19th Iranian Soil Science Congress
2-4 December, 2025

نوزدهمین کنگره علوم خاک ایران
۱۱ تا ۱۳ آذرماه ۱۴۰۴

مدیریت جامع‌نگر و هوشمند خاک و آب
Holistic and Smart Soil and Water Management
دانشکدگان کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران
College of Agriculture & Natural Resources, University of Tehran

۰۴۲۵۰-۳۲۰۳۱

مقایسه ویژگی‌های بیومکانیکی ریشه موثر در حفاظت خاک در گیاهان مرتعی (فسکیوی بلند، *بروموس اینرمیس* و *بروموس تومنتلوس*)

نسرین سعادتی[۱*]، محمدرضا مصدقی[۲]، محمدرضا سبزعلیان[۳]، مهرنوش جعفری[۴]

۱- دانش‌آموخته دکتری گروه علوم خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان **saadati.nas@gmail.com**

۲- استاد گروه علوم خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان

۳- استاد گروه تولید و ژنتیک گیاهی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان

۴- استادیار گروه مهندسی بیوسیستم، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان

چکیده

ویژگی‌های بیومکانیکی ریشه در پیش‌بینی تقویت مکانیکی و حفاظت خاک توسط ریشه گیاهان اهمیت زیادی دارد. این پژوهش با هدف مقایسه ویژگی‌های بیومکانیکی ریشه موثر در حفاظت خاک (شامل مقاومت کششی، σ_Y، کرنش کششی، ϵ_Y، و ضریب کشسانی یانگ، E_0) بین گیاهان مرتعی فسکیوی بلند (ژنوتیپ‌های 75B و 75C)، *بروموس اینرمیس* و *بروموس تومنتلوس* انجام شد. پنجه‌های گیاهان در ستون‌های خاک کشت شده و پس از شش ماه، ترکیبات ریشه، و σ_Y، ϵ_Y و E_0 ریشه‌ها با دستگاه جامع کشش-فشار اندازه‌گیری شد. نتایج نشان داد در قطرهای کم ریشه، مقدار سلولز در ژنوتیپ 75C فسکیوی بلند بیش‌تر از بقیه گیاهان بود و با افزایش قطر در *بروموس اینرمیس* بیش‌تر شد که باعث مقادیر بیش‌تر σ_Y، ϵ_Y و E_0 ریشه‌های این گونه گیاهی شد. مقادیر σ_Y و ϵ_Y ریشه با یکدیگر ارتباط قویی داشتند. سلولز، سلولز+لیگنین و همی‌سلولز و نسبت سلولز به لیگنین تغییرات σ_Y ریشه را توجیه نمودند ولی نسبت سلولز به لیگنین عمدتاً بر ϵ_Y موثر بود. مقاومت کششی ریشه به‌طور مستقیم با مقادیر سلولز، همی‌سلولز و لیگنین مرتبط بود. در *بروموس اینرمیس*، مقادیر سلولز و نسبت (سلولز+همی‌سلولز) به لیگنین زیاد توجیه-کننده مقادیر زیاد σ_Y در ریشه‌های این گیاه بود. کم‌ترین مقادیر σ_Y در ریشه‌های *بروموس تومنتلوس* مشاهده شد که به‌دلیل کم‌ترین مقادیر نسبت سلولز به لیگنین در ریشه‌های این گیاه نسبت به بقیه گونه‌ها می‌تواند باشد.

واژگان کلیدی: مقاومت کششی ریشه، کرنش کششی ریشه، ضریب کشسانی ریشه، سلولز، همی‌سلولز

مقدمه

ویژگی‌های بیومکانیکی ریشه در بررسی و پیش‌بینی تقویت مکانیکی خاک توسط ریشه گیاهان اهمیت زیادی است. ویژگی‌های بیومکانیکی ریشه موثر در حفاظت خاک شامل مقاومت کششی (σ_Y)، کرنش کششی (ϵ_Y) و ضریب کشسانی یانگ (E_0) است. ریشه‌های گیاه در هنگام برش خاک (کشش ریشه)، به‌دلیل σ_Y زیاد و اصطکاک بین ریشه و خاک، عمدتاً با افزایش چسبندگی بر مقاومت برشی خاک تأثیر می‌گذارند (Masi et al., 2021). به‌طور کلی، تقویت مکانیکی خاک با ریشه به تعداد و جهت ریشه‌هایی که از صفحه برش عبور می‌کنند، و مقاومت کششی، قطر و ترکیب ریشه‌ها بستگی دارد (Ng et al., 2019). بنابراین، مقاومت زیاد ریشه‌ها در برابر نیروهای کششی باعث تقویت خاک‌های ریشه‌دار در هنگام برش و بهبود مقاومت برشی خاک-ریشه می‌شود (Stokes et al., 2023). ارتباط بین بیومکانیک، مقاومت مکانیکی ریشه و سختی آن به‌طور قابل توجهی از قطر ریشه تأثیر می پذیرد. ویژگی‌های مکانیکی ریشه‌ها تعیین‌کننده نقش آن‌ها در تقویت مکانیکی خاک است.

آزمون‌های کشش و خمش برای کشش یا خم‌شدن ریشه‌ها و تعیین مقاومت ریشه استفاده می‌شوند. اغلب آزمایش‌ها روی ریشه‌های با قطر مختلف برای تعیین رفتار مکانیکی آن‌ها با توجه به مقیاس انجام می‌شود. با این حال، اندازه‌گیری ویژگی‌های بیومکانیکی ریشه، به دلیل دشواری انجام و تغییرپذیری زیاد نتایج، پیچیده است (Hamza et al., 2006). مقاومت کششی ریشه به شکل ریشه، گونه گیاهی و سن ریشه بستگی دارد. مقاومت کششی ریشه بین گونه‌های مختلف گیاهان و هم در همان گونه گیاهی به دلیل سن، ویژگی‌های خاک، ارتفاع و جهت شیب به‌طور قابل توجهی متفاوت است (Genet et al., 2008). ویژگی‌های خاک، مانند چگالی ظاهری، فشار آب منفذی، مقاومت مکانیکی، سفتی و اصطکاک سطح مشترک خاک-ریشه نیز بر اثر تقویتی ریشه موثر است (Cofie and Koolen, 2001). ویژگی‌های مکانیکی ریشه (مانند σ_Y، ϵ_Y و E_0) و تقویت خاک توسط ریشه به ترکیب و ویژگی‌های مورفولوژیک آن بستگی دارد. ویژگی‌های بیومکانیکی ریشه عمدتاً تحت تأثیر محتوای سلولز و لیگنین آن است (Genet and Stokes 2005). درصد سلولز (فراوان‌ترین ترکیب گیاهی)، همی‌سلولز و لیگنین به‌طور مستقیم بر مقاومت کششی ریشه‌ها تأثیر می‌گذارد. همچنین دیواره سلولی گیاهان دارای همی‌سلولز است که پیوندهای بین فیبرهای سلولزی ایجاد کرده، با لیگنین کمپلکس‌هایی را تشکیل داده و ریشه‌ها را تقویت می‌کند (Genet et al., 2008).

Genet و Stokes (2005) با بررسی رابطه بین σ_Y و قطر ریشه، آزمون کشش روی ریشه‌های با قطر ۰/۲ تا ۱۲ میلی‌متر در سه گونه مخروطیان و دو گونه پهن‌برگ انجام دادند. نتایج نشان داد که در گونه‌های مورد بررسی بین σ_Y و قطر ریشه رابطه معنی‌داری وجود دارد که افزایش شدید σ_Y در ریشه‌ها با قطر کمتر از ۰/۹ میلی‌متر مشاهده شد. Mickovski و همکاران (2009) با آزمون کشش ریشه‌های درخت بید بیان کردند ریشه‌های با قطر کوچک نسبت به ریشه‌های با قطر بزرگ قوی‌تر و سفت‌تر بودند. آن‌ها نشان دادند با افزایش قطر ریشه درخت بید، σ_Y ریشه‌ها به‌صورت نمایی کاهش می‌یابد. Coppin و Richards (1990) اثر تقویتی قابل توجه ریشه‌های نازک بر خاک را به دلیل داشتن σ_Y زیادتر و تعداد بیش‌تر ریشه نسبت به ریشه‌های قطور گزارش کردند. همچنین همبستگی خوبی بین مقدار ریشه‌های ریز با قطر کم‌تر از یک میلی‌متر و مقاومت برشی خاک-ریشه اندازه‌گیری‌شده با دستگاه برش مستقیم مزرعه‌ای گزارش شد.

فسکیوی بلند به دلیل توانایی رویش در خاک‌های مختلف، تحمل خشکی، شوری و قلیاییت، تولید چمن انبوه، و سیستم ریشه‌ای گسترده برای تولید علوفه و حفاظت خاک استفاده می‌شود (موسوی بزاز و همکاران، ۱۳۹۴). *بروموس اینرمیس* یکی از مهم‌ترین گونه‌های چندساله گراس‌ها است؛ گراس بومی اروپا و آسیا بوده و سازگاری خوبی با آب و هوای معتدله دارد. این گیاه پراکنش و تنوع بسیار زیادی در ایران دارد و به سرما و خشکی مقاوم است. *بروموس تومنتلوس* یکی از گیاهان مرتعی علوفه‌ای مناسب برای ایجاد چراگاه و تولید علوفه است و منبع مناسبی برای تامین بخشی از خوراک دام کشور محسوب می‌شود (تاتاری و همکاران، ۱۳۹۴). این پژوهش با هدف بررسی ویژگی‌های بیومکانیکی ریشه موثر در حفاظت خاک (شامل σ_Y، ϵ_Y و E_0) در گیاهان مرتعی فسکیوی بلند (75B و 75C)، *بروموس اینرمیس* و *بروموس تومنتلوس* انجام شد.

مواد و روش‌ها

پنجه گیاهان مرتعی فسکیوی بلند (75B و 75C)، *بروموس تومنتلوس* و *بروموس اینرمیس* در ستون‌های یک خاک لوم رسی شنی کشت شده و در گلخانه گروه پژوهشی روابط خاک و گیاه دانشگاه صنعتی اصفهان پرورش داده شدند. پس از شش ماه، ریشه‌ها از خاک جدا شده و آزمون کشش آن‌ها با دستگاه جامع کشش-فشار انجام شد. تعداد زیادی ریشه پس از جداسازی از خاک برای اندازه‌گیری آماده شده (با طول ۱۴ سانتی‌متر) و در یخچال نگهداری شدند. ریشه‌ها بر اساس قطر به پنج گروه ۰/۲۵-۰، ۰/۴-۰/۲۵، ۰/۵-۰/۴، ۱-۰/۵ و ۲-۱ میلی‌متر تقسیم‌بندی شدند. مقاومت کششی (σ_Y) با تقسیم بیشینه نیروی کششی بر سطح مقطع ریشه و کرنش کششی (ϵ_Y) با تقسیم افزایش طول در نقطه گسیختگی بر طول اولیه ریشه محاسبه شد. ضریب

کشسانی (E_0) از شیب ابتدایی منحنی تنش کششی-کرنش کششی به‌دست آمد. مقادیر سلولز، همی‌سلولز و لیگنین ریشه‌ها به‌روش Goering و Van Soest (1970) اندازه‌گیری شد. این پژوهش در قالب طرح اصلی کاملاً تصادفی با تکرارهای در دامنه ۸۰ تا ۱۸۰ انجام شد. تجزیه واریانس و مقایسه میانگین‌ها (آزمون LSD) با استفاده از نرم‌افزار SAS (نسخه ۹/۴) انجام شد.

نتایج و بحث

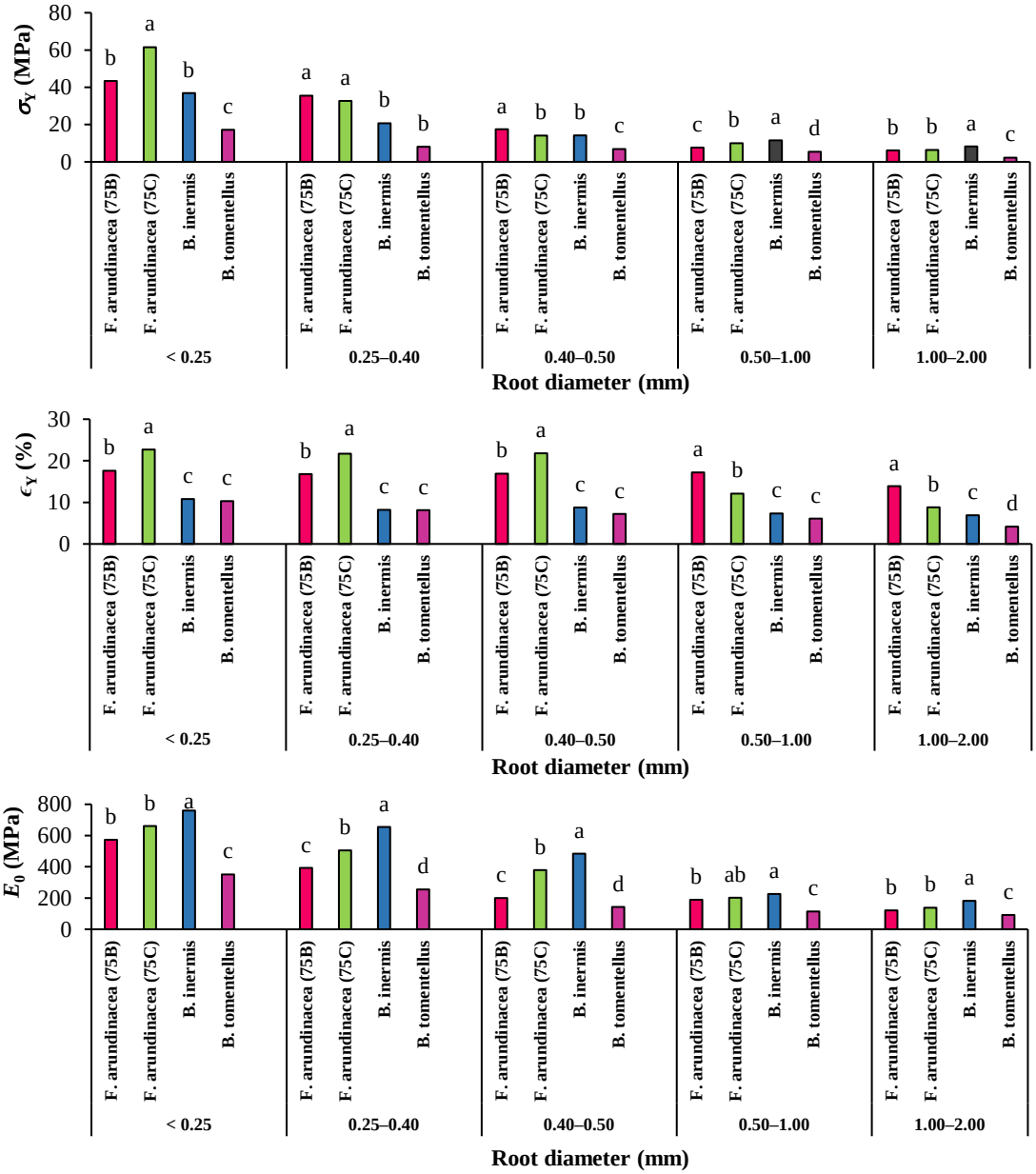
مقایسه میانگین ترکیبات شیمیایی ریشه‌های با قطرهای ۰/۵-۰، ۱-۰/۵ و ۲-۱ میلی‌متر بین گونه‌های گیاهی مورد بررسی در جدول ۱ ارائه شده است. مقدار سلولز و همی سلولز بیش‌تر از محتوای لیگنین بود. در دامنه قطر ۰/۵-۰ میلی‌متر، بیش‌ترین مقادیر سلولز و سلولز+لیگنین و نسبت سلولز به لیگنین در ریشه *فسکیوی بلند* ژنوتیپ 75C و به دنبال آن *بروموس اینرمیس*، فسکیوی بلند (ژنوتیپ 75B) و *بروموس تومنتلوس* اندازه‌گیری شد. بیش‌ترین نسبت (سلولز+همی سلولز) به لیگنین در ریشه فسکیوی بلند ژنوتیپ 75C و به دنبال آن فسکیوی بلند ژنوتیپ 75B، *بروموس اینرمیس و بروموس تومنتلوس* اندازه‌گیری شد. در دو دامنه قطر دیگر (۱-۰/۵ و ۲-۱ میلی‌متر)، بیش‌ترین مقدار سلولز و سلولز+لیگنین و سلولز+همی‌سلولز در ریشه‌های گیاه *بروموس اینرمیس* مشاهده شد و بیش‌ترین نسبت (سلولز+همی سلولز) به لیگنین و سلولز به لیگنین و کم‌ترین مقدار لیگنین در ریشه‌های ژنوتیپ 75B گیاه فسکیوی بلند اندازه‌گیری شد (جدول ۱).

جدول ۱- مقایسه میانگین ترکیبات ریشه‌های با قطرهای مختلف بین گیاهان مرتعی مورد بررسی

گونه گیاهی	قطر ریشه (mm)	همی‌سلولز	سلولز (٪)	لیگنین	سلولز+لیگنین
F. arundinacea 75B	۰/۵-۰	۳۵/۴^{a}	۳۰/۳^{c}	۷/۲^{ab}	۳۷/۵^{c}
F. arundinacea 75C		۳۱/۶^{b}	۴۴/۷^{a}	۷/۴^{ab}	۵۲/۱^{a}
B. inermis		۳۴/۲^{a}	۳۵/۹^{b}	۷/۹^{a}	۴۳/۸^{b}
B. tomentellus		۲۳/۱^{c}	۲۳/۱^{d}	۶/۵^{b}	۲۹/۶^{d}
F. arundinacea 75B	۱-۰/۵	۲۸/۴^{c}	۳۳/۱^{c}	۸/۰^{d}	۴۱/۱^{d}
F. arundinacea 75C		۳۴/۶^{a}	۳۳/۵^{b}	۹/۳^{c}	۴۲/۸^{c}
B. inermis		۳۳/۳^{b}	۳۵/۱^{a}	۱۰/۲^{a}	۴۵/۳^{a}
B. tomentellus		۲۰/۹^{d}	۳۲/۹^{d}	۱۰/۱^{b}	۴۳/۰^{b}
F. arundinacea 75B	۲-۱	۳۱/۶^{a}	۳۳/۱^{c}	۹/۲^{c}	۴۰/۸^{c}
F. arundinacea 75C		۳۰/۰^{b}	۳۳/۲^{b}	۸/۷^{d}	۴۲/۴^{b}
B. inermis		۲۸/۰^{c}	۳۴/۵^{a}	۱۰/۲^{b}	۴۵/۴^{a}
B. tomentellus		۱۸/۷^{d}	۲۳/۱^{d}	۱۱/۰^{a}	۳۴/۲^{d}

در هر ستون و در هر گروه قطر ریشه، اعداد دارای حروف مختلف تفاوت معنی‌دار دارند (LSD, $p<۰/۰۵$).

مقایسه میانگین اثر گونه گیاهی بر σ_Y، ϵ_Y و E_0 در ریشه‌های با قطرهای مختلف در شکل ۱ ارائه شده است. به‌طور کلی با افزایش قطر ریشه، تمامی پارامترهای بیومکانیکی ریشه در گیاهان مورد بررسی کاهش چشم‌گیری یافتند (شکل ۱).



شکل ۱- مقایسه میانگین مقاومت کششی (σ_Y)، کرنش کششی (ϵ_Y) و ضریب کشسانی یانگ (E_0) در اندازه‌های مختلف ریشه بین گیاهان مرتعی مورد بررسی. در هر گروه قطر ریشه، ستون‌های دارای حروف مختلف تفاوت معنی‌دار دارند (LSD, p<۰/۰۵).

در بین گیاهان مورد بررسی، بیش‌ترین σ_Y برای ریشه‌های ریز (قطر کم‌تر از ۰/۵ میلی‌متر) در فسکیوی بلند (ژنوتیپ 75C) مشاهده شد ولی ریشه‌های گیاه *برموس اینرمیس* با قطرهای بزرگ‌تر از ۰/۵ میلی‌متر بیش‌ترین مقدار این پارامتر بیومکانیکی را داشتند. تفاوت مقادیر σ_Y ریشه بین دو ژنوتیپ فسکیوی بلند در قطرهای مختلف ریشه معنی‌دار بود. تفاوت مقادیر σ_Y ریشه‌های ریز (قطر کم‌تر از ۰/۵ میلی‌متر) بین گیاهان مورد بررسی بیش‌تر بود. برای مثال در قطر کم (۰/۲۵-۰ میلی‌متر)، میانگین مقادیر σ_Y ریشه‌های ژنوتیپ 75C گیاه فسکیوی بلند به میزان ۳/۵۷ برابر بیش‌تر از مقادیر نظیر آن در

ریشه‌های *بروموس تومنتلوس* بود. اما با افزایش قطر ریشه این تفاوت کاهش یافت به‌طوری که در ریشه‌های در شت‌تر (۲-۱ میلی‌متر)، میانگین مقادیر σ_Y در گیاه *بروموس اینرمیس* حدود ۳/۲۶ برابر *بروموس تومنتلوس* بود (شکل ۱).

بیش‌ترین مقادیر ϵ_Y در ریشه‌های ریز (قطر کمتر از ۰/۵ میلی‌متر) به ژنوتیپ 75C فسکیوی بلند مربوط بود و سپس مقادیر آن در ریشه‌های ژنوتیپ 75B این گیاه، و گیاهان *بروموس اینرمیس* و *بروموس تومنتلوس* قرار داشتند. ریشه‌های درشت ژنوتیپ 75B فسکیوی بلند بیش‌ترین مقادیر ϵ_Y را داشتند. ولی تفاوت مقادیر ϵ_Y ریشه بین گیاهان *بروموس اینرمیس* و *بروموس تومنتلوس* معنی‌دار نبود (شکل ۱). به‌طور کلی با افزایش قطر ریشه، مقادیر ϵ_Y و σ_Y در ریشه تمامی گیاهان مورد بررسی کاهش یافت ولی نرخ کاهش ϵ_Y با افزایش قطر ریشه در مقایسه با σ_Y کم‌تر بود. به‌نظر می‌رسد مقادیر σ_Y ریشه تا حدی با مقدار سلولز و سلولز+همی‌سلولز و سلولز+همی‌سلولز+لیگنین به‌طور مستقیم مرتبط باشد. بیش‌ترین مقادیر ϵ_Y را می‌توان به بیش‌ترین مقادیر نسبت سلولز به لیگنین و نسبت (سلولز+همی‌سلولز) به لیگنین و کم‌ترین مقدار لیگنین نسبت داد (جدول ۱ و شکل ۱). پژوهشگران نیز مشاهده کردند که مقاومت کششی ریشه با مقدار سلولز و لیگنین آن مرتبط است (Zhang et al., 2014).

مقایسه میانگین مقادیر E_0 در قطرهای مختلف ریشه نشان داد در بین گیاهان مورد بررسی، بیش‌ترین مقادیر آن در ریشه‌های گیاه *بروموس اینرمیس* مشاهده شد. این یافته بیان‌گر آن است که در کرنش کششی برابر، مقاومت کششی ریشه *بروموس اینرمیس* نسبت به سایر گونه‌های گیاهی مورد بررسی بیش‌تر است. کم‌ترین مقدار این پارامتر مربوط به ریشه‌های گیاه *بروموس تومنتلوس* بود. مشابه دو پارامتر دیگر، ضریب سفتی اولیه (E_0)، که برابر شیب بخش ابتدایی منحنی تنش کششی-کرنش کششی است، با افزایش قطر ریشه با شدت زیادی کاهش یافت.

نتیجه‌گیری

ویژگی‌های بیومکانیکی ریشه (مقاومت کششی، σ_Y و کرنش کششی، ϵ_Y، و ضریب کشسانی، E_0) بین گیاهان مرتعی مورد بررسی تفاوت زیادی داشتند. ارتباط قویی بین ویژگی‌های بیومکانیکی ریشه نیز مشاهده شد. مقادیر سلولز، سلولز+لیگنین و همی سلولز و نسبت سلولز به لیگنین تغییرات σ_Y ریشه را توجیه نمودند، اما نسبت سلولز به لیگنین عمدتاً بر ϵ_Y موثر بود. مقدار σ_Y به‌طور مستقیم با مقادیر سلولز، همی‌سلولز و لیگنین ریشه مرتبط بود. در قطرهای کم ریشه، مقدار سلولز در ژنوتیپ 75C فسکیوی بلند بیش‌تر بود و با افزایش قطر در *بروموس اینرمیس* بیش‌تر شد که باعث مقادیر بیش‌تر σ_Y این دو گونه گیاهی شد. در گونه *بروموس اینرمیس*، مقادیر سلولز و نسبت (سلولز+همی‌سلولز) به لیگنین زیاد توجیه‌کننده مقادیر σ_Y زیاد در ریشه‌های این گیاه است. کم‌ترین مقادیر σ_Y در ریشه‌های *بروموس تومنتلوس* مشاهده شد که به‌دلیل کم‌ترین مقادیر نسبت سلولز به لیگنین در ریشه‌های آن نسبت به بقیه گونه‌ها می‌تواند باشد. در کل یافته‌های این پژوهش نشان داد می‌توان از گیاهان مورد بررسی (به‌ویژه *بروموس اینرمیس*) در حفاظت بیولوژیک خاک در برابر نیروهای فرساینده استفاده کرد.

فهرست منابع

تاتاری، م.، موسوی، ا.، و اعتمادی، ن. ا. (۱۳۹۴). بررسی برخی خصوصیات مورفولوژیک سه گونه چمن در شرایط تنش خشکی. دو فصل‌نامه خشک-بوم، ۵: ۲۶- ۱۱.

موسوی بزاز، آ.، تهرانی فر، ع.، کافی، م.، گزانچیان، ع.، و شور، م. (۱۳۹۴). تأثیر شوری بر جوانه زنی و رشد گیاهچه در توده‌های بومی گراس فسکویه بلند در ایران. نشریه علوم باغبانی، ۲۶۹:۲۹۰- ۲۷۶.

Cofie, P. and Koolen, A. (2001). Test speed and other factors affecting the measurements of tree root properties used in soil reinforcement models. Soil Tillage Res, 63, 51–56.

Coppin, N. J. and Richards, I. G. (1990). Use of vegetation in civil engineering. Butterworth, London, 272.
Dakora, F. D. and Nelwamondo, A. (2003). Silicon nutrition promotes root growth and tissue mechanical strength in symbiotic cowpea. Funct. Plant Biol, 30, 947–953.
Genet, M., Stokes, A., Salin, F., Mickovski, S. B., Fourcaud, T., Dumail, J.-F. and Van Beek, R. (2005). The influence of cellulose content on tensile strength in tree roots. Plant Soil, 278, 1–9.
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. For. Ecol. Manag, 256, 1517–1526.
Goering, H. and Van Soest, P. (1970). Forage Fiber Analysis: Apparatus, Reagents, Procedures and some Applications. USDA-ARS Agricultural Handbook 379, Washington DC.
Hamza, O., Bengough, A., Bransby ,M., Davies, M. and Hallett, P. (2006). Biomechanics of plant roots: estimating localised deformation with particle image velocimetry. Biosyst. Eng, 94, 119–132.
Masi, E. B., Segoni, S. and Tofani, V. (2021). Root reinforcement in slope stability models: a review. Geosciences, 11, 212.
Mickovski, S. B., Hallett, P. D., Bransby, M. F., Davies, M. C., Sonnenberg, R. and Bengough, A. G. (2009). Mechanical reinforcement of soil by willow roots: impacts of root properties and root failure mechanism. Soil Sci. Soc. Am. J, 73, 1276–1285.
Ng, C., Leung, A. and Ni, J. (2019). Plant-soil slope interaction. CRC Press of Taylor & Francis Group. Boca Raton.
Stokes, A., Yildiz, A., Goss, M. J. and Oliver, M. (2023). The reinforcement of soil by plant roots. Treatise on Geomorphology. Encyclopedia of Soils in the Environment, Elsevier, pp. 115–122.
Zhang, C.-B., Chen, L.-H. and Jiang, J. (2014). Why fine tree roots are stronger than thicker roots: The role of cellulose and lignin in relation to slope stability. Geomorphology, 206, 196–202.

Comparison of root biomechanical properties effective in soil conservation among selected rangeland plants of tall fescue, *Bromus tomentellus* and *Bromus inermis*

N. Saadati [1*], M.R. Mosaddeghi [2], M.R. Sabzalian [3], M. Jafari [4]
[1*] Graduated PhD, Department of Soil Science, College of Agriculture, Isfahan University of Technology
[2] Prof., Department of Soil Science, College of Agriculture, Isfahan University of Technology
[3] Prof., Department of Agronomy and Plant Breeding, College of Agriculture, Isfahan University of Technology
[4] Assist. Prof., Department of Biosystems Engineering, College of Agriculture, Isfahan University of Technology

Abstract
Root biomechanical properties are very important for prediction of soil reinforcement and conservation by plant roots. This study was conducted to compare root biomechanical characteristics effective in soil conservation (tensile strength, σ_Y, tensile strain, ϵ_Y, and Young's modulus of elasticity, E_0) among rangeland plants of tall fescue (two genotypes of 75B and 75C), *Bromus tomentellus* and *Bromus inermis*. Tillers of the plants were cultivated in soil columns; after six months, root composition, and σ_Y, ϵ_Y and E_0 were measured using an Instron universal tension-compression device. The results showed that for the fine roots, cellulose content was greater in genotype 75C of tall fescue compared to other plants. However, for the thicker roots the cellulose content was greater in *Bromus inermis*, a reason for its high σ_Y, ϵ_Y and E_0. The root σ_Y and ϵ_Y values strongly correlated. The cellulose, cellulose+lignin, hemicellulose and cellulose/lignin ratio explained the root σ_Y variation, but cellulose/lignin ratio mainly governed the variation of root ϵ_Y among the plants. Root tensile strength was directly related to cellulose, hemicellulose and lignin contents. In *Bromus inermis*, high cellulose content and (cellulose+hemicellulose)/lignin ratio explained the high root σ_Y values of this species. Lowest σ_Y values were observed in the roots of *Bromus tomentellus*, attributed to the lowest cellulose/lignin ratios in its roots compared to other species.

Keywords: Root tensile strength, Root tensile strain, Root modulus of elasticity, Cellulose, Hemicellulose