

## ارزیابی اثر اسید هیومیک بر رشد و توان انباشت چمن اسپورت طی تنش کادمیوم

عادل‌علی‌خان و مینا تقی‌زاده\*

ایران، دانشگاه اراک، دانشکده کشاورزی و محیط زیست، گروه علوم و مهندسی باغبانی

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۰۳/۱۷ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۰۷/۰۷

### چکیده

باتوجه به گسترش آلودگی‌های محیط زیستی، یافتن راه‌کاری مناسب جهت کاهش انباشت فلزات سنگین در کلان شهرها از اهمیت زیادی برخوردار است. استفاده از گیاهان زیتنی گزینه مناسبی برای جایگزینی کاشت محصولات زراعی خوراکی در خاک‌های آلوده به فلزات سنگین می‌باشد. هدف از این مطالعه، بررسی اثر محلول‌پاشی برگ‌گی اسید هیومیک (صفر، ۲۵۰ و ۵۰۰ میلی‌گرم در لیتر) و غلظت‌های مختلف فلز کادمیم (صفر، ۵۰ و ۱۰۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم خاک) بر رشد و انباشت کادمیوم در چمن اسپورت به صورت آزمایش فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی بود. نتایج نشان داد که کادمیم در غلظت ۵۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم سبب کاهش ویژگی‌های رشدی می‌شود. در غلظت ۲۵۰ میلی‌گرم بر لیتر اسید هیومیک، کاهش رشد اندام هوایی مشاهده شد. در مجموع کاربرد اسید هیومیک توانست در حضور غلظت‌های کادمیم، توان انباشت این فلز را نسبت به شاهد افزایش دهد به طوری که بیش‌ترین میزان انباشتگی کادمیم اندام‌های هوایی، در غلظت ۵۰ میلی‌گرم کادمیم بر کیلوگرم خاک و کاربرد ۵۰۰ میلی‌گرم بر لیتر اسید هیومیک به دست آمد. این نتایج نشان داد که اسپری برگ اسید هیومیک می‌تواند برای حذف کادمیوم از خاک در چمن اسپورت استفاده شود. محلول‌پاشی برگ‌گی با غلظت ۵۰۰ میلی‌گرم در لیتر اسید هیومیک بیش‌ترین میزان تجمع کادمیم در اندام هوایی را از خاک با آلودگی ۵۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم کادمیوم بدست آورد. باتوجه به نتایج این آزمایش از آنجایی که میزان انباشت در ضایعات حاصل از سرزنی بیش‌تر از سایر اندام‌های دیگر بود، می‌توان از این نوع چمن در گیاه‌پالایی کادمیم در مناطق آلوده به این فلز توصیه کرد.

واژه‌های کلیدی: محلول‌پاشی، فلزات سنگین، فضای سبز، ترکیبات آلی، گیاه‌پالایی

\* نویسنده مسئول، تلفن: ۰۸۶۱۲۲۳۶۷۸۹، پست الکترونیکی: m-taghizadeh@araku.ac.ir

### مقدمه

برخی گیاهان نشانه‌های سمی بودن کادمیم همانند رشد ناگهانی، کلروز، نکروز، قهوه‌ایی شدن ریشه و حتی مرگ را نمایش می‌دهند (۱۱)، در حالی که بسیاری از گونه‌های گیاهی دیگر ممکن است در غلظت‌های کم و متوسط کادمیم و یا دیگر عناصر سنگین هیچگونه اثر سمیتی را بروز ندهند (۲۳، ۵۷ و ۵۸). امروزه نیاز به وجود فضای سبز شهری و صنعتی بر هیچ‌کس پوشیده نیست و وجود فضای سبز یکی از شاخص‌های توسعه یافتگی جوامع به حساب می‌آید (۲۶). یکی از ارکان اصلی فضای سبز، گیاهان پوششی می‌باشند و چمن یکی از مهم‌ترین گیاهان پوششی جهان محسوب می‌شود (۴۱ و ۲۸). چمن اسپورت یکی از

ورود بیش از حد فلزات سنگین به خاک‌های شهری سبب نفوذ به چرخه‌های زیست‌زمین شیمیایی در بوم سازگان-های شهری شده که اثراتی چون نابودی بافت خاک، تغییر ویژگی‌های خاک و دیگر مشکلات محیط زیستی را به-همراه خواهد داشت (۴۶). افزایش توجه به غلظت فلزات سنگین در طبیعت، مربوط به تأثیر سو و خطر زیاد این ترکیبات بر سلامتی انسان می‌باشد (۳۳). فلز کادمیم از سمی‌ترین عناصر سنگین برای گیاهان، جانوران و انسان است (۲۲ و ۲۳) و نقش زیستی ندارد. این فلز از طریق فرایندهای صنعتی و کودهای شیمیایی بخصوص کودهای فسفاته وارد محیط زیست و زنجیره غذایی می‌شود (۴).

استفاده قرار گیرند. ترکیبات هیومیک به‌طور مستقیم و یا غیرمستقیم به جذب عناصر توسط گیاه کمک می‌کنند (۳). اسید هیومیک یک ترکیب پلیمری آلی طبیعی است که در نتیجه پوسیدگی مواد آلی خاک، پیت، لیگنین و غیره به وجود می‌آید که باعث افزایش عملکرد و کیفیت محصول می‌شود (۱۹). اسید هیومیک باعث افزایش جذب عناصر غذایی، نفوذپذیری سلولی و سرعت بخشیدن فرآیند تنفس در بسیاری از گیاهان عالی می‌شود و دارای ۵۰ تا ۹۰ درصد مواد ارگانیک می‌باشد (۱۴).

معرفی یک روش زیستی برای پاکسازی خاک‌های آلوده به فلز کادمیوم با استفاده از پوشش چمن اسپورت به‌عنوان یکی از عناصر مهم گیاهی در فضای سبز شهری می‌تواند حائز اهمیت باشد که در اهداف این پژوهش مدنظر قرار گرفت. در این تحقیق به بررسی اثر کاربرد غلظت‌های مختلف اسید هیومیک در شرایط حضور غلظت‌های مختلف کادمیوم در خاک بر میزان رشد و توان پالایش زیستی توسط چمن اسپورت در شرایط گلخانه پرداخته شد.

### مواد و روشها

این پژوهش در سال ۱۳۹۶ در محیط کنترل شده گلخانه دانشکده کشاورزی، دانشگاه اراک انجام گرفت. مخلوط چمن تجاری با نام چمن اسپورت شامل چمن چچم چندساله (*Lolium perenne* L.) به‌میزان ۳۰ درصد، جیبر معمولی (*Poa pratensis* L.) به مقدار ۱۰ درصد و فتان بلند (*Festuca arundinacea* Schreb.) که به مقدار ۶۰ درصد به روش کاشت دستی در گلدان‌هایی به قطر دهانه ۱۵ سانتی-مترکشت شدند. آزمایش به‌صورت فاکتوریل و در قالب طرح کاملاً تصادفی و با سه تکرار اجرا شد. فاکتور اول شامل سه سطح تنش کادمیم با غلظت‌های صفر، ۵۰ و ۱۰۰ میلی‌گرم کادمیم بر کیلوگرم خاک، فاکتور دوم اسید هیومیک در غلظت‌های صفر، ۲۵۰ و ۵۰۰ میلی‌گرم بر لیتر به‌صورت محلول‌پاشی و فاکتور سوم مراحل اندازه‌گیری

انواع چمن سردسیری است که از ترکیب سه گونه جیبر معمولی، فتان بلند و چچم تشکیل شده است و در سطوح وسیعی در ایران کشت می‌شود. چمن با سرعت رشد سریع، سیستم ریشه توسعه یافته، زیست‌توده زیاد و یک چرخه رشد طولانی مدت از بسیاری از گیاهان متمایز هستند. علاوه بر این، برخی از انواع گراسها تحمل زیادی به تنش‌های محیطی (۵۳) از جمله آلودگی خاک با فلزات سنگین دارند (۱۳). چمن‌ها می‌توانند مقادیر زیادی از فلزات سنگین را در اندام‌های ریشه و اندام‌های هوایی جمع‌آوری کنند (۱). امکان اصلاح خاک‌های آلوده به فلزات سنگین از طریق روش‌های شیمیایی، فیزیکی، زیستی و گیاه‌پالایی وجود دارد که کارایی گیاه‌پالایی به عواملی مانند میزان زیست‌توده تولیدی گیاهان و قابلیت جذب زیستی عناصر وابسته است (۵۳). گیاه‌پالایی شامل زدودن، انتقال دادن، تثبیت کردن و یا تقلیل آلودگی‌ها در خاک، رسوبات و آب است که از گیاهان طبیعی موجود و یا گیاهان ایجاد شده از طریق مهندسی ژنتیک جهت پاک‌سازی محیط‌های آلوده استفاده می‌کنند (۶۱). به دلیل عدم حلالیت و غیرقابل دسترس بودن برخی فلزات سنگین در خاک از جمله کادمیوم، در پژوهش‌های گیاه‌پالایی غلظت‌های تیمار شده معمولاً بیشتر از حد بحرانی می‌باشد. در این زمینه توان انباشت گیاهانی مانند یونجه، گل حنا، همیشه بهار، ختمی زینتی، کلزا، گندم، اسفناج، خیار و هویج در بسترهای تیمار شده با غلظت‌های مختلف کادمیوم (۶۰۰-۰ میلی‌گرم در کیلوگرم خاک) مورد بررسی قرار گرفته است و برخی از این گیاهان را به‌عنوان انباشتگر کادمیوم در غلظت‌های ذکر شده معرفی کرده‌اند (۱۵، ۳۴، ۴۵ و ۶۸).

کاربرد اسید هیومیک در کشاورزی (۴۲) و پالایش آلودگی‌ها (۴۸) مطرح شده است. مواد هیومیکی شامل اسید فولیک، اسید فولویک و اسید هومیک می‌توانند به‌عنوان یک کود آلی جدید، مناسب و مقرون به‌صرفه برای افزایش کارایی، تقویت گیاه و حفظ مواد مغذی مورد

و سپس در پایان دوره آزمایش از آنها میانگین گرفته شد. در پایان هر ماه مواد گیاهی تازه حاصل از سرزنی برای اندازه‌گیری صفات بیوشیمیایی بلافاصله به آزمایشگاه منتقل شدند و در پایان مراحل ۳۰، ۶۰ و ۹۰ روزه صفات نشت یونی (۹)، کارتنوئید (۳۲) و کلروفیل (۶) اندازه‌گیری شد. در پایان دوره آزمایش (۹۰ روز پس از کشت) اندام هوایی با دقت از محل طوقه برداشت شد و وزن تر و خشک آنها در هر تیمار اندازه‌گیری شد. کل ماده خشک اندام‌های گیاهی در پایان دوره آزمایش و کل مواد گیاهی حاصل از تمام دفعات سرزنی برای محاسبه مقدار کادمیم جذب شده در بافت‌ها به روش هضم تر آنالیز شدند. برای اندازه‌گیری مقدار کادمیم کلیه نمونه‌های اندام‌ها با قرارگیری در آون به مدت ۴۸ ساعت در ۷۰ درجه سانتی-گراد خشک و آسیاب شدند. مقدار فلز کادمیم، در اندام‌های هوایی چمن توسط دستگاه جذب اسپکترومتری نشری پلاسمای جفت‌شونده القایی ICP-MS با طول موج ۲۲۸/۸۰۲ نانومتر اندازه‌گیری شده و غلظت کادمیم در هریک از تیمارها بر حسب قسمت در بیلیون (ppb) محاسبه ثبت گردید (۶۶).

آنالیز داده‌های حاصل از این پژوهش با استفاده از نرم افزار SAS صورت گرفت. آزمون چند دامنه‌ای دانکن (DMRT) برای مقایسه میانگین و تعیین معنی‌دار بودن تفاوت آماری در تیمارها در سطح پنج درصد استفاده می‌گردد.

## نتایج

نتایج حاصل از تجزیه واریانس نشان داد که اثر ساده مراحل اندازه‌گیری، در بیشتر صفات اندازه‌گیری شده (به-جز کلروفیل a و b و کارتنوئید) در سطح یک درصد معنی-دار بود. اثر ساده کادمیم، در صفات رنگ و تراکم چمن در سطح پنج درصد و اندام هوایی و ریشه در سطح یک درصد معنی‌دار شد و در سایر صفات معنی‌دار نبود. اثر ساده اسید هیومیک، به‌جز در صفت اندام هوایی چمن که در سطح پنج درصد معنی‌دار بود در هیچ یک از صفات

بود که اندازه‌گیری اول ۳۰ روز پس از کشت، اندازه‌گیری دوم ۶۰ روز پس از کشت و مرحله سوم اندازه‌گیری ۹۰ روز پس از کشت بود. برای اجرای تیمار کادمیم، خاک-های وزن و سرند شده برای هر گلدان در کیسه‌های پلاستیکی ریخته شد و برای ایجاد آلودگی فلزات سنگین در خاک، محلول کلرید کادمیم (CdCl<sub>2</sub>) در مقدار مشخصی آب مقطر حل گردید و به‌طور یکنواخت و به‌صورت لایه لایه به سطح خاک درون پلاستیک‌ها اسپری شد تا خاک به‌طور یکنواخت به کادمیم آلوده گردد. خاک آلوده به مدت ۳۰ روز در شرایط رطوبتی و دمایی نسبتاً ثابت، خوابانیده شد تا تعادل فلز در فاز محلول و جامد برقرار گردد. جهت سهولت خروج زه‌آب مقداری سنگ‌ریزه در ته هر گلدان ریخته شد. سپس گلدان‌ها از خاک‌های آلوده به کادمیم پر شدند. با توجه به این‌که سطح داخل گلدان ۰/۰۲ متر مربع بود، مقدار ۰/۶ گرم بذر چمن اسپورت به‌طور یکنواخت روی خاک گلدان‌ها پاشیده شد (معادل ۳۰ گرم در مترمربع) و با ضخامت سه سانتی‌متر کود دامی پوسیده پوشش داده شد. تا زمان استقرار، گیاهان به‌طور منظم آبیاری شدند. پس از یک هفته جوانه‌زنی بذرها آغاز گردید. در پایان هر هفته ابتدا با خط‌کش میلی‌متری، ارتفاع رشد چمن‌ها قرائت شد. سرزنی چمن‌ها به‌صورت هفتگی انجام شد که در هر نوبت سرزنی، مواد گیاهی حاصل از سرزنی به‌صورت تازه جمع‌آوری و توزین شدند سپس در آون به مدت ۴۸ ساعت در دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد خشک شد. پس از استقرار کامل چمن (۳۰ روز) و یک روز پس از سرزنی با افشانه غلظت‌های صفر، ۲۵۰ و ۵۰۰ میلی‌گرم بر لیتر به‌صورت محلول‌پاشی روی برگ‌های چمن‌هایی که روز قبل از اعمال تیمار در ارتفاع ۴ سانتی-متری سرزنی شده‌اند به‌صورت ماهانه پاشیده گردید. ویژگی‌های رنگ، تراکم، یکنواختی و بافت چمن (براساس امتیازدهی از کد ۱ الی ۹) از طریق ارزیابی‌های چشمی و طبق برنامه ملی ارزیابی چمن (NTEP) و ارتفاع اندام هوایی، پس از هربار سرزنی در پایان هر هفته ثبت گردید

حاصل شد. همچنین با افزایش دوره رشد افزایش در صفات بافت، تراکم، رنگ، میزان خشکیدگی و رشد ریشه حاصل شد. چنانچه، کم‌ترین و بیش‌ترین میزان بافت (۷/۲۶ و ۷/۴۴)، تراکم (۵/۷۶ و ۸/۶۶)، رنگ (۷/۰۰ و ۷/۴۰)، میزان خشکیدگی (۰/۳۰ و ۱/۱۴) و طول ریشه (۱/۸۶ و ۶/۸۷ سانتی‌متر) به ترتیب در اولین اندازه‌گیری و در سومین اندازه‌گیری حاصل شد. لازم به ذکر است که در مورد دو صفت رنگ و بافت چمن تفاوت آماری معنی‌داری بین دومین اندازه‌گیری و سومین اندازه‌گیری وجود نداشت. بیش‌ترین میزان نشت یونی نیز (۲۲/۴۸) در دومین اندازه‌گیری و کم‌ترین میزان نشت یونی (۸/۵۵) در سومین اندازه‌گیری حاصل شد که با تیمار اندازه‌گیری اول تفاوت معنی‌داری نداشت (جدول ۱).

اندازه‌گیری شده معنی‌دار نبود. اثرات متقابل مراحل اندازه‌گیری در کادمیم، مراحل اندازه‌گیری در اسید هیومیک، کادمیم در اسید هیومیک و اثرات سه‌گانه مراحل اندازه‌گیری در کادمیم در اسید هیومیک در هیچ کدام از صفات اندازه‌گیری شده چمن اسپورت معنی‌دار نبود که در ادامه به تحلیل اثرات معنی‌دار شده پرداخته می‌شود.

**اثر مرحله اندازه‌گیری بر صفات مورفوفیزیولوژیکی چمن اسپورت:** باتوجه به جدول ۱، با افزایش دوره رشد، کاهش در وزن تر، وزن خشک و میزان ارتفاع اندام هوایی چمن اسپورت مشاهده شد. به طوری که بیش‌ترین وزن تر (۰/۹۲ گرم)، وزن خشک (۰/۱۷ گرم) و میزان ارتفاع اندام هوایی (۲/۷۵ سانتی‌متر) در اولین اندازه‌گیری و کم‌ترین وزن تر (۰/۰۷ گرم)، وزن خشک (۰/۰۰۸ گرم) و میزان ارتفاع اندام هوایی (۱/۲۴ سانتی‌متر) در سومین اندازه‌گیری

جدول ۱- اثر مرحله اندازه‌گیری بر صفات مورفوفیزیولوژیکی چمن اسپورت

مرحله اندازه‌گیری	وزن تر (گرم)	وزن خشک (گرم)	بافت (رتبه‌بندی)	تراکم (رتبه‌بندی)	رنگ (رتبه‌بندی)	هوایی (سانتی‌متر)	ارتفاع اندام (رتبه‌بندی)	خشکیدگی (درصد)	طول ریشه (سانتی‌متر)	نشت یونی (درصد)
۱	۰.۹۲ <sup>a</sup>	۰.۱۷ <sup>a</sup>	۷.۲۶ <sup>a</sup>	۵.۷۶ <sup>c</sup>	۷.۰۰ <sup>a</sup>	۲.۷۵ <sup>a</sup>	۲.۷۵ <sup>a</sup>	۰.۳۰ <sup>c</sup>	۱.۸۶ <sup>c</sup>	۸.۶۲ <sup>a</sup>
۲	۰.۴ <sup>b</sup>	۰.۰۹ <sup>b</sup>	۷.۳۷ <sup>b</sup>	۷.۰۰ <sup>b</sup>	۷/۲۵ <sup>ab</sup>	۲.۱۱ <sup>b</sup>	۲.۱۱ <sup>b</sup>	۰.۷۷ <sup>b</sup>	۴.۰۹ <sup>b</sup>	۲۲.۴۸ <sup>b</sup>
۳	۰.۰۷ <sup>c</sup>	۰.۰۰۸ <sup>c</sup>	۷.۴۴ <sup>b</sup>	۸.۶۶ <sup>a</sup>	۷.۴۰ <sup>b</sup>	۱.۲۴ <sup>c</sup>	۱.۲۴ <sup>c</sup>	۱.۱۴ <sup>a</sup>	۶.۸۷ <sup>a</sup>	۸.۵۵ <sup>a</sup>

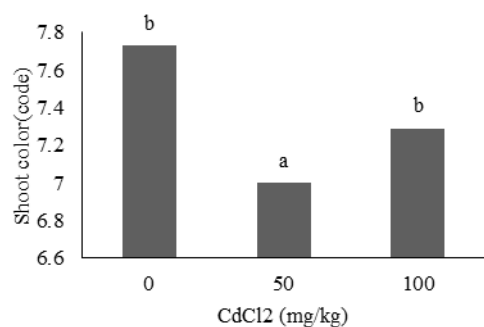
حروف متفاوت در هر ستون نشان دهنده اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد است.

کادمیم تفاوت معنی‌دار نداشت. رنگ‌پریده‌ترین اندام هوایی نیز در سطح ۵۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم کادمیم (۷/۰۰) مشاهده شد (شکل ۱-ب). براساس شکل ۱-ج، بیش‌ترین میزان ارتفاع اندام هوایی در سطح ۱۰۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم کادمیم (۲/۲۴ سانتی‌متر) که با شاهد از نظر آماری تفاوت معنی‌داری نداشت و کم‌ترین میزان ارتفاع اندام هوایی نیز در سطح ۵۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم کادمیم (۱/۷۳ سانتی‌متر) حاصل گردید. استفاده از تیمار ۱۰۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم کادمیم، منجر به کم‌ترین (۴/۰۰ سانتی‌متر) میزان طول ریشه نسبت به شاهد و غلظت ۵۰ میلی‌

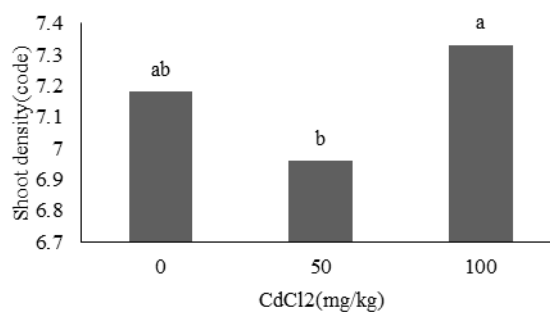
**اثر غلظت‌های کادمیم بر صفات مورفوفیزیولوژیکی چمن اسپورت:** با افزایش غلظت کادمیم، میزان تراکم پوشش گیاهی چمن اسپورت افزایش داشت، به طوری که در سطح ۱۰۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم کادمیم بیش‌ترین میزان تراکم پوشش گیاهی (۷/۳۳) چمن اسپورت مشاهده شد که از نظر آماری با شاهد تفاوت معنی‌داری نداشت. کم‌ترین میزان تراکم در غلظت ۵۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم کادمیم (۶/۹۶) حاصل شد (شکل ۱-الف). سبزی‌ترین رنگ اندام هوایی در شاهد (۷/۷۳) حاصل گردید که از لحاظ آماری با رنگ چمن در سطح ۱۰۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم

تراکم، رنگ، ارتفاع اندام هوایی (در غلظت ۵۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم کادمیم) و طول ریشه (در غلظت ۱۰۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم) تحت تنش کادمیم را نشان داد.

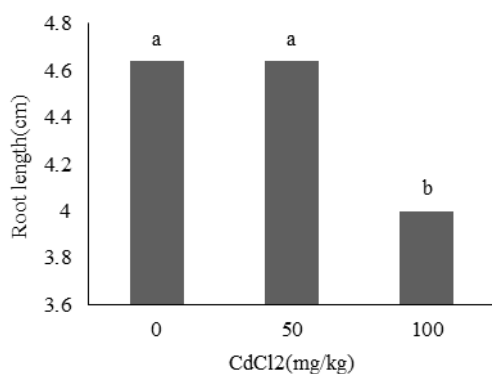
گرم بر کیلوگرم کادمیم گردید. بیش‌ترین میزان طول ریشه (۴/۶۴ سانتی‌متر) در شاهد و تیمار ۵۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم کادمیم حاصل شد (شکل ۱-د). نتایج این آزمایش، کاهش در



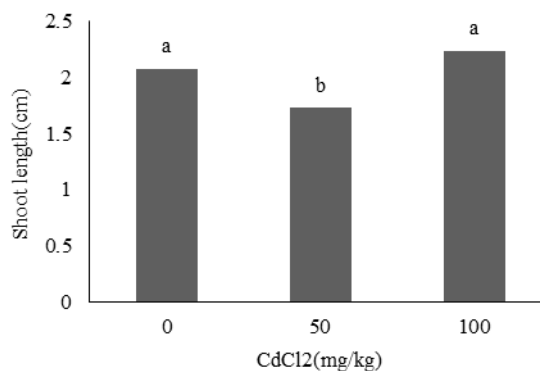
ب



الف



د



ج

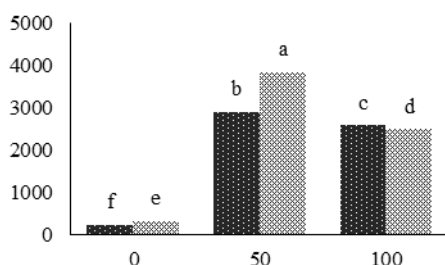
شکل ۱- اثر غلظت‌های مختلف کادمیم بر صفات مورفولوژیکی چمن اسپورت

اثر غلظت‌های کادمیم و محلول‌پاشی با اسید هیومیک بر میزان انباشت کادمیم چمن اسپورت: غلظت کادمیم اعمال شده در خاک و محلول‌پاشی برگی با اسید هیومیک، میزان انباشت توسط چمن اسپورت را تحت تأثیر قرارداد به‌گونه‌ای که در تیمار ۵۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم کادمیم و در مواد گیاهی حاصل از ضایعات سرزنی بیش‌ترین میزان انباشت کادمیم (۳۸۵۱ ppb) حاصل شد. کم‌ترین میزان انباشت کادمیم (۲۲۷ ppb) در غلظت صفر میلی‌گرم بر کیلوگرم در اندام هوایی مشاهده شد (شکل ۲-الف). شکل ۲-ب مقایسه میانگین اثر غلظت‌های کادمیم و کاربرد

اثر محلول‌پاشی اسید هیومیک بر طول اندام هوایی چمن اسپورت: شکل ۲ نشان‌دهنده اثر غلظت‌های مختلف اسید هیومیک بر میزان ارتفاع اندام هوایی چمن اسپورت است. با افزایش غلظت اسید هیومیک میزان ارتفاع اندام هوایی کاهش یافت، به‌طوری‌که کم‌ترین میزان ارتفاع اندام هوایی در غلظت ۲۵۰ میلی‌گرم بر لیتر اسید هیومیک (۱/۸۶ سانتی‌متر) مشاهده شد. بیش‌ترین میزان ارتفاع اندام هوایی در شاهد (سطح صفر میلی‌گرم بر لیتر اسید هیومیک) (۲/۲۳ سانتی‌متر) حاصل شد که با غلظت ۵۰۰ میلی‌گرم بر لیتر اسید هیومیک تفاوت آماری نداشت.

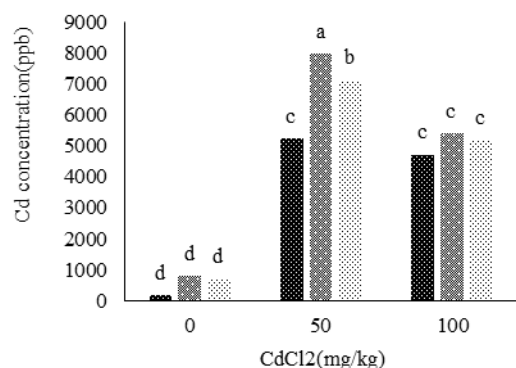
معنی‌دار بود و میزان تجمع در این تیمارها افزایش داشته است. کم‌ترین میزان انباشت کادمیم (۱۷۰ ppb) در صفر میلی‌گرم بر کیلوگرم کادمیم و صفر میلی‌گرم بر لیتر اسید هیومیک حاصل شد. با افزایش غلظت اسید هیومیک، انباشت کادمیم در مواد گیاهی ضایعات سرزنی چمن افزایش یافت. به طوری که بیش‌ترین میزان انباشت کادمیم (۲۵۰۶ ppb) در مواد گیاهی حاصل از ضایعات سرزنی و تیمار ۵۰۰ میلی‌گرم بر لیتر اسید هیومیک و کم‌ترین میزان انباشت کادمیم (۱۶۲۹ ppb) در اندام هوایی و غلظت صفر میلی‌گرم بر لیتر اسید هیومیک حاصل شد (شکل ۲-ج).

اسید هیومیک بر انباشت کادمیم در کل اندام هوایی (مجموع ضایعات سرزنی و اندام هوایی باقیمانده) چمن اسپورت را نشان می‌دهد. در سطح ۵۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم کادمیم تفاوت آماری معنی‌داری میان غلظت‌های صفر، ۲۵۰ و ۵۰۰ میلی‌گرم بر لیتر اسید هیومیک برای انباشت کادمیم در اندام هوایی چمن اسپورت مشاهده شد. به طوری که در غلظت ۲۵۰ میلی‌گرم بر لیتر اسید هیومیک بیش‌ترین میزان انباشت کادمیم (۷۹۴۵ ppb) مشاهده شد. میزان انباشت کادمیم نسبت به سطح صفر میلی‌گرم بر کیلوگرم کادمیم با هر سه غلظت اسید هیومیک تفاوت



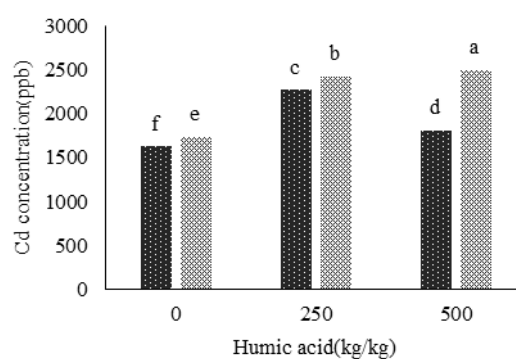
■ مواد گیاهی اندام هوایی باقی مانده  
 ※ مواد گیاهی ضایعات سرزنی

الف



■ 0 mg/1 HA    ▨ 250 mg/1 HA    ※ 500 mg/1 HA

ج



■ مواد گیاهی اندام هوایی باقی مانده  
 ※ مواد گیاهی ضایعات سرزنی

ب

شکل ۲- اثر غلظت‌های کادمیم و محلول‌پاشی با اسید هیومیک بر میزان انباشت کادمیم در اندام‌های هوایی چمن اسپورت

در طی این آزمایش، عملیات سرزنی سبب تغییر در یکسری صفات رشدی چمن از جمله تغییر در تراکم، رنگ پوشش گیاهی، وزن تر و خشک اندام هوایی و طول ریشه شد. سرزنی غیریکنواختی فضایی را بهبود می‌دهد و شدت

بحث

یکی از عملیات مهم پس از کشت در چمن‌کاری‌ها سرزنی می‌باشد. در طی دوره‌های مختلف برداشت و اندازه‌گیری

پژوهش نیز در غلظت ۱۰۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم کادمیم کاهش رشد ریشه مشاهده شد. در بررسی اثر تنش فلز سنگین کادمیم بر عملکرد و ویژگی‌های موفولوژیکی گیاه ریحان عنوان شده که کاهش رشد ریشه با افزایش سطح کادمیم کاهش داشته است (۴۰). دلیل این امر آن است که عناصر سنگینی مانند کادمیم سبب شده که فعالیت‌های آنتی‌اکسیدانی کاهش یابد، زیرا این عناصر برای این آنزیم‌ها سمی بوده و وجود این عناصر با اتصال به ساختمان آنزیم سبب آسیب به ساختمان و کاهش فعالیت آن‌ها می‌گردد. در بررسی توانایی تحمل جنس‌های چمن رایگرس، کتاکتی بلوگراس و برموداگرس در مرحله جوانه‌زنی در حضور غلظت‌های مختلف فلز سنگین سرب، با افزایش غلظت سرب، درصد جوانه‌زنی و طول ساقچه‌چه نسبت به شاهد افزایش یافته بود ولی بر رشد ریشه‌چه اثر بازدارندگی داشت (۵۹). برخی پژوهشگران معتقدند که به‌دلیل سمیت کادمیم برای سیتوزول در فرم آزاد، سلول‌های گیاهی تلاش می‌کنند با استفاده از راه‌کارهایی نظیر اتصال آن به دیواره سلولی، ذخیره نمودن در واکوئل و کلاته نمودن توسط فیتوکلاتین (۲۰ و ۳۶) این عنصر را در ریشه تثبیت کرده و به این شکل از سمیت آن بکاهند. براینده این عمل انتقال کم کادمیم به بخش‌های فوقانی خواهد بود. کاهش طول ریشه در اثر کادمیم در گیاه کلزا نیز گزارش شده است (۴۵). مشخص شده است که یون کادمیم از تقسیم سلولی و رشد سلول‌های حاصل از آن در ناحیه مرستمی جلوگیری می‌کند. همچنین کادمیم تمایز زودرس و چوبی شدن دیواره سلول‌های واقع در منطقه رشد طولی ریشه را تحریک نموده و از رشد ممانعت به‌عمل می‌آورد (۶۴). نتایج پژوهش Lou و همکاران (۳۵) بر اثرات سمی، جذب و انتقال فلزات سنگین کادمیم و سرب در گونه چمنی رایگرس چند ساله (*Lolium perenne* L.) نشان داد که این گونه چمنی می‌تواند سطح بالایی فلزات سنگین کادمیم و سرب را در ریشه انباشتگی دهد و از انتقال آن‌ها به اندام هوایی ممانعت به‌عمل آورد. بنابراین، نظر به اینکه یکی از

رقابت بین گونه‌ها را کاهش می‌دهد (۲۴). بنابراین، سرزنی می‌تواند اثرات مختلفی بر بهره‌وری گیاهان گذارد، به‌ویژه با اثرات مستقیم بر رشد گیاه یا تأثیر بر منابع محیط زیستی که بقای گیاهان به آن بستگی دارد (۶۲ و ۶۳). تأثیر اصلی سرزنی بر گیاهان تغییر وضعیت گونه، تراکم و زیست‌توده گیاهان است (۳۱). تحت شرایط سرزنی بیش از حد، کاهش رشد، کاهش سطح برگ در گیاهان اتفاق می‌افتد. در این مطالعه، در اندازه‌گیری سوم مشاهده شد که رشد اندام هوایی و وزن تر و خشک چمن اسپورت کاهش یافت. سرزنی بیش از حد در گیاه *Stipa grandis* (نوعی گیاه علفی یکساله از خانواده گندمیان) سبب افزایش تراکم و زیست‌توده شد که با نتایج این پژوهش مطابقت دارد (۶۵). گیاهان شرایط تنش آسیب‌های خارجی را از طریق تنظیم الگوی توزیع انرژی و تغییرات در ویژگی‌های موفولوژیکی و فیزیولوژیکی خود کاهش می‌دهند (۶۲). برخی از تحقیقات نشان داده است که سرزنی می‌تواند سبب افزایش تراکم گیاه شود و مسیر مواد غذایی برای القای رشد گیاه را تغییر دهد (۴۳). در این پژوهش، افزایش رشد ریشه و تراکم چمن اسپورت با افزایش تعداد دفعات سرزنی می‌تواند به‌همین دلیل باشد. در گیاهان عالی، سمیت فلزات سمی با توقف رشد و کاهش تولید زیست‌توده در ارتباط است (۱۸). اثرات بازدارنده کادمیم بر رشد گیاهان توسط پژوهشگران دیگر گزارش شده است (۵۵).

دلیل کاهش طول اندام هوایی را اثر نامطلوب کادمیم در کاهش تقسیم سلولی و کاهش رشد سلول‌های مرستمی ذکر شده است (۵۰). کادمیم با اختلال در سوخت و ساز سلولی بخش هوایی باعث کاهش ارتفاع گیاهانی مانند برنج، گوجه‌فرنگی، سورگوم، یونجه، اسفناج، سویا و آفتابگردان گردید (۲۱ و ۵۴). مهار افزایش طول ریشه یکی از اولین و متمایزترین نشانه‌های سمیت کادمیم است (۳۷). ممکن است کادمیم به‌عنوان یک فعال‌کننده آنزیم‌های مرتبط با هورمون گیاهی و متابولیسم‌های سیتوکینین که تنظیم‌کننده رشد و نمو گیاه است عمل کند (۴۴). در این

برای نمو اولیه گیاه ضروری هستند، نقش قابل ملاحظه‌ای دارند (۵۱). اما اثرات مثبت این ترکیبات هیومیک به‌طور عمده به غلظت‌های پایین آن‌ها مربوط می‌شود (۱۲). زیرا در غلظت‌های بالای این ترکیبات به‌دلیل تولید هورمون بیش از حد نیاز گیاهان سبب کاهش رشد و نمو می‌شوند (۲۹). به‌نظر می‌رسد کاهش رشد اندام هوایی چمن اسپورت تحت تأثیر غلظت‌های اسید هیومیک و با افزایش غلظت این ماده در این مطالعه نیز به‌همین دلیل رخ داده باشد به‌نظر می‌رسد که رفتار گونه‌ها در پاسخ به کاربرد غلظت‌های مختلف اسید هیومیک متفاوت است. این ممکن است به این دلیل باشد که کاربرد اسید هیومیک در غلظت‌های مختلف، اثرات مختلفی بر رشد و توسعه گیاهان دارد. براساس این گزارش شاید بتوان کاهش رشد اندام هوایی گونه چمنی مورد مطالعه در این پژوهش در غلظت ۲۵۰ میلی‌گرم برلیتر اسید هیومیک را توجیه نمود.

میزان انباشت فلزات سنگین در گیاه و در اندام هوایی، متأثر از غلظت آن در خاک می‌باشد (۷۰) و بین غلظت‌های اضافه شده فلزات سنگین به خاک و غلظت بافتی آن‌ها همبستگی مستقیم وجود دارد (۳۰). افزایش غلظت کادمیم در خاک باعث افزایش غلظت بافتی این عناصر در گیاهان می‌شود. علت انباشتگی در بخش هوایی به‌دلیل سهولت حرکت این فلز در گیاه است (۶۷). همچنین انتقال عناصر غذایی به ساختارهای فوقانی را تحت تأثیر قرار می‌دهد (۳۸). بطور کلی هرچه مقدار غلظت فلزات در خاک بیشتر باشند به همین ترتیب، جذب آن توسط گیاه افزایش پیدا می‌کند (۵). نتایج این پژوهش نشان داد که با افزایش غلظت کادمیم (۵۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم) میزان انباشت این فلز سنگین در اندام هوایی چمن اسپورت افزایش یافت که این با نتایج Liu و همکاران (۳۴) روی اثر تنش سرب و کادمیم بر گیاهان همیشه بهار، گل حنا و ختمی (۳۴) و Akhavan و Abdosi (۲) در مورد تأثیر تنش سرب و کادمیم بر گیاه سدوم مطابقت داشت. همچنین، بررسی‌ها بر گیاه کرچک تحت تنش فلزات سنگین (سرب و کادمیم) نشان

اجزای تشکیل دهنده چمن اسپورت گونه رایگرس است، شاید بتوان افزایش مجدد رشد اندام هوایی، تراکم و رنگ چمن اسپورت تحت تنش بالاتر فلز سنگین کادمیم (غلظت ۱۰۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم) را با توجه به نتایج این آزمایش توجیه نمود. احتمالاً سایر گونه‌های تشکیل دهنده چمن اسپورت نیز بر این استدلال تبعیت کرده‌اند.

محلول‌پاشی اسید هیومیک سبب افزایش میزان کربوهیدرات در ساقه و برگ گیاهان می‌شود. این کربوهیدرات از طریق ساقه به ریشه انتقال داده شده و بعد از ریشه به خاک منتقل می‌شود که این عمل سبب فراهمی مواد غذایی برای میکروارگانیسم‌ها شده، اسید و سایر ترکیبات آلی را رها می‌کند که سبب افزایش فراهمی غذایی به گیاه می‌شود و باعث افزایش رشد گیاه خواهد شد (۵۲). برخی پژوهش‌ها تأثیرات مثبت اسید هیومیک بر رشد، عملکرد و جذب عناصر غذایی در محصولات کشاورزی را گزارش کردند (۱۷). تأثیرات غیرمستقیم به‌طور عمده از طریق ویژگی‌هایی مانند غنی‌سازی مواد غذایی محیط، افزایش جمعیت میکروبی و افزایش ظرفیت تبادل کاتیونی و بهبود ساختار خاک ایجاد می‌شود، درحالی که تأثیرات مستقیم شامل فعالیت‌های بیوشیمیایی مختلف در سطح دیواره سلولی، غشاء یا پروتوپلاست و به‌طور عمده ساختار هورمونی است (۱۳). فعالیت شبه هورمونی، به‌ویژه فعالیت‌های شبه اکسینی، جیبرلینی و سیتوکینینی اسید هیومیک به‌خوبی در مقالات بسیاری اشاره شده است (۴۹). به‌نظر می‌رسد در این مطالعه نیز تأثیر مثبت اسید هیومیک در غلظت ۲۵۰ میلی‌گرم برلیتر بر رشد اندام هوایی چمن در ارتباط با فعالیت شبه هورمونی این ماده بوده و سبب افزایش میزان رشد اندام هوایی شده باشد. مواد هیومیک اثرهای هورمونی نظیر اکسین (۷) و سیتوکینین (۶۹) بر رشد و متابولیسم گیاه داشته و موجب دسترسی بیش‌تر به عناصر شده و نسبت C/N پایینی دارند (۱۲). همچنین در تشکیل کمپلکس‌های مختلف با عناصری نظیر آهن و افزایش فراهمی عناصر مثل فسفر که

(۱/۰ گرم بر کیلوگرم) نسبت به غلظت‌های زیاد (۱ گرم بر کیلوگرم) در حضور غلظت‌های سمی مس علاوه بر کمک به جذب مس، اثرات تقویت‌کنندگی بر ویژگی‌های رشدی نظیر سطح برگ و وزن خشک اندام‌های تربچه (*Raphanus sativus* L.) دارد (۸). طی این پژوهش، استفاده از اسید هیومیک (غلظت ۲۵۰ میلی‌گرم بر لیتر)، انباشتگی فلز سنگین کادمیم را در اندام هوایی گونه چمن اسپورت افزایش داد. محققین در بررسی توانایی اندوزش (Accumulation) کادمیم توسط یونجه یکساله (*Medicago scutellata* L.) با استفاده هم‌زمان از اسید هیومیک و باکتری، افزایش انباشتگی کادمیم را در ساقه‌ها مشاهده کردند (۱۵) و اظهار کردند که استفاده از اسید هیومیک مقاومت گیاه را در برابر تنش ناشی از فلزات سنگین افزایش می‌دهد که با نتایج این پژوهش مطابقت داشت. با توجه با گزارش‌های پیشین (۱۰) و نتایج این آزمایش به-نظر می‌رسد که اسید هیومیک به‌عنوان یک ماده اصلاح‌گر برای جذب و انباشت کادمیم توسط گونه چمن اسپورت با توجه به غلظت کادمیم و اسید در خاک مفید واقع شده است و می‌توان از این ماده جهت حذف فلز سنگین کادمیم از خاک استفاده شود. براساس نتایج پژوهش‌های انجام شده، استفاده از بهبود دهنده‌های بستر کشت مانند کودهای آلی جهت ارتقای گیاه‌پالایی هیدروکربن‌های نفتی و فلزات سنگین موثر است (۶۰). طی این پژوهش، استفاده از غلظت بیش‌تر اسید هیومیک (غلظت ۵۰۰ میلی‌گرم بر لیتر)، انباشتگی فلز سنگین کادمیم را در اندام هوایی گونه چمن اسپورت کاهش داد که با نتایج Zhang و همکاران (۷۰) و Abdosi و Akhavan (۲) در مورد اثر اسید هیومیک بر انباشتگی سرب و کادمیم در گیاهان مطابقت داشت. آنان بیان کردند که اسید هیومیک به‌دلیل داشتن ساختمان پیچیده و داشتن گروه‌های عامل، در خاک مانع جذب فلزات سنگین توسط گیاه شده و به این طریق انباشتگی فلزات سنگین در گیاه کاهش می‌یابد. همچنین، در تیمار ۱۰۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم کادمیم، غلظت انباشت کادمیم در

داده که با افزایش سطوح فلزات سنگین در محیط، غلظت این عناصر در بافت‌های هوایی و ریشه گیاهان نیز افزوده می‌شود (۱۶) که با نتایج حاصل از این پژوهش در ارتباط با افزایش میزان تجمع کادمیم (در غلظت ۵۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم) در اندام‌های هوایی چمن اسپورت هم‌راستا بود. Ji و همکاران (۲۷) گزارش کردند که غلظت کادمیم در اندام‌های گوناگون گیاه به خصوصیات ژنتیکی هر گیاه و غلظت این فلز در خاک بستگی دارد. همان‌طور که در آزمایش حاضر مشاهده می‌شود با تغییر غلظت کادمیم در خاک، جذب و تجمع آن به‌وسیله گیاه مورد مطالعه نیز تغییر کرد. گزارش شده که با افزایش غلظت کادمیم در محیط تجمع کادمیم در اندام‌های هوایی پنیرک، هویج، خیار، گندم و اسفناج افزایش می‌یابد (۶۸ و ۷۲). در مورد گونه چمنی مورد مطالعه در این پژوهش نیز مشاهده شد که با افزایش غلظت کادمیم تا غلظت ۵۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم میزان انباشت این فلز در اندام هوایی افزایش یافته است. بنابراین، می‌توان اظهار داشت که گونه چمن اسپورت قادر به انباشت کادمیم در اندام هوایی خود بوده و با توجه به نتایج این آزمایش از آنجایی که میزان انباشت در ضایعات حاصل از سرزنی بیش‌تر بوده می‌توان از این گونه چمنی در گیاه‌پالایی کادمیم در مناطق آلوده به این فلز و با توجه به آستانه تحمل به فلز کادمیم (با توجه به نتایج این آزمایش ۵۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم و کاهش میزان انباشت در غلظت بالاتر) بهره‌جست. توانایی گیاه برای رشد طبیعی و تولید زیست‌توده کافی در حضور فلزات سنگین آن را برای گیاه‌پالایی مناسب می‌کند (۳۹)، زیرا گیاه ایده‌آل برای پالایش باید زیست‌توده و عملکرد بالایی داشته باشد تا بتواند ضمن تجمع آلاینده هدف، غلظت‌های بالاتر آن‌ها را نیز تحمل کند (۷۱).

اسیدها و کلاته‌کننده‌ها تحت عنوان اصلاح‌گر برای افزایش مقدار جذب فلزات سنگین توسط گیاهان در خاک مورد استفاده قرار می‌گیرند (۲۵ و ۴۸). محققان در تحقیقات خود دریافتند که کاربرد اسید هیومیک در غلظت‌های کم

اسید هیومیک به‌دست آمد. کاشت محصولات زراعی در زمین‌های کشاورزی آلوده به فلزات سنگین که استفاده خوراکی برای انسان و دام دارند، باعث ورود این فلزات به زنجیره‌ی غذایی می‌شود و استفاده از گیاهان زینتی پیشنهاد مناسبی برای جایگزینی کاشت محصولات زراعی خوراکی در خاک‌های آلوده به فلزات سنگین می‌باشد. باتوجه به نتایج این پژوهش می‌توان عنوان کرد که چمن اسپورت گیاهی است که در خاک‌های آلوده به کادمیم پتانسیل تجمع بالایی برای این فلز دارد و می‌تواند کادمیم را در اندام‌های خود ذخیره کند و برای اهداف گیاه‌پالایی مناسب می‌باشد.

### سپاسگزاری

این تحقیق در قالب طرح پژوهشی دانشجویی به شماره قرارداد ۹۵/۱۲۲۰۹ مصوب در تاریخ ۹۵/۱۱/۱۸ و با استفاده از اعتبارات پژوهشی دانشگاه اراک انجام گرفت که بدین وسیله از معاونت پژوهشی دانشگاه اراک تشکر می‌شود.

گیاه کمتر از تیمار ۵۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم بود، دلیل آن این است که در غلظت‌های بالاتر سمیت کادمیم، رشد گیاه کاهش می‌یابد و این سبب می‌شود تا گیاه توان کافی برای رشد و جذب عناصر را نداشته باشد (۴۷).

### نتیجه‌گیری

به‌طورکلی نتایج این پژوهش نشان داد که با افزایش دوره کشت و استقرار چمن اسپورت، کاهش رشد اندام هوایی، وزن خشک و وزن تر و افزایش تراکم، رشد ریشه و کیفیت بافت هوایی چمن شد. همچنین کادمیم در غلظت ۵۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم سبب کاهش ویژگی‌های رشدی و در غلظت ۱۰۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم سبب افزایش ویژگی‌های رشدی شد که با شاهد (غلظت صفر میلی‌گرم بر کیلوگرم کادمیم) تفاوت معنی‌داری نداشت. در غلظت ۲۵۰ میلی‌گرم بر لیتر اسید هیومیک کاهش رشد اندام هوایی چمن اسپورت مشاهده شد. بیش‌ترین میزان انباشتگی کادمیم در ضایعات حاصل از سرزنی و در غلظت ۵۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم کادمیم و غلظت ۵۰۰ میلی‌گرم بر لیتر

### منابع

- Aibibu, N. Liu, Y. Zeng, G. Wang, X. Chen, B. Song, H. and Xu, L. 2010. Cadmium accumulation in *Vetiveria zizanioides* and its effects on growth, physiological and biochemical characters. *Bioresource Technology* 101: 6297–6303.
- Akhavan Markazi, V. and Abdossi, V. 2016. Evaluation the ability of sedum plant phytoremediation under the influence of head and cadmium and treated by humic acid. *Cellular and Molecular Plant Biology Journal* (1):25-32.
- Alban, C. Job, D. and Douce, R. 2000. Biotin metabolism in plants. *Plant Physiology Molecular and Biology* 51: 17-47.
- Annette, C.D. and Schnoor, L.J. 2001. Advances in Phytoremediation. *Environmental Health Perspectives* 109(1).
- Armand, N. Tavakoli, M. Armand, R. and Yousofnia, H. 2019. Investigating the possibility of refining the land soils around the Beybehan beetroot oil refinery by a herb medicine herb. *Journal of plant research (Iranian journal of biology)* (32):2.
- Arnon, D. T. 1949. Copper enzymes in isolated chloroplasts. Poly phenoloridase in *Beta vulgaris*. *Plant physiology* 24: 1-18.
- Atiyeh, R.M., Lee, S. and Edwards, C.A. 2002. The influence of humic acids derived from earthworm-processed organic wastes on plant growth. *Bioresource and Technology* 84: 7-14.
- Bandiera, M. Mosca, G. and Vamerali, T. 2009. Humic acids affect root characteristics of fodder radish (*Raphanus sativus* L. var. oleiformis Pers.) in metal-polluted wastes. *Desalination* 246: 78-91.
- Ben Hamed, K. Castagna, A. Salem, E. Ranieri, A. and Abdelly, C. 2007. Sea fennel (*Crithmum aritimum* L.) under salinity conditions: a comparison of leaf and root antioxidant responses. *Plant Growth Regulation* 53: 185–194.

10. Cacco, G. Attina, E. Gelsomino, A. and sidari, M. 2000. Effect of nitrate and humic substances of nitrate uptake in wheat seedlings. *Journal of plant nutrition and soil science* 163: 313-320.
11. Chang, Y.S. Chang, Y.J. Lin, C.T. Lee, M.C. Wu, C.W. and Lai, Y.H. 2013. Nitrogen fertilization promotes the phytoremediation of cadmium in *Pentas lanceolata*. *Int Biodeter Blodegr.* 85: 709–714.
12. Chen, Y. and Aviad, T. 1990. Effect of Humic Substances on Plant Growth. In: Humic substances in soil and crop sciences. *Soil science society America* 161-187.
13. Chen, Y. Lin, Q. He, Y. and Tian, G. 2004. Behavior of Cu and Zn under combined pollution of 2, 4-dichlorophenol in the planted soil. *Plant and Soil* 261:127-134.
14. Clapp, C.E. Hayes, M.H.B. and Swift, R.S. 1993. Isolation, fractionation, functionalities, and concepts of structure of soil organic macromolecules. In: Beck, A.J., K.C. Jones, M.H.B. Hayes and U. Mingelgrin (Eds.), *Organic Substances in Soil and Water*, Royal Society of Chemistry, Cambridge 135: 31-31.
15. Darvishi, H.H. and Kamajian, M. 2014. Cd accumulation abilities of annual alfalfa (*Medicago scutellata* L.) by humic acid and growth promoting bacteria association. *Physiology* 5(1): 1243-1247.
16. De Souza Costa, E.T. Guilherme, L.R.G. de Melo, É.E.C. Ribeiro, B.T. Euzelina dos Santos, B.I. da Costa Severiano, E. and Hale, B.A. 2012. Assessing the Tolerance of Castor Bean to Cd and Pb for Phytoremediation Purposes. *Journal of Biological Trace Element Research* 145(1): 93-100.
17. El-Desuki, M. 2004. Response of onion plants to humic acid and mineral fertilizers application. *Annals of Agriculture Science Moshtohor.* 42(4):1955-1964.
18. El-Tayeb, M.A. El-Enany, A.E. and Ahmed, N.L. 2006. Salicylic acid-induced adaptive response to copper stress in sunflower (*Helianthus annuus* L.). *Plant Growth Regulation* 50:191-199.
19. Ghorbani, S. Khazaei, H. R. Kafi, M. and Bannayan, A. M. 2010. Effects of humic acid application with irrigation water on yield and yield components of corn (*Zea mays* L.). *Agricultural Ecology Journal* 2(1):121-123.
20. Gong, J. David, A. and Julian, I. 2003. Long distance root-to-shoot transport of phytochelatin and cadmium in *Arabidopsis*. *Proceedings of the National Academy of Sciences.* 100: 10118-10123.
21. Hassan, M.J. Zhu, Z. Ahmad, B. and Mahmood, Q. 2006. Influence of cadmium toxicity on rice genotypes as affected by zinc, sulfur and nitrogen fertilizers. *Caspian Journal of Environmental Science.* 4(1): 1-8.
22. Hatamian, M. Rezaie Nejad, A. Kafi, M. Souri, MK. and Shahbazi, K. 2018. Interactions of Lead and Nitrate on Growth Characteristics of Ornamental Judas Tree (*Cercis siliquastrum*). *Open Agriculture* 3: 386-392.
23. Hatamian, M. Rezaie Nejad, A. Kafi, M. Souri, MK. Shahbazi, K. 2019. Growth characteristics of ornamental Judas tree (*Cercis siliquastrum* L.) seedling under different concentrations of lead and cadmium in irrigation water. *Acta Scientiarum polonorum Hortorum Cultus* 18(2): 87-96.
24. Hooper, D.U. Chapin, F.S. Ewel, J.J., Hector, A. and Inchausti, P. 2005. Effects of biodiversity on ecosystem functioning: A consensus of current knowledge. *Ecology Monographs* 75, 3–35.
25. Huang, J.W. Chen, J.J. Berti, W.R. and Cunningham, S.D. 1997. Phytoremediation of lead-contaminated soils: Role of synthetic chelates in lead phytoextraction. *Environmental Science and Technology* 31: 800-805.
26. Jahanshahi, H. 2013. The role of green space in urban sustainable development. First International Conference on Ecology of the Territory of Isfahan. Isfahan University of Technology. October 30.
27. Ji, P. Sun, T. Song, Y. Ackland, M. and Liu, Y. 2011. Strategies for enhancing the phytoremediation of cadmium contaminated agricultural soils by *Solanum nigrum* L. *Environmental Pollution* 159: 762-768.
28. Kafi, M. and Kaviani, S, 2002. Establishment and turfgrass maintenance management. Cultural and Artistic Institution of Shaghayegh Rusta. 232.
29. Kafi, M. Daneshvar Hakimi Meybodi, N. Nikbakht, A. Rejali, F. and Deneshkhah, M. 2013. Effect of humic acid and mycorrhiza fungi on some characteristics of “Speedy green” perennial ryegrass (*Lolium perenne* L.). *Journal of Science and Technology of Greenhouse Culture* 4(1): 49-59.
30. Karimi, R. Chorom, M. and Safe, A. 2012. Potential of *Vicia faba* and *Brassica arvensis* for phytoextraction of soil contaminated with

- cadmium, lead and nickel. *African Journal of Agricultural Research* 7(22): 3293-3301.
31. Li, B. 2009. Effects of Long-Term Fencing Closure on Soil and Vegetation in Mountain Pasture of Bayanbulak. MSc Thesis. Xinjiang Agricultural University. Urumqi, China.
  32. Lichtenthaler, A. and Wellburn R. 1983. Determinations of total carotenoids and chlorophylls a and b of leaf extracts in different solvents. *Artmut K. Biochemical Society Transactions*, 11 (5): 591-592.
  33. Lim, H., Lee, J., Chon, H. and Sager, M. 2008. Heavy metal contamination and health risk assessment in the vicinity of the abandoned Songcheon Au-Ag mine in Korea. *Journal of Geochemical Exploration* 96: 223-230.
  34. Liu, J. Zhou, Q. Sun, T. and Land wang, M. 2008. Growth responses of three ornamental plants to cd and cd-pb stress and their metal accumulation characteristics. *Journal of Hazardous Materials* 151. 261-267.
  35. Lou, Y. Luo, H. Hu, T. Li, H. and Fu, J. 2013. Toxic effects, uptake, and translocation of Cd and Pb in perennial ryegrass. *Ecotoxicology* 22:207-214.
  36. Lozano-Rodriguez, E. Hernandez, L.E. Bonay, P. and Carpena-Ruiz, R.O. 1997. Distribution of cadmium in shoot and root tissues of maize and pea plants: physiological disturbances. *Journal of Experimental Botany* 48: 123-128.
  37. Lux, A. Martinka, M. Vacul'ik, M. and White, P. J. 2011. Root responses to cadmium in the rhizosphere: a review. *Journal of Experimental Botany* 62: 21-37.
  38. Małkowski, E. Kurtykal, R. Kita, A. and Karcz, W. 2005. Accumulation of Pb and Cd and its effect on Ca distribution in maize seedlings (*Zea Mays L.*). *Polish Journal of Environmental Studies* 14(2): 203-207.
  39. Mant, C. Costa, S. Williams, J. and Tambourgi, E. 2006. Phytoremediation of chromium by model constructed wetland. *Boiresource Technology* 97: 1767-1772.
  40. Mozafari, H. and Shiri M.A and Seyd Mohhamadi, Z. 2016. The effect of cadmium stress on yield and some morphological trait of basil (*Ocimum basilicum L.*). The third international and the Sixth national conference of Medical Herbs and Stable Agriculture. Hamedan, Iran. December 1.
  41. Naderi, D. and Kafi, M. 2015. Lawns, planting and keeping for a beautiful pillow. Nedaye Zahi Publishing, Iran. 171 p.
  42. Nardi, S. Pizzeghello, D. Muscolo, A. and Vianello, A. 2002. Physiological effects of humic substances on higherplants. *Soil Biology and Biochemistry* 34: 1527-1536.
  43. Nowak, R.S. and Caldwell, M.M. 1984. A test of compensatory photosynthesis in the field: Implications for herbivory tolerance. *Oecologia* 61: 311-318.
  44. Nyitrai, P. B'oka, K. G'asp'ar, L. S'arv'ari, 'E. Lenti, K. and Keresztes, 'A. 2003. Characterization of the stimulating effect of low-dose stressors in maize and bean seedlings. *Journal of Plant Physiology* 160: 1175-1183.
  45. Oloomi, H. and Manouchehri-Kalantari, Kh. 2013. Study of Cadmium Chloride Effect on Growth Parameters, Chlorophyll Content, Carotenoids, Sugar Content and Protein Content in Canola. *Research and construction* 16(2):74-80.
  46. Papa, S. Bartoli, G. Pellegrino, A. and Fioretto, A. 2010. Microbial activities and trace element contents in an urban soil. *Environmental Monitoring and Assessment* 165(1-4): 193-203.
  47. Parnian, A. Chorom, M. Jafarzade Haghhighy Fard, N. 2016. A Potential Method for Remediation of Cadmium Pollution in Aquatic Medium by Hydrophyte, *Ceratophyllum demersum L.* *Journal of water and soil* 30(6): 1918-1929.
  48. Perminova, I.V. Hatfield, K. and Hertkorn, N. 2005. Use of humic substances to remediate polluted environment: from theory to practice. *Dordrecht: Springer* 3-36.
  49. Pizzeghello, D. Nicolini, G. and Nardi, S. 2002. Hormone-like activities of humic substances in different forest ecosystems. *New Phytologist*. 155: 393-402.
  50. Qian, H. Li, J. Sun, L. Chen, W. Sheng, G.D. Liu, W. and Fu, Z. 2009. Combined effect of copper and cadmium on *Chlorella vulgaris* growth and photosynthesis-related gene transcription. *Aquatic Toxicology*. 94: 56-61.
  51. Saruhan, V. kusvuran, A. and Babat, S. 2011. The effect of different humic acid fertilization on yield and yield components performances of common millet (*Panicum miliaceum L.*). *Scientific Research and Essays* 6: 663-669.
  52. Sassi-Aydi, S. Aydi, S. and Abdelly, C. 2014. Inorganic nitrogen nutrition enhances osmotic

- stress tolerance in *Phaseolus vulgaris*: Lessons from a droughtsensitive cultivar. *HortScience* 49(5): 550-555.
53. Shahqoli, H. Talaei, H. and Khaje, M. 2012. Interaction of microorganisms and chalets on refining of heavy elements by plants. *Restitution Safety Journal* 5(2): 75-94.
54. Shanker, A.K. Cervantes, C. Loza-Tavera, H. and Avudainayagam, S. 2005. Cadmium toxicity in plants. *Environment International* 31: 63-68.
55. Shi, G.R. and Cai, Q.S. 2008. Photosynthetic and anatomic responses of peanut leaves to cadmium stress. *Photosynthetica* 46:627-630.
56. Souri, M.K. 2016. Plants adaptation to control nitrification process in tropical region; case study with *Acrocomia totai* and *Brachiaria humidicola* plants. *Open Agriculture* 1(1): 144-150.
57. Souri, M.K. Alipanahi, N. Hatamian, M. Ahmadi, M. and Tesfamariam, T. 2018. Elemental Profile of Heavy Metals in Garden cress, Coriander, Lettuce and Spinach, Commonly Cultivated in Kahrizak, South of Tehran-Iran. *Open Agriculture* 3(1): 3237.
58. Souri, M.K. Hatamian, M. and Tesfamariam, T. 2019. Plant growth stage influences heavy metal accumulation in leafy vegetables of garden cress and sweet basil. *Chemical and Biological Technologies in Agriculture* 6(1): 25.
59. Taghizadeh, M. Kafi, M. Fattahi Moghaddam, M. Savaghebi, Gholamreza. 2012. Effects of Lead Concentrations on Seed Germination of Turfgrass Genus and its Potential for Phytoremediation. *Iranian Journal of Horticultural Science* 42(3):277-289.
60. Tavili, A. Jahantab, E. Jafari, M. Motashre zadeh, B. and Zargham, N.A. 2018. Remediation of contaminated soils with heavy metal of Pb using rangelands plants in the greenhouse condition. *Journal Of Plant Research (Iranian Journal Of Biology)* (31):3: 583- 593.
61. Thangavel, P. and Subhuram, C.V. 2004. Phytoextraction – Role of hyper accumulators in metal contaminated soils. *Proceedings of the Indian National Science Academy Part B*, 70: 109-130.
62. Vail, S.G. 1992. Selection for over compensatory plant responses to herbivory: A mechanism for the evolution of plant-herbivore mutualism. *Am. Nat.* 139: 1-8. Ellsworth DS and Reich PB (1993). Canopy structure and vertical patterns of photosynthesis and related leaf traits in a deciduous forest. *Oecologia* 96: 169-178.
63. Van Staaldouin, M.A. Dobarro, I. and Peco, B. 2010. Interactive effects of clipping and nutrient availability on the compensatory growth of a grass species. *Plant Ecology* 208, 55-64.
64. Wahid, A. Ghani, A. and Javed, F. 2008. Effect of cadmium on photosynthesis, nutrition and growth of mungbean. *Agronomy for Sustainable Development* 28: 273-280.
65. Wan, Z. Yang, J. Gu, R. Liang, Y. Yan, Y. Gao, Q. and Yang, j. 2016. Influence of Different Mowing Systems on Community Characteristics and the Compensatory Growth of Important Species of the *Stipa grandis* Steppe in Inner Mongolia. Licensee MDPI, Basel, Switzerland. This article is an open access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC-BY) license. (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).
66. Wei, C. Wang, C. Yang, L.S. 2009. Characterizing spatial distribution a sources of heavy metals in soils from mining-smelting activities in Sshuikoushan, Hunan Province, China. *Journal Environmental Science* 21:1230-1236.
67. Yadegari, M. Karimi, S. and Irani Pour, R. 2013. The effect of heavy metals (Cd and Ni) on growth, yield and other characters of *Portulaca oleracea* L. *Journal of Applied Science and Agriculture* 8(7): 1438-1445.
68. Yargholi, B. 2015. Investigation of Cd Uptake and Transfer in Different Parts of Wheat, Spinach, Cucumber and Carrot Crops.6.
69. Zandonadi, D.B. Canellas, L.P. and Facmana, A.R. 2007. Indolacetic and humic acids induce lateral root development through a concerted plasmalemma and tonoplast H<sup>+</sup> pumps activation. *Planta* 225: 1583-1595.
70. Zhang, Y. Yang, X. Zhang, S. Tian, Y. Guo, W. and Wang, J. 2013. The influence of humic acids on the accumulation of lead (Pb) and cadmium (Cd) in tobacco leaves grown in different soils. *Journal of Soil Science and Plant Nutrition* 13(1):43-53.
71. Zhou, Q.X. and Song, Y.F. 2004. Remediation of Contaminated Soils: Principles and Methods, Beijing. Science Press 489.
72. Zoufan, P. Neisi, E. and Rastegarzadeh, S. 2018. Assessment of some growth indices and Cd accumulation in shoots and roots of *Malva parviflora* L. under hydroponic system. *Journal of plant research (Iranian journal of biology)* 31(2): 316- 331.

## Evaluation of humic acid effect on growth and accumulation potential in Sport turfgrass during cadmium stress

Alikhani A. and Thaghizadeh M.

Dept. of Horticultural Science, Faculty of Agriculture and Natural Resources, Arak University, Arak, I.R. of Iran

### Abstract

Since the spread of environmental pollution, it is important to find an appropriate way to reduce the accumulate heavy metals in metropolitan city. The use of ornamental plants is a good choice to replacing edible crops in soils of heavy metals contaminated. So, the purpose of this study was to evaluate the effect foliar application of humic acid (0, 250 and 500 mg/l) and cadmium application in different concentrations (0, 50 and 100 mg/kg) on growth and cadmium accumulation of sport turfgrass as a factorial experiment based on completely random design. The results showed that cadmium at 50 mg/kg concentration reduced growth characteristics. The growth of shoots was found reduced at 250 mg/l of foliar application of humic acid. These results revealed that foliar application of humic acid can be used to remediate cadmium from soil in sport turfgrass. So, the humic acid at 500 mg/l concentration was achieved the highest amount of shoot cadmium accumulation from soil contaminated at 50 mg/kg cadmium concentration. According to the results of this experiment, since the amount of accumulation in mowed shoot was higher than others organs, this turfgrass can be recommended in phytoremediation of cadmium in contaminated areas with this metal.

**Key words:** Foliar application, Heavy metal, Landscape, Organic matter, Phytoremediation.