Archive of SID

تأثیر سطوح مختلف عناصر سنگین بر جوانه‌زنی و رشد گیاهچه‌های *Atriplex lentiformis*

مرتضی صابری[۱*]، علی طویلی[۲]، محمد جعفری[۳] و محمد حیدری[۴]

تاریخ دریافت: ۸۸/۵/۵ – تاریخ پذیرش: ۸۸/۱۲/۲

چکیده

حضور فلزات سنگین یکی از مهمترین تنش‌های محیطی است که می‌تواند منجر به کاهش رشد و تولید انواع اکسیژن‌های واکنشگر شود. در این تحقیق اثر تیمارهای مختلف دو فلز سنگین کادمیوم و سولفات مس بر جوانه‌زنی و رشد بذور *A. lentiformis* بررسی شد. بدین منظور بذرهای این گونه گیاهی پس از ضدعفونی کردن به مدت ۹ روز بر روی کاغذ صافی تحت تیمارهای ۱۰، ۲۰ و ۳۰ میلی‌گرم در لیتر کادمیوم و ۱۰، ۲۰ و ۳۰ میلی‌گرم در لیتر سولفات‌مس قرار گرفتند. آب مقطر نیز به‌عنوان تیمار شاهد در نظر گرفته شد. از هر تیمار ۴ تکرار و در هر تکرار ۲۵ بذر وجود داشت. جوانه‌زنی بذرها هر روز بررسی شد و میزان رشد با اندازه‌گیری طول ریشه‌چه و طول ساقه‌چه در آخرین روز آزمایش تعیین شد. نتایج حاصل از تجزیه واریانس و مقایسه میانگین‌ها نشان داد غلظت‌های اعمال شده کادمیوم بر درصد و سرعت جوانه‌زنی و سولفات مس بر درصد جوانه‌زنی بذرهای *A. lentiformis* اثر معنی‌داری نداشت اما طول ریشه‌چه، طول ساقه‌چه، طول گیاهچه و شاخص بنیه بذر حاصل از تأثیر تیمارهای مورد آزمایش در سطح یک درصد آماری معنی‌دار شد. اعمال غلظت‌های مختلف دو فلز سنگین مورد تحقیق باعث کاهش معنی‌دار مؤلفه‌های رشد گونه *A. lentiformis* شد.

واژه‌های کلیدی: کادمیوم، سولفات مس، جوانه‌زنی، *A. lentiformis*، تنش.

۱- مربی دانشکده منابع طبیعی دانشگاه زابل، *: نویسنده مسئول: m_saberi63@yahoo.com

۳- دانشیار دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران.

۳- استاد دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران.

۴- دانشجوی کارشناسی ارشد، مدیریت مناطق بیابانی، دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران.

www.SID.ir

Archive of SID

مقدمه

حضور فلزات سنگین یکی از مهمترین تنش‌های محیطی محسوب می‌شود که می‌تواند منجر به کاهش رشد و تولید انواع اکسیژن‌های واکنشگر شود. فلزات به طور طبیعی با مقادیر مختلف در پوسته زمین وجود دارند. هنگامی که فلزات سنگین توسط گیاهان جذب شده و در بافت‌های آنها تجمع می‌یابند اغلب به دو صورت باعث سمیت می‌شوند: ۱- به صورت غیر مستقیم از طریق رقابت با سایر عناصر غذایی ضروری و قرارگیری به جای آنها در ساختمان رنگدانه‌ها یا آنزیم‌ها و تخریب عملکرد آنها، برای نمونه کوپر در سال ۱۹۹۹ مشاهده کرد جایگزینی Ni، Zn، Pb، Cd، Hg، Cu در کلروفیل به جای Mg منجر به کاهش چشمگیر فتوسنتز می‌شود. ۲- مستقیم با تخریب ساختار سلول. حضور فلزات سنگین باعث ایجاد تنش اکسیداتیو و افزایش تولید گونه‌های فعال اکسیژن (ROS)[1] می‌شود که به نوبه خود باعث ایجاد اثرات سمی مختلف در گیاهان نظیر کاهش رشد، کاهش محتویات کلروفیل و فتوسنتز، مهار فعالیت‌های آنزیمی، آسیب به مولکول‌های زیستی نظیر لیپیدها، پروتئین‌ها و نوکلئیک اسیدها به خصوص DNA می‌شود (۶ و ۲۱). کادمیوم یکی از سمی‌ترین عناصر برای اندام‌های زنده است که نقش زیستی ندارد. این فلز عمدتاً از طریق فرایندهای صنعتی و کودهای فسفاته وارد محیط زیست شده، سپس به زنجیره غذایی راه می‌یابد. کادمیوم به صورت یون‌های آزاد یا یون‌هایی که به راحتی حل می‌شوند در خاک-های آلوده حضور دارد (۱۳). مطالعات انجام گرفته روی گونه‌های گیاهی متفاوت نشان داده است که کادمیوم به راحتی از طریق ریشه‌ها جذب می‌شود (۴). این فلز برای گیاهان سمی بوده، با تشکیل کمپلکس‌های پیچیده با گروه‌های جانبی ترکیبات آلی مانند پروتئین‌ها در بسیاری از اعمال یاخته‌ای دخالت کرده در نتیجه از فعالیت‌های ضروری یاخته جلوگیری می‌نماید. همچنین تغییرات ژنتیکی و بیوشیمیایی را که پاسخ‌های عمومی گیاه در برابر تنش کادمیوم است را تحریک می‌کند (۲۰). در بین فلزات سنگین کادمیوم دارای اهمیت ویژه‌ای است زیرا به راحتی توسط سیستم ریشه گیاه جذب شده و سمیت آن برای گیاه ۲۰-۲ برابر سایر فلزات سنگین می‌باشد. برای اکثر گیاهان در صورتی که غلظت ۲۰ تا ۳۰ میکروگرم مس در گرم ماده خشک باشد سبب مسمومیت گیاه می‌شود، که توقف رشد ریشه، کاهش پنجه‌زنی در غلات و رنگ سبز تیره برگ از بارزترین علائم مسمومیت این عنصر است (۱۹). پرالتا و همکاران[2] (۲۰۰۰) نشان دادند که *Medicago sativa* در بعضی از ترکیب‌های سنگین خاک می‌تواند رشد کند. بر این اساس اثرات هر یک از عناصر منگنز، نیکل، مس، کروم و کادمیوم را بر رشد و زنده‌مانی گیاهان یونجه در محیط جامد بررسی نمودند. جوانه‌زنی بذرها و رشد گیاهان به طور معنی‌داری تحت تأثیر کروم و کادمیوم در غلظت ppm ۱۰ و همین طور مس و نیکل در غلظت ppm ۲۰ و غلظت‌های بالاتر قرار گرفت. منگنز اثری بر روی جوانه‌زنی نشان نداد. جلیزکوا و همکاران[3] (۲۰۰۳) اثرات ترکیب فلزات سنگین (مس و منگنز)، (مس و سرب)، (کادمیوم و منگنز)، (کادمیوم و سرب) و (مس و کادمیوم) را بر روی رشد و جوانه‌زنی بادیان (*Pimpinella anisum*)، زیره سیاه (*Carum caravi*) و رازیانه (*Foeniculum vulgar*) مورد بررسی قرار دادند. در هر آزمایش گونه‌ها در مقابل محلول‌های آماده شده در دو غلظت (غلظت بحرانی عنصر در خاک و دو برابر غلظت بحرانی) قرار داده شدند. آب مقطر نیز به‌عنوان تیمار شاهد استفاده شد.

1-Reactive oxygen species

www.SID.ir

Archive of SID

نتایج نشان داد که رشد اولیه ریشه‌ها بیشتر از جوانه‌زنی بذرها تحت تأثیر عناصر سنگین قرار گرفت. محمود و همکاران[1] (۲۰۰۵) به بررسی تأثیر سطوح مختلف مس و روی بر جوانه‌زنی و رشد گیاهچه ذرت (*Zea mays*) پرداختند. جوانه‌زنی تحت تأثیر هیچکدام از تیمارها قرار نگرفت، در حالی که رشد اولیه با افزایش غلظت سولفات‌روی به شدت محدود شد. علائم سمیت در گیاهچه‌ها در حضور هر دو عنصر ($ZnSo_4$ و $CuSo_4$) افزایش یافت که مقدار این سمیت در حضور $ZnSo_4$ بیشتر بود.

جوانه‌زنی و رشد و نمو دانه رست‌ها مراحل مهمی از زندگی گیاه کامل و همچنین حساس‌ترین مراحل زندگی گیاه نسبت به تغییرات محیط پیرامون هستند. بنابراین مطالعه مهار این مراحل در گیاهانی که در معرض آلاینده‌ها قرار گرفته‌اند راه مناسبی برای درک اثرات سمی آنها بر گیاهان محسوب می‌شود. *A. lentiformis* گیاهی است پایا، درختچه‌ای و دوپایه به ارتفاع ۲ تا ۳ مترکه به شوری مقاوم بوده و در حاشیه کویر سیاه کوه یزد در شوری با EC حدود ۲۰۰ میلی‌موس بر سانتی‌متر استقرار یافته و قطری در حدود ۳/۷۷ سانتی‌متر پیدا نموده است. *A. lentiformis* گیاهی است بسیار حجیم و پرشاخه که با توجه به تولید زیاد علوفه، در میان آتریپلکس‌های وارداتی برای ایجاد چراگاه‌های دست کاشت و اصلاح مراتع در عرصه‌های مناسب، در نواحی رویشی خلیج و عمانی و منطقه معتدل ایران و تورانی توصیه می‌شود (۲۲). با توجه به اهمیت این گونه گیاهی از جنبه‌های اشاره شده، در تحقیق حاضر به بررسی تأثیر فلزات سنگین سولفات مس و کادمیوم بر جوانه‌زنی و رشد بذور آن پرداخته شده است تا توانایی این گونه به‌عنوان یک گیاه پالاینده نیز مورد ارزیابی قرار گیرد.

مواد و روش‌ها

بذرهای گونه *A. lentiformis* از اداره منابع طبیعی شیراز تهیه شد. ابتدا بذرهای سالم و درشت از بذرهای چروکیده و نابارور جدا گردیده و به‌وسیله محلول هیپوکلریت سدیم ۵ درصد ضدعفونی گردید. سپس با آب مقطر سه مرتبه شستشو داده شد و به مدت ۲۰ دقیقه در محلول بنومیل یک در هزار ضدعفونی شد. در ضمن کلیه وسایل از جمله پتریدیش‌ها و کاغذ صافی‌ها در اتوکلاو استریل گردیدند. این آزمایش در قالب طرح کاملا تصادفی در چهار تکرار انجام شد. برای تهیه تیمارهای عناصر Cu و Cd به‌ترتیب از $CuSo_4$ و $CdCl_5$ استفاده و بر اساس مطالعات انجام شده بر روی بذور مشابه غلظت‌های زیر بر حسب میلی‌گرم در لیتر تهیه گردید: (۳۰ و۲۰ ، ۱۰) Cu و (۳۰ و۲۰، ۱۰) Cd. بعد از آماده نمودن ظروف پتری، در داخل هر پتری ۲۵ عدد بذر قرار داده شد و تیمارهای مختلف اعمال شد. برای تیمار شاهد از آب مقطر استفاده شد. پتری‌دیش‌ها در داخل اتاقک رشد با دمای ۲۳ درجه سانتی‌گراد قرار داده شدند. پس از کشت بذور، به‌صورت روزانه تعداد بذور جوانه‌زده در هر واحد آزمایشی به منظور برآورد سرعت جوانه‌زنی شمارش گردید و این کار تا زمانی انجام شد که در هر واحد آزمایشی سه روز متوالی تغییری در تعداد بذور جوانه‌زده مشاهده نشد (طی دورهٔ رشد در صورت نیاز در شرایط آزمایشگاهی استریل با تیمارهای مربوطه، آبیاری واحدهای آزمایشی صورت می‌گرفت). پس از مدت زمان لازم از کشت بذور (۹ روز) و رشد مطلوب گیاهچه‌ها، درصد جوانه‌زنی، سرعت جوانه‌زنی، طول ریشه‌چه، طول

1 - Mahmood
2- Peralta
3- Jeliazkova

www.SID.ir

Archive of SID

ساقه‌چه، طول گیاهچه و شاخص بنیه بذر اندازه‌گیری شد. درصد جوانه‌زنی (۵)، سرعت جوانه‌زنی (۱۷)، شاخص بنیه بذر (۱) و طول گیاهچه بر اساس روابط زیر محاسبه شدند.

درصد جوانه‌زنی (۱) $GP = \frac{G}{N} \times 100$

GP: درصد جوانه‌زنی، G: تعداد بذور جوانه زده، N: تعداد کل بذور

سرعت جوانه‌زنی (۲) $GR = \sum_{i=1}^{n} \frac{S_i}{D_i}$

S_i: تعداد بذور جوانه‌زده در هر شمارش، D_i: تعداد روز تا شمارش n ام ، n: دفعات شمارش.

طول گیاهچه× درصد جوانه‌زنی نهایی=شاخص بنیه بذر (۳)

طول ساقه‌چه + طول ریشه‌چه=طول گیاهچه (۴)

داده‌های حاصل با استفاده از نرم‌افزار SPSS تجزیه شد. برای مقایسه میانگین‌ها از نظر مقاومت در مقابل تیمارهای مختلف نیز از روش تجزیه واریانس استفاده شد. مقایسه میانگین صفات با استفاده از آزمون دانکن انجام شد.

نتایج

نتایج حاصل از تجزیه واریانس اثر سطوح کادمیوم و سولفات مس بر روی شش صفت طول ریشه‌چه، طول ساقه‌چه، طول گیاهچه، شاخص بنیه بذر، سرعت جوانه‌زنی و درصد جوانه‌زنی بذر گونه *A. lentiformis* در جداول ۱ و ۲ آمده است. همان‌طور که ملاحظه می‌شود تأثیر سطوح مختلف کادمیوم تنها بر درصد و سرعت جوانه‌زنی و سولفات مس فقط بر درصد جوانه‌زنی معنی‌دار نیست، ولی در بقیه صفات مورد مطالعه اثر معنی‌دار وجود دارد. همچنین بین تیمارهای مختلف عناصر سنگین از نظر تأثیر روی رشد گیاهچه‌ها نیز اختلاف معنی‌داری وجود دارد.

جدول ۱: تجزیه واریانس صفات مورد مطالعه گونه *A. lentiformis* تحت تأثیر فلزات سنگین (سولفات مس)

صفات	مجموع مربعات	درجه آزادی	میانگین مربعات	F
درصد جوانه‌زنی	۳۵۶/۸	۳	۱۱۸/۹	۲/۹ ns
سرعت جوانه‌زنی	۴/۱	۳	۱/۳	۴/۲ *
طول ریشه‌چه	۰/۲	۳	۰/۰۶	۱۴/۳ **
طول ساقه‌چه	۱/۵	۳	۰/۵	۴۵۴/۱ **
طول گیاهچه	۲/۷	۳	۰/۹	۱۴۰/۲ **
بنیه بذر	۳۶۳۵۰	۳	۱۲۱۱۶	۲۵/۲ **

**و * وجود تفاوت معنی‌دار بین تیمارها در سطح ۱٪ و ۵٪ ns: عدم وجود تفاوت معنی‌دار

جدول ۲: تجزیه واریانس صفات مورد مطالعه گونه *A. lentiformis* تحت تأثیر فلزات سنگین (کادمیوم)

صفات	مجموع مربعات	درجه آزادی	میانگین مربعات	F
درصد جوانه‌زنی	۷۸/۶	۳	۲۶/۲	۰/۴ ns
سرعت جوانه‌زنی	۳/۱	۳	۱/۰۵	۳/۴ ns
طول ریشه‌چه	۰/۵۸	۳	۰/۱۹	۲۳/۲ **
طول ساقه‌چه	۱/۱	۳	۰/۳	۳۴۷/۰۱ **
طول گیاهچه	۳/۳	۳	۱/۱	۱۱۰/۷ **
بنیه بذر	۳۶۳۸۲	۳	۱۲۱۲۷	۲۴/۰۴ **

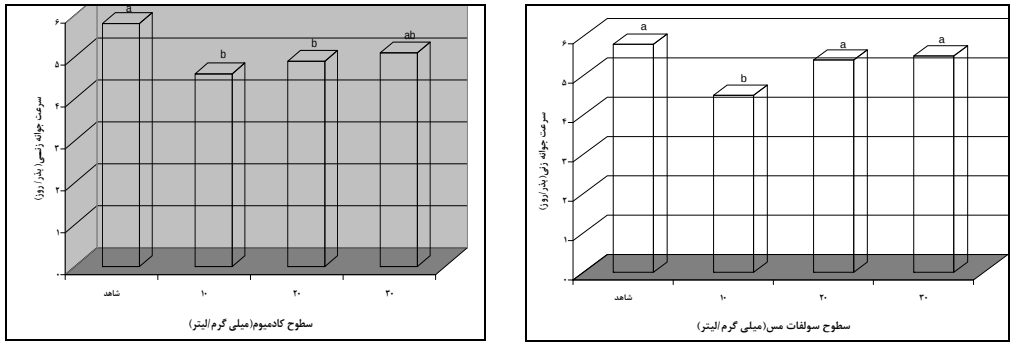
**و *: وجود تفاوت معنی‌دار بین تیمارها در سطح ۱٪ و ۵٪ ns: عدم وجود تفاوت معنی‌دار

شکل‌های ۱ تا ۵ مقایسه میانگین صفات مختلف را نشان می‌دهد. شکل ۱ مقایسه میانگین صفت سرعت جوانه‌زنی گونه *A. lentiformis* تحت تأثیر سطوح مختلف کادمیوم و سولفات مس را نشان می‌دهد. همان طور که ملاحظه می‌شود بیشترین تأثیر در کاهش روند سرعت جوانه‌زنی در گونه مذکور مربوط به تیمار (mg/l) ۱۰ کادمیوم و سولفات مس است. بیشترین سرعت جوانه‌زنی

www.SID.ir

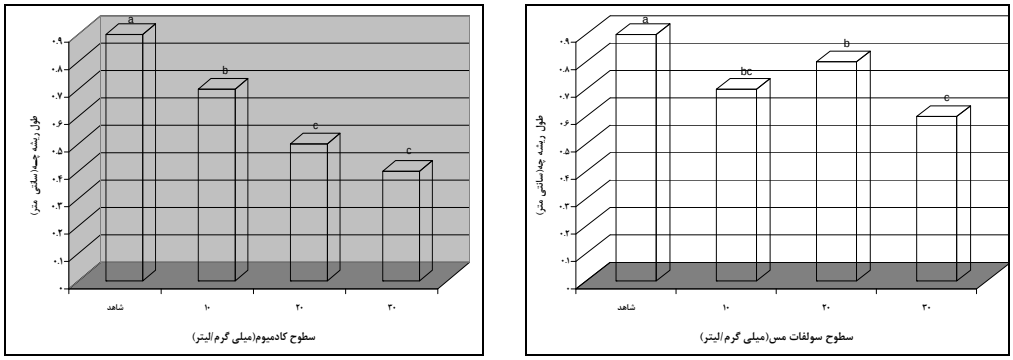
Archive of SID

مربوط به تیمار شاهد می‌باشد.



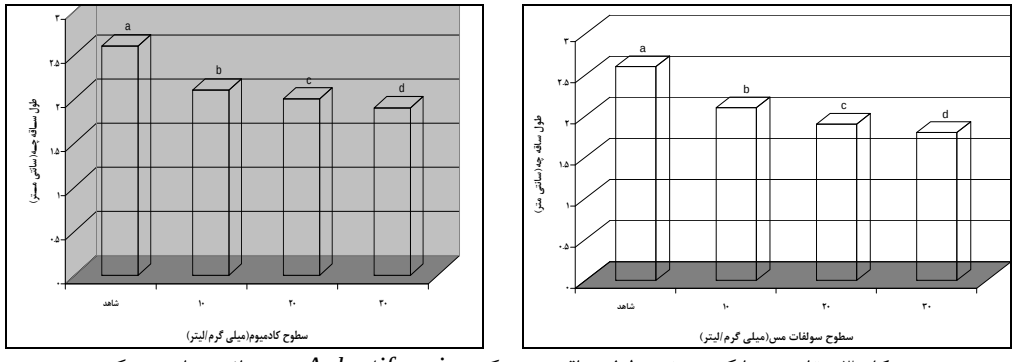
شکل ۱: مقایسه میانگین صفت سرعت جوانه‌زنی در گونه *A. lentiformis* تحت تاثیر عناصر سنگین

در شکل ۲ مقایسه میانگین صفت طول ریشه‌چه مورد بررسی قرار گرفته است. همان طور که ملاحظه می شود با افزایش غلظت کادمیوم از طول ریشه‌چه کاسته می‌شود، به‌طوری که بیشترین مقدار مربوط به تیمار شاهد و کمترین مقدار مربوط به تیمار(mg/l)۳۰ می‌باشد. بیشترین و کمترین طول ریشه چه اندازه‌گیری شده از تأثیر سطوح مختلف سولفات مس به‌ترتیب مربوط به تیمار شاهد و تیمار (mg/l)۳۰ است.



شکل ۲: مقایسه میانگین صفت طول ریشه‌چه در گونه *A. lentiformis* تحت تاثیر عناصر سنگین

بر اساس طول ساقه‌چه تیمارهای مختلف به چهار گروه دسته‌بندی شده‌اند. کمترین مقدار طول ساقه‌چه مربوط به تیمارهای (mg/l)۳۰ کادمیوم و سولفات مس و بیشترین مقدار مربوط به تیمار شاهد می‌باشد (شکل ۳).

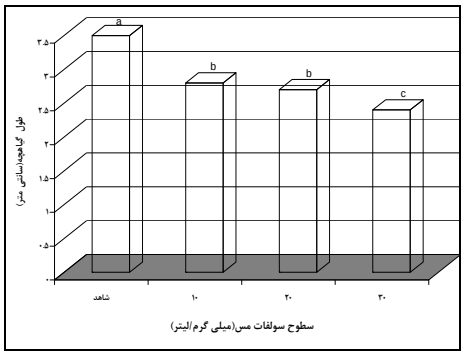


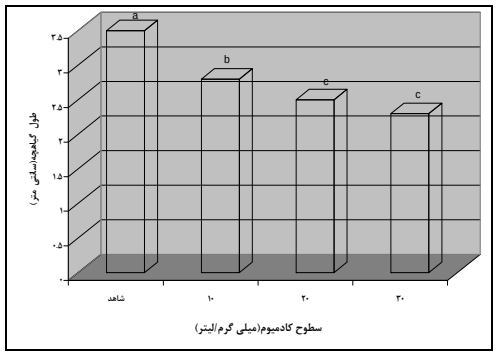
شکل ۳: مقایسه میانگین صفت طول ساقه‌چه در گونه *A. lentiformis* تحت تاثیر عناصر سنگین

www.SID.ir

Archive of SID

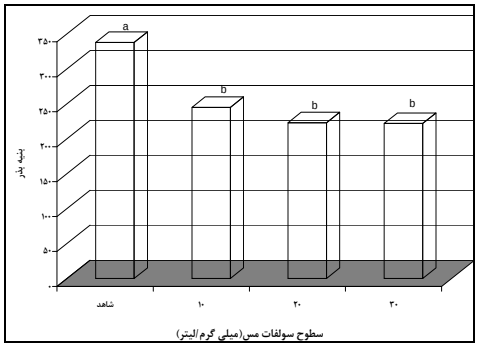
در شکل ۴ مقایسه میانگین صفت طول گیاهچه مورد بررسی قرار گرفته است. تیمارهای مختلف عناصر سنگین در گونه *A. lentiformis* از نظر صفت طول گیاهچه به سه گروه دسته‌بندی شده است که با افزایش غلظت کادمیوم و سولفات مس از طول گیاهچه کاسته می‌شود. بیشترین مقدار مربوط به تیمار شاهد و کمترین مقدار مربوط به تیمار ۳۰(mg/l) این دو عنصر سنگین می‌باشد.

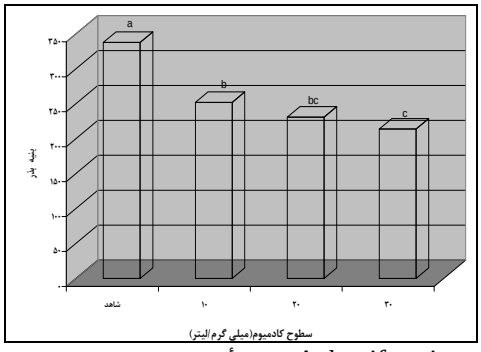




شکل ۴: مقایسه میانگین صفت طول گیاهچه در گونه *A. lentiformis* تحت تأثیر عناصر سنگین

شاخص بنیه بذر نیز تحت تأثیر کادمیوم و سولفات مس قرار گرفت و با افزایش غلظت این دو عنصر کاهش یافت. بیشترین شاخص بنیه بذر مربوط به تیمار شاهد می‌باشد و کمترین مقدار در هر دو عنصر سنگین مربوط به تیمار ۳۰(mg/l) می‌باشد (شکل ۵).





شکل ۵: مقایسه میانگین صفت شاخص بنیه بذر در گونه *A. lentiformis* تحت تأثیر عناصر سنگین

بحث و نتیجه‌گیری

تحمل عناصر سنگین در مرحله جوانه‌زنی و رشد گیاهچه به عنوان کلید استقرار گیاهان تحت شرایط محدود کننده است. پاسخ به تنش‌های محیطی در گیاهان عالی یک پدیده پیچیده و غیر قابل انکار می‌باشد. نتایج کلی بدست آمده از این بررسی نشان می‌دهد که غلظت‌های اعمال شده کادمیوم و سولفات مس اثرات سوء بر مؤلفه‌های رشد *A. lentiformis* داشته و موجب اختلال در رشد می‌شوند، به‌طوری که در روزهای آخر اندازه‌گیری در غلظت‌های بالا باعث توقف رشد یا حتی مرگ ریشه‌ها در اثر اعمال تیمار کادمیوم شد. همان طور که ملاحظه می‌شود مقایسه نمودارهای مختلف مقایسه میانگین نشاندهنده این موضوع هستند که تیمارهای کادمیوم اثرات منفی بیشتری نسبت به سولفات مس بر رشد گیاهچه‌ها داشته‌اند. این یافته با نتایج بسیاری از تحقیقات انجام گرفته در رابطه با اثر کادمیوم بر

www.SID.ir

Archive of SID

گونه‌های گیاهی همخوانی دارد (۲۵ و ۱۵). همچنین با این نظر که بیان می دارد کاهش رشد یکی از اثرات اولیه غلظت‌های سمی کادمیوم بر گیاهان است (۸)، نیز منطبق می‌باشد. انباشته شدن فلزات سنگین در محیط ریشه سبب کاهش جذب آب و مواد غذایی، کاهش انتقال آب و بر هم خوردن تعادل آب، مهار فعالیت آنزیم‌ها، کاهش متابولیسم سلولی، کاهش فتوسنتز، تنفس و تعرق، فقدان نیتروژن و فسفر و در نتیجه مهار رشد، تسریع پیری و حتی مرگ گیاه می‌گردد (۲۳ و ۷). همچنین جذب مقادیر زیاد کادمیوم در گیاه باعث کاهش و توقف رشد ریشه و چوب پنبه‌ای شدن ساختمان آن و کاهش هدایت الکتریکی آب در ریشه می‌شود. کاهش جذب عناصر غذایی ضروری مانند K ،Ca ،Mg و Fe (۹ و ۱۱) و کاهش تولید زیتوده به‌دلیل اختلال در فرآیندهای فتوسنتز، تنفس و متابولیسم نیتروژن (۱۲،۱۶و۲) در اثر غلظت‌های سمی عناصر سنگین رخ داده باشد. نتایج این تحقیق با یافته-های محققین زیادی مطابقت دارد (۳، ۱۰، ۱۴، ۱۸، ۲۴). به‌طور کلی نتایج این بررسی نشان می‌دهد که سطوح مختلف سولفات مس و کادمیوم بر مؤلفه‌های رشد بذور*A. lentiformis* اثر منفی داشته است، به‌طوری که غلظت‌های بالای کادمیوم در روزهای آخر این آزمایش رشد ریشه را متوقف و باعث مرگ ریشه شد. با توجه به این که گونه *A. lentiformis* از گیاهان مهم و سازگار برای اصلاح پوشش گیاهی در مناطق خشک و نیمه‌خشک کشورمان است، این تحقیق می‌تواند از نظر درک ساز و کارهای عمل کادمیوم و سولفات مس و یافتن راه‌حل‌های جلوگیری از نفوذ این عناصر به گیاهان با ارزش مرتعی دارای اهمیت باشد. همچنین نتایج تحقیق بیانگر آن است که احتمالا گونه مورد مطالعه نمی‌تواند در مناطق آلوده به عناصر فوق به منظور گیاه پالایی به‌ویژه به‌صورت کشت در بستر مورد استفاده قرار گیرد.

منابع

1. Agraval , R., 2005. Seed technology. Oxford and IBH Publishing Co, 829pp.
2. Balestrasse, K.B., L. Gardey., S.M. Gallego & M. L. Tomaro, 2001. Response of antioxidant defence system in soybean nodules and roots subjected to cadmium stress. Australian J. Plant Physiology, 28: 497-504.
3. Bashmakov, D. I., A. S. Lukatkin & V. V. Revin, 2005. Growth of maize seedlings affected by different concentration of heavy metals, J. Ekologija, 3: 22-27.
4. Blinda, A., B. Koch, S. Ramanjulu, & K.J. Dietz, 1997. De novo synthesis and accumulation of apoplast proteins in leaves of heavy metal exposed barley seedlings. J. Plant cell Environ, 20: 969-981.
5. Camberato, J & B. Mccarty, 1999. Irrigation water quality: part I. Salinity. J. South CarolinaTurfgrass Foundation New, 6(2): 6-8.
6. Chaoui, A & E. Ferjani, 2005. Effects of cadmium and copper on antioxidant capacities, lignification and and auxin degradation in leaves of Pea (*Pisium sativum*, L) seedlings. J. Comptes Rendus Biologies, 31: 23-328.
7. Cheng, S & C. Huang, 2006. Influence of cadmium on growth of root vegetable and accumulation of cadmium in the edible root. International J. Applied Science and Engineering, 3: 243-252.
8. Costa, G & E. Spitz, 1997. Influence of cadmium on soluble carbohydrates, free amino acids, protein content of in vitro cultured Lupinus albus. J. Plant Sci, 128: 131-140.
9. Gogorcena, Y., J. J. Lucena & J. Abadia, 2002. Effects of Cd and Pb in sugar beets plants grown in nutrient solution: Induced Fe deficiency and growth inhibition. J. Funct. Plant Biol, 29: 1453-1464.

www.SID.ir

Archive of SID

10. Gulfraz, M., Y. Mussadeq., R. Khanum & T. Ahmad, 2003. Metal contamination in wheat crop (*Triticum aestivum* L) irrigated with industrial effluent. Online J. Biological Science, 3(3): 335-339.
11. Gussarsson, M., H. ASP., S. Adalsteinsson, & P. Jensen, 1996. Enhancement of cadmium effects on growth and nutrient composition of bireh (*Betula pendula*) by buthionine sulphoximine (BSO), J. Exp. Bot, 47: 211-215.
12. Haag-kever, A., H. J. Schafer., S. Heiss., C. Walter & T. Rausch, 1999. Cadmium expose in *Brassica juncea* cause a decline in transpiration rate and leaf expansion without effect on photosynthesis. J. Experimental Botany, 50: 1827-1835.
13. Hardyman, R. T & B. Jakoby, 1984. Absorption and translocation of Cd in bush bean (Phaseolus vulgaris), J. Physiologia Plantarum, 61: 670-674.
14. Jeliazkova, E.A., L. E. Craker & B. Xing, 2003. Seed germination of anise, caraway, and fennel in heavy metal contaminated solutions. J. Herbs, Spices and Medicinal Plants, 10(3): 83-93.
15. Larbi, A., F. Morales., A. Abadia., G. Costa & E. Spitz, 1997. Influence of cadmium on soluble carbohydrates, free amino acids, protein content of in vitro cultured *Lupinus albus*. J. Plant Sci, 128: 131-140.
16. Larsson, E.H., J.F. Bornman & H. ASP, 1998. Influence of UV-B radiation and cadmium on chlorophyll flurescence *Brassica napus*. J. experimental Botany, 49: 1031-1039.
17. Maguirw, I. D., 1962. Speed of germination-arid in selection and evaluation for seedling emergence and vigor. J. Crops Sci, 2: 176-177.
18. Mahmood, S., A. Hussain., Z. Zaeed & M. Athar, 2005. Germination and seedling growth of corn (*Zea mays* L.) under varying levels of copper and zin. International J. Environmental Science and Technology, 2(3): 269-274.
19. Marschner, H., 1958. Mineral nutrition of higher plants. 2nd. Ed., Academic Press. New York, NY.
20. Metwally, A., I. Finkemeier., M. George & K.J. Dietz, 2003. Salicylic acid alleviates the cadmium toxicity in barley seedlings. J. Plant Physiology, 132: 272-281.
21. Mishra, S., S. Srivastava & P.D. Tripathi, 2006. Phytochelatin synthesis and response of antioxidants during cadmium stress in *Baccopa monnieri* L., J. Plant Physiology and Biochemistry, 44: 25-37.
22. Moghimi, J., 2004. Introduce of some important range land species. Arvan Publication, 669pp (in Persian).
23. Pandey, N & C.P. Sharma, 2002. Effect of heavy metals Co^{2+}, Ni^{2+} and Cd^{2+} on growth and metabolism of cabbage. J. Plant Science, 163: 753-758.
24. Peralta, J.R., J.L. Gardea-Torresdey & K.J. Tiemann, 2000. Study of the effects of heavy metals on seed germination and plant growth on alfalfa plant (*Medicago sative*) grown in soild media. Proceedings of the 2000 Conference on Hazardous Wast Research, pp: 135-140.
25. Sandalio, L.M., H.C. Dalurzo., M. Gomes., M.C. Remero-Puertas & L.A. del Rio, 2001. Cadmium-induced changes in the growth and oxidative metabolism of pea plants. J. Exp. Bot, 52: 2115-2126.

www.SID.ir