[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-01]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1394.5.17.5.8]

[DOI: 10.18869/acadpub.jcpp.5.17.59]

تأثیر ترینگزاپک اتیل بر صفات مورفولوژیکی و فیزیولوژیکی چمن فستوکای پابلند رقم ربل در شرایط قطع آبیاری

محمد حسین شیخ محمدی[۱]، نعمت الله اعتمادی[۲*] و علی نیکبخت[۳]

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۱/۹/۶ ؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۲/۶/۲)

چکیده

خشکی یکی از مهم‌ترین عوامل محدود کننده رشد و نمو گیاهان محسوب می‌شود. تنظیم کنندهٔ ترینگزاپک اتیل ممکن است از طریق کاهش رشد ساقه و تنظیم اسمزی موجب بهبود مقاومت به تنش خشکی گردد. هدف از این آزمایش بررسی تأثیر ترینگزاپک اتیل بر برخی صفات ظاهری و فیزیولوژیکی چمن فستوکای پابلند رقم ربل در شرایط قطع آبیاری بود. بدین منظور آزمایشی به‌صورت فاکتوریل بر پایهٔ طرح کاملاً تصادفی در سه تکرار در سال ۱۳۹۱ - ۱۳۹۰ در گلخانه‌های تحقیقاتی دانشگاه صنعتی اصفهان به اجرا درآمد. تیمارها شامل سه سطح تنظیم کنندهٔ ترینگزاپک اتیل (صفر، ۲۵۰ و ۵۰۰ گرم در هکتار) و دو سطح تنش خشکی (آبیاری و قطع آبیاری) بودند. فاکتورهای رنگ برگ، عرض برگ، ارتفاع برگ، مقدار آب نسبی، نشت الکترولیت، پرولین، وزن تر و خشک اندام هوایی، عمق نفوذ و عمق مؤثر تراکم ریشه مورد بررسی قرار گرفتند. نتایج نشان داد مصرف ترینگزاپک اتیل و خشکی موجب کاهش شدید ارتفاع، وزن تر و خشک اندام هوایی شد. غلظت‌های ۲۵۰ و ۵۰۰ گرم در هکتار ترینگزاپک اتیل ارتفاع بوته را به‌ترتیب ۱۹/۴۸ و ۲۲/۲۴ درصد کاهش داد. ترینگزاپک اتیل برخلاف تنش خشکی رنگ فستوکا را در سطوح ۲۵۰ و ۵۰۰ گرم در هکتار به‌ترتیب ۱۱/۶۲و ۱۳/۰۸ درصد افزایش داد. هم‌چنین ترینگزاپک اتیل محتوای آب نسبی را افزایش و نشت الکترولیت را کاهش داد ولی اثر معنی‌دار بر میزان پرولین نداشت. تنش خشکی به‌صورت معنی‌داری محتوای آب نسبی را کاهش و پرولین و نشت الکترولیت را افزایش داد. استفاده از ترینگزاپک اتیل تأثیر معنی‌داری بر خصوصیات ریشه نشان نداد ولی عمق نفوذ و عمق مؤثر تراکم در شرایط تنش افزایش یافت. سطوح ۲۵۰ و ۵۰۰ گرم در هکتار ترینگزاپک اتیل تنها در صفت محتوی آب نسبی از خود اختلاف معنی‌دار نشان دادند و در سایر صفات اختلاف معنی‌دار نبود. در پایان مشخص شد فستوکای پابلند رقم ربل، چمنی مقاوم به خشکی بوده و ترینگزاپک اتیل می‌تواند مقاومتش به تنش خشکی را افزایش دهد.

واژه‌های کلیدی: ترینگزاپک اتیل، تنش خشکی، فستوکا، ارتفاع

۱، ۲ و ۳. به‌ترتیب دانشجوی کارشناسی ارشد، دانشیار و استادیار گروه باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان

*. مسئول مکاتبات، پست الکترونیکی: etemadin@cc.iut.ac.ir

مقدمه

تنش خشکی عمده‌ترین تنش غیر زیستی محدود کننده‌ی رشد در مناطق خشک و نیمه خشک می‌باشد (۲۸). چمن به‌عنوان مهم‌ترین گیاه پوششی در شهرها نیازمند مصرف حجم فراوان آب ابیاری است و از آنجایی که در بسیاری از مناطق ایران منابع آب دچار محدودیت هستند (۱۵)، در نتیجه ضروری است برنامه حفظ آب به‌منظور به حداقل رساندن آب مصرفی برای مناظر شهری به کار گرفته شود. بهبود مقاومت به خشکی ممکن است از طریق انتخاب گونه‌ها و ارقام مقاوم، یا استفاده از تنظیم کننده‌های رشد به‌دست آید (۴۰).

چای و همکاران (۹) در آزمایشی به بررسی رفتارهای فیزیولوژیکی دوگونه *Lolium perenne* و *Poa pratensis* برای بقا در شرایط خشکی پرداختند. در طول ۲۰ روز تنش خشکی چمن *Poa pratensis* کیفیت بالاتر، کارایی فتوشیمیایی بیشتر و نشت الکترولیتی کمتری را نسبت به *Lolium perenne* از خود نشان داد. دلیل مقاوم‌تر بودن *Poa pratensis* نسبت به *Lolium perenne* در شرایط خشکی، تنظیم اسمزی، خاصیت ارتجاع‌پذیری دیواره‌ی سلولی و استحکام غشاء سلول آن بیان شد که نقش مهمی را در مقاومت به خشکی برگ‌ها و پایداریشان در شرایط خشکی ایفا می‌کند. کاناپکاس و همکاران (۲۴) در آزمایشی ۱۲۰ ژنوتیپ از ۹ گونه چمن را تحت تنش خشکی قرار دادند. اثر خشکی روی چمن‌های فوق متفاوت بود، به‌طورکلی بعد از ۷۵ روز خشکی چمن‌ها زیبایی خود را از دست دادند که از ۸۵ درصد در چمن *Festuca ovina* تا ۸۳/۳ درصد در چمن *Deschampsia caespitosa* متفاوت بود و در نهایت بیشترین مقاومت مربوط به *Festuca ovina* بود.

تنظیم کننده‌های رشد گیاهی از جمله کند کننده‌های رشد به‌طور گسترده در مدیریت چمن به‌منظور کاهش رشد ساقه و گل آذین استفاده می‌شود (۳۹). در تحقیقات قبلی گزارش شده است گیاهانی با رشد کندتر در شرایط تنش خشکی عمر طولانی‌تری نسبت به گیاهان با رشد سریع دارند (۲۷ و ۳۷). رشد آهسته ممکن است اثر منفی خشکسالی را با حفظ آب کاهش دهد به‌طوری‌که گیاهان می‌توانند از آب محدود برای زنده ماندن به مدتی طولانی استفاده کنند (۲۵). تنظیم کننده‌ی رشد ترینگزاپک اتیل به شکل عمومی برای کاهش ارتفاع و تعداد دفعات سرزنی مورد استفاده قرار می‌گیرد (۲۹). این ماده در سنتز اسید جیبرلیک دخالت کرده و از تبدیل جیبرلین ۲۰ به جیبرلین ۱ جلوگیری می‌کند، هم‌چنین مانع فعالیت آنزیم ۳ بتا هیدروکسیلاز می‌شود در نتیجه باعث کاهش ارتفاع بوته می‌گردد (۲۶) و نیز فعالیت‌های فتوشیمیایی را افزایش داده (۴۵) و هیچ تأثیر منفی روی طول ریشه نمی‌گذارد (۱۷). کاهش در رشد عمومی ساقه ممکن است تقاضا برای آب را کاهش دهد و نیاز به آب در شرایط تنش خشکی کاهش پیدا کند. سال‌های اخیر در مطالعات گسترده‌ای گزارش شده است که ترینگزاپک اتیل موجب افزایش تحمل به تنش‌های محیطی در چمن می‌گردد، از جمله می‌توان به تنش شوری در برموداگراس (*Cynodon dactylon (L.) Pers*) (۲)، تنش گرمایی در کنتاکی بلوگراس (*Poa pratensis* L.) (۲۰)، تنش خشکی در رای گراس چند ساله (*Lolium perenne* L.) (۲۳) و تنش هم‌زمان خشکی و گرما در بنت گراس خزنده (*Agrostis palustris*) (۳۳) اشاره نمود. اروین و کوشکی (۱۳) گزارش کردند کاربرد ترینگزاپک اتیل موجب کاهش نرخ تبخیر و تعرق (ET) و کاهش سرزنی در کنتاکی بلوگراس می‌گردد. با این حال مکانسیم ترینگزاپک تیل در بهبود مقاومت به تنش خشکی به‌خوبی درک نشده است. هدف از این تحقیق بررسی تأثیر ترینگزاپک اتیل بر برخی صفات ظاهری و فیزیولوژیکی چمن فستوکای پابلند رقم ربل در شرایط قطع آبیاری می‌باشد.

مواد و روش‌ها

این پژوهش طی سال‌های ۱۳۹۱ - ۱۳۹۰ در گلخانه‌های گروه علوم باغبانی دانشکده کشاورزی دانشگاه صنعتی اصفهان بر روی رقم ربل فستوکای پابلند انجام شد. قبل از شروع آزمایش از عمق صفر تا ۳۰ سانتی‌متری خاک محل ازمایش نمونه‌گیری گردید و برخی از خصوصیات خاک اندازه‌گیری شد، خاک

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-01]
[DOR: 20.1001.1.22518517.1394.5.17.5.8]
[DOI: 10.18869/acadpub.jcpp.5.17.59]

محل آزمایش دارای بافت لومی رسی، EC=۴/۱ dS/m، pH= ۷/۴ و مقدار ماده آلی ۰/۶ درصد بود. آزمایش به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح پایه‌ی بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار انجام شد. منطقه‌ی آزمایش دارای میانگین دمای ۱۶/۵درجه سانتی‌گراد و میانگین رطوبت نسبی ۲۰/۱ درصد بود. تیمارها شامل سه سطح تنظیم کننده‌ی رشد ترینگزاپک اتیل (Primo Maxx; Syngenta, Wilmington, DE) و دو سطح تنش خشکی بودند. بعد از سبز شدن و استقرار کامل چمن‌ها، محلول ترینگزاپک اتیل (۴- سیکلوپروپیل- الف- هیدروکسی- متیلن -۳، ۵ - دی اکسی - اوسیکلو هگزان کربوکسیلیک اسید اتیل استر) در غلظت‌های صفر،۲۵۰ و ۵۰۰ گرم در هکتار ماده مؤثره، به‌صورت سه هفته یک‌بار تا پایان دوره آزمایش بر روی چمن‌هایی که روز قبل از اعمال تیمار در ارتفاع ۴ سانتی‌متری سرزنی شده بودند، به‌صورت محلول‌پاشی بر روی برگ‌ها پاشش شد (برای اطمینان از پاشش یکنواخت بر روی برگ‌ها، محلول ترینگزاپک اتیل در محفظه‌ی اسپری کننده با نازل پخش یکنواخت ریخته شد و حدود ۲ لیتر برای هر تیمار در هر بار پاشش اسپری شد) (۴). ترینگزاپک اتیل به کمک سم‌پاش کوله پشتی (Spraying Systems Co., Wheaton, IL) با فشار ۲۰۰ کیلوپاسکال و حجم پاشش ۰/۲ لیتر در مترمربع مورد استفاده قرار گرفت. اعمال تنش خشکی در این آزمایش پس از استقرار کامل گیاهان، با قطع کامل آبیاری صورت گرفت (۱۶). ابعاد کرت‌های ازمایش ۳ × ۲ مترمربع بود . به‌منظور تعیین میزان بذر مصرفی در هر کرت، قوه‌ی نامیه‌ی بذور (براساس درصد جوانه زنی) و وزن هزار دانه بررسی شد. بذر فستوکای پابلند رقم ربل با وزن هزار دانه‌ی ۲/۸ گرم و درصد جوانه‌زنی ۹۰ درصد به میزان ۲۵ گرم در مترمربع استفاده گردید (۱۵۰ گرم بذر در هر کرت ۶ مترمربعی). در این مطالعه برای تعیین رنگ از امتیازدهی بصری توسط ارزیاب با تجربه براساس مقیاس ۱ تا ۹ استفاده شد. درارزیابی مذکور که براساس دستورالعمل NTEP صورت گرفت، امتیاز ۹ به رنگ سبز تیره چمن و امتیاز ۱ به رنگ زرد چمن اختصاص داده شد (۳۵). ارتفاع بوته، وزن تر و خشک برگ به‌صورت هفتگی مورد ارزیابی قرار گرفت. برای تعیین ارتفاع در هر کرت از ده نقطه‌ی تصادفی با استفاده از خط‌کش با دقت یک میلی‌متر اندازه‌گیری شد و سپس میانگین آنها محاسبه گردید، جهت اندازه‌گیری وزن تر، سطح یک مترمربع از هر واحد آزمایشی توسط ماشین چمن‌زنی از ارتفاع ۴ سانتی‌متری کوتاه و جمع‌آوری گردید و سپس روی ترازوی دیجیتال با دقت یک میلی‌گرم توزین شد و در پاکت‌های کاغذی قرار گرفت، سپس در آون با دمای تقریبی ۷۵ درجه سانتی‌گراد به‌مدت ۴۸ ساعت خشکانده شد و در نهایت وزن خشک نمونه‌ها اندازه‌گیری گردید. محتوی نسبی آب، پرولین و نشت الکترولیت به‌ترتیب طبق دستورالعمل بارز و درلی (۳)، بیتز و همکاران (۱) و بلوم و ابرکون (۷) و مارکوم (۳۲) اندازه‌گیری شد. صفات مربوط به ریشه شامل عمق نفوذ ریشه و عمق مؤثر تراکم ریشه مورد ارزیابی قرار گرفت. در پایان آزمایش ریشه‌ها پس از خارج شدن از گلدان شستشو شدند. سپس توسط خط‌کش با دقت ۱ میلی‌متر عمق نفوذ ریشه (پایین‌ترین عمقی که ریشه در آن توانسته بود قرار بگیرد) و عمق مؤثر تراکم ریشه (عمقی که بیشترین تراکم ریشه در آن واقع شده و پایین‌تر از آن به شکل معنی‌داری حجم ریشه کاهش می‌یابد) اندازه‌گیری گردید (۴۲). در پایان داده‌ها پس از وارد شدن در نرم افزار اکسل (نسخه ۲۰۱۰) با استفاده از نرم افزار SAS (نسخه ۹/۱) تجزیه واریانس شدند و برای مقایسه‌ی میانگین‌ها از آزمون حداقل تفاوت معنی‌دار (LSD) و برای رسم نمودارها از نرم افزار Excel استفاده شد.

نتایج و بحث

رنگ

اثر تنظیم کننده رشد و تنش خشکی بر روی رنگ فستوکا در جدول ۱ ارائه شده است. ترینگزاپک اتیل و تنش خشکی در سطح یک درصد دارای اثر معنی‌دار روی رنگ فستوکا بود. مقایسه میانگین (جدول ۲) اثر معنی‌دار ترینگزاپک اتیل را روی فستوکا نشان می‌دهد، بیشترین رنگ در غلظت ۵۰۰ گرم در

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-01]
[DOR: 20.1001.1.22518517.1394.5.17.5.8]
[DOI: 10.18869/acadpub.jcpp.5.17.59]

[DOI: 10.18869/acadpub.jcpp.5.17.59] [DOR: 20.1001.1.22518517.1394.5.17.5.8] [Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-01]

جدول ۱. تجزیه واریانس تأثیر ترینگزاپک اتیل بر برخی صفات مورفولوژیکی و فیزیولوژیکی چمن فستوکای پا بلند رقم ربل در شرایط قطع آبیاری

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات									
		رنگ	بافت	ارتفاع برگ	مقدار آب نسبی	نشت الکترولیت	پرولین	وزن تر اندام هوایی	وزن خشک اندام هوایی	عمق نفوذ ریشه	عمق مؤثر تراکم ریشه
خشکی	۱	۲۴/۲۶**	۰/۳۸**	۴/۲۶**	۲۰۸۲/۰۶**	۷۵۶/۰۸**	۳۶۰۲/۸۷**	۵۱/۰۳**	۱۴/۹*	۹۴۵/۹**	۷۵/۰۷**
ترینگزاپک اتیل	۲	۱/۴۶**	۰/۰۲^{ns}	۳/۳۳**	۱۶۱/۵**	۱۷/۶۴^{ns}	۱۲/۹^{ns}	۴۵/۹۳**	۳۸/۸۵*	۹/۰۳^{ns}	۲/۰۷^{ns}
ترینگزاپک اتیل × خشکی	۲	۰/۰۲^{ns}	۰/۰۰۱^{ns}	۰/۲۱^{ns}	۶۶/۹۵^{ns}	۸/۶۲^{ns}	۸/۹^{ns}	۴/۸۲^{ns}	۰/۸۶^{ns}	۱/۷۶^{ns}	۲/۲۳^{ns}
خطا	۱۲	۰/۱	۰/۰۴	۰/۰۶	۶/۷۶	۶/۰۶	۸/۹۶	۴/۴۶	۴/۱۱	۴/۴۷	۲/۴۷
C.V %		۴/۳۱	۹/۰۵	۴/۹۵	۳/۱۴	۱۶/۹۴	۱۳/۶۴	۱۷/۱۹	۱۹/۹۷	۷/۶۱	۷/۸۵

*،**: معنی‌دار در سطح پنج و یک درصد، ns : عدم اختلاف معنی‌دار

هکتار (۷/۷۸) و کمترین در تیمار شاهد (۶/۸۸) مشاهده شد. مک کلوف و همکاران (۳۴) گزارش کردند کاربرد ترینگزاپک اتیل بر روی برموداگراس (*Cynodon dactylon*) موجب تیره‌تر شدن این چمن نسبت به شاهد شد، به‌طوری‌که بعد از کاربرد دوم ترینگزاپک اتیل رنگ برموادگراس ۶ تا ۱۰ درصد افزایش یافت. میزان رنگ در پایان آزمایش تحت تأثیر تنش خشکی به شدت کاهش پیدا کرد (جدول ۳). بررسی تغییرات چمن آبی کنتاکی(*Poa pratensis* L.) نسبت به تنش خشکی توسط وانگ و هوانگ (۴۱) نشان داد، این چمن در شرایط تنش خشکی کاهش رنگ پیدا کرد که میزان کاهش رنگ در نمونه‌های حساس به خشکی زودتر اتفاق افتاد. ژیانگ و فرای (۲۲) گزارش کردند تیمار ترینگزاپک اتیل موجب بهبود رنگ چمن رای‌گراس در شرایط تنش خشکی می‌گردد، دلیل این امر افزایش تراکم سلول‌های مزوفیل برگ وغلظت کلروفیل ناشی از کاربرد ترینگزاپک اتیل می باشد (۱۴).

بافت برگ (عرض برگ)

نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها (جدول ۱) نشان داد که اثر ترینگزاپک اتیل بر روی عرض برگ چمن معنی‌دار نبوده است درحالی‌که تیمار خشکی تأثیر معنی‌داری بر روی عرض برگ چمن داشت. مقایسه‌ی میانگین اثر ترینگزاپک اتیل نشان داد (جدول ۲)، این تنظیم کننده موجب بهبود بافت چمن نسبت به شاهد گردید، ولی این افزایش معنی‌دار نبود، هم‌چنین نتایج نشان داد که تیمار خشکی عرض برگ فستوکا را کاهش می‌دهد که با شاهد دارای اختلاف معنی‌داری است (جدول ۳). بسلی و برانهام (۴) گزارش کردند ترینگزاپک اتیل باعث افزایش در عرض برگ چمن آبی کنتاکی (*Poa pratensis* L.) می‌گردد، افزایش عرض برگ در اثر کاربرد ترینگزاپک اتیل احتمالاً به‌خاطر کاهش طویل شدن سلولی و افزایش عرض سلول‌های برگ می‌باشد (۱۸). بورل و همکاران (۸) گزارش کردند بیشترین تغییرات در سطح برگ‌ها در شرایط تنش خشکی مربوط به تغییرات طولی برگ می‌باشد و تغییر در میزان عرض برگ سهم کمتری از تغییرات برگ را به خود اختصاص می‌دهد، کاهش عرض برگ تحت تنش خشکی به‌دلیل کم شدن میزان تقسیم سلولی می‌باشد (۱۱).

ارتفاع برگ

سطوح ترینگزاپک اتیل و خشکی اثر معنی‌داری در سطح یک درصد بر ارتفاع برگ چمن فستوکا داشت (جدول ۱). با مقایسه‌ی میانگین بین اثرهای اصلی مشخص شد، با افزایش در غلظت ترینگزاپک اتیل، میزان ارتفاع برگ کاهش یافت به‌طوری‌که در شاهد بیشترین ارتفاع (۶/۱۶ سانتی‌متر) و این مقدار در غلظت ۵۰۰ گرم در هکتار کمترین (۴/۷۹ سانتی‌متر) بود که با نتایج مکان و هونگ (۳۳)، مارکوم و ژیانگ (۳۱) و اروین و کوشکی (۱۲) مطابقت دارد. هم‌چنین نتایج نشان داد که تنش خشکی نیز باعث کاهش معنی‌دار ارتفاع برگ چمن نسبت به شاهد می‌گردد به‌نحوی‌که ارتفاع ۱۶/۷۱ درصد نسبت به شاهد کاهش پیدا کرد (جدول ۳). در بررسی مقاومت به خشکی چمن آبی (*Poa pratensis* L.) و فستوکای پابلند (*Festuca arundinacea* L.) توسط فو و هوانگ (۱۹) مشخص شد، خشکیدگی سطحی تأثیر چندانی در ارتفاع اندام هوایی نداشته است، درصورتی‌که خشکیدگی کامل ارتفاع چمن را در هر دو گونه به شکل معنی‌داری کاهش داد. بیان و همکاران (۵) اثر ترینگزاپک اتیل بر مقاومت به تنش خشکی کریپینگ بنت گراس را بررسی کردند، نتایج نشان داد این تنظیم کننده با کاهش رشد و ارتفاع موجب کاهش تبخیر و تعرق و افزایش مقاومت به خشکی در این گونه شده است.

محتوای آب نسبی برگ

سطوح ترینگزاپک اتیل اثر معنی‌داری بر مقدار نسبی آب برگ چمن فستوکا داشت (جدول ۱). با مقایسه‌ی میانگین بین اثرهای اصلی مشخص شد، با افزایش در غلظت ترینگزاپک اتیل، محتوای آب نسبی برگ افزایش یافته به‌طوری‌که در تیمار شاهد کمترین مقدار (۷۷/۰۳ درصد) دیده شد و این مقدار در غلظت ۵۰۰ گرم در هکتار بیشترین میزان (۸۷/۱۹ درصد) بود (جدول ۲). ترینگزاپک اتیل در شرایط آبیاری اثر معنی‌داری

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-01]
[DOR: 20.1001.1.22518517.1394.5.17.5.8]
[DOI: 10.18869/acadpub.jcpp.5.17.59]

[DOI: 10.18869/acadpub.jcpp.5.17.59] [DOR: 20.1001.1.22518517.1394.5.17.5.8] [Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-01]

جدول ۲. تأثیر ترینگزاپک اتیل بر برخی صفات ظاهری و فیزیولوژیکی چمن فستوکای پا بلند رقم ربل

تیمارهای آزمایشی	رنگ (۹-۱)	بافت (cm)	ارتفاع برگ (cm)	مقدار آب نسبی (٪)	نشت الکترولیت (٪)	پرولین ($\mu mol.g^{-1}$ FW)	وزن تر اندام هوایی(g)	وزن خشک اندام هوایی (g)	عمق نفوذ ریشه (cm)	عمق مؤثر تراکم ریشه (cm)
شاهد	۶/۸۸^{b}	۲/۱۵^{a}	۶/۱۶^{a}	۷۷/۰۳^{c}	۱۶/۵۱^{a}	۲۰/۲۸^{a}	۱۵/۳۹^{a}	۱۲/۹۷^{a}	۲۷/۴۷^{a}	۱۹/۷۹^{a}
غلظت ۰/۲۵ کیلوگرم در هکتار	۷/۶۸^{a}	۲/۲^{a}	۴/۹۶^{b}	۸۳/۹۱^{b}	۱۳/۵۸^{a}	۲۲/۴۸^{a}	۱۱/۳۷^{b}	۹/۴۶^{b}	۲۶/۷۱^{a}	۱۹/۶۳^{a}
غلظت ۰/۵ کیلوگرم در هکتار	۷/۷۸^{a}	۲/۲۷^{a}	۴/۷۹^{b}	۸۷/۱۹^{a}	۱۳/۵^{a}	۲۳/۰۶^{a}	۱۰/۰۹^{b}	۸/۰۲^{b}	۲/۱۱^{a}	۲۰/۷۲^{a}

در هر ستون میانگین‌هایی که حداقل دارای یک حرف مشترک باشند براساس آزمون LSD در سطح ۵ درصد اختلاف معنی‌داری ندارند.

جدول ۳. تأثیر تنش خشکی بر برخی صفات مورفولوژیکی و فیزیولوژیکی چمن فستوکای پا بلند رقم ربل

تیمارهای آزمایشی	رنگ (۹-۱)	بافت (cm)	ارتفاع برگ (cm)	مقدار آب نسبی (٪)	نشت الکترولیت (٪)	پرولین ($\mu mol.g^{-1}$ FW)	وزن تر اندام هوایی (g)	وزن خشک اندام هوایی (g)	عمق نفوذ ریشه (cm)	عمق مؤثر تراکم ریشه (cm)
آبیاری	۸/۶۱^{a}	۲/۳۵^{a}	۵/۷۹^{a}	۹۳/۴۶^{a}	۸/۰۵^{b}	۷/۷۹^{b}	۱۳/۹۷^{a}	۱۱/۰۶^{a}	۲۰/۵۲^{b}	۱۸^{b}
قطع آبیاری	۶/۲۸^{b}	۲/۰۶^{b}	۴/۸۲^{b}	۷۱/۹۵^{b}	۲۱/۰۱^{a}	۳۶/۰۸^{a}	۱۰/۶^{b}	۹/۲۴^{a}	۳۵/۰۲^{a}	۲۲/۰۹^{a}

در هر ستون میانگین‌هایی که حداقل دارای یک حرف مشترک باشند براساس آزمون LSD در سطح ۵ درصد اختلاف معنی‌داری ندارند.

بـر روی محتـوی آب نسـبی از خـود نشـان نـداد، ولـی ایـن تنظیم کننده تحت تنش خشکی در غلظت‌های ۲۵۰ و ۵۰۰ گرم در هکتار به شکلی معنـی‌دار، محتـوی آب نسـبی را بـه‌ترتیـب ۱۸/۲۴ و ۲۶/۶۴ درصد افزایش داد (شکل ۱). هم‌چنـین نتـایج نشان داد که تنش خشکی باعث کاهش محتوی آب نسبی برگ چمن نسبت به شاهد گردید (جدول ۳). کاهش مقدار آب نسبی بـرگ در شـرایط تـنش خشـکی در مطالعـات زیـادی تأییـد شده است. چای و همکارن (۹) گزارش کردنـد تـنش خشـکی محتوی آب نسبی دو گونه‌ی چمن آبـی و چمـن چـاوداری را به‌ترتیب ۲۶/۱ درصد و ۲۵/۷ درصـد کـاهش داد. نتـایج لیـو و همکاران (۳۰) نشان داد، محتوی آب نسـبی کنتـاکی بلـوگراس (*Poa pratensis* L.) در شرایط تنش خشکی بین ۲۸/۸ درصـد تـا ۴۷/۶ درصـد کـاهش پیـدا کـرد. زو و هوانـگ (۴۳) تـأثیر ترینگزاپک اتیل بر روی کنتاکی بلـوگراس (*Poa pratensis* L.) تحت تنش خشکی بررسی کردند و در پایان مشخص شد ایـن تنظـیم کننـده موجـب افـزایش محتـوی آب نسـبی در شـرایط خشکی می‌گردد که با نتایج این آزمایش مطابقت دارد.

نشت الکترولیت

نتایج نشان داد سطوح ترینگزاپک اتیل اثر معنی‌داری بـر نشـت الکترولیت چمن فستوکا نداشت (جدول ۱) ولـی باعـث بهبـود این صفت در شرایط تنش خشکی شد (شـکل ۱)، بـا افـزایش غلظت ترینگزاپک اتیل، نشـت الکترولیـت کـاهش پیـدا کـرد، به‌طوری‌که بیشترین نشت الکترولیت در شاهد (۱۶/۵۱ درصـد) و کمتـرین نشـت الکترولیـت در غلظـت ۵۰۰ گـرم در هکتـار (۱۳/۵ درصـد) بـود (جـدول ۲). ترینگزاپـک اتیـل در شـرایط آبیاری اثر معنی‌داری بر روی نشت الکترولیت فسـتوکا از خـود نشان نـداد، ولـی ایـن تنظـیم کننـده تحـت تـنش خشـکی در غلظت‌های ۲۵۰ و ۵۰۰ گرم در هکتار به شکلی معنی‌دار، نشت الکترولیت فستوکا را به‌ترتیـب ۲۴/۲۹ و ۲۷/۵۵ درصـد کـاهش داد (شکل ۲). تنش خشکی به شکلی معنی‌دار نشت الکترولیت را در فستوکا افزایش داد (جدول ۳). زو و هوانـگ (۴۴) تـأثیر ترینگزاپـک اتیـل و تـنش خشـکی را بـر روی چمـن کنتـاکی بلوگراس (*Poa pratensis* L.) بررسی کردند، در پایان مشخص شد تیمار خشکی موجب افزایش نشت الکترولیـت در کنتـاکی بلوگراس می‌گردد، هم‌چنین گیاهان تیمار شـده بـا ترینگزاپـک اتیل در شرایط تنش خشکی، نشت الکترولیتی کمتری نسبت به گیاهان شاهد داشتند، که با نتایج این تحقیق مطابقت دارد.

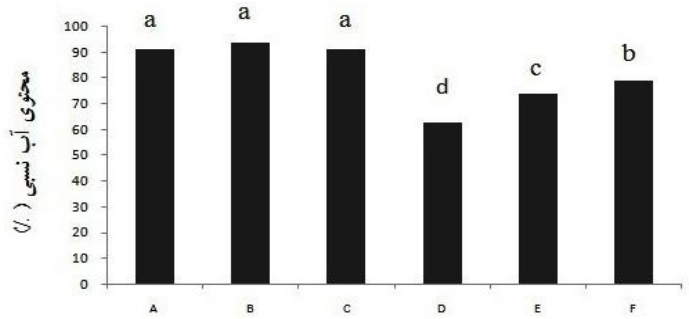
پرولین

سطوح ترینگزاپک اتیل اثر معنی‌داری بر پرولین چمن فسـتوکا نداشت (جدول ۱) ولی باعث بهبود این صفت در شرایط تنش خشکی شد. با مقایسه‌ی میانگین بین اثرهـای اصـلی مشـخص شد، با افزایش در غلظت ترینگزاپک اتیل، میزان پرولین افزایش یافت به‌طوری‌که در غلظت‌های صـفر گـرم در هکتـار کمتـرین مقدار پرولین (۲۰/۲۸ میکرومول برگرم وزن تر) دیده شد و این مقدار در غلظت ۵۰۰ گرم در هکتـار بیشـترین میـزان (۰۶/ ۲۳ میکرومول برگرم وزن تر) بود (جدول ۲). ترینگزاپـک اتیـل در شرایط آبیاری اثر معنی‌داری بـر روی پـرولین فسـتوکا از خـود نشان نـداد، ولـی ایـن تنظـیم کننـده تحـت تـنش خشـکی در غلظت‌هـای ۲۵۰ و ۵۰۰ گـرم در هکتـار بـه شـکلی معنـی‌دار، پرولین فستوکا را به‌ترتیـب ۸/۰۱ و ۱۳/۳۵ درصـد افـزایش داد (شکل ۳). هم‌چنین نتایج نشـان داد کـه تـنش خشـکی باعـث افزایش معنی‌دار پـرولین (۳۶/۰۸ میکرومـول بـرگـرم وزن تـر) نسبت به شاهد (۷/۷۹ میکرومول برگرم وزن تر) گردید (جدول ۳) که با نتایج داکوستا و هانگ (۱۰) و پدورال و همکاران (۳۶) مطابقت دارد. نتایج بیان و همکاران (۵) مشخص کـرد پـرولین در شرایط تنش خشکی در بنت گراس خزنده افزایش پیدا کرده و ترینگزاپک اتیل در شـرایط خشـکی موجـب بهبـود محتـوی پرولین در این چمن گردید ولـی ایـن تـأثیر معنـی‌دار نیسـت. تومـاس (۳۸) گـزارش کـرد میـزان پـرولین چمـن چـاوداری (*Lolium perenne* L.) در شرایط تـنش خشـکی افـزایش پیـدا می‌کند و چمن‌های مقاوم دارای پرولین بیشتری هستند.

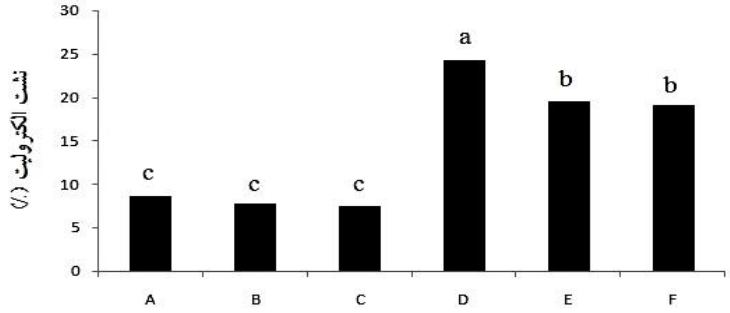
وزن تر و خشک

اثر تنظیم کننده‌ی رشد و تنش خشکی بر وزن تر و خشک اندام

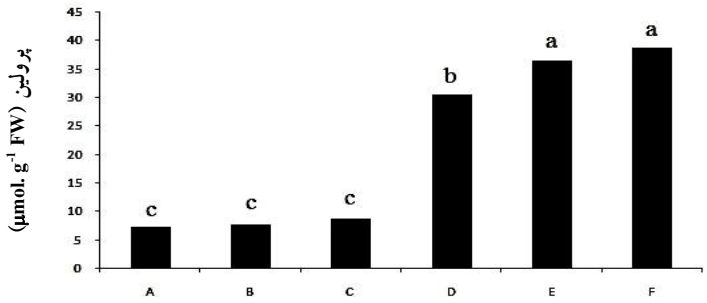
[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-01]
[DOR: 20.1001.1.22518517.1394.5.17.5.8]
[DOI: 10.18869/acadpub.jcpp.5.17.59]



شکل ۱. تأثیر ترینگزاپک اتیل و تنش خشکی بر روی محتوی آب نسبی فستوکا رقم ربل A = شاهد، B = آبیاری +۲۵۰ گرم در هکتار ترینگزاپک اتیل، C = آبیاری + ۵۰۰ گرم در هکتار ترینگزاپک اتیل D = خشکی، E = خشکی + ۲۵۰ گرم در هکتار ترینگزاپک اتیل، F= خشکی+ ۵۰۰ گرم در هکتار ترینگزاپک اتیل. ستون‌هایی با حداقل یک حرف مشترک، فاقد اختلاف معنی‌دار می‌باشند.



شکل ۲. تأثیر ترینگزاپک اتیل و تنش خشکی بر روی نشت الکترولیت در هکتار فستوکا رقم ربل A = شاهد، B = آبیاری + ۲۵۰ گرم در هکتار ترینگزاپک اتیل، C = آبیاری + ۵۰۰ گرم در هکتار ترینگزاپک اتیل D = خشکی، E = خشکی+ ۲۵۰ گرم در هکتار ترینگزاپک اتیل، F = خشکی + ۵۰۰ گرم در هکتار ترینگزاپک اتیل ستون‌هایی با حداقل یک حرف مشترک، فاقد اختلاف معنی‌دار می‌باشند.



شکل ۳. تأثیر ترینگزاپک اتیل و تنش خشکی بر روی پرولین فستوکا رقم ربل A = شاهد، B = آبیاری + ۲۵۰ گرم در هکتار ترینگزاپک اتیل، C = آبیاری + ۵۰۰ گرم در هکتار ترینگزاپک اتیل D = خشکی، E= خشکی + ۲۵۰ گرم در هکتار ترینگزاپک اتیل، F = خشکی + ۵۰۰ گرم در هکتار ترینگزاپک اتیل ستون‌هایی با حداقل یک حرف مشترک، فاقد اختلاف معنی‌دار می‌باشند.

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-01]
[DOR: 20.1001.1.22518517.1394.5.17.5.8]
[DOI: 10.18869/acadpub.jcpp.5.17.59]

هوایی فستوکا در جدول ۱ آمده است. ترینگزاپک اتیل در سطح یک درصد دارای تأثیر معنی‌داری بر روی این صفات بود (جدول ۲)، بیشترین وزن تر و خشک (۱۵/۳۹ گرم و ۱۲/۹۷ گرم) مربوط به تیمار شاهد و کمترین وزن تر و خشک (۱۰/۰۹ گرم و۸/۰۲ گرم) مربوط به غلظت ۵۰۰ گرم در هکتار بود، بین سطوح ۲۵۰ و ۵۰۰ گرم در هکتار اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد. تنش خشکی نیز در سطح یک و پنج درصد به‌ترتیب وزن تر و خشک اندام هوایی را کاهش داد (جدول ۲). ترینگزاپک اتیل از طریق ممانعت از سنتز جیبرلین مانع از طویل شدن اندام هوایی می‌گردد، در نتیجه موجب کاهش وزن تر و خشک می‌شود (۳۷). جانسون (۲۳) اثر ترینگزاپک اتیل بر روی رقم تیف وی برمودا‌گراس را بررسی کرد و در پایان مشخص شد این ماده وزن تر و خشک قسمت سرزنی شده را ۲۸ تا ۷۵ درصد کاهش داد. هوانگ و گو (۲۱) گزارش کردند وزن تر و خشک اندام هوایی در شرایط تنش خشکی کاهش پیدا می‌کند.

خصوصیات مربوط به ریشه

نتایج حاصل از تجزیه واریانس (جدول ۱) داده‌ها نشان داد که اثر ترینگزاپک اتیل بر روی عمق نفوذ ریشه و عمق مؤثر تراکم ریشه فستوکا معنی‌دار نبوده است، درحالی‌که تنش خشکی تأثیر معنی‌داری بر روی این خصوصیات چمن داشت. مقایسه‌ی میانگین اثر خشکی بر روی میزان عمق نفوذ و عمق مؤثر تراکم ریشه نشان می‌دهد (جدول ۳)، عمق نفوذ ۷۰/۵۲ درصد و عمق مؤثر تراکم ۲۲/۷۲ درصد نسبت به شاهد تحت تنش خشکی افزایش پیدا کرد (جدول ۳). نتایج هوانگ و گو (۲۱) نشان داد، فستوکای پابلند (*Fescue arundinacea*) در شرایط تنش خشکی، با افزایش عمق نفوذ ریشه‌های خود به جذب بهتر آب کمک می‌نماید. بیزلی و برانهام (۴) گزارش کردند تنظیم کننده‌ی ترینگزاپک اتیل بر خصوصیات ریشه چمن کنتاکی بلوگراس اثری معنی‌دار نداشته و موجب کاهش ریشه‌دهی و نفوذ ریشه نمی‌گردد. بینگ من و همکاران (۶) اثر ترینگزاپک اتیل بر چمن فرش کنتاکی بلوگراس را بررسی و گزارش کردند، این تنظیم‌کننده اثری معنی‌دار بر خصوصیات ریشه نداشته و موجب افزایش استحکام ریشه‌ها شده است.

نتیجه‌گیری

نتایج حاصل از این تحقیق مشخص کرد تنظیم کننده ترینگزاپک اتیل با افزایش پرولین، محتوی آب نسبی، رنگ و کاهش نشت الکترولیت و ارتفاع در شرایط تنش خشکی، آسیب‌های ناشی از تنش خشکی بر روی چمن را کاهش داده و موجب افزایش مقاومت به تنش خشکی در فستوکای پابلند رقم ربل گشته است. چمن فستوکای پابلند رقم ربل نیز مقاومت خوبی نسبت به تنش خشکی از خود نشان داد. نتایج نشان داد با توجه به نبود اختلاف معنی‌دار بین سطوح این تنظیم کننده، غلظت ۲۵۰ گرم در هکتار این ماده جهت افزایش مقاومت به تنش خشکی در فستوکا رقم ربل مناسب بوده است. هم‌چنین غلظت ۵۰۰ گرم در هکتار این تنظیم کننده جهت کاهش تعداد دفعات چمن‌زنی مناسب بود.

منابع مورد استفاده

1. Betes, L. S., R. P. Waldren and I. D. Teare. 1973. Rapid determination of free proline for water stress studies. *Plant and Soil* 39: 205-207.
2. Baldwin, C. M., H. B. Liu, L. B. McCarty, W. L. Bauerle and J. E. Toler. 2006. Effects of trinexapac-ethyl on the salinity tolerance of two ultradwarf bermudagrass cultivars. *HortScience 41*: 808–814.
3. Barrs, H. D and P. E. Weatherley. 1962. A re-examination of the relative turgidity technique for estimating water deficits in leaves. *Australian Journal of Biological Sciences* 15:413-428.
4. Beasley, J. S and B. E. Branham. 2007. Trinexapac-ethyl and paclobutrazol affect kentucky bluegrass single-leaf carbon exchange rates and plant growth. *Crop Science* 47: 132-138.
5. Bian, X., E. Merewitz and B. Huang. 2009. Effects of Trinexapac-ethyl on drought responses in creeping bentgrass

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-01]
[DOR: 20.1001.1.22518517.1394.5.17.5.8]
[DOI: 10.18869/acadpub.jcpp.5.17.59]

associated with water use and osmotic adjustment. *HortScience 134*: 505–510.
6. Bingaman, B. R., N. E. Christians and D. S. Gardner. 2001. Trinexapac-ethyl effects on rooting of kentucky bluegrass (*Poa pratensis*) sod. *International Turfgrass Society Research Journal* 9: 832–834.
7. Blum, A and A. Ebercon. 1981. Cell memberane stability as a measure of drought and heat tolerance in wheat. *Crop Science* 21:43-47.
8. Borrell, A. K., G. L. Hammer and R. G. Henzell. 2000. Does maintaining green leaf area in sorghum improve yield under drought .I. Leaf growth and senescence. *Crop Science* 40: 1026–1037.
9. Chai, Q., F. Jin, E. Merewitz and B. Huang. 2010. Growth and physiological traits associated with drought survival and post-drought recovery in perennial turfgrass species. *Journal of the American Society for Horticultural Science* 135: 125-133.
10. DaCosta, M. 2006. Physiological and Morphological Characteristics Associated with Drought Resistance Mechanisms in Bentgrass Species, Rutgers the State University of New Jersey - New Brunswick.
11. Ehrler, W. L and C. H. M. Van Bavel. 1967. Sorghum foliar responses to changes in soil water content. *Agron journal* 59: 243-246.
12. Ervin, E. H and A. J. Koski. 2001. Trinexapac-ethyl increases kentucky bluegrass leaf cell density and chlorophyll concentration. *HortScience* 36:787–789.
13. Ervin, E. H and A. J. Koski. 2001. Kentucky bluegrass growth responses to trinexapac-ethyl, traffic, and nitrogen. *Crop Science* 41:1871-1877.
14. Ervin, E. H., X. Zhang, S. D. Askew and J. M. Goatley. 2004. Trinexapac-ethyl, propiconazole, iron, and biostimulant. Effects on shaded. Creeping bentgrass, *Hort Technology* 14: 500-506
15. Etemadi, N. and H. Folladi. 2009. Turf Manegamant in Temperate Zone. One Printing. Academic Jahad Isfahan University of Technology. Isfahan. (In Farsi).
16. Etemadi, E., A. Khalighi, J. Razmjoo, H. Lessani and Z. Zamani. 2005. Drought resistance of selected bermudagrass (*Cynodon dactylon* (L.) Pers.) accessions. *International Journal of Agriculture and Biology* 7: 612-615.
17. Fagerness, M. J and F. H. Yelverton. 2001. Plant growth regulator and mowing height effects on seasonal root growth of penncross creeping bentgrass. *Crop Science* 41: 1901–1905.
18. Fan, G., X. Bian, H. Li, Z. Meng and S. Liu. 2009. Growth responses of kentucky bluegrass (*Poa pratensis* L.) to trinexapac-ethyl applied in spring and autumn. *Frontiers of Agriculture in China* 3: 186-189.
19. Fu, J and B. Huang. 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. Heckman, N. L., G. L. Horst, R. E. Gaussoin and L. J. Young. 2001. Heat tolerance of kentucky bluegrass as affected by trinexapac-ethyl. *HortScience* 36: 365–367.
21. Huang, B and H. Gao. 2000. Root physiological characteristics associated with drought resistance in tall fescue cultivars. *Crop Science* 40: 196-203.
22. Jiang, H. and J. Fry. 1998. Drought responses of perennial ryegrass treated with plant growth regulators. *HortScience* 33: 270–273.
23. Johnson, B. J. 1997. Growth of `Tifway' bermudagrass following application of nitrogen and iron with trinexapac-ethyl. *HortScience* 32: 241-242.
24. Kanapeckas, J., N. Lemežienė, V. Stukonis and P. Tarakanovas. 2008. Drought tolerance of turfgrass genetic resources. *Biologia* 54: 121–124.
25. Kang, M. S. 2002. Crop Improvement: Challenges in the Twenty-First Century. Food Products Press, New York.
26. King, R. W., G. F. W. Gocal and O. M. Heide. 1997. Regulation of leaf growth and flowering of cool season turf grasses. *Turfgrass Society Research Journal* 8: 565–573.
27. Kondoh, S., H. Yahata, T. Nakashizuka and M. Kondoh. 2006. Interspecific variation in vessel size, growth and drought tolerance of broad-leaved trees in semi-arid regions o Kenya. *Tree Physiology* 26: 899-904.
28. Korte, L. L., J. H. Williams, J. E. Specht and R. C. Sorence. 1983. Irrigation of soybean genotypes during reproductive ontogeny. II. Yield component responses. *Crop Science* 23: 528-533.
29. Lickfeldt, D. W., D. S. Gardner, B. E. Branham and T. B. Voigt. 2001. Implications of repeated trinexapac-ethyl applications on kentucky bluegrass. *Agronomy* 93: 1164–1168.
30. Liu, J., X. Xie, J. Du, J. Sun and X. Bai. 2008. Effects of simultaneousdrought and heatstress on kentucky bluegrass. *Scientia Horticulturae* 115: 190–195.
31. Marcum, K. B and H. Jiang. 1997. Effects of plant growth regulators on tall fescue rooting and water use. *Turfgrass Management* 2: 13–27.
32. Marcum, K. B. 1998. Cell memberane thermostability and whole-plant heat tolerance of kentucky bluegrass. *Crop Science* 38: 1214-1218.
33. McCann, S. E. and B. Huang. 2007. Effects of trinexapac-ethyl foliar application on creeping bentgrass responses to combined drought and heat stress. *Crop Science* 47: 2121–2128.

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-01]
[DOR: 20.1001.1.22518517.1394.5.17.5.8]
[DOI: 10.18869/acadpub.jcpp.5.17.59]

34. McCullough, P. E., H. Liu, L. B. McCarty, T. Whitwell and J. E. Toler. 2006. Bermudagrass putting green growth, color, and nutrient partitioning influenced by nitrogen and trinexapac-ethyl. *Crop Science* 46: 1515–1525.
35. Morris, K. N. 2002. A guide to NTEP turfgrass rating. *National Turfgrass Evaluation program* 11: 30-39.
36. Pedrol, N., P. Ramos and M. J. Riegosa. 2000. Phenotypic plasticity and acclimation to water deficits in velvet-grass: a long-term greenhouse experiment. Changes in leaf morphology, photosynthesis and stress-induced metabolites. *Plant Physiology* 157: 383-393.
37. Rademacher, W. 2000. Effects on gibberellin biosynthesis and other metabolic pathways. *Plant Biology* 51: 501-531.
38. Thomas, H. 1987. Physiological responses to drought of *Lolium perenne* L., measurement of, and genetic variation in, water potential, solute potential, elasticity and cell hydration. *Journal of Experimental Botany* 38: 115-125.
39. Turgeon, A. J. 1999. Turfgrass Management, Fifth Edition, Prentice-Hall Publishing Company, Upper Saddle River, New Jersey.
40. Vettakkorumakankav, N. N., D. Falk, P. Saxena and P. A. Fletcher. 1999. A crucial role for gibberellins in stress protection of plants. *Plant Cell Physiology* 40: 542–548.
41. Wang, Z., B. Huang and Q. Xu. 2003. Genotypic variation in abscisic acid accumulation, water relations, and gas exchange for kentucky bluegrass exposed to drought stress. *Hort Science* 128: 349-355.
42. 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. University of Nebraska -Lincoln.
43. Xu, C. and B. Huang. 2010. Effect of trinexapac-ethyl foliar application on grass leaf proteome under drought stress, *Turfgrass Establishment and Management* 131: 127-135.
44. Xu, C. and B. Huang. 2011. Proteins and metabolites regulated by trinexapac-ethyl in relation to drought tolerance in kentucky bluegrass. *Plant Growth Regulation* 31:25-37
45. Zhang, X. and R. E. Schmidt. 2000. Application of trinexapac-ethyl and propiconazole enhances superoxide dismutase and photochemical activity in creeping bentgrass. *HortScience* 125: 47–51.

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-01]
[DOR: 20.1001.1.22518517.1394.5.17.5.8]
[DOI: 10.18869/acadpub.jcpp.5.17.59]