اثر ترینگزاپک‌اتیل و تنش پاخوری بر ویژگی‌های فیزیولوژیک و مورفولوژیک علف گندمی (*Agropyron desertorum* L.)

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

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۱/۸/۱۰ ؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۲/۲/۱۸)

چکیده

به‌منظور بررسی اثر تیمارهای ترینگزاپک‌اتیل (صفر، ۲۵۰ و ۵۰۰ گرم در هکتار) و پاخوری (پاخوری و عدم پاخوری) روی ویژگی‌های فیزیولوژیک و مورفولوژیک علف گندمی، آزمایشی در سال ۱۳۹۱ - ۱۳۹۰ در مزرعه‌ی کشاورزی دانشگاه صنعتی اصفهان به‌صورت فاکتوریل و در قالب طرح کاملاً تصادفی در سه تکرار انجام شد. صفات مورد مطالعه شامل ارتفاع بوته، تراکم بوته، وزن تر و خشک اندام هوایی، پنجه‌زنی، میزان کلروفیل، قندهای محلول اندام هوایی و ریشه بودند. نتایج نشان داد که ترینگزاپک‌اتیل باعث کاهش معنی‌دار ارتفاع بوته، وزن تر و خشک قسمت کوتاه شده گردید. غلظت‌های ۲۵۰ و ۵۰۰ گرم درهکتار ترینگزاپک‌اتیل ارتفاع بوته را به‌ترتیب ۲۱/۲۳ و ۳۱/۸۵ درصد کاهش داد. تنش ترافیک نیز موجب کاهش ارتفاع بوته، وزن تر و خشک چمن شد. کاهش ارتفاع بوته ناشی از تنش ترافیک ۱۰/۴۰ درصد بود. کاربرد ترینگزاپک‌اتیل موجب افزایش تراکم بوته، پنجه‌زنی و کلروفیل گردید، درحالی‌که تیمار ترافیک محتوی کلروفیل را کاهش داد و تأثیر معنی‌داری بر پنجه‌زنی و تراکم علف گندمی نداشت. پنجه‌زنی در غلظت ۵۰۰ گرم در هکتار ترینگزاپک‌اتیل، نسبت به تیمار شاهد ۳۶ درصد افزایش یافت. نتایج نشان داد تیمار ترینگزاپک‌اتیل و پاخوری کربوهیدرات های محلول در اندام هوایی و ریشه را به‌طور معنی‌داری افزایش دادند. بر اساس نتایج آزمایش حاضر علف گندمی، چمنی مقاوم به پاخوری بوده و به‌نظر می‌رسد که استفاده از ترینگزاپک‌اتیل جهت افزایش مقاومت این گیاه به تنش پاخوری مفید خواهد بود.

واژه‌های کلیدی: علف گندمی، ترینگزاپک اتیل، تنش پاخوری، میزان رشد

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

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

مقدمه

امروزه استفاده از تنظیم کننده‌های زیستی از جمله ترینگزاپک‌اتیل در مدیریت چمن بسیار مرسوم و معمول شده است، از جمله اهداف استفاده از این ترکیبات ایجاد چمنی پر رنگ‌تر، رشد کمتر بافت‌های برگ و در نتیجه کاهش سربرداری، افزایش میزان کلروفیل در واحد وزن برگ، ایجاد تراکم و یکنواختی در تاج برگ‌های چمن و افزایش ذخیره‌ی غذایی در ریشه و استولون‌ها می‌باشد (۲۲). در سال‌های اخیر مشخص شده است که ترینگزاپک‌اتیل کاربردی‌ترین تنظیم کننده‌ی رشد گیاهی در مدیریت چمن‌های ورزشی می‌باشد (۱۸). 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 (۱ و۲۲)، بنابراین سبب کاهش طویل شدن سلول‌ها و در نتیجه کاهش طول میان‌گره‌ها می‌گردد. بعد از کاربرد این ماده گیاهان حاصله فواصل میان‌گره‌ای کوتاه‌تر، پنجه‌زنی بیشتر و رشد عمودی کمتری در مقایسه با شاهد دارند (۳). این تنظیم کننده به‌طور گسترده جهت پاکوتاه نگه داشتن انواع چمن‌های خانواده گندمیان استفاده می‌گردد. گروینگر و پدی (۳۱) اثرهای ترینگزاپک‌اتیل، بنزیل آدنین و یونیکونازول روی سه گونه از خانواده‌ی Cyperaceae و سه گونه از خانواده‌ی گندمیان را مورد بررسی قرار دادند، نتایج نشان داد که ترینگزاپک‌اتیل مؤثرترین تنظیم کننده‌ی رشد گیاهی در کنترل ارتفاع برای گونه‌های خانواده‌ی گندمیان می‌باشد. فاگرنس و همکاران (۱۷) اثر ترینگزاپک‌اتیل روی چمن برمودا‌گراس (*Cynodon dactylon*) را مورد بررسی قرار دادند و مشاهده کردند، ترینگزاپک‌اتیل تراکم و کیفیت آن را بهبود بخشید. در پژوهشی که توسط اروین و کوسکی (۱۴) انجام شد، مشخص گردید که کاربرد ترینگزاپک‌اتیل باعث افزایش چگالی سلول‌های مزوفیل می‌گردد، این محققین نشان دادند که غلظت کلروفیل کل در بافت برگ‌های چمن در اثر کاربرد ترینگزاپک‌اتیل در دو هفته پس از کاربرد افزایش می‌یابد. نتایج مطالعات اخیر نشان داده است که ترینگزاپک‌اتیل طویل‌شدن برگ را کاهش داده و رشد ریشه و تراکم پنجه را افزایش می‌دهد؛ در نتیجه، ممکن است مقاومت به پاخوری را افزایش دهد. پاخوری بیش از حد موجب وارد آمدن خسارت به برگ چمن و فشرده شدن خاک می‌گردد. خسارت پاخوری اغلب به‌علت سایش فیزیکی و فرسودگی قسمت‌های سطحی گیاه است (۸).

آگروپایرون (علف گندمی)، گیاه علفی چند ساله بوده و حدود ۱۹ گونه از آن در مناطق مختلف ایران گزارش شده است هم‌چنین گیاهی با عمر طولانی، مقاوم به خشکی و سرما با سامانه‌ی ریشه‌ای گسترده می‌باشد (۷). گونه‌ی معروف آگروپایرون، *Agropyron desertorum* است که روی انواع خاک به‌غیر از خاک‌های رسی سنگین یا شنی، به‌خوبی رشد کرده و تا حدودی نسبت به قلیایی بودن خاک مقاوم است (۱۰). اگرچه گونه‌های مختلف علف گندمی در اغلب مراتع ایران می‌رویند و جزء گیاهان مرتعی محسوب می‌شوند، تحقیقات کمی در مورد استفاده از آنها به‌عنوان چمن انجام پذیرفته است.

هدف از این پژوهش بررسی نحوه‌ی تأثیر محلول‌پاشی ترینگزاپک‌اتیل و تنش پاخوری بر فعالیت‌های فیزیولوژیکی گیاه از جمله رشد، کلروفیل نسبی ، قند محلول و کمیت و کیفیت علف گندمی می‌باشد. نتایج این آزمایش از این رو حائز اهمیت است که در صورت مثبت بودن نتایج، شاید بتوان علف گندمی را به‌عنوان چمنی بومی مقاوم به پاخوری معرفی کرد و اثر سطوح مختلف ترینگزاپک‌اتیل را بر خصوصیات فیزیولوژیک و مورفولوژیک این چمن مشخص نمود.

مواد و روش‌ها

بذور *Agropyron desertorum* در سال ۱۳۹۱-۱۳۹۰ در مزرعه‌ی دانشکده‌ی کشاورزی دانشگاه صنعتی اصفهان در کرت‌های ۲ × ۳ مترمربعی در قالب فاکتوریل بر پایه‌ی طرح کاملاً تصادفی در سه تکرار کشت گردید. بذور مورد استفاده برای کاشت در این تحقیق از مزارع فریدن واقع در استان اصفهان که به‌صورت طبیعی رشد یافته بودند جمع‌آوری شد.

به‌منظور تعیین میزان بذر مصرفی در هر کرت، قوه‌ی نامیه‌ی بذور (بر اساس درصد جوانه‌زنی) و وزن هزار دانه بررسی شد. کاشت بذور علف گندمی با وزن هزار دانه ۲/٦ گرم و درصد جوانه‌زنی ۸۵ درصد به‌میزان ۳۰ گرم در مترمربع در تاریخ ۲۰ شهریور سال ۱۳۹۰ صورت گرفت. پس از استقرار کامل و نگهداری در شرایط مناسب از ارتفاع ۴ سانتی‌متری سرزنی صورت گرفت. آبیاری بر حسب لزوم انجام شد. علف‌های هرز به طریق مکانیکی کنترل گردید و چمن‌ها توسط کود نیتروژن (۷۵ کیلوگرم در هکتار از منبع اوره) در ۳ نوبت در طول سال زراعی تغذیه شدند. خاک آزمایش دارای بافت لومی رسی، pH = ۷/۴۵ ،EC = ۴/۱۵ dS/m و مقدار ماده آلی ۰/٦ درصد بود. پس از استقرار چمن و پوشیده شدن سطح کرت‌ها تیمارها اعمال گردید. تیمارها شامل سه سطح تنظیم کننده‌ی رشد ترینگزاپک‌اتیل (Primo Maxx; Syngenta, Wilmington, DE) و دو سطح تنش پاخوری بودند. ترینگزاپک‌اتیل (۴- سیکلوپروپیل- الف- هیدروکسی- متیلن -۳، ۵ - دی اکسی - اوسیکلو هگزان کربوکسیلیک اسید اتیل استر) در سطوح صفر، ۲۵۰ و ۵۰۰ گرم در هکتار ماده مؤثره بر روی کرت‌های اصلی به وسعت شش مترمربع در سه زمان در سال با فاصله‌ی ۳ هفته به‌صورت محلول‌پاشی به‌کار رفت (۵)، (برای اطمینان از پاشش یکنواخت بر روی برگ‌ها، 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). پاخوری مصنوعی به‌صورت دوره‌ای بر روی نیمی از هر کرت اصلی توسط دستگاه شبیه ساز تنش پاخوری (BTS) صورت گرفت. تنش در روزهای شنبه، دوشنبه و پنج‌شنبه بر روی گونه‌ی مورد مطالعه اعمال گردید. تنش پاخوری بدون در نظر گرفتن رطوبت خاک و شرایط آب و هوایی اعمال گردید. میزان فشار وارد شده توسط دستگاه شبیه ساز با آسیب‌های ناشی از برگزاری سه مسابقه فوتبال بر روی چمن در هفته برابر است (۹). هر کرت به‌طور متوسط ۷۰ گذر در هفته دریافت کرد. اندازه‌گیری تراکم از طریق کیفی توسط ارزیابی با تجربه و با استفاده از روش موریس انجام شد، در این مطالعه برای تعیین تراکم از امتیازدهی بصری توسط ارزیاب با تجربه بر اساس مقیاس ۱ تا ۹ استفاده شد. در ارزیابی مذکور که بر اساس دستورالعمل NTEP صورت گرفت امتیاز ۹ به تراکم مطلوب و امتیاز ۱ به پائین‌ترین تراکم اختصاص یافت (۲۹ و ۳۴). ارتفاع بوته، وزن تر و خشک برگ به‌صورت هفتگی مورد ارزیابی قرار گرفت. برای تعیین ارتفاع در هر کرت،ارتفاع چمن در ده نقطه‌ی تصادفی با استفاده از خط کش 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 به آون با دمای تقریبی ۷۵ درجه سانتی‌گراد به‌مدت ۴۸ ساعت انتقال داده شد و در نهایت وزن خشک نمونه‌ها اندازه‌گیری شد. تعداد پنجه‌زنی بوته‌ها هر سه هفته یک‌بار با استفاده از نمونه‌گیر، با ابعاد ۵ × ۵ سانتی‌متر محاسبه گردید. جهت تعیین کلروفیل نسبی، نمونه‌ها جمع‌آوری و به آزمایشگاه انتقال داده شد و با استفاده از دستگاه‌های اسپکتروفتومتری (مدل uv-160 A شیماتزو-کیوتو) و سانتریفیوژ (مدل اپندرف 5810r)، توسط فرمول لیشتنتالر محاسبه شدند (۲۳). اندازه‌گیری قندهای محلول در اندام هوایی و ریشه با استفاده از روش اسید سولفوریک و فنل انجام شد (۱۲). داده‌ها پس از وارد شدن در نرم افزار اکسل (نسخه ۲۰۰۷) با استفاده از نرم افزار SAS (نسخه ۹/۱) تجزیه و تحلیل شدند و برای مقایسه‌ی میانگین‌ها از آزمون LSD استفاده شد.

نتایج و بحث

ارتفاع بوته

جدول تجزیه‌ی واریانس (جدول ۱) نشان می‌دهد که اثر تیمارهای ترینگزاپک‌اتیل و پاخوری بر روی ارتفاع در سطح یک درصد معنی‌دار بوده است، با مقایسه‌ی میانگین بین اثرهای اصلی مشخص شد، با افزایش در غلظت ترینگزاپک اتیل، میزان

جدول ۱. تجزیه واریانس تأثیر ترینگزاپک‌اتیل و پاخوری بر خصوصیات فیزیولوژیک و مورفولوژیک چمن علف گندمی

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات							
		ارتفاع بوته	تراکم بوته	وزن تر	وزن خشک	پنجه زنی	کلروفیل	قند اندام هوایی	قند ریشه
ترینگزاپک اتیل	۲	۳/۸**	۰/۳**	۱۲۵/۷**	۹/۹**	۰/۰۵**	۰/۴۸۲**	۱۹۳۹/۵**	۴۹۵/۴**
پاخوری	۱	۱/۳**	۰/۰۱^{ns}	۱۹۲/۹**	۱۸/۵**	۰/۲^{ns}	۰/۰۷۳۴*	۱۴۵۱/۱**	۳۰۲۶/۹**
ترینگزاپک‌اتیل × پاخوری	۲	۰/۲**	۰/۰۱^{ns}	۱۸/۵**	۰/۸**	۱/۴^{ns}	۰/۰۰۰۴^{ns}	۱۵۴/۴^{ns}	۷۰/۸۲۲^{ns}
خطا	۱۲	۰/۰۱	۰/۰۳	۰/۵	۰/۱	۰/۰۷	۰/۰۱۳	۱۴۳/۳	۳۳/۱۸۶
C.V %		۲/۰۶	۲/۳	۴	۳/۹	۱۰/۳	۳/۲۰۵	۴/۰۶۲۴	۳/۳۵۳

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

جدول ۲. مقایسه میانگین اثر سطوح مختلف ترینگزاپک‌اتیل بر ویژگی‌های فیزیولوژیک و مورفولوژیک چمن علف گندمی

تیمار های آزمایشی	ارتفاع بوته (cm)	تراکم بوته (۹-۱)	وزن تر (g)	وزن خشک (g)	پنجه زنی (تعداد پنجه در بوته)	کلروفیل ($mg\ g^{-1}FW$)	قند اندام هوایی ($mg\ g^{-1}DW$)	قند ریشه ($mg\ g^{-1}DW$)
شاهد	۵/۸^{a}	۷/۳^{b}	۲۲/۱^{a}	۱۰^{a}	۲^{b}	۳/۲^{b}	۲۷۳/۹^{b}	۱۶۳/۱^{c}
غلظت ۲۵۰ گرم در هکتار	۴/۷^{b}	۷/۶^{a}	۱۵/۶^{b}	۸/۱^{b}	۲/۷^{a}	۳/۷^{a}	۳۰۴/۵^{a}	۱۷۱^{b}
غلظت ۵۰۰ گرم در هکتار	۴/۲^{c}	۷/۷^{a}	۱۳/۳^{c}	۷/۵^{c}	۳^{a}	۳/۸^{a}	۳۰۵/۶^{a}	۱۸۱/۲^{a}

در هر ستون میانگین‌هایی که حداقل دارای یک حرف مشترک باشند، بر اساس آزمون LSD در سطح ۵ درصد اختلاف معنی‌داری ندارند

ارتفاع کاهش یافت به‌طوری‌که در غلظت‌های ۲۵۰ و ۵۰۰ گرم در هکتار به‌ترتیب ۲۱/۲۳ و ۳۱/۸۵ درصد کاهش رشد مشاهده شد (جدول ۲) که با نتایج فرل و همکاران (۱۹) مطابقت دارد. بیزلی و همکاران (٦) گزارش کردند که کاربرد ترینگزاپک اتیل، مواد حاصل از سربرداری را در بهار و پاییز به‌میزان ۴۴ تا ۷۳ درصد نسبت به شاهد و در تابستان ۵۸ تا ٦٦ درصد نسبت به شاهد کاهش داد. تان و همکاران (۳۸) دلیل این کاهش ارتفاع را ممانعت از سنتز جیبرلین توسط ترینگزاپک‌اتیل اعلام کردند. هم‌چنین جدول تجزیه واریانس (جدول ۱) معنی‌دار بودن اثر پاخوری را بر ارتفاع چمن علف گندمی نشان می‌دهد. تنش پاخوری ارتفاع چمن را نسبت به شاهد ۱۵/۸۷ درصد کاهش داد (جدول ۳). مینر و همکاران (۲۸) گزارش کردند که تیمار پاخوری موجب کاهش ارتفاع در چمن می‌گردد که دلیل آن را مرگ سلول‌ها در اثر فشار حاصل از تنش دانستند. اثر متقابل ترینگزاپک‌اتیل و ترافیک برروی ارتفاع بوته در سطح یک درصد معنی‌دار شد (جدول ۱)، کمترین ارتفاع در غلظت ۵۰۰ گرم در هکتار ترینگزاپک‌اتیل و اعمال تیمار ترافیک مشاهده شد که نشان دهنده همسویی این دوتیمار در کاهش ارتفاع چمن بود (شکل ۱).

تراکم

جدول تجزیه واریانس (جدول ۱) معنی‌دار بودن اثر سطوح ترینگزاپک‌اتیل را بر تراکم علف گندمی نشان می‌دهد. تراکم چمن‌های تحت تیمار ترینگزاپک‌اتیل به‌طور معنی‌داری بیشتر از شاهد بود (جدول ۲)، بین غلظت‌های ۲۵۰ و ۵۰۰ گرم در هکتار تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد، که با نتایج استیر و

روگرز (۳۷) و اروین و کوسکی (۱۳) مطابقت دارد. گوس و همکاران (۲۰) مشاهده کردند که تیمار ترینگزاپک‌اتیل موجب بهبود پنجه‌زنی و تراکم در چمن می‌گردد. هم‌چنین محققیق دریافتند که با افزایش پنجه‌زنی، تراکم چمن بهبود پیدا می‌کند (۱۷). جدول تجزیه واریانس (جدول ۱) مشخص می‌کند تنش پاخوری تأثیر معنی‌داری بر تراکم چمن علف گندمی نداشته است، که با نتایج میشل و ویلیامز (۲۷) و بایر (۴) تناقض دارد. بایر (۴) گزارش کرد که تنش‌های پاخوری باعث کاهش تراکم چمن می‌گردد. نتایج ترنهولم و همکاران (۳۹) نشان داد که تنش ترافیکی به شدت کیفیت و تراکم چمن‌های پاسپالوم (*Paspalum vaginatum* Swartz.) و هیبرید برمودا‌گراس (*Cynodon dactylon* (L.) Pers *x C.* transva alensis BurttDavy) را کاهش می‌دهد.

وزن تر و خشک

نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها (جدول ۱) نشان داد که اثر تیمار ترینگزاپک اتیل، پاخوری و اثر متقابل این دو روی وزن تر و خشک چمن در سطح یک درصد معنی‌دار شده است. مقایسه اثر تیماره‌ای مختلف نشان داد بیشترین وزن تر و خشک (۳۸/۷ گرم و ۲۸/۴۱ گرم) مربوط به تیمار شاهد و کمترین وزن تر و خشک (۱۸/۷ گرم و ۱۲/۹ گرم) مربوط به غلظت ۵۰۰ گرم در هکتار به همراه تنش ترافیک بوده است که همسو بودن اثر این تمیارها در کاهش وزن تر و خشک را نشان می‌دهد (شکل ۲). نتایج دنیلز و سوقدن (۱۱) نشان داد که ترینگزاپک‌اتیل موجب ۴۰ درصد کاهش در وزن تر و خشک قسمت سرزنی شده می‌گردد. تقریباً تمامی پژوهش‌هایی که بر روی ترینگزاپک‌اتیل تا به امروز صورت گرفته نشان می‌دهد که این ماده می‌تواند باعث کاهش رشد و کاهش وزن تر و خشک اندام هوایی گردد (۱۳، ۱۵، ۱۶، ۲۴ و ۲۶)، هم‌چنین امیری خواه (۲) گزارش کرد که تیمار ترافیک، وزن تر و خشک چمن رای گراس چند ساله را به‌طور معنی‌داری کاهش می‌دهد که با نتایج این تحقیق مشابهت دارد.

پنجه‌زنی

تیمار ترینگزاپک‌اتیل در سطح یک درصد تأثیر معنی‌داری روی پنجه زنی علف گندمی داشت (جدول ۱)، مقایسه‌ی میانگین اثر ترینگزاپک‌اتیل نشان داد (جدول ۲) که این ماده تعداد پنجه در هر بوته را افزایش داده است، به‌طوری‌که کمترین میزان مربوط به تیمار شاهد (۲ پنجه در بوته) و بیشترین مربوط به غلظت ۵۰۰ گرم در هکتار (۳ پنجه در بوته) بود، بین غلظت‌های ۲۵۰ و ۵۰۰ گرم در هکتار تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد. نتایج نشان داد که تیمار پاخوری تأثیر معنی‌داری بر پنجه‌زنی علف گندمی نداشته است (جدول ۱). دتن و ویلیامز (۴۱) مشاهده کردند تیمار پاخوری موجب کاهش پنجه‌زنی و درصد پوشش در برمودا‌گراس می‌گردد. اروین و کوسکی (۱۳) بیان کردند کاربرد ترینگزاپک‌اتیل در کنتاکی بلوگراس موجب افزایش معنی‌داری در تعداد پنجه می‌گردد و دلیل این امر را افزایش کربوهیدرات ها در اثر کاربرد ترینگزاپک‌اتیل دانستند که منجر به بهبود رشد پنجه و ریشه می‌گردد. نتایج کیان و انگلک (۳۳) نشان داد استفاده از ترینگزاپک‌اتیل موجب افزایش پنجه‌زنی در چمن زویسیاگراس می‌گردد. جونر و همکاران (۲۵) گزارش کردند که ترینگزاپک‌اتیل موجب کاهش رشد اندام‌های هوایی می‌گردد، در نتیجه رشد قسمت‌های زیرزمینی و ریشه‌ها تحریک شده و این موجب افزایش پنجه‌زنی در چمن می‌گردد.

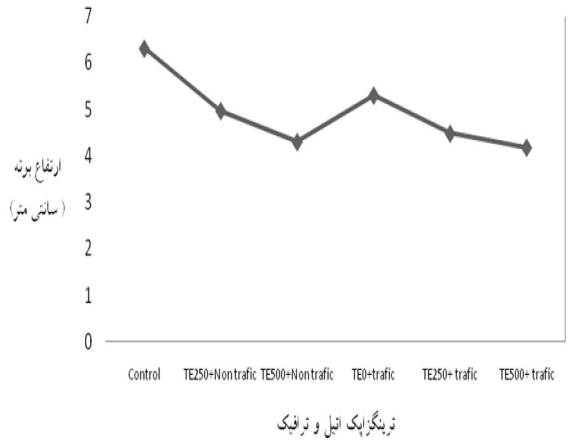
کلروفیل

سطوح ترینگزاپک‌اتیل اثر معنی‌داری بر کلروفیل چمن علف گندمی نشان داد (جدول ۱). با افزایش غلظت ترینگزاپک اتیل، کلروفیل افزایش پیدا کرد، به‌طوری‌که کمترین کلروفیل در تیمار شاهد (۳/۲ میلی گرم بر گرم وزن تر گیاه) و بیشترین کلروفیل در غلظت ۵۰۰ گرم در هکتار (۳/۸ میلی گرم بر گرم وزن تر گیاه) بود (جدول ۲). این روند در تمام اندازه‌گیری‌های در طول فصل یکسان بود، بین غلظت‌های ۲۵۰ و ۵۰۰ گرم در هکتار تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد. استیر (۳۷) گزارش کرد که

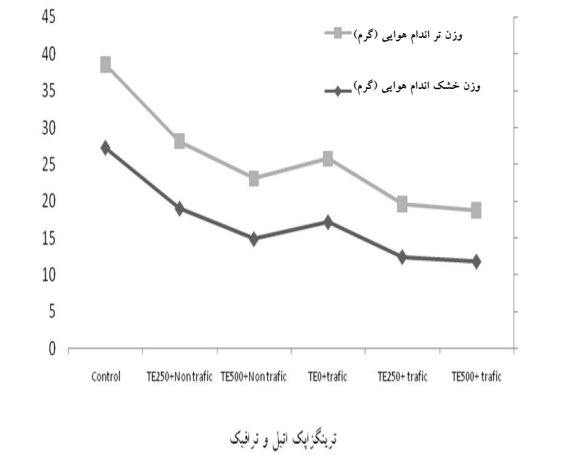
جدول ۳. مقایسه میانگین اثر سطوح مختلف پاخوری بر ویژگی‌های فیزیولوژیک و مورفولوژیک چمن علف گندمی

تیمارهای آزمایشی	ارتفاع بوته (cm)	تراکم بوته (۹ـ۱)	وزن تر (g)	وزن خشک (g)	پنجه‌زنی (تعداد پنجه در بوته)	کلروفیل ($mg\ g^{-1}FW$)	قند اندام هوایی ($mg\ g^{-1}DW$)	قند ریشه ($mg\ g^{-1}DW$)
عدم پاخوری	۵/۱^{a}	۷/۵^{a}	۲۰/۳^{a}	۹/۶^{a}	۲/۷^{a}	۳/۶^{a}	۲۸۵/۷^{b}	۱۵۸/۸^{b}
پاخوری	۴/۶^{b}	۷/۶^{a}	۱۳/۷^{b}	۷/۵^{b}	۲/۵^{a}	۳/۵^{b}	۳۰۳/۶^{a}	۱۸۴/۷^{a}

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



شکل ۱. اثر متقابل ترینگزاپک‌اتیل و ترافیک بر ارتفاع بوته علف گندمی



شکل ۲. اثر متقابل ترینگزاپک‌اتیل و ترافیک بر وزن تر و خشک اندام هوایی علف گندمی

کاربرد ترینگزاپک‌اتیل باعث افزایش محتوی کلروفیل a وb و کلروفیل کل در زویسیا گراس می‌گردد. کیان (۳۲) گزارش کرد که ترینگزاپک‌اتیل موجب افزایش کلروفیل و فتوسنتز در زویسیا گراس می‌گردد. نتایج حاصل از تجزیه واریانس پاخوری بر کلروفیل نشان می‌دهد که تنش پاخوری در سطح ۵ درصد دارای تأثیر معنی‌داری بر علف گندمی بوده است (جدول ۱). جدول مقایسه میانگین نشان می‌دهد پاخوری باعث کاهش کلروفیل در سطح ۵ درصد می‌گردد (جدول ۳) که با نتایج امیری خواه (۲) مطابقت دارد. هان و همکاران (۲۱) گزارش کردند که محتوی کلروفیل در سه گونه‌ی چمن آبی کنتاکی (*Poa pratensis*)، فستوکای پابلند (*Festuca arundinacea*) و زویسیا (*Zoysia japonica*) تحت تأثیر تیمار پاخوری به‌شکل معنی‌داری کاهش پیدا کرده است.

قند محلول اندام هوایی و ریشه

سطوح ترینگزاپک‌اتیل و پاخوری اثر معنی‌داری در سطح یک درصد بر قندهای محلول ریشه و اندام هوایی چمن علف گندمی داشت (جدول ۱)، با افزایش در غلظت ترینگزاپک اتیل، میزان قندهای محلول افزایش یافته به‌طوری‌که در تیمار شاهد کمترین مقدار قند محلول ریشه (۱۶۳/۱ میلی‌گرم بر گرم ماده خشک) و اندام هوایی (۲۷۳/۹ میلی‌گرم بر گرم ماده خشک) دیده شد بیشترین میزان قند ریشه (۱۸۱/۲ میلی‌گرم بر گرم ماده خشک) و اندام هوایی (۳۰۵/۶ میلی‌گرم بر گرم ماده خشک) نیز مربوط به تیمار ۵۰۰ گرم در هکتار بود. هم‌چنین نتایج نشان داد که تیمار پاخوری نیز باعث افزایش معنی‌دار قندهای محلول ریشه و اندام هوایی چمن نسبت به شاهد می‌گردد به‌نحوی‌که قندهای ریشه و اندام هوایی به‌ترتیب ۲۰/۶۳٪ و ۱۱/۴۲٪ نسبت

به شاهد افزایش پیدا کردند (جدول ۳) که با نتایج ترنهولم و همکاران (۳۹) مطابقت دارد. شرمن و بیرد (۳۵) گزارش کردند ترینگزاپک‌اتیل محتوای کربوهیدرات‌های ساختاری را افزایش می‌دهد. نتایج حاصل از نلسون و همکاران (۳۰) بیان می‌کند که کاربرد ترینگزاپک‌اتیل با کاهش طویل شدن برگ موجب افزایش کربوهیدرات‌ها می‌گردد. نتایج والتز (۴۰) نشان داد ترینگزاپک‌اتیل محتوی کربوهیدرات‌های غیر ساختاری را در ریشه برمودا‌گراس افزایش می‌دهد. هم‌چنین امیری‌خواه (۲) گزارش کرد که تیمار ترافیک محتوی قند محلول را در اندام هوایی چمن رای گراس دائمی به‌طور معنی‌داری افزایش می‌دهد، کاهش میزان رشد در اثرتنش ترافیک می‌تواند دلیل افزایش درمیزان کربوهیدرات‌های محلول نسبت به شاهد باشد.

نتیجه‌گیری کلی

نتایج پژوهش حاضر نشان داد، چمن علف گندمی مقاومت خوبی نسبت به تنش پاخوری داشته و می‌توان از این چمن به‌عنوان چمن بومی مقاوم به پاخوری استفاده نمود. هم‌چنین بررسی اثر ترینگزاپک‌اتیل بر روی علف گندمی مشخص کرد که کاربرد ترینگزاپک‌اتیل در مجموع با بهبود صفاتی هم‌چون تعداد پنجه، مقدار کلروفیل، قندهای محلول ریشه و اندام هوایی و کاهش ارتفاع و وزن تر و خشک باعث مقاومت بیشتر این چمن به تنش پاخوری شد. با توجه به نتایج به‌دست آمده پیشنهاد می‌گردد غلظت ۵۰۰ گرم در هکتار ترینگزاپک‌اتیل برای کاهش دفعات چمن زنی و افزایش مقاومت به تنش پاخوری در گیاه علف گندمی مورد استفاده قرار گیرد.

منابع مورد استفاده

1. Adams, R., E. Kerber, K. Pfister and E.W. Weiler. 1992. Studies on the action of the new growth retardant CGA 163'935 (cimectacarb). *Plant Growth Regulation* 818-827.
2. Amirikhah, M. 2011. Effect ot trinexapac-ethyl on visual and functional qaulity of perennial ryegrass. MSc. Thesis. Isfahan University of Technology. Isfahan , Iran. (In Farsi).
3. Baldwin, C. M., H. B. Liu, L. B. McCarty, H. Luo and J. E. Toler. 2009. Nitrogen and plant growth regulator influence on 'Champion' bermudagrass putting green under reduced sunlight. *Journal of Agronomy* 101: 75–81.
4. Bayrer, T. A. 2006. Wear tolerance of seeded nad vegetatively propageted bermuda grasses under simulated athletic traffic. MSc. Thesis. College of Agriculture at the University if Kentucky. Lexington, Usa.
5. Beasley, J. S. 2005. Physiology and growth responses of cool season turfgrasses treated with trinexapac-ethyl or paclobutrazol. MSc. Thesis. University Of Illinois at urbana-champaign. Illinois, Usa.
6. 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.
7. Bor, N. L. and K. H. Rechinger. 1970. Drought resistance aspects in the southeast. *Crop Science* 35:1685-1692.
8. Busey, P. and J. H. Parker. 1992. Energy conservation and efficient turfgrass maintenance. PP. 473- 500. *In:* D. V. Waddington et al. (Ed.) Turfgrass. Agron. Monogr. 32. ASA, CSSA, and SSSA, Madison, WI.
9. Cockerham, S. T. and D. J. Brinkman. 1989. A simulator for cleated-shoe sports traffic on turfgrass research plots. *California Turfgrass Culture* 39:9–10.
10. Daniel, G. O., S. T. J. loren, D. R. Kevin and B. Jensen. 2001. Crested Wheatgrass *Agropyron cristatum* and *Agropyron desertorum*. United States Department of Agriculture, Natural Resources Conservation Servise Idaho Stats Office, Boise, Idaho.
11. Daniels, R. W. and S. K. Sugden. 1996. Opportunities for Growth Regulation of Amenity Grass. *Pestic Science* 47: 363-369.
12. DuBois, M., K. A. Gilles, J. K. Hamilton, P. A. Rebers and F. Smith. 1956. Colorimetric Method for Determination of Sugars and Related Substances. *Analytical Chemistry* 28: 350–356.
13. Ervin, E. H. and A. J. Koskib. 2001. Kentucky Bluegrass Growth Responses to Trinexapac-Ethyl, Traffic, and Nitrogen. *Crop Science* 41: 1871-1877.
14. Ervin, E. H. and A. J. Koski. 1998. Growth Responses of Lolium perenne L. to Trinexapac-ethyl. *Hort Science* 33: 1200-1202.

15. Ervin, E. H., C. H. Ok, B. S. Fresenburg and J. H. Dunn. 2002. Trinexapac-ethyl Restricts Shoot Growth and Prolongs Stand Density of 'Meyer' Zoysiagrass Fairway Under Shade. *Hort Science* 37: 502-505.
16. Fagerness, M. J., D. C. Bowman, F. H. Yelverton and T. W. Rufty. 2004. Nitrogen Use in Tifway Bermudagrass, as Affected by Trinexapac-Ethyl. *Crop Science* 44: 595–599.
17. Fagerness, M. J., F. H. Yelverton, D. P. Livingston and T. W. Rufty. 2002. Tempereture and Trinexapac-ethyl effects on Bermudagrass growth, dormancy, and freezing tolerance. *Crop Science* 42: 853- 857.
18. Fan, G., X. Bian, H. Li, Z. Menh and S. Liu. 2009. Growth responses of Kentucky bluegrass (*Poa pratensis L.*) to trinexapac-ethyl applied in spring and autumn. *Frontiers of Agriculture* 3: 186-189.
19. Ferrell, J. A., T. R. Murphy, R. R. Duncan and W. K. Vencill. 2003. Seashore Paspalum Response to. Trinexapac-ethyl and Paclobutrazol. *Hort Science* 38: 605-606.
20. Goss, R. M., J. H. Bairdb, S. L. Kelmc and R. N. Calhounc. 2002. Trinexapac-Ethyl and Nitrogen Effects on Creeping Bentgrass Grown under Reduced Light Conditions. *Crop Science* 42: 472-479.
21. Han, L. B., G. L. Song and X. Zhang. 2008. Preliminary Observations on Physiological Responses of Three Turfgrass Species to Traffic Stress. *Hort Technology* 18: 139-143.
22. Heckman, N. L., T. E. Elthon, G. L. Horst and R. E. Gaussoin. 2002. Influence of trinexapac-ethyl on respiration of isolated wheat mitochondria. *Crop Science* 42: 423-427.
23. Hiscox, J. D. and G. F. Israelstam. 1979. A method for the extraction of chlorophyll from leaf tissue without maceration. *Canadian Journal of Botany* 57: 1332–1334.
24. Johnson, B. J. 1997. Growth of 'Tifway' Bermudagrass. Following Application of Nitrogen and. Iron with Trinexapac-ethyl. *Hort Science* 32: 241-242.
25. Jones, R. J., C. J. Nelson and D. A. Sleper. 1979. Seedling Selection for Morphological Characters Associated with Yield of Tall Fescue. *Crop Science* 19: 631-634.
26. Landry, G and T. Murphy. 2000. Plant growth regulator for turfgrass in the united state. *NZ Turf Management Journal* 15: 20-24.
27. Michael, T. D. and D. W. Williams. 2010. Overseeding and Trinexapac-ethyl Effects on Tolerance to Simulated Traffic of Four Bermudagrass Cultivars Grown as a Sand-based Athletic Field. *Hort Technology* 20: 724-729.
28. Minner, D. D. and F. J. Valverde. 2005. Performance of established cool-season grass species under simulated traffic. *International Turfgrass Society* 10:393-397.
29. Morris, K. N. 2002. A guide to NTEP turfgrass rating. *National Turfgrass Evaluation program* 11: 30-39.
30. Nelson, C. J., T. L. Vassey and J. W. MacAdam. 1986. Morphology and physiology of meristems of graminaceous crops. PP. 20–34. *In:* A. Cooke (Ed.). Proc. Plant Growth Regulator Soc. Amer.,13th Annu. Mtg., St. Petersburg Beach, Fla.
31. Padhye, S. R. and J. K. Groninger. 2009. Influence of Benzyladenine, Trinexapac-ethyl, or Uniconazole Applications on Height and Tillering of Six Ornamental Grasses. *Hort Technology* 19: 737-742.
32. Qian, Y. L. 1998. Trinexapac-ethyl Restricts Shoot. Growth and Improves Quality of. 'Diamond' Zoysiagrass Under Shade. *Hort Science* 36: 1019-1022.
33. Qian, Y. L. and M. C. Engelke. 1999. Influence of Trinexapac-Ethyl on Diamond Zoysiagrass in a Shade Environment. *Crop Science* 30: 202-208.
34. Razmjoo, K., T. Imada, J. Suguira and S. Kaneko. 1996. Effect of nitrogen rates and mowing heights on color, density, uniformity and chemical composition of creeping bentgrass cultivars in winter. *Plant Nutrient* 19: 1499-1509.
35. Shearman, R. C and J. B. beard. 1975. Turfgrass wear tolerance mechanisms. II. Effects of cell wall constituents on turfgrass wear tolerance. *Journal of Agronomy* 67: 211-215.
36. Steinke, K. and J. C. Stier. 2004. Influence of Trinexapac-Ethyl on Cold Tolerance and Nonstructural Carbohydrates of Shaded Supina Bluegrass. *Acta Horticulturae* 661: 207-215.
37. Stier, J. C. and J. N. Rogers. 2001. Trinexapac-Ethyl and Iron Effects on Supina and Kentucky Bluegrasses Under Low Irradiance. *Crop Science* 41: 457-465.
38. Tan, Z. G. and Y. L. Qian. 2003. Light Intensity Affects Gibberellic Acid. Content in Kentucky Bluegrass. *Hort Science* 38: 113-1116.
39. Trenholm, L. E., R. N. Carrow and R. R. Duncan. 2000. Mechanisms of Wear Tolerance in Seashore Paspalum and Bermudagrass. *Crop Science* 40: 1350-1357.
40. Waltz, F. C. and T. Whitwell. 2005. Trinexapac-ethyl effect on total nonstructural carbohydrates of field-grown hybrid bermudagrass. *International Turfgrass Society Research Journal* 10: 899–903.
41. Williams, D. W., P. B. Burrus and K. L. Cropper. 2010. Seeded Bermudagrass Tolerance to Simulated Athletic Field Traffic as Affected by Cultivars and Trinexapac-ethyl. *Hort Technology* 20: 533-538.