

اثر ترینگزپک اتیل بر کیفیت و ویژگی های فیزیولوژیک چمن لولیوم دائمی (*Lolium perenne* L.) در شرایط شوری

رحیم امیری خواه^۱، نعمت اله اعتمادی^{۲*}، شکوفه فرهمند^۳ و علی نیکبخت^۴
۱. دانشجویان سابق کارشناسی ارشد دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان
۲. دانشیار دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان
۳. استادیار دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان
(تاریخ دریافت: ۹۰/۱۲/۱۴ - تاریخ تصویب: ۹۱/۵/۲۷)

چکیده

چمن از مهم ترین گیاهان پوششی و از عناصر اصلی و جزء لاینفک طراحی فضای سبز به شمار می آید. تنظیم کننده های رشد گیاهی مثل بازدارنده های رشد به طور گسترده ای در مدیریت چمن برای کاهش رشد رویشی و در نتیجه کاهش نیاز آبی استفاده می شوند. این آزمایش برای بررسی کاربرد ترینگزپک اتیل در شرایط تنش شوری بر میزان رشد، کیفیت ظاهری و ویژگی های فیزیولوژیک چمن لولیوم چندساله انجام شد. تیمارهای به کاررفته شامل چهار سطح شوری [۱/۵ (شاهد)، ۲/۵، ۵/۰ و ۷/۵ دسی زیمنس بر متر] و سه سطح ترینگزپک اتیل [۰، ۰/۰۲ و ۰/۰۴ گرم در مترمربع] بودند. نتایج نشان داد که هر دو تیمار شوری و ترینگزپک اتیل سبب کاهش معنادار میزان رشد چمن لولیوم چندساله می شود، اگرچه بین دو غلظت ۰/۰۲ و ۰/۰۴ گرم در مترمربع ترینگزپک اتیل تفاوت معناداری از نظر میزان رشد وجود نداشت. کاربرد ترینگزپک اتیل، عمق نفوذ ریشه، وزن تر و خشک ریشه را افزایش داد و تیمار شوری موجب کاهش آن ها شد. نتایج نشان داد که میزان کلروفیل کل، کلروفیل آ، کلروفیل ب و غلظت پرولین با کاربرد ترینگزپک اتیل افزایش یافتند، در حالی که ترینگزپک اتیل تأثیر معناداری بر غلظت کاروتنوئیدها نداشت. تیمار شوری میزان کلروفیل کل، کلروفیل آ، کلروفیل ب و کاروتنوئیدها را کاهش داد ولی سبب افزایش میزان پرولین چمن شد. نتایج این پژوهش نشان داد برای بهبود مقاومت به شوری چمن لولیوم چندساله تا شوری ۲/۵ دسی زیمنس و کاهش تعداد دفعات سربرداری، می توان از کاربرد ماهانه ۰/۰۲ گرم در مترمربع ترینگزپک اتیل استفاده کرد.

واژه های کلیدی: پرولین، ترینگزپک اتیل، تنش شوری، لولیوم دائمی، میزان رشد.

مقدمه

بسیاری از مناطق جهان است (Kamal Uddin, 2009). در ایران به جز بخش های شمال کشور بقیه مناطق جزء مناطق خشک و نیمه خشک محسوب می شوند. قسمتی از مناطق مرکزی و جنوبی خاک شور دارد و آب های زیرزمینی نیز حاوی مقادیر زیادی املاح هستند (Mir Mohammad Meybodi et al., 2002).

در سال های اخیر کمبود منابع آب سبب افزایش شوری آب های زیرزمینی نیز شده است. با توجه به

چمن لولیوم چندساله یکی از رایج ترین گونه های چمن فصل سرد است که در چمن کاری ها و زمین های ورزشی در ترکیب با پوآی معمولی استفاده می شود. در مناطقی که زمستان ها و تابستان ها معتدل است و رطوبت کافی وجود دارد، لولیوم چندساله به منزله نوعی چمن دائمی بهترین سازگاری را دارد (Christans, 2004). شوری خاک یکی از فاکتورهای اصلی کاهش رشد گیاهان در

روزنه‌ای و جلوگیری از زوال کلروفیل به تأخیر می‌اندازد. چنین واکنش‌های فیزیولوژیک مثبتی مقاومت چمن به تنش‌های محیطی را بهبود می‌دهد (Pessarakli, 2008). هدف از این آزمایش ارزیابی اثر کاربرد ترینگزپاک‌اتیل بر میزان رشد بخش هوایی و ریشه چمن، مقایسه پاسخ‌های رشدی چمن لولیوم چندساله در شرایط تنش شوری و سطوح مختلف ترینگزپاک‌اتیل و تعیین سطح مناسب ترینگزپاک‌اتیل در این شرایط بر این گونه چمن است.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در سال ۱۳۹۰ در گلخانه آموزشی-پژوهشی (با ۲۵-۲۷ درجه سانتی‌گراد دمای روز، ۲۰-۲۲ درجه سانتی‌گراد دمای شب و حداکثر رطوبت نسبی ۸۵ درصد) و آزمایشگاه‌های گروه علوم باغبانی دانشکده کشاورزی دانشگاه صنعتی اصفهان انجام شد. این آزمایش به صورت اسپلیت پلات در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار و دو گلدان در هر تکرار انجام گرفت. توپ‌ها^۱ از پلات‌های چمن لولیوم چندساله مخلوط رقم‌های "Numan" و "Capri" با نسبت مساوی ۵۰ درصد (بذر تولید شرکت Mommersteeg کشور هلند) که یک سال از زمان استقرار آن‌ها گذشته بود تهیه شد. پس از شست‌وشوی خاک از ریشه‌ها، توپ‌های چمن به گلدان‌های با قطر دهانه ۲۰ سانتی‌متر حاوی مخلوط پیت و پرلایت به‌منزله محیط کشت منتقل شدند. پس از گلدان‌گیری، هر گلدان دو روز یک‌بار با ۲۰۰ سی‌سی از محلول یک‌درصد کود کامل Planta (۲۰-۶-۱۹) محلول‌دهی شد. گیاهان دو هفته یک‌بار از ارتفاع ۴ سانتی‌متری سرزنی می‌شدند. بعد از استقرار کامل چمن‌ها (دو ماه پس از کشت) تیمارها اعمال شدند. سطوح شوری شامل شاهد (محلول غذایی با EC ۱/۵ دسی‌زیمنس بر متر)، ۲/۵، ۵/۰ و ۷/۵ دسی‌زیمنس بر متر بودند. بدین منظور از نمک کلرید سدیم با درجه خلوص ۹۹/۹ درصد تولید شرکت «گوهر ناب» استفاده شد. کاربرد ترینگزپاک‌اتیل دو هفته بعد از اعمال تیمار شوری شروع شد و دو بار با

محدودیت منابع آبی، استفاده از آب‌های با املاح بالا و آب‌های با کیفیت پایین در فضای سبز شهری اجتناب‌ناپذیر است. اثرات زیان‌بار شوری بر چمن‌ها شامل تنش اسمزی، سمیت یون‌ها و اختلالات تغذیه‌ای است (Marcun, 1999). شوری سبب ضعیف‌شدن چمن‌ها و کاهش رشد و کیفیت آن‌ها می‌شود. Roohollahi و همکاران (2009) اثر سطوح شوری را بر جوانه‌زنی و رشد اولیه سه جنس چمن پوآ، سینودون و لولیوم بررسی کردند. آن‌ها گزارش کردند سرعت جوانه‌زنی در شوری ۴ دسی‌زیمنس بر متر به‌طور معناداری بیشتر از تیمار شاهد بود ولی تفاوت معناداری در درصد و سرعت جوانه‌زنی بین این سه چمن مشاهده نشد. روش‌های مرسوم برای کاهش تنش شوری شامل کاشت چمن‌های مقاوم به شوری، آب‌شویی نمک‌های اضافی، اصلاح خاک با جایگزینی یا آب‌شویی سدیم و کلر از خاک و بهبود زهکش خاک با ایجاد زهکش‌های زیرسطحی است (McCarty, 2005).

تنظیم‌کننده‌های رشد گیاهی، مثل بازدارنده‌های رشد به‌طور گسترده‌ای در مدیریت چمن استفاده می‌شوند. در گذشته، مشکل اصلی استفاده گسترده نکردن از تنظیم‌کننده‌های رشد گیاهی اثرهای مخرب زیست‌محیطی، کارایی نامطمئن، اثرات منفی بر کیفیت چمن و کاهش رشد چمن در شرایط تنش‌های زنده و غیرزنده بود (Watschke & Dipaola, 1995). اما ترینگزپاک‌اتیل یکی از بازدارنده‌های رشد گیاهی که رشد عمودی شاخساره را کم کرده و در بهبود کیفیت و زیبایی چمن نیز مؤثر است. ترینگزپاک‌اتیل از بازدارنده‌های جیبرلیک‌اسید است که ساختاری مشابه ۲-اگزاگلوکاتارات دارد و بنابراین به‌طور مؤثر طول‌شدن سلولی را کاهش می‌دهد (Rademacher, 2000; Ervin & Koski, 2001). از جمله پاسخ چمن به ترینگزپاک‌اتیل ممکن است شامل رنگ سبز تیره‌تر، افزایش تراکم شاخساره و برگ‌های کوچک‌تر و متراکم‌تر است (Pessarakli, 2008). کاربرد ترینگزپاک‌اتیل سطوح سایتوکنین زآتین ریبوزاید بافت را افزایش می‌دهد. سایتوکنین‌ها پیری را از طریق تعدادی از مکانسیم‌ها شامل خاصیت آنتی‌اکسیدانی، بازداشتن تنفس، کاهش آنزیم‌های مخرب (لیپاز و لیپواکسیژناز)، بسته نگه‌داشتن

تأثیر معناداری در سطح یک‌درصد بر میزان رشد چمن لولیوم چندساله داشت. نتایج نشان داد که کاربرد ترینگزپکاتیل بر چمن لولیوم چندساله سبب کاهش معناداری در میزان رشد نسبت به شاهد شد. این میزان کاهش رشد نسبت به شاهد برای دو غلظت ۰/۰۲ و ۰/۰۴ گرم در مترمربع ترینگزپکاتیل به ترتیب ۳۸ و ۴۶ درصد بود. اگرچه دو غلظت ۰/۰۲ و ۰/۰۴ سبب کاهش معنادار رشد نسبت به شاهد شد، بین دو غلظت تفاوت معناداری مشاهده نشد (جدول ۱). مقایسه میانگین اثر اصلی تیمار شوری بر میزان رشد نشان داد که میزان رشد با افزایش میزان شوری به طوری پیوسته نسبت به شاهد کاهش یافت (جدول ۲).

اثر ترینگزپکاتیل در طول زمان نشان داد که کاهش رشد از همان هفته اول بعد از تیمار شروع شد و حداکثر میزان کاهش رشد چمن لولیوم چندساله در هفته دوم بعد از هر بار کاربرد اتفاق افتاد که برای غلظت ۰/۰۲ و ۰/۰۴ گرم در مترمربع ترینگزپکاتیل به ترتیب ۵۳/۸۰٪ و ۶۵/۲۱٪ نسبت به شاهد بود. در هفته سوم و چهارم بعد از هر کاربرد کاهش رشد ایجاد شده با ترینگزپکاتیل روند کاهشی داشت (شکل ۱).

نتایج اثر متقابل تیمار ترینگزپکاتیل و شوری بر میزان رشد چمن لولیوم نشان داد که در هر غلظت ترینگزپکاتیل، با بالا رفتن میزان شوری، میزان رشد به‌طور مداوم کاهش یافت. در هر سطح شوری، افزایش غلظت ترینگزپکاتیل به ۰/۰۲ یا ۰/۰۴ میزان رشد را نسبت به شاهد کاهش داد. بیشترین میزان رشد مربوط به گیاهان شاهد بود، درحالی‌که کمترین میزان رشد را گیاهان تیمار شده با ۰/۰۴ گرم در مترمربع در سطح شوری ۷/۵ دسی‌زیمنس بر متر به خود اختصاص دادند (شکل ۲).

کیفیت

تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که تیمار شوری اثر معناداری بر کیفیت چمن در سطح یک‌درصد داشت، درحالی‌که اثر ترینگزپکاتیل و اثر متقابل آن با تیمار شوری معنادار نشد. نتایج نشان داد که تیمار ترینگزپکاتیل تأثیر معناداری بر کیفیت چمن لولیوم چندساله نسبت به شاهد ایجاد نکرد (جدول ۱). نتایج موجود در جدول ۲ نشان داد که تیمار شوری سبب

فاصله چهار هفته در غلظت‌های صفر (آب مقطر)، ۰/۰۲ و ۰/۰۴ گرم ماده مؤثره در مترمربع به‌صورت محلول‌پاشی به کار رفت. بعد از محلول‌پاشی ترینگزپکاتیل، میزان رشد هر هفته از هر واحد آزمایشی به‌طور تصادفی از سه نقطه از چمن توسط خط‌کش با دقت ۱ میلی‌متر اندازه‌گیری و سپس میانگین‌ها یادداشت شد. پس از اندازه‌گیری میزان رشد چمن‌ها از ارتفاع ۵ سانتی‌متری سرزنی شدند. کیفیت چمن براساس رنگ، تراکم، بافت و یکنواختی چمن هر دو هفته یک‌بار پس از کاربرد ترینگزپکاتیل ثبت شد. کیفیت به‌صورت ظاهری براساس روش NTEP^۱ (مقیاس ۱ تا ۹ که در آن عدد ۹ نشان‌دهنده چمن سبز، متراکم و یکنواخت، و عدد ۱ بیانگر چمن کاملاً قهوه‌ای است) برآورد شد. ۶ هفته پس از اولین کاربرد ترینگزپکاتیل میزان کلروفیل آ، کلروفیل ب، کلروفیل کل و کاروتنوئید چمن به روش لیشتنتالر اندازه‌گیری شد (Lichtenhaler, 1987). میزان پرولین آزاد نمونه‌های برگ، ۷ هفته پس از کاربرد ترینگزپکاتیل (۹ هفته پس از اعمال تنش شوری) به روش بیتز و همکاران اندازه‌گیری شد (Bates et al., 1973). پس از اتمام آزمایش چمن‌ها از گلدان خارج شد، سپس بخش هوایی و ریشه‌ها از هم تفکیک شدند. با استفاده از خط‌کش عمق نفوذ و عمق بیشترین تراکم ریشه اندازه‌گیری شد. پس از اندازه‌گیری وزن تر به‌منظور اندازه‌گیری وزن خشک ریشه، ریشه‌ها به‌مدت ۴۸ ساعت در آون دارای دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد قرار گرفتند و سپس وزن شدند. تجزیه واریانس داده‌های توسط نرم‌افزار سیستم پردازش آماری SAS (نسخه ۹/۱) انجام شد و مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون حداقل تفاوت معنادار^۲ و میانگین اثرات متقابل در صورت معنادار بودن توسط نرم‌افزار MSTATC مقایسه شدند.

نتایج

میزان رشد

نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که تیمارهای ترینگزپکاتیل و شوری و اثر متقابل آن‌ها

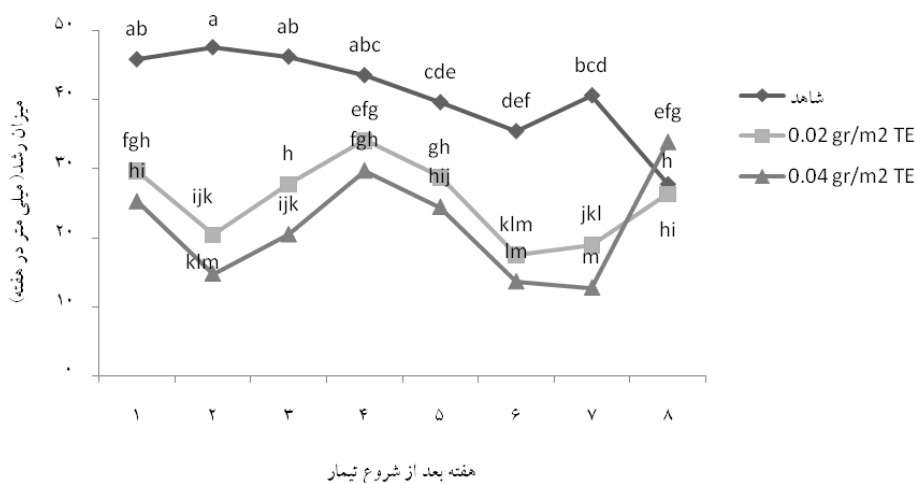
1. National turfgrass Evaluation program (NTEP)
2. Least significant difference (LSD)

کاهش معنادار کیفیت چمن شد، به طوری که با افزایش میزان شوری کیفیت چمن به طور مداوم کاهش یافت و بین سطوح مختلف شوری تفاوت معناداری وجود داشت.

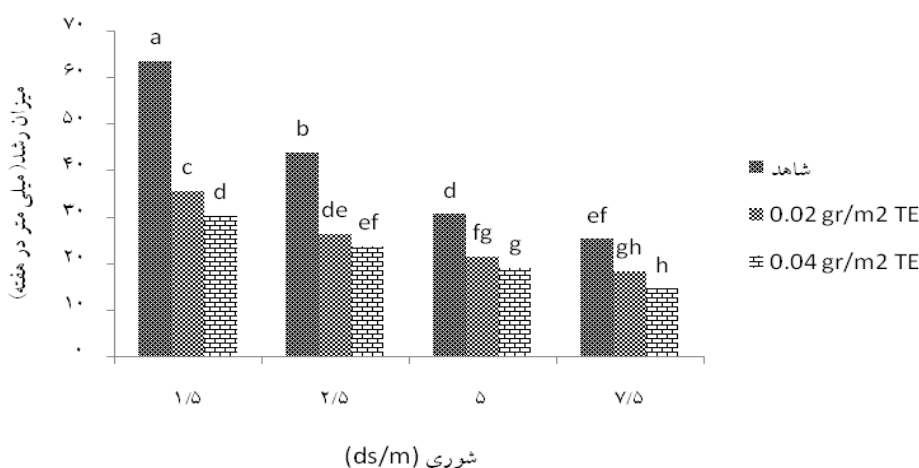
جدول ۱. مقایسه میانگین اثر سطوح مختلف ترینگزپاک‌اتیل بر خصوصیات رشدی چمن لولیوم چندساله

وزن خشک ریشه (گرم بر گلدان)	وزن تر ریشه (گرم بر گلدان)	عمق بیشترین تراکم ریشه (سانتی‌متر)	عمق نفوذ ریشه (سانتی‌متر)	کیفیت (۹-۱)	میزان رشد (میلی‌متر در هفته)	ترینگزپاک اتیل (گرم در مترمربع ماده مؤثره)
۱/۱۴ b	۷/۲۴ b	۶/۰۸ a	۱۲/۱۴ b	۶/۰۲ a	۴۰/۸۰ a†	۰
۱/۵۵ a	۱۰/۳۵ a	۶/۹۶ a	۱۴/۹۳ a	۵/۵۹ a	۲۵/۴۳ b	۰/۰۲
۱/۵۰ a	۱۱/۳۵ a	۶/۳۸ a	۱۳/۸۷ ab	۵/۳۳ a	۲۱/۸۶ b	۰/۰۴

† در هر ستون میانگین‌هایی که حداقل یک حرف مشترک دارند بر اساس آزمون LSD در سطح ۵ درصد اختلاف معنادار ندارند.



شکل ۱. اثر ترینگزپاک‌اتیل در طول زمان بر میزان رشد چمن لولیوم چندساله

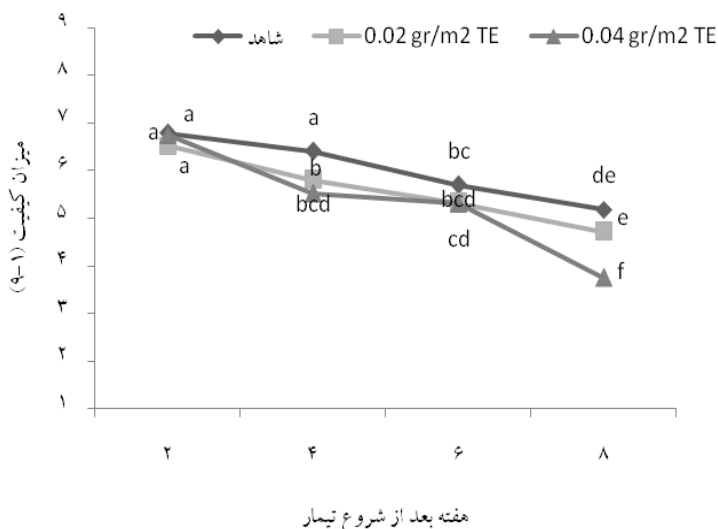


شکل ۲. اثر متقابل ترینگزپاک‌اتیل و شوری بر میزان رشد چمن لولیوم چندساله

بین غلظت‌های مختلف در طول زمان به جز در هفته ۴ و ۸ بعد از شروع تیمار وجود نداشت. در هفته ۸ بعد از

بررسی اثر ترینگزپاک‌اتیل طی هفته‌های پس از آغاز تیمارها نشان داد که اختلاف معناداری از لحاظ کیفیت

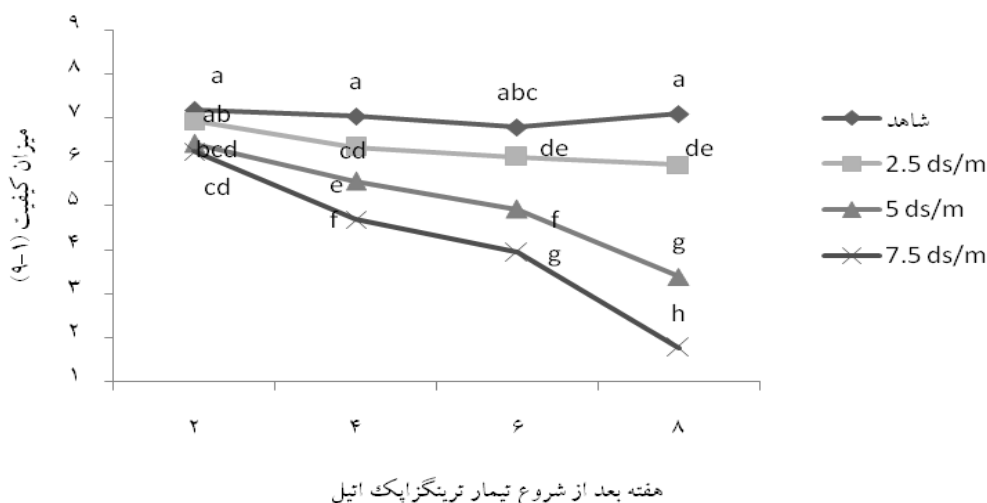
شروع تیمار غلظت ۰/۰۴ گرم در مترمربع سبب کاهش معنادار کیفیت چمن نسبت به شاهد شد (شکل ۳).



شکل ۳. اثر ترینگزاپکاتیل در طول زمان بر کیفیت چمن لولیوم چندساله

چمن مربوط به تیمار شاهد در هفته ۲ بعد از شروع تیمار (۴ هفته بعد از شروع تیمار شوری) و بدترین کیفیت مربوط به چمن‌های آبیاری شده با شوری ۷/۵ دسی‌زیمنس بر متر در هفته ۸ بعد از شروع تیمار مشاهده شد (شکل ۴).

بررسی نتایج اثر شوری در زمان بر کیفیت چمن نشان داد که در تمامی سطوح شوری به جز شاهد در طول زمان میزان کیفیت کاهش یافت اگرچه این کاهش در میزان کیفیت در سطح ۲/۵ دسی‌زیمنس بر متر اختلاف معناداری در طول زمان نداشت. بهترین کیفیت



شکل ۴. اثر تیمار شوری در طول زمان بر کیفیت چمن لولیوم چندساله

ویژگی‌های ریشه: نتایج نشان داد که ترینگزاپکاتیل سبب افزایش معنادار وزن تر، وزن خشک و عمق نفوذ ریشه نسبت به شاهد شد، درحالی‌که بین دو غلظت ۰/۰۲ و ۰/۰۴ گرم در مترمربع تفاوت معناداری مشاهده نشد. درصد افزایش میزان وزن تر ریشه نسبت به شاهد برای دو غلظت ۰/۰۲ و ۰/۰۴ گرم در مترمربع

برای دو غلظت ۰/۰۲ و ۰/۰۴ گرم در مترمربع تفاوت معناداری مشاهده نشد. درصد افزایش میزان وزن تر ریشه نسبت به شاهد برای دو غلظت ۰/۰۲ و ۰/۰۴ گرم در مترمربع

عمق بیشترین تراکم ریشه به‌طور مداوم کاهش یافت، به‌طوری‌که کمترین میزان وزن تر و خشک ریشه، عمق نفوذ و عمق بیشترین تراکم ریشه مربوطه به چمن‌های تحت شوری ۷/۵ دسی‌زیمنس بر متر بود (جدول ۲).

ترینگزپاک‌اتیل به‌ترتیب ۳۰ و ۳۶/۲۱ درصد بود (جدول ۱). مقایسه میانگین اثر تیمار شوری بر خصوصیات ریشه نشان داد که شوری سبب کاهش معنادار خصوصیات ریشه نسبت به شاهد شد. با افزایش میزان شوری میزان وزن تر و خشک ریشه، عمق نفوذ و

جدول ۲. مقایسه میانگین اثر تنش شوری بر خصوصیات رشدی چمن لولیوم چندساله

شوری (دسی‌زیمنس بر متر).	میزان رشد (میلی‌متر در هفته)	میزان کیفیت (۹-۱)	عمق نفوذ ریشه (سانتی‌متر)	عمق بیشترین تراکم ریشه (سانتی‌متر)	وزن تر ریشه (گرم بر گلدان)	وزن خشک ریشه (گرم بر گلدان)
۱/۵	۴۳/۱۱ a †	۷/۰۲ a	۱۷/۰۰ a	۷/۶۱ a	۱۱/۵۵ a	۲/۱۸ a
۲/۵	۳۱/۳۰ b	۶/۳۳ b	۱۴/۰۴ b	۷/۰۰ a	۱۰/۴۳ ab	۱/۵۲ b
۵/۰	۲۳/۶۷ c	۵/۰۷ c	۱۲/۷۸ b	۶/۰۶ b	۸/۷۱ bc	۰/۹۷ c
۷/۵	۱۹/۳۷ d	۴/۱۶ d	۱۰/۷۶ c	۵/۲۲ b	۷/۸۸ c	۰/۹۰ c

† در هر ستون میانگین‌هایی که حداقل یک حرف مشترک دارند براساس آزمون LSD در سطح ۵ درصد اختلاف معنادار ندارند.

میزان کلروفیل

نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که تیمار ترینگزپاک‌اتیل اثر معناداری در سطح ۵ درصد و تیمار شوری تأثیر معناداری در سطح یک‌درصد بر میزان کلروفیل چمن لولیوم چندساله داشتند. نتایج نشان داد که میزان کلروفیل کل، کلروفیل آ و کلروفیل ب در چمن‌های لولیوم چندساله تیمار شده با ترینگزپاک‌اتیل نسبت به گیاهان شاهد به‌طور معناداری بالاتر بودند. با افزایش میزان ترینگزپاک‌اتیل از ۰/۰۲ به ۰/۰۴ افزایش

معناداری در میزان کلروفیل کل، کلروفیل آ و کلروفیل ب چمن لولیوم چندساله مشاهده نشد (جدول ۳). میزان کلروفیل کل، کلروفیل آ و کلروفیل ب در چمن لولیوم چندساله با بالارفتن میزان شوری به‌طور مداوم کاهش یافت، به‌طوری‌که دو سطح ۵ و ۷/۵ دسی‌زیمنس بر متر اختلاف معناداری نسبت به شاهد دارند. میزان کلروفیل چمن لولیوم چندساله در سطح شوری ۲/۵ کاهش یافت، ولی این کاهش نسبت به شاهد معنادار نبود (جدول ۴).

جدول ۳. مقایسه میانگین اثر ترینگزپاک‌اتیل بر خصوصیات فیزیولوژیکی چمن لولیوم چندساله

ترینگزپاک‌اتیل (گرم در مترمربع ماده مؤثره)	کلروفیل آ (میلی‌گرم بر گرم وزن تر)	کلروفیل ب (میلی‌گرم بر گرم وزن تر)	کلروفیل کل (میلی‌گرم بر گرم وزن تر)	کاروتنوئید (میلی‌گرم بر گرم وزن تر)	پروکلین (میکروگرم در مترمربع ماده مؤثره)
۰	۱/۱۷ b †	۰/۴۳ b	۱/۶۰ b	۰/۳۱ a	۲۷/۸۲ c
۰/۰۲	۱/۵۳ a	۰/۵۷ a	۲/۱۰ a	۰/۳۶ a	۲۷/۳۶ b
۰/۰۴	۱/۵۶ a	۰/۵۷ a	۲/۱۴ a	۰/۳۷ a	۴۵/۸ a

† در هر ستون میانگین‌هایی که حداقل یک حرف مشترک دارند براساس آزمون LSD در سطح ۵ درصد اختلاف معنادار ندارند.

غلظت کاروتنوئید

نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که تیمار شوری تأثیر معناداری در سطح یک‌درصد بر میزان کاروتنوئید چمن لولیوم چندساله داشت. با بالارفتن میزان شوری غلظت کاروتنوئید چمن به‌طور مداوم کاهش یافت، به‌طوری‌که سطوح بالاتر شوری (۵ و ۷/۵ دسی‌زیمنس) با شاهد اختلاف معناداری دارد. کاهش در غلظت کاروتنوئید در پایین‌ترین سطح شوری (۲/۵ دسی‌زیمنس) نسبت به شاهد معنادار نشد (جدول ۴).

نتایج نشان داد که کاربرد ترینگزپاک‌اتیل تأثیر معناداری بر غلظت کاروتنوئید چمن لولیوم چندساله نداشت اگرچه ترینگزپاک‌اتیل میزان کاروتنوئید را نسبت به شاهد افزایش داد (جدول ۳).

میزان پروکلین

نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که تیمارهای ترینگزپاک‌اتیل و شوری و اثر متقابل آن‌ها تأثیر معناداری در سطح یک‌درصد بر میزان پروکلین چمن لولیوم چندساله داشتند. نتایج نشان داد که غلظت

بالارفتن میزان شوری غلظت پرولین در نمونه به‌طور خطی افزایش یافت، به‌طوری‌که حتی پایین‌ترین سطح شوری اختلاف معناداری نسبت به شاهد داشت (جدول ۴).

پرولین چمن‌های محلول پاشی شده با ترینگزپاکتیل (۰/۰۲ و ۰/۰۴) به‌طور معناداری نسبت به گیاهان شاهد بالاتر بود، به‌طوری‌که با افزایش غلظت ترینگزپاکتیل میزان پرولین در چمن افزایش یافت (جدول ۳). مقایسه میانگین اثر شوری بر میزان پرولین نشان داد که با

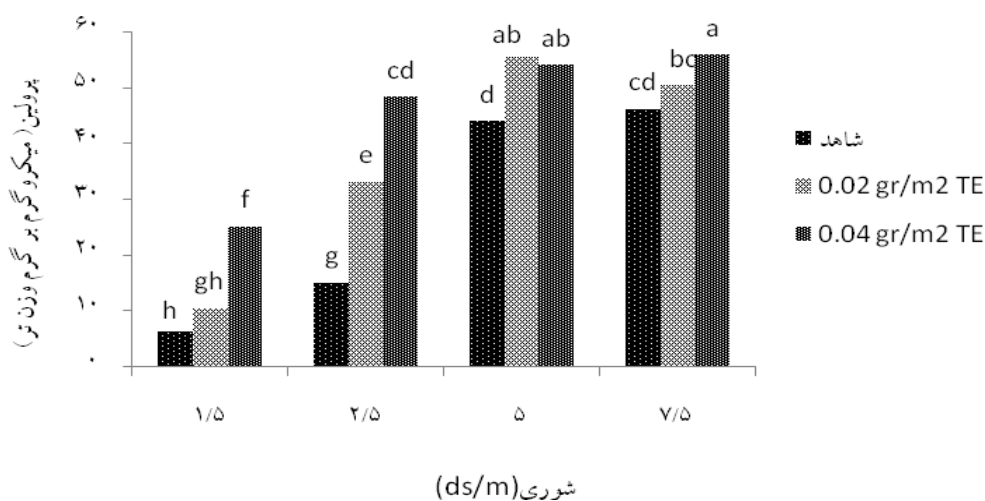
جدول ۴. مقایسه میانگین اثر تیمار شوری بر خصوصیات فیزیولوژیکی چمن لولیوم چندساله

شوری (دسی‌زیمنس بر متر)	کلروفیل آ (میلی‌گرم بر گرم وزن تر)	کلروفیل ب (میلی‌گرم بر گرم وزن تر)	کلروفیل کل (میلی‌گرم بر گرم وزن تر)	کاروتنوئید (میلی‌گرم بر گرم وزن تر)	پرولین (میکروگرم در گرم وزن تر)
شاهد (۱/۵)	۱/۷۵ a †	۰/۶۳ a	۲/۳۸ a	۰/۴۲ a	۱۳/۹۸ c
۲/۵	۱/۵۹ a	۰/۵۹ a	۲/۱۹ a	۰/۴۱ a	۳۲/۱۲ b
۵/۰	۱/۲۷ b	۰/۴۸ b	۱/۷۵ b	۰/۳۰ b	۵۱/۱۴ a
۷/۵	۱/۰۷ b	۰/۳۹ b	۱/۴۷ b	۰/۲۶ b	۵۰/۷۴ a

† در هر ستون میانگین‌هایی که حداقل یک حرف مشترک دارند براساس آزمون LSD در سطح ۵ درصد اختلاف معنادار ندارند.

به گیاهان شاهد درحالی‌که بیشترین میزان پرولین مربوط به گیاهان تیمار شده با ۰/۰۴ گرم در مترمربع در سطح شوری ۷/۵ دسی‌زیمنس بر متر بود (شکل ۵).

نتایج اثر متقابل تیمار ترینگزپاکتیل و شوری بر میزان پرولین چمن لولیوم نشان داد که در هر غلظت ترینگزپاکتیل، با بالارفتن میزان شوری میزان پرولین به‌طور خطی افزایش یافت. کمترین میزان پرولین مربوط



شکل ۵. اثر متقابل تیمار ترینگزپاکتیل و شوری بر غلظت پرولین چمن لولیوم چندساله

1996; Ervin & Johnson, 1998; Fan *et al.*, 2009; Roohollahi *et al.*, 2010) که با نتایج این پژوهش هماهنگی دارند هرچند Kafi و Roohollahi (2011) گزارش کردند کاربرد ترینگزپاکتیل در مراحل اولیه رشد دو کولتیوار چمن دائمی تأثیری نداشته است. یکی از نقش‌های اساسی جیبرلین در گیاهان رشد ساقه از

بحث

با توجه به نتایج به‌دست‌آمده از این آزمایش ترینگزپاکتیل سبب کاهش معنادار رشد عمودی چمن لولیوم چندساله در مقایسه با شاهد شد. کاهش رشد چمن‌های فصل سرد با کاربرد ترینگزپاکتیل در پژوهش‌های قبلی نشان داده شده (Daniels & Sugden,)

ترینگزپاک‌اتیل قرار نمی‌گیرد بلکه به دلیل کاهش طول‌شدن برگ، میزان بیشتری کلروفیل در واحد برگ وجود دارد (Fan *et al.*, 2009).

کاروتنوئیدها رنگدانه‌های زرد، نارنجی و قرمز محلول در چربی هستند که در گیاهان، جلبک‌ها، قارچ‌ها و باکتری‌ها سنتز می‌شود. کاروتنوئیدها از ترکیبات ثانویه گیاه هستند که در جذب نور و محافظت نوری گیاه دخالت دارند (Salisbury & Ross, 1992). با توجه به نتایج به‌دست‌آمده ترینگزپاک‌اتیل تأثیری معنادار بر غلظت کاروتنوئید چمن لولیوم نسبت به شاهد نداشت هر چند غلظت آن با افزایش غلظت ترینگزپاک‌اتیل افزایش یافته بود. Saker (2009) نشان داد که ترینگزپاک‌اتیل غلظت کاروتنوئید چمن پاسپالوم تحت تنش شوری را افزایش داد که نسبت به شاهد تفاوت معناداری داشت و از طرفی دیگر شوری به‌طور خطی غلظت رنگدانه‌های کاروتنوئید چمن را کاهش می‌دهد که با نتایج حاصل از این پژوهش هماهنگی دارد.

یکی از واکنش‌های سازگاری گیاه به تنش شوری ساخت و تجمع ترکیبات آلی با وزن مولکولی پایین در درون سیتوسل و اندامک‌هاست. پرولین یکی از مهم‌ترین محلول‌های سازگارکننده است که از طریق تنظیم اسمزی از تنش اسمزی جلوگیری می‌کند. پرولین فراوان‌ترین محلول تجمع‌یافته در گیاهان تحت تنش شوری گزارش شده است (Gorham *et al.*, 1985). پیشنهاد شده است که محلول‌های آلی سازگار، گلی‌سین بتائین و پرولین به‌طور نمونه در چمن‌های مقاوم به شوری تحت شرایط شوری تجمع می‌یابند (Rhodes & Hanson, 1993) به‌طوری‌که میزان تجمع این ترکیبات با میزان مقاومت به شوری همبستگی دارد (Marcun, 1999). بررسی نتایج این پژوهش نشان می‌دهد که با افزایش شوری میزان پرولین در چمن لولیوم چندساله افزایش می‌یابد به‌طوری‌که بیشترین میزان پرولین در بالاترین سطح شوری تولید شده است. از طرفی نتایج نشان داد که کاربرد ترینگزپاک‌اتیل میزان پرولین را افزایش داد، به‌طوری‌که با افزایش غلظت ترینگزپاک‌اتیل میزان پرولین به‌صورت خطی افزایش یافت. افزایش میزان پرولین بر اثر کاربرد ترینگزپاک‌اتیل می‌تواند از این لحاظ حائز اهمیت باشد که توانایی گیاه را برای

طریق افزایش تقسیم و بزرگ‌شدن سلول و طول‌شدن سلولی است. ترینگزپاک‌اتیل از کندکننده‌های رشد است که در سنتز اسیدجیبرلیک دخالت می‌کند و مانع فعالیت آنزیم ۳ بتا هیدروکسیلاز می‌شود در نتیجه از تبدیل جیبرلین ۲۰ به جیبرلین یک جلوگیری می‌کند و سبب کاهش طول‌شدن سلولی و در نتیجه کاهش میان‌گره‌ها می‌شود (Beasley, 2005).

در این آزمایش شوری سبب کاهش معنادار میزان رشد چمن شد. کاهش رشد بر اثر تنش شوری احتمالاً به دلیل جذب ناکافی آب و مواد غذایی و همچنین سمیت یونی است (Munns & Termant, 1986). در شوری زیاد گسترش سلولی می‌تواند بر اثر تجمع نمک‌ها در دیواره‌های سلول کاهش یابد و در نتیجه سبب کاهش تورژسانس سلول می‌شود و سرانجام رشد را کاهش می‌دهد (Oertli, 1968). با توجه به نتایج به‌دست‌آمده از این آزمایش ترینگزپاک‌اتیل سبب افزایش معنادار میزان کلروفیل کل، کلروفیل آ و کلروفیل ب چمن لولیوم چندساله در مقایسه با شاهد شد. افزایش میزان کلروفیل بر اثر کاربرد ترینگزپاک‌اتیل در پژوهش‌های قبلی نیز گزارش شده است. Ervin و Koski (2001) اثر ۰/۲۷ کیلوگرم ترینگزپاک‌اتیل را بر میزان کلروفیل کل چمن آبی کنتاکی بررسی کردند و افزایش ۱۰ درصدی در میزان کلروفیل کل در هفته دوم و چهارم بعد از تیمار در گیاهان تیمار شده با ترینگزپاک‌اتیل مشاهده کردند. Fan و همکاران (2009) گزارش کردند که ترینگزپاک‌اتیل سبب افزایش میزان کلروفیل کل، کلروفیل آ و کلروفیل ب چمن آبی کنتاکی در گیاهان تیمار شده نسبت به شاهد شد. افزایش میزان کلروفیل بر اثر کاربرد ترینگزپاک‌اتیل احتمالاً به دلیل کاهش طول‌شدن سلولی و افزایش تراکم سلول‌های مزوفیلی برگ در نتیجه افزایش میزان کلروفیل در واحد برگ گیاه است (Fan *et al.*, 2009). نتایج پژوهش ایشان نشان می‌دهد که کاربرد ۰/۱۱ تا ۰/۴۵ کیلوگرم در هکتار ترینگزپاک‌اتیل بر میزان کلروفیل چمن پوآ معمولی (*Poa pratensis* L.) تفاوت معناداری وجود ندارد که با نتایج این پژوهش که بین دو سطح ۰/۰۲ و ۰/۰۴ گرم در مترمربع ترینگزپاک‌اتیل تفاوت معنادار وجود نداشت هماهنگی دارد. به نظر می‌رسد که تولید کلروفیل تحت‌تأثیر

برموداگراس تا یک حد آستانه‌ای افزایش و پس از آن کاهش می‌یابد. ایشان همچنین نشان دادند که با افزایش شوری هم‌زمان با کاهش رشد بخش هوایی، رشد ریشه افزایش می‌یابد البته این افزایش رشد برای ریشه نیز همانند کاهش رشد بخش هوایی به شکل سهمی بوده است. افزایش هم‌زمان رشد ریشه با کاهش رشد بخش هوایی به برموداگراس اجازه می‌دهد که فشارهای اسمزی و تغذیه‌ای ناشی از شوری را تحمل کند. در آزمایش دیگر Alshammary و همکاران (2004) مشاهده شد که با افزایش شوری رشد بخش هوایی در فستوکای پابلند رقم "Arid" و چمن پوآ رقم "Challenger" کاهش می‌یابد. همچنین رشد ریشه نیز در چمن پوآ کاهش می‌یابد ولی فستوکای پابلند به دلیل اینکه نسبت به شوری مقاوم‌تر است تغییر آن چنانی نمی‌کند. در این آزمایش با توجه به نتایج به‌دست‌آمده (جدول ۲) که تنش شوری سبب کاهش چشمگیری در رشد ریشه چمن لولیوم شد می‌توان نتیجه گرفت که این گونه چمن مقاومت کمی از خود در برابر شوری نشان می‌دهد. در چندین آزمایش اثر مثبت ترینگزپکاتیل بر کیفیت چمن اثبات شده است. Ervin و همکاران (2004) گزارش کردند که کیفیت ظاهری آگروستیس خزنده وقتی با ترینگزپکاتیل تیمار شد، در مقایسه با شاهد افزایش یافت. همچنین چمن آگروستیس تیمار شده با ترینگزپکاتیل رنگ برگ تیره‌تری نسبت به شاهد ایجاد کرد. در آزمایشی دیگر Roohollahi و همکاران (2010) نشان دادند که ترینگزپکاتیل کیفیت چمن پوآ معمولی رقم "Barimpala" را در شرایط خشکی افزایش داد. این افزایش در رنگ را می‌تواند به افزایش تراکم سلول‌های مزوفیل برگ و غلظت کلروفیل نسبت داد. در این آزمایش نتایج نشان داد که کاربرد ترینگزپکاتیل ضمن کاهش رشد تأثیر منفی در کیفیت چمن نسبت به شاهد ایجاد نکرد، اگرچه در هفته ۴ و ۸ بعد از شروع تیمار موجب کاهش کیفیت نسبت به شاهد شد. افزایش شوری همچنین سبب کاهش کیفیت چمن، که دربرگیرنده فاکتورهایی مانند رنگ تراکم، بافت و غیره است، نیز می‌شود. که نتایج حاصل از آزمایش حاضر نیز مؤید این مسئله است. Alshammary و همکاران (2004) نشان دادند که افزایش شوری سبب کاهش کیفیت دو

تحمل تنش‌های اسمزی افزایش دهد. نتایج متفاوتی توسط Saker (2009) درباره چمن پاسپالوم در شرایط شوری به‌دست‌آمده که کاربرد ماهانه ترینگزپکاتیل بر روی چمن سبب کاهش معناداری در میزان پرولین نسبت به شاهد شد که با نتایج این پژوهش هماهنگی ندارد به‌رحال ممکن است نوع اثر ترینگزپکاتیل بر میزان پرولین به گونه‌ها بستگی داشته باشد که نیاز به بررسی بیشتری دارد.

پژوهش‌های انجام‌شده درباره تأثیر ترینگزپکاتیل بر میزان ریشه نتایج متناقضی نشان دادند. Marcum & Jiang (1997) گزارش کردند که کاربردهای ترینگزپکاتیل به‌طور معناداری طول کل و تراکم کل ریشه فستوکای بلند را کاهش داد، درحالی‌که بر حداکثر عمق ریشه در فستوکای بلند اثر نداشت. همچنین Roohollahi و همکاران (2010) نشان دادند که غلظت ۰/۲ کیلوگرم در هکتار ترینگزپکاتیل سبب کاهش معناداری در تراکم طول ریشه چمن پوآ معمولی رقم "Barimpala" در شرایط خشکی شد. به‌عکس، پژوهش انجام‌شده توسط Qian & Engelke (1999) افزایش میزان ریشه نسبت به شاهد بر روی چمن زوشیاگراس رقم "Diamond" را با کاربرد ترینگزپکاتیل نشان دادند. به‌رحال نتایج این پژوهش نشان داد که ترینگزپکاتیل وزن تر و خشک ریشه و عمق نفوذ ریشه را افزایش داد ولی تأثیر معناداری بر عمق بیشترین تراکم ریشه نداشت. پژوهشگران افزایش میزان ریشه بر اثر کاربرد ترینگزپکاتیل را به توزیع مجدد فتوآسیملات‌ها به سیستم ریشه به‌دلیل کاهش یافتن رشد شاخساره نسبت داده‌اند (Qian & Engelke, 1999). پژوهش‌های اخیر نشان داده است که نوع اثر ترینگزپکاتیل بر میزان ریشه به گونه‌ها بستگی دارد (Padhye & Groninger, 2009). برخی چمن‌ها مانند برموداگراس (Cynodon dactylon) برای مقابله با تنش شوری سیستم ریشه‌ای خود را گسترش می‌دهند (Ackerson, 1975). Qian و Suplic (2001) نشان دادند که با افزایش شوری تا مرز ۲۰ تا ۳۰ دسی‌زیمنس بر متر رشد ریشه‌های زئوسیا افزایش می‌یابد ولی بیش از این مقادیر سبب کاهش رشد ریشه می‌شود. Dudeck و همکاران (1983) نیز مشاهده کردند که با افزایش شوری رشد ریشه

میزان کلروفیل را افزایش داد ولی اثر برهم‌کنشی با تیمار شوری نشان نداد. از سوی دیگر با توجه به نتایج به‌دست‌آمده از مقایسه دو غلظت ۰/۰۲ و ۰/۰۴، ترینگزاپک‌اتیل، کاربرد ماهانه ۰/۰۲ گرم در مترمربع ترینگزاپک‌اتیل در طول فصل رشد چمن برای کاهش تعداد دفعات سرزنی و بهبود کیفیت چمن لولیوم توصیه می‌شود.

چمن فستوکای پابلند و پوآ می‌شود که این افت کیفیت در پوآ که چمن حساس‌تری است، شدیدتر است.

نتیجه‌گیری کلی

نتایج حاصل از پژوهش حاضر نشان داد که ترینگزاپک‌اتیل ضمن کاهش رشد، موجب افزایش معنادار میزان پرولین و کاهش رشد اندام هوایی چمن لولیوم چندساله در شرایط تنش شوری شد و از طرفی

REFERENCES

- Ackerson, R. C. & Yongner, V. B. (1975). Response of bermudagrass to salinity. *Agronomy Journal*, 67, 678-681.
- Alshammary, S. F., Qian, Y. L. & Wallner, S. J. (2004). Growth response of four turfgrass species to salinity. *Agricultural Water Management*, 66, 97-111.
- Bates, L. S., Waldren, R. P. & Teare, I. D. (1973). Rapid determination of free proline for water stress studies. *Plant Soil*, 39, 205-207.
- Beasley, J. F. (2005). *Physiology and growth responses of cool season turfgrasses treated with trinexapac-ethyl or paclobutrazol*. Ph.D. Thesis. University of Illinois at Urbana-Champaign.
- Christans, N. (2004). *Fundamentals of turfgrass management* (2th ed.). John Wiley & Sons.
- Daniels, R. W. & Sugden, S. K. (1996). Opportunities for growth regulation of amenity grass. *Pesticide Science*, 47, 363-369.
- Dudeck, A. E., Singh, S. C., Giordano, E., Nell, T. A. & McConell, D. B. (1983). Effect of sodium chloride on *Cynodon* turfgrasses. *Agronomy Journal*, 75, 927-930.
- Ervin, E. H. & Koski, A. J. (1998). Growth responses of *Lolium perenne* L. to trinexapac-ethyl. *HortScience*, 33, 1200-1202.
- Ervin, E. H. & Koski, A. J. (2001). Trinexapac-ethyl increases Kentucky bluegrass leaf cell density and chlorophyll concentration. *HortScience*, 36, 787-789.
- Ervin, E. H., Zhang, X., Askew, S. D. & Goatley, J. J. M. (2004). Trinexapac-ethyl, propiconazole, iron, and biostimulant effects on shaded creeping bentgrass. *HortTechnology*, 14, 500-506.
- Fan, G., Bian, X., Li, H., Meng, Z. & Liu, S. (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.
- Gorham, J., Jones, R. G. W. & McDonald, E. M. (1985). Some mechanisms of salt tolerance in crop plant. *Plant and Soil*, 89, 15-40.
- Johnson, B. (1993). Response of tall fescue to plant growth regulators and mowing frequencies. *Journal of Environmental Horticulture*, 11, 163-167.
- Kamal Uddin, M., Juraimi, A. S., Islami, M. R., Othman, R. & Abdul Rahim, A. (2009). Growth response of eight tropical species to salinity. *African Journal of Biotechnology*, 8, 5799-5806.
- Lichtenhaler, H. K. (1987). Chlorophylls and carotenoids, the pigments of photosynthetic biomembranes. In: R. Douce & L. Packer (Eds.), *Methods Enzymol.* (pp. 350-382.) Academic Press Inc., New York.
- Marcum, K. B. & Jiang, H. (1997). Effects of plant growth regulators on tall fescue rooting and water use. *Journal of Turfgrass Management*, 2, 13-27.
- Marcum, K. B. (1999). Salinity tolerance mechanisms of grasses in the subfamily chloridoideae. *Crop Science*, 39, 1153-1160.
- McCarty, L. B. (2005). *Best golf course management practices* (2th ed.). Prentice Hall, Inc., Upper Saddle River, NJ.
- Mir Mohammad Meybodi, A. & Ghareh Yazy, B. (2002). *Physiological aspects and breeding salt stress of plants*. Isfahan University of Technology Press. (In Farsi)
- Munns, R. & Termant, A. (1986). Whole plant response to salinity. *Australian Journal of Plant Physiology*, 13, 143-160.
- Oertli, J. J. (1968). Extracellular salt accumulation, a possible mechanism of salt injury in plants. *Agrochimica*, 12, 456-461.

22. Padhye, S. R. & Groninger, J. K. (2009). Influence of benzyladenine, trinexapac-ethyl, or uniconazole applications on height and tillering of six ornamental grasses. *HortTechnology*, 19, 737-742.
23. Pessaraki, M. (2008). *Turfgrass management and physiology*. CRC Press, Taylor and Francis Group, New York.
24. Qian, Y. & Engelke, M. C. (1999). Influence of trinexapac-ethyl on Diamond zoysiagrass in a shade environment. *Crop Science*, 39, 202-208.
25. Qian, Y. L. & Suplick, M. R. (2001). Interactive effects of salinity and temperature on Kentucky bluegrass and tall fescue seed germination. *International Turfgrass Society Research Journal*, 9, 334-339.
26. Rademacher, W. (2000). Growth retardants: Effects on gibberellin biosynthesis and other metabolic pathways. *Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology*, 51, 501-531.
27. Rhodes, D. & Hanson, A. D. (1993). Quaternary ammonium and tertiary sulfonium compounds in higher plants. *Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology*, 44, 357-384.
28. Roohollahi, I., Kafi, M., Sayyad Amin, P. & Arghavani, M. (2009). Salinity effect on germination and initial growth of *Poa pratensis*, *Cynodon dactylon*, *Lolium perenne*. *Pajouhesh & Sazandegi*, 81, 147-153. (In Farsi)
29. Roohollahi, I., Kafi, M. & Naderi, R. (2010). Drought reaction and rooting characteristics in response to plant growth regulators on *Poa pratensis* cv. Barimpala. *Journal of Food Agriculture and Environment*, 8, 285-288.
30. Roohollahi, I. & Kafi, M. (2011). Effect of salinity stress and trinexapac-ethyl on initial growth of two *Lolium perenne* cultivars. *Journal of Horticultural Science*, 25 (1), 34-37. (In Farsi)
31. Saker, W. R. A. (2009). Response of paspalum turfgrass grown in sandy soil to trinexapac-ethyl and irrigation water salinity. *Journal of Horticultural Science & Ornamental Plants*, 1, 15-26.
32. Salisbury, F. B. & Ross, C. W. (1992). *Plant physiology* (4th ed.). Wadsworth Publishing Co., Belmont, CA.
33. Watschke, T. L. & Dipaola, J. M. (1995). Plant growth regulators. *Golf Course Management*, 64, 59-62.