gauge length and strain rate on the tensile strength of tree roots. Trees, 26(5): 1577-1584.

[15]. Leung, F.T.Y., Yana, W.M., Hau, B.C.H., and Tham, L.G. (2015). Root systems of native shrubs and trees in Hong Kong and their effects on enhancing slope stability. Catena, 125: 102-110.

[16]. Genet, M., Stokes, A., Fourcaud, T., and Norris, J.E. (2010). The influence of plant diversity on slope stability in a moist evergreen deciduous forest. Ecological Engineering, 36(3): 265-275.

[17]. Abdi, E., Majnounian, B., Genet, M., and Rahimi, H. (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.

[18]. Hathaway, R.L., and Penny, D. (1975). Root strength in some Populus and Salix clones. New Zealand Journal of Botany, 13(3): 333-343.

[19]. Stokes, A., 2002. Biomechanics of tree root anchorage. In: Waisel Y., Eshel A., Kafkafi U. (eds): Plant Roots: The Hidden Half. New York, Marcel Dekker: 175–186.

[20]. Genet, M., Stokes, A., Fourcaud, T., Hu, X., Lu, Y., Marui, H., Marutani, T., and Watanabe, N. (2006). Soil fixation by tree roots: changes in root reinforcement parameters with age in *Cryptomeria japonica* D. Don. Plantations, Interpraevent: Disaster Mitigation of Debris Flows, Slope Failures and Landslides, Sep 25–27, Niigata. Japan, 2006: 535-542.

[21]. John, B., Pandey, H.N., and Tripathi, R.S. (2001). Vertical distribution and seasonal changes of fine and coarse root mass in *Pinus kesiya* Royle Ex. Gordon forest of three different ages. Acta Oecologia, 22(5-6): 293-300.

www.SID.ir

Archive of SID

Comparing roots mechanical characteristics of hornbeam trees in different diameter at breast height classes

A. Deljouei; PhD Candidate; Department of Forestry and Forest Economics, Faculty of Natural Resources, University of Tehran, Karaj, I.R. Iran

E. Abdi*; Assoc. Prof., Department of Forestry and Forest Economics, Faculty of Natural Resources, University of Tehran, Karaj, I.R. Iran

B. Majnounian; Prof., Department of Forestry and Forest Economics, Faculty of Natural Resources, University of Tehran, Karaj, I.R. Iran

M. Schwarz; Assist. Prof., School of Agricultural, Forest and Food Sciences, Bern University of Applied Sciences, Zollikofen, Switzerland

(Received: 10 February 2018, Accepted: 13 May 2018)

ABSTRACT

Quantifying the mechanical properties of roots is one of the most important issues in stabilizing slopes and modeling soil reinforcement. The aim of this study was to estimate the mechanical properties of hornbeam trees in three stem diameter classes include small, medium, and large trees in Patom district of Kheyrud forest. For this purpose, number of five trees in small (7.5-32.5 cm), medium (32.5-57.5 cm) and large (57.5-82.5 cm) diameter classes were selected and roots on both up and down sides (slope of 20-30 percent) of the trees were collected, then placed between two jaws of the Instron machine. Tensile strength test and tensile force were performed. The results showed that there is a positive power relationship between root diameter and tensile force. In all stem diameter classes at both sides of trees, tensile strength decreases by increasing root diameter based on negative power function. The results of covariance analysis showed that tensile force and tensile strength were significantly different among three stem diameter classes. Tensile force was higher in medium and small trees at up and down sides, respectively. While, in large trees tensile force in downside was more than upside. In medium trees, tensile strength were significantly higher in upside and downside ($F=12.9$, $P<0.05$) than small and large trees. Covariate factor (root diameter) was significant in all cases. The results of this study showed that stem diameter of trees and up and down sides of the trees affect the tensile force and tensile strength of hornbeam trees and it is possible to change the amount of tensile strength with age. Therefore, it is necessary to investigate changes in roots mechanical properties in different ages of trees in order to modeling the slope stability.

Keywords: Kheyrud forest, Bioengineering, Root tensile strength, Root tensile force.

* Corresponding Author, Email: abdie@ut.ac.ir, Tel: +98263223044

www.SID.ir