نشریه علوم باغبانی (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۳۱، شماره ۱، بهار ۱۳۹۶، ص. ۲۴-۱۴
شاپا: ۴۷۳۰ - ۲۰۰۸

Journal of Horticultural Science
Vol. 31, No. 1, Spring 2017, P. 14-24
ISSN: 2008 - 4730

بررسی اثر ترینگزاپک‌اتیل بر افزایش مقاومت به تنش خشکی در چمن علف گندمی بیابانی (*Agropyron desertorum*)

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

تاریخ دریافت: ۱۳۹۲/۰۷/۰۲
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۵/۰۵/۰۳

چکیده

خشکسالی یکی از مهم ترین تنش‌های غیر زنده برای رشد چمن در سراسر دنیا می‌باشد. کاهش کیفیت چمن ناشی از تنش خشکی یکی از نگرانی‌های عمده در مدیریت چمن‌ها می‌باشد. یکی از روش‌هایی که باعث افزایش مقاومت به تنش‌های زیستی و غیر زیستی در گیاهان می‌گردد، استفاده از تنظیم کننده‌های رشد است. هدف از این مطالعه بررسی اثر تنظیم کننده ترینگزاپک‌اتیل بر افزایش مقاومت به تنش خشکی در چمن علف گندمی بیابانی می‌باشد. آزمایش به صورت فاکتوریل بر پایه‌ی طرح کاملاً تصادفی در سه تکرار به اجرا درآمد. تیمارها شامل سه سطح تنظیم کننده‌ی رشد ترینگزاپک‌اتیل (صفر، ۰/۲۵و ۰/۵ کیلوگرم در هکتار) و دو سطح تنش خشکی (آبیاری و قطع آبیاری) بود. نتایج نشان داد ترینگزاپک‌اتیل و خشکی به شکلی معنی‌دار موجب کاهش ارتفاع، وزن تر و خشک اندام هوایی گردیده است، ارتفاع در غلظت‌های ۰/۲۵ و ۰/۵ کیلوگرم درهکتار به ترتیب ۱۹/۲۰ و ۲۶/۹۰ درصد کاهش نشان داد. ترینگزاپک‌اتیل بر خلاف خشکی موجب بهبود کیفیت و عرض برگ شد. خشکی موجب کاهش معنی‌دار محتوی نسبی آب و کلروفیل، افزایش پرولین و نشت الکترولیت گردید. ترینگزاپک‌اتیل با افزایش محتوی نسبی آب، پرولین، کلروفیل و کاهش نشت الکترولیت در شرایط تنش خشکی موجب افزایش مقاومت به خشکی در علف گندمی گردید. در شرایط خشکی عمق نفوذ ریشه و عمق موثر ریشه افزایش پیدا کرد، در حالی که ترینگزاپک‌اتیل تأثیر معنی‌داری بر خصوصیات ریشه نداشت. نتایج مشخص کرد ترینگزاپک اتیل میتواند موجب افزایش مقاومت به خشکی در علف گندمی گردد.

واژه‌های کلیدی: ارتفاع، تنظیم کننده رشد، قطع آبیاری، کیفیت

مقدمه

خشکی یکی از مضرترین تنش‌های غیرزیستی برای رشد چمن در طیف گسترده‌ای از مناطق جغرافیایی جهان محسوب میشود. بسیاری از گونه‌های فصل سرد توانایی سازگاری با خشکی‌های طولانی مدت را به خصوص در فصول گرم سال ندارند. کاهش کیفیت چمن در اثر تنش خشکی یکی از نگرانی‌های اصلی مدیران فضای سبز می‌باشد (۶)، بنابراین توسعه‌ی شیوه‌های مدیریتی برای افزایش مقاومت به خشکی چمن‌ها در مناطق خشک و نیمه خشک ضروری است. یکی از مکانیسم‌های افزایش مقاومت گیاهان به خشکی، اجتناب از خشکی با کاهش از دست دادن آب می‌باشد که ممکن است با کاهش رشد شاخه و سطح برگ‌ها و کاهش تقاضا برای آب به دست آید.همچنین افزایش تحمل به خشکی می‌تواند از طریق تنظیمات اسمزی به وجود آید که اجازه می‌دهد تا گیاهان به حفظ هیدراسیون سلول برگ و حفظ فعالیت‌های متابولیک در زمان خشکی بپردازند (۴۲).

راهکارهای متفاوتی برای حفاظت از آب در مدیریت چمن وجود دارد که استفاده از تنظیم کننده‌های رشد گیاهی یکی از این روش‌ها می‌باشد (۱). ترینگزاپک‌اتیل یکی از انواع کندکننده‌های رشد گیاهی است که به طور گسترده در مدیریت چمن‌های فصل گرم و سرد استفاده می‌گردد (۲۲، ۲۸ و ۳۴). این ماده به سرعت توسط برگ‌ها جذب شده و از طریق ممانعت تبدیل جیبرلین ۲۰به ۱ باعث کاهش کشیدگی سلولی می‌گردد، بدین جهت ترینگزاپک‌اتیل به منظور کاهش سرزنی و افزایش کیفیت چمن مورد استفاده قرار می‌گیرد (۴۰). تأثیر ترینگزاپک‌اتیل در تنش‌های محیطی کمتر مورد توجه قرار گرفته است. هکمن و همکاران (۲۶ و ۲۷) گزارش کردند کاربرد

۱، ۲ و ۳- به ترتیب دانشجوی کارشناسی ارشد و دانشیار و استادیار، گروه باغبانی، دانشگاه صنعتی اصفهان
(*- نویسنده مسئول: (Email: etemadin@cc.iut.ac.ir
DOI: 10.22067/jhorts4.v0i0.25045

Archive of SID
www.SID.ir

ترینگزاپک‌اتیل، حرارت و آسیب چمن‌های رل[1] کنتاکی بلوگراس (*Poapratensis* L.) را در هنگام ذخیره و انبار داری کاهش می‌دهد. جیانگ و فرای (۳۲) نشان دادند که ترینگزاپک‌اتیل کیفیت چمن رای گراس چند ساله (*Loliumperenne* L.) را در هنگام خشکی افزایش می‌دهد که میتواند به علت حضور این ماده باشد. مجموع اطلاعات موجود نشان میدهد تنظیم کننده‌ی ترینگزاپک اتیل دارای اثرهای مفیدی در مقاومت به تنش‌ها است که این اثرها به گونه، نوع تنش، غلظت ترینگزاپک اتیل و مدت زمان کاربرد بسته است. اگرچه شواهدی وجود دارد که ترینگزاپک اتیل ممکن است مقاومت به خشکی چمن را افزایش دهد (۳۲ و ۳۹) ولی اطلاعات مربوط به چگونگی مکانیسم این ماده بر مقاومت به خشکی بسیار محدود است. هدف از این مطالعه بررسی اثرترینگزاپک اتیل بر افزایش مقاومت به تنش خشکی در چمن علف گندمی است.

مواد و روش‌ها

به منظور بررسی اثر ترینگزاپک‌اتیل بر افزایش مقاومت به تنش خشکی در چمن علف گندمی بیابانی، بذور این چمن طی سال‌های ۱۳۹۱-۱۳۹۰ در مزرعه‌ی کشاورزی دانشگاه صنعتی اصفهان در کرت‌های ۳×۲ متر مربعی کشت گردید. بذور مورد استفاده برای کاشت در این تحقیق از مراتع منطقه فریدن واقع در استان اصفهان جمع آوری شد. به منظور تعیین میزان بذر مصرفی در هر کرت، قوه‌ی نامیه‌ی بذور (بر اساس درصد جوانه زنی) و وزن هزار دانه بررسی شد. بذر علف گندمی با وزن هزار دانه‌ی ۲/۶ گرم و درصد جوانه زنی ۸۵ درصد به میزان ۳۰ گرم در متر مربع استفاده گردید. خاک محل آزمایش دارای بافت لومی/رسی، EC=۴/۱۵ds/m، PH= ۷/۴۵ و مقدار ماده الی ۰/۶ درصد بود. منطقه‌ی آزمایش دارای میانگین دمای ۱۶/۵درجه سانتی گراد و میانگین رطوبت نسبی ۲۰/۱ درصد بود. تیمارها شامل سه سطح تنظیم کننده‌ی رشد ترینگزاپک‌اتیل۲ و دو سطح تنش خشکی بودند. سه ماه پس از شروع آزمایش، با سبز شدن و استقرار کامل چمن ها، محلول ترینگزاپک‌اتیل در غلظت‌های صفر، ۰/۲۵ و ۰/۵کیلوگرم در هکتار ماده موثره، به صورت سه هفته یک بار تا پایان دوره آزمایش بر روی چمن هایی که روز قبل از اعمال تیمار در ارتفاع ۴ سانتی متری سرزنی شده بودند، به صورت محلول‌پاشی بر روی برگ‌ها پاشش شد (برای اطمینان از پاشش یکنواخت بر روی برگ ها، محلول ترینگزاپک‌اتیل در محفظه‌ی اسپری کننده با نازل پخش یکنواخت ریخته شد و حدود ۲ لیتر برای هر تیمار در هر بار پاشش اسپری شد) (۷). ترینگزاپک اتیل به کمک سمپاش کوله پشتی با فشار ۲۰۰ کیلوپاسکال و حجم پاشش ۰/۲ لیتر در متر مربع مورد استفاده قرار گرفت. اعمال تنش خشکی در این آزمایش پس از استقرار کامل گیاهان، با قطع کامل آبیاری به مدت ۵۰ روز صورت گرفت (۲۰). همچنین یک ماه قبل از شروع تیمار ها، مبارزه با علف‌های هرز به شکل مکانیکی صورت گرفت.در این مطالعه برای تعیین کیفیت از امتیازدهی بصری توسط ارزیاب با تجربه بر اساس مقیاس ۱ تا ۹ استفاده شد. درارزیابی 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 (۴۱). ارتفاع، وزن تر و خشک برگ به صورت هفتگی مورد ارزیابی قرار گرفت. برای تعیین ارتفاع در هر کرت از ده نقطه‌ی تصادفی با استفاده از خط کش با دقت یک میلیمتر اندازه گیری شد و سپس میانگین آن‌ها محاسبه گردید، جهت اندازه گیری وزن تر، سطح یک متر مربع از هر واحد آزمایشی توسط ماشین چمن زنی از ارتفاع ۴ سانتی متری کوتاه و جمع اوری گردید و سپس روی ترازوی دیجیتال با دقت یک میلی گرم توزین شد و در پاکت‌های کاغذی قرار گرفت، سپس به اون با دمای تقریبی ۷۵ درجه سانتی گراد به مدت ۴۸ ساعت انتقال داده شد و در نهایت وزن خشک نمونه‌ها اندازه گیری گردید. برای اندازه گیری عرض برگ، بیست نمونه برگ به طور تصادفی گرفته شده و با دستگاه کولیس دیجیتال با دقت ۰/۰۱ میلی متر عرض برگ اندازه گیری شد و میانگین آن‌ها یادداشت گردید.محتوی نسبی آب مطابق با دستورالعمل بارز و ویترلی (۵)، پرولین طبق دستورالعمل بیتز و همکاران (۹)، نشت الکترولیت طبق دستورالعمل بلوم و ابرکون (۱۳) و مارکوم (۳۵) و کلروفیل طبق دستورالعمل لیشتنتالر (۳۳) تخمین زده شدند. صفات مربوط به ریشه شامل عمق نفوذ ریشه و عمق موثر ریشه[3] مورد ارزیابی قرار گرفت. در پایان آزمایش ریشه‌ها پس از خارج شدن از گلدان شستشو شدند. سپس توسط خط کش با دقت ۱ میلی متر عمق نفوذ ریشه (پایین ترین عمقی که ریشه در آن توانسته بود قرار بگیرد) و عمق موثر ریشه (عمقی که بیشترین تراکم ریشه در آن واقع شده و پایین تر از آن به شکل معنی داری حجم ریشه کاهش می‌یابد) اندازه گیری گردید (۴۷). آزمایش به صورت فاکتوریل بر پایه‌ی طرح کاملاً تصادفی در سه تکرار به اجرا درآمد. در پایان داده‌ها پس از وارد شدن در نرم افزار Excel (نسخه ۲۰۱۰) با استفاده از نرم افزار SAS (نسخه ۹/۱) تجزیه واریانس شدند و برای مقایسه ی میانگین‌ها از آزمون حداقل تفاوت معنی‌دار (LSD) استفاده شد و برای رسم نمودارها از نرم افزار Excel استفاده شد.

1- Roll
2- PrimoMaxx; Syngenta, Wilmington, DE
3-Effective rooting depth

Archive of SID

www.SID.ir

نتیجه و بحث

کیفیت چمن: تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد تنش خشکی و ترینگزاپک‌اتیل تأثیر معنی‌داری بر روی کیفیت چمن علف گندمی داشته اند (جدول ۱). مقایسه‌ی میانگین اثر متقابل ترینگزاپک اتیل و تنش پاخوری (جدول ۱) بر روی علف گندمی نشان داد، بیشترین کیفیت در غلظت ۰/۵ کیلوگرم در هکتار ترینگزاپک اتیل و عدم خشکی (۸/۵۳) و کمترین در در غلظت صفر کیلوگرم در هکتار ترینگزاپک اتیل و تنش خشکی (۴/۱) مشاهده شده است، ترینگزاپک اتیل توانست اثر منفی خشکی بروی کیفیت چمن را تا حدودی برطرف کند (شکل ۱). بیرد و سیفر (۶) مقاومت به خشکی ارقام مرغ (*Cynodon*sp) و زویسیا (*Zoysia*sp) را بررسی کردند، در انتها مشخص شد، تنش خشکی به صورت معنی‌داری کیفیت را در ارقام این دو گونه کاهش داده است. در بررسی مقاومت به خشکی ارقام فستوکای بلند(*Festucaarundinacea* L.) مشخص شد، کاهش کیفیت این چمن تحت تأثیر تنش خشکی به دلایلی چون کلروز، سوختگی و پژمردگی برگ مربوط می‌شود (۱۴).

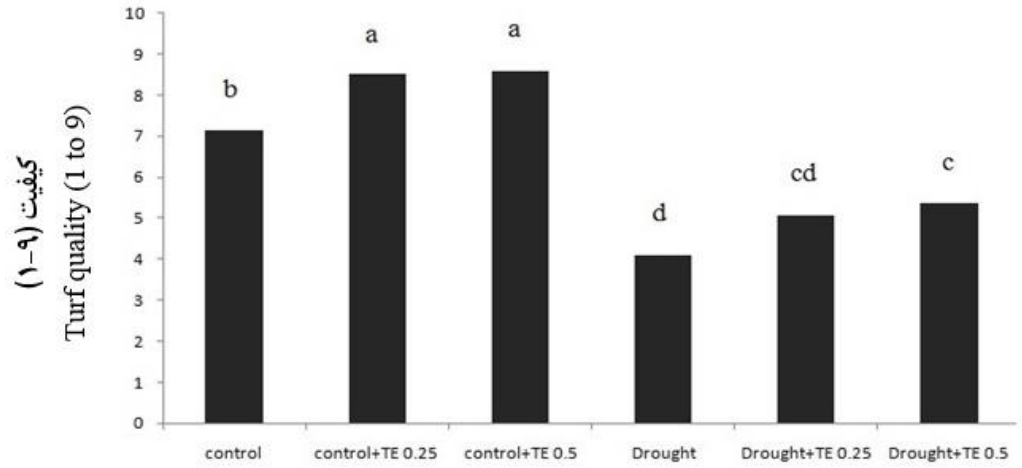
جدول ۱- تجزیه واریانس اثر ترینگزاپک اتیل بر خصوصیات مورفولوژیک چمن علف گندمی تحت تنش خشکی*

Table 1 -ANOVA of the trinexapac-ethyl effects on wheatgrass morphological traits under drought stress.

منابع تغییرات Source of variations	درجه آزادی DF	میانگین مربعات Means of Squares						
		کیفیت چمن Turf quality	عرض برگ Leaf width	ارتفاع Height	وزن تر اندام هوایی Shoot fresh weight	وزن خشک اندام هوایی Shoot dry weight	عمق مؤثر ریشه Effective root depth	عمق نفوذ ریشه Depth of root
ترینگزاپک اتیل Trinexapac-ethyl	2	3.18*	0.09*	3.64*	61*	29.31*	3.77ns	6.9 ns
خشکی Drought	1	47.68*	0.29*	1.96*	99.92*	56.03*	549.59*	1183.89*
ترینگزاپک اتیل × خشکی Trinexapac-ethyl × Drought	2	0.90*	0.003ns	0.45*	0.90*	1.46*	0.77ns	3.63 ns
خطا Error	12	0.43	0.01	0.07	0.37	0.98	3.08	2.14
ضریب تغییرات Coefficient Variation		10.21	5.71	5.61	6.42	5.27	6.54	8.18

* معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد، ns غیر معنی‌دار

* Significant at the 5% level and not significant



شکل ۱- تأثیر متقابل ترینگزاپک اتیل × تنش خشکی بر کیفیت علف گندمی

Figure 1– Interaction effect of trinexapac-ethyl ×drought stress on wheatgrass turf quality

حروف متفاوت نشاندهنده وجود تفاوت معنی دار در آزمون LSD در سطح ۵درصد است

Means with different letters are significant in LSD test at 5% level

Archive of SID

www.SID.ir

استیر و راجرز (۴۵) تأثیر معنی‌دار ترینگزاپک اتیل بروی کیفیت چمن کنتاکی بلوگراس (*Poapratensis* L.) را گزارش کردند، ترینگزاپک اتیل موجب تیره تر شدن چمن کنتاکی بلوگراس (*Poapratensis* L.) در مقایسه با شاهد گردید. نتایج اروین و همکاران (۱۹) مشخص کرد تنظیم کننده‌ی ترینگزاپک‌اتیل موجب افزایش کیفیت در بنت گراس خزنده (*Agrostisstoloniferia* L.) می‌گردد. جیانگ و فرای (۳۲) گزارش کردند تیمار ترینگزاپک‌اتیل موجب بهبود کیفیت چمن رای گراس در شرایط تنش خشکی میگردد، دلیل افزایش کیفیت توسط ترینگزاپک اتیل را می‌توان افزایش تراکم سلول‌های مزوفیل برگ و غلظت کلروفیل توسط ترینگزاپک‌اتیل دانست.

عرض برگ: اثر سطوح ترینگزاپک‌اتیل و تنش خشکی بر عرض برگ علف گندمی در جدول‌های ۳ و ۵ نشان داده شده است. با مقایسه‌ی میانگین بین اثرهای اصلی مشخص شد با افزایش در غلظت ترینگزاپک‌اتیل، میزان عرض برگ افزایش یافته است به طوری که در تیمار شاهد کمترین عرض برگ (۱/۹۳ سانتی متر) و این مقدار در غلظت ۰/۵ کیلوگرم در هکتار بیشترین میزان (۲/۱۶ سانتی متر) بود (جدول۳). نتایج فان و همکاران (۲۳) نشان داد تیمار ترینگزاپک‌اتیل بر روی چمن کنتاکی بلوگراس (*Poapratensis*L.) موجب افزایش عرض برگ می‌گردد. کنتاکی بلوگراس (*Poapratensis*L.) در چهار هفته بعدازتیمار ۹ درصد و هشت هفته بعد از تیمار ۱۶ درصد برگ‌های پهن تری نسبت به شاهد داشتند.

جدول ۲- تجزیه واریانس اثر ترینگزاپک اتیل بر خصوصیات فیزیولوژیک چمن علف گندمی تحت تنش خشکی *

Table 2-ANOVA of the trinexapac-ethyl effect on wheatgrass physiological traits under drought stress.

منابع تغییرات Source of variations	درجه آزادی DF	میانگین مربعات Means of Squares			
		محتوی آب نسبی Relative water content	نشت الکترولیت Electrolyte leakage	پرولین Proline	کلروفیل Chlorophyll
ترینگزاپک اتیل Trinexapac-ethyl	2	224.21*	0.63*	51.96*	0.31*
خشکی Drought	1	1937.73**	1.73**	1058.61**	1.04*
ترینگزاپک اتیل × خشکی Trinexapac-ethyl × Drought	2	29.51*	29.51*	8.18**	0.02 ns
خطا Error	12	15.8	15.80	1.67	0.01
ضریب تغییرات Coefficient Variation		4.88	7.11	8.72	5.70

**معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد، * معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد، ns غیر معنی‌دار

** Significant at 1% level of confident, * Significant at the 5% level and not significant

جدول ۳- اثر سطوح ترینگزاپک اتیل بر خصوصیات مورفولوژیک چمن علف گندمی*

Table 3- Effect of Trinexapac-ethyl on Wheatgrass morphological traits.

ترینگزاپک اتیل Trinexapac-ethyl (kg/ha)	کیفیت چمن Turf quality (1-9)	عرض برگ Leaf width (mm)	ارتفاع Height (cm)	وزن تر اندام هوایی Shoot fresh weight (g)	وزن خشک اندام هوایی Shoot dry weight (g)	عمق مؤثر ریشه Effective root depth (cm)	عمق نفوذ ریشه Depth of root (cm)
0	5.63 b	1.93 b	5.65 a	13.12 a	9.99 a	25.98 a	17 a
0.25	6.83 a	1.99 b	4.75 b	7.95 b	6.53 b	27.02 a	17.58 a
0.5	6.95 a	2.16 a	4.13 c	7.32 b	5.87 b	27.54 a	18.08 a

*در هر ستون میانگین هایی که حداقل دارای یک حرف مشترک باشند بر اساس آزمون LSD در سطح ۵ درصد اختلاف معنی‌داری ندارند.

†Means in each column with the same letters are not significantly different at 5% level using LSD test

Archive of SID

www.SID.ir

افزایش عرض برگ در اثر کاربرد ترینگزاپک اتیل به علت کاهش طویل شدن سلولی وافزایش عرض سلول‌های برگ می‌باشد. مقایسه میانگین اثر خشکی بر میزان عرض برگ نشان داد که این تنش میزان عرض را به طرز معنی‌داری نسبت به شاهد کاهش داده است (جدول ۵). بلوم (۱۲) گزارش کرد کاهش عرض برگ و نرخ رشد برگ یکی از اثرهای تنش خشکی می‌باشد، این کاهش به دلیل کم شدن میزان تقسیم سلولی تحت تأثیر تنش خشکی می‌باشد (۱۷).

ارتفاع برگ: نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها نشان می دهد که اثر ترینگزاپک اتیل، خشکی و اثر متقابل آن‌ها بر ارتفاع در سطح پنج درصد معنی‌دار بوده است (جدول ۱). ترینگزاپک‌اتیل و تنش خشکی به شکلی معنی‌دار باعث کاهش ارتفاع شدند، کمترین ارتفاع (۴/۰۵ سانتی متر) در غلظت ۰/۵ کیلوگرم در هکتار ترینگزاپک اتیل و اعمال تیمار خشکی مشاهده شد که نشان دهنده همسویی این دوتیمار در کاهش ارتفاع چمن بود (شکل ۲). وانگ و همکاران (۴۶) گزارش کردند کاهش فشار تورژساس ناشی از تنش خشکی موجب کاهش ارتفاع بخش هوایی می‌گردد، همچنین در اثر تنش خشکی تولید ابسیزیک اسید در ریشه افزایش می‌یابد و انتقال آن به بخش هوایی موجب کاهش ارتفاع می‌گردد (۳۱). اکثر تحقیق‌های صورت گرفته نشان می‌دهد ترینگزاپک‌اتیل موجب کاهش ارتفاع و دفعات سرزنی در چمن می‌گردد (۱۱، ۲۶، ۳۹ و ۴۳). فاگرنس و همکاران (۲۲) دلیل این کاهش ارتفاع را ممانعت از سنتز جیبرلین توسط ترینگزاپک اتیل اعلام کردند. اروین و کوسکی (۱۸) گزارش کردند کاربرد ترینگزاپک‌اتیل موجب کاهش ارتفاع برگ و سرزنی در کنتاکی بلوگراس (*Poapratensis L.*) شد، در نتیجه تبخیر و تعرق کاهش یافت که ممکن است در افزایش مقاومت به خشکی موثر باشد. مکان و هوانگ (۳۹) تأثیر ترینگزاپک‌اتیل بر مقاومت به تنش خشکی و گرما را بررسی کردند و نتیجه گرفتند کاهش در رشد عمومی برگ‌ها تحت تأثیر این تنظیم کننده، تقاضا برای آب را کاهش داده و نیاز به آب در شرایط تنش خشکی کاهش پیدا می‌کند.

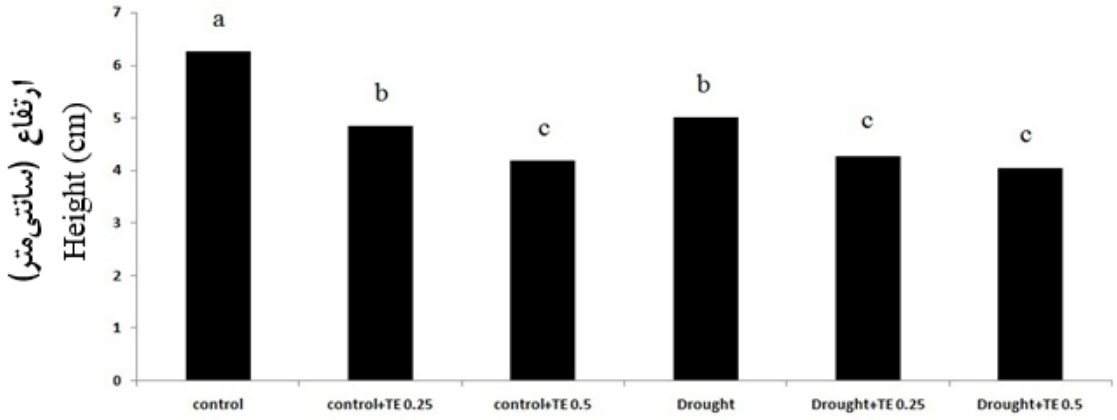
جدول ٤- اثر سطوح ترینگزاپک اتیل بر خصوصیات فیزیولوژیک چمن علف گندمی *

Table 4- Effect of Trinexapac-ethyl on wheatgrass physiological traits

ترینگزاپک اتیل Trinexapac-ethyl (kg/ha)	محتوی آب نسبی Relative water content (%)	نشت الکترولیت Electrolyte leakage (%)	پرولین Proline ($\mu mol.g^{-1}.FW$)	کلروفیل Chlorophyll ($mg.g^{-1}FW$)
0	74.5 b	5.7 a	12.25 c	2.14 b
0.25	82.8 a	5.4 ab	14.19 b	2.54 a
0.5	86.47 a	5.05 b	18.03 a	2.9 a

* در هر ستون میانگین هایی که حداقل دارای یک حرف مشترک باشند بر اساس آزمون LSD در سطح ۵ درصد اختلاف معنی‌داری ندارند.

†Means in each column with the same letters are not significantly different at 5% level using LSD test



شکل ۲- تأثیر متقابل ترینگزاپک اتیل × تنش خشکی بر ارتفاع علف گندمی

Figure 2– Interaction effect of trinexapac-ethyl ×drought stress on wheatgrass height

حروف متفاوت نشاندهنده وجود تفاوت معنی دار در آزمون LSD در سطح ۵ درصد است

Means with different letters are significant in LSD test at 5% level

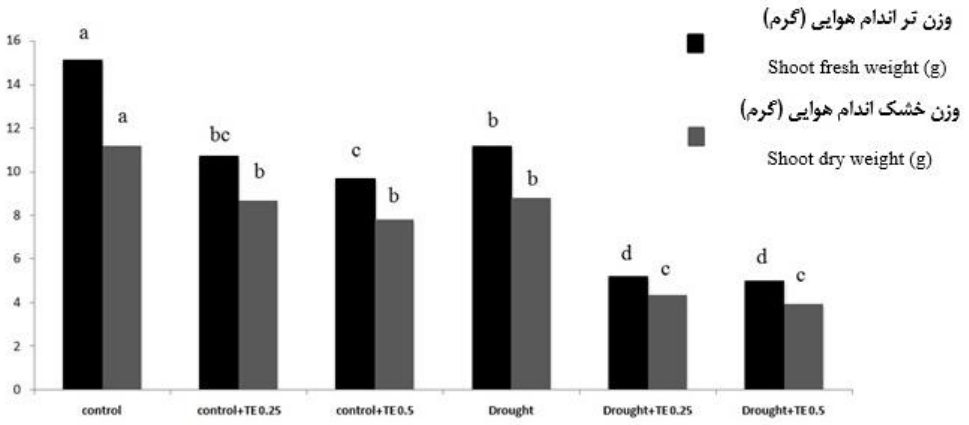
Archive of SID

www.SID.ir

وزن تر و خشک اندام هوایی: تیمارهای ترینگزاپک اتیل و خشکی در سطح پنج درصد دارای اثر معنی‌داری بر وزن تر و خشک اندام هوایی علف گندمی هستند (جدول ۱). مقایسه‌ی میانگین اثر متقابل تیمارها نشان داد (شکل ۳) که بیشترین وزن تر و خشک (۱۵/۱۱ گرم و ۱۱/۲گرم) مربوط به تیمار شاهد و کمترین وزن تر و خشک (۴/۹۸ گرم و ۳/۹۵ گرم) مربوط به غلظت ۵۰۰ گرم در هکتار به همراه تنش خشکی بوده است، که نشان دهنده همسویی این دو تیمار در کاهش وزن تر و خشک علف گندمی می‌باشد (شکل ۳). فو و هوانگ (۲۴) مقاومت به خشکی دو گونه کنتاکی بلوگراس (*Poapratensis*L.) و تال فسکیو (*Festucaarundinacea*L.) را مورد بررسی قرار دادند، در پایان مشخص گردید تیمار قطع آبیاری موجب کاهش وزن تر و خشک اندام هوایی گشت. ترینگزاپک اتیل از طریق ممانعت از تبدیل جیبرلین ۲۰ به جیبرلین یک و جلوگیری از فعالیت آنزیم ۳- بتا هیدروکسیلاز مانع از رشد چمن‌ها می‌شود (۱۸)، در نتیجه وزن تر و خشک اندام هوایی کاهش پیدا می‌کند (۱۶ و ۴۰).

مقدار نسبی آب برگ: نتایج حاصل از تجزیه واریانس (جدول۲) داده‌ها نشان داد که اثر ترینگزاپک اتیل، تنش خشکی و اثر متقابل تیمارها بر مقدار نسبی آب علف گندمی معنی‌دار بوده است. مقایسه میانگین‌ها تفاوت معنی‌دار مقدار نسبی آب برگ را تحت تیمارهای ترینگزاپک اتیل نشان می‌دهد، بیشترین آب نسبی برگ در غلظت ۰/۵ کیلوگرم در هکتار ترینگزاپک‌اتیل مشاهده شد (۸۶/۴۷ درصد)، ترینگزاپک اتیل در غلظت‌های ۰/۲۵ و ۰/۵ کیلوگرم به ترتیب ۱۱/۱۹ درصد و ۱۵/۹۸ درصد محتوی آب نسبی برگ را افزایش داد.گرچه بین سطوح ۰/۲۵ و ۰/۵ کیلوگرم در هکتار تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد (جدول ۴). تیمار خشکی مقدار آب نسبی برگ را ۲۲/۶۳ درصد نسبت به تیمار شاهدکاهش داد (جدول ۶). مقایسه میانگین اثر متقابل سطوح ترینگزاپک اتیل و تنش خشکی مشخص کرد کمترین محتوی آب نسبی علف گندمی (۶۱/۷۴ درصد) در شرایط تنش خشکی بدون اعمال تنظیم کننده و بالاترین محتوی آب نسبی (۹۶/۳۲ درصد) در شرایط کاربرد ۰/۵ کیلوگرم در هکتار ترینگزاپک اتیل بدون اعمال تنش بوده است و ترینگزاپک اتیل موجب کاهش اثر منفی خشکی بر محتوی آب نسبی گشته است (شکل ۴). محتوی آب نسبی بالاتر میتواند موجب حفظ هدایت روزنه ای و در نتیجه تعرق و فتوسنتز بالاتر در گیاه گردد که نشان دهنده مقاومت بالاتر به تنش می‌باشد (۳۵، ۳۶ و ۳۸).

فو و هوانگ (۲۴) با مقایسه‌ی سه تیمار رطوبتی بر روی کنتاکی بلوگراس(*Poapratensis* L.) و تال فسکیو (*Festucaarundinacea*L.) دریافتند که تیمار خشکی کامل موجب کاهش شدید آب برگ می‌گردد بطوریکه مقدار آب نسبی پس از ۲۸ روز به حدود ۵۰ درصد تقلیل یافت.مکان و هوانگ (۳۹) اثر ترینگزاپک‌اتیل را در افزایش مقاومت به خشکی در بنت گراس خزنده (*Agrostispalustris*) بررسی کردند و در پایان مشخص شد، این تنظیم کننده در شرایط تنش خشکی موجب افزایش معنی‌دار محتوی آب نسبی می‌گردد. زو و هوانگ (۴۸) گزارش کردند ترینگزاپک‌اتیل محتوی آب نسبی برگ را در شرایط تنش خشکی بهبود می‌بخشد که دلیل آن را کاهش ارتفاع و کاهش تبخیر و تعرق تاج پوشش (۳۹) و یا بهبود تنظیمات اسمزی (۸) در اثر کاربرد این ماده دانستند که با نتایج این آزمایش مطابقت دارد.



شکل ۳- تأثیر متقابل ترینگزاپک اتیل × تنش خشکی بر وزن تر و خشک علف گندمی

Figure 3. Interaction effect of trinexapac-ethyl ×drought stress on wheatgrass fresh and dry weight

حروف متفاوت نشاندهنده وجود تفاوت معنی دار در آزمونLSD در سطح ۵درصد است

Means with different letters are significant in LSD test at 5% level

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ۵- اثر تنش خشکی بر خصوصیات مورفولوژیک چمن علف گندمی*

Table 5-Effect of drought stress on wheatgrass morphological traits

سطوح خشکی Drought levels	کیفیت چمن Turf quality (1-9)	عرض برگ Leaf width (mm)	ارتفاع Height (cm)	وزن تر اندام هوایی Shoot fresh weight (g)	وزن خشک اندام هوایی Shoot dry weight (g)	عمق مؤثر ریشه Effective root depth (cm)	عمق نفوذ ریشه Depth of root (cm)
آبیاری Irrigating	8.1 a	2.15 a	5.11 a	11.82 a	9.23 a	21.32 b	9.77 b
قطع آبیاری Withholding irrigation	4.84 b	1.96 b	4.45 b	7.11 b	5.7 b	32.37 a	25.99 a

*در هر ستون میانگین هایی که حداقل دارای یک حرف مشترک باشند بر اساس آزمون LSDدر سطح ۵درصد اختلاف معنی‌داری ندارند.

†Means in each column with the same letters are not significantly different at 5% level using LSD test

جدول ٦- اثر تنش خشکی بر خصوصیات فیزیولوژیک چمن علف گندمی *

Table 6- Effect of drought stress on wheatgrass physiological traits

سطوح خشکی Drought levels	محتوی آب نسبی Relative water content (%)	نشت الکترولیت Electrolyte leakage (%)	پرولین Proline ($\mu mol.g^{-1}.FW$)	کلروفیل Chlorophyll ($mg.g^{-1}FW$)
آبیاری Irrigating	91.67 a	۵/۰۹ b	7.15 b	2.57 a
قطع آبیاری Withholding irrigation	70.92 b	5.71 b	22.49 a	2.08 b

* در هر ستون میانگین هایی که حداقل دارای یک حرف مشترک باشند بر اساس آزمون LSDدر سطح ۵درصد اختلاف معنی‌داری ندارند.

†Means in each column with the same letters are not significantly different at 5% level using LSD test

نشت الکترولیت: نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثر ترینگزاپک اتیل، تنش خشکی و اثر متقابل تیمارها بر نشت الکترولیت علف گندمی معنی‌دار بوده است (جدول ۲). ترینگزاپک‌اتیل، نشت الکترولیت را در غلظت‌های ۰/۲۵ و ۰/۵ کیلوگرم در هکتار به ترتیب ۵/۲۸ و ۱۱/۴ درصد نسبت به شاهد کاهش داد، در حالی که بین غلظت‌های ۰/۲۵ و ۰/۵کیلوگرم در هکتار تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد (جدول ۴)، همچنین تنش خشکی میزان نشت را به ۱۲/۱۸ درصد نسبت به شاهد افزایش داد (جدول ۶). مقایسه میانگین اثر متقابل سطوح ترینگزاپک اتیل و تنش خشکی مشخص کرد بیشترین نشت الکترولیت علف گندمی (۶/۱۷ درصد) در شرایط تنش خشکی بدون اعمال تنظیم کننده و کمترین نشت الکترولیت (۴/۹۸ درصد) در شرایط کاربرد ۰/۵ کیلوگرم در هکتار ترینگزاپک اتیل بدون اعمال تنش بوده است و ترینگزاپک اتیل موجب کاهش اثر منفی خشکی بر نشت الکترولیت گشته است (شکل ۵). غشای سلول اولین بخش از گیاه است که تحت تأثیر تنش قرار می‌گیرد، نشت الکترولیت در شرایط تنش نشان دهنده تخریب غشای سلول است (۲). ابراهام و همکاران (۲) در بررسی مقاومت به خشکی دو گونه کنتاکی بلوگراس (*Poapratensis* L.) و هیبریدهای آن اعلام کردند، نشت الکترولیت در طول تنش خشکی افزایش پیدا میکند. مکانو هوانگ (۳۹) گزارش کردند ترینگزاپک اتیل در شرایط تنش خشکی آسیب ناشی از تنش به غشای سلولی بنت گراس خزنده (*Agrostis*palustris) را کاهش می‌دهد.زو و هوانگ (۴۸) گزارش کردند تنظیم کننده ترینگزاپک اتیل موجب کاهش نشت الکترولیت چمن کنتاکی بلوگراس (*Poapratensis* L.)، در شرایط تنش خشکی می‌گردد. ترینگزاپک اتیل با افزایش مقاومت غشای سلولی بنت گراس خزنده (*Agrostispalustris*) باعث کاهش نشت الکترولیت در شرایط تنش گردید، احتمال میرود ترینگزاپک اتیل با کاهش آسیب‌های ناشی از تنش بر روی غشا موجب کاهش نشت الکترولیت گردد.

پرولین:جدول تجزیه واریانس معنی‌دار بودن اثر تنش خشکی، ترینگزاپک اتیل و اثر متقابل تیمارها رابر پرولین علف گندمی نشان می‌دهد (جدول ۲). مقدار پرولین در شرایط تنش خشکی (۲۲/۴۹ میکرومول بر گرم وزن تر) به طرز معنی‌داری بیشتر از شاهد (۷/۱۵ میکرومول بر گرم وزن تر) بود (جدول ۶). داکوستا (۱۵) با بررسی دو گونه از آگروستیس گزارش کرد محتوای پرولین در انتهای دوره خشکی در این دو گونه ۸۲ و ۹۲ درصد در مقایسه با سطوح آبیاری شده بالاتر بود. همچنین نتایج نشان داد تنظیم کننده ی ترینگزاپک-

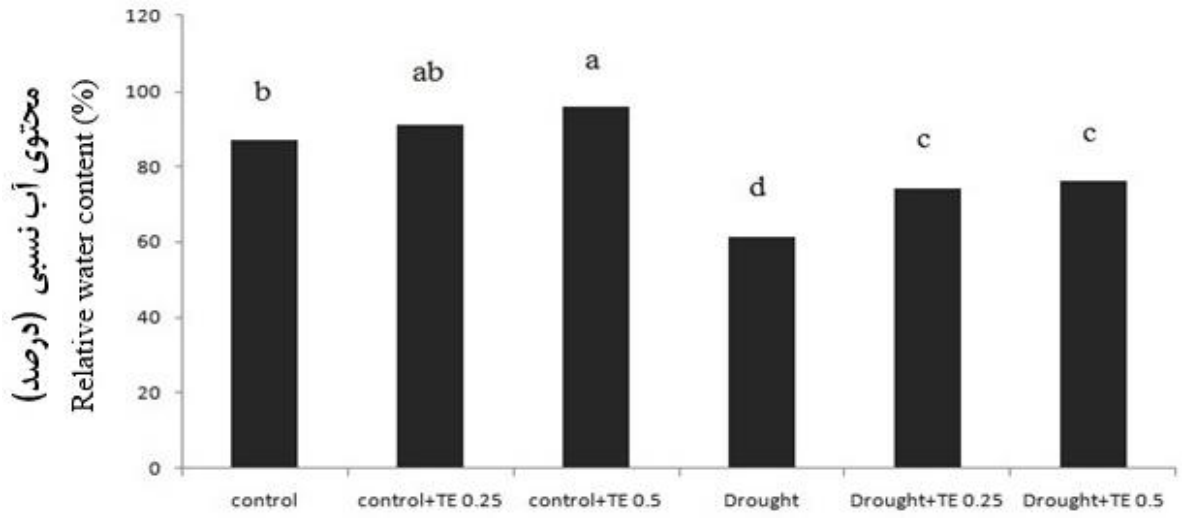
Archive of SID

www.SID.ir

اتیل موجب افزایش معنی‌دار محتوی پرولین گشته است (جدول ۴). بیشترین مقدار پرولین در تیمار ۰/۵کیلوگرم در هکتار ترینگزاپک‌اتیل تحت تنش خشکی مشاهده شد (شکل ۶). ترینگزاپک اتیل در شرایط تنش خشکی در غلظت‌های ۰/۲۵ و ۰/۵ کیلوگرم در هکتار به شکلی معنی‌دار، پرولین فستوکا را به ترتیب ۱۷/۸۸ و ۴۳/۳۶ درصد افزایش داد (شکل ۶). بیان و همکاران (۱۰) تأثیر ترینگزاپک اتیل بر مقاومت به خشکی بنت گراس خزنده را بررسی کردند، در پایان مشاهد شد، هنگام کاربرد ترینگزاپک اتیل در شرایط تنش خشکی، این ماده موجب افزایش پرولین گشته که این افزایش معنی‌دار نبود.

محتوی کلروفیل: نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد ترینگزاپک اتیل و خشکی اثر معنی‌داری در سطح پنج درصد بر کلروفیل علف گندمی داشته اند (جدول ۲). مقایسه میانگین اثر ترینگزاپک اتیل بر کلروفیل نشان داد تیمارهای ۰/۲۵ و ۰/۵ کیلوگرم در هکتار ترینگزاپک اتیل به ترتیب در گونه علف گندمی ۱۸/۶۹ و ۳۵/۵۱ درصد افزایش کلروفیل را نسبت به شاهد باعث شدند (جدول ۴). تنش خشکی کلروفیل علف گندمی را ۱۹/۰۶ درصد نسبت به شاهد کاهش داد (جدول ۶). گزارش هایی مبنی بر کاهش کلروفیل در شرایط تنش خشکی وجود دارد (۳۰، ۳۶ و ۳۷). بسته شدن روزنه ها، کاهش دی اکسید کربن و تولید گونه‌های فعال اکسیژن تحت تنش خشکی باعث افزایش پراکسیداسیون لیپید ها، تخریب غشای کلروپلاست و از بین رفتن کلروفیل می‌گردد (۳۵ و ۳۶). زولینی و همکاران (۴۹) گزارش کردند محتوی کلروفیل با افزایش تنش خشکی کاهش پیدا میکند. تحت شرایط تنش خشکی، روزنه‌ها به سرعت بسته شده ،رشد گیاه متوقف، جذب و تحلیل خالص CO2 کاهش و فعالیت آنزیم کلروفیلاز افزایش پیدا میکند، که در نهایت موجب کاهش کلروفیل می‌گردد (۴۴). بهبود کلروفیل توسط ترینگزاپک اتیل در مطالعات زیادی گزارش شده است (۱۸ و ۲۳). استیر و راجرز (۴۵) گزارش کردند که کاربرد ترینگزاپک اتیل باعث افزایش محتوی کلروفیل a و b و کلروفیل کل در چمن کنتاکی بلوگراس میگردد.مکان و هوانگ (۳۹) گزارش کردند ترینکزاپک اتیل باعث افزایش کلروفیل بنت گراس خزنده (*Creeping Bentgrass*) در شرایط تنش خشکی میگردد. گروسمن در سال ۱۹۹۲ پیشنهاد کرد که کاربرد ترینگزاپکاتیل به دلیل بازدارندگی بیوسنتز جیبرلیک اسید سبب افزایش سطح سایتوکنین و تاخیر در پیری و افزایش غلظت کلروفیل می‌گردد (۲۵).

صفات مربوط به ریشه:تنش خشکی در سطح یک درصد اثر معنی‌داری بر عمق موثر ریشه و عمق نفوذ ریشه‌ی علف گندمی داشت (جدول ۱). با مقایسه‌ی میانگین بین اثرهای اصلی مشخص شدعمق موثر ریشه تحت تنش افزایش پیدا کرده است، در تیمار شاهد عمق موثر ریشه ۹/۷۷ سانتی متر بود که در شرایط تنش به ۲۵/۹۹ سانتی متری رسید (جدول ۵). در شرایط خشکی عمق نفوذ ریشه نیز افزایش یافت، بطوری که در تیمار شاهد عمق نفود برار ۲۱/۳۲ سانتی متر و در تنش خشکی با ۵۳/۹۲ درصد افزایش برابر ۳۲/۳۷ سانتی متر بود (جدول ۵). هوانگ و گو (۳۱) در بررسی ۶ کولتیوار فستوکای پابلند (*Festucaarundinacea*L.) عنوان کردند، در شرایط تنش خشکی عمق نفوذ ریشه در سه کولتیوار این چمن افزایش پیدا کرد.



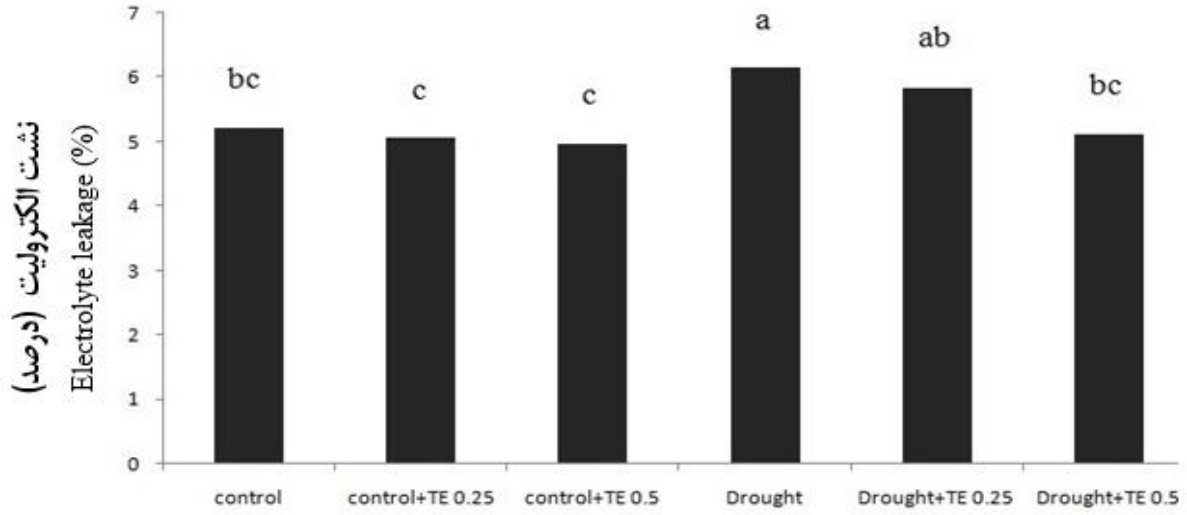
شکل ٤- تأثیر ترینگزاپک اتیل و تنش خشکی بر محتوی آب نسبی علف گندمی

Figure 4. Effect of Trinexapac-ethyl and drought on Wheatgrass relative water content

حروف متفاوت نشاندهنده وجود تفاوت معنی دار در آزمون LSD در سطح ۵ درصد است

Means with different letter are significant in LSD test at 5% level

www.SID.ir

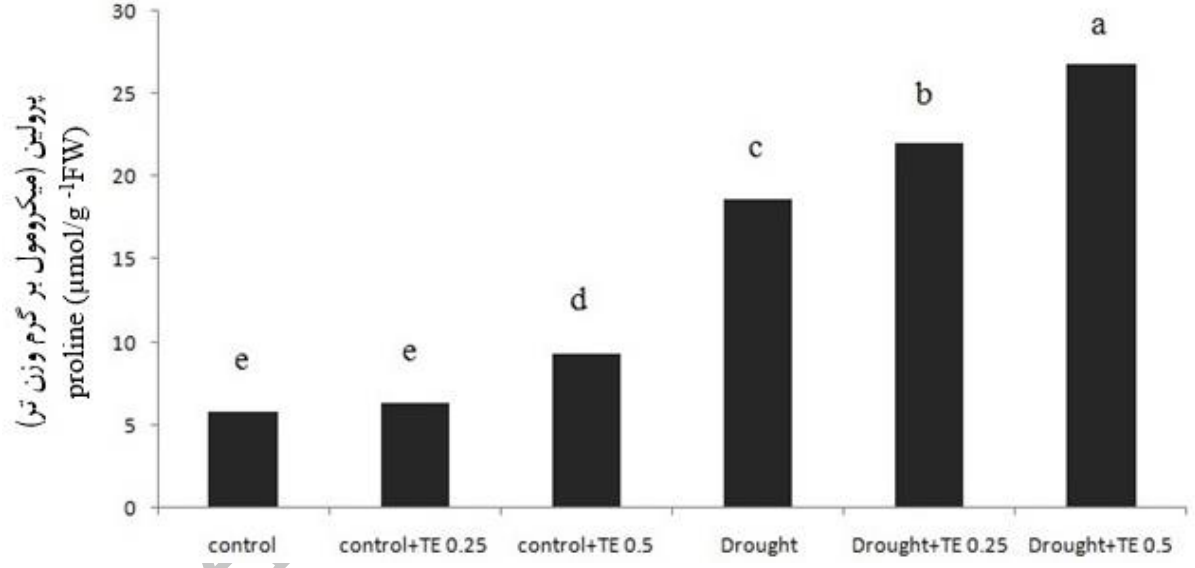


شکل ۵- تأثیر متقابل ترینگزاپک اتیل × تنش خشکی بر نشت الکترولیت علف گندمی

Figure 5- Interaction effect of trinexapac-ethyl ×drought stress on wheatgrass electrolyte leakage

حروف متفاوت نشاندهنده وجود تفاوت معنی دار در آزمونLSD در سطح ۵ درصد است

Means with different letters are significant in LSD test at 5% level



شکل ٦- تأثیر ترینگزاپک اتیل × تنش خشکی بر میزان پرولین علف گندمی

Figure 6-Interaction effect of trinexapac-ethyl ×drought on wheatgrass proline content

حروف متفاوت نشاندهنده وجود تفاوت معنی دار در آزمون LSD در سطح ۵ درصد است

Means with different letters are significant in LSD test at 5% level

نتایج هوانگ (۲۹) نشان داد، رشد ریشه ی ۴ گونه چمن در شرایط تنش خشکی کاهش یافته و عمق موثر ریشه افزایش یافته است. همچنین نتایج نشان دادند که تیمار ترینگزاپک اتیل تأثیر معنی‌داری بر عمق نفوذ ریشه و عمق موثر ریشه نداشته است (جدول ۱) که با نتایج جیانگ و فرای (۳۲)، فاگرنس و یلورتون (۲۱) و بیزلی و همکارن (۸) مطابقت دارد. مکان و هوانگ (۳۹) اثر ترینگزاپک اتیل در مقاومت به تنش خشکی و گرما را بررسی کردند، در پایان مشخص شده این تنظیم کننده تأثیر معنی‌داری بر روی عمق نفود ریشه نداشت. بالدوین همکاران (۴) گزارش کردند، ترینگزاپک اتیل در شرایط تنش شوری، موجب بهبود صفات ریشه در برموداگراس گشت که این تأثیر معنی‌دار نبود.

www.SID.ir

نتیجه‌گیری کلی

نتایج نشان داد تنظیم کننده ترینگزاپک اتیل با افزایش کلروفیل، محتوی نسبی آب، مقدار پرولین، کیفیت و کاهش نشت الکترولیت و ارتفاع تحت تنش خشکی، آسیب‌های ناشی از تنش خشکی بر چمن را کاهش داده و موجب افزایش مقاومت به تنش خشکی در گونه ی مورد آزمایش شده است. با توجه به نبود تفاوت معنی‌دار بین غلظت‌های ۰/۲۵ و ۰/۵ کیلوگرم در هکتار ترینگزاپک اتیل، غلظت ۰/۲۵ کیلوگرم در هکتار ترینگزاپک اتیل جهت افزایش مقاومت به خشکی علف گندمی توصیه می‌گردد.

فهرست:

1- Abdul Jaleel C., Gopi R., Manivannan P., and Panneerselvam R. 2008. Exogenous application of triadimefon affects the antioxidant defense system of WithaniasomniferaDunal. Pesticide Biochemistry and Physiology. 91(3):170-174.
2- Abrahama E.M., Huang B., Bonosb S.A., and Meyerb W.A. 2004. Evaluation of Drought Resistance for Texas Bluegrass, Kentucky Bluegrass, and Their Hybrids. Crop Science, 44: 1746-1753.
3- Allard G., Nelson C.J., and Pallardy S.G. 1991. Shade effects on growth of tall fescue: I. Leaf anatomy and dry matter partitioning. Crop Science. 31: 163-167.
4- Baldwin C.M., Liu H.B., McCarty L.B., Bauerle W.L., and Toler J.E. 2006. Effects of trinexapac-ethyl on the salinity tolerance of two ultradwarfbermudagrass cultivars. HortScience. 41: 808–814.
5- Barrs H.D., and Weatherley P.E. 1962. A re-examination of the relative turgidity technique for estimating water deficits in leaves. Journal of Biological Sciences. 24: 519-570.
6- Beard J.B., and Sifers S.I. 1997. Genetic diversity in dehydration avoidance and droutght resistance within the Cynodon and Zoysia species. International Turfgrass Society. 8: 603–610.
7- Beasley J.S., and Branham B.E. 2007. Trinexapac-ethyl and paclobutrazol affect Kentucky bluegrass single-leaf carbon exchange rates and plant growth. Crop Science. 47(1): 132-138.
8- Beasley J.S., Branham B.E. and Ortiz-Ribbing L.M. 2005. Trinexapac-ethyl Affects Kentucky Bluegrass Root Architecture. HortScience. 40: 1539-1542.
9- Betes L.S., Waldren R.P., and Teare I.D. 1973. Rapid determination of free proline for water stress studies. Plant and soil science. 39: 205-207.
10- Bian X., Merewitz E., and Huang B. 2009. Effects of Trinexapac-ethyl on Drought Responses in *Creeping Bentgrass* Associated with Water Use and Osmotic Adjustment. HortScience. 134: 505–510.
11- Bingaman B.R., Christians N.E., and Gardner D.S. 2001. Trinexapac-ethyl effects on rooting of Kentucky bluegrass (*Poa pratensis*) sod. International Turfgrass Society. 9: 832–834.
12- Blum A. 1974. Genotypic responses in sorghum to drought stress, II. Leaf tissue water relations. Crop Science. 14: 691-692.
13- Blum A., and Ebercon A. 1981. Cell memberane stability as a measure of drought and heat tolerance in wheat. Crop Science. 21: 43-47.
14- Carrow R.N., and Duncan R.R. 2003. Improving drought resistance and persistence in turf-type tall fescue. Crop Science. 43: 978–984.
15- DaCosta M. 2006. Physiological and Morphological Characteristics Associated with Drought Resistance Mechanisms in Bentgrass Species. Rutgers the State University of New Jersey - New Brunswick.
16- Daniels R.W., and Sugden S.K. 1996. Opportunities for Growth Regulation of Amenity Grass. Pesticide Science. 47: 363-369.
17- Ehrler W.L., and Van Bavel C.H.M. 1967. Sorghum foliar responses to changes in soil water content. Agronomy Journal. 59: 243-246.
18- Ervin E.H., and Koski A.J. 2001. Kentucky bluegrass growth responses to Trinexapac-ethyl, traffic, and nitrogen. Crop Science. 41:1871-1877.
19- Ervin E.H., Zhang X., Askew S.D., and Goatley J.M. 2004. Trinexapac-ethyl, Propiconazole, Iron, and Biostimulant Effects on Shaded *Creeping Bentgrass*. HortTechnology. 14: 500-506.
20- Etemadi E., Khalighi A., Razmjoo J., Lessani H., and Zamani Z. 2005. Drought resistance of selected bermudagrass (*Cynodondactylon* (L.) Pers.) Accessions. International Journal of Agriculture and Biology. 7: 612-615.
21- Fagerness M.J., and Yelverton F.H. 2001. Plant Growth Regulator and Mowing Height Effects on Seasonal Root Growth of Penncross *Creeping Bentgrass*. Crop Science. 41: 1901–1905.
22- Fagerness M.J., Yelverton F.H., Livingston D.P., and Rufty T.W. 2002. Temperature and Trinexapac-ethyl effects on Bermudagrass growth, dormancy, and freezing tolerance. Crop Science. 42: 853- 857.
23- Fan G., Bian X., Li H., Meng Z., and Liu S. 2009. Growth responses of Kentucky bluegrass (*Poa pratensis* L.) to

Archive of SID

www.SID.ir

trinexapac-ethyl applied in spring and autumn. Frontiers of Agriculture. 3: 186-189.
24- 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.
25- Grossmann K. 1992. Plant growth retardants: their mode of action and benefit for physiological research. Current plant science and biotechnology in agriculture. 788-797.
26- Heckman N.L., Gaussoin R.E., and Horst G.L. 2001. Multiple trinexapac-ethyl applications reduce Kentucky bluegrass sod storage temperatures. HortTechnology. 11: 595–598.
27- Heckman N.L., Horst G.L., Gaussoin R.E., and Frank K.W. 2001. Storage and handling characteristics of trinexapac-ethyl treated Kentucky bluegrass sod. HortScience. 36: 1127–1130.
28- Heckman, N.L., Horst G.L., Gaussoin R.E., and Young L.J. 2001. Heat tolerance of Kentucky bluegrass as affected by trinexapac-ethyl. HortScience. 36: 365–367.
29- Huang B. 1997. Drought-Resistance Mechanisms of Seven Warm- Season Turfgrasses under Surface Soil Drying: I. Shoot Response. Crop Science. 1858-1863.
30- Huang B., and Fu J. 2001. Growth and Phsiological Responses of Tall Fescue to Surface Soil Drying. Journal of Intelligent Transportation Systems. 291-296.
31- Huang B., and Gao H. 2000. Root physiological characteristics associated with drought resistance in tall fescue cultivars. Crop Science. 40: 196-203.
32- Jiang H., and Fry J. 1998. Drought responses of perennial ryegrass treated with plant growth regulators. HortScience. 33: 270–273.
33- Lichtenhaler H.K. 1987. Chlorophylls and carotenoids, the pigments of photosynthetic biomembranes. In: R. Douce and L. Packer (eds.). Methods Enzymol. Academic Press Inc, New York. PP. 350-382.
34- Lickfeldt D.W., Gardner D.S., Branham B.E., and Voigt T.B. 2001. Implications of repeated trinexapac-ethyl applications on Kentucky bluegrass. Journal of Agronomy and Crop Science. 93: 1164–1168.
35- Marcum K.B. 1998. Cell memberanethermostability and whole-plant heat tolerance of Kentucky bluegrass. Crop Science. 38: 1214-1218.
36- 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 Plant Physiology. 8(5) 385 – 393.
37- Malonaka K., Oaiawa T., and Imagawa H. 2006. Changes in chloroplast peroxidase activities in relation to chlorophyll loss in barley leaf segments. PhysiologiaPlantarum. 80(4): 555–560
38- Medrano H., Escalona J.M., Gulias G., and Flexas J. 2002. Regulation of photosynthesis of C3 plant in response to progressive drought: stomatal conductance as reference parametr. Annals of Botany: Oxford Journals. 595: 889-905.
39- McCann S.E., and Huang B. 2007. Effects of trinexapac-ethyl foliar application on *creeping bentgrass* responses to combined drought and heat stress. Crop Science. 47: 2121–2128.
40- McCullough P.E., Liu H., McCarty L.B., Whitwell T., and Toler J.E. 2006. Bermudagrass putting green growth, color, and nutrient partitioning influenced by nitrogen and trinexapac-ethyl. Crop Science. 46: 1515–1525.
41- Morris, K. N. 2002. A guide to NTEP turfgrass rating. A publication of the National Turfgrass Evaluation program, NETP. 11: 30-39.
42- Nilsen E.T., and D.M. Orcutt. 1996. Physiology of plants under stress. Abiotic factors. John Wiley & Sons, New York.
43- Pannacci, E., Covarelli G., and Tei F. 2004. Evaluation of trinexapac-ethyl for growth regulation of five cool-season turfgrass species. Acta Horticulturae. 661: 349–351.
44- Pessarakli M. 2008. Handbook of turfgrass management and physiology. CRC Press, Boca Raton, Florida.
45- Stier J.C., and Rogers J.N. 2001. Trinexapac-Ethyl and Iron Effects on Supina and Kentucky Bluegrasses Under Low Irradiance. Crop Science. 41: 457–465.
46- 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.
47- 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.
48- Xu, C., and Huang B. 2011. Proteins and Metabolites Regulated by Trinexapac-ethyl in Relation to Drought Tolerance in Kentucky bluegrass. Journal of Plant Growth Regulation. 31: 25-37.
49- Zulini, L., Rubinigg, M., Zorer, R., and Bertamini M. 2007. Effects of drought stress on chlorophyll fluorescence and photosynthetic pigments in grapevine leaves (*Vitisvinifera* cv. 'White Riesling'). Acta Horticulturae. 754: 289-294.

Archive of SID

www.SID.ir