

حرکت

شماره ۱۳ - ص ص : ۱۴۱ - ۱۲۹

تاریخ دریافت : ۸۱/۰۳/۲۶

تاریخ تصویب : ۸۱/۰۴/۱۵

تقویت چمن طبیعی در زمین‌های ورزشی با استفاده از شبکه‌های پلیمری

سیدمنصور بیدکی^۱ - محمدرضا صادقیان شامی - حمید سودانی زاده - حسن آقامشروطه
اعضاء هیأت علمی دانشگاه یزد

چکیده

چمن طبیعی به عنوان مطلوب‌ترین پوشش سطح در میادین ورزشی، از دیرباز مورد استفاده بوده است. ساختار گیاهی و طبیعی چمن موجب حساسیت آن به شرایط متفاوت آب و هوایی و ضربات و نیروهای مخرب اعمال شده در طول مسابقات ورزشی شده است. تخریب پوشش زمین‌های چمن به دلایل متعدد که اغلب با کنده شدن ریشه گیاه از خاک یا فشردگی زیاد خاک اطراف آن همراه است، روی داده و با افت تدریجی کیفیت زمین، خصوصاً در فصول فشرده مسابقات، سبب بروز مشکلات بسیار می‌شود. تقویت چمن طبیعی به منظور افزایش دوام آن، می‌تواند بهترین راه برای پاسخگویی به نیاز میادین ورزشی در فصول پرتراکم باشد. در تحقیق حاضر، از توری پلاستیکی که در زمان کاشت چمن بر سطح موضع کاشت قرار می‌گیرد، به منظور کاهش میزان انتقال نیروهای مخرب به فضای حاوی ریشه‌ها استفاده شده است. آزمون‌های انجام شده، حکایت از عدم تأثیر منفی توری بر عملکرد چمن در طول دوره رشد داشته و وجود توری از انتقال حدود ۳۰ درصد از ضربات و نیروهای مخرب که به صورت ضربه‌ای در زوایای مختلف به سطح چمن وارد می‌شوند، کاسته است. همچنین انجام آزمون قدم زدن که توسط دستگاه شبیه‌ساز به انجام رسیده، حکایت از افزایش قابل توجه دوام چمن طبیعی، در حالت تقویت با استفاده از توری داشته است.

واژه‌های کلیدی

تقویت چمن طبیعی، نگهداری چمن طبیعی، چمن مصنوعی، دوام چمن و دوام زمین‌های ورزشی.

مقدمه

میادین ورزشی مسطح و پوشیده از چمن طبیعی، از دیرباز به منظور انجام فعالیت‌ها و رقابت‌های ورزشی مورد توجه بوده‌است. سبزی که نشانه طراوت و شادابی و برانگیزاننده حس مقاومت و سخت‌کوشی در انسان است، همراه با نرمی و انعطاف توأم با قابلیت تولید اکسیژن چمن، آن‌را به عنوان یکی از اساسی‌ترین ملزومات، در انجام مسابقات پرطرفدار ورزشی معرفی کرده‌است. مهمترین ورزش‌هایی که الزاماً در زمین چمن به انجام می‌رسند عبارتند از: گلف، فوتبال آمریکایی، فوتبال، هاکی روی چمن، کریکت و ... در این میان فوتبال طرفداران بسیار زیادی را در سراسر جهان به خود اختصاص داده‌است (۵، ۶، ۸). طبیعت بازی و سرعت بالای بازیکنان در این ورزش، لزوم وجود سطحی یکنواخت، دارای انعطاف و همچنین قدرت انتقال نرم نیروهای شدید در برخورد با بدن ورزشکار را به اثبات می‌رساند. یک سطح چمن مناسب، از جهات زیر مورد توجه است:

الف - آثار متقابل سطح چمن و بازیکن

ب - آثار متقابل سطح چمن و توپ

ج - دوام سطح چمن در طول دوره استفاده

مواردی چون قابلیت تغییر شکل دادن، مقاومت در مقابل لغزش و چرخش و پیچش و مقاومت در برابر سرخوردن، از جمله مواردی است که می‌تواند بر عملکرد یک بازیکن در زمین فوتبال تأثیر بگذارد. میزان جهش عمودی توپ در برخورد با سطح در زاویه قائمه، قابلیت قل خوردن توپ بر سطح، زاویه برگشت توپ در برخوردهای غیر قائمه نیز می‌تواند مشخص‌کننده آثار متقابل زمین چمن بر رفتار و مسیر توپ باشد. مقاومت سطح پوشیده شده از گیاه چمن در مقابل استفاده‌های پیایی و طولانی در فصول فشرده مسابقات، شرایط جوی مانند گرما، سرما و رطوبت شدید بر کیفیت زمین، از جمله موارد تأثیرگذار بر کیفیت سطح است که دوام آثار متقابل

ذکر شده را در طول دوره استفاده بیان می‌کند (۹ و ۲).

مشکلاتی نظیر شرایط بد آب و هوایی شامل سرما و گرمای شدید و کم‌آبی و همچنین هزینه بالای آماده‌سازی و کاشت و نگهداری چمن همراه با افزایش تمایل به مسقف کردن میادین ورزشی، از جمله مواردی است که کاربرد چمن طبیعی را تا حدودی با محدودیت روبه‌رو ساخته است. چنین مشکلاتی از چند دهه قبل (حدود ۱۹۶۰)، معرفی چمن مصنوعی را که با رنگ و ساختاری مشابه چمن طبیعی تهیه می‌شود، موجب شده است (۱۵، ۱۴، ۹، ۷، ۴، ۳ و ۱). در تولید چمن مصنوعی، الیاف نواری شکل از جنس پلی پروپیلن مقاوم شده در مقابل تخریب فتوشیمیایی امواج ماورای بنفش نور خورشید یا الیاف نایلون ۶۶ تولید شده به رنگ سبز چمنی توسط ماشین‌های مخصوص از یک لایه پارچه‌ای عبور داده شده تا یک طرف آن به صورت پرزدار با ظاهری مشابه چمن طبیعی ایجاد شود طرف دیگر این لایه با چسب به لایه‌ای انعطاف‌پذیر و لاستیکی، جهت ایجاد خاصیت انعطاف و جهندگی چسبانده می‌شود چمن مصنوعی تولید شده با استفاده از چسب‌های مخصوص بر سطح زمین آسفالت، بتنی یا چوبی، مشابه یک کف‌پوش چسبانده می‌شود. به منظور خروج آب باران و عدم ایجاد مشکل در فصول بارانی، منافذی در لایه چمن مصنوعی و مجراهایی در زمین برای انتقال آب به لایه‌های زیرین یا کانال‌های فاضلاب تعبیه شده است. در برخی از نمونه‌ها، پس از نصب چمن مصنوعی که ارتفاع پرزهای آن بین ۳۰-۲۰ میلی‌متر است، لایه‌ای از ماسه بسیار نرم با دانه‌های گرد که بعضاً می‌تواند با خرده‌های ریز لاستیک مخلوط می‌شود، ریخته شده تا علاوه بر افزایش جهندگی زمین از کوبیده شدن پرزهای چمن مصنوعی و کنده شدن آنها نیز جلوگیری کند (۱۲ و ۱۰).

اگر چه چمن مصنوعی، پس از سالها تحقیق، امروزه با ظاهر و خواصی تقریباً مشابه چمن طبیعی تولید می‌شود، ولی مواردی چون بالاتر بودن میزان صدمات و خراشیدگی‌ها و فرم‌شدگی‌های پوستی در حین لغزش و برخورد بازیکن با زمین و اکسیژن‌نا نبودن سطح مصنوعی مورد نظر، همواره جایگزین شدن کامل چمن طبیعی را با رقیب مصنوعی آن دور از ذهن ساخته است. در نظرخواهی‌های به عمل آمده از بازیکنان، بیشتر آنان بازی بر سطح چمن طبیعی را بسیار راحت‌تر و ایمن‌تر بیان نموده و اعتقاد به بالاتر بودن احتمال آسیب‌دیدگی در زمین‌های دارای چمن مصنوعی داشته‌اند (۱۱). اخیراً فدراسیون بین‌المللی فوتبال، ضمن

تعریف استانداردهای خاص و اجباری برای زمین‌های چمن مصنوعی، اجازه برگزاری مسابقات فوتبال را در بیشتر سطوح ملی بجز بازیهای جام جهانی و المپیک مردان و زنان و جام کنفدراسیون‌ها و ... بر زمین‌های دارای چمن مصنوعی، به شرط اخذ گواهینامه مخصوص، صادر کرده است. با توجه به استانداردهای تعریف شده برای چمن مصنوعی، می‌توان گفت که در حال حاضر تنها تعداد محدودی از این تولیدات توانایی رقابت با چمن طبیعی را دارند و کاربرد آنها بیشتر برای زمین‌های تمرینی خواهد بود (۹ تا ۱۳).

امروزه سطح زمین‌های ورزشی از سطوح دو جنسی، دارای چمن طبیعی رشد نموده در لابلای الیاف نواری شکل چمن مصنوعی پوشیده می‌شوند. چمن مصنوعی در این مخلوط دارای منافذی است که اجازه عبور ریشه چمن طبیعی را به آن داده و با رسیدن ریشه به خاک زیرین عیوب جزء طبیعی با حضور جزء مصنوعی و بالعکس، جبران می‌گردد. بدین منظور لایه‌ای مناسب از چمن مصنوعی بر سطح لایه‌ای از پلاستیک قرار گرفته، پس از توزیع یکنواخت خاک بر سطح آن بذر چمن طبیعی پاشیده می‌شود و پس از حدود ۶ هفته، با خروج ریشه چمن از پشت لایه چمن مصنوعی، عملیات برداشت لایه چمن مخلوط به صورت رول و انتقال و نصب در محل مورد نظر صورت می‌گیرد. موفقیت این ابتکار به مقدار زیاد به دلیل حضور چمن طبیعی است و جزء مصنوعی، عمل تقویت و محافظت جزء طبیعی را به انجام می‌رساند (۱۱ و ۱۳).

روش‌های دیگری نیز برای محافظت و تقویت زمین‌های چمن طبیعی به کار گرفته شده است، مانند به کارگیری قطعات کوچک توری‌های پلاستیکی یا قطعات خرد شده لاستیک، به صورت مخلوط با خاک سطح رشد چمن که از متراکم شدن و بسته شدن منافذ خاک که می‌تواند باعث فشردگی شدن فضای اطراف ریشه و خشک شدن گیاه شود، جلوگیری می‌کند (۱۱).

در تحقیق حاضر که با هدف تقویت زمین‌های ورزشی دارای چمن طبیعی به انجام رسیده، از اصل ممانعت از رسیدن ضربات شدید و مخرب به قسمت‌های حساس و خصوصاً ریشه گیاه استفاده شده است. بدین منظور لایه‌ای از توری با منافذ مناسب، بر سطح خاک آماده کاشت چمن قرار گرفته و شرایط به گونه‌ای فراهم می‌گردد که پس از جوانه زدن و رشد گیاه، ریشه آن در

سطح یا در زیر لایه توری قرار گرفته و ساقه‌های آن در بالای این لایه قرار گیرد. بدین ترتیب ضربات وارد شده بر زمین قبل از رسیدن به خاک زیرین و ایجاد فشردگی در خاک یا کنده شدن آن به همراه ریشه چمن، توسط توری مهار شده، بدون آنکه به کیفیت طبیعی چمن طبیعی لطمه‌ای وارد گردد.

روش تحقیق

مواد اولیه مورد استفاده

دو نمونه توری پلاستیکی از جنس پلی پروپیلن از تولیدات شرکت Netlon انگلستان که به ترتیب دارای منافذی به ابعاد $1/5 \times 1/5$ و 4×4 سانتی متر بودند به منظور تقویت سطح چمن به کار گرفته شد. بذر مخلوط چهار بذر ورزشی از تولیدات شرکت Barenbrug هلند به مشخصات مخلوط ارائه شده در جدول ۱ مورد استفاده قرار گرفت.

جدول ۱- مشخصات مخلوط در بذر چمن مورد استفاده

نوع بذر موجود در مخلوط	% وزنی در مخلوط
Barrage Lolium Perene	۳۵
Sabor Lolium Perene	۲۰
Baron Poa Pratensis	۳۵
Barnica Festuca Rubracom	۱۰

خاک زمین‌های آماده شده برای کاشت از نوع Sandy Clay Loam بود و از کود گاوی پوسیده شده به مدت یک سال در شرایط طبیعی استفاده شد.

کاشت و تقویت و نگهداری چمن

جهت مقایسه تأثیر به کارگیری توری در تقویت زمین چمن، قطعه‌ای زمین به مساحت ۱۲۰ مترمربع پس از تسطیح و آماده‌سازی به ۱۲ قسمت مساوی تقسیم شد که شرایط تقویتی به کار گرفته شده در این قطعات دوازده‌گانه در جدول ۲ نشان داده شده است.

جدول ۲- شرایط تقویت قطعات مورد کاشت

شماره قطعه زمین	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	۱۰	۱۱	۱۲
نوع توری به کار رفته	-	اول	اول	دوم	-	اول	اول	دوم	-	اول	اول	دوم
موقعیت بذر نسبت به توری	-	هم سطح	زیر توری	هم سطح	-	هم سطح	زیر توری	هم سطح	-	هم سطح	زیر توری	هم سطح

در قطعات دارای توری پس از پهن کردن توری بر سطح زمین، توسط سیم‌های آلومینیومی به قطر ۳ میلی‌متر که به شکل حرف U خم شده بودند، لایه توری به زمین متصل شد تا از جابه‌جایی آن جلوگیری شود و به‌طور کامل بر سطح زمین قرار گیرد، مقدار بذر پاشیده شده در قطعات، ۵۰ گرم بر مترمربع بود که جهت یکنواختی بیشتر در دو مرحله و با دست بر سطح زمین پخش گردید. در قطعاتی که باید بذر در زیر لایه توری قرار گیرد، ابتدا عملیات بذرپاشی انجام شد و پس از پاشیدن لایه‌ای از مخلوط خاک و کود حیوانی به ضخامت یک سانتی‌متر و تسطیح ملایم، لایه توری نصب گردید. در سایر قطعات دارای توری، ابتدا لایه توری بر سطح زمین نصب شده و عملیات پاشیدن بذر صورت گرفت و در نهایت توری و بذر هم‌سطح آن با لایه‌ای از مخلوط خاک و کود پوشانده شد. در قطعات بدون توری نیز پس از پاشیده شدن بذر، لایه خاک و کود به‌صورت یکنواخت و مشابه قطعات دیگر پخش گردید.

عملیات کاشت در اسفند ماه ۱۳۷۹ و در دانشگاه یزد به انجام رسید. آبیاری آن به مقدار سه بار در روز به مدت یک ماه و دوبار در روز به مدت سه ماه و پس از آن یک بار در روز به مدت هشت ماه به انجام رسید. پس از یک ماه اولین مرحله چین‌زدن با چمن‌زن دستی و در مراحل بعد به‌صورت هر ماهه و توسط چمن‌زن موتوری صورت گرفت.

نتایج و یافته‌های تحقیق

آزمایش‌های انجام شده

آزمون رشد

عملکرد سطوح دوازده‌گانه کاشته شده، از نظر میزان رشد گیاه چمن به‌صورت مقایسه‌ای و از طریق توزین برگ‌های چمن بریده شده در هنگام چمن‌زنی از قطعات مختلف برآورد شده، که

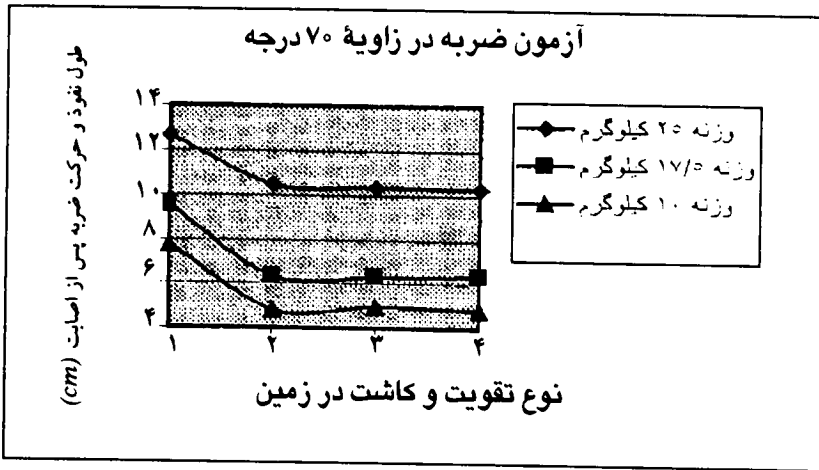
اختلاف معنی‌داری میان آنها مشاهده نشد. توزین‌ها انجام شده در ماه‌های هفتم و هشتم به انجام رسیده است.

آزمون ضربه

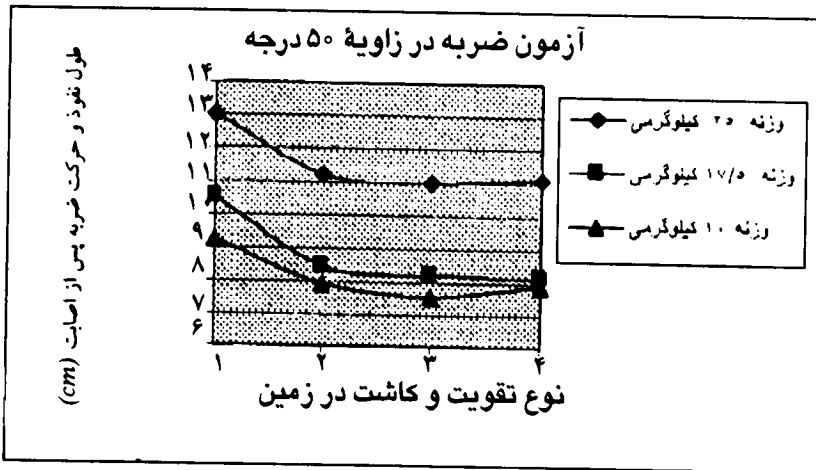
در این آزمون از یک دستگاه ضربه‌زن دارای سطحی شیب‌دار با زاویه قابل تغییر استفاده شد. وزنه‌های ۱۰، ۱۷/۵ و ۲۵ کیلوگرمی از این سطح شیب‌دار و پس از طی مسافت ۱۵۰ سانتی‌متر و با زاویه‌های ۳۰، ۵۵ و ۷۰ درجه به سطح زمین چمن برخورد داده شد. سطح اثر ضربات ۱۲ سانتی‌متر مربع (قابل مقایسه با سطح مؤثر نوک کفش‌های ورزشی) بود که طول نفوذ ضربه از سطح زمین به‌عنوان طول نفوذ و بر حسب سانتی‌متر اندازه‌گیری شد. آزمون‌های ضربه پس از کاشت چمن و در رطوبت خاک ۱۵ درصد به انجام رسید. نتایج به‌دست آمده در نمودارهای ۱، ۲ و ۳ نشان داده شده است.

آزمون قدم‌زنی

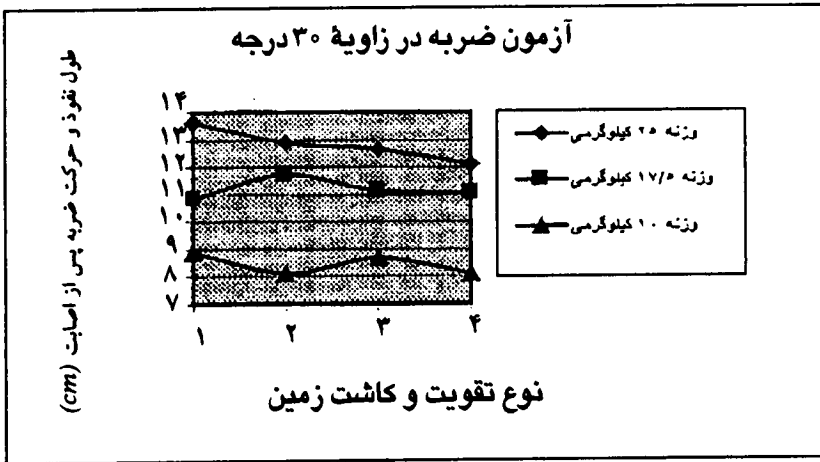
به‌منظور مقایسه دوام و مقاومت زمین‌های چمن مورد آزمون، از دستگاه قدم‌زن ساخته شده، دارای دو پای پنج کیلوگرمی که تعداد ۴۰ ضربه در دقیقه به‌صورت پاندولی از ارتفاع ۱۲۰ سانتی‌متری به سطح زمین وارد می‌کند، استفاده شد. کفش‌های میخ‌دار ورزشی نصب شده به پاهای قدم‌زن پس از برخورد پاندولی به سطح زمین، توسط نیروی موتور، بدنه ۴۵ کیلوگرمی دستگاه را به جلو کشیده و بدین ترتیب ضرباتی مشابه ایست و شروع ناگهانی در حرکت بازیکن را به زمین وارد می‌نمایند. وزن چمن و خاک (گل) کنده شده در هر یکصد قدم و در طول ششصد قدم اندازه‌گیری شده و به‌عنوان میزان تخریب ایجاد شده در هر قطعه در نمودار ۴ نشان داده شده است.



نمودار ۱- میانگین نتایج انجام آزمون ضربه بر قطعات چمن در زاویه ۷۰ درجه
(۱- بدون توری، ۲- توری نوع اول و بالاتر از بذر، ۳- توری نوع اول و هم سطح بذر، ۴- توری نوع دوم و هم سطح بذر)

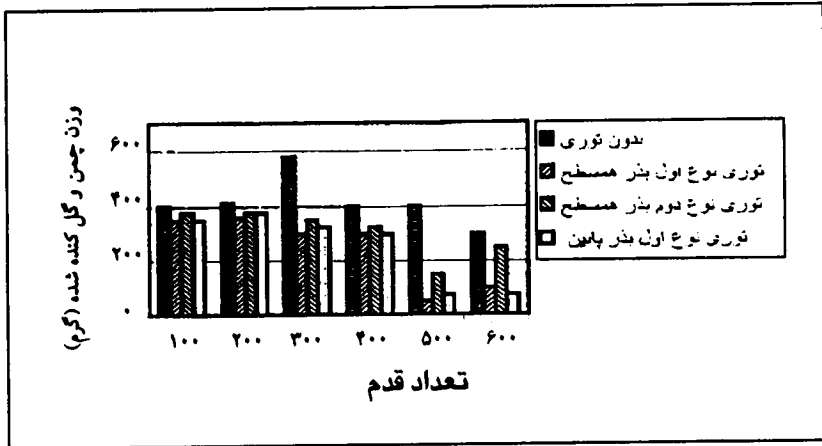


نمودار ۲- میانگین نتایج انجام آزمون ضربه بر قطعات چمن در زاویه ۵۵ درجه
(۱- بدون توری، ۲- توری نوع اول و بالاتر از بذر، ۳- توری نوع اول و هم سطح بذر، ۴- توری نوع دوم و هم سطح بذر)



نمودار ۳- میانگین نتایج انجام آزمون ضربه بر قطعات چمن در زاویه ۳۰ درجه

(۱- بدون توری، ۲- توری نوع اول و بالاتر از بذر، ۳- توری نوع اول و هم سطح بذر، ۴- توری نوع دوم و هم سطح بذر)



نمودار ۴- میانگین نتایج آزمون قدم زدن توسط دستگاه قدم‌زن بر سطح زمین‌های کاشته شده

بحث و نتیجه گیری

تاکنون روش‌های به کار گرفته شده جهت تقویت زمین‌های چمن طبیعی و افزایش دوام و کارایی آن، بیشتر بر جلوگیری از متراکم شدن خاک در اطراف ریشه گیاه متمرکز بوده است. علاوه بر این، به کارگیری چمن‌های دوجزئی (چمن طبیعی رشد نموده بر چمن مصنوعی، می‌تواند به عنوان بهترین روش در اصلاح ضعف دوام چمن طبیعی و حذف استفاده از چمن‌های صد در صد مصنوعی شناخته شود، ولی هزینه زیاد، فن آوری نسبتاً بالای تولید جزء مصنوعی، از جمله مشکلاتی است که می‌تواند در بسیاری از موارد برای مصرف‌کنندگان ایجاد محدودیت کند. در تحقیق حاضر، بر استفاده از توری پلاستیکی به عنوان مانعی جهت جلوگیری از رسیدن ضربات عمودی و زاویه‌دار به ریشه گیاه چمن تاکید شده است.

نتایج به دست آمده از آزمون رشد، نشان از عدم وجود هرگونه تأثیر منفی ناشی از کاربرد توری در میزان رشد چمن داشته است. به کارگیری توری با اندازه بزرگ منافذ، در مقایسه با قطر دسته ساقه‌های گیاه، هیچ مزاحمتی را در امر رشد و نمو گیاه به وجود نخواهد آورد. اطلاعات به دست آمده از تجزیه و تحلیل آماری نتایج آزمون ضربه با نرم افزار Excel، حکایت از تأثیر مشخص و مثبت استفاده از توری بر کاهش میزان نفوذ ضربات مخرب به فضای ریشه‌ای دارد. مقاومت ذاتی توری در مقابل تغییر شکل، سبب پخش نیروی ضربه در سطحی وسیع‌تر از سطح عامل ضربه‌زننده شده و بدین ترتیب علاوه بر جلوگیری از فشرده شدن خاک در محل برخورد، از نفوذ ضربه و کنده شدن خاک به همراه ریشه گیاه چمن جلوگیری می‌کند. میزان ممانعت توری در مقابل حرکت عامل ضربه‌زننده در تمامی زوایای اعمال ضربه، با یکدیگر اختلاف آماری قابل توجه داشته و میزان تأثیر توری در زوایای ضربه بیش از ۴۵ درجه زیادتر بوده است. علت این امر را می‌توان در لغزش عامل ضربه در زاویه ۳۰ درجه بر سطح توری بیان کرد، به نحوی که در زمین فاقد توری، ضربه پس از کندن ساقه چمن‌های واقع در موضع اثر خود، به خاک رسیده و به آن وارد می‌شود. حال آنکه در صورت وجود توری، نیروی ضربه اگر قادر به پاره کردن توری نباشد، به طور کامل در جهت مماس بر سطح توری تغییر مسیر داده و طبیعتاً موجب کنده شدن برگ‌های زیادتری از چمن در مسیر خود خواهد شد. با توجه به این مطلب که برگ چمن در طول یک دوره استراحت و با سرعت نسبتاً خوبی قابل جایگزینی است، ولی کنده

شدن خاک و قطع ریشه گیاه می‌تواند سبب مرگ گیاه و خالی شدن کامل سطح شود از این رو می‌توان به تأثیر مثبت حضور توری حتی در مورد ضربات اعمال شده در زوایای کم نسبت به سطح پی برد. با توجه به میزان درصد کاهش طول نفوذ میان قطعات دارای توری و فاقد آن و میانگین‌گیری از نتایج به دست آمده در زوایای بالای ۴۵ درجه، می‌توان به کاهش متوسط ۳۰ درصدی عمق و طول نفوذ ضربات اشاره کرد.

نتایج به دست آمده در آزمون قدم زدن، بیانگر وجود اختلاف قابل توجه آماری میان وزن چمن و گل‌کنده شده از قطعات دارای توری و فاقد توری است. اطلاعات ناشی از تجزیه و تحلیل آماری نتایج نشان می‌دهد که اختلاف آماری قابل توجهی میان وزن چمن و گل‌کنده شده از قطعاتی که بذر در زیر توری کاشته شده، نسبت به قطعاتی که بذر به صورت هم سطح با توری کاشته شده است وجود ندارد. به کارگیری توری نوع اول به دلیل برخورداری از روزه‌های ریزتر، باعث کنده شدن کمتر چمن و ریشه آن همراه با خاک در قدم‌های بالاتر از ۴۰۰ نسبت به توری نوع دوم شده است.

ادامه مشاهدات در سطوح قرارگرفته تحت آزمون‌های قدم و ضربه نشان می‌دهد که سطح مورد اصابت در مناطقی که پارگی توری روی نداده، پس از یک ماه مجدداً شاهد رشد گیاه چمن بوده است، این امر در زمین‌های دارای توری که بذر در زیر لایه توری کاشته شده، بیشتر بوده و در زمین‌های فاقد توری، به مقدار بسیار کمتری روی داده است. با توجه به نتایج به دست آمده در این تحقیق می‌توان ادعا کرد که به کارگیری توری در سطح رشد چمن می‌تواند به مقدار قابل توجهی افزایش دوام و کارایی زمین ورزشی را در پی داشته باشد. افزایش هزینه به کارگیری توری در هنگام کاشت چمن، در حدود ۱۷ درصد کل هزینه آماده‌سازی و کاشت و نگهداری چمن معمولی است، از این رو می‌توان با صرف چنین هزینه‌ای اندک به داشتن زمینی با دوام و کیفیت ماندگارتر امید داشت.

منابع و مآخذ

- 1- Chapman, G.,P., "The Biology of Grasses", Cabi Publishing, 1996.
- 2- "BS Recommendation for surfaces for Sports Areas - Determination of

- Resistance to Indentation", BS EN Standard 1516:1999, 1999.
- 3- Lawson, D.,M., "Fertilisers for Turf", The Sports Turf Research Institute, 1996.
- 4- Christian, N,"Fundamentals of Turfgrass Management", Ann Arbor Press, 1998.
- 5- Adams, W.,Gibbs, R.,"Natural Turf for Sport and Amenity: Science and Management", Cabi Publishing, 1994.
- 6- Stewart, V.,L., "Sports Turf. Science, Construction and Maintenance", Spon Press, 1994.
- 7- Thompson, P.,Tolloczko, J.,Clarke, N.,"Stadia, Arenas and Grandstands: Design, Construction and Operation", Spon Press, 1998.
- 8- Beard, J.,B.,"Turfgrass: Science and Culture", Prentice Hall, 1973.
- 9- "FIFA Guide to Artificial Surfaces", Federation Internationale de Football Association Technical Department, Switzerland, 2001.
- 10- "Green 2000", Italgreen Synthetic Grass Production Catalogue, 24030 Vila D'adda(BG), Via, Molinetto, Italy, 2000.
- 11- Mcnitt, A.,S.,Landschoot, P.,J., "The Effects of Soil Inclusions on Soil Physical Properties and Athletic Field Plying Surface Quality", Department of Agronomy, The Pennsylvania State University,
[http:// www.sportgrass.com/technicalreport.htm/](http://www.sportgrass.com/technicalreport.htm/),2001
- 12- Internet Pages of Astroturf Company, <http://www.astroturf.com/>,2002
- 13- Vries, H.,"Ombined Turf", United States Patenl, US 2001/0007700AI, 2001.
- 14- Musser,H.,B., "Turf Management", McGraw-Hill Publishing, 1962.
- 15- Madison,J.,K.,"Principles of Turfgrass Culture", Krieger Pub CO, 1983.

16- Desso Dlw Sports System Internet Pages,

<http://www.pavimentosonline.com/desso/productos/product.htm> ,2002.

