

بررسی توان گیاه پالایی سدم گونه acre در محیط آلوده به

فلزات سنگین سرب و کادمیم و با کاربرد اسید هیومیک

ویدا اخوان مرکزی^۱ و وحید عبدوسی^{۲*} (نویسنده مسئول)

۱- فارغ التحصیل کارشناسی ارشد، گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، واحد گرمسار، دانشگاه آزاد اسلامی، گرمسار، ایران،

Vidaakhavan87@yahoo.com

*۲- استادیار، گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران،

Abdossi@yahoo.com

تاریخ پذیرش: اردیبهشت ۱۳۹۶

تاریخ دریافت: فروردین ۱۳۹۶

Evaluation the ability of sedum plant phytoremediation under the influence of head and cadmium and treated by humic acid

Vida Akhavan Markazi¹ and Vahid Abdossi^{2}*

1- Graduated MS.c, Department of Horticulture, Agriculture college, Garmsar Branch, Islamic Azad University, Garmsar, Iran, Vidaakhavan87@yahoo.com

2* - Assistant Professor, Department of Horticulture, Agriculture and Natural resources college, Science and Research branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran, Abdossi@yahoo.com

Received: April 2017

Accepted: May 2017

Abstract

The intention of this research is to check the ability of sedum Phytoremediation under the influence of lead and cadmium in a completely randomized design with three replications. Treatments Included control Cadmium chloride 5 mg per liter, Cadmium chloride 10 mg per liter, lead nitrate 150 mg per liter, lead nitrate 300 mg per liter, cadmium chloride 5 mg per liter + lead nitrate 150 mg per liter, cadmium chloride 5 mg per liter + lead nitrate 300 mg per liter of, Cadmium chloride 10 mg per liter + lead nitrate 150 mg per liter, Cadmium chloride 10 mg per liter + lead nitrate 300 mg per liter, Humic acid 100 mg per liter+ Humic acid 200 mg per liter, Cadmium chloride 5 mg per liter+ Humic acid 100 mg per liter, Cadmium chloride 10 mg per liter+ Humic acid 200 mg per liter, Cadmium chloride 10 mg per liter+ Humic acid 100 mg per liter, Cadmium chloride 10 mg per liter+ Humic acid 200 mg per liter, + lead nitrate 150 mg per liter+ Humic acid 100 mg per liter, lead nitrate 150 mg per liter+ Humic acid 200 mg per liter, lead nitrate 300 mg per liter+ Humic acid 100 mg per liter and lead nitrate 300 mg per liter+ Humic acid 200 mg per liter. Attributes evaluated as follows: Shoot dry weight; Shoot fresh weight; Full leaf chlorophyll, the amount of proline in Shoot; the amount of lead in Shoot, the amount of cadmium in Shoot and shoot activity of the enzyme superoxide dismutase. The results showed that humic acid treatment of 200 mg per liter most favorable effect on dry weight and fresh weight of the shoot, full leaf chlorophyll and shoot activity of the enzyme superoxide dismutase. Also the lowest level of proline and Accumulation of lead and cadmium has been observed in this treatment. Combined treatment of cadmium chloride 10 mg per liter+ lead nitrate 300 mg per liter had the most depressing effect upon Treated plants and the highest level of proline and Accumulation of lead and cadmium has been observed in this treatment.

Keywords: Cadmium chloride, Humic acid, Lead nitrate, Phytoremediation, Sedum.

چکیده

در این تحقیق توان گیاه پالایی گیاه سدم گونه acre در محیط آلوده به فلزات سنگین سرب و کادمیم مورد بررسی قرار گرفت. این آزمایش در قالب طرح کاملاً تصادفی، در سه تکرار، با استفاده از، سرب در سطوح ۱۵۰ و ۳۰۰ mg/l کادمیم در سطوح ۵ و ۱۰ mg/l و اسید هیومیک ۱۰۰ و ۲۰۰ mg/l طراحی و انجام گردید. صفاتی چون وزن تر و خشک اندام هوایی، کلروفیل، تجمع سرب و فعالیت آنزیم سوپر اکسید دیسموتاز اندازه گیری شد. نتایج نشان داد که اسید هیومیک در غلظت ۲۰۰ میلی گرم بر لیتر بهترین اثرات را روی ویژگی‌های فیزیولوژیکی از جمله وزن تر و خشک اندام هوایی، وزن خشک و تر ریشه و محتوای کلروفیل کل برگ و ویژگی‌های بیوشیمیایی از جمله محتوای پرولین ریشه و اندام هوایی و فعالیت آنزیم سوپر اکسید دیسموتاز داشت. این تیمار قادر به کاهش اثرات تنش در گیاه شد، اما بطور قابل توجهی مشاهده گردید که اسید هیومیک تجمع فلزات سنگین سرب و کادمیم را در گیاه کاهش داد، لذا این ماده جهت افزایش توان گیاه پالایی گیاه سدم گونه acre مناسب نبود. همچنین تیمار ترکیبی کلرید کادمیم ۱۰ میلی گرم بر لیتر به همراه نیترات سرب ۳۰۰ میلی گرم بر لیتر بیشترین اثرات منفی را روی ویژگی‌های فیزیولوژیکی گیاهان تیمار شده داشت. در این تیمار بیشترین محتوای پرولین ریشه و اندام هوایی و بیشترین فعالیت آنزیم سوپر اکسید دیسموتاز ریشه و اندام هوایی مشاهده شد. نتایج نشان داد که سدم گونه acre قادر به گیاه پالایی و تجمع فلزات سرب و کادمیم در خود بوده است و می‌توان از این گیاه جهت پاکسازی خاک در محیط‌های آلوده استفاده کرد.

کلمات کلیدی: اسید هیومیک، سدم، کلرید کادمیم، گیاه پالایی، نیترات سرب

فصلنامه زیست‌شناسی سلولی و مولکولی گیاهی

سال ۱۳۹۵، دوره ۱۱، شماره ۱ و ۲، صص ۲۵-۳۲

فصلنامه زیست‌شناسی سلولی و مولکولی گیاهی

سال ۱۳۹۵، دوره ۱۱، شماره ۱ و ۲، صص ۲۵-۳۲

مقدمه و کلیات

سدم گیاهی از خانواده Crassulaceae، به نام علمی sedum و نام انگلیسی Mossy stonecrop (Ippoliti, 1975) می‌باشد. سدم گونه acre یکی از گسترده‌ترین گونه‌های اروپایی است که پوشاننده سطوح است و بصورت متراکم می‌باشد (McDoNald, 2002). گیاهان قادرند در پاکسازی بسیاری از آلودگی‌ها از جمله فلزات، آفت کش‌ها، مواد منفجره و روغن‌ها کارساز باشند. این روش، تکنیک کاهش، پاکسازی و یا ثبات نگه داشتن سموم محیطی خاک و آب توسط گیاهان می‌باشد (Hassnapour and Kamajan, 2014). استفاده از گیاهان برای پاکسازی خاک، آب و هوا و بطور کل محیط‌های آلوده، گیاه پالایی نامیده می‌شود. مزیت گیاه پالایی نسبت به دیگر روش‌ها هزینه کمتر، اثر بخشی بالاتر، مزایای زیبایی شناختی و نیاز کمتر به تجهیزات و لوازم برای اجراء می‌باشد. این روش تا زمانی که مواد تشکیل دهنده خاک را تغییر نداده است، کمترین اختلال را در محیط اطراف ایجاد می‌کند. در هر حال بعد از یک گیاه پالایی موفق خاک می‌تواند مستقیماً و بطور مطمئن برای اهداف کشاورزی استفاده شود. فلزات سنگین به طور طبیعی در خاک وجود دارند اما در نتیجه برخی فعالیت‌های انسان از قبیل استخراج معادن، ذوب فلزات، تولید باتری‌ها، سوزاندن سوخت‌های فسیلی، از بین بردن زباله‌های شهری (Chibuike and Obiora, 2014)، آبکاری فلزات، تولید انرژی و سوخت، تخلیه گاز حاصل از وسایل نقلیه (Chabukdhara & Nema, 2013) تجمع آن‌ها افزایش یافته که این افزایش، مسئله‌ای مخاطره‌انگیز برای سلامت عمومی می‌باشد. اصلی‌ترین تهدید کننده سلامت انسان‌ها در میان

فلزات سنگین، کادمیم است (Hassnapour and kamajian, 2014). کادمیم در گیاهان قادر است از رشد ریشه و اندام‌های هوایی جلوگیری کند و بر جذب و همگن سازی عناصر تأثیر بگذارد (Yon-de et al, 2007). یکی از ساز و کارهای سمیت کادمیم جلوگیری از متابولیسم تنفسی کربوهیدرات‌ها است، که به دلیل جانشین شدن عناصر ضروری با کادمیم در آنزیم‌های تنفسی احتمالاً رخ می‌دهد. این عنصر اثر آنتاگونیستی با جذب عناصر ضروری چون مس و روی دارد و بطور غیر قابل برگشت در محل‌های فعال آنزیم‌های مورد نیاز در ساخت DNA، رونوشت برداری از RNA، پروتئین‌ها جایگزین می‌شود. این عنصر در ساخت کلروفیل، هیدرولیز آب، تثبیت کربن در چرخه کالوین نیز اختلال ایجاد می‌کند (کافی و همکاران، ۱۳۸۸). کادمیم جذب کاتیون‌ها توسط گیاهان را از طریق تأثیر بر قابلیت دسترسی آن‌ها، و یا کاهش جمعیت میکروبی خاک تغییر می‌دهد (Benavides et al, 2005). همچنین سرب نیز به عنوان یکی از مهمترین فلزات سنگین بوده و از دیرباز به عنوان یکی از آلاینده‌های محیطی بشمار می‌رود. اهمیت این فلز به این دلیل است که به راحتی از راه هوا و ریشه گیاه جذب می‌شود و سمیت آن پس از کادمیم بیش از سایر فلزات سنگین بوده (میراحمدی و صفری‌سنجانی، ۱۳۸۶). این عنصر بدلیل انباشت زیاد در بخش‌های سطحی خاک به راحتی در دسترس گیاه قرار می‌گیرد و با جذب از طریق ریشه‌ها موجب تغییر در برخی فرآیندهای متابولیکی و اختلال در رشد و نمو آن‌ها می‌شود (پارسا دوست و همکاران، ۱۳۸۸). به این ترتیب خاک‌های آلوده به این فلز با کاهش شدید محصول روبرو شده و متعاقباً مشکلات جدی در امر

نتایج و بحث

طبق نمودار (۱) بیشترین وزن تر اندام هوایی در تیمار اسید هیومیک 200 mg/l و کمترین آن در تیمار کلریدکادمیم $10 \text{ g/l} +$ نترات سرب 300 mg/l مشاهده شد. کاهش وزن تر اندام هوایی و ریشه به دلیل ایجاد مسمومیت توسط فلزات سنگین و کاهش جذب گیاه و ایجاد اختلال در فرایندهای فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی گیاه می‌باشد. این کاهش در نتایج حاصل از تیمار با کلرید کادمیم و نترات سرب در گیاه ذرت دیده شد (Abrar et al, 2013). افزایش وزن تر اندام هوایی به هنگام تیمار با اسید هیومیک به دلیل توانایی اسید هیومیک در بالا بردن نفوذ پذیری غشاء گیاهان و بالا رفتن جذب مواد غذایی در گیاه می‌باشد. این افزایش در نتایج آزمایشی روی نقش فیزیولوژیکی هیومیک اسید در گیاه گندم نیز مشاهده شد (El- Bassiouny et al, 2014). طبق نمودار (۲) بهترین و بیشترین میزان وزن خشک اندام هوایی در تیمار 200 میلی گرم بر لیتر اسید هیومیک و کمترین میزان آن در تیمار کلرید کادمیم 10 میلی گرم در لیتر + نترات سرب 300 میلی گرم در لیتر مشاهده شد. این کاهش به دلیل تغییرات بیوشیمیایی و فیزیولوژیکی است که در اثر مسمومیت فلزات سنگین در گیاه ایجاد می‌شود. این کاهش در آزمایشی که اثر تنش کادمیم و کادمیم-سرب در ۳ گیاه زینق همیشه بهار، گل حنا، ختمی پرپر را مورد بررسی قرار داد نیز مشاهده شد (Liu et al, 2008). اثر مثبت اسید هیومیک در افزایش وزن خشک گیاهان می‌تواند به دلیل تأثیر آن در جذب مواد غذایی باشد. این افزایش در آزمایشی که روی اثر هیومیک بر گیاه جعفری صورت گرفت نیز مشاهده شد (et al, 2010). طبق گروهبندی دانکن (نمودار

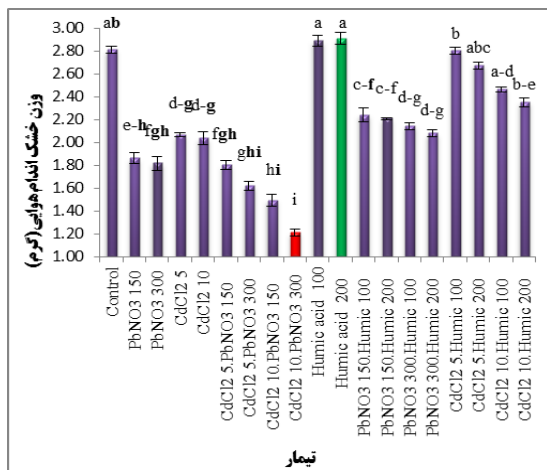
کشاورزی بوجود می‌آید. سرب با افزایش تولید گونه‌های فعال اکسیژن (ROS) عامل ایجاد تنش اکسیداتیو در گیاه شده، لذا فعالیت آنزیم‌های آنتی اکسیدانی خاصی در گیاه دیده می‌شود (Sharma and Dubey, 2005). هیومیک اسید به نظر فراوان‌ترین ماده طبیعی آلی است که معمولاً به عنوان مهمترین ترکیب سالم برای افزایش حاصلخیزی خاک معرفی می‌شود (Calvo, 2014). اثرات تحریکی مواد هیومیکی همبستگی مستقیم با افزایش جذب عناصر ماکرو از جمله ازت، فسفر و گوگرد و عناصر میکرو مانند آهن، روی، مس و منگنز دارد. مواد هیومیکی از طریق فعال نمودن میکروب‌ها جذب عناصر غذایی را افزایش می‌دهند (لادن مقدم و همکاران، ۱۳۹۱).

فرآیند پژوهش

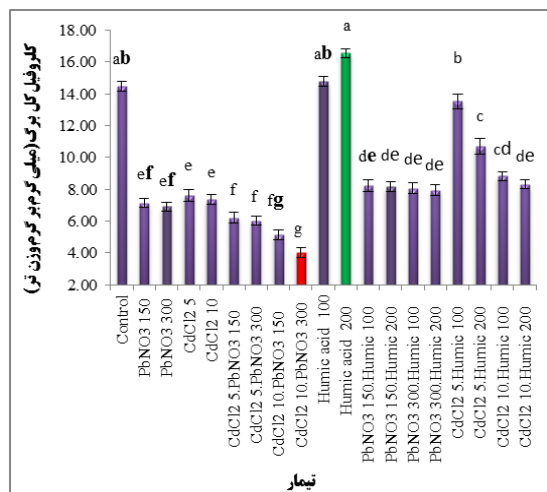
در این تحقیق گلدان‌های سدیم گونه 1 acre از گلخانه‌ای واقع در استان البرز تهیه شدند و در گلخانه بوستان مادران تهران نگهداری و تیمارها اعمال گردیدند. سرب بصورت نترات سرب در سطوح 150 و 300 mg/l کادمیم به صورت کلرید کادمیم 5 و 10 mg/l و اسید هیومیک در دو سطح 100 و 200 mg/l استفاده شد. وزن خشک و تر اندام هوایی طبق روش He (2006)، کلروفیل کل برگ با روش (Arnon, 1949)، فعالیت آنزیم سوپر اکسید دیسموتاز طبق روش (Dihindsa et al, 1981) و تجمع سرب با روش استاندارد ملی شماره ۹۲۶۶ اندازه گیری شد. داده‌های حاصل از پژوهش پس از جمع آوری ابتدا در نرم افزار Excel ثبت شد و آنالیز داده‌ها با استفاده از نرم افزارهای آماری SPSS انجام پذیرفت. مقایسه میانگین داده‌ها با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح آماری 1% و 5% انجام گرفت. برای رسم نمودارها از نرم افزار Excel بهره گرفته شد.

کاهش فتوسنتز، غلظت قندهای احیا کننده و پرولین افزایش می‌یابد. بطور کلی پرولین به هنگام تنش در گیاه افزایش می‌یابد و نقش کلیدی در حفظ وضعیت احیایی گیاه دارد همچنین تحمل شرایط را به گیاه القا می‌کند. افزایش محتوای پرولین اندام هوایی در نتایج کیایی و همکاران روی تأثیرات سرب بر گیاه جعفری نیز مشاهده شد (کیایی و همکاران، ۱۳۹۲). اسید هیومیک با بهبود بخشیدن شرایط تنش و کاهش اثرات تنشی شرایط رشدی بهتر را برای گیاه فراهم می‌کند، در نتیجه به هنگام تیمار گیاهان با هیومیک اسید کاهش میزان پرولین در گیاه مشاهده شد و مشابه این نتایج در آزمایشی که روی تأثیر فلزات سرب و کادمیم بر گیاه زنبق انجام شد مطابقت داشت (Qing Zhou et al, 2010)، اما عکس این نتایج در یافته‌های آزمایشی روی تأثیر هیومیک اسید بر گیاهان شمعدانی مشاهده شد (قاسمی و همکاران، ۱۳۹۲). همانطور که نمودار (۵) نشان می‌دهد بیشترین میزان فعالیت آنزیم سوپراکسید دیسموتاز در تیمار ترکیبی کلرید کادمیم ۱۰ میلی گرم بر لیتر + نیترات سرب ۳۰۰ میلی گرم بر لیتر و کمترین میزان فعالیت آن در تیمار هیومیک اسید ۲۰۰ میلی گرم در لیتر می‌باشد. سلول‌های گیاهی مجهز به سیستم دفاعی هستند که شامل آنزیم‌هایی چون سوپراکسید دیسموتاز می‌باشد که می‌توانند از تولید رادیکال‌های آزاد جلوگیری و یا صدمات آنها را کنترل کنند. SOD اولین سیستم دفاعی در برابر رادیکال‌های آزاد اکسیژن می‌باشد. افزایش فعالیت این آنزیم در نتایج آزمایشی روی اثرات سرب بر گیاه Bblack gram مشاهده شد (Thamizhiniyzn, 2015). همچنین نتایج کاهش فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی به هنگام تیمار با هیومیک اسید با نتایج یدالهی و همکاران روی اثر

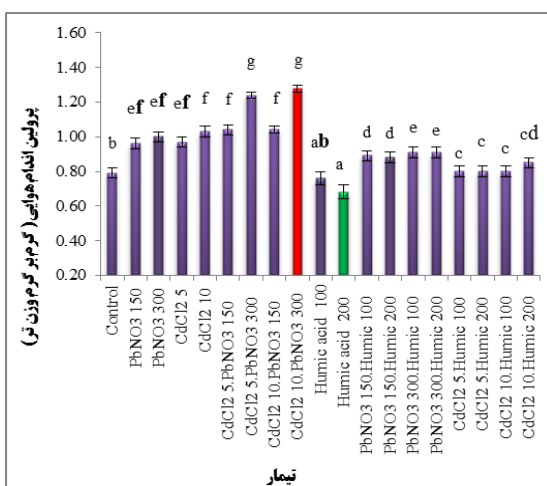
(۳) بین تیمار اسید هیومیک ۲۰۰ میلی گرم در لیتر و تیمار ترکیبی کلرید کادمیم ۱۰ میلی گرم در لیتر + نیترات سدیم ۳۰۰ میلی گرم در لیتر از لحاظ آماری تفاوت وجود داشت. بیشترین میزان کلروفیل کل برگ در تیمار اسید هیومیک ۲۰۰ میلی گرم در لیتر و کمترین آن در تیمار کلرید کادمیم ۱۰ میلی گرم در لیتر و نیترات سرب ۳۰۰ میلی گرم در لیتر مشاهده شد. کاهش میزان کلروفیل در تیمار با فلزات سنگین به دلیل ایجاد تنش اکسیداتیو و جلوگیری از سنتز کلروفیل می‌باشد. به هنگام تنش فلزات سنگین شاید از فعالیت آنزیم‌هایی چون آمینولونیلک اسید دهیدرات (aminolevulinic acid dehydrates) جلوگیری شود و میزان جذب عناصر ضروری مانند منیزیم و آهن کم شود که در نتیجه آن سنتز کلروفیل کاهش یافته. این نتایج در تحقیقی که روی اثرات سرب بر گیاه Black gram انجام شد مشاهده گردید (Ravikumar et al, 2014). همچنین افزایش کلروفیل به هنگام تیمار با اسید هیومیک به دلیل بهبود رشد رویشی و افزایش جذب عناصر غذایی خصوصاً نیتروژن توسط گیاه می‌باشد که موجب افزایش غلظت کلروفیل می‌شود. این افزایش در نتایج تحقیق انجام شده روی تأثیر اسید هیومیک بر گل‌های لاله مطابقت داشت (Ali et al, 2014). طبق نمودار (۴) بیشترین میزان پرولین اندام هوایی مربوط به تیمار ترکیبی نیترات سرب ۳۰۰ میلی گرم بر لیتر + کلرید کادمیم ۱۰ میلی گرم در لیتر و کمترین میزان محتوای پرولین اندام هوایی در تیمار اسید هیومیک ۲۰۰ میلی گرم در لیتر بوده است. وجود فلزات سنگین به عنوان یک سم در سیتوسول سلول‌های برگ موجب افزایش فعالیت آنزیم‌های تجزیه کننده، قندهای غیر محلول، اسید اینورتاز و ساکارز سنتتاز می‌شود. با وجود



نمودار ۲: وزن خشک اندام هوایی
Table 2: Root fresh weight

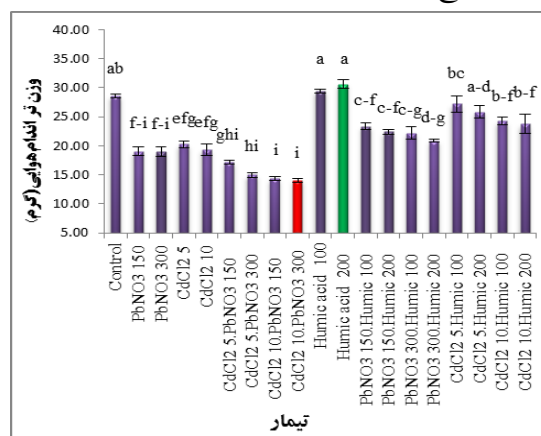


نمودار ۳: کلروفیل کل برگ
Table 3: Leaf total Chlorophyll



نمودار ۴: پروлін اندام هوایی
Table 4: Shoot proline

تنش خشکی و کودهای آلی بر ویژگی‌های بیوشیمیایی گیاه گلرنگ مطابقت داشت (بدالهی و همکاران، ۱۳۹۳). کودهای آلی به دلیل کاهش آنزیم‌های ضد اکسند و در نتیجه کاهش رادیکال‌های مضر موجب بهبود شرایط رشدی گیاهان می‌شوند. طبق نمودارهای مقایسات دانکن (۶) و (۷) بیشترین میزان سرب و کادمیم اندام هوایی در تیمار ترکیبی کلرید کادمیم ۱۰ میلی گرم برلیتر + نیترات سرب ۳۰۰ میلی گرم بر لیتر و کمترین میزان تجمع آن در تیمار هیومیک اسید ۲۰۰ میلی گرم بر لیتر مشاهده شد. با افزایش غلظت فلز سنگین در تیمارها و به هنگام تیمار گیاهان با سرب و کادمیم غلظت فلز سنگین در اندام هوایی افزایش یافت که با نتایج Liu و همکاران روی اثر تنش سرب و کادمیم بر گیاهان همیشه بهار، گل حنا و ختمی مطابقت داشت. (Liu *et al*, 2008). همچنین هنگام استفاده از اسید هیومیک در گیاهان، تجمع فلز در اندام هوایی کاهش یافت که با نتایج Zhang و همکاران روی اثر اسید هیومیک بر تجمع سرب و کادمیم در برگ‌های تنباکو مطابقت داشت (Zhang *et al*, 2013). ساختمان پیچیده و داشتن گروه‌های عامل، در خاک مانع جذب فلزات سنگین توسط گیاه شده و به این طریق تجمع فلزات سنگین در گیاه کاهش یافت.



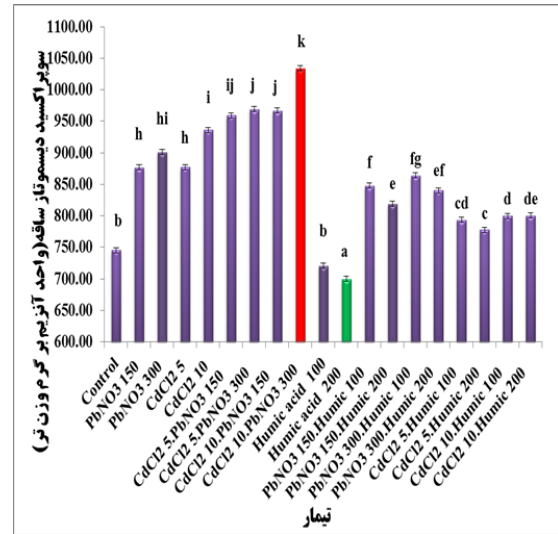
نمودار ۱: وزن تر اندام هوایی
Table 1: Shoot fresh weight

نتیجه گیری کلی

با توجه به یافته‌های پژوهش حاضر، اسید هیومیک در غلظت ۲۰۰ میلی گرم بر لیتر بهترین اثرات را روی ویژگی‌های فیزیولوژیکی از جمله وزن تر و خشک اندام هوایی، وزن خشک و تر ریشه و محتوای کلروفیل کل برگ و ویژگی‌های بیوشیمیایی از جمله محتوای پرولین ریشه و اندام هوایی و فعالیت آنزیم سوپر اکسید دیسموتاز داشت. این تیمار قادر به کاهش اسید هیومیک تجمع فلزات سنگین سرب و کادمیم را در گیاه کاهش داد، لذا این ماده جهت افزایش توان گیاه پالایی گیاه سدم گونه acre مناسب نبود. همچنین تیمار ترکیبی کلرید کادمیم ۱۰ میلی گرم بر لیتر همراه نترات سرب ۳۰۰ میلی گرم بر لیتر بیشترین اثرات منفی را روی ویژگی‌های فیزیولوژیکی گیاهان تیمار شده داشت. در این تیمار بیشترین محتوای پرولین ریشه و اندام هوایی و بیشترین فعالیت آنزیم سوپر اکسید دیسموتاز ریشه و اندام هوایی مشاهده شد. نتایج نشان داد که سدم گونه acre قادر به گیاه پالایی و تجمع فلزات سرب و کادمیم در خود بوده است و می‌توان از این گیاه جهت پاکسازی خاک در محیط‌های آلوده استفاده کرد.

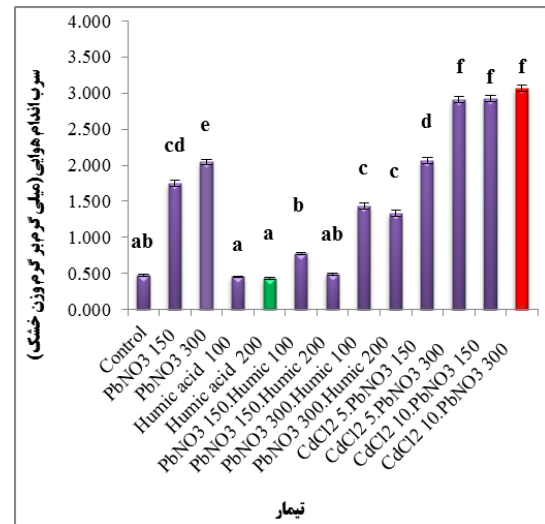
منابع

- ۱- پارسا دوست، ف. بحرینی‌نژاد، ب. صفری‌سنجانی، الف و کابلی، م. ۱۳۸۸. گیاه پالایی عنصر سرب توسط گیاهان مرتعی و بومی در خاک‌های آلوده منطقه ایران کوه. مجله پژوهش و سازندگی، شماره ۷۵: صفحه ۵۴ تا ۶۳.
- ۲- قاسمی، م. کاشفی، ب و مطلبی، الف. ۱۳۹۲. بررسی تأثیر تیمار اسید هیومیک در گیاه شمعدانی تحت شرایط شور. کنفرانس بین المللی پدافند غیرعامل در بخش کشاورزی. صفحه ۶۱۳۹-۶۱۴۳.



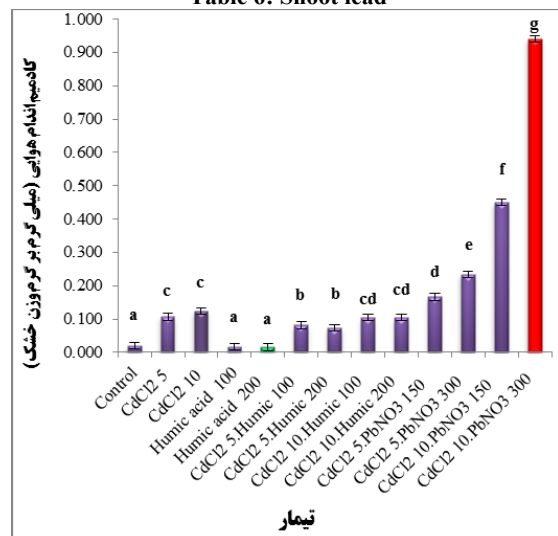
نمودار ۵: فعالیت آنزیم سوپر اکسید دیسموتاز

Table 5: Super oxide enzymes activity



نمودار ۶: سرب اندام هوایی

Table 6: Shoot lead



نمودار ۷: کادمیم اندام هوایی

Table 7: Shoot cadmium

- ۳- لادن مقدم، ع. سماوات، س. پازکی، ع. سماوات، س. ۱۳۹۱. اصول کاربردی مواد آلی در کشاورزی. ناشر: دانشگاه آزاد اسلامی واحد گرمسار، چاپ دوم. صفحه ۵۸.
- ۴- کافی، م. برزوئی، الف. صالحی، م. کمندی، ع. معصومی، ع. نباتی، ج. ۱۳۸۸. فیزیولوژی تنش محیطی در گیاهان. مشهد: جهاد دانشگاهی مشهد.
- ۵- کیابی، راهنورد، الف و سیدموسوی، ا. ۱۳۹۲. بررسی تأثیر ثرب بر پارامترهای رشد، مقدار پروکلین و پروتئین، فعالیت آنتی اکسیدانی و انباشت فلز در گیاه جعفری. اولین همایش منطقه‌ای گیاهان دارویی شمال کشور.
- ۶- میراحمدی، ح. صفری سنجانی، ع. ۱۳۸۶. آلودگی خاک به سرب و روند کاهش آن در برخی از خاک‌های گیلان. دهمین کنگره علوم خاک ایران.
- ۷- یداللهی، پ. اصغری پور، م. خیری، ن. قادری، الف. ۱۳۹۳. اثر تنش خشکی و انواع کود آلی بر عملکرد روغن و ویژگی‌های بیوشیمیایی گلرنگ. نشریه تولید گیاهان روغنی. سال اول. شماره دوم.
- 8-Ali, A. Rehman, s.u. Reza, s and Allah,su. 2014. Combined Effect of Humic Acid and NPK on growth and flower development of Tulipa generiana in Faisalabad, Pakistan. Journal of ornamental plants. Volume4, No 4:39-48.
- 9- Arnon, A.N.1949. Method of chlorophyll in the plants Agronomy Journal, 23:112-121.
- 10- Abrar, H.Nabila, A.Fahim, A.Mohamad, A. Zafar, and I.doses of lead on different growth attributes of Zea-mays. Agricultural Science. Vol 4, No 5, pp. 262-265.
- 11- Alkorta, J. Hernandez – Allica, J.M Becerril, I. Amezaga, I.Albizu and C.Garbiso. 2004. Recent findings on the phytoremediation of soils contaminated with environmentally toxic heavy metals and metalDids such as Zince, cadmium, lead, and arsenic. Reviews in Enviromental science and bio Tecnology. 3:71-90
- 12- Benaviades, M.P. Gallego s.m, and Tomaro M.L.2005. Cadmium toxicity in plant Braz. Journal of plant physiology. 17(1):21-34
- 13- Chabukdhara, M.Name, A.k.2013 Heavymetals assessment in urban soil around industrial clusters in Gzazi abad, India. Probabilistic health risk approach. Ecotoxicol Environ.saf. 87:57-64
- 14- Chibuike G.U and Obiora S.C. 2014. Heavy metal polluted soils: Effect on plants and bioremediation methods. Applied and environmental soil science. Volume 2014, article ID: 752708.
- 15-Calvo, p.Nelson, L and J.W.kloeppep.2014 Agricultural uses of plant Biostimulants. Plant and soil. 383(1)3-41.
- 16- Dhindsa, Rs. plump-Dhindsa, p. Thorpe, TA. (1981). Leaf senescence: correlated with increased levels of membrane permeability and lipid peroxidation, and decreased levels of superoxide dismutase and catalase. J EXP Bot, 32:93-101.
- 17-El-Bassiouny, H. Ahmed Bakry, B. EL-monem Attia, A.and Mohamed abd Allah, M. 2014. Physiological Role of Humic acid and Nicotinamide on Improving plant growth, Yield, and mineral Nutrient of wheat Grown under Newly Reclaimed sandy soil. Agricultural science, 5,687-700.
- 18-Hassanpour Darvishi.s and M.Kamajian.2014.Effects cd accumulation abilities of annual alfalfa by humic acid NAD growth promoting bacteria association. Iranian Journal of plant physiology 5(1)-1243-1247.
- 19- Ippolito, Pizzetti. 1975. Flowers: Aguide for your garden. Translation of Il libro dei fiori. Published by Harry N.Abrams. Italy, Milon.
- 20- Liu, J.Zhou, Q.sun, T.Ma, Land wang, s.2008.growth responses of three ornamental plants to cd and cd-pb stress and their mmetal accumulation characteristics. Journal of Hazardous Materials, 151.261-267.
- 21- Mohamadipour, E. Golchin, A. Mohamadi, J. Negahdar, N and zarchini,M.2012.Effect of Humic Acid on yield and Quality of Margold. Annuals of Biological Research, 3(11):5095-5098.
- 22- McDonald, E. 2002. The 400 Best Garden plants. Quantum Publishing. London.
- 23-Ravikumar, S and Thamizhiniyzn, p. 2014. Impact of lead on growth, 810 chemical and enzymatic changes in black grame. International Research Journal of pharmace utical and Applied Sciences.4 (4):1-3.
- 24- Yan-de, j.H.E.zhen-li and Y.Xiao-e.2007.Role of soil rhizobacteria in phytromediation of heavy metal contaminated soils. Journal of Zhejioang university science B.8:192-207.

- 25- Sharmap.akd R.SDubeg.2005.Lead toxicitg in plants.plant phgsiol.17, 35-52
- 26- Qing zhou, y. Huang, s.Guang GU, J. Zhao, J. Han, y and Fu, j. 2010. The physiological response and sub-cellular localization of lead and cadmium in Iris pseudacorus L. Ecotoxi cology. 19:69-76.
- 27- Zhang, Y. yang, X.zhang, S. Tian, y.Guo, and wang, J. 2013. Theinfluence of Humic acids on the accumulation of lead (Pb) and cadmium (cd) in tabacco leaves grown in different soils. Journal of soil science snd plant Nutriation, 13(1), 43-53.