شانزدهمین کنگره علوم خاک ایران

دانشگاه زنجان، ۵ تا ۷ شهریور ۱۳۹۸

محور مقاله: فیزیک خاک و رشد گیاه

بررسی اثر همزیستی قارچ اندوفیت بر مقاومت کششی ریشه‌های فستوکای بلند (ژنوتیپ C)

نسرین سعادتی[1*]، محمدرضا مصدقی[2]، محمد رضا سبزعلیان[3]

[1] دانشجوی دکتری گروه علوم خاک دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان

[2] استاد گروه علوم خاک دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان

[3] دانشیار گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان

چکیده

همزیستی قارچ اندوفیت-فسکیوی بلند آثار مفیدی برای گیاه و خاک دارد. پژوهش حاضر با هدف بررسی و مقایسه مقاومت کششی ریشه-های گیاه فستوکای بلند (ژنوتیپ C) با اندوفیت (E+) و بدون اندوفیت (E–) انجام شد. بدین منظور گیاهان E+ و E– در مزرعه کشت گردید. پس از گذشت ۶ ماه از رشد گیاه، نمونه‌هایی از ریشه گیاه برداشت شد. مقاومت کششی ریشه‌ها در سه گروه اندازه (قطر) با استفاده از دستگاه جامع فشار-کشش (Instron) و مقدار لیگنین با دستگاه شبیه ساز هضم اندازه‌گیری شد. نتایج نشان داد با افزایش قطر ریشه، مقاومت کششی ریشه گیاه به صورت نمایی کاهش یافت. این کاهش مقاومت کششی در قطرهای کم‌تر از ۰/۵ میلی‌متر شدیدتر از قطرهای بیش از ۰/۵ میلی‌متر بود. کاهش مقاومت کششی با افزایش قطر ناشی از افزایش مقادیر لیگنین و کاهش انعطاف‌پذیری ریشه است. حضور قارچ اندوفیت در گیاه تأثیر قابل توجهی برکاهش لیگنین و افزایش مقاومت کششی ریشه‌های ریز گیاه (قطر کم‌تر از ۰/۵ میلی‌متر) در مقایسه با گیاه بدون قارچ اندوفیت داشت. به نظر می‌رسد حضور قارچ اندوفیت با افزایش ویژگی ارتجاعی ریشه گیاه (به ویژه در قطرهای کم) باعث افزایش مقاومت ریشه در برابر گسیختگی و افزایش مقاومت کششی ریشه گیاه فسکیوی بلند شد.

کلمات کلیدی: فستوکای بلند، قارچ اندوفیت، مقاومت کششی ریشه، انعطاف‌پذیری، لیگنینی‌شدن

مقدمه

گراس‌ها از بزرگ‌ترین خانواده‌های گیاهی محسوب می‌شوند و در مقایسه با تیره‌های گیاهی دارای دامنه کشت قابل توجهی هستند. یکی از گراس‌های مهم، فستوکا یا فسکیوی بلند است که ۹ گونه مهم در مراتع ایران دارد و نشان‌دهنده سازگاری این جنس گیاهی با خاک‌های مختلف است (ریاحی‌نیا و همکاران ۱۳۹۰). فسیکوی بلند[1] یک گراس دائمی و سرمادوست و از مهم‌ترین گونه‌های جنس فستوکا به شمار می‌رود. این گیاه گیاه به دلیل توانایی رویش در خاک‌های مختلف، تحمل خوب نسبت به شوری و قلیائیت، تولید چمن انبوه، سیستم ریشه‌ای گسترده و تحمل خشکی، برای تولید علوفه و حفاظت خاک استفاده می‌گردد (Rouhi و همکاران ۲۰۱۱). این گیاه یکی از انواع چمن‌های است که جوانه‌زنی سریع و حالت پرپشت و متراکم دارد و به لحاظ سازگاری وسیع با شرایط محیطی از نظر تولید علوفه، احیای مراتع و احداث چراگاه، ایجاد پوشش‌های چمنی و حفاظت درازمدت خاک به ویژه در زمین‌های شیب‌دار حاصلخیز مورد توجه است (شاه نظری و همکاران ۱۳۸۹). فسکیوی بلند در مناطق مختلف ایران همچون آذربایجان غربی، خراسان، فارس، اصفهان، کرج، دامنه الوند و فیروزکوه به صورت طبیعی رویش دارد. این گیاه در طول دوره‌های تکامل خود، رابطه همزیستی با قارچ اندوفیت برقرار کرده است. قارچ اندوفیت از طریق ترشح آلکالوئیدها و ترکیبات فنلی سبب ایجاد تغییرات مورفولوژیکی در گیاه میزبان شده که در نتیجه آن، مقاومت گیاه به تنش‌های زیستی و غیرزیستی افزایش می‌یابد (Malinowski و Belesky ۲۰۰۰).

روابط همزیستی بین گیاهان و ریزجانداران اثر قابل‌توجهی بر شاخص‌های کیفیت خاک دارد. فسکیوی بلند قادر است همزیستی اختصاصی با قارچ اندوفیت *Epichloë coenophiala* برقرار کند (Malinowski and Belesky, 2000). حضور اندوفیت در اندام‌های هوایی این گیاه بر میزان تجزیه‌پذیری بقایای گیاهی حاصل از آن نیز مؤثر است (Iqbal و همکاران ۲۰۱۲). Lemons و همکاران (۲۰۰۰) نشان دادند که بقایای

* ایمیل نویسنده مسئول: saadati.nas@gmail.com

[1] *Festuca arundinacea*

گیاهان حاوی اندوفیت به دلیل حضور آلکالوئیدها و آثار سمی آن‌ها بر جمعیت‌های میکربی تجزیه‌کننده خاک، با سرعت کم‌تری در مقایسه با بقایای گیاهان عاری از اندوفیت تجزیه می‌شوند. علاوه بر اثر حضور قارچ اندوفیت در شاخساره گیاه بر ویژگی‌های بیولوژیک خاک، اثر حضور این قارچ بر افزایش ذخایر کربن آلی و نیتروژن خاک نیز به خوبی به اثبات رسیده است (Franzluebbers و همکاران ۱۹۹۹). از آنجایی که کشور ایران تنوع وسیعی از گیاهان چمنی و قارچ‌های اندوفیت همزیست با آنها را داراست و از سوی دیگر در شرایط کنونی، مراتع کشور قادر به تأمین علوفه مورد نیاز دام‌ها و حفاظت خاک نیستند بنابراین زمینه مناسبی برای استفاده از این گیاهان و قارچ‌های همزیست با آن‌ها در طرح‌های احیا مراتع و حفاظت خاک وجود دارد. حضور ریشه گیاهان در خاک بر رفتار مکانیکی خاک اثر چشم‌گیری دارد و سبب تقویت خاک در برابر تنش‌های مکانیکی و محیطی (مانند فرسایش توده‌ای) می‌شود. مقاومت مکانیکی خاک تحت تأثیر مقاومت کششی و ریشه‌های گیاه است. خاک در برابر تنش‌های فشاری قوی و در برابر تنش‌های کششی ضعیف است. برعکس، ریشه‌های گیاهان در برابر تنش‌های فشاری ضعیف، اما در برابر تنش‌های کششی قوی هستند. مقاومت کششی ریشه، بیانگر تحمل ریشه‌های گیاه در برابر تنش‌های طولی واگرا (کششی) است که به‌عنوان بیشینه تنش کششی که ریشه می‌تواند تحمل کند، تعریف می‌شود. مقاومت کششی ریشه تحت تأثیر پارامترهای مختلف از جمله گونه گیاهی، قطر ریشه و رطوبت آن، و محل رشد گیاه قرار دارد. از بین این پارامترها، قطر ریشه مهم‌تر بوده و مقاومت کششی ریشه به شدت وابسته به قطر آن است. همچنین، مقاومت ریشه تابعی از ترکیبات ریشه، نوع گونه، نوع خاک، و چگونگی توزیع ریشه‌ها درون خاک است (Pollen و همکاران ۲۰۱۳). اگرچه پژوهش‌هایی در مورد ویژگی‌ها و پارامترهای مکانیکی ریشه (به ویژه گیاهان خشبی و درختان) و اهمیت آنها در تقویت خاک انجام گرفته است ولی در مورد اثر همزیستی قارچ اندوفیت-گیاه بر ویژگی‌ها و پارامترهای مکانیکی ریشه (به ویژه در گیاهان علفی با ریشه افشان) اطلاعاتی وجود ندارد. بنابراین، هدف از این پژوهش بررسی اثر حضور قارچ اندوفیت بر مقاومت کششی ریشه‌های گیاه فستوکای بلند (ژنوتیپ C) است.

مواد و روش‌ها

برای انجام این پژوهش، گیاهان فستوکای بلند (ژنوتیپ C) با قارچ اندوفیت (+E) و بدون قارچ اندوفیت (–E) در مزرعه چاه اناری دانشگاه صنعتی اصفهان کشت گردید. پس از گذشت ۶ ماه از رشد گیاه، نمونه‌هایی از ریشه گیاه برداشت شده و در یخچال نگهداری شدند. قطر ریشه‌ها با کولیس اندازه‌گیری شد و ریشه‌ها بر اساس قطر به سه گروه ۰/۵-۰، ۱-۰/۵ و ۲-۱ میلی‌متر تقسیم‌بندی شدند. مقاومت کششی ریشه‌ها به روش مستقیم با استفاده از دستگاه جامع فشار-کشش (Instron) اندازه‌گیری شد (Mickovski و همکاران ۲۰۰۹). برای این کار ریشه‌ها با قیچی تیز به طول‌های ۱۰ سانتی‌متر بریده شد و از هر گروه اندازه (قطر) حداقل ۲۰ عدد ریشه برای اندازه‌گیری مقاومت کششی انتخاب شد. ریشه‌ها به طور قائم توسط گیره‌های انعطاف‌پذیر و ظریف به دو فک بارگذاری دستگاه جامع فشار-کشش متصل شده و پس از محکم‌نمودن پیچ‌های دو طرف، بارگذاری کششی با سرعت ۱ میلی‌متر بر دقیقه تا گسیختگی کششی ریشه‌ها ادامه یافت. بیشینه نیروی کششی برای گسیختگی از روی منحنی نیرو-تغییرشکل استخراج شد. در نهایت از تقسیم بیشینه نیروی کششی بر سطح مقطع ریشه، مقاومت کششی ریشه محاسبه شد. برای اندازه گیری لیگنین یک گرم از نمونه‌های آون خشک شده و آسیاب شده در کیسه‌های مخصوص قرار داده شد. کیسه‌ها به همراه ۵۰۰ میلی‌لیتر اسید سولفوریک ۷۰ درصد به دستگاه شبیه ساز هضم Ankom منتقل شدند. پس از ۳ ساعت کیسه‌ها از دستگاه خارج و با آب مقطر شسته شدند. کیسه‌ها به همراه نمونه درون آن به مدت ۸ ساعت در آون در دمای ۱۰۰ درجه سانتی‌گراد قرار داده و پس از آن توزین گردید. کیسه‌ها به همراه نمونه درون آن به مدت ۳ ساعت در کوره در دمای ۵۰۰ درجه سانتی‌گراد قرار داده و در نهایت وزن خاکستر آن‌ها اندازه‌گیری شد (Goering و همکاران ۱۹۷۰).

$$\text{لیگنین \%} = \{\text{وزن نمونه} / [\text{وزن خاکستر} - ((\text{وزن کیسه}) - (\text{وزن کیسه+پسماند}))]\} \times ۱۰۰$$

نتایج و بحث

مقادیر میانگین مقاومت کششی و لیگنین ریشه گیاهان فستوکای بلند (ژنوتیپ C) با قارچ اندوفیت (+E) و بدون قارچ اندوفیت (–E) در سه گروه اندازه (قطر ریشه) در جدول ۱ و ۲ ارائه گردیده است. نتایج نشان می‌دهد حضور قارچ اندوفیت در گیاه فستوکای بلند تأثیر قابل توجهی بر استحکام و افزایش مقاومت کششی ریشه گیاه به ویژه در ریشه‌های ریز (در قطر کمتر از ۰/۵ میلی‌متر) داشت. ولی حضور قارچ اندوفیت در قطر بیش از ۰/۵ میلی‌متر اثر قابل توجهی بر مقاومت کششی ریشه نداشت. نتایج نشان می‌دهد حضور قارچ اندوفیت در گیاه فستوکای بلند با تأثیر بر کاهش مقادیر لیگنین، بر افزایش مقاومت کششی و انعطاف ریشه اثر قابل توجهی داشت (جدول ۲).

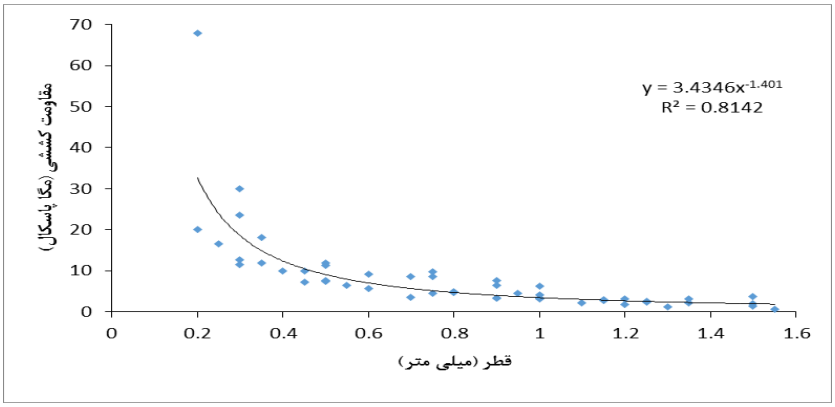
جدول ۱- اثر وضعیت اندوفیت و قطر ریشه بر میانگین مقاومت کششی ریشه (Y) فستوکای بلند

وضعیت اندوفیت	Y (MPa)		
	قطر ۰/۵- ۰ میلی‌متر	قطر ۱- ۰/۵ میلی‌متر	قطر ۲- ۱ میلی‌متر
E+	۳۰/۹۹	۴/۶۵	۲/۰۵
E–	۱۷/۳۵	۵/۵۸	۲/۲۹

جدول ۲- اثر وضعیت اندوفیت و قطر ریشه بر مقدار لیگنین ریشه فستوکای بلند

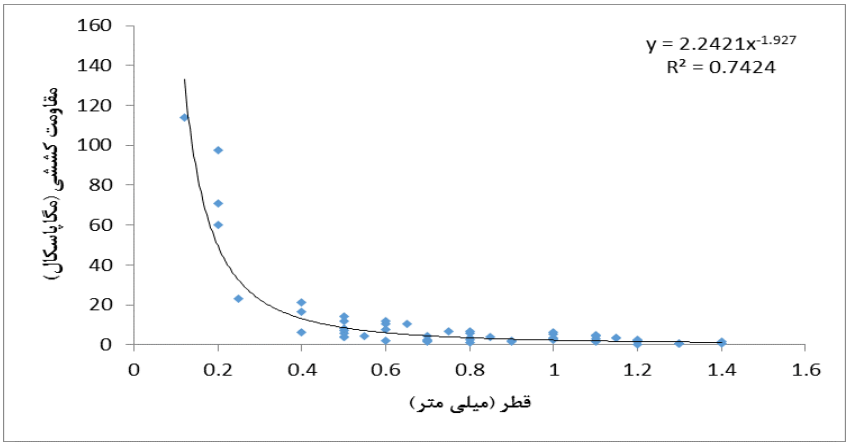
وضعیت اندوفیت	لیگنین (درصد)		
	قطر ۰/۵- ۰ میلی‌متر	قطر ۱- ۰/۵ میلی‌متر	قطر ۲- ۱ میلی‌متر
E+	۴/۳	۶/۷۳	۷/۳۸
E–	۶/۲۵	۷/۱۲	۸/۵

داده‌های مقاومت کششی در برابر اندازه (قطر) ریشه در گیاهان با قارچ اندوفیت (E–) و بدون قارچ اندوفیت (E+) در شکل‌های ۱ و ۲ ارائه شده است. نتایج نشان داد با افزایش قطر ریشه، مقاومت کششی ریشه گیاه به صورت نمایی کاهش یافت که با نتایج پژوهش‌های پیشین هم‌خوانی دارد (Mickovski و همکاران ۲۰۰۹). Genet و همکاران (۲۰۰۵) در بررسی رابطه بین مقاومت کششی و قطر ریشه‌های ۰/۲ تا ۱۲ میلی‌متر سه گونه مخروطی و دو گونه برگ پهن به این نتیجه رسیدند که بین مقاومت کششی و قطر ریشه رابطه منفی و معنی داری برقرار است که با افزایش شدید مقاومت کششی در ریشه‌ها با قطر کمتر از ۰/۹ میلی‌متر همراه است. کاهش مقاومت کششی با افزایش قطر ناشی از افزایش مقادیر لیگنین و چوبی شدن و کاهش انعطاف‌پذیری ریشه است (جدول ۲). Hathaway و همکاران (۱۹۷۵) در بررسی ۶ نوع درخت بید به این نتیجه رسیدند مقاومت کششی بافت‌های مختلف ریشه به میزان قابل توجهی تحت تاثیر سلولز قرار داشت و تغییرات سلولز بیومس درختان تغییرات لیگنین را تحت تأثیر قرار می‌دهد.



شکل ۱- رابطه مقاومت کششی با قطر ریشه فستوکای بلند (ژنوتیپ C) بدون قارچ اندوفیت (E–)

کاهش مقاومت کششی با افزایش اندازه ریشه برای ریشه‌های ریز (قطرهای کم‌تر از ۰/۵ میلی‌متر) شدیدتر از ریشه‌های درشت (قطرهای بیش از ۰/۵ میلی‌متر) است (شکل‌های ۱ و ۲). مقایسه دو شکل نشان می‌دهد که حضور قارچ اندوفیت سبب افزایش مقاومت کششی ریشه‌های ریز گیاه فسکیوی بلند شد. به نظر می‌رسد حضور قارچ اندوفیت با افزایش ویژگی ارتجاعی ریشه گیاه (به ویژه در قطرهای کم) باعث افزایش مقاومت ریشه در برابر گسیختگی و افزایش مقاومت کششی ریشه گیاه شد.



شکل ۲- رابطه مقاومت کششی با قطر ریشه فستوکای بلند (ژنوتیپ C) با قارچ اندوفیت (+E)

نتیجه‌گیری

نتایج این پژوهش نشان داد با افزایش قطر ریشه‌های گیاه فستوکای بلند (ژنوتیپ C)، به علت چوبی‌شدن، افزایش لیگنین و کاهش انعطاف‌پذیری ریشه مقاومت کششی ریشه گیاه کاهش یافت. حضور قارچ اندوفیت با افزایش ویژگی ارتجاعی به ریشه گیاه (به ویژه در قطرهای کم) باعث افزایش مقاومت ریشه در برابر گسیختگی و افزایش مقاومت کششی ریشه گیاه شد. بنابراین به نظر می‌رسد ریشه‌های گیاه فستوکای بلند (ژنوتیپ C) با اندوفیت می‌تواند با اثر بر کاهش لیگنین و در نتیجه افزایش مقاومت کششی ریشه، سبب تقویت خاک در برابر تنش‌های مکانیکی شود.

منابع

ریاحی‌نیا، ش.، خزاعی، ح. ر.، و رزمجو، خ. ۱۳۹۰. تأثیر شوری بر جوانه‌زنی و رشد گیاهچه در توده‌های گراس چمنی. پژوهش‌های زراعی ایران، ۹(۲)، ۲۲۲-۲۲۸.

شاه نظری، م.، سیاسر، ب.، خیام نکویی ،س. م.، و محمدی، ر. ۱۳۸۹. ارزیابی پارامترهای ژنتیکی و ترکیب‌پذیری عمومی ژنوتیپ‌های فسکیوی بلند. دو فصلنامه علمی-پژوهشی تحقیقات ژنتیک و اصلاح گیاهان مرتعی و جنگلی ایران، ۱۸، ۲۴۹ -۲۶۶.

Franzluebbers, A. J., Nazih, N., Stuedemann, J. A., Fuhrmann, J. J., Schomberg, H. H. and Hartel, P. G. 1999. Soil carbon and nitrogen pools under low-and high-endophyte-infected tall fescue. Soil Sci. Soc. Am. J. 63: 1687–1694.

Genet, M., A. Stokes, F. Salin, S. Mickovski, T. Fourcaud, J.F. Dumail, and van Beek, R. 2005. The influence of cellulose content on tensile strength in tree roots. Plant Soil, 278:1–9.

Goering, H. K. and Van Soests, P. J. 1970. Forage *fiber analysis (Apparatus, reagents, procedures and applications)*. USDA Hand book No. 397. US. Government printing Office. Washington, DC.

Hathaway, R. and Penny, D. 1975. Root strength in some Populus and Salix clones. N.Z. J. Bot, 13:333-344

Iqbal, J., Siegrist, J. A., Nelson, J. A. and McCulley, R. L. 2012. Fungal endophyte infection increases carbon sequestration potential of southeastern USA tall fescue stands. Soil Biol. Biochem. 44: 81–92.

Lemons, A., Clay, K. and Rudgers, J. A. 2005. Connecting plant–microbial interactions above and belowground: a fungal endophyte affects decomposition. Oecologia 145: 595–604.

Malinowski, D. P. and Belesky, D. P. 2000. Adaptations of endophyte-infected cool-season grasses to environmental stresses: mechanisms of drought and mineral stress tolerance. Crop Sci. 40: 923–940.

Mickovski, S., Hallett, P.D., Bransby, M.F., Davies, M. C. R., 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.

Pollen-Bankhead, N., Simon, A. and Thomas, R.E., 2013. The reinforcement of soil by roots: recent advances and directions for future research. In: Shroder, J., Butler, D.R. and Hupp, C.R. (Eds.), Treatise on Geomorphology. Academic Press, San Diego, CA, Ecogeomorphology, 12: 107–124.

Rouhi H.R., Aboutalebian M. A, and Sharifzadeh F. 2011. Seed priming improves the germination traits of tall fescue (*Festuca arundinacea*). Notulae Scientia Biologicae, 3: 57–63.

16th Iranian Soil Science Congress

University of Zanjan, Iran, August 27-29, 2019

Topic for submission: Soil Physics and Plant Growth

Influence of endophytic fungus symbiosis on root tensile strength of tall fescue (genotype C)

Saadati[*1],N., Mosaddeghi[2], M.R., Sabzalian, M.R.[3]

[1] PhD Student, Department of Soil Science, College of Agriculture, Isfahan University of Technology, Iran
[2] Prof., Department of Soil Science, College of Agriculture, Isfahan University of Technology, Iran
[3] Assoc. Prof., Department of Agronomy and Plant Breeding, College of Agriculture, Isfahan University of Technology, Iran

Abstract

The endophytic fungus-tall fescue symbiosis has mutual benefits for both soil and plant. The objective of this study was to evaluate and compare the root tensile strength of endophyte-infected (E+) and endophyte-free (E–) tall fescue (genotype C) plants. The E+ and E– plants were grown in the field. After six months of plant growth, root samples were collected from the field. Tensile strength of roots in three sizes (diameters) were determined by using an Instron universal compression-tension device. Lignin content were determined by digestive simulator device. The results showed that the root tensile strength decreased exponentially with an increase in the root diameter. The decrease in tensile strength was greater for the roots smaller than 0.5 mm than those larger than 0.5 mm. The decrease in tensile strength with an increment in root diameter might be related to increased lignin and lower elasticity of thick roots. Presence of endophyte in the plant had a considerable positive effect on the tensile strength and reduce lignin of thin roots (i.e., diameter less than 0.5 mm) when compared to endophyte-free plants. It seems that presence of endophyte increased the elasticity of plant roots (especially thin ones) and increased the strength-to-failure and tensile strength of the tall fescue roots.

Keywords: Tall fescue, Endophytic fungus, Root tensile strength, Elasticity, Lignification

[*] Corresponding author, Email: saadati.nas@gmail.com