نشریه علوم باغبانی (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۲۸، شماره ۴، زمستان ۱۳۹۳، ص. ۵۵۳-۵۴۴
شاپا: ۴۷۳۰ - ۲۰۰۸

Journal of Horticultural Science
Vol. 28, No. 4, Winter 2015, P. 544-553
ISSN: 2008 - 4730

اثر تنش خشکی بر خصوصیات مرفولوژیک و فیزیولوژیک چمن بومی علف گندمی بیابانی (*Agropyron desertorum*) و چمانواش بلند (*Festuca arundinaceae* Schreb.)

امیر صادقی[۱]- نعمت‌اله اعتمادی[۲*]- محبوبه شمس[۳]- فاطمه نیازمند[۴]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۲/۰۶/۰۴
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۳/۰۵/۱۹

چکیده

خشکی و مسئله کمبود آب، چالش مهم پیش روی چمن به عنوان یکی از اجزای اصلی فضای سبز بوده و استفاده از گونه‌های مقاوم به خشکی راهکاری اساسی جهت حفظ منابع آبی می‌باشد. در این پژوهش اثر تنش خشکی بر چمن‌های علف گندمی بیابانی و چمانواش بلند به صورت فاکتوریل- اسپلیت پلات در زمان و در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار بررسی شد. پس از استقرار کامل چمن‌ها، تنش خشکی به صورت قطع کامل آبیاری در نیمی از گلدان‌های مربوط به هر دو گونه اعمال گردید و نیم دیگر گلدان‌ها آبیاری کامل شدند. بر اساس نتایج به دست آمده، تا ۱۰ روز پس از تنش خشکی، چمانواش بلند، کیفیت رنگ بالاتر (۸/۴) و درصد خشکیدگی کم‌تری را نسبت به علف گندمی نشان داد اما پس از این مدت درصد خشکیدگی چمانواش با سرعت بیش‌تری افزایش یافت به طوری‌که در انتهای آزمایش درصد خشکیدگی بیش‌تر (۹۴ درصد) و کیفیت رنگ کم‌تر (۱/۸) نسبت به علف گندمی داشت. نتایج نشان داد، تحت تنش خشکی اختلاف معنی‌داری بین دو گونه در محتوای نسبی آب برگ مشاهده نشد. در علف گندمی مقدار پرولین گیاهان تحت تنش تا روز دهم با گیاهان شاهد تقریباً برابر بود اما با طولانی‌تر شدن دوره تنش میزان پرولین به طور معنی‌داری افزایش یافت. برخلاف علف گندمی که از نظر تغییرات درصد روزنه بسته، شیب نسبتاً ملایمی طی دوره تنش داشت این شاخص در چمانواش بلند با شیب بسیار زیادی افزایش یافت و به ۸۹/۵۲ درصد در روز بیستم رسید. هم‌چنین با اعمال تنش خشکی تراکم روزنه به طور معنی‌داری افزایش و قطر دهانه روزنه به طور معنی‌داری کاهش یافت. بر اساس نتایج به دست آمده، در تنش طولانی مدت، علف گندمی بیابانی از مقاومت به خشکی بالاتری نسبت به چمانواش بلند برخوردار بود.

واژه‌های کلیدی: پرولین، تنش خشکی، درصد خشکیدگی، روزنه

مقدمه

امروزه مفهوم شهرها بدون وجود فضای سبز موثر در اشکال گوناگون آن دیگر قابل تصور نیست. پیامدهای توسعه شهری و پیچیدگی‌های معضلات زیست محیطی آن‌ها، وجود فضای سبز و گسترش آن را برای همیشه اجتناب ناپذیر کرده است (۲). فضای سبز یکی از اساسی‌ترین عوامل پایداری حیات طبیعی در زندگی شهر نشینی بوده و چمن به دلیل زیبایی و قدرت پاخوری به عنوان اصلی‌ترین گیاه پوششی در طراحی و احداث فضای سبز کاربرد دارد (۴ و ۵). این گیاه مانند تمامی گیاهان در افزایش میزان اکسیژن، تلطیف و پالایش هوا و کاهش گرد و غبار به نحو چشمگیری موثر می‌باشد (۴). چمن به عنوان مهم‌ترین گیاه پوششی نیازمند حجم بالای آبیاری است. میزان مصرف آب در باریک برگان چمنی بین ۲۵ تا ۷۵ و حتی گاهی تا ۱۱۲ میلی‌متر در روز گزارش شده است (۱۳) که معمولاً این مقدار مصرف آب از میزان بارش طبیعی به خصوص در مناطق خشک و نیمه خشک مثل ایران فراتر می‌باشد. هم اکنون در بسیاری از شهرهای کشور به دلیل کمبود آب آبیاری و به دنبال آن عدم امکان کشت چمن، فضای سبز این مناطق از کیفیت مطلوبی برخوردار نیست (۸). با توجه به فلور گیاهی ایران و ذخایر غنی گیاهان بومی، استفاده از گونه ها و جمعیت‌های بومی مقاوم به تنش‌های محیطی می‌تواند ضمن حفظ ژرم پلاسم موجود، نقش بسزایی در ایجاد فضای سبز پایدار داشته باشد. از جمله این گیاهان، علف گندمی بیابانی با نام علمی *Agropyron desertorum* می‌باشد که برای استفاده به عنوان چمن مطرح شده است (۲۴). این گیاه سازگاری

۱، ۲، ۳ و ۴- به ترتیب دانشجوی سابق کارشناسی ارشد، دانشیار، دانشجوی سابق کارشناسی ارشد و دانشجوی کارشناسی گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان
(*- نویسنده مسئول: Email: etemadin@cc. ac.ir)

خوبی با شرایط آب و هوایی خشک و نیمه خشک، انواع خاک‌ها به غیر از خاک‌های رسی سنگین و یا شنی، سرما و چرای دام دارد (۱). علف گندمی بیابانی، گیاهی با عمر طولانی و ساختار ریشه‌ای گسترده است، بنابراین برای تثبیت خاک و جلوگیری از فرسایش نیز مناسب می‌باشد (۱۸). پژوهش‌های متعددی در زمینه بررسی مقاومت به خشکی گونه‌های مختلف چمن صورت گرفته است. در مطالعه‌ای روی چمانواش و چمن آبی کنتاکی[1] مشخص شد تنش خشکی سبب کاهش کیفیت، محتوای نسبی آب برگ و افزایش نشت الکترولیتی چمن‌های مذکور گردید (۲۹). فو و هانگ (۱۹) تحمل به خشکی دو گونه چمن فصل سرد، چمن آبی کنتاکی و چمانواش، را تحت سه رژیم رطوبتی خاک شامل آبیاری کامل، خشکی سطحی و خشکی کامل بررسی کردند. تحت شرایط خشکی کامل، محتوای نسبی آب برگ، کلروفیل و وزن خشک اندام هوایی کاهش پیدا کرد. هانگ و گائو (۲۲) با بررسی اثر تنش خشکی بر چمانواش بیان کردند، زمانی که مقدار نسبی آب برگ به حدود ۶۰ درصد رسید به علت بسته شدن روزنه‌ها و آسیب کلروپلاست، میزان فتوسنتز به طور معنی‌داری کاهش یافت. نتایج پژوهش افشارمنش و همکاران (۳) نیز نشان داد، ارقام یونجه مقاوم به تنش خشکی دارای تراکم روزنه‌ای کم‌تر و مقدار آب نسبی بالاتری نسبت به ارقام حساس می باشند. سانوکا و همکاران (۳۲) بیان کردند، تجمع پرولین رابطه مثبت و مستقیمی با افزایش مقاومت به خشکی در گیاهان دارد. تجمع پرولین در چمن‌ها طی تنش خشکی توسط احمدی (۱) و تاتاری و همکاران (۷) نیز گزارش شده است. چمانواش بلند (*Festuca arundinacea* Schreb.) یکی از چمن‌های فصل سرد است که به خاطر خصوصیات فیزیولوژیکی و سیستم ریشه‌ای عمیق و گسترده از مقاومت به خشکی بالاتری نسبت به چمن‌های فصل سرد متداول در فضای سبز از قبیل لولیوم پرنه یا پوآ پراتنسیس برخوردار است (۳۰) اما با توجه به ضرورت بکارگیری گونه‌های مقاوم به خشکی چمن، این پژوهش با هدف بررسی تحمل به خشکی علف گندمی بیابانی به عنوان گونه بومی مناطق مرکزی ایران در مقایسه با چمانواش بلند انجام شد.

مواد و روش‌ها

این پژوهش طی سال‌های ۱۳۹۱-۱۳۹۰، در دانشکده کشاورزی دانشگاه صنعتی اصفهان انجام گرفت. اقلیم منطقه، فرا خشک سرد با متوسط حداکثر دمای سالانه ۲۳/۴ درجه سانتی‌گراد، متوسط حداقل دمای ۹/۱ درجه سانتی‌گراد و متوسط بارندگی سالانه ۱۲۲/۸ میلی‌متر می‌باشد. در این آزمایش اثر خشکی (آبیاری کامل و قطع آبیاری) بر خصوصیات مورفولوژیک و فیزیولوژیک گونه‌های چمن بومی علف گندمی بیابانی (*Agropyron desertorum*) و چمانواش بلند (*Festuca arundinacea* Schreb.) به صورت صورت فاکتوریل- اسپلیت پلات در زمان و در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار مورد بررسی قرار گرفت. در اواسط مهر ماه ۱۳۹۰، بذور چمن‌های علف گندمی و چمانواش به ترتیب با تراکم کاشت ۲۰ و ۲۵ گرم در متر مربع در گلدان‌های PVC با قطر ۱۶ و ارتفاع ۶۰ سانتی‌متر کشت شدند. لازم به ذکر است بذور علف گندمی بیابانی از منطقه قهیز اصفهان تهیه شده بود. گلدان‌ها با سنگریزه به منظور زهکشی و با خاکی که قبلاً استریل شده بود پر گردید. مشخصات خاک مورد استفاده در این آزمایش در جدول ۱ آمده است. تا استقرار کامل چمن‌ها، آبیاری بر اساس نیاز و به مقدار کافی به نحوی که آب از ته گلدان‌ها خارج شود انجام گرفت. در هر بار آبیاری حدود ۲۵۰ میلی‌لیتر آب از ته هر گلدان خارج گردید. هم‌چنین در صورت نیاز به کوددهی به میزان پنج گرم در متر مربع کود اوره داده شد. سرزنی در طول آزمایش به طور مرتب هر هفته در ارتفاع چهار سانتی‌متر برای هر دو گونه انجام گرفت و برگ‌های چیده شده از گلدان خارج شد. در ابتدای فروردین ماه ۱۳۹۱ تنش خشکی به صورت قطع کامل آبیاری در نیمی از گلدان‌های مربوط به هر دو گونه اعمال گردید و نیم دیگر گلدان‌ها آبیاری کامل شدند. رنگ برگ‌ها، هر پنج روز یکبار پس از شروع تنش خشکی توسط ارزیاب با تجربه و بر اساس دستورالعمل NTEP تخمین زده شد. طبق این دستورالعمل امتیاز ۹ به رنگ سبز تیره و امتیاز یک به رنگ زرد اختصاص یافت (۱۱). محتوی نسبی آب برگ و میزان پرولین در شروع آزمایش، ۱۰، ۱۵ و ۲۰ روز پس از تنش خشکی اندازه‌گیری شد. محتوی نسبی آب برگ از طریق روش چرکی و همکاران (۱۶) و با استفاده از رابطه زیر محاسبه گردید:

$$(FW-DW) / (TW-DW) \times 100$$

در این رابطه، FW، وزن تازه قطعات برگی، TW، وزن تورژسانس نمونه‌ها (پس از قرار گرفتن برگ‌ها به مدت ۲۴ ساعت درون پتری دیش حاوی آب مقطر) و DW، وزن خشک نمونه‌ها بعد از قرار گرفتن درون آون با دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد بود. اندازه‌گیری پرولین با استفاده از ۰/۱ گرم از نمونه‌های برگی و بر اساس روش بیتس و همکاران (۱۲) انجام شد. درصد سوختگی هر پنج روز یکبار پس از شروع تنش خشکی به صورت ارزیابی چشمی از درصد سوختگی کل سطح هر گلدان تخمین زده شد به صورتی که صفر نشان دهنده عدم وجود علامت خشکیدگی و ۱۰۰ نشان دهنده خشکیدگی کامل بود. برای اندازه‌گیری تعداد و طول روزنه ابتدا زمان حداکثر باز بودن روزنه مشخص گردید. برای مشخص کردن حداکثر باز بودن روزنه ابتدا در ساعات مشخص ۸، ۱۰، ۱۲، ۱۴ و ۱۶ از هر دو نوع چمن قالب‌گیری شد. سپس نمونه‌ها در آزمایشگاه زیر میکروسکوپ نوری بررسی گردید.

1- *Poa pratensis* L.

جدول ۱- مشخصات خاک مورد استفاده

pH	EC (دسی‌زیمنس بر متر)	FC (%)	PWP (%)	بافت	مواد آلی (درصد)	ماسه (درصد)	رس (درصد)	سیلت (درصد)
۷/۹	۷/۴	۳۰/۷	۱۰/۲	لومی رسی	۵/۶	۲۷/۶	۳۳/۵	۳۸/۹

بر اساس نتایج به دست آمده حداکثر باز بودن روزنه‌ها ساعت ۱۰ صبح بود. بنابراین در ساعت ۱۰ صبح قالب‌گیری از برگ‌ها انجام گردید. بدین صورت که ابتدا لایه‌ای از لاک شفاف روی برگ مالیده شد به نحوی که تمام قسمت مورد نظر را بپوشاند. پس از مدتی که لاک کاملاً خشک شد و به صورت لایه‌ای، برجسته گردید، به کمک چسب نواری لاک با دقت جدا شد و روی لام قرار گرفت.

نمونه‌ها برای شمارش تعداد روزنه به آزمایشگاه منتقل و تعداد روزنه زیر میکروسکوپ نوری مدل (plympus-CH2) با بزرگنمایی۴۰ در سه میدان دید برای هر نمونه شمارش گردید. با نمونه‌گیری از دو سطح رو و زیر برگ چمن و شمارش روزنه‌ها مشخص شد که روزنه‌ها در چمن بیش‌تر در سطح زیر برگ مستقر هستند. برای اندازه‌گیری طول و قطر روزنه‌ها، لام‌ها زیر میکروسکوپ مجهز به دوربین نیکون (مدلZi ،HC-300) که به واسطه برنامه (photograb_3002) به کامپیوتر متصل بود قرار گرفت و طول روزنه‌ها با کمک نرم افزار (Micromeasure 3/3) روی عکس‌هایی با وضوح بالا اندازه‌گیری گردید. شاخص‌های مربوط به روزنه در مجموع سه مرتبه طی تنش خشکی (شروع آزمایش، ۷ و ۱۴ روز پس از تنش خشکی) مورد اندازه‌گیری قرار گرفت. تجزیه واریانس داده‌های مربوط به هر صفت و آنالیز رگرسیون به کمک نرم افزار SAS (نسخه ۹/۱)[1] انجام شد و میانگین اثرهای متقابل[2] در صورت معنی‌دار بودن از طریق آزمون حداقل تفاوت معنی‌دار[3]، در سطح احتمال پنج درصد توسط نرم افزار MSTATC مورد مقایسه قرار گرفتند.

نتایج و بحث

نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد اثر تنش خشکی، گونه، زمان و اثرهای متقابل بین آن‌ها به غیر از اثر متقابل گونه در تنش روی رنگ چمن در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۲). نتایج نشان داد رنگ هر دو چمن مورد بررسی در گیاهان شاهد تقریباً در یک سطح قرار داشت هر چند رنگ چمانواش بلند اندکی بهتر از علف گندمی بود (شکل ۱). با اعمال تنش خشکی رنگ هر دو گونه چمن کاهش یافت. در چمانواش بلند میزان رنگ تا ۱۰ روز پس از اعمال تنش با گیاهان شاهد تقریباً برابر بود در حالی‌که در علف گندمی میزان رنگ با شدت بیشتری کاهش یافته و از ۸/۱ در روز پنجم به ۶/۲ در روز دهم رسید. با طولانی‌تر شدن دوره تنش، میزان رنگ هر دو چمن مورد بررسی به طور معنی‌داری کاهش یافت و به ۵/۹ در روز پانزدهم رسید که از نظر کاربرد زینتی هنوز در حد قابل قبول قرار داشت. پس از این مدت رنگ هر دو گونه با شدت بیشتری کاهش یافت و به زیر حد قابل قبول از نظر زینتی رسید. شاخص رنگ در روز بیستم در چمانواش بلند و علف گندمی به ترتیب ۱/۸ و ۳/۱ تخمین زده شد (شکل ۱).

تنش خشکی باعث فعالیت بیش‌تر آنزیم کلروفیلاز و هم‌چنین افزایش ساخت برخی از مواد تنظیم کننده رشد مانند اسید آبسیزیک و اتیلن می‌شود که منجر به تخریب و کاهش میزان کلروفیل در برگ‌ها و کاهش شدت رنگ می گردد (۲۱). در همین ارتباط جیانگ و هانگ (۲۳) گزارش کردند که تنش طولانی مدت خشکی و گرما در چمن‌های کنتاکی بلوگراس و تال فسکیو، کیفیت چمن، محتوی نسبی آب برگ و مقدار کلروفیل را کاهش داد. احمدی و همکاران (۱) نیز نشان دادند که طی تنش خشکی چمن علف گندمی توانست برای مدت طولانی‌تری نسبت به چمن‌های مخلوط اسپورت و چاوداری شاخص رنگ خود را در سطوح بالا حفظ نماید.

نتایج حاصل از آنالیز واریانس داده‌ها نشان داد اثر تنش خشکی، گونه، زمان و اثرهای متقابل گونه در تنش و زمان در تنش روی محتوی آب نسبی برگ معنی‌دار بود (جدول ۲). بر اساس نتایج به دست آمده محتوی نسبی آب برگ چمانواش بلند در شرایط شاهد به طور معنی‌داری بیش‌تر از علف گندمی بود (جدول ۳). با اعمال تنش خشکی محتوی نسبی آب چمانواش بلند و علف گندمی به ترتیب ۳۴/۸ و ۲۱/۴ درصد نسبت به گیاهان شاهد خود کاهش یافت اما اختلاف معنی‌داری بین این دو گونه در این شرایط (تنش خشکی) مشاهده نشد (جدول ۳). نتایج سایر پژوهش‌ها نیز توانایی بیش‌تر علف گندمی نسبت به سایر چمن‌های فصل سرد در حفظ محتوای نسبی آب برگ در شرایط تنش خشکی را نشان داده است. در پژوهشی مصطفایی (۱۰) گزارش کرد که سرعت کاهش محتوی نسبی آب برگ در علف گندمی نسبت به لولیوم پرنه تحت تنش خشکی و نور کامل کندتر بود.

1- Statistical analysis system (SAS), version 9.1
2- Interaction effects
3- Least significant difference (LSD)

جدول ۲- تجزیه واریانس داده‌های مربوط به تأثیر تنش خشکی و گونه چمن بر صفات اندازه‌گیری شده

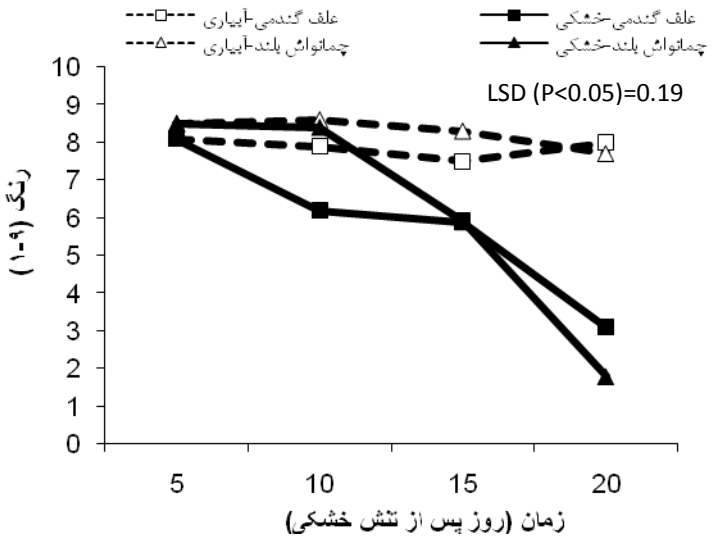
منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات			
		رنگ	درصد خشکیدگی	محتوی آب نسبی برگ	پرولین
گونه	۱	۱/۶۵**	۴۹/۵**	۳۳۶/۲*	۳۷۴/۱**
تنش	۱	۵۱/۴۶**	۱۱۷۴۲/۱**	۶۱۸۰/۹**	۱۰۹۹۹/۸**
گونه×تنش	۱	۰/۷۷ ^{ns}	۴۹/۵**	۵۹۸/۳**	۳۵۶/۱**
خطا	۸	۰/۰۴	۲/۰	۳۷/۶	۲۷/۸
زمان	۳	۲۲/۷۰**	۴۵۳۰/۶**	۴۸۲۷/۶**	۲۳۸۵/۲**
زمان×گونه	۳	۲/۵۴**	۴۴/۹**	۶۲/۴ ^{ns}	۱۶۲/۲**
زمان×تنش	۳	۱۶/۷۷**	۴۵۳۰/۶**	۱۴۲۴/۰**	۲۶۴۹/۲**
زمان×گونه×تنش	۳	۰/۹۴**	۴۴/۹**	۲۴۰/۴ ^{ns}	۱۶۰/۳**
خطا	۲۴	۰/۰۱	۲/۵	۱۴۲/۱	۱۸/۴
ضریب تغییرات		۱/۶۶	۱۰/۲	۱۷/۵	۲۵/۸

ns: عدم وجود اختلاف معنی‌دار، *- اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد، **- اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۱درصد.

جدول ۳- برهمکنش تنش خشکی و گونه روی خصوصیات مورفولوژیکی و فیزیولوژیکی چمن علف گندمی و چمانواش بلند *

تیمار		شاخص‌های اندازه گیری شده						
گونه	تنش	آب نسبی برگ (درصد)	پرولین (µmol/g FW)	خشکیدگی (درصد)	تراکم روزنه (mm^{-1})	روزنه بسته (درصد)	قطر روزنه (میکرومتر)	طول روزنه (میکرومتر)
علف گندمی	شاهد	۷۳/۰۳ ^{b}	۱/۳۸ ^{c}	۰ ^{c}	۴/۱ ^{d}	۳۷/۹۷ ^{c}	۱۰/۰۴ ^{b}	۴۵/۹۷ ^{c}
	خشکی	۵۷/۴۰ ^{c}	۲۶/۲۱ ^{b}	۲۹/۲۵ ^{b}	۴/۸ ^{b}	۴۲/۷۳ ^{b}	۶/۷۵ ^{d}	۴۹/۷۵ ^{a}
چمانواش بلند	شاهد	۸۵/۳۹ ^{a}	۱/۵۱ ^{c}	۰ ^{c}	۴/۵ ^{c}	۱۲/۴۲ ^{d}	۱۱/۹۱ ^{a}	۴۷/۱۲ ^{b}
	خشکی	۵۵/۶۳ ^{c}	۳۷/۲۴ ^{a}	۳۳/۳۱ ^{a}	۶/۰ ^{a}	۶۲/۵۸ ^{a}	۷/۶۶ ^{c}	۴۰/۷۵ ^{d}

*- در هر ستون میانگین‌هایی که حداقل در یک حرف مشترک باشند تفاوت معنی‌داری در سطح ۵ درصد آزمون LSD ندارند.



شکل ۱- برهمکنش زمان، گونه و تنش بر میزان رنگ چمن علف گندمی و چمانواش بلند

احمدی (۱) نیز نشان داد که از دست دادن آب در علف گندمی در طول دوره خشکی تدریجی بوده و نسبت به سایر چمن‌ها از پایین‌ترین مقدار کاهش برخوردار است. هم‌چنین تاتاری و همکاران (۷) بیان کردند، در شرایط شاهد چمن پوآ پراتنسیس محتوای نسبی

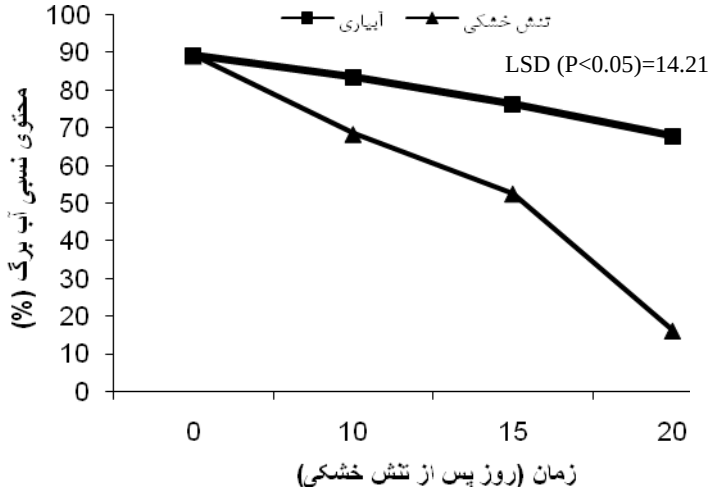
آب برگ و کلروفیل بیشتری نسبت به بروموس اینرمیس و علف گندمی داشت اما با طولانی‌تر شدن تنش خشکی مقدار این شاخص‌ها در پوآ پراتنسیس به پایین‌تر از مقدار آن در علف گندمی رسید. بنابراین در شرایط تنش مقاومت در برابر از دست دادن آب یا کلروفیل مهم تر از داشتن مقدار بالای این شاخص‌ها در شرایط بدون تنش است.

بررسی اثر متقابل زمان در تنش نشان داد، محتوای نسبی آب برگ از ۸۹/۲۳ درصد در شروع آزمایش به ۶۷/۸۲ درصد در تیمار شاهد و ۱۵/۹۸ درصد در تیمار تنش خشکی در انتهای آزمایش رسید (شکل ۲). هم‌چنین محتوای نسبی آب برگ در روز دهم در تیمار تنش خشکی (۶۸/۳۵ درصد) تقریباً با محتوای نسبی آب برگ در تیمار شاهد در روز بیستم (۶۷/۸۲ درصد) برابر بود (شکل ۲). فو و هانگ (۱۹) نشان دادند که خشکی کامل خاک منجر به کاهش شدید محتوی آب نسبی برگ در چمن‌های کنتاکی بلوگراس و چمانواش بلند شد. محتوی نسبی آب برگ یکی از بهترین شاخص‌ها در تشخیص تعادل بین آب تأمین شده برای برگ و سرعت تعرق است، لذا به عنوان شاخصی مهم در انتخاب گیاهان مقاوم به خشکی در نظر گرفته می شود. محتوی نسبی آب برگ بالاتر به این معناست که در شرایط تنش خشکی برگ قادر است آب بیشتری را حفظ و ریشه نیز می‌تواند آب بیش‌تری را جذب کند (۱۵). در هر دو گونه، محتوی نسبی آب برگ تحت تنش خشکی، بیش‌تر از ۵۰ درصد بود (جدول ۳) و طبق تقسیم‌بندی لودلو (۲۵) دارای مکانیسم گریز از خشکی می‌باشند.

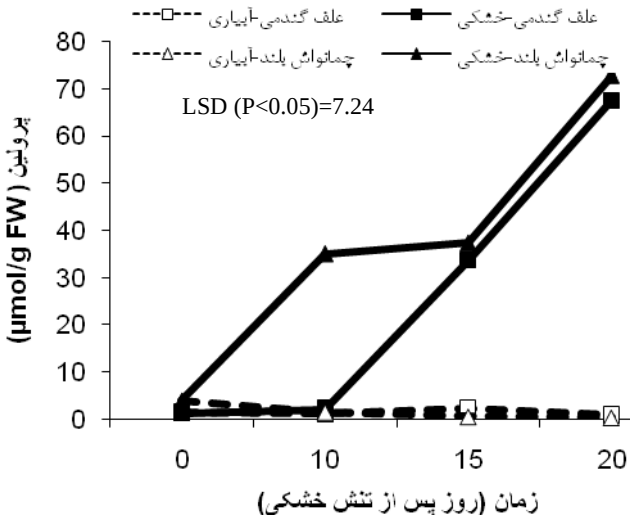
آنالیز واریانس داده‌ها نشان داد که اثر گونه، تنش خشکی، زمان و اثر متقابل بین آن‌ها روی میزان پرولین چمن معنی‌دار بود (جدول ۲).

بر اساس نتایج به دست آمده میزان پرولین گیاهان شاهد هر دو گونه چمن در طول آزمایش بسیار کم بوده و تقریباً در یک سطح قرار داشت به طوری که اختلاف معنی‌داری بین آن‌ها مشاهده نشد (شکل ۳). با اعمال تنش خشکی میزان پرولین هر دو گونه چمن افزایش یافت. در علف گندمی مقدار پرولین تا ۱۰ روز پس از اعمال تنش با گیاهان شاهد تقریباً برابر بود در حالی‌که در چمانواش بلند، پرولین با شدت بیش‌تری افزایش یافت و از ۳/۸۳ میکرومول در گرم وزن تر در ابتدای تنش به ۳۵/۳ میکرومول در گرم وزن تر در روز دهم رسید. با طولانی‌تر شدن دوره تنش میزان پرولین هر دو چمن نیز به طور معنی‌داری افزایش یافت اما شدت این افزایش در علف گندمی بیش‌تر بوده و از ۲/۲۴ میکرومول در گرم وزن تر در روز دهم به ۶۷/۵۶ میکرومول در گرم وزن تر در روز بیستم رسید (شکل ۳).

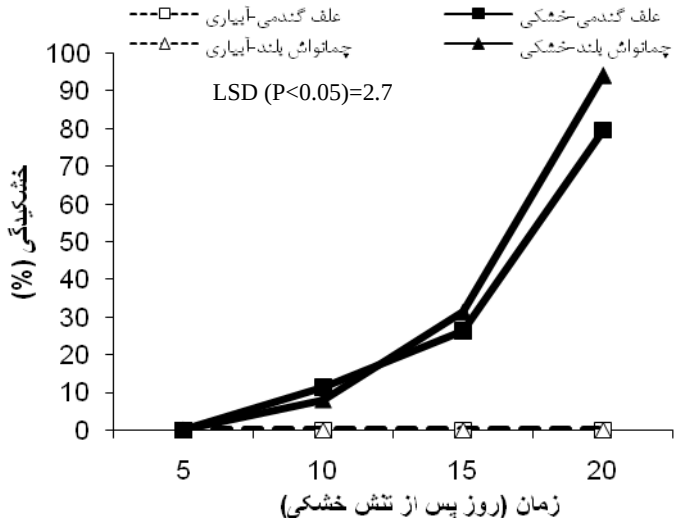
تجمع پرولین طی تنش خشکی در پژوهش‌های متعدد گزارش شده است (۸، ۳۴ و ۳۵). پرولین از جمله موادی است که در پاسخ به تنش خشکی غلظت آن در سلول افزایش می‌یابد و در نتیجه باعث حرکت آب سلول‌های برگ و افزایش فشار تورگر می‌شود (۲۷). سلاح ورزی و همکاران (۸) اعلام کردند که جمعیت‌های بومی چمن چمانواش بلند تحت تنش خشکی شدید حدود ۱۵ برابر نمونه‌های شاهد، پرولین تولید کردند. نتایج پژوهش تاتاری و همکاران (۷) نیز نشان داد که طی دوره تنش خشکی مقدار پرولین بیشتری در علف گندمی نسبت به پوآ پراتنسیس و بروموس اینرمیس تولید شد. انباشت پرولین در شرایط تنش ممکن است به علت فعال‌سازی آنزیم‌های بیوسنتزی پرولین، کاهش اکسیداسیون و تبدیل آن به گلوتامات و کاهش استفاده از پرولین در سنتز پروتئین‌ها باشد (۲۶).



شکل ۲- اثر تنش خشکی روی محتوی نسبی آب برگ چمن‌های مورد آزمایش در زمان‌های مختلف



شکل ۳- برهمکنش زمان، گونه و تنش خشکی بر میزان پرولین برگ چمن علف گندمی و چمانواش بلند

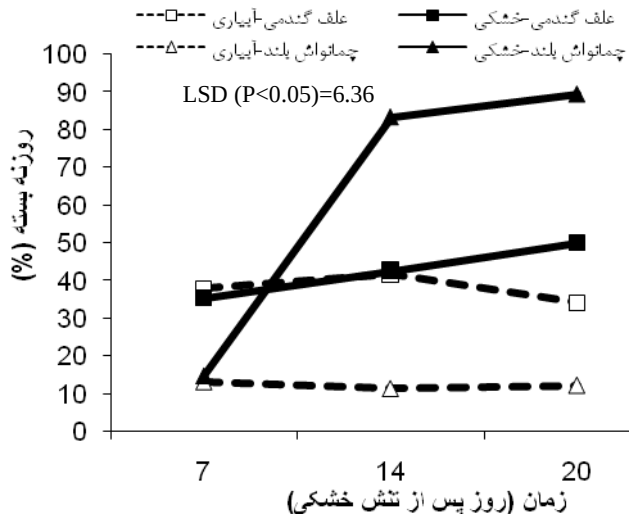


شکل ٤- برهمکنش زمان، گونه و تنش خشکی بر درصد خشکیدگی چمن علف گندمی و چمانواش بلند

آنالیز واریانس داده‌ها نشان داد که اثر گونه، تنش خشکی، زمان و اثر متقابل بین آن‌ها روی درصد خشکیدگی چمن در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۲). بر اساس نتایج به دست آمده درصد خشکیدگی هر دو گونه چمن مورد بررسی در گیاهان شاهد صفر بود (شکل ۴). با اعمال تنش خشکی درصد خشکیدگی هر دو چمن با سرعت بالایی افزایش یافت. تا ۱۰ روز پس از اعمال تنش، چمانواش بلند درصد خشکیدگی کم‌تری نسبت به علف گندمی داشت اما پس از این مدت درصد خشکیدگی چمانواش بلند با سرعت بیش‌تری افزایش یافت به طوری‌که در انتهای آزمایش (روز بیستم) درصد خشکیدگی چمانواش بلند و علف گندمی به ترتیب ۹۴ و ۷۹/۵ درصد بود (شکل ۴). احمدی (۱) و مصطفایی (۱۰) نیز در بررسی مقاومت به خشکی علف گندمی تحت تنش خشکی نشان دادند که علف گندمی بعد از سایر گونه‌ها از جمله لولیوم پرنه خشکیدگی کامل را نشان داد.

آنالیز واریانس داده‌ها نشان داد که اثر گونه، تنش خشکی، زمان و اثر متقابل بین آن‌ها روی درصد روزنه بسته و قطر روزنه معنی‌دار بود. در مورد تراکم روزنه نیز تنها اثر متقابل گونه در تنش در زمان معنی‌دار نشد در صورتی که در مورد طول روزنه اثر گونه و اثر متقابل گونه در تنش معنی‌دار و سایر اثرها غیر معنی‌دار بود (جدول ۴).

نتایج به دست آمده نشان داد که هر دو گونه در شرایط تنش خشکی تراکم روزنه بیش‌تری نسبت به گیاهان شاهد خود داشتند (جدول ۳).



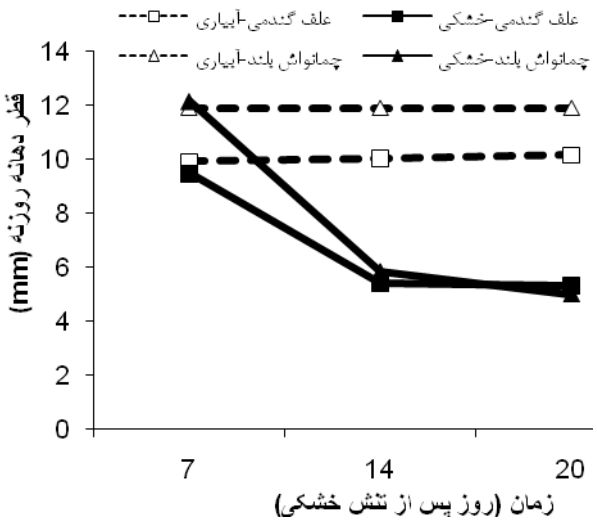
شکل ۵- برهمکنش زمان، گونه و تنش خشکی بر درصد روزنه بسته چمن علف گندمی و چمانواش بلند

تراکم روزنه‌ای چمانواش بلند هم در شرایط شاهد و هم در شرایط تنش خشکی به طور معنی‌داری بیشتر از علف گندمی بود (جدول ۳). ضرابی و همکاران (۹) نیز گزارش کردند، با اعمال تنش خشکی بر تراکم روزنه‌ای ارقام زیتون افزوده گردید که موید نتایج این پژوهش می‌باشد. این امر ممکن است به علت کاهش سطح برگ و کوچک‌تر شدن اندازه سلول‌ها در اثر تنش خشکی و در نتیجه افزایش تراکم روزنه‌ای باشد (۶).

نتایج نشان داد، درصد روزنه بسته در گیاهان شاهد علف گندمی به طور معنی‌داری بیشتر از گیاهان شاهد چمانواش بلند بود (شکل ۵). طی دوره تنش خشکی درصد روزنه بسته در چمانواش بلند با سرعت و شیب زیادی افزایش یافت به طوری‌که از ۱۴/۷۶ درصد در روز هفتم به ۸۳/۴۸ درصد در روز چهاردهم و ۸۹/۵۲ درصد در روز بیستم رسید. تغییرات درصد روزنه بسته در علف گندمی شیب بسیار ملایم‌تری نسبت به چمانواش بلند داشت. در این گونه درصد روزنه بسته در گیاهان شاهد و گیاهان تحت تنش تا روز چهاردهم اختلاف معنی‌داری نداشت و فقط از روز چهاردهم تا بیستم درصد روزنه بسته در گیاهان تحت تنش اندکی افزایش و در گیاهان شاهد اندکی کاهش یافت (شکل ۵). افزایش کمتر درصد روزنه‌های بسته تحت شرایط تنش خشکی در علف گندمی نسبت به چمانواش بلند ممکن است به علت وجود کرک‌ها در علف گندمی باشد که باعث کاهش تعرق و اتلاف آب می‌شوند، که نیاز به بررسی بیش‌تری دارد (شکل ۷).

روزنه‌های برگ نقش مهمی در زنده ماندن گیاهان تحت شرایط تنش ایفا می‌نمایند. استراتژی آناتومیکی برگ‌ها به منظور کاهش تعرق طی تنش خشکی، کاهش تعداد روزنه‌ها و بستن روزنه‌ها می‌باشد. روزنه‌های باز بیش‌تر در طول تنش خشکی و فتوسنتز بالاتر از ویژگی‌های گیاهان پایدار در برابر خشکی است (۲۰). با توجه به نتایج این پژوهش به نظر می‌رسد، چمن علف گندمی در شرایط تنش طولانی مدت می‌تواند با درصد روزنه بسته کم‌تر نسبت به چمانواش بلند به صورت کارآمدتری سرعت از دست دادن محتوی نسبی آب برگ و کاهش رنگ را کم نموده و درصد سوختگی کم‌تری را نشان دهد. در همین ارتباط پردومو و همکاران (۲۸) گزارش کردند که تحت شرایط تنش خشکی رقم میدنایت[1] چمن پوآ پراتنسیس کیفیت ظاهری بهتر و درصد روزنه باز بیش‌تری نسبت به رقم نوگت[2] داشت. هم‌چنین در بررسی مقاومت به گرما و خشکی ۱۰ ژنوتیپ چمن پوآ پراتنسیس مشخص شد، ژنوتیپ مقاوم‌تر که علائم تنش کم‌تر و کیفیت ظاهری بهتری را نشان می‌داد از مقاومت روزنه‌ای کمتری برخوردار بود (۱۴). بسته شدن روزنه‌ها یکی از کارآمدترین روش‌ها جهت کاهش از دست دادن آب گیاه از طریق تعرق در شرایط تنش خشکی می‌باشد اما به موازات آن جذب دی‌اکسیدکربن و فتوسنتز خالص کاهش می‌یابد (۱۷). باز نگه داشتن بیش‌تر روزنه‌ها هم‌زمان با حفظ مؤثرتر محتوی آب نسبی برگ در شرایط تنش موجب خنک شدن گیاه از طریق تعرق، جذب دی‌اکسیدکربن و کاهش درصد سوختگی و افزایش کیفیت ظاهری چمن می‌گردد.

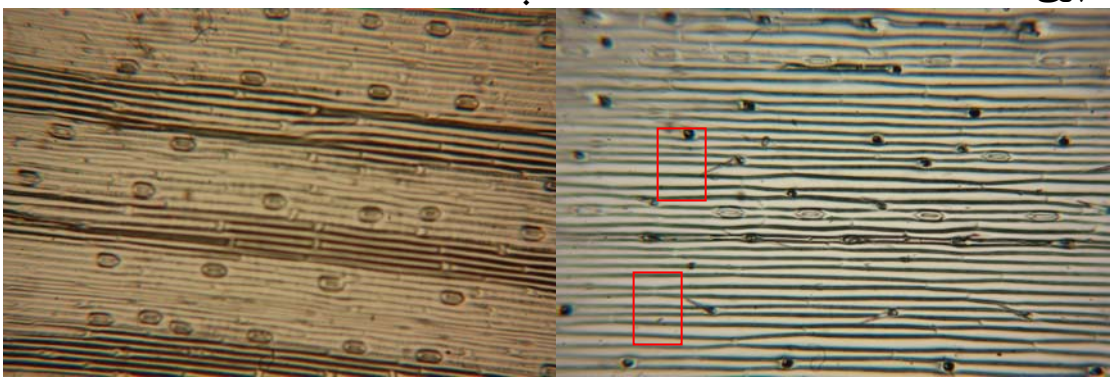
1- Midnight
2- Nugget



LSD (P<0.05)=0.79

شکل ٦- برهمکنش زمان، گونه و تنش خشکی بر قطر دهانه روزنه چمن علف گندمی و چمانواش بلند

الف **ب**



شکل ۷- اپیدرم کرک‌دار در چمن علف گندمی (الف) و اپیدرم بدون کرک در چمانواش بلند (ب)

جدول ٤- تجزیه واریانس داده‌های مربوط به تأثیر تنش خشکی و گونه چمن بر مشخصات روزنه

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات			
		تراکم روزنه	درصد روزنه بسته	قطر روزنه	طول روزنه
گونه	۱	۴/۸۷**	۷۳/۰۴**	۱۷/۵۲**	۱۳۸/۷۶**
تنش	۱	۱۰/۲۹**	۶۷۸۵/۹۱**	۱۲۸/۱۲**	۱۵/۲۱^{ns}
گونه×تنش	۱	۱/۶۶**	۴۶۴۰/۳۳**	۲/۰۶*	۲۳۱/۶۴**
خطا	۸	۰/۰۱	۲/۱۵	۰/۲۲	۳/۰۲
زمان	۲	۱/۷۸**	۲۱۶۲/۲۱**	۲۸/۶۹**	۰/۶۳^{ns}
زمان×گونه	۲	۱/۶۰**	۵۸۹/۶۸**	۲/۱۲**	۰/۲۶^{ns}
زمان×تنش	۲	۰/۴۷**	۲۳۸۹/۷۷**	۳۰/۷۷**	۰/۰۹^{ns}
زمان×گونه×تنش	۲	۰/۰۴^{ns}	۷۱۰/۳۷**	۱/۵۵**	۰/۵۷^{ns}
خطا	۱۶	۰/۰۲	۱۳/۵۱	۰/۲۱	۰/۹۴
ضریب تغییرات		۳/۰۷	۹/۴۴	۵/۰۹	۲/۱۲

n :- عدم وجود اختلاف معنی‌دار، *- اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد، **- اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۱ درصد.

بررسی اثر متقابل گونه در تنش نشان داد، گیاهان شاهد علف گندمی طول روزنه کم‌تری نسبت به گیاهان شاهد چمانواش بلند داشتند اما با اعمال تنش خشکی طول روزنه چمن علف گندمی حدود ۸ درصد افزایش یافت در صورتی‌که در چمانواش بلند با کاهش ۱۳/۵ درصدی همراه بود (جدول ۳). الگوی تغییرات قطر دهانه روزنه در شرایط شاهد و تنش خشکی در چمانواش بلند تقریباً مشابه علف گندمی بود (شکل ۶). به طورکلی گیاهان شاهد چمانواش بلند قطر روزنه بیش‌تری نسبت به گیاهان شاهد علف گندمی داشتند و در هر دو گونه قطر روزنه در این شرایط طی دوره اندازه‌گیری ثابت بود (شکل ۶). با اعمال تنش خشکی قطر دهانه روزنه در هر دو گونه با شیب نسبتاً زیادی کاهش یافت به طوری‌که در چمانواش بلند از ۱۲/۱۶ میکرومتر در روز هفتم به ۵/۸۳ میکرومتر در روز چهاردهم و در چمن علف گندمی از ۹/۵ میکرومتر در روز هفتم به ۵/۴۱ میکرومتر در روز چهاردهم رسید. از روز ۱۴ تا روز ۲۰، قطر دهانه روزنه در هر دو گونه تغییر چندانی نداشت و تقریباً ثابت بود (شکل ۶). قطر دهانه روزنه تحت شرایط خشکی نقش مؤثری در تنظیم میزان تبخیر و تعرق از سطح برگ و اتلاف آب گیاه دارد (۳۳). راتنایاکا و کینکاید (۳۱) در بررسی اثر تنش نیتروژن و خشکی روی گیاه دارویی *Cassia angustifolia* گزارش کردند که با افزایش تنش خشکی قطر منفذ روزنه از ۴۸/۱۵ میکرومتر به ۱۴/۱۹ میکرومتر کاهش پیدا کرد که با نتایج این آزمایش هم‌خوانی دارد. آن‌ها بیان کردند که ABA (آبسایزیک اسید) ساخته شده در ریشه به وسیله جریان تعرق از طریق آوندها به برگ‌ها منتقل شده و در سلول‌های محافظ روزنه تجمع یافته و سبب بسته شدن و کاهش قطر روزنه می‌گردد (۳۱).

نتیجه‌گیری کلی

بر اساس نتایج این پژوهش تیمار خشکی سبب کاهش رنگ، محتوی نسبی آب و افزایش درصد خشکیدگی چمن گردید اما شدت و زمان این تغییرها در چمن‌های مورد بررسی متفاوت بود. در شرایط شاهد، چمانواش بلند رنگ و محتوی نسبی آب بالاتری نسبت به علف گندمی داشت. در ابتدای تنش خشکی و تا ۱۰ روز پس از اعمال تنش نیز چمانواش بلند مقاومت بهتری را در مقابل خشکیدگی و از دست دادن رنگ نشان داد. بنابراین در تنش کوتاه مدت، چمانواش بلند از ارزش زینتی بالاتری در چمن‌کاری نسبت به علف گندمی برخوردار است. با توجه به این‌که با طولانی‌تر شدن تنش خشکی و در پایان آزمایش میزان رنگ هر دو گونه چمن به زیر حد قابل قبول از نظر زینتی رسید ولی علف گندمی درصد خشکیدگی کم‌تری را نسبت به چمانواش بلند نشان داد بنابراین استفاده از علف گندمی از نظر کاربردی و به منظور کنترل فرسایش در مکان‌های مختلف و به جای چمانواش بلند توصیه می‌گردد.

منابع

۱- احمدی ص. ۱۳۸۸. مقایسه و بررسی تحمل به خشکی پنج گونه، رقم و جمعیت چمن برای استفاده در فضای سبز. پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه صنعتی اصفهان، اصفهان.

۲- اعتمادی ن. ۱۳۸۴. بررسی تنوع ژنتیکی، تحمل به خشکی و خصوصیات ظاهری جمعیت‌های گیاه چمنی مرغ (*Cynodon dactylon* L.). پایان نامه دکتری، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه تهران، تهران.

۳- افشارمنش غ.، حیدری شریف آباد ح.، مظاهری د.، نورمحمدی ق. و مدنی ح. ۱۳۸۹. اثر تنش کم آبی بر برخی جنبه های فیزیولوژیکی و آناتومیکی ارقام یونجه (*Medicago sativa* L.). نشریه زراعت ۸۹: ۶۱-۴۸.

۴- امیری خواه ر. ۱۳۹۰. اثر ترینگزاپک اتیل بر کیفیت ظاهری و کاربردی چمن رای گراس دائمی. پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه صنعتی اصفهان، اصفهان.

۵- حجازی ا. و کفاشی صدقی م. ۱۳۷۹. کاربرد مواد رشد گیاهی. انتشارات دانشگاه تهران، تهران.

۶- حکمت شعار ح. ۱۳۷۲. فیزیولوژی گیاهان در شرایط دشوار. انتشارات نیکنام، تبریز.

۷- تاتاری م.، فتوحی قزوینی ر.، اعتمادی ن.، احدی ع.م.، و موسوی س.ا. ۱۳۹۲. بررسی برخی پاسخ‌های فیزیولوژیکی سه نوع چمن در شرایط تنش خشکی. مجله پژوهش‌های تولید گیاهی ۲۰ (۱): ۸۷-۶۳.

۸- سلاح ورزی ی.، تهرانی فر ع. و گزانچیان ع. ۱۳۸۷. بررسی تغییرهای فیزیو مورفولوژیک سبز فرش‌های بومی و خارجی در تنش خشکی و آبیاری دوباره. مجله علوم و فنون باغبانی ایران ۹ (۳): ۲۰۴-۱۹۳.

۹- ضرابی م.م.، طلایی ع.، سلیمانی ع. و حداد ر. ۱۳۸۹. نقش فیزیولوژیکی و تغییرات بیوشیمیایی شش رقم زیتون (*Olea europaea* L.) در برابر تنش خشکی. نشریه علوم باغبانی ۲۴ (۲): ۲۴۴-۲۳۴.

۱۰- مصطفایی ا. ۱۳۹۰. ارزیابی کیفیت و تحمل به خشکی دو نوع چمن بومی ایران. پایان نامه کارشناسی ارشد، پردیس کشاورزی ابوریحان، دانشگاه تهران، تهران.

11- Anonymous. 1999. National Turfgrass Evaluation Program NTEP. http://www.ntep.org/
12- Bates L.S., Woldren R.P., and Teare I.D. 1973. Rapid determination of free proline for water stress studies. Plant and Soil, 39: 205-207.
13- Beard J.B. 1973. Turfgrass Science and Culture. Prentice-Hall, Inc, Englewood Cliffs, New Jersey, USA.
14- Bonos S.A., and Murphy J.A. 1999. Growth responses and performance of Kentucky bluegrass under summer stress. Crop Science, 39 (3): 770-774
15- Blum A., and Ebercon A. 1981. Cell membrane stability as a measure of ought and heat tolerance in wheat. Crop Science, 21: 43-47.
16- Cherki G.H., Foursy A., and Fares K. 2002. Effects of salt stress on growth inorganic ions and proline accumulation in relation to osmotic adjustment in five sugar beet cultivars. Environmental and experimental Botany, 47: 39-50.
17- Cornic G. 2000. Drought stress inhibits photosynthesis by decreasing stomatal aperture–not by affecting ATP synthesis. Trends in Plant Science, 5 (5): 187-188.
18- Daniel G.O., Loren S.T.J., and Jensen K. 2001. Crested wheatgrass (*Agropyron cristatum*) and *Agropyron desertorum* accessions. Canadian Journal of Plant Science, 70: 707-716.
19- 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.
20- Gindaba J., Rozanov A., and Negash L. 2005. Photosynthetic gas exchange, growth and biomass allocation of two *Eucalyptus* and three indigenous tree species of Ethiopia under moisture deficit. Forest Ecology and Management, 205: 127-138.
21- Goodfellow S., and Barkham J. P. 1974. Spectral transmission curves for a beech (*Fagus sylvatica* L.) canopy. Acta Botany Neerl, 23: 225–230.
22- Huang B., and Gao H. 1999. Physiological responses of diverse tall fescue cultivars to drought stresses. HortScience, 34 (5): 897-901.
23- Jiang Y., and Huang B. 2001. Drought and heat stress injury to two cool-season turfgrasses in relation to antioxidant metabolism and lipid peroxidation. Crop Science, 41 (2): 436-442.
24- Koski J., Qian Y., Hughes H.G., Christensen D.K., Reid S., Cuany R.L., and Wilhelm S.J. 1999. Alternative grasses for western U. S. lawns. Agronomy Abstract, 91: 137.
25- Ludlow M.M. 1989. Strategies in response to water stress. p. 269-281. In: H. K. Kreeb et al. (eds.). Structural and Functional Response to Environmental Stress: Water Shortage. SPB Academic Press, The Netherlands.
26- Maggio A., Miyazaki S., Veronese P., Fujita T., Ibeas J.I., Damsz B., Narasimhan M.L., Hasegawa P. M., Joly R. J., and Bressan R. A. 2002. Does proline accumulation play an active role in stress-induced growth reduction? Plant Journal, 31(6):699-712.
27- Mahajan S., and Tuteja N. 2005. Cold, salinity and drought stress: an overview. Archives of Biochemistry and Biophysics, 444: 139-158.
28- Perdomo P., Murphy J.A., and Berkowitz G.A. 1996. Physiological changes associated with performance of Kentucky bluegrass cultivars during summer stress. HortScience, 31 (7): 1182-1186
29- Pessarakli M. 2008. Hand Book of Turfgrass Management and Physiology. CRC Press, Boca Raton, Florida.
30- Qian Y.L., Fry J.D., and Upham W.S. 1997. Rooting and drought avoidance of warm-season turfgrasses and tall fescue in Kansas. Crop Science, 37 (3): 905-910.
31- Ratnayaka H.H., and Kincaid D. 2005. Gas exchange and leaf ultrastructure of Tinnevelly senna, *Cassia angustifolia*, under drought and nitrogen stress. Crop Science, 45: 840-847.
32- Saneoka H., Moghaieb R.E.A., Premachandra G.S., and Fujita K. 2004. Nitrogen nutrition and water stress effects on cell membrane stability and leaf water relations in *Agrostis palustris* Huds. Environmental and Experimental Botany, 52 (2): 131-138.
33- Taiz L., and Zeiger E. 1998. Plant Physiology. Sinauer Associates, Inc, Sunderland, Massachusetts.
34- Turkan I., Bor M., Ozdemir F., and Koca H. 2005. Differential response of lipid peroxidation and antioxidant in the leaves of drought tolerance (*P. acutifolius* Gray) and drought sensitive (*P. vulgaris* L.) subjected to polyethylene glycol mediated water stress. Plant Science, 168: 223-231.
35- Wang F., Zeng B., Sun Z., and Zhu C. 2009. Relationship between proline and Hg^{+2}-induced oxidative stress in tolerant rice mutant. Archives of Environmental Contamination and Toxicology, 56 (4): 723-731.