

بررسی پاسخهای گراسهای بومی و وارداتی در چگونگی اجتناب از خشکی

۱- بخش زیرزمینی

یحیی سلاح ورزی - علی تهرانی فر* - علی گزانچیان - حسین آروبی^۱

تاریخ دریافت: ۸۶/۶/۲۵

تاریخ پذیرش: ۸۷/۱/۱۷

چکیده

از مهمترین معضلات پیش روی توسعه فضای سبز و بویژه چمنکاری، کمبود منابع آبی می‌باشد. این تحقیق به منظور بررسی پاسخهای بخش زیرزمینی گراسهای چمنی بومی و وارداتی در برابر تنش خشکی به صورت آزمایش فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی نامتعادل در سال ۱۳۸۵ به اجرا درآمد. گونه‌های مختلف گراس در سه سطح شامل ۲ گونه از گراسهای وارداتی (*Lolium perenne* و *Festuca arundinacea*) و یک توده بومی از شهرستان قوچان (*Festuca arundinacea*) و آبیاری در ۶ سطح شامل؛ {۱- تنش متوسط (۵۰٪ ظرفیت زراعی)، ۲- تنش شدید (۲۵٪ ظرفیت زراعی)، ۳- رشد مجدد از تیمار ۲۵٪ ظرفیت زراعی و به همراه سه گروه از گلدان‌های آبیاری کامل (۱۰۰٪ ظرفیت زراعی) که به عنوان شاهد همزمان با هریک از سه سطح تنش تخریب می‌شدند}، تیمارهای این آزمایش را تشکیل می‌دادند. تعداد تکرارها برای سطوح آبیاری کامل ۳ و برای سطوح تنش و رشد مجدد ۴ در نظر گرفته شد. نتایج این تحقیق نشان می‌دهد که در زمان اعمال تنش شدید، وزن خشک ریشه برای رقم تجاری و توده بومی فستوکا به ترتیب برابر ۴۰ و ۱۱/۹ درصد نسبت به شاهد افزایش و برای لولیوم پرنه ۳۳/۶٪ کاهش یافت. سایر صفات ریشه نظیر: حجم، سطح کل و مجموع طول ریشه‌ها نیز در توده بومی فستوکا در شرایط تنش شدید خشکی به ترتیب برابر ۶۰/۱، ۳۴/۶ و ۷۰/۱ درصد نسبت به شاهد افزایش یافت. این صفات برتر به همراه کاهش ۵۴ درصدی ضخامت ریشه در تیمار ۲۵٪ ظرفیت زراعی باعث افزایش میزان جذب و تخلیه آب از خاک خشک و کارایی بهتر این گراس در شرایط تنش شد. اما از نظر قابلیت بازیافت از تنش خشکی، در توده بومی فستوکا، به هنگام آبیاری مجدد در اکثر صفات مورفولوژیک ریشه نسبت به شرایط تنش شدید کاهش و در گراسهای تجاری افزایش مشاهده گردید.

واژه‌های کلیدی: اجتناب، توده بومی، تنش خشکی، رشد مجدد، ریشه

مقدمه

است (۳)، که معمولاً این مقدار مصرف آب اغلب از میزان بارندگی‌های طبیعی خصوصاً در دوره‌های طولانی مدت خشکی تجاوز می‌کند. به عبارت دیگر، کمبود آب قابل دسترس برای آبیاری یکی از مهمترین مشکلات پیش روی فضای سبز و چمنکاری خصوصاً در مناطق خشک و نیمه خشکی چون ایران می‌باشد. در این میان یکی از مهمترین استراتژی‌ها برای کاهش نیازهای آبی و تنش خشکی استفاده از گونه‌ها و ارقام مقاوم به خشکی می‌باشد (۴). از طرف

میزان مصرف آب در اغلب گراسهای چمنی بین ۲۵ الی ۷۵ و حتی گاهی تا ۱۱۲ میلیمتر در هر روز نیز گزارش شده

۱- به ترتیب دانشجوی سابق کارشناسی ارشد و دانشیار گروه علوم باغبانی دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد استادیار مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی خراسان رضوی، استادیار گروه علوم باغبانی دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد.

مواد و روش‌ها

این تحقیق به صورت آزمایش فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی نامتعادل به اجرا در آمد. گونه‌های مختلف گراس در سه سطح شامل ۲ گونه از گراسهای وارداتی (*Lolium perenne*, *Festuca arundinacea*) و یک توده بومی از شهرستان قوچان (*Festuca arundinacea*) و همچنین آبیاری در ۶ سطح شامل ۱- تنش متوسط (۵۰٪ ظرفیت زراعی)، ۲- تنش شدید (۲۵٪ ظرفیت زراعی)، ۳- رشد مجدد از تیمار ۲۵٪ ظرفیت زراعی و به همراه سه گروه از گلدهای آبیاری کامل (ظرفیت زراعی) که به عنوان شاهد همزمان با هر یک از سه سطح تنش تخریب می‌شدند، تیمارهای این آزمایش را تشکیل دادند. تعداد تکرارها برای سطوح آبیاری کامل ۳ و برای سطوح تنش و رشد مجدد ۴ در نظر گرفته شد. بذرهاى توده بومی فستوکا (تال فسکیو) که از کوههای شهرستان قوچان واقع در خراسان شمالی جمع آوری شده بودند، به همراه بذور ارقام تال فسکیو و رایگرس وارداتی در لوله‌های PVC^۱ به عمق ۶۰ سانتیمتر و قطر ۱۰ سانتیمتر کاشته شدند. در دوره استقرار به مدت ۹۰ روز آبیاری به شکلی انجام گرفت که خروج آب از زهکش لوله‌ها قابل رویت بود. بنابراین بدین طریق گلدهای (لوله‌های پی وی سی) مورد آزمایش در این دوره همواره در وضعیت ظرفیت زراعی قرار داشتند. گراسها تا پیش از شروع آزمایش تنش به طور مرتب از ارتفاع ۶-۵ سانتیمتری کوتاه شدند.

اعمال تنش خشکی و آبیاری مجدد

هر ۱۰۰ گرم خاک مورد استفاده در این آزمایش در وضعیت ظرفیت زراعی محتوی ۱۸/۱ گرم آب بود (۱/۱۸٪ FC^۲). بنابراین تنش خشکی به وسیله توقف آبیاری اعمال

دیگر با وجود شرایط خاص اقلیمی ایران و با توجه به توانایی گیاهان در سازگاری به شرایط هر منطقه طی سالیان دراز، احتمال وجود گونه‌های گراس مقاوم به خشکی در ذخیره ژنتیکی ایران بسیار زیاد است. گنجعلی و همکاران (۱) نیز بیان کردند که امکان بهبود تحمل به خشکی از طریق تغییر ویژگی‌های مثبت ریشه که دارای تنوع ژنتیکی وسیعی بین ارقام و توده‌های بومی می‌باشد ممکن است امید بخش باشد. گراسهای چمنی می‌توانند توسط مکانیسمهایی نظیر فرار، خواب، اجتناب و تحمل تحت شرایط خشکی زنده بمانند. مکانیسمهای فرار و خواب در گراسهای چمنی ابزار تخصصی برای جلوگیری از تنش خشکی می‌باشند در صورتی که اجتناب (افزایش جذب آب) و یا تحمل (متناسب شدن با شرایط) در حقیقت خشکی را به تعویق می‌اندازد (۳). مکانیسمهای مهمی که چمنها را در افزایش جذب آب و جلوگیری از تنش توانا می‌سازد شامل سیستمهای ریشه عمیق یا گسترده و نسبت کمتر بخش هوایی به ریشه است. گراسهای چمنی از نظر خصوصیات ریشه دهی به صورت ژنتیکی متفاوت می‌باشند. در میان چمن‌های فصل سرد، تال فسکیو به دلیل برخورداری از یک سیستم ریشه ای نسبتاً عمیق و گسترده می‌تواند با بهره برداری از رطوبت بخش‌های عمیق خاک از شرایط خشکی اجتناب کند (۲۰). به دلیل اینکه مطالعه بر روی ریشه‌ها بسیار مشکل و پرهزینه می‌باشد، محققانی که روی تنش خشکی در گراسهای چمنی فعالیت دارند بیشتر تحقیقات خود را روی بخش هوایی نسبت به بخش زیرزمینی متمرکز کرده اند. ولی علیرغم این موضوع، هنوز ریشه‌ها مهمترین بخش برای سازگار ساختن گیاهان به نقصان رطوبت خاک می‌باشند که این کار را بوسیله حفظ جذب آب تحت شرایط تنش خشکی انجام می‌دهند (۱۱). بنابراین ویژگیهای مورفولوژیک و جنبه‌های مختلف رشدی ریشه‌ها در پاسخ به تنش‌های مختلف رطوبتی و رشد مجدد از آن در گراسهای چمنی بومی و وارداتی در این تحقیق مورد تاکید قرار گرفت.

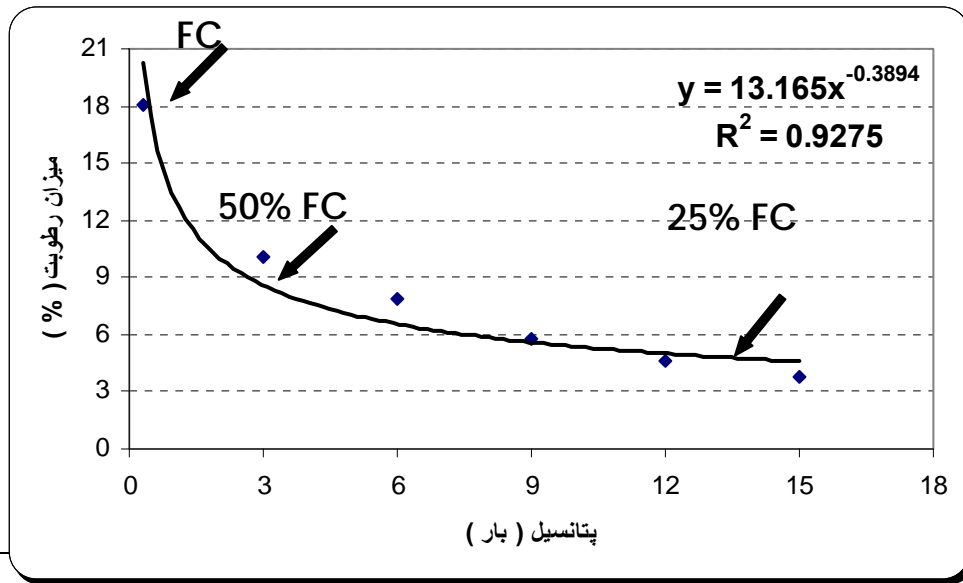
1 - polyvinyl chloride

2 - Field Capacity

کامل) با افزودن مقدار آب از دست رفته در اثر تبخیر و تعرق روزانه، همواره در حد ظرفیت زراعی نگه داشته می شدند. بنابراین بوسیله تفاضل وزن مربوط به هر یک از گلدانها در هر دو روز متوالی از دوره آزمایش مقادیر تبخیر و تعرق از سطح گیاهان و خاک محاسبه و به گلدان مورد نظر افزوده می گردید.

شد و گلدانهای تنش یافته زمانی که به ۲۵٪ ظرفیت زراعی رسیدند (رطوبت خاک برابر ۴/۵ گرم آب در هر ۱۰۰ گرم خاک) به منظور انجام بازیافت و رشد مجدد، دوباره به مدت ۱۴ روز آبیاری شدند (شکل ۱).

محتوای رطوبتی خاک در این آزمایش به وسیله توزین روزانه گلدانها مشخص می شد و گلدانهای شاهد (آبیاری



Ec	pH	ماده الی	K	Na	Mg	Cu	شن				
ds/m	عصاره اشباع	(%)	(%)	(%)	ppm	ppm	ppm	(%)	(%)	(%)	
۰/۹۸	۸	۹	۳/۴	۰/۰۵۹	۰/۵۹	۲/۱	۱/۴	۳/۲	۲۵/۸	۲۲/۵	۵۱/۷

اندازه گیری اختلاف حجم ایجاد شده پس از قرار دادن ریشه در مقدار مشخصی از آب (قانون ارشمیدوس) محاسبه شد (۱). در مرحله بعد بوسیله دستگاه اندازه گیری سطح برگ و ریشه^۱ صفاتی همچون ضخامت، مجموع طول و سطح کل ریشهها اندازه گیری شد. در نهایت بخش زیرزمینی گراسها جهت خشک شدن در آون با دمای ۷۵ درجه سانتی گراد به مدت ۴۸ ساعت قرار گرفت.

تجزیه آماری دادههای حاصل از صفات اندازه گیری شده بخش زیرزمینی و همچنین مقایسه میانگینها بر اساس آزمون چند دامنه ای دانکن در سطح احتمال ۵٪ توسط نرم

نمونه برداری

نمونه برداری تخریبی از گیاهان آبیاری کامل به صورت همزمان با گیاهان تنش یافته و گیاهان بازیافت شده از تنش در سه شرایط رطوبتی شامل (۱) ۵۰٪ ظرفیت زراعی (۲) ۲۵٪ ظرفیت زراعی (۳) رشد مجدد از تنش خشکی انجام پذیرفت. در هنگام تخریب گلدانها بخش هوایی از بخش زیرزمینی جدا گردید و ریشهها روی سطح شیب دار به گونه ای شسته شدند که کمترین صدمه به آنها وارد شود. اندازه گیری بیشترین طول ریشه در محل گلخانه و بلافاصله پس از تخریب گلدانها انجام گرفت. حجم ریشه نیز بوسیله

افزار SAS (6.12) انجام پذیرفت.

جدول (۲) میانگین مربعات حاصل از تجزیه واریانس ویژگیهای ریشه در سه گونه گراس بومی و وارداتی تحت سطوح مختلف تنش خشکی

منابع تغییر	درجه آزادی	وزن خشک ریشه (g/pot)	بیشترین طول ریشه (cm)	حجم ریشه (cc/pot)	میانگین ضخامت ریشه (mm)	سطح کل ریشه (mm ² /pot)	مجموع طول ریشه ها (mm/pot)
گونه	۲	۰/۱۰۷**	۳/۷۳ ^{ns}	۰/۵۲۰***	۰/۳۲۴**	۵۳۰۸۸۹۲۲ ^{ns}	۵۶۶۳۲۲۹۶ ^{ns}
تنش خشکی	۵	۰/۱۰۴***	۲۲۴/۷۸***	۰/۵۶۶***	۰/۷۵۰***	۱۰۵۳۹۸۳۶۴**	۱۴۰۲۴۷۴۸۶ ^{ns}
گونه * تنش خشکی	۱۰	۰/۳۶۴***	۳۱/۲۱ ^{ns}	۱/۲۹۰***	۰/۰۷۳ ^{ns}	۱۵۰۳۰۶۵۱۸***	۲۱۴۰۸۲۰۲۲**
خطا	۴۵	۰/۰۱۴	۱۸/۵۳	۰/۰۲۵	۰/۰۴۷	۲۷۲۳۸۲۵۵	۶۶۰۸۶۷۶۰
C.V.		۶/۴۲	۸/۳۴	۶/۳۸	۱۹/۹۶	۱۴/۴۲	۱۹/۶۷

*** و ** به ترتیب نشانگر معنی دار بودن در سطوح احتمال خطای ۱۰.۵ و ۰/۱ درصد می‌باشند.

نتایج و بحث

وزن خشک ریشه

نتایج تجزیه واریانس این آزمایش مشخص نمود که اثرات اصلی و متقابل گونه و تنش خشکی برای وزن خشک ریشه‌ها در سطح احتمال خطای ۱٪ معنی دار است (جدول ۲). از نظر وزن ریشه دو نوع الگوی کاملاً متفاوت در گراسهای فستوکای بومی و لولیوم مشاهده می‌شود. کاهش ۲۸ و ۳۳ درصدی گونه لولیوم پرنه در وضعیت‌های ۵۰٪ و ۲۵٪ ظرفیت زراعی به خوبی نشان می‌دهد که این گراس تجاری هیچگونه توانایی خاصی در حفظ رشد ریشه تحت شرایط خشکی را ندارد (جدول ۵). کاهش شدید وزن خشک ریشه در این گراس در شرایط تنش شدید رطوبتی توسط پاند و سینگ (۱۴) نیز گزارش شده است. در واقع با پیشرفت تنش خشکی همچنانکه فتوسنتز برگ کاهش پیدا می‌کند، احتیاجات قندی برای تنظیم اسمزی در گیاهان و به دنبال آن رشد ریشه به طور اجتناب ناپذیری متوقف می‌گردد. بنابراین خصوصاً در گیاهان حساس رشد و نمو ریشه در شرایط خشکی نسبت به شرایط فراهمی رطوبت کاهش می‌یابد (۱۳).

در این آزمایش وزن خشک ریشه در فستوکای تجاری تحت تنش شدید رطوبتی و در توده بومی آن در سطوح ۵۰

و ۲۵٪ ظرفیت زراعی نسبت به حالت شاهد افزایش نشان داده است (جدول ۵). بنابراین به نظر می‌رسد که این گراسها می‌توانند حتی تحت تاثیر تنش‌های شدید رطوبتی نیز به رشد و نمو خود خصوصاً در منطقه ریشه ادامه دهند و بدین طریق از شرایط نامساعد حاکم اجتناب کنند. هوآنگ و همکاران (۱۰) افزایش وزن ریشه در گراسها تحت شرایط خشکی را به عنوان یکی از مهمترین مکانیسم‌های سازگاری جهت بهبود کارایی جذب آب مطرح دانستند. بنابراین بدیهی است که گستردگی و افزایش وزن ریشه در دو گراس فستوکا تجاری و بومی در این آزمایش می‌تواند به عنوان سازوکارهایی جهت اجتناب از خشکی مطرح باشد.

یکی دیگر از وجوه تمایز توده بومی با گراسهای تجاری، تفاوت وزن خشک ریشه در زمان اعمال تنش متوسط خشکی در تیمار ۵۰٪ ظرفیت زراعی است. به طوریکه وزن خشک توده بومی فستوکا در این هنگام ۱۲/۲٪ نسبت به شاهد افزایش، ولی در رقم تجاری و گونه لولیوم پرنه به ترتیب ۱۷/۹ و ۲۸/۲ درصد، کاهش یافت (جدول ۵). لذا چنین به نظر می‌رسد که توده بومی بر خلاف گراسهای تجاری با شروع تنش (هرچند کم و متوسط) احساس خطر لازم را کرده و سریعاً با افزایش وزن بخش زیرزمینی خود به دنبال اتخاذ استراتژی جهت اجتناب از

خشکی می‌باشد و با پیشرفت تنش خشکی آن را ادامه می‌دهد. در صورتی که گراسهای تجاری در این آزمایش یا به هیچ عنوان پاسخی مبنی بر افزایش وزن ریشه در برابر خشکی ندادند (گونه لولیوم پرنه) و یا تنها در زمان اعمال تنش شدید خشکی مکانیسم اجتناب را در پیش گرفتند (رقم تجاری فستوکا).

جدول (۳) مقایسه میانگین گونه‌ها برای بخش زیرزمینی گراسهای بومی و وارداتی

سطح	وزن خشک ریشه (g/pot)	بیشترین طول ریشه (cm)	حجم ریشه (cc/pot)	سطح کل ریشه (mm ² /pot)	ضخامت ریشه (mm)	مجموع طول ریشه‌ها (mm/pot)
فستوکا تجاری	۱/۹۸ a	۵۱/۸۱ a	۲/۶۸ a	۳۷۹۶۳a	۱/۰۷b	۴۳۱۷۴ a
لولیوم	۱/۸۶ b	۵۱/۱۰ a	۲/۳۷ c	۳۴۸۹۰ a	۱/۲۲ a	۴۰۶۶۹ a
فستوکا بومی	۱/۸۵ b	۵۱/۸۴ a	۲/۴۸ b	۳۵۷۱۸ a	۰/۹۷ b	۴۰۰۸۱ a

میانگین‌هایی که در هر ستون دارای حروف مشترکی می‌باشند، مطابق آزمون چند دامنه ای دانکن ($p < 0.05$) اختلاف معنی داری ندارند.

بیشترین طول ریشه

را فراهم کند. یکی از جنبه‌های اجتناب از خشکی دور ماندن از شرایط نقصان آب خاک و رسیدن به لایه‌های عمیق تر می‌باشد. گیان و فرای (۱۶) با اندازه گیری محتوای رطوبت حجمی خاک در اعماق مختلف نشان دادند که رطوبت در لایه‌های سطحی خاک تحت شرایط خشکی، به سرعت کاهش می‌یابد در صورتی که از محتوای رطوبتی خاک در اعماق پایین تر به کندی کاسته می‌گردد. بنابراین بدیهی است که بیشترین طول ریشه جهت اجتناب از خشکی در تنش‌های شدید تولید می‌شود.

در این تحقیق، گونه و اثرات متقابل گونه و تنش خشکی تاثیر معنی داری بر صفت بیشترین طول ریشه نشان ندادند. اما اثرات سطوح تنش خشکی بر مقادیر این صفت در سطح احتمال ۱٪ معنی دار بود (جدول ۲). تیمار تنش شدید خشکی با میانگین ۵۷/۲۱ سانتیمتر و با ۲۱/۱٪ افزایش نسبت به شاهد بالاترین مقدار طول ریشه را دارا بود (جدول ۴). در شرایط تنش خشکی، طول ریشه بالاتر می‌تواند آب را از اعماق پایین تری جذب کرده و دسترسی منابع آب بیشتری

جدول (۴) مقایسه میانگین سطوح تنش خشکی برای بخش زیرزمینی گراسهای بومی و وارداتی

سطح	وزن خشک ریشه (g/pot)	بیشترین طول ریشه (cm)	حجم ریشه (cc/pot)	سطح کل ریشه (mm ² /pot)	ضخامت ریشه (mm)	مجموع طول ریشه‌ها (mm/pot)
تنش متوسط	۲/۱۰ a	۴۷/۵۸ c	۲/۶۱ b	۳۹۶۸۲ a	۱/۳۳ a	۴۲۱۲۸ ab
تنش شدید	۱/۷۴ c	۵۲/۹۵ b	۲/۱۸d	۳۲۰۱۳c	۰/۸۷ c	۴۰۵۱۹ ab
رشد مجدد	۱/۹۲ ab	۴۷/۲۳ c	۲/۴۵ c	۳۹۷۰۴ a	۱/۳۴ a	۳۸۷۷۰ ab
	۱/۹۶ a	۵۷/۲۱ a	۲/۷۶ a	۳۶۹۶۶ab	۰/۷۲ c	۴۵۷۵۳ a
	۱/۸۳ bc	۴۶/۱۱ c	۲/۳۴ c	۳۷۱۷۹ ab	۱/۳۲ a	۲۵۲۱۳ b
	۱/۹۴ ab	۵۴/۹۵ ab	۲/۶۹ ab	۳۳۵۹۶bc	۱/۱۱ b	۴۳۵۱۲ a

میانگین‌هایی که در هر ستون دارای حروف مشترکی می‌باشند، مطابق آزمون چند دامنه ای دانکن ($p < 0.05$) اختلاف معنی داری ندارند.

حجم ریشه

ریشه به شکل موثری به تنش‌های متوسط و شدید خشکی پاسخ داد. از طرف دیگر گونه تجاری و اصلاح شده لولیوم پرنه تنها نتوانست در هیچ یک از سطوح خشکی مذکور بر حجم ریشه خود بیافزاید، بلکه به شدت از مقدار آن کاسته شد. این ویژگی ریشه با توجه به صفاتی نظیر سطح کل،

نتایج جدول تجزیه واریانس نشان داد که اثرات اصلی سطوح تنش خشکی، گونه و همچنین اثرات متقابل آنها بر حجم ریشه در سطح احتمال خطای ۱٪ معنی دار است (جدول ۲). در این آزمایش توده بومی فستوکا از نظر حجم

مجموع طول و میانگین ضخامت ریشه قابل توضیح است. زیرا اساساً حجم هر شیئی متأثر از ابعاد آن شیء می‌باشد. در اینجا نیز تحت شرایط تنش شدید خشکی هنگامی که در توده بومی فستوکا بر سطح کل و مجموع طول ریشه‌ها به ترتیب برابر ۳۴/۶ و ۷۰/۱ درصد افزوده می‌گردد، طبیعی است که حجم آن نیز معادل ۶۰/۱٪ نسبت به شاهد افزایش یابد (جدول ۵). هر چند که به دلیل پلاسیدگی ریشه‌ها، خشکیدگی و کاهش ضخامت (۱۱) انتظار می‌رود که تحت شرایط خشکی از حجم ریشه‌ها کاسته شود. ولی در نهایت، برآیند صفات مذکور منجر به افزایش حجم ریشه در توده بومی و رقم تجاری فستوکا در تیمار ۲۵٪ ظرفیت زراعی می‌شود. هر چند محققین زیادی حجم ریشه، تحت شرایط خشکی را یکی از ویژگیهای مهم جهت جذب آب می‌دانند (۱، ۲ و ۱۹). اما با توجه به بررسی منابع صورت گرفته تا کنون در هیچ یک از آزمایشات تنش خشکی، این صفت برای گراسها مورد ارزیابی قرار نگرفته است.

۳۴/۶٪ افزایش نسبت به شاهد بالاترین مقادیر این صفت را در بین گراسهای مورد آزمایش تحت تیمار ۲۵٪ ظرفیت زراعی به خود اختصاص می‌دهد (جدول ۵). به نظر می‌رسد که توده بومی فستوکا علاوه بر گسترش عمودی ریشه‌ها از گسترش سطحی آنها نیز برای اجتناب از خشکی بهره می‌برد. در واقع در اثر همین ویژگیهای مثبت ریشه است که در زمان تنش شدید خشکی، توده بومی فستوکا می‌تواند حجم بیشتری از خاک را پوشش دهد و بدین ترتیب با جذب و تخلیه بهتر رطوبت خاک، در چنین شرایطی اجتناب بهتری را نشان دهد. گنجعلی و همکاران (۱) بیان داشتند که افزایش سطح ریشه در زمان تنش‌های خشکی از طریق افزایش نقاط ورودی آب و عناصر غذایی و همچنین بوسیله افزایش سطح جذب، می‌تواند کارایی جذب آب و عناصر غذایی را افزایش دهد.

میانگین ضخامت ریشه

تجزیه آماری داده‌ها نشان داد که تنها اثرات اصلی گونه و سطوح تنش خشکی است که برای صفت ضخامت ریشه معنی دار است (جدول ۲). در بین سطوح خشکی مورد آزمایش، کمترین و بیشترین مقادیر با میانگین ۰/۷۲ و ۱/۳۴ میلیمتر به ترتیب مربوط به تیمار تنش شدید خشکی و آبیاری کامل بود (جدول ۴). در واقع تولید ریشه‌های نازک تر در پاسخ به تنش خشکی می‌تواند یک استراتژی مناسب دیگر در گیاهان تنش یافته باشد، تا بدین ترتیب جذب و استفاده از مواد غذایی در آنها با حداقل انرژی افزایش یابد. ریشه‌های نازک جهت ساخته شدن برای گیاه بسیار ساده و کم هزینه بوده ولی از آنجا که سطح بیشتری را در هر واحد وزن دارا می‌باشند برای جذب و استفاده مواد غذایی و آب بسیار مهم و موثرند (۶). نتایج این آزمایش همچنین مشخص نمود که متوسط ضخامت ریشه‌ها در گراسهای جنس فستوکا در مقایسه با گونه لولیوم پرنه کمتر می‌باشد (جدول ۳)، که این خود می‌تواند دلیلی برای اجتناب بهتر این

سطح کل ریشه

نتایج تجزیه واریانس این آزمایش نشان داد که اثر تنش خشکی و همچنین اثرات متقابل گونه و تنش خشکی برای سطح کل ریشه‌ها در سطح احتمال ۱٪ معنی دار است. ولی بین گونه‌های مورد آزمایش از این نظر تفاوت معنی داری وجود ندارد (جدول ۲). در هنگام وقوع خشکی محتوای رطوبتی خاک به شدت کاهش می‌یابد. لذا اندک مولکولهای آب موجود در خاک تحت این شرایط به وسیله نیروی مکش زیادی از طرف ذرات ریز خاک (پتانسیل ماتریک خاک) به شدت جذب می‌شوند. بنابراین جهت قابل دسترس ساختن این مقدار آب برای گیاهان که بسیار حیاتی نیز است باید سطح تماس بین ریشه‌ها و ذرات خاک افزایش یابد. در توده بومی فستوکا با پیشرفت تنش خشکی سطح کل ریشه به تدریج افزایش یافت. به گونه‌ای که با

ضمن مقایسه مجموع طول ریشه در تال فسکیو با چمنهای فصل گرم نتیجه گرفتند که مجموع طول، عمق و گستردگی ریشه‌های تولید شده در تال فسکیو، این گونه چمنی را از نظر اجتناب از خشکی بسیار عالی و برتر می‌سازد. هوانگ و گائو (۱۲) نیز بیان داشتند که ریشه‌های تال فسکیو به دلیل حفظ آماس بالای خود می‌توانند حتی در خاکهای خشک نیز رشد طولی داشته باشند و در نتیجه به لایه‌های مرطوب خاک در اعماق دسترسی پیدا کنند.

رشد مجدد پس از سپری شدن خشکی

در این آزمایش در اکثر صفات مورفولوژیک ریشه (وزن خشک، سطح کل و مجموع طول) به هنگام آبیاری مجدد در گراسهای جنس فستوکا نسبت به شاهد افزایش و در گونه لولیوم پرنه کاهش مشاهده می‌شود. به عنوان مثال در فستوکای تجاری و توده بومی فستوکا به ترتیب ۱۷/۸ و ۳۰/۱ درصد وزن خشک ریشه نسبت به شاهد افزایش و در گونه لولیوم پرنه ۲۲/۱٪ کاهش یافته است (جدول ۵). کارسن و مک آدام (۵) بیان کردند که پس از ده روز آبیاری مجدد، رشد ریشه‌ها در رایگراس و تال فسکیو دوباره افزایش و حتی به بیش از مقدار اولیه اش در قبل از تنش می‌رسد.

بنابراین، نتایج این آزمایش حداقل در مورد رایگراس با نتایج آزمایش کارسن و مک آدام (۵) متفاوت می‌باشد. نکته جالب توجه اینکه وزن خشک، حجم، سطح کل و مجموع طول ریشه‌ها پس از آبیاری مجدد به ترتیب برابر ۹/۳، ۱۸/۱، ۲۴ و ۲۱/۵ درصد نسبت به شرایط تنش شدید خشکی تنها در مورد توده بومی فستوکا کاهش یافته است (جدول ۵).

گراسها نسبت به گونه اصلاح شده لولیوم پرنه نیز به شمار آید. هوفر (۸) در مورد ارقام تال فسکیو اظهار داشت که کاهش ضخامت ریشه از طریق افزایش سطح تماس ریشه‌ها و ذرات خاک خصوصا قبل از زمانی که خشکی شدید اتفاق بیافتد سبب افزایش سازگاری و مقاومت به خشکی می‌شود. لذا به نظر می‌رسد که توده بومی فستوکا از طریق نازکتر ساختن ریشه‌هایش در شرایط خشکی شدید سطح بیشتری از خاک را جهت استحصال و جذب آب پوشش می‌دهد. تحقیقات هومس (۹) نشان داد که اسید آبسزیک^۱ که در زمان تنش خشکی در گیاه تجمع پیدا می‌کند دلیل اصلی کاهش ضخامت ریشه و تولید تارهای کشنده است.

مجموع طول ریشه‌ها

نتایج تحقیق حاضر نشان داد که برای صفت مجموع طول ریشه‌ها تنها اثرات متقابل گونه و تنش خشکی معنی دار شد (جدول ۲). رقم تجاری و خصوصا توده بومی فستوکا بر خلاف گونه لولیوم پرنه با افزایش مجموع طول ریشه خود در زمان خشکی شدید (جدول ۵)، امکان اجتناب از خشکی را از طریق جذب رطوبت بیشتر از خاک فراهم می‌سازند.

شفر و همکاران (۲۰) بیان کردند که تال فسکیو در بین چمنهای فصل سرد نظیر رایگراس و کنتاکی بلوگراس، بهترین توانایی را در اجتناب از خشکی نشان می‌دهد. نکته جالب در مورد توده بومی فستوکا این است که این گراس در شرایط آبیاری کامل و بدون تنش، پایین ترین میزان مجموع ریشه‌ها را دارا می‌باشد. در صورتی که طی ۱۵ روز اعمال تنش خشکی با ۷۰/۱٪ افزایش نسبت به شاهد بالاترین مجموع طول ریشه را نشان می‌دهد (جدول ۵). بنابراین به نظر می‌رسد که افزایش مجموع طول ریشه‌ها در توده بومی یکی دیگر از جنبه‌های اجتناب از خشکی محسوب می‌گردد، که بوسیله آن امکان جذب رطوبت بیشتر در این گراس بومی فراهم می‌شود. اروین و کاسکی (۷) نیز

1 - Abscisic acid (ABA)

جدول (۵) اثرات متقابل سطوح مختلف تنش خشکی بر ویژگیهای بخش زیر زمینی در سه گونه گراس بومی و وارداتی

گونه ها	توده بومی فسٹوکارا		لوریوم پرته		فسٹوکارا تجاری		سطوح رطوبتی
	رشد مجدد	تنش متوسط	رشد مجدد	تنش متوسط	رشد مجدد	تنش متوسط	
	شاهد	%۵۰FC	شاهد	%۵۰FC	شاهد	%۲۵ FC	شاهد
وزن خشک ریشه (g/pot)	۷/۰۳ ± ۰/۰۱	۱/۸۳ ± ۰/۰۱	۱/۶۲ ± ۰/۰۵	۱/۶۸ ± ۰/۰۵	۱/۸۵ ± ۰/۰۶	۱/۹۲ ± ۰/۰۶	۷/۰۶ ± ۰/۰۶
حجم ریشه (cc/pot)	۲/۰۰ ± ۰/۰۳	۲/۳۲ ± ۰/۰۳	۱/۹۷ ± ۰/۰۸	۱/۸۵ ± ۰/۰۸	۲/۲۳ ± ۰/۰۸	۲/۳۶ ± ۰/۰۸	۲/۵۳ ± ۰/۰۸
بیشترین طول ریشه (cm)	۵۵/۶۵ ± ۱/۸۵	۶۱/۶۰ ± ۱/۸۵	۵۳/۰۰ ± ۱/۸۲	۵۰/۹۲ ± ۱/۸۲	۵۶/۸۵ ± ۱/۰۰	۵۶/۹۶ ± ۱/۰۰	۶۷/۶۰ ± ۱/۲۷
ضخامت ریشه (mm)	۰/۹۲ ± ۰/۰۰۷	۰/۸۹ ± ۰/۰۰۷	۱/۰۸ ± ۰/۰۰۲	۱/۰۵ ± ۰/۰۰۲	۱/۱۸ ± ۰/۰۲	۱/۲۵ ± ۰/۰۲	۱/۲۱ ± ۰/۰۲
سطح کل ریشه (mm ² /pot)	۳۴۹۸ ± ۵۵۱	۳۲۹۰ ± ۵۵۱	۳۹۱۷ ± ۱۵۰۱	۳۵۸۲ ± ۱۵۰۱	۳۸۵۲ ± ۱۷۶۱	۴۰۲۵ ± ۱۷۶۱	۴۱۵۲ ± ۱۷۶۱
مجموع طول ریشه (mm ² /pot)	۳۱۲۸ ± ۳۳۲	۳۰۷۶ ± ۳۳۲	۳۶۹۶ ± ۱۶۶۸	۳۶۹۷ ± ۱۶۶۸	۳۸۹۹ ± ۳۰۲۱	۳۸۸۱ ± ۳۰۲۱	۴۴۲۰ ± ۳۰۲۱

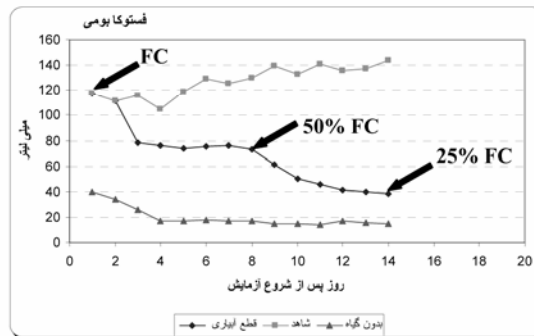
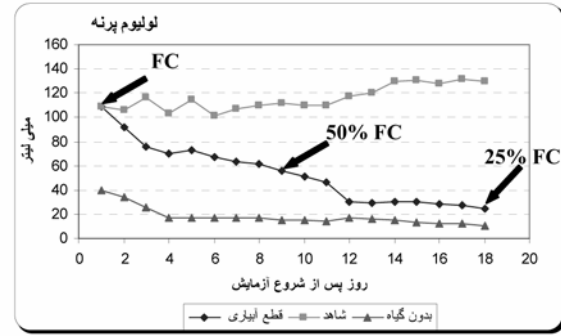
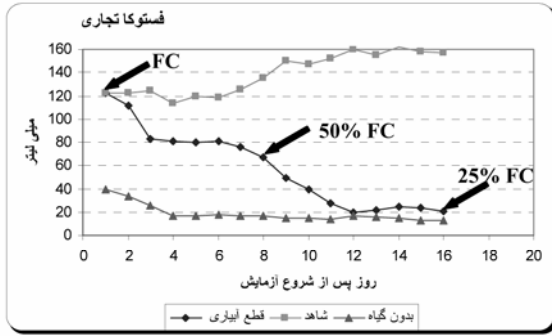
اعداد جدول به صورت (SE ± میانگین) گزارش شده اند.

بنابراین در مورد سیستم ریشه ای این گراس می توان نتیجه گرفت که به وضعیت رطوبتی خاک به خوبی پاسخ می دهد به گونه ای که در حالت آبیاری کامل و ظرفیت زراعی با گسترش ریشه های خود در سطح خاک، آب را از لایه های فوقانی با هزینه کمتری دریافت می دارد، در صورتی که به هنگام وقوع تنش خشکی و نقصان رطوبت خاک، توده بومی فستو کا با صرف انرژی زیاد (۵)، گسترش ریشه هایش را در اعماق تضمین می کند و بدین ترتیب امکان جذب و تخلیه مولکولهای آب را از لایه های زیرین خاک فراهم می سازد. پیتکارین و گریس (۱۵) در مورد تال فسکیو بیان داشتند، جایی که کمبود آب خاک، هرگز مساله ساز نیست، یک سیستم ریشه ای گسترده در یک محصول به معنای تلف نمودن منابعی است که می تواند در تولید محصول اقتصادی بیشتر به کار گرفته شود.

روابط آبی خاک و گیاه

در مورد گلدان هایی که در آنها قطع آب صورت گرفته و با توجه به اینکه زمان رسیدن به سطح رطوبتی ۲۵٪ ظرفیت زراعی در هریک از گونه های فستو کای تجاری، لولیوم و توده بومی فستو کا به ترتیب ۱۷، ۱۹ و ۱۵ روز می باشد (شکل ۲)، لذا به وضوح مشخص است که توده بومی فستو کا در مقایسه با سایر گراسها، تحت شرایط تنش خشکی، محتوای رطوبتی خاک را سریعتر کاهش داده است

که از مهمترین علل آن می توان به ویژگیهای برتر ریشه ای نظیر (وزن، حجم، طول، سطح کل و مجموع طول ریشه) در این گراس بومی تحت شرایط تنش شدید خشکی اشاره کرد. کیان و همکاران (۱۷) خالی شدن آب خاک را به عنوان یک شاخص برای عمق و فعالیت ریشه ها مطرح کردند و اصولاً یکی از دلایل برتری تال فسکیو تحت شرایط خشکی را به قابلیت بالای آن در تخلیه آب خاک نسبت دادند. هوآنگ و گائو (۱۲) نیز نشان دادند که محتوای آب خاک برای ارقام مقاوم به خشکی تال فسکیو (کنتاکی ۳۱) در مقایسه با رقم حساس آن (ربل) خصوصاً در عمق ۴۰ سانتیمتری کمتر می باشد. آنها بقا و گستردگی بیشتر ریشه ها در کنتاکی ۳۱ را دلیل اصلی توانایی بالاتر آن در جذب و تخلیه بیشتر آب تحت شرایط خشکی دانستند. نتایج این آزمایش نشان می دهد که توانایی توده بومی فستو کا در تخلیه و جذب آب تحت شرایط تنش شدید خشکی نسبت به گونه لولیوم پرنه ۵۲٪ و در مقایسه با فستو کای تجاری ۹۰٪ بیشتر است (شکل ۲). بنابراین می توان نتیجه گرفت که در این آزمایش نیز احتمالاً یکی از دلایل توانایی بالای توده بومی فستو کا در جذب و تخلیه آب خاک، همین بقا و گستردگی ریشه هاست که آن را در مقایسه با گراسهای تجاری نسبت به شرایط خشکی شدید، مقاوم تر می سازد.



شکل (۲) مقادیر تلفات آب در گلدان‌های تحت تنش، شاهد و بدون گیاه

منابع

- گنجعلی، ع.، م. کافی، ع. باقری، و ف. شهریاری. ۱۳۸۴. بررسی جنبه‌های فیزیومورفولوژیک مقاومت به خشکی در ژنوتیپ‌های نخود (*Cicer arietinum L.*)، رساله دکتری زراعت. دانشگاه فردوسی مشهد.
- Bangal, D.B., B.M. Birari, and K.G. Patil. 1998. Root characters the important criteria for drought resistance in wheat. *Journal of Maharashtra Agricultural University*. 13:242-243.
- Beard, J.B. 1973. *Turfgrass: Science and Culture*, Prentice-Hall, Inc. Englewood Cliffee, NJ.
- Carrow, R.N., and R.R. Duncan. 2003. Improving drought resistance and persistence in turf-type tall fescue. *Crop Science*. 43:978-984.
- Carsten, H.D., and J.W. MacAdam. 2001. Effect of drought on growth, carbohydrates, and soil water use by perennial ryegrass, tall fescue, and white clover. *Crop Science*. 41:156-166.
- Eissenstat, D.M. 1992. Costs and benefits of constructing roots of small diameter. *Journal Plant Nutrition*. 15:763-782.
- Ervin, E.H., and A.J. Koski. 1998. Drought avoidance aspects and crop coefficients of kentucky bluegrass and tall fescue turfs in semiarid west. *Crop Science*. 38:788-795.
- Hofer, R.M. 1991. Root hairs. P. 129-148. In: Waisel et al.(ed.). *Plant Roots: The hidden half*. Marcel Dekker, Inc., New York.
- Homes, J. 1979. Induction of root hairs from maize roots and abscisic acid. P. 148-149. In P.E. Pilet (ed.) *Collected Abstracts. The 9th Int. Conf. on Plant Grow. Subs. Lausanne*.
- Huang, B., R.R. Duncan, and R.N. Carrow. 1997. Drought resistance mechanisms of seven warm season Turfgrasses under surface soil drying II. Root aspect. *Crop Science*. 37:1863-1869.
- Huang, B., and J.D. Fry. 1998. Root anatomical, physiological, and morphological responses to drought stress for tall fescue cultivars. *Crop Science*. 38:1017-1022.
- Huang, B., and H. Gao. 2000. Root physiological characteristics associated with drought resistance in tall

- fescue cultivars. *Crop Science*. 40:196-203.
13. Lu, Z., and P.M. Neumann. 1998. Water stressed maize, barley and rice seedling shoe species specific diversity in mechanisms of leaf growth inhibition. *Journal of Experimental Botany*. 49:1945-1952.
 14. Pande, H., and J.S. Singh. 1981. Comparative biomass and water status of four range grasses growth under two soil water conditions. *Journal of Range Management*. 34:480-484.
 15. Pitcarin, C.E.R., and J. Grace. 1982. The effect of wind and a reduced supply of phosphorus and nitrogen on the growth and water relations of *Festuca arundinacea* Schreb. *Annals of Botany*. 49:649-660.
 16. Qian, Y.L., and J.d. Fry. 1996. Irrigation frequency affects zoysiagrass rooting and plant water status. *HortScience* 31:234-237.
 17. Qian, Y.L., J.d. Fry, and W.S. Upham. 1997. Rooting and drought avoidance of warm-season turfgrass and tall fescue in Kansas. *Crop Science*. 37:905-910.
 18. SAS Institute. 1992. *Fundamentals of the SAS system*. V. 6.12 SAS Inst., Cary, NC.
 19. Serraj, R., L. Krishnamurthy, J. Kashiwagi, J. Kumar, S. Chandra, and J.H.Crouch. 2004. Variation in root traits of chickpea (*Cicer arietinum* L.) grown under terminal drought. *Field Crops Research*. 88:115-127.
 20. Sheffer, K.M., J.H. Dunn, and D.D. Minner. 1987. Summer drought response and root in depth of three cool-season turfgrass. *HortScience* 22:296-297.

Drought resistance mechanisms of native and commercial turfgrasses under drought stress: I. Root responses

Y. Selahvarzi - A. Tehranifar* - A. Gazanchian - H. Arooei¹

Abstract

The lack of water is the most important problem in extensive landscape especially turfgrass in arid and semi arid regions. The root responses in native and commercial grasses under drought stress were investigated. This experiment was in a factorial experiment based on unbalanced completely random design on the year 2006. The species that we used in this experiment included (i) commercial tall fescue (*Festuca arundinacea*) (ii) commercial perennial ryegrass (*Lolium perenne*) (iii) native tall fescue population (*Festuca arundinacea*). The drought stress levels included (i) 50%FC (ii) 25% FC (iii) recovery from drought stress and 3 groups of pots that was always in the field capacity condition. The replicates for control pots and drought/recovery treatments were 3 and 4 respectively. The results showed that root dry weight of commercial and native tall fescue increased 40%, 11.9% respectively compared with control under severe drought stress. Whereas it decrease 33.6% in *lolium perenne* compared with control at same condition. Another root traits such as volume, total area and root total length in the native tall fescue increase 60.1%, 34.6%, 70.1% respectively compared with control under severe drought stress. This traits in plus 54% decrease in root diameter caused increased in rank of absorption and depletion of water from dry soil. That it caused better yield of this grass under drought stress. Ability of recovery in most morphological root characters increase in commercial grass after rewatering in compare with severe drought stress condition.

Keywords: Avoidance, Native population, Drought stress, Re-growth, Root

* - Corresponding author Email: Tehranifar 2000@yahoo.com

1-Contribution from Ferdowsi University of Mashhad and Natural Resources Research Center of Khorassan. I.R. Iran