به زراعی کشاورزی
دوره ۱۶ ■ شماره ۳ ■ پاییز ۱۳۹۳
صفحه‌های ۶۱۱-۵۹۹

تأثیر پیش‌تیمار خشکی بر افزایش تحمل به تنش خشکی دو گونه چمن بنت‌گراس خزنده (*Agrostis stolonifera* cv. Palustris) و فستوکای پابلند (*Festuca arundinacea* cv. Greystone)

کامران امیری‌نسب[۱]، هدایت زکی‌زاده[۲]*، محمود قاسم‌نژاد[۳] و محمد حسن بیگلویی[۴]

۱. کارشناس‌ارشد، گروه علوم باغبانی، دانشکدهٔ علوم کشاورزی، دانشگاه گیلان، رشت، ایران
۲. استادیار، گروه علوم باغبانی، دانشکدهٔ علوم کشاورزی، دانشگاه گیلان، رشت، ایران
۳. دانشیار، گروه علوم باغبانی، دانشکدهٔ علوم کشاورزی، دانشگاه گیلان، رشت، ایران
۴. استادیار، گروه مهندسی آب، دانشکدهٔ علوم کشاورزی، دانشگاه گیلان، رشت، ایران

تاریخ وصول مقاله: ۱۳۹۲/۰۴/۲۱ تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۹۲/۰۹/۱۶

چکیده

پیش تیمار خشکی، اجرای آبیاری با تکرار کم و در فواصل طولانی، به منظور توسعهٔ سیستم ریشه و کاهش خسارت خشکی در گیاهان است. در پژوهش حاضر، اثر پیش تیمار خشکی به مدت سی روز در افزایش تحمل به تنش خشکی در دو گونهٔ چمن بنت‌گراس خزنده و فستوکای پابلند ارزیابی شد. گیاهان پیش‌تیمار شده و شاهد به مدت پنجاه روز تحت تأثیر تنش خشکی بر اساس سطوح مختلف نیروی مکش خاک (۲۰-۲۳، ۴۰-۴۳، ۵۰-۵۳ و ۷۰-۷۳ سانتی‌بار) قرارگرفتند. در پایان این دوره، به مدت پانزده روز به منظور رشد مجدد، رطوبت خاک در حد ظرفیت زراعی حفظ شد. نتایج نشان داد که پیش‌تیمار خشکی به طور معناداری سبب کاهش طول شاخساره و افزایش طول ریشه در دو گونه چمن شد. گیاهان پیش‌تیمار شده در مقایسه با گیاهان شاهد وزن تر و خشک شاخساره، همچنین میزان نشت الکترولیت کمتری را در هر یک از سطوح تنش خشکی نشان دادند. علاوه بر این، گیاهان پیش‌تیمار شده در مرحلهٔ رشد مجدد از نظر نشت الکترولیت کاهش بیشتری نشان دادند. پیش‌تیمار خشکی در چمن فستوکای پابلند میزان محتوای نسبی آب برگ را در پایان پنجاه روز تنش خشکی، همچنین در مرحلهٔ رشد مجدد کاهش داد، اما در بنت‌گراس خزنده سبب حفظ محتوای نسبی آب برگ تا سطح شاهد شد. در مجموع، به نظر می‌رسد که گیاهان پیش‌تیمار شده با افزایش طول ریشه، کاهش طول شاخساره، کاهش نشت الکترولیت و حفظ میزان محتوای نسبی آب برگ، تحمل به تنش خشکی را در دو گونه چمن افزایش داده است.

کلیدواژه‌ها: تنش آب، رشد مجدد، کم آبی، مقاوم‌سازی، نشت الکترولیت.

* نویسنده مسئول Email: Zakizadeh@guilan.ac.ir

Archive of SID
.ir

۱. مقدمه

در نواحی‌ای که تأمین آب برای فضای سبز مشکل است، تنش خشکی مهم‌ترین عامل محدودکنندهٔ رشد چمن‌هاست [۱]. در واقع، کمبود آب آبیاری در مناطق خشک و نیمه‌خشک از بزرگ‌ترین مشکلات پیش‌روی صنعت چمن‌کاری است [۳]. در شرایط تنش، افزایش گونه‌های فعال اکسیژن[1] (ROS) موجب تنش ثانویهٔ اکسیداتیو می‌شود که به تغییرات یاخته‌ای و انواع آسیب‌ها در گیاهان می‌انجامد [۲۷]. تیمارهای مختلفی برای افزایش مقاومت گیاهان در برابر تنش خشکی گزارش شده است. کاربرد آبسیزیک اسید سبب افزایش مقاومت برمودگراس در برابر تنش خشکی شده است [۲۲]. همچنین، محلول‌پاشی با آسکوربیک اسید میزان مقاومت ذرت در برابر تنش خشکی را افزایش داده است [۲]. هم‌اکنون توسعهٔ تکنیک‌هایی برای افزایش تحمل به کم‌آبی از موضوعات اصلی پژوهش در صنعت چمن‌کاری است [۲۱].

راهکار ساده و کم‌هزینه برای بهبود و افزایش میزان مقاومت به خشکی در گیاهان قراردادن گیاهان در معرض تنش‌های ملایم خشکی (پیش‌تیمار خشکی)[2] در دورهٔ زمانی معینی است، به‌طوری که با ایجاد یک سری تغییرات مورفولوژیکی، فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی در بافت و سلول گیاهی تحمل به خشکی افزایش می‌یابد [۱۹].

پیش‌تیمار خشکی یک دوره تنش خشکی ملایم است که سبب محدود کردن رشد و نمو گیاه، ایجاد خفتگی موقت و کاهش میزان آب مصرفی در گیاه می‌شود و به گیاه اجازه می‌دهد تا یک دورهٔ طولانی در برابر خشکی زنده بماند [۲۰]. در این روش، آبیاری با تکرار کم و در فواصل طولانی، به منظور توسعهٔ سیستم ریشه و ایجاد چمنی با پوشش یکنواخت بیشتر است که به‌طور مؤثری از آسیب‌های ناشی از تنش‌های اکسیداتیو بر یاخته‌های گیاهی جلوگیری و چمن‌ها را در برابر تنش‌های بعدی خشکی متحمل می‌کند [۲۳]. این تیمار در ارقام مختلف چمن بدون ایجاد خسارت به مدت چهار تا پنج هفته یا بیشتر انجام می‌شود [۲۰].

پیش‌تیمار خشکی در چمن لولیوم چندساله (یا چمن یارندی) رقم باکنر[3] سبب افزایش مقاومت به یخبندان شده، اما تأثیری بر مقاومت به یخبندان رقم سانکیس[4] نداشته است [۱۱]. همچنین، پیش‌تیمار خشکی در چمن پوآ سبب افزایش مقاومت به گرما، طویل‌تر شدن ریشه، تنظیم اسمزی بیشتر، افزایش فعالیت آنتی‌اکسیدانی و حفاظت گیاه از آسیب سلولی ناشی از تنش گرمایی شده است [۱۳، ۱۹]. در گوجه‌فرنگی پیش‌تیمار خشکی مقاومت نشاها را به تنش‌های خشکی بهبود بخشیده است [۱۶]. این تحقیقات نشان می‌دهند که واکنش گونه‌های مختلف چمن به پیش‌تیمار خشکی متفاوت است.

هدف از انجام پژوهش حاضر، بررسی اثر پیش‌تیمار خشکی در افزایش تحمل به تنش خشکی در دو گونه چمن بنت‌گراس خزنده رقم "پالوستریس" و فستوکای پابلند رقم "گری‌استون" است.

۲. مواد و روش‌ها

این آزمایش در خرداد سال ۱۳۹۱ در گلخانهٔ تحقیقاتی دانشکدهٔ علوم کشاورزی دانشگاه گیلان انجام شد. برای این منظور، بذور دو گونه چمن شامل بنت‌گراس خزنده[5] و فستوکای پابلند[6] در مخلوط خاکی با نسبت حجمی ۱:۱:۳

1. Reactive oxygen species
2. Drought pre- conditioning (DP)
3. Buccaneer
4. Sunkissed
5. *Agrostis stolonifera* cv. Palustris
6. *Festuca arundinacea* cv. Greystone

www.SID.ir
Archive of SID

از خاک سطحی، ماسه و کود دامی در گلدان‌هایی با قطر ۲۳ و ارتفاع ۲۷ سانتی‌متر کشت شد. پس از رشد و استقرار کامل گیاهچه‌ها طی شصت روز، به منظور اعمال پیش‌تیمار خشکی، چمن‌ها به دو گروه تقسیم شد. گروه اول (شاهد) هر دو روز یک‌بار به طور سبک و مرتب آبیاری شد [۱۱]، به‌طوری که رطوبت (٪) خاک در حد ظرفیت زراعی حفظ شد. اما، در گروه دوم (چمن‌های پیش‌تیمار شده) به منظور مقاوم‌سازی، آبیاری زمانی صورت می‌گرفت که علایم پژمردگی موقت را نشان می‌داد [۱۱، ۱۳]. میزان آب مصرفی هر گلدان در این گروه براساس خروج آب از زهکش گلدان‌ها بود. این عمل به مدت سی روز با دور کم و در فواصل طولانی صورت گرفت [۲۰]. پس از سی روز پیش‌تیمار خشکی، گیاهان شاهد و پیش‌تیمار شده به مدت پنجاه روز تحت تأثیر تنش خشکی براساس سطوح مختلف نیروی مکش خاک (۲۰-۲۳، ۴۰-۴۳، ۵۰-۵۳ و ۷۰-۷۳ سانتی‌بار) با دستگاه تانسیومتر قرارگرفتند. در پایان این دوره، به منظور رشد مجدد[1] پس از تنش، رطوبت خاک به مدت پانزده روز در حد ظرفیت زراعی حفظ شد. کنترل سطح رطوبتی خاک با دستگاه تانسیومتر انجام گرفت. در هر نوبت آبیاری، خاک تا حد ظرفیت زراعی آبیاری شد [۴]. مقدار آب آبیاری که در هر نوبت آبیاری به گلدان‌ها داده می‌شد با استفاده از روابط ۱ و ۲ محاسبه و میزان رطوبت خاک در حد ظرفیت زراعی با استفاده از دستگاه پرژر پلیت اندازه‌گیری شد.

$$Dn = \frac{FC - \theta v}{100} \times Dr \times MAD \qquad (1)$$

$$V = dn \times A$$

Dn مقدار آب آبیاری است که در هر نوبت آبیاری وارد گلدان‌ها می‌شد، FC مقدار رطوبت خاک در ظرفیت زراعی، θv درصد رطوبت حجمی خاک، Dr عمق مؤثر ریشه، MAD ضریب مدیریت آبیاری، A متوسط مساحت خاک در گلدان و V حجم آب (داده شده به هر گلدان) است. برخی ویژگی‌های مخلوط خاکی مورد استفاده در این پژوهش در جدول ۱ آمده است.

پس از پنجاه روز اعمال تنش خشکی، نمونه‌برداری از چمن‌ها به منظور اندازه‌گیری صفاتی شامل طول شاخساره و ریشه (با خط‌کش مدرج)، وزن تر و خشک شاخساره (با ترازوی حساس با دقت ۰/۰۰۱)، نشت الکترولیت[2] (EL) و محتوای نسبی آب برگ[3] (RWC) انجام شد. همچنین، به منظور بررسی رشد مجدد، پانزده روز بعد از آبیاری، دوباره EL و RWC اندازه‌گیری شد.

جدول ۱. خصوصیات فیزیکی و شیمیایی مخلوط خاکی مورد استفاده در این آزمایش

هدایت الکتریکی (ds/m)	اسیدیته	کربن آلی (٪)	نیتروژن (٪)	فسفر (ppm)	پتاسیم (ppm)	رس (٪)	سیلت (٪)	شن (٪)	نوع بافت	وزن مخصوص ظاهری (g/cm^3)
۱/۲۶	۷/۲۸	/۰۱۹	۰/۱۳۲	۷۴/۱	۱۸۷	۱۲	۴۰	۴۸	لومی	۱/۰۵

1. Recovery
2. Electrolyte leakage
3. Relative Water Content (RWC)

Archive of SID
www.SID.ir

۱.۲. طرح آزمایشی

این آزمایش به صورت فاکتوریل در قالب طرحی کاملاً تصادفی با دو فاکتور شامل پیش‌تیمار خشکی در دو سطح (چمن‌های پیش‌تیمار شده و چمن‌های شاهد) و فاکتور تنش خشکی در چهار سطح (۲۰-۲۳، ۴۰-۴۳، ۵۰-۵۳ و ۷۰-۷۳ سانتی بار) به طور جداگانه روی دو گونه چمن با چهار تکرار انجام شد.

۲.۲. اندازه‌گیری نشت الکترولیت (EL)

به‌منظور تعیین نشت الکترولیت از هر گلدان نه عدد برگ نمونه‌برداری و از آن‌ها برش‌هایی به طول ۴ میلی‌متر تهیه شد. سپس، برش‌ها در لوله‌های آزمایش قرارگرفت و ۱۰ میلی‌لیتر آب مقطر دیونیزه به آن‌ها اضافه شد. لوله‌ها با سرپوش پلاستیکی بسته شد و در دمای ثابت ۲۵ درجهٔ سانتی‌گراد قرارگرفت. پس از دوازده ساعت هدایت الکتریکی اولیهٔ محیط (EC_1) با استفاده از دستگاه ECسنج (مدل Milwaukee Mi 306) اندازه‌گیری شد. سپس، نمونه‌ها در دمای ۹۵ درجهٔ سانتی‌گراد به مدت بیست دقیقه جوشانده شد تا بافت‌ها به‌طور کامل تخریب و همهٔ یون‌ها آزاد شوند. سپس، نمونه‌ها تا دمای ۲۵ درجهٔ سانتی‌گراد خنک و هدایت الکتریکی ثانویه (EC_2) اندازه‌گیری شد. نشت الکترولیت به صورت درصد و از تقسیم هدایت الکتریکی اولیه بر هدایت الکتریکی ثانویه محاسبه شد [۲۲].

$$EL = (EC_1 / EC_2)\ 100 \qquad (۳)$$

۲.۳. اندازه‌گیری محتوای نسبی آب برگ (RWC)

محتوای نسبی آب برگ‌ها به صورت درصد و بر اساس روش شایون و همکاران و طبق فرمول ۴ محاسبه شد [۲۲].

$$RWC = \frac{(wf - wd)}{(ws - wd)} \times 100 \qquad (۴)$$

WF وزن تر نمونه‌های برگی بلافاصله بعد از چیده شدن، WSوزن برگ‌ها بعد از خیساندن به مدت ۲۴ ساعت در آب و دمای اتاق و WD وزن خشک برگ‌ها بعد از خشکاندن به مدت ۲۴ ساعت در دمای ۷۵ درجهٔ سانتی‌گراد در آون است.

در نهایت، تجزیهٔ آماری داده‌های حاصل از صفات اندازه‌گیری‌شده با استفاده از نرم‌افزار آماری SAS (9.1)، مقایسهٔ میانگین‌ها با نرم‌افزار MSTAT-C و رسم نمودارها با استفاده از نرم‌افزار اکسل انجام گرفت.

۳. نتایج و بحث

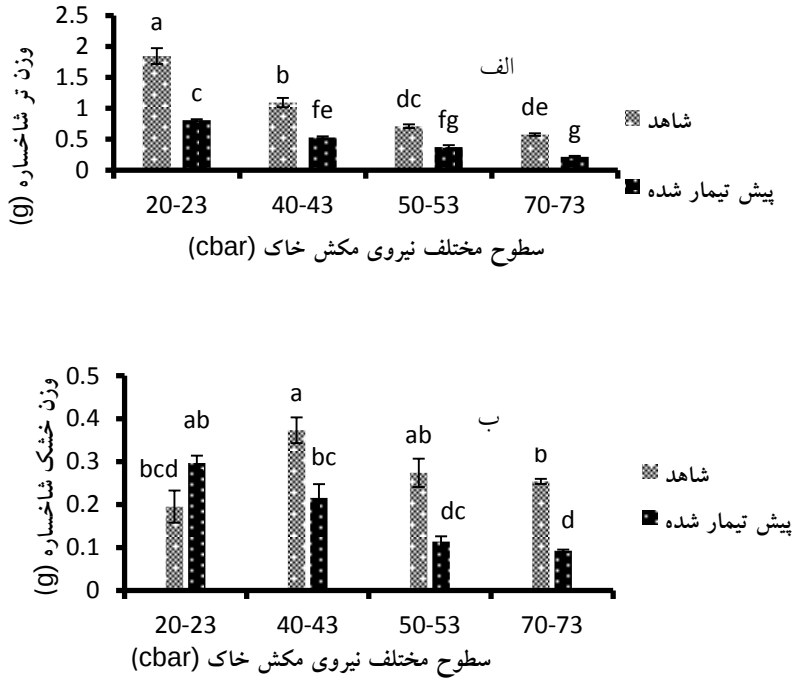
۳.۱. ارزیابی صفات در پایان پنجاه روز تنش خشکی

۳.۱.۱. وزن تر و خشک شاخساره

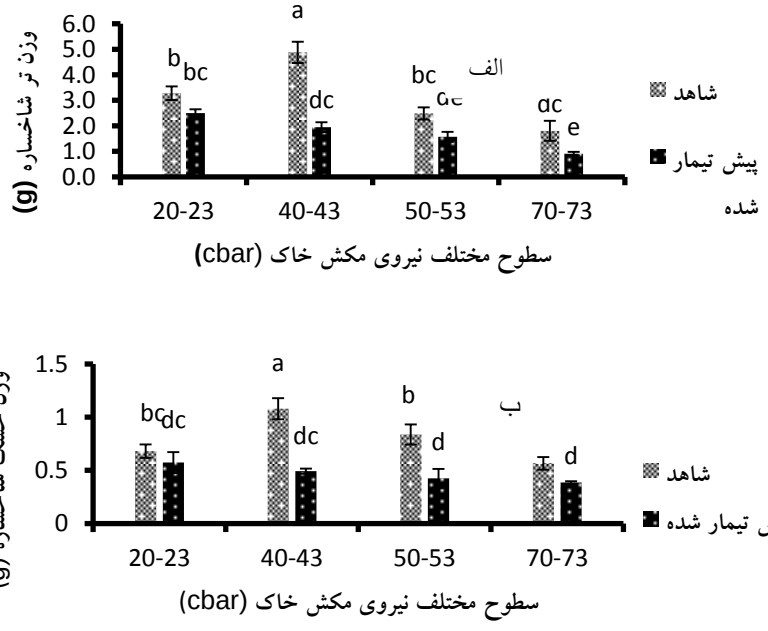
نتایج نشان داد که با افزایش نیروی مکش خاک وزن تر و خشک شاخسارهٔ دو گونه چمن به طور معناداری کاهش پیدا کرد و وزن خشک ساقه در هر کدام از سطوح تنش، کاهش بیشتری نسبت به وزن تر شاخساره داشت. چمن‌های پیش‌تیمار شده هر دو گونه در مقایسه با شاهد، در هر کدام از سطوح نیروی مکش خاک وزن تر (شکل‌های ۱ و ۲الف) و خشک (شکل‌های ۱ و ۲ب) شاخسارهٔ کمتری داشت.

با توجه به مصرف بالای آب در چمن، با بالاتر رفتن سطوح مختلف نیروی مکش خاک، کاهش وزن تر و خشک در دو گونه چمن مشاهده شد. از جمله آثار فیزیولوژیکی خشکی روی گیاهان، کاهش رشد رویشی به ویژه رشد شاخساره و کاهش طویل شدن سلول‌هاست. کاهش سطح برگ در گیاهان در معرض تنش خشکی سودمند است، زیرا به کاهش تعرق می‌انجامد. این فرایند را تنظیم سطح برگ می‌نامند [۱۸].

Archive of SID
www.SID.ir



شکل ۱. تغییرات وزن تر (الف) و وزن خشک (ب) شاخسارهٔ چمن بنت‌گراس خزندهٔ پیش‌تیمار شده و شاهد در سطوح مختلف نیروی مکش خاک. ستون‌های دارای حروف مشابه تفاوت معناداری در سطح احتمال ۵ درصد آزمون دانکن را نشان نداد.



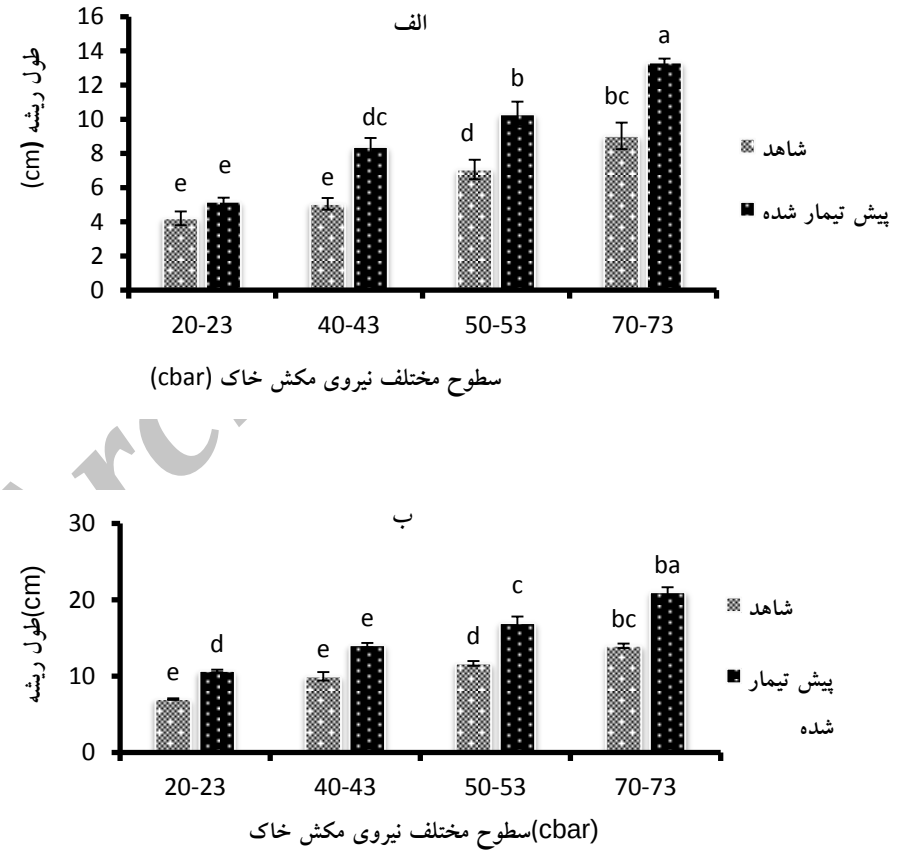
شکل ۲. تغییرات وزن تر (الف) و وزن خشک (ب) شاخسارهٔ چمن فستوکای پابلند پیش‌تیمار شده و شاهد در سطوح مختلف نیروی مکش خاک. ستون‌های دارای حروف مشابه تفاوت معناداری در سطح احتمال ۵ درصد آزمون دانکن را نشان نداد.

www.SID.ir

در مورد تأثیر مدیریت آبیاری بر چمن گزارش شده است که آبیاری به مقدار زیاد و در فواصل طولانی باعث کاهش رشد، کاهش مواد خشک حاصل از سربرداری و افزایش کیفیت ظاهری چمن می‌شود [۸]. بنابراین، مطابق نتایج تحقیق حاضر و دیگر گزارش‌ها، با ایجاد تنش و کاهش پتانسیل آب در بافت گیاهی گسترش و رشد سلولی به میزان زیادی کاهش یافت و دیواره‌های سلولی گیاهان انعطاف‌پذیری خود را از دست داد که این امر سبب کاهش وزن تر و خشک اندام هوایی شد. همچنین، باتوجه به آنکه در باریک‌برگان تقسیم و توسعهٔ سلولی در قاعدهٔ برگ‌ها صورت می‌گیرد [۵]، در اثر تنش خشکی منطقهٔ رشد در قاعدهٔ برگ کوچک‌تر است که این امر منجر به کاهش رشد سلولی و نهایتاً کاهش وزن و ارتفاع رشد در بافت گیاهی می‌شود [۵].

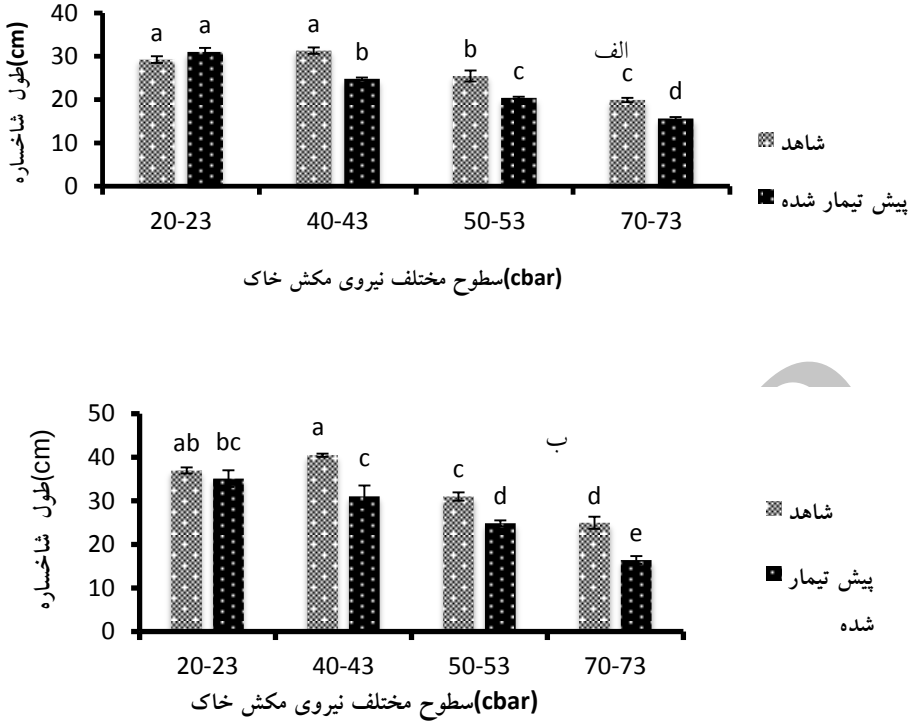
۳ .۱ .۲. طول ریشه و شاخساره

نتایج نشان داد که با افزایش نیروی مکش خاک در دو گونه چمن، طول ریشه و شاخساره به ترتیب افزایش و کاهش پیدا کرد (شکل‌های ۳ و ۴). گیاهان پیش‌تیمار شده در مقایسه با گیاهان شاهد کاهش بیشتری در طول شاخساره و برعکس، افزایش بیشتری در طول ریشه در هر یک از سطوح تنش خشکی نشان داد (شکل‌های ۳ و ۴).



شکل ۳. تغییرات طول ریشهٔ چمن بنت‌گراس خزنده (الف) و فستوکای پابلند (ب) پیش‌تیمار شده و شاهد در سطوح مختلف نیروی مکش خاک. ستون‌های دارای حروف مشابه در سطح احتمال ۵ درصد آزمون دانکن تفاوت معناداری نشان نداد.

www.SID.ir



شکل ۴. تغییرات طول شاخسارهٔ گونهٔ چمن بنت‌گراس خزنده (الف) و فستوکای پابلند (ب) پیش‌تیمار شده و شاهد در سطوح مختلف نیروی مکش خاک. ستون‌های دارای حروف مشابه در سطح احتمال ۵ درصد آزمون دانکن تفاوت معناداری نشان نداد.

همچنین، نتایج نشان داد که بیشترین و کمترین طول شاخساره به ترتیب مربوط به سطوح ۴۰-۴۳ سانتی‌بار گیاهان شاهد و ۷۰-۷۳ سانتی‌بار گیاهان پیش‌تیمار شده بود (شکل ۴). بیشترین و کمترین طول ریشه نیز به ترتیب مربوط به سطوح ۷۰-۷۳ و ۲۰-۲۳ سانتی‌بار تنش خشکی بود (شکل ۳). بنابراین، محدود ساختن آبیاری تا حدی که سبب از بین رفتن گیاه نشود، یکی از مهم‌ترین روش‌های مدیریتی برای مقابله با محدودیت آب در فضای سبز و به‌خصوص در چمن‌کاری مطرح است.

اثر آشکار تنش خشکی همواره به‌صورت کاهش رشد بخش هوایی گیاه ظاهر می‌شود [۶]. تحقیقات نشان داد که رشد طولی فستوکای بلند رقم 'شرب'[1] تحت تنش خشکی سطحی و خشکی کامل خاک در مقایسه با تیمار شاهد به طور معناداری کاهش یافت و مقدار این کاهش در خشکی کامل بیشتر بود [۹]. همچنین، نتایج پژوهش‌ها در زمینهٔ مدیریت پوشش سبز چمن بنت‌گراس خزنده بیانگر این بود که آبیاری با فواصل طولانی نسبت به آبیاری هر روز یا دو روز یک‌بار، طول ریشهٔ بیشتری به همراه داشت که با نتایج به‌دست آمده از تحقیق حاضر مطابقت دارد [۱۵]. افزایش جذب آب در اثر افزایش اندازه و عمق ریشه یکی از مهم‌ترین سازوکارهای مطلوب تحمل به خشکی برای چمن‌هاست که به چمن اجازهٔ استفاده از منابع آب در دسترس خاک را می‌دهد و مدت زمان نیاز به آبیاری تکمیلی را طولانی‌تر می‌کند [۲۱]. همچنین، مطابق با نتایج این پژوهش، گزارش شده است که پیش‌تیمار خشکی در

1. Schreb

www.SID.ir

پوآ پراتنسیس[1] سبب افزایش بیشتر مقاومت به گرما (دمای بالا)، طویل‌تر شدن سیستم ریشه‌ای، کاهش رشد اندام هوایی و تنظیم اسمزی بیشتر می‌شود [۱۳]. مطابق نتایج موجود و گزارش‌های پیشین، تنش خشکی سبب کاهش وزن بافت گیاهی و کاهش محتوای نسبی آب برگ‌ها شد که کاهش رشد ساقه و افزایش طول ریشه را به دنبال داشت که یکی از مهم‌ترین صفات در پاسخ گیاه به تنش خشکی است. بنابراین، کاربرد پیش‌تیمار خشکی سبب ایجاد سازگاری[2] می‌شود و چمن با کاهش طول شاخساره و افزایش طول ریشه نسبت ریشه به شاخساره را به سمت ۱ میل داده و توانایی گیاه را برای حفظ تعادل مطلوب آبی حفظ کرده و نیاز به آبیاری تکمیلی را از طریق افزایش مقاومت به خشکی به حداقل رسانده است.

۳. ۱. ۳. نشت الکترولیت (EL)

نتایج نشان داد که در هر دو گونه چمن با افزایش نیروی مکش خاک، میزان نشت الکترولیت در گیاهان پیش‌تیمار شده کاهش، اما در گیاهان شاهد افزایش یافت (شکل ۵). بنابراین، کاربرد پیش‌تیمار خشکی در هر دو گونه چمن، میزان نشت الکترولیت را به طور معناداری درمقایسه با چمن‌های شاهد کاهش داد. بیشترین و کمترین میزان نشت الکترولیت در هر دو گونه چمن، به ترتیب مربوط به سطح ۷۰-۷۳ سانتی‌بار آبیاری گیاهان شاهد و سطح ۷۰-۷۳ سانتی‌بار آبیاری گیاهان پیش‌تیمار شده بود (شکل ۵). کاهش نشت الکترولیت را می‌توان به مقاوم شدن بافت و یاخته‌های برگی قبل از اعمال تنش خشکی نسبت داد که پیش‌تیمار خشکی سبب افزایش ظرفیت تحمل چمن‌ها در برابر تنش‌های بعدی خشکی شد. در واقع، بافت‌های گیاهی با اعمال پیش‌تیمار خشکی، خود را در برابر تنش‌های بعدی خشکی سازگار کرده‌اند [۱۹].

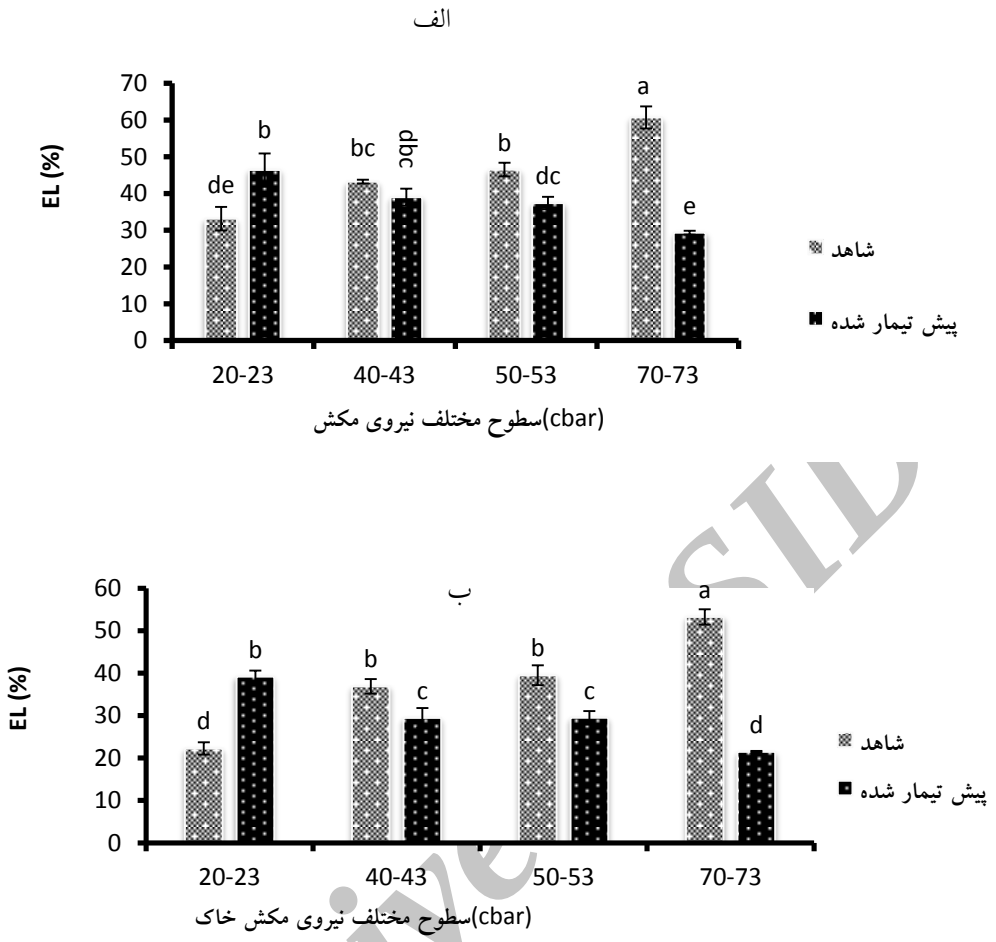
پیش‌تیمار خشکی در پوآ پراتنسیس سبب افزایش مقاومت به گرما (دمای بالا) از طریق افزایش فعالیت آنتی‌اکسیدانی، کاهش تولید گونه‌های فعال اکسیژن و حفاظت گیاه از آسیب سلولی ناشی از تنش گرمایی شده است [۱۹]. افزایش نشت الکترولیت در پنج رقم چمن پوآ پراتنسیس تحت تنش هم‌زمان گرما و خشکی گزارش شده است [۱۷]. در شرایط تنش خشکی، ارقام مقاوم ثبات غشای سلولی بیشتری نسبت به ارقام حساس دارد که با نشت الکترولیت کمتر مشخص می‌شود [۲۱]. بیشترین میزان نشت الکترولیت غشای سلول برگی در پایین‌ترین سطح آبیاری (بالاترین نیروی مکش خاک) خاک اتفاق می‌افتد [۱۲]. بنابراین، پیش‌تیمار خشکی از طریق تقویت سیستم آنتی‌اکسیدانی سلول، خسارت ناشی از گونه‌های فعال اکسیژن را کاهش می‌دهد و میزان آسیب‌دیدگی غشای سلولی را کمتر و در نتیجه میزان نشت الکترولیت کمتری را نشان می‌دهد و از این طریق، سبب افزایش مقاومت به خشکی می‌شود.

۳. ۱. ۴. محتوای نسبی آب برگ (RWC)

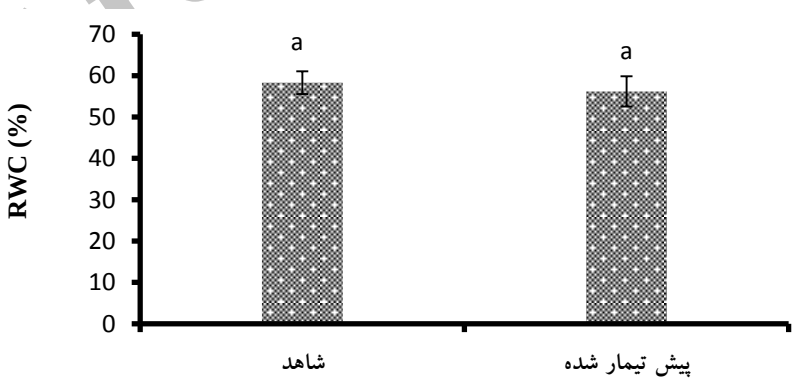
نتایج نشان داد که با افزایش نیروی مکش خاک، محتوای نسبی آب برگ کاهش پیدا کرد. بیشترین و کمترین محتوای نسبی آب برگ به ترتیب مربوط به سطوح ۲۰-۲۳ و ۷۰-۷۳ سانتی‌بار تنش خشکی بود (شکل ۷). در فستوکای پابلند گیاهان پیش‌تیمار شده محتوای نسبی آب برگ کمتری در مقایسه با گیاهان شاهد داشت (شکل ۷)، اما در بنت‌گراس خزنده هیچ‌گونه اختلاف معناداری در محتوای نسبی آب برگ بین گیاهان شاهد و پیش‌تیمار شده مشاهده نشد (شکل ۶). بنابراین، می‌توان گفت که پیش‌تیمار خشکی در بنت‌گراس خزنده سبب حفظ محتوای نسبی آب برگ تا سطح شاهد شد و میزان از دست دادن آب برگ را کاهش داد و از این طریق، مقاومت گیاه در مقابل صدمهٔ ناشی از تنش خشکی را افزایش داد.

1. Poa pratensis
2. *Acclimation*

Archive of SID
www.SID.ir

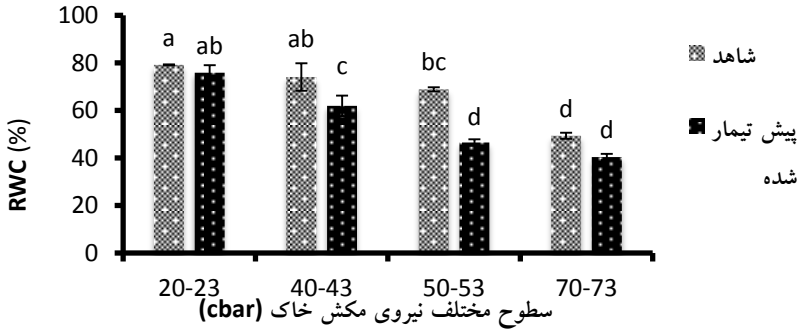


شکل ۵. تغییرات میزان نشت الکترولیت (EL) برگ گونهٔ بنت‌گراس خزنده (الف) و فستوکای بلند (ب)در سطوح مختلف نیروی مکش خاک. ستون‌های دارای حروف مشابه در سطح احتمال ۵ درصد آزمون دانکن تفاوت معناداری نشان نداد.

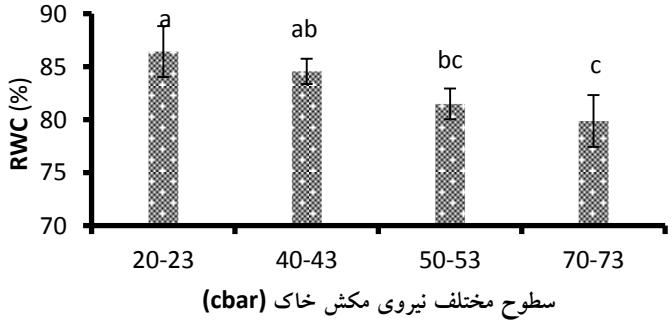


شکل ۶. اثر پیش‌تیمار خشکی روی محتوی نسبی آب (RWC) برگ چمن بنت‌گراس خزنده

www.SID.ir



شکل ۷. تغییرات میزان محتوی نسبی آب برگ (RWC) گونهٔ فستوکای پابلند در سطوح مختلف نیروی مکش خاک. ستون‌های دارای حروف مشابه در سطح احتمال ۵ درصد آزمون دانکن تفاوت معناداری نشان نداد.



شکل ۸. تغییرات میزان محتوی نسبی آب (RWC) برگ گونهٔ فستوکای پابلند در سطوح مختلف نیروی مکش خاک پس از رشد مجدد. ستون‌های دارای حروف مشابه در سطح احتمال ۵ درصد آزمون دانکن تفاوت معناداری نشان نداد.

در چمن پوآ و فستوکای بلند رقم 'شرب' خشکی کامل خاک منجر به کاهش شدید محتوای نسبی آب برگ شده است [۹]. تیمار خشکی ایجاد شده توسط پلی‌اتیلن گلیکول اثری روی محتوای نسبی آب برگ در رقم متحمل به خشکی لوبیا نداشت، اما میزان محتوای نسبی آب برگ رقم حساس لوبیا را کاهش داد [۲۴]. کاهش تدریجی در محتوای نسبی آب برگ در ارقام مقاوم و حساس به خشکی شبدر در سطوح مختلف تنش خشکی دیده شده است، هرچند رقم مقاوم قادر به حفظ محتوای نسبی آب برگ بیشتری در مقایسه با رقم حساس بوده است [۲۶]. طبق دیگر گزارش‌ها، تنش خشکی سبب کاهش محتوای نسبی آب برگ می‌شود که با نتایج تحقیق حاضر مطابقت دارد [۲۵]. بنابراین، حفظ محتوای نسبی آب برگ در چمن بنت‌گراس خزنده تا سطح شاهد در اثر پیش‌تیمار خشکی به‌دلیل کاهش میزان نشت الکترولیت، افزایش نسبت ریشه به شاخساره، همچنین با توجه به ارتباط محتوای نسبی آب برگ با پتانسیل آب بافت‌ها ممکن است ناشی از افزایش مواد سازگار محلول، قندها و افزایش پرولین باشد.

۳.۲. ارزیابی صفات در مرحلهٔ رشد مجدد پس از تنش خشکی

۳.۲.۱. محتوای نسبی آب برگ (RWC)

نتایج نشان داد که با افزایش نیروی مکش خاک، میزان محتوای نسبی آب برگ به طور معناداری در چمن فستوکای پابلند به کندی کاهش پیدا کرد (شکل ۸)، اما در بنت‌گراس خزنده هیچ اختلاف معناداری بین سطوح

www.SID.ir
Archive

مختلف نیروی مکش خاک مشاهده نشد. همچنین، در فستوکای بلند گیاهان پیش‌تیمار شده محتوای نسبی آب برگ کمتری در مقایسه با گیاهان شاهد داشت، در حالی که در بنت‌گراس خزنده اختلاف معناداری بین میزان محتوای نسبی آب برگ در گیاهان پیش‌تیمار شده و شاهد مشاهده نشد. بنابراین، گیاهان پیش‌تیمار شده توانستند محتوای نسبی آب برگ خود را تا سطح شاهد افزایش دهند و ظرفیت خود را در جذب آب و ایجاد آماس حفظ کنند.

رشد مجدد پس از تنش با توانایی هر چه بیشتر جذب آب در اثر آبیاری پس از یک دوره خشکی همبستگی دارد [۱۰]. در گیاه شبدر تحت تنش خشکی، محتوای نسبی آب برگ پس از رشد مجدد افزایش یافت، به طوری که میزان این افزایش در رقم حساس به خشکی بیشتر از رقم مقاوم به خشکی بود که مطابق با نتایج به‌دست آمده از تحقیق حاضر است [۲۶]. در بررسی انجام شده روی گیاه ذرت گزارش شده که محتوای نسبی آب برگ پس از رشد مجدد در گیاهان تنش‌دیده به سطح گیاهان شاهد رسیده است [۷].

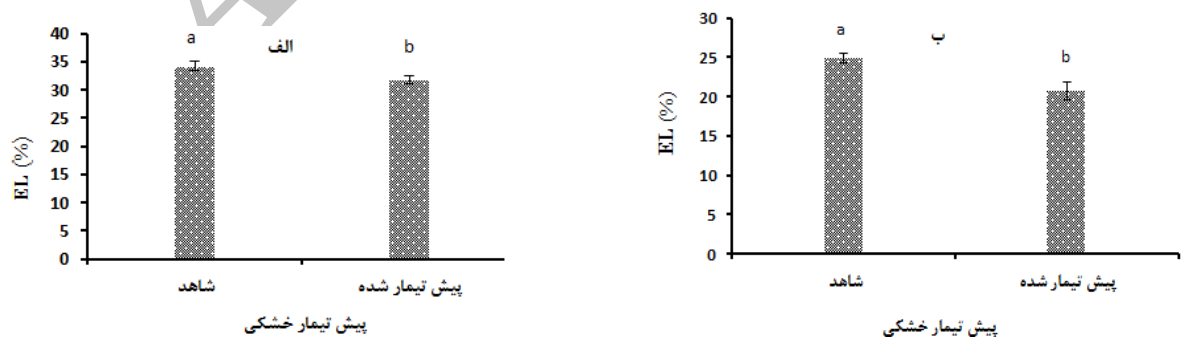
۳.۲.۲. نشت الکترولیت (EL)

در هر دو گونهٔ چمن، گیاهان پیش‌تیمار شده در مقایسه با گیاهان شاهد در میزان نشت الکترولیت در پانزده روز پس از رشد مجدد کاهش بیشتری نشان داد (شکل ۹). با این حال، هیچ اختلاف معناداری بین سطوح مختلف تنش نسبت به هم مشاهده نشد. همچنین، گونهٔ فستوکای پابلند به دلیل نشت یونی کمتر، توانایی بیشتری در حفظ ساختار غشا و جلوگیری از افزایش نفوذپذیری آن دارد. در واقع، پایداری غشای سلولی معیاری برای تشخیص گیاهان متحمل به خشکی است.

در بررسی ارقام حساس و مقاوم به خشکی شبدر تحت تأثیر تنش خشکی نیز شش روز پس از رشد مجدد نشت الکترولیت کاهش یافت و این کاهش نشت الکترولیت در رقم مقاوم به خشکی بیشتر بود [۲۶].

۴.نتیجه‌گیری

به‌طور کلی، کاربرد پیش‌تیمار خشکی در دو گونهٔ چمن فستوکای پابلند و بنت‌گراس خزنده سبب افزایش طول ریشه، کاهش طول شاخساره و نشت الکترولیت و حفظ محتوای نسبی آب برگ شد و از این طریق، خسارت ناشی از تنش خشکی را کاهش داد.



شکل ۹. تغییرات میزان نشت الکترولیت (EL) برگ گونهٔ بنت‌گراس خزنده (الف) و فستوکای پابلند (ب) پیش‌تیمار شده و شاهد

Archive of SID
www.SID.ir

منابع

۱. تهرانی‌فر ع، سلاح‌ورزی ی، گزانچیان ع و آرویی ح (۱۳۸۸) بررسی پاسخ‌های گراس‌های بومی و وارداتی در چگونگی اجتناب از خشکی (۲- بخش هوایی). علوم باغبانی (علوم و صنایع کشاورزی). ۲۳ (۱): ۱-۹.

۲. دولت آبادیان ا، مدرس ثانوی س ع م و شریفی م (۱۳۸۸) اثر تنش کم‌آبی و محلول‌پاشی اسید آسکوربیک بر میزان فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان و برخی تغییرات بیوشیمیایی در برگ ذرت دانه‌ای (*Zea maize* L.). زیست‌شناسی ایران. ۲۲(۳): ۴۰۷-۴۲۲.

۳. سلاح‌ورزی ی، تهرانی‌فر ع، گزانچیان ع و آرویی ح (۱۳۸۷). بررسی پاسخ‌های گراس‌های بومی و وارداتی در چگونگی اجتناب از خشکی. علوم باغبانی (علوم و صنایع کشاورزی). ۲(۲۲): ۱-۱۲.

۴. علیزاده ا (۱۳۸۳) رابطهٔ آب و خاک و گیاه. انتشارات دانشگاه امام رضا. مشهد.

۵. کافی م و مهدوی دامغانی ع (۱۳۸۱) مکانیسم‌های مقاومت گیاهان به تنش‌های محیطی (ترجمه). انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد، ۴۶۷ ص.

6. Amiard V, Bertrand AM, Billard JP, Huault C, Keller F and Prudhomme MP (2003) Fructans, but not the sucrosyl-galactosides, raffinose and loliose, are affected by drought stress in perennial ryegrass. Journal of Plant Physiology. 132: 2218-2229.

7. Efeoglu B, Ekmekci Y and Cicek N (2009) Physiological responses of three maize cultivars to drought stress and recovery. South African Journal of Botany. 75: 34-42.

8. Fry J and Haung B (2004) Applied Turfgrass Science and Physiology. John Wiley and Sons Inc, Hoboken, NJ.

9. 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 Expremental Botany. 45: 105-114.

10. Gazanchian A, Hajheidari M, Khosh Kholgh Sima NA and Salkadeh GH (2007) Proteom response of *Elymus elongatum* to sever water stress and recovery. Experimental Botany. 58: 291-300.

11. Hoffman L, DaCosta M, Scott Ebdon J and Zhao J (2012) Effects of drought preconditioning on freezing tolerance of perennial ryegrass. Environmental and Experimental Botany. 79: 11-20.

12. Inze D and Montagu M Van (1995) Oxidative stress in plants. Current Opinion in Biotechnology. 6: 153-15.

13. Jiang Y and Huang B (2001) Osmotic adjustment and root growth associated with drought preconditioning enhanced heat tolerance in Kentucky bluegrass. Crop Science. 41: 1168-1173.

14. Jinrong L, Xiaorong X, Jianxiong D, Jixiong S and Xiaomin B (2008) Effects of simultaneous drought and heat stress on Kentucky bluegrass. Scientia Horticulturae. 115: 190-195.

15. Jordan J, White R, Vietor D, Hale T, Thomas J and Engelke M (2003) Effect of irrigation frequency on turf quality, shoot density and root length density of five bentgrass cultivars. Crop Science. 43: 282-287.

16. Latimer JG (1992) Drought, paclobutrazol, abscisic acid, and gibberellic acid as alternatives to daminozide in tomato transplant production. Horticulture Science. 117: 243-247.

17. Liu J, Xie X, Du 1, Sun J and Bai X (2008) Effects of simultaneous drought and heat stress on Kentucky bluegrass. Scientia Horticultrae. 115: 190-195.

18. Mahajan S and Tuteja N (2005) Cold, salinity and drought stresses: An overview. Archives of Biochemistry and Biophysics. 444: 139-158.

Archive of SID

www.SID.ir

19. Peng Y, Chenping X.U, Lixin X.U and Hung B (2011) Improved heat tolerance through drought preconditioning associated with changes in lipid composition, antioxidant enzymes, and protein expression in kentucky bluegrass. Crop science. 2: 807-817.

20. Pound WE and Street JR (2001) Managing turfgrass under drought conditions. Horticulture and Crop Science. 61: 4028-4029.

21. Richardson MD, Karcher DE, Hignight K and Rush D (2008) Drought tolerance and rooting capacity of Kentucky bluegrass cultivars. Crop Science. 48: 2429-2436.

22. Shaoyun L, Su W, Li H and Guo H (2009) Abscisic acid improves drought tolerance of triploid bermudagrass and involves H_2O_2- and NO-induced antioxidant enzyme activities. Plant Physiology and Biochemistry. 47: 132-138.

23. Trenholm LE (2000) Improving drought tolerance in your Florida lawn. Institute of Food and Agricultural Sciences. ENH57.

24. Turkan I, Bor M, Ozdemir F and Koca H (2005) Differential responses of lipid peroxidation and antioxidants in the leaves of drought-tolerant *P. acutifolius* Gray and drought-sensitive P. vulgaris 1. subjected to polyethylene glycol mediated water stress. Plant Science. 168: 223-231.

25. Watson J, Zhang H and Alien RD (2003) Overexpression of an Arabidopsis peroxisomal ascorbate peroxidase gene in tobacco increases protection against oxidative stress. Plant Cell Physiology. 40: 725-732.

26. Zhou Li, Peng Y and Ma X (2013) Different response on drought tolerance and post-drought recovery between the small-leafed and the large-leafed white clover (*Trifolium repens* L.) associated with antioxidative enzyme protection and lignin metabolism. Acta Physiologia Plantarum. 35: 213-222.

27. Zhu J-K (2003) Regulation of ion homeostasis under salt stress. Current Opinion in Biotechnology. 6: 441-445.

Archive of SID

www.SID.ir