نشریه علوم باغبانی (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۳۳، شماره ۳، پاییز ۱۳۹۸، ص. ۳۷۵-۳۶۳
شاپا: ۴۷۳۰ - ۲۰۰۸

Journal of Horticultural Science
Vol. 33, No.3, Fall 2019, P. 363-375
ISSN: 2008 - 4730

بررسی پاسخ‌های مورفوفیزیولوژیک توده‌های بومی علف گندمی تاجدار (*Agropyron cristatum* L.) در شرایط تنش خشکی و شوری

محمد حسین شیخ محمدی[۱]- نعمت الله اعتمادی[۲*]- علی نیکبخت[۳]- مصطفی عرب[۴]- محمد مهدی مجیدی[۵]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۱۱/۱۰
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۰۶/۲۰

چکیده

خشکی و شوری از جمله تنش‌های غیرزنده مضر برای رشد چمن در طیف گسترده‌ای از جهان می‌باشند. هدف از اجرای این آزمایش، انتخاب توده‌های مقاوم به خشکی و شوری چمن جهت استفاده در برنامه مدیریت چمن در شرایط تنش خشکی و شوری بود. آزمایش به‌صورت کرت‌های خردشده بر پایه طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار انجام شد. عوامل آزمایش شامل سه تیمار آبیاری بود که به مدت ۴۵ روز اعمال گردید: ۱) گیاهان شاهد (بدون تنش)، ۲) تنش خشکی (قطع آبیاری به مدت ۴۵ روز) ۳) تنش شوری (روزانه ۱۰۰ میلی‌لیتر با شوری ۹ دسی‌زیمنس بر متر). تیمارهای آبیاری به‌عنوان فاکتور اصلی در سه سطح (شاهد، تنش خشکی و تنش شوری) و توده‌های علف گندمی در شش سطح به‌عنوان کرت فرعی در نظر گرفته شدند. نتایج حاصل از این تحقیق نشان داد تنش خشکی و شوری باعث کاهش کیفیت در توده‌های علف گندمی تاجدار شدند و سطح کاهش کیفیت بین توده‌ها متفاوت بود. نتایج ما نشان داد، توده سبزوار تحت تنش خشکی و شوری به ترتیب، بالاترین ارتفاع (۵/۵۲ و ۵/۸۶ سانتی‌متر) و بیشترین محتوی کلروفیل (۲/۸۵ و ۲/۷۵ میلی‌گرم برگرم وزن‌تر) را نشان می‌دهد. نتایج به‌دست‌آمده از بررسی کربوهیدرات‌های محلول اندام هوایی، محتوی آب نسبی و میزان نشت الکترولیت نشان داد که در گیاهان تحت تنش خشکی توده‌های دماوند و سبزوار بیشترین مقدار کربوهیدرات‌های محلول (۳۳۲/۱۶ و ۳۴۵/۱۴ میلی‌گرم برگرم وزن خشک)، بیشترین محتوی آب نسبی (۵۹/۱۸ و ۶۲/۱۸ درصد) و کمترین میزان نشت الکترولیت (۴۸/۱۶ و ۵۹/۱۴ درصد) را به خود اختصاص دادند. در شرایط تنش شوری، توده دماوند (۳۲۲/۱۵ میلی‌گرم برگرم وزن خشک) بیشترین کربوهیدرات محلول، توده سبزوار (۶۸/۴۲ درصد) و اراک (۶۵/۱۴ درصد) بیشترین محتوی آب نسبی و توده سبزوار (۵۴/۱۷ درصد) کمترین میزان نشت الکترولیت را نشان دادند. مطابق نتایج این آزمایش رتبه‌بندی مقاومت به تنش خشکی به صورت سبزوار >دماوند >اراک > ارومیه = تاکستان > هشتگرد و رتبه‌بندی مقاومت به شوری به‌صورت سبزوار >اراک >دماوند > هشتگرد = تاکستان >ارومیه می‌باشد. توده‌های سبزوار و دماوند مقاومت خوبی نسبت به خشکی، و توده‌های سبزوار و اراک مقاومت خوبی نسبت به تنش شوری در مقایسه با سایر توده‌های علف گندمی تاجدار از خود نشان دادند.

واژه‌های کلیدی: تنش، چمن، خشکی، شوری، علف گندمی

مقدمه

تنش‌های غیر زیستی خشکی و شوری دو عامل مهم محدودکننده رشد چمن‌های فصل سرد می‌باشند و امروزه به دلیل تغییرهای آب و هوایی و گرم‌تر شدن کره زمین به اهمیت آن‌ها افزوده‌شده است و به یکی از مهم‌ترین مباحث در علوم زیستی تبدیل گردیده است (۲۰، ۲۲ و ۲۷). تنش خشکی و شوری، باعث تغییراتی در فرایندهای فیزیولوژیکی گیاه می‌گردد. اکثر گونه‌های چمن فصل سرد به خوبی به خشکی و شوری طولانی‌مدت سازگار نیستند و کاهش کیفیت از مهم‌ترین نگرانی‌های مدیران فضای سبز در این مناطق هست (۹، ۳۵ و ۴۲).

اهمیت خشکی و شوری از آنجا مشخص می‌شود که حدود یک‌سوم از کل زمین‌های دنیا به عنوان مناطق خشک و نیم خشک طبقه‌بندی می‌شوند، همچنین کشور ایران در کمربند بیابانی جهان قرار دارد و ۱/۲ درصد از خشکی‌های جهان را به خود اختصاص داده است. متوسط میزان بارندگی در کشور حدود ۲۵۰ میلی‌لیتر است که این میزان یک‌سوم متوسط بارندگی در جهان می‌باشد (۴۸)، بنابراین توسعه شیوه مدیریت برای بهبود مقاومت به خشکی و شوری چمن‌ها در مناطق خشک و نیمه‌خشک ضروری می‌باشد (۶۵ و ۷۰).

۱، ۲ و ۳- به‌ترتیب دانش آموخته دکتری تخصصی و دانشیاران گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان
(*- نویسنده مسئول: Email: etemadin@cc.iut.ac.ir)
۴- دانشیار گروه علوم باغبانی، پردیس ابوریحان، دانشگاه تهران
۵- استاد گروه اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان
DOI: 10.22067/jhorts4.v33i3.61364

ارقام و توده‌های چمن، پاسخ‌های متفاوت مورفولوژیکی و فیزیولوژیکی نسبت به خشکی و شوری از خود نشان می‌دهند که بررسی آن‌ها می‌تواند به انتخاب توده مقاوم به خشکی و شوری چمن کمک کند (۵۹). تحقیقات نشان داده است، بسیاری از گونه‌های بومی، رشد و مقاومت نسبتاً خوبی در شرایط خشک و شور دارند (۴۳). در دهه‌های اخیر، بهبود قابل‌توجهی در مقاومت به خشکی و شوری محصولات زراعی از طریق انتخاب معمولی و پرورش آن‌ها ایجادشده است (۱۹ و ۷۴). در اصل، شناسایی و بررسی گونه‌های بومی، می‌تواند کمک مهمی به یافتن توده‌های مقاوم به خشکی و شوری کند (۵۲).

علف گندمی تاجدار (*Agropyron cristatum* L.) گیاهی فصل سرد با ارتفاع متوسط، چندساله و با عادت رشد کپه‌ای است که گاهی اوقات تولید ریزوم نیز می‌کند. سیستم ریشه‌ای سریع الرشد و گسترده امکان استقرار سریع گیاهچه های علف گندمی تاجدار را فراهم می‌کند (۴۵). این گیاه در خاک‌های با بافت متوسط از لومی شنی تا لومی رسی به‌خوبی رشد می‌کند. علف گندمی تاجدار به تنش‌های محیطی مقاوم است و ریشه‌های فیبری گسترده و بسیار منشعبی دارد و برای جلوگیری از فرسایش خاک و تثبیت آن بسیار مناسب است (۵۱). تاکنون گزارش‌هایی که باعث مرگ ناشی از تنش خشکی بوده اندک می‌باشد مگر در مناطقی که گیاه با آن شرایط آب و هوایی سازگار نبوده است (۶۴). پتانسیل و اصلاح چمن علف گندمی به منظور استفاده به عنوان چمن طی چندین مطالعه موردبررسی قرارگرفته است (۱۶، ۱۷ و ۵۸). روبینز و والدرون (۵۷) پتانسیل ژنتیکی ۲۷ جمعیت علف گندمی را برای اصلاح کیفیت چمنی به صورت تک بوته تحت شرایط کم نهاده مورد بررسی قرار دادند. نتایج نشان داد که وراثت‌پذیری بالایی برای کیفیت چمنی علف گندمی در ماه‌های تابستان وجود دارد که بیانگر اجزا ژنتیکی افزایشی قوی است. واتکینز و همکاران (۷۱) کیفیت گیاه علف گندمی رقم رویدکرست را در ۳ سطح سرزنی در شمال آمریکا تحت شرایط کم نهاده مورد بررسی قرار دادند و نتایج نشان داد که این گونه از کیفیت قابل قبولی برخوردار بود همچنین در تحقیقی دیگر پاسخ‌های فیزیولوژیکی چمن‌های علف گندمی بیابانی (*Agropyron desertorum Fischer*)، پوآ پراتنسیس (*Poa pratensis* L.) رقم "باریمپالا" و برموس اینرمیس (*Bromus inermis Leyss*) در شرایط تنش خشکی مورد مقایسه قرار گرفت که نتایج این تحقیق نشان داد با قطع کامل آبیاری به ترتیب چمن‌های برموس اینرمیس، پوآ پراتنسیس و علف گندمی بیابانی خشک شدند، بیشترین میزان پرولین، آنزیم‌های کاتالاز و سوپراکسید دیسموتاز و کمترین نشت الکترولیت در گیاه علف گندمی بیابانی مشاهده شد (۶۸). چمن های بومی در طول تاریخ کمتر به‌عنوان پوشش چمن استفاده شده‌اند اما به دلیل مقاومت به تنش‌های محیطی و نیاز به نگهداری کم از اهمیت و ارزش بالایی برخوردار هستند و پس از استقرار نیاز کمتری به آبیاری و کود دهی نسبت به ارقام وارداتی دارند (۱۶ و ۱۷). از این رو، مطالعه، انتخاب و اصلاح چمن های بومی جهت استفاده در فضای سبز رو به گسترش است. با توجه به موارد فوق در مطالعه حاضر، ارزیابی پاسخ‌های مورفولوژیک و فیزیولوژیک ۶ توده بومی علف گندمی تاجدار (*Agropyron cristatum* L.) به‌منظور تعیین میزان و دامنه تحمل به خشکی و شوری موردبررسی قرار گرفت.

مواد و روش‌ها

به‌منظور بررسی برخی پاسخ‌های مورفوفیزیولوژیک ۶ توده بومی علف گندمی تاجدار (*Agropyron cristatum* L.) در شرایط تنش خشکی و شوری، آزمایشی به‌صورت کرت‌های خردشده بر پایه طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار طی سال‌های ۹۵-۱۳۹۴ در محل گلخانه‌های تحقیقاتی پردیس ابوریحان دانشگاه تهران انجام شد. تیمارهای آبیاری به‌عنوان فاکتور اصلی در سه سطح (شاهد، تنش خشکی و تنش شوری) و توده‌های علف گندمی در شش سطح به‌عنوان کرت فرعی در نظر گرفته شدند. این تحقیق شامل سه تیمار آبیاری بود که به مدت ۴۵ روز اعمال گردید. ۱) تیمار شاهد (بدون تنش خشکی) ۲) تنش خشکی (قطع آبیاری به مدت ۴۵ روز) ۳) تنش شوری (روزانه با ۱۰۰ میلی‌لیتر سطح شوری ۹ دسی‌زیمنس بر متر) که بدین منظور از نمک کلرید سدیم با درجه خلوص ۹۹/۹ درصد استفاده گردید. زمان ۴۵ روز بر اساس نتایج تحقیقات گذشته محققان این پژوهش بر روی گونه های علف گندمی انتخاب گردید. اعمال شوری به‌صورت تدریجی انجام شد، به‌طوری که از آب‌شور با هدایت الکتریکی ۳ دسی‌زیمنس بر متر برای شروع استفاده شد تا اینکه سطح شوری نهایی به ۹ دسی‌زیمنس بر متر رسید (۷۳).

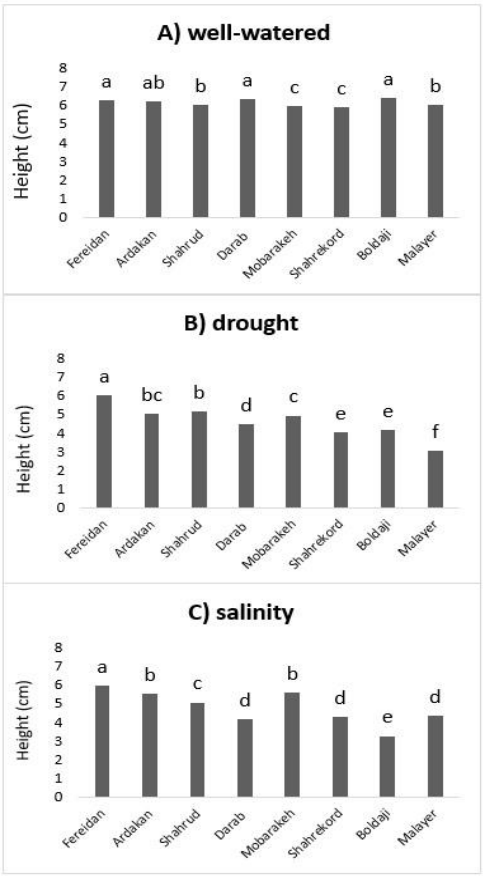
بذور توده‌های علف گندمی تاجدار مورد استفاده در این تحقیق از رویشگاه‌های مناطق مختلف کشور (جدول یک) که به صورت طبیعی رشد یافته بودند، جمع‌آوری شدند. برای کشت توده‌های بومی از گلدان‌های پلی‌اتیلنی با قطر دهانه ۱۶ سانتی‌متر و ارتفاع ۶۰ سانتی‌متر استفاده شد. داخل گلدان‌ها با سنگریزه به‌منظور زهکشی پر گردید، سپس گلدان‌ها با مخلوط خاکی کود، ماسه و خاک باغچه به نسبت حجمی ۳:۲:۱ پر شدند. پس از استقرار کامل و نگهداری در شرایط مناسب از ارتفاع ۴ سانتی‌متری سرزنی صورت گرفت. علف‌های هرز به طریق مکانیکی کنترل گردید و چمن‌ها توسط کود نیتروژن (۷۵ کیلوگرم در هکتار از منبع اوره) در ۳ نوبت تغذیه شدند. پس از استقرار چمن و پوشیده شدن سطح گلدان‌ها تیمارها اعمال گردید.

اندازه‌گیری کیفیت از طریق کیفی توسط ارزیابی با تجربه و با استفاده از روش موریس انجام شد (۵۰). بدین منظور ارزیابی ساعت ۱۰ صبح و در یک جهت انجام پذیرفت. در ارزیابی مذکور که بر

اساس دستورالعمل NTEP صورت گرفت، امتیاز ۹ به رنگ سبز تیره چمن و امتیاز ۱ به رنگ زرد چمن اختصاص داده شد (۵۰). برای اندازه‌گیری ارتفاع در هر گلدان از ده نقطه‌ی تصادفی، ارتفاع با استفاده از خط کش با دقت یک میلی‌متر اندازه‌گیری شد و سپس میانگین آن‌ها محاسبه گردید. جهت تعیین محتوی کلروفیل، نمونه‌ها جمع‌آوری و به آزمایشگاه انتقال داده شد و با استفاده از اسپکتروفتومتر (مدل uv-160 A شیماتزو-کیوتو) و سانتریفیوژ (مدل اپندرف 5810r)، توسط فرمول لیشتنتالر محاسبه شدند (۱۸). اندازه‌گیری کربوهیدرات‌های محلول در اندام هوایی با استفاده از روش اسیدسولفوریک و فنل انجام شد (۱۴). محتوی نسبی آب مطابق با دستورالعمل بارز و ویترلی (۴) و نشت الکترولیت طبق دستورالعمل بلوم و ابرکون (۷) تخمین زده شدند. صفات مربوط به ریشه شامل عمق نفوذ ریشه و عمق مؤثر ریشه مورد ارزیابی قرار گرفت. در پایان آزمایش ریشه‌ها پس از خارج شدن از گلدان شستشو شدند. سپس توسط خط کش با دقت ۱ میلی‌متر عمق نفوذ ریشه (پایین‌ترین عمقی که ریشه در آن توانسته بود قرار بگیرد) و عمق مؤثر ریشه (عمقی که بیشترین تراکم ریشه در آن واقع‌شده و پایین‌تر از آن به شکل معنی‌داری حجم ریشه کاهش میابد) اندازه‌گیری گردید (۷۲). از نرم‌افزار SAS (نسخه ۹/۱) برای تجزیه آماری داده‌ها استفاده شدد و میانگین‌ها با آزمون حداقل تفاوت معنی‌دار (LSD) مقایسه شدند و برای رسم نمودارها از نرم‌افزار Excel استفاده شد.

نتایج و بحث

ارتفاع گیاه: تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد تیمارهای آبیاری و توده‌های علف گندمی تأثیر معنی‌داری بر روی ارتفاع گیاه داشته‌اند. نتایج این تحقیق نشان داد، در گیاهانی که به‌خوبی آبیاری شده‌اند، توده‌های سبزوار (۶/۱۲ سانتی‌متر) و تاکستان (۶/۳۲ سانتی‌متر) بالاترین ارتفاع گیاه و توده ارومیه (۵/۱۶ سانتی‌متر) کمترین ارتفاع گیاه را دارا بودند (شکل یک-A). نتایج به دست آمده از اثر تنش خشکی بر ارتفاع گیاه نشان داد، توده سبزوار بالاترین ارتفاع گیاه (۵/۵۲ سانتی‌متر) و توده تاکستان (۳/۲۳ سانتی‌متر) کمترین ارتفاع گیاه را تحت تنش خشکی نشان می‌دهند (شکل یک-B). در شرایط تنش شوری، توده سبزوار (۵/۸۶ سانتی‌متر) بیشترین ارتفاع گیاه و توده ارومیه (۳/۵۲ سانتی‌متر) کمترین ارتفاع گیاه را نشان دادند (شکل یک-C). تأثیر تنش خشکی و شوری بر کاهش ارتفاع گونه‌های چمن توسط محققان بسیاری گزارش‌شده است (۵، ۱۱ و ۲۴). رشد سلول یکی از مهم‌ترین فرآیندهایی است که تحت تأثیر تنش خشکی و شوری قرار می‌گیرد، مطالعات مختلف نشان داده‌اند، توده و ارقام مقاوم، کاهش ارتفاع گیاه کمتری از خود در شرایط تنش خشکی و شوری نشان می‌دهند (۱۵ و ۶۹). اولین علامت درک تنش، کاهش فشار تورژسانس است که منجر به کاهش ارتفاع گیاه و برگ از طریق کاهش تقسیم و طویل شدن سلول‌ها می‌گردد (۵۴). کاهش رشد در خشکی و شوری می‌تواند به دلیل کاهش انرژی موردنیاز برای رشد درنتیجه انحراف مواد فتوسنتزی به سمت انتقال فعال و جذب یون‌ها باشد (۵۲). در شوری بالا گسترش سلولی می‌تواند در اثر تجمع نمک‌ها در دیواره‌های سلول کاهش‌یافته و درنتیجه باعث کاهش ارتفاع گیاه گردد (۲۹ و ۷۵).



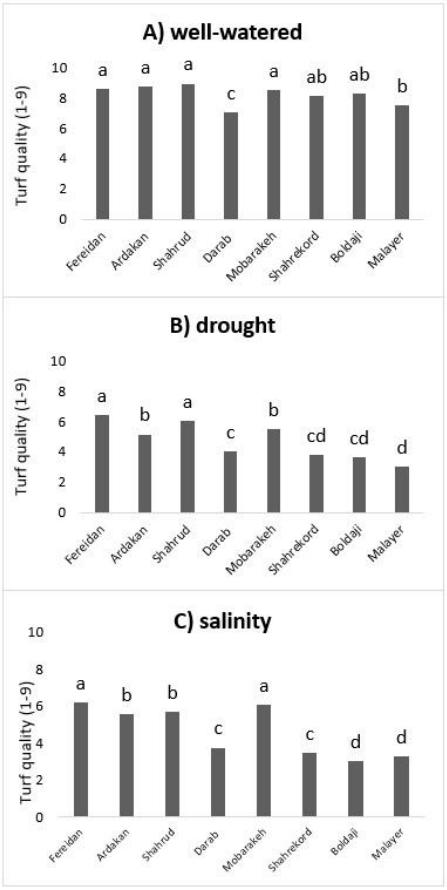
شکل ۱-تأثیر تنش خشکی و شوری بر ارتفاع توده های علف گندمی بیابانی

Figure 1- The effects of drought and salinity stress on height of *Agropyron desertorum* genotypes

محتوی کلروفیل: تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد تیمارهای آبیاری و توده‌های علف گندمی تأثیر معنی‌داری بر روی محتوی کلروفیل داشته‌اند. نتایج به‌دست‌آمده از بررسی محتوی کلروفیل (شکل دو-A) نشان داد که در گیاهان با آبیاری مناسب، توده ارومیه (۳/۱۴ میلی‌گرم برگرم وزن‌تر) و سبزوار (۳/۲۵ میلی‌گرم برگرم وزن‌تر) بیشترین و توده اراک (۲/۷۱ میلی‌گرم برگرم وزن‌تر)، کمترین محتوی کلروفیل را دارا می‌باشند. نتایج به‌دست‌آمده از اثر تنش

خشکی بر محتوی کلروفیل نشان داد، کمترین محتوی کلروفیل را توده‌های ارومیه (۲/۰۲ میلی‌گرم برگرم وزن‌تر) و اراک (۲/۱۳ میلی‌گرم برگرم وزن‌تر)، و بیشترین محتوی کلروفیل را توده سبزوار (۲/۸۵ میلی‌گرم برگرم وزن‌تر) به خود اختصاص دادند (شکل دو-B). نتایج به‌دست‌آمده از اثر تنش شوری بر محتوی کلروفیل نشان داد، کمترین محتوی کلروفیل را توده‌های هشتگرد (۱/۹۵ میلی‌گرم برگرم وزن‌تر) و تاکستان (۱/۹۲ میلی‌گرم برگرم وزن‌تر) و بیشترین محتوی کلروفیل را توده سبزوار (۲/۷۵ میلی‌گرم برگرم وزن‌تر) به خود اختصاص دادند (شکل دو-C). سو و همکاران (۵۹) نشان دادند که خشکی میزان انتقال الکترون فتوسنتزی و میزان کلروفیل را کاهش می‌دهد. ایشان گزارش کردند که از دست دادن کلروفیل در مدت تنش کامل خشکی مربوط به اکسیداسیون نوری است که حاصل تنش اکسایشی بوده و همراه با کاهش در فعالیت آنتی‌اکسیدان‌ها و افزایش در پراکسیداسیون اسیدهای چرب است. به گزارش ارغوانی و همکاران (۲) با افزایش شوری در کنتاکی بلوگراس میزان کلروفیل کاهش پیدا کرد. غلظت کلروفیل به‌عنوان یک شاخص برای ارزیابی مقاومت گیاه شناخته‌شده است (۲۱ و ۲۵) و لذا کاهش آن در شرایط تنش خشکی و شوری می‌تواند به‌عنوان یک عامل محدودکننده غیر روزنه‌ای به حساب آید (۴۱ و ۷۶). حفظ کلروفیل تحت شرایط تنش خشکی و شوری، در بسیاری از گونه‌های گیاهی با مقاومت به تنش همبستگی دارد و به‌طور عمومی گیاهان مقاوم نسبت به گیاهان حساس، کاهش کلروفیل کمتری از خود نشان می‌دهند (۲ و ۲۱). گزارش‌شده که تنش خشکی و شوری در گیاهان باعث پیری زودرس، شکسته شدن کلروپلاست ها و تجزیه کلروفیل در اثر افزایش فعالیت آنزیم کلروفیلاز می‌گردد (۲ و ۴۰). ضمن آنکه کاهش میزان کلروفیل برگ در اثر تنش خشکی و شوری، باعث کاهش کارایی فتوسنتز می‌شود و گیاهانی که در شرایط تنش میزان کلروفیل خود را در سطح بالایی حفظ می‌کنند کارایی فتوسنتزی بالاتری دارند (۴۰).

کربوهیدرات‌های محلول اندام هوایی: نتایج بررسی کربوهیدرات‌های محلول اندام هوایی نشان داد که در گیاهان با آبیاری مناسب میزان کربوهیدرات‌های محلول توده‌های دماوند (۳۱۲/۱۴ میلی‌گرم برگرم وزن خشک) و ارومیه (۲۹۶/۲۴ میلی‌گرم برگرم وزن خشک) بیشتر از چهار توده دیگر بود، کمترین کربوهیدرات‌های محلول نیز متعلق به توده اراک بود (۲۶۰/۱۵ میلی‌گرم برگرم وزن خشک) (شکل سه-A). نتایج به‌دست‌آمده از بررسی کربوهیدرات‌های محلول اندام هوایی نشان داد که در گیاهان تحت تنش خشکی، توده تاکستان کمترین (۲۳۶/۱۹ میلی‌گرم برگرم وزن خشک) و توده‌های دماوند (۳۳۲/۱۶ میلی‌گرم برگرم وزن خشک) و سبزوار (۳۴۵/۱۴ میلی‌گرم برگرم وزن خشک) بیشترین مقدار کربوهیدرات‌های محلول را داشتند (شکل سه-B).

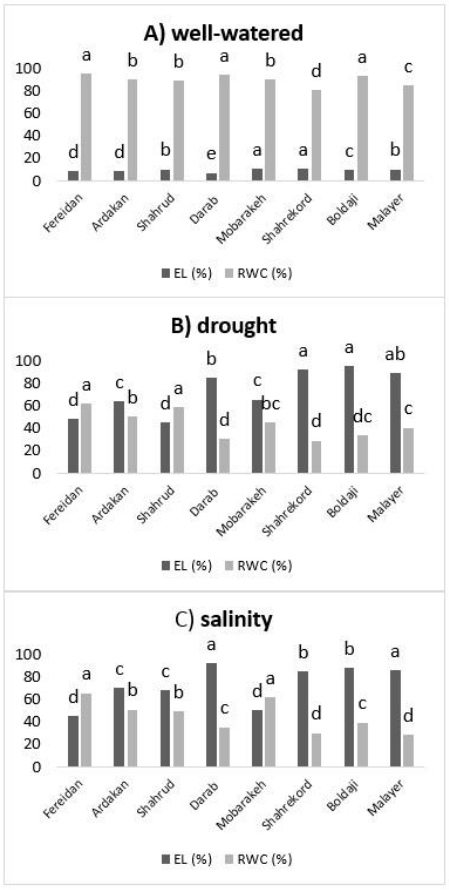


شکل ۲- تأثیر تنش خشکی و شوری بر کیفیت توده های علف گندمی بیابانی

Figure 2- The effects of drought and salinity stress on turf quality of *Agropyron desertorum* genotypes

در شرایط تنش شوری، توده دماوند بیشترین (۳۲۲/۱۵ میلی‌گرم برگرم وزن خشک) و توده‌های ارومیه (۲۱۱/۱۹ میلی‌گرم برگرم وزن خشک) و تاکستان (۱۹۴/۴۵ میلی‌گرم برگرم وزن خشک) کمترین کربوهیدرات محلول را نشان دادند (شکل سه-C). اسمولیت ها در تنظیم اسمزی بسیاری از گونه‌های گیاهی نقش مهمی دارند و عموماً به‌عنوان آمینواسیدهای پروتئینی و غیر پروتئینی، کربوهیدرات‌های محلول، اسیدهای ارگانیک، الکل‌ها و یون‌ها دسته‌بندی می‌شوند (۱۹). در دسترس بودن کربوهیدرات محلول اصلی‌ترین فاکتور در تعیین توانایی گیاه برای تجمع فعال یا غیرفعال اسمولیت‌های آزاد در فرآیند تنظیم اسمزی است (۲۸ و ۷۴). تجمع کربوهیدرات محلول اندام هوایی در تنش اسمزی توسط محمد و همکاران (۴۷)، لی و همکاران (۳۲ و ۳۳)، کار و همکاران (۳۰)، داسیلوا و همکاران (۱۳) گزارش‌شده است. بال و همکاران (۳) بیان کردند که در توده‌های متحمل به تنش چمن بوفالوگراس، غلظت بیشتر کربوهیدرات غیر ساختاری همراه با فعالیت بیشتر آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی مشخص

می‌شود. محققان بسیاری گزارش کرده‌اند که تجمع قندها در ارقام متحمل به خشکی و شوری بیشتر از ارقام حساس است (۳۱ و ۴۶). به نظر می‌آید که تجمع بیشتر کربوهیدرات محلول می‌تواند باعث تنظیم و حفاظت اسمزی گردد و مقادیر بیشتر محتوای نسبی آب و پایداری بهتر غشاء را به دنبال داشته باشد (۷۷).



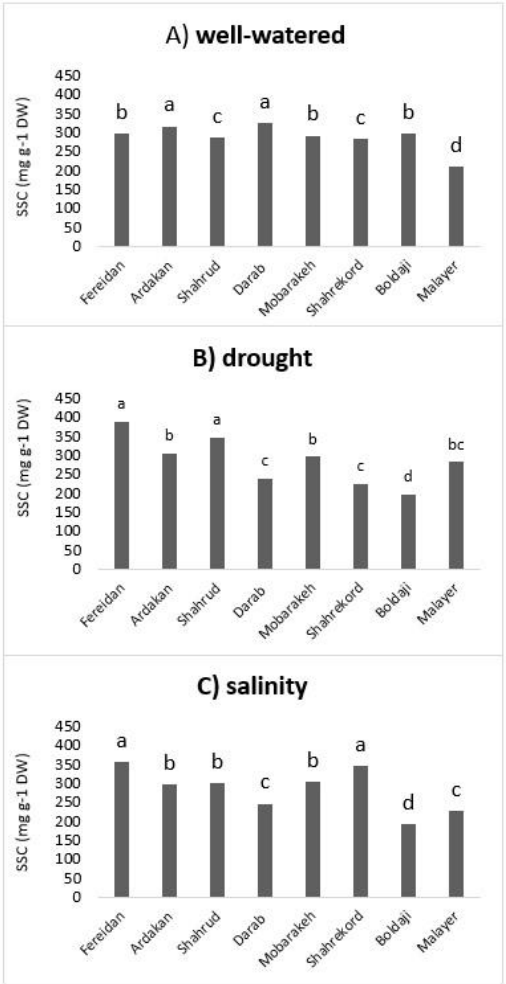
شکل ۳- تأثیر تنش خشکی و شوری بر محتوی آب نسبی و نشت الکترولیت توده های علف گندمی بیابانی

Figure 3- The effects of drought and salinity stress on relative water content and electrolyte leakage of *Agropyron desertorum* genotypes

محتوی آب نسبی: تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد تیمارهای آبیاری و توده‌های علف گندمی تأثیر معنی‌داری بر روی محتوی آب نسبی داشته‌اند. نتایج حاصل از بررسی میزان محتوی آب نسبی نشان داد که محتوی آب نسبی در هر شش توده گیاهی که به خوبی آبیاری شده بودند، تقریباً در یک سطح قرار دارد (شکل چهار-A). با قطع کامل آبیاری و اعمال تنش شوری، میزان محتوی آب نسبی در هر شش توده گیاهی چمن روند کاهشی داشت. کمترین محتوی آب نسبی را توده تاکستان (۲۰/۱۷ درصد) و بیشترین محتوی

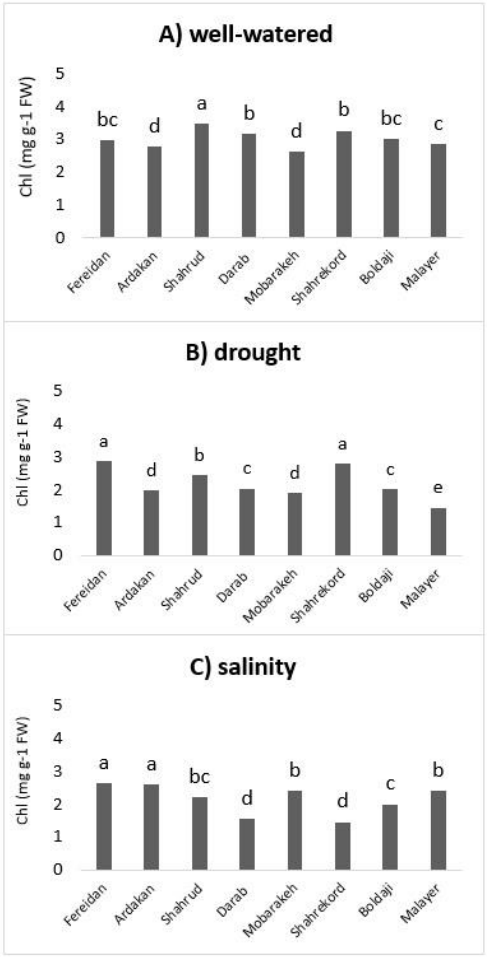
را توده‌های دماوند (۵۹/۱۸ درصد) و سبزوار (۶۲/۱۸ درصد) تحت تنش خشکی به خود اختصاص دادند (شکل چهار-B). نتایج به‌دست‌آمده از اثر تنش شوری بر محتوی آب نسبی نشان داد، کمترین محتوی آب نسبی را توده هشتگرد (۱۹/۴۵ درصد) و بیشترین محتوی آب نسبی را توده سبزوار (۶۸/۴۲ درصد) و اراک (۶۵/۱۴ درصد) به خود اختصاص دادند (شکل چهار-C).

تنظیم اسمزی یکی از مهم‌ترین مؤلفه‌های تحمل به خشکی و شوری است (۳۳) که ارتباط نزدیکی با محتوی آب نسبی برگ دارد (۴۰). کاهش میزان محتوی آب نسبی در اثر تنش خشکی و شوری در تحقیقات سایر محققین بر روی چمن های چمنی نیز گزارش‌شده است که با نتایج حاصل از این تحقیق مطابقت دارد (۱۲، ۱۴ و ۴۹).



شکل ٤- تأثیر تنش خشکی و شوری بر کربوهیدرات محلول توده های علف گندمی بیابانی

Figure 4- The effects of drought and salinity stress on soluble carbohydrate of Agropyron desertorum genotypes



شکل ۵- تأثیر تنش خشکی و شوری بر محتوی کلروفیل توده های علف گندمی بیابانی

Figure 5- The effects of drought and salinity stress on Chlorophyll of Agropyron desertorum genotypes

جیانگ و هوانگ (۲۸) در مطالعه‌ای بر روی کنتاکی بلوگراس دریافتند که تنش خشکی سبب کاهش مقدار آب نسبی برگ در گونه‌های مذکور می‌گردد که شدت کاهش در طول مدت تنش متفاوت است.

بور و همکاران (۸) بیان نمودند که گیاهان متحمل به شوری در مقایسه با انواع حساس آن، با سرعت کمتری رطوبت خود را از دست می‌دهند و بین رطوبت برگ‌های جداشده، تحمل به شوری و توانایی حفظ رطوبت برگ و عملکرد رابطه معنی‌داری وجود دارد. با کاهش محتوی آب نسبی برگ، ظرفیت فتوسنتزی گیاه کاهش پیدا می‌کند و در اثر آسیب به غشای کلروپلاست ها، منتهی به مرگ گیاه می‌شود (۱۲). محتوی آب نسبی بالاتر در شرایط تنش می‌تواند موجب حفظ هدایت روزنه‌ای و درنتیجه تعرق و فتوسنتز بالاتر در گیاه گردد که نشان‌دهنده مقاومت بالاتر به تنش هست (۴۳ و ۵۳). گیاهان متحمل به خشکی و شوری در مقایسه با انواع حساس آن، با سرعت کمتری رطوبت خود را از دست می‌دهند و بین رطوبت برگ‌های جداشده، تحمل به تنش و توانایی حفظ رطوبت برگ و عملکرد رابطه معنی‌داری وجود دارد (۴۳).

نشت الکترولیت: تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد تیمارهای آبیاری و توده‌های علف گندمی تأثیر معنی‌داری بر روی نشت الکترولیت داشته‌اند. نتایج نشان داد که نشت الکترولیت هر شش توده گیاهی چمن در گیاهان شاهد تقریباً در یک سطح قرار دارد (شکل چهار-A). در تیمار قطع آبیاری و تنش شوری، نشت الکترولیت در هر شش توده گیاهی افزایش پیدا کرد، کمترین میزان نشت الکترولیت را به ترتیب توده‌های سبزوار (۴۸/۱۶ درصد) و دماوند (۵۹/۱۴ درصد) و بیشترین میزان نشت الکترولیت را به ترتیب توده‌های ارومیه (۹۰/۱۲ درصد)، تاکستان (۸۸/۱۵ درصد) و هشتگرد (۸۵/۱۶ درصد) تحت تنش خشکی به خود اختصاص دادند (شکل چهار-B). در شرایط تنش شوری، توده سبزوار (۵۴/۱۷ درصد) و اراک (۵۰/۱۴ درصد)، کمترین میزان نشت الکترولیت و توده‌های هشتگرد (۹۱/۲۴ درصد) و ارومیه (۸۹/۳۴ درصد)، بیشترین میزان نشت الکترولیت را نشان دادند (شکل چهار-C).

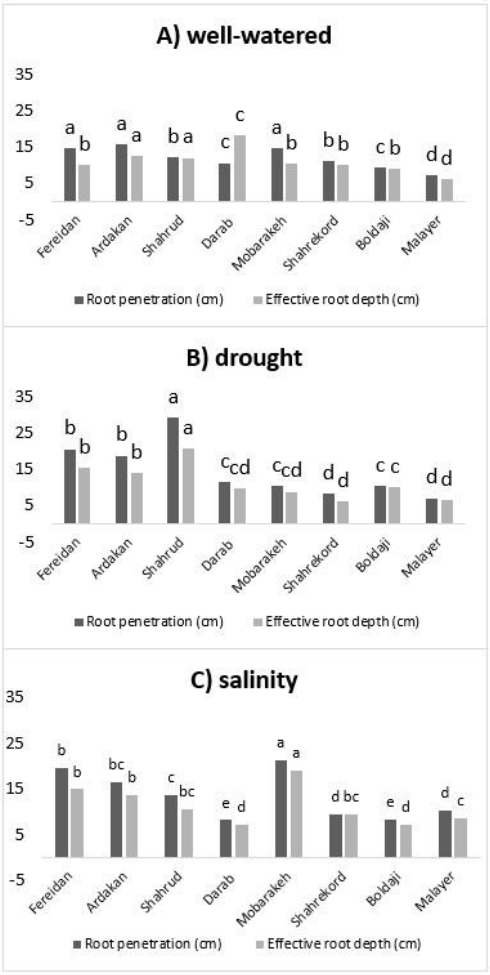
نشت الکترولیت یکی از شاخص‌های میزان مقاومت گیاه است که تحت شرایط تنش خشکی و شوری افزایش می‌یابد (۱۲ و ۱۴). چای و همکاران (۱۲) تحمل به تنش خشکی را در دو گونه کنتاکی بلوگراس و رای گراس چندساله مورد بررسی قراردادند و اظهار کردند که کنتاکی بلوگراس در مقایسه با رای گراس چندساله از کیفیت چمنی و کارایی فیتوشیمیایی برگ بالاتر و نشت الکترولیت پایین‌تری در طی دوره تنش برخوردار بود و این‌طور نتیجه گرفتند که تحمل بیشتر کنتاکی بلوگراس در برابر تنش خشکی به تنظیم اسمزی، انعطاف‌پذیری بیشتر دیواره سلولی و پایداری بهتر غشاء سلولی برمی گردد. لیون و همکاران (۳۴) نیز عنوان کردند که گونه‌های گیاهی مقاوم به شوری توانایی بیشتری در حفظ سلامت غشا، تنظیم یون‌ها و درنتیجه تعادل آب سلولی دارا می‌باشند. در طی تنش، خسارت وارده به غشا سلول می‌تواند عامل محدودکننده برای سلامت سلول باشد (۵۳). درواقع یکی از دلایل مقاومت پایین به تنش خشکی در چمن های حساس، به نشت الکترولیت بیشتر در آن‌ها نسبت داده می‌شود (۲۲، ۳۴ و ۳۸). افزایش نشت الکترولیت با پیشرفت تنش توسط تاتاری و همکاران (۶۰) در گیاه علف گندمی بیابانی گزارش‌شده است. مشخص‌شده که مؤلفه اصلی در تحمل به هدر رفت آب در چمن ها، ثبات غشای سلولی است و افزایش نشت یونی نشان‌دهنده بروز آسیب غشایی است (۵۲).

صفات مربوط به ریشه: نتایج این تحقیق نشان داد، در گیاهانی که به‌خوبی آبیاری شده‌اند، توده‌های دماوند (۱۸/۱۴

سانتی‌متر) و تاکستان (۱۷/۱۵ سانتی‌متر) بالاترین عمق نفوذ ریشه و توده تاکستان (۱۵/۱۶ سانتی‌متر)، بالاترین عمق مؤثر ریشه را نشان دادند (شکل پنج-A). در تیمار تنش خشکی، توده سبزوار، بیشترین عمق نفوذ (۳۰/۱۴ سانتی‌متر) و عمق مؤثر ریشه (۲۰/۲۶ سانتی‌متر) را نشان داد (شکل پنج-B). نتایج به‌دست‌آمده از اثر تنش شوری بر صفات مربوط به ریشه نشان داد، توده سبزوار بالاترین عمق نفوذ ریشه (۳۴/۱۵ سانتی‌متر) و توده اراک (۲۰/۱۱ سانتی‌متر) و سبزوار (۲۴/۲۵ سانتی‌متر)، بالاترین عمق مؤثر ریشه را نشان دادند (شکل پنج-C). سیستم ریشه به‌عنوان یکی از پارامترهای مهم در برنامه‌های اصلاحی برای ایجاد مقاومت به تنش خشکی و شوری مدنظر است (۳۷). طول ریشه طویل‌تر باعث می‌شود که سطح و حجم بیشتری از ریشه‌ها در تماس با خاک قرار گیرد که این امر باعث تسهیل جذب آب و مواد غذایی تحت شرایط تنش خشکی می‌شود (۵۳). تنش خشکی و شوری از طریق کاهش پتانسیل آب برگ و به دنبال آن کاهش فتوسنتز باعث کاهش عمق نفوذ و تراکم ریشه می‌شود (۵۳). ماهاجان و توتجا (۳۹) گزارش کردند که در زمان بروز تنش، رشد نسبی ریشه افزایش می‌یابد تا سیستم ریشه آب بیشتری را از لایه‌های عمیق‌تر خاک استخراج کند. کیان (۵۵) گزارش کرد که تحت شرایط تنش خشکی، رطوبت حجمی خاک در لایه‌های سطحی به‌سرعت کاهش می‌یابد درحالی‌که از محتوای رطوبتی خاک در اعماق پایین‌تر به‌کندی کاسته می‌گردد که در این حالت گیاه برای جذب آب طول ریشه را افزایش می‌دهد. مکان و هوآنگ (۴۴) با بررسی ارقام مختلف کریپینگ بنت گراس گزارش کردند که تنش خشکی طول کل ریشه و تعداد ریشه را در ارقام مختلف این گیاه کاهش می‌دهد ولی شدت این کاهش در ارقام متفاوت بود.

نتایج تحقیقی نشان داد بین جمعیت‌های مختلف مرغ از نظر مقاومت به خشکی بر اساس طول نفوذ ریشه، تفاوت‌های معنی‌داری وجود دارد. به‌گونه‌ای که ارقام مقاوم بیشترین طول ریشه را نسبت به ارقام حساس داشتند (۱). افزایش عمق نفوذ ریشه در شرایط تنش، منجر به افزایش ظرفیت جذب آب در لایه‌های عمیق خاک می‌شود تا میزان کاهش آب در لایه‌های سطحی را جبران کند (۲۳). در ارقام حساس، خشک شدن خاک منجر به کاهش رشد و کاهش جذب آب در دو سطح بالایی و پایینی خاک می‌شود (۲۶).

کیفیت: نتایج نشان داد که کیفیت پنج توده هشتگرد، اراک، تاکستان، دماوند و سبزوار در گیاهان شاهد تقریباً در یک سطح قرارگرفته و توده ارومیه کیفیت پایین‌تری از خود نشان داد (شکل شش-A). در تیمار تنش خشکی کیفیت چمن در هر شش توده چمن کاهش پیدا کرد. کمترین و بیشترین میزان کیفیت را به ترتیب توده سبزوار و توده هشتگرد به خود اختصاص دادند (شکل پنج-B). در شرایط تنش شوری، کیفیت چمن در هر شش توده کاهش پیدا کرد، توده سبزوار و اراک بیشترین کیفیت و توده‌های ارومیه و تاکستان کمترین کیفیت را تحت تنش شوری نشان دادند (شکل پنج-C). کاهش کیفیت چمن تحت شرایط تنش خشکی و شوری، توسط سو و همکاران (۶۵)، جیانگ و هوانگ (۲۸) و چای و همکاران (۱۲) گزارش‌شده است.



شکل ٦- تأثیر تنش خشکی و شوری بر عمق نفوذ و تراکم ریشه توده های علف گندمی بیابانی

Figure 6- The effects of drought and salinity stress on penetration and effective depth root of Agropyron desertorum genotypes

کیفیت چمن یکی از فاکتورهای اصلی برای نشان دادن تحمل کلی چمن در برابر تنش خشکی و شوری است (۱۰). علت اصلی کاهش کیفیت گیاه، کاهش میزان کلروفیل تحت شرایط تنش خشکی و شوری است که توسط محققین مختلف در گراس های چمنی گزارش‌شده است (۶۱). در منابع متعددی گزارش‌شده است که میزان کاهش کیفیت در توده‌های حساس به خشکی و شوری، بیشتر از گیاهان مقاوم است (۳۶، ۳۷ و ۶۳). در بررسی مقاومت به خشکی ارقام فستوکای بلند (*Festuca arundinacea* L.) مشخص شد،

کاهش رنگ این چمن تحت تأثیر تنش خشکی به دلایلی چون کلروز، سوختگی و پژمردگی برگ مربوط می‌شود (۱۰).

نتیجه‌گیری

نتایج حاصل از این تحقیق نشان داد تنش خشکی و شوری باعث کاهش کیفیت در توده‌های علف گندمی تاجدار شده‌اند و سطح کاهش کیفیت بین توده‌ها متفاوت بود. بر اساس تجزیه‌وتحلیل‌های مورفولوژیک و فیزیولوژیک، رتبه‌بندی مقاومت به خشکی به‌صورت سبزوار >دماوند > اراک > ارومیه = تاکستان > هشتگرد و رتبه‌بندی مقاومت به شوری به‌صورت سبزوار >اراک > دماوند > هشتگرد = تاکستان > ارومیه هست. به‌طور خلاصه، نتایج حاصل از این تحقیق نشان داد که توده‌های سبزوار و دماوند مقاومت خوبی نسبت به خشکی و توده‌های سبزوار و اراک مقاومت خوبی نسبت به تنش شوری نسبت به سایر توده‌های علف گندمی تاجدار از خود نشان دادند. این توده‌ها در مجموع با بهبود صفاتی همچون ارتفاع، حفظ محتوی کلروفیل، تجمع بیشتر کربوهیدرات محلول، محتوی آب نسبی بالاتر و نشت الکترولیت کمتر، افزایش عمق نفوذ و تراکم ریشه در شرایط تنش، مقاومت بالاتری از خود نشان دادند و می‌توان از این چمن‌ها به‌عنوان چمن بومی دارای پتانسیل مقاومت به تنش خشکی و شوری یادکرد.

جدول ۱- محل جمع‌آوری توده‌های بومی علف گندمی تاجدار (*Agropyron cristatum* L.)

Table 1- Site collection of native Iranian Crested wheatgrass genotypes (*Agropyron cristatum* L.)

توده Landrace	منطقه Region	طول جغرافیایی Longitude (E)	عرض جغرافیایی Latitude (N)	ارتفاع Altitude (m)	متوسط دمای سالانه Average annual temperature (°C)	متوسط بارش سالانه Annual rainfall (mm/year)
هشتگرد Hashtgerd	هشتگرد-البرز Hashtgerd-Alborz	50.6846	35.9614	1175	14.6	377
اراک Arak	اراک-مرکزی Arak-Markazi	49.7013	34.0954	1750	13.9	311
ارومیه Urmia	ارومیه-اذربایجان Urmia-Azerbaijan	45.0433	37.3309	1330	10.6	555
تاکستان Takestan	تاکستان-قزوین Takestan-Qazvin	49.7013	36.0721	1260	18.1	350
دماوند Damavand	دماوند-تهران Damavand-Tehran	52.0631	35.5721	1903	12.1	149
سبزوار Sabzevar	سبزوار-خراسان رضوی Sabzevar-Khorasan Razavi	57.6678	36.2152	977	18.2	330

منابع

1- Ahmadi S.S., Basiri M., and Etemadi N. 2013. Comparison of Drought Resistance of Five Species, Cultivars and Populations of Lawn for Using in Landscape. International Journal of Horticultural Science and Technology 13: 391-404.

2- Arghavani M., Kafi M., Babalar M., Naderi R., Hoque M.A., and Murata Y. 2012. Improvement of salt tolerance in Kentucky bluegrass by trinexapac-ethyl. HortScience 47: 1163–1170.

3- Ball S., Qian Y.L., and Stushnof C. 2002. Soluble carbohydrates in two buffalo grass cultivars with contrasting freezing tolerance. HortScience 127: 45–49.

4- Barrs H.D., and Weatherley P.E. 1962. A re-examination of the relative turgidity technique for estimating water deficits in leaves. Australian Journal of Biological Sciences 15: 413-428.

5- Ben-Amor N., Jim´enez A., Megdiche W., Lundqvist M., Sevilla F. and Abdelly C. 2007. Kinetics of the anti-oxidant response to salinity in the halophyte Cakile maritime. Journal of Integrative Plant Biology 49: 982–992.

6- Bian S., and Jiang, Y. 2009. Reactive oxygen species, antioxidant enzyme activities and gene expression patterns in leaves and roots of Kentucky bluegrass in response to drought stress and recovery. Scientia Horticulturae 120: 264–270.

7- Blum A., and Ebercon A. 1981. Cell memberane stability as a measure of drought and heat tolerance in wheat.

Crop Science 21: 43-47.
8- Bor M., Ozdemir F., and Turkan I. 2003. The effect of salt stress on lipid peroxidation and antioxidants in leaves of sugar beet *Beta vulgaris* L. and wild beet *Beta maritima* L. Plant Science 164: 77–84.
9- Cao Y.J., Wei Q., Liao Y., Song H.L., Li X., Xiang C.B. and Kuai B.K. 2009. Ectopic overexpression of At HDG11 in tall fescue resulted in enhanced tolerance to drought and salt stress. Plant CellR 28: 579–588.
10- Carrow R.N., and Duncan R.R. 2003. Improving drought resistance and persistence in turf-type tall fescue. Crop Science 43: 978–984.
11- Chen J., Yan J., Qian Y., Jiang Y., Zhang T., Guo H., Guo A., and Liu J. 2009. Growth responses and ion regulation of four warm season turfgrasses to long-term salinity stress. Scientia Horticulturae 122: 620–625.
12- Chi Q., Jin F., Merewitz E., and Huang B. 2010. Growth and physiological traits associated with drought survival and post-drought recovery in perennial turfgrass species. American Society for Horticultural Science 135: 125–133.
13- Da-Silva J.M., and Arrabaca M.C. 2004. Contributions of soluble carbohydrates to the osmotic adjustment in the C_4 grass Setaria sphacelata: A comparison between rapidly and slowly imposed water stresses. Journal of Plant Physiology 161: 551–555.
14- DuBois M., Gilles K.A., Hamilton J.K., Rebers P.A. and Smith F. 1956. Colorimetric Method for Determination of Sugars and Related Substances. Analytical Chemistry 28: 350-356.
15- Fu J., and Huang B. 2001. Involvement of antioxidants and lipid peroxidation in the adaptation of two cool-season grasses to localized drought stress. Environmental and Experimental Botany 45: 105-114.
16- Hanks J.D., Johnson P.G., and Waldron B.L. 2006. Recommended seeding rates for reduced-maintenance, turf-type wheatgrasses. Online. Applied Turfgrass Science. doi: 10.1094/ATS-2006-0808-01-RS.
17- Hanks J.D., Waldron B.L., Johnson P.G., Jensen K.B., and Asay K.H. 2005. Breeding CWG-R crested wheatgrass for reduced-maintenance turf. Crop Science 45: 524-528.
18- 18-Hiscox J.D., and Israelstam G.F. 1979. A method for the extraction of chlorophyll from leaf tissue without maceration. Canadian Journal of Botany 57: 1332-1334.
19- Hu L., and Hu T. 2012. Exogenous Glycine betaine ameliorates the adverse effect of salt stress on perennial ryegrass. Journal of the American Society for Horticultural Science 137: 38-46.
20- Hu L., Huang Z., Liu S., and Fu J. 2012. Growth Response and Gene Expression in Antioxidant-related Enzymes in Two Bermudagrass Genotypes Differing in Salt Tolerance. Journal of the American Society for Horticultural Science 137: 134–143.
21- Hu Z., Amombo E., Gitau M.M., Bi A., Zhu H., Zhang L., Chen L., and Fu J. 2017. Changes of antioxidant defense system and fatty acid composition in bermudagrass under chilling stress. Journal of the American Society for Horticultural Science 142: 101-109.
22- Hu Z., Liu A., Gitau M.M., Huang X., Chen L., and Fu J. 2018. Insights into the MicroRNA-regulated response of bermudagrass to cold and salt stress. Environmental and Experimental Botany 145: 64-74.
23- Huang B. 1997. Drought-Resistance Mechanisms of Seven Warm- Season Turfgrasses under Surface Soil Drying: I. Shoot Response. Crop Science 1858-1863.
24- Huang B. and Fu J. 2001. Growth and physiological responses of tall fescue to surface soil drying. Intl. International Turfgrass Society Research Journal 9: 291-296.
25- Huang B., and Fu J. 2001. Growth and physiological responses of tall fescue to surface soil drying. Journal of Agricultural Science and Technology 9: 291-296.
26- Huang B., and GAO H. 2000. Root physiological characteristics associated with drought resistance in tall fescue cultivars. Crop Science 40: 196-203.
27- Iftikhar Hussain M.A., Farooq M., Nikoloudakis N., and Khalid N. 2016. Salt and drought stresses in safflower: a review. Agronomy for Sustainable Developmen. Dev. 36:4.
28- Jiang Y., and Huang B. 2000. Effects of drought or heat stress alone and in combination on Kentucky bluegrass. Crop Science 40: 1358-1362.
29- Kamal Uddin M, Juraimi A.S., Ismail M.R., Rahim M.A., and Radziah O. 2009. Growth response of eight tropical turfgrass to salinity. African Journal of Biotechnology 8: 5799–5806.
30- Kaur K., Gupta A.K., and Kaur N. 2007. Effect of water deficit on carbohydrate status and enzymes of carbohydrate metabolism in seedlings of wheat cultivars. Indian Journal of Biochemistry and Biophysics 44: 223–230.
31- Kerepesi I., and Galiba G. 2000. Osmotic and salt stress-induced alteration in soluble carbohydrate content in wheat seedlings. Crop Science 40: 482–487.
32- Lee G.J., Carrow R.N., and Duncan R.R. 2008. Identification of new soluble sugars accumulated in a halophytic seashore paspalum ecotype under salinity stress. Horticulture, Environment, and Biotechnology 49(1): 13–19.
33- Lee G.J., Carrow R.N., Duncan R.R., Eiteman M.A. and Rieger M.W. 2008. Synthesis of organic osmolytes and salt tolerance mechanisms in Paspalum vaginatum. Environmental and Experimental Botany 63(1–3): 19–27.
34- Liu Y., Du H., Kai W., Bingru H. and Zhaolong W. 2011. Differential Photosynthetic Responses to Salinity Stress

between Two Perennial Grass Species Contrasting in Salinity Tolerance. HortScience 46(2): 311–316.
35- Liu N., Lin S., and Huang B. 2017. Differential Effects of Glycine Betaine and Spermidine on Osmotic Adjustment and Antioxidant Defense Contributing to Improved Drought Tolerance in Creeping Bentgrass. Journal of the American Society for Horticultural Science 142(1): 20-26.
36- Liu T., Zhuang L. and Huang B. 2019.Metabolic adjustment and gene expression for root sodium transport and calcium signaling contribute to salt tolerance in Agrostis grass species. Plant Soil.
37- Longxing H., Zehui H., Shuqian L., and Jinmin F. 2012. Growth response and gene expression in antioxidant-related enzymes in two bermudagrass genotypes differing in salt tolerance. Journal of the American Society for Horticultural Science 137: 134–143.
38- Lv A., Fan N., Xie J., Yuan S., An Y., and Zhou P., 2017. Expression of CdDHN4, a novel YSK2-type dehydrin gene from bermudagrass, responses to drought stress through the ABA-dependent signal pathway. Frontiers in Plant Science 8: 748.
39- Mahajan S., and Tuteja N. 2005. Cold, salinity and drought stress an overview. Archives of Biochemistry and Biophysics 444: 139-158.
40- Malonaka K., Oaiawa T., and Imagawa H. 2006. Changes in chloroplast peroxidase activities in relation to chlorophyll loss in barley leaf segments. Physiologia Plantarum 80(4): 555–560.
41- Mayoral M.L., Atsmon D., Shimshi D., and Gromet-Elhanan Z. 1981. Effect of Water Stress on Enzyme Activities in Wheat and Related Wild Species: Carboxylase Activity, Electron Transport and Photophosphorylation in Isolated Chloroplasts. Australian Journal of Agricultural Research 8: 385–393.
42- McCann S.E., and Huang B. 2008. Drought Responses of Kentucky Bluegrass and Creeping Bentgrass as Affected by Abscisic Acid and Trinexapac-ethyl. Journal of the American Society for Horticultural Science 133: 20–26.
43- McCann S.E., and Huang B. 2008. Evaluation of drought tolerance and avoidance traits for six creeping bentgrass cultivars. HortScience 43: 519-524.
44- McCann S.E., and Huang B. 2008. Evaluation of drought tolerance and avoidance traits for six creeping bentgrass cultivars. Hortscience 43(2): 519–524.
45- Meng L., Guo Q., Mao P., and Tian X. 2013. Accumulation and Tolerance Characteristics of Zinc in *Agropyron cristatum* Plants Exposed to Zinc-Contaminated Soil. Environmental Contamination and Toxicology 3: 298–301.
46- Michael T.M., Rod L.B., John R.C., and Barker D. 2000. Pinitol accumulation in mature leaves of white clover in response to a water deficit. Environmental and Experimental Botany 43: 11-18.
47- Mohamed A., Shahba S., Alshammary F., and Mohamed S.A. 2012 .Effects of Salinity on Seashore Paspalum Cultivars at Diff erent Mowing Heights. Crop Science 52: 1358–1370.
48- Mohammadi R., Haghparast R. Aghaee-Sarbarze M., and Abdollahi A.V. 2006. An evaluation of drought tolerance in advanced durum wheat genotypes based onphysiologic characteristics and other related indices. Iranian Journal of Agricultural Sciences 37: 561-567.
49- Mohammadi F., Kavousi H.R., and Mansouri A. 2019. Effects of salt stress on physio-biochemical characters and gene expressions in halophyte grass Leptochloa fusca (L.) Kunth. M. *Acta* Physiologiae Plantarum 41: 143.
50- Morris K.N. 2002. A guide to NTEP turfgrass rating. National Turfgrass Evaluation Program 11: 30-39.
51- Ochoa V., Madrid E., Said M., Rubiales D., and Cabrera A. 2015. Molecular and cytogenetic characterization of a common wheat-Agropyron cristatum chromosome translocation conferring resistance to leaf rust. Euphytica 201: 89–95.
52- Pessarakli M. 2008. Handbook of turfgrass management and physiology. CRC Press, Boca Raton, Florida.
53- Pessarakli M., and Kopec D.M. 2008. Comparing growth responses of selected cool-season turfgrasses under salinity and drought stresses. Acta Horticulturae 783: 169-174.
54- Poss J.A., Russell W.B., Bonos S.A., and Grieve C.M. 2010. Salt tolerance and canopy reflectance of Kentucky bluegrass cultivars. Hortscience 45: 952–960.
55- Qian Y. 1996. Irrigation frequency affects zoysiagrass rooting and plant water status. HortScience 31: 234–237.
56- Qian Y.L., and Fry J.d. 1996. Irrigation frequency affects zoysia grass rooting and plant water status. HortScience. 31: 234-237.
57- Robins J.G., and Waldron B.L. 2007. Potential for the improvement of turf quality in crested wheatgrass for low-maintenance conditions. Hortscience 42(7): 1526-1529.
58- Robins J.G., Waldron B.L., Cook D.W., Jensen K.B., and Asay K.H. 2006. Evaluation of crested wheatgrass managed as turfgrass. Online. Applied Turfgrass Science. doi: 10.1094/ATS-2006-0523-01-RS.
59- Roohollahi I., Kafi M., and Naderi R. 2010. Drought reaction and rooting characteristics in response to plant growth regulators on Poa pratensis cv. Barimpala. he *Journal* of Food, Agriculture and Environment 8: 285-288.
60- Samar Raza M.A., Saleem F., Khan I.H., Jamil M., Ijaz M., and Khan M.A. 2012. Evaluating the drought stress tolerance efficiency of wheat (*Triticum aestivum* I.) cultivars. Russian Journal of Agricultural and Socio-economic Sciences 12: 41-46.
61- Samieiani E., Ansari H., Azizi M., Hashemi-Nia S.M., and Salahvarzi Y. 2013. Effects of drought stress on some biochemical indices of four groundcovers (*Lolium perenne*, *Potentilla* spp., *Trifolium repens* and *Frankenia* spp.)

with potential usage in landscape. Journal of Science and Technology of Greenhouse Culture 4: 101-110.
62- Sarmast M.K., Salehi H., and Niazi A. 2015. Biochemical differences underlie varying drought tolerance in four Festuca arundinacea Schreb. Genotypes subjected to short water scarcity. Acta Physiologiae Plantarum 37: 1-13.
63- Shahba M.A., Alshammary S.F., and Abbas M.S. 2012. Effects of salinity on seashore paspalum cultivars at different mowing heights. Crop Science 52: 1358–1370.
64- Shan C., He F., Xu G., Han R., and Liang Z. 2012. Nitric oxide is involved in the regulation of ascorbate and glutathione metabolism in Agropyron cristatum leaves under water stress. Biologia Plantarum 56: 187-191.
65- Su K., Moss J.Q., Zhang G., and Wu Y. 2013. Bermudagrass Drought Tolerance Associated with Dehydrin Protein Expression during Drought Stress. Journal of the American Society for Horticultural Science 138(4): 277–282.
66- Tan S., Dong F., Yang Y., Zeng Q., Chen B., and Jiang L. 2017. Effects of waterlogging and cadmium on ecophysiological responses and metal bio-accumulation in Bermuda grass (*Cynodon dactylon*). Environmental Earth Sciences 76: 719.
67- Tatari M., Fotouhi Ghazvini R., Etemadi N., Ahadi A.M., and Mousavi A. 2013. Study of some physiological responses in three species of turfgrass in drought stress conditions. International Journal of Plant Production 20: 63-87.
68- Tatari M., Ghazvini F.R., Etemadi N., Ahadi A.M., and Mousavi A. 2012. Analysis of Antioxidant enzymes activity, lipid peroxidation and proline content of Agropyron desertorum under drought stress. South Western Journal of Horticulture, Biology and Environment 3: 9-24.
69- Wang Z., Huang B., and Xu Q. 2003. Genotypic variation in abscisic acid accumulation, water relations, and gas exchange for Kentucky bluegrass exposed to drought stress. HortScience 128: 349-355.
70- Watkins E., Fei S., Gardner D., Stier J., Bughrara S., Li D., Bigelow C., Schleicher L., Horgan B., and Diesburg K. 2011. Low-input turfgrass species for the north central United States. Online. Applied Turfgrass Science.
71- Watkins E., Fei S., Gardner D., Stier J., Bughrara S., Li D., Bigelow C., Schleicher L., Horgan B., and Diesburg K. 2011. Low-input turfgrass species for the north central United States. Online. Applied Turfgrass Science. doi: 10.1094/ATS-2011-0126-02-RS.
72- Weaver J.E., and Zink E. 1946. Length of Life of Roots of Ten Species of Perennial Range and Pasture Grasses. Agronomy & Horticulture. Faculty Publications. Paper 500.
73- Yang Z., Yu J., Merewitz E., and Huang B. 2012. Differential Effects of Abscisic Acid and Glycine Betaine on Physiological Responses to Drought and Salinity Stress for Two Perennial Grass Species. Journal of the American Society for Horticultural Science 137: 96–106.
74- Yin X., Zhang C., Song X., and Jiang Y. 2017. Interactive short-term effects of waterlogging and salinity stress on growth and carbohydrate, lipid peroxidation, and nutrients in two perennial ryegrass cultivars. Journal of the American Society for Horticultural Science 142: 110–118
75- Yin D., Zhang J., Jing R., Qu Q., Guan H., Zhang L., and Dong L. 2018. Effect of salinity on ion homeostasis in three halophyte species, Limonium bicolor, *Vitex trifolia* Linn. var. simplicifolia Cham and *Apocynaceae venetum*. Acta Physiologiae Plantarum 40:40
76- Zandalinas S.I., Mittler R., Balfago´n D., Arbona V., Go´mez Cadenas A. 2018. Plant adaptations to the combination of drought and high temperatures. Physiologia Plantarum 162(1): 2-12.
77- Zhou L., Shi P., and Peng Y. 2013. Improved drought tolerance through drought preconditioning associated with changes in antioxidant enzyme activities, gene expression and osmoregulatory solutes accumulation in White clover (*Trifolium repens* L.). Plant Omics Journal 6: 481-489.

Journal of Horticultural Science
Vol. 33, No.3, Fall 2019, P. 363-375
ISSN: 2008 - 4730

نشریه علوم باغبانی (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۳۳، شماره ۳، پاییز ۱۳۹۸، ص. ۳۷۵-۳۶۳
شاپا: ۴۷۳۰ - ۲۰۰۸

Study of Morphophysiological Responses of Iranian Crested Wheatgrass Genotypes (*Agropyron cristatum* L.) under Drought and Salinity Stresses

M.H. Sheikh Mohammadi[1]- N. Etemadi[2]*- A. Nikbakht[3]- M. Arab[4]- M.M. Majidi[5]

Received: 29-01-2017
Accepted: 11-09-2019

Introduction: Drought and salinity are the most detrimental abiotic stresses for turfgrass growth across a wide range of geographic locations. Most cool season grass species are not well adapted to extended periods of drought and salinity stress. The decline in turf quality caused by drought and salinity stresses is a major concern in turfgrass cultivation and management. Therefore, developing management practices for improving drought and salinity resistance of turfgrasses has become imperative in arid and semiarid regions. Grass genotypes differ in their responses to drought and salinity stresses, which involve changes in morphological and physiological aspects. Understanding of relative involvement of each morphological and physiological characteristic in drought and salinity tolerance is important in selecting grass genotypes to facilitate breeding of drought and salinity-tolerant genotypes. The purposes of this research were to make selections of genotypes tolerant to drought and salinity stress for turfgrass management program.

Materials and Methods: To study some morphological and physiological responses of six Iranian crested wheatgrasses (*Agropyron cristatum* L.) under drought and salinity, an experiment was conducted in the greenhouse of College of Abureyhan, University of Tehran, Iran. Six Iranian *Agropyron cristatum* genotypes were collected from six locations in Iran. *Agropyron cristatum* genotypes were planted in polyvinyl chloride tubes and kept in the greenhouse. Pots were filled with sandy loam soil which had been sterilized in an oven at 160ºC for 6 h. Irrigation was applied as needed to prevent any visible stress during grass establishment. Grasses were watered three times weekly to maintain plants under well-watered conditions and soil moisture at field capacity. The experiment consisted of three treatments: 1) well-watered plants were irrigated three times per week with distilled water (control), 2) Drought stress was imposed by withholding irrigation for 45 days (drought stress), and 3) plants were irrigated daily with 100 mL of 9 $dS.m^{-1}$ NaCl solution (salinity stress). To avoid primary salinity shock, the soil in each pot was drenched with 100 mL NaCl solution at incremental electrical conductivity (EC) by 3 $dS.m^{-1}$ per day until the final EC reached 9 $dS.m^{-1}$. Data were subjected to analysis based on a split-plot design with water treatments as main-plots and genotypes as sub-plots. Irrigation treatment as the main factor in three levels (control, drought, and salinity) and crested wheatgrass at six levels were considered as sub-plots. Studied characteristics such as height, turf quality, chlorophyll content, soluble carbohydrates, relative water content, electrolyte leakage, root penetration, and effective root depth were recorded. Statistical significance was tested using the analysis of variance procedure in SAS 9.1 (SAS Institute Inc., Cary, NC). Differences between the means were determined using the Fisher's protected LSD test at the 5% probability level.

Results and Discussion: The results of this study showed that drought and salinity stress decreased the quality of crested wheatgrass masses, and reduced the level of quality varied among the masses. Throughout the experiment, 'Sabzevar' and 'Damavand' under drought conditions and 'Sabzevar', 'Arak' and 'Damavand' under salinity conditions maintained higher Turf quality compared with other genotypes. Total chlorophyll content of 'Sabzevar' and 'Damavand' were higher than other genotypes under drought and salinity conditions. The maintenance of higher chlorophyll content has been associated with better drought and salinity tolerance in plant. The soluble sugar content of 'Sabzevar' and 'Damavand' under drought conditions and 'Sabzevar', 'Arak' and 'Damavand' under salinity conditions were higher than other genotypes during the experiment. Soluble sugar content is an important compatible osmolyte in plants. Increased accumulation of soluble sugar content in stressed plants may be an adaptation process and resistance strategy to abiotic stresses in plants. Throughout the experiment, 'AEKQI', 'Sabzevar' and 'Damavand' genotypes under drought conditions and 'Sabzevar' genotypes under salinity conditions maintained higher relative water content in compared with other genotypes. Higher RWC indicates the ability of the leaf to maintain its higher water content

1, 2 and 3- Ph.D. Student and Associate Professors, Department of Horticulture, Faculty of Agriculture, Isfahan University of Technology, Isfahan, Iran, respectively.
4- Assistant Professor, Department of Horticulture, University College Of Abureyhan - University Of Tehran, Iran
5- Associate Professor, Department of Agronomy and Plant Breeding, College of Agriculture, Isfahan University of Technology, Isfahan, Iran
(*- Corresponding Author Email: etemadin@cc.iut.ac.ir)

under stress conditions with the simultaneous capability of the root system to take up adequate water. Based on morphological and physiological analysis for drought and salinity tolerance in investigated genotypes, the tolerance ranking would appear to be ‘Sabzevar’ > ‘Damavand’ > ‘Arak’ > ‘Urmia’ = Takestan > ‘Hashtgerd’ under drought stress and ‘Sabzevar’> ‘Arak’ > ‘Damavand’ > ‘Takestan’ = ‘Hashtgerd’> ‘Urmia’ under salinity stress. The results of this study showed that ‘Sabzevar’ and ‘Damavand’ genotypes had good tolerance to drought stress, and ‘Sabzevar’ and ‘Arak’ genotypes had good tolerance to salt stress than other Iranian crested wheatgrass genotypes.

Keywords: *Agropyron cristatum*, Drought, Grass, Salinity