بررسی اثرات غلظت‌های مختلف سرب و مس بر جوانه زنی بذر و رشد گیاهچه گونه *Agropyron trichophrum*

مهرنوش پارسا[۱*]،حمیدرضا سعیدی گراغانی[۲]، علی اصغر هاشمی[۳]

چکیده

هدف از این تحقیق ارزیابی تأثیر سطوح مختلف عناصر مس و سرب بر جوانه زنی و رشد بذور گونه *Agropyron trichophrum* تحت شرایط آزمایشگاهی است. بدین منظور برای بررسی تأثیر این عوامل بر شاخص‌های جوانه‌زنی و رشد بذور این گونه، دو آزمایش در قالب طرح کاملاً تصادفی با پنج تیمار (شاهد، ۲۰، ۵۰، ۱۰۰ و ۱۵۰ میلی گرم در لیتر) سولفات مس ($CuSo_4$) و نیترات سرب ($Pb(NO_3)_2$) در چهار تکرار انجام شد. با بررسی میزان بذور جوانه‌زده در هر روز، درصد و سرعت جوانه‌زنی محاسبه و میزان رشد با اندازه گیری طول ریشه‌چه، ساقه‌چه و گیاه‌چه و نیز ضریب آلومتری و بنیه بذر تعیین گردید. جهت تجزیه و تحلیل آماری داده‌های حاصل از صفات مختلف جوانه‌زنی و رشد اولیه از نرم افزار $SPSS_{20}$ استفاده شده است. در این مطالعه از آنالیز واریانس یکطرفه و مقایسه میانگین‌ها به روش دانکن استفاده شد. نتایج نشان داد که غلظت‌های گوناگون سولفات مس و نیترات سرب بر شاخص‌های مختلف جوانه‌زنی و رشد بذور گونه *Agropyron trichophrum* اثر معنی‌داری دارند و با افزایش غلظت تیمارهای مختلف مس و سرب درصد جوانه‌زنی، سرعت جوانه‌زنی، طول ریشه‌چه، طول ساقه‌چه، طول گیاه‌چه و بنیه بذر کاهش می‌یابند. همچنین هیچکدام از عناصر سرب و مس بر روی شاخص ضریب آلومتری اثر معنی‌داری نداشته و غلظت‌های پایین این عناصر عامل محدود کننده‌ای برای رشد این گونه نبوده است.

کلمات کلیدی: مس، سرب، جوانه زنی، *Agropyron trichophrum*

[۱]-کارشناس ارشد، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد نور، دانشکده منابع طبیعی ، نور ، ایران
Mehrnush.parsa@gmail.com
[۲]- دانشجوی دکتری مرتعداری، دانشگاه تهران، دانشکده منابع طبیعی، کرج، ایران
[۳]- عضو هیئت علمی، موسسه تحقیقات آب و خاک، سمنان، ایران

مقدمه

جوانه زنی بذر یکی از مراحل زیستی و تعیین کننده در چرخه رشدی گونه های گیاهی است زیرا تضمین کننده استقرار موفق گیاه و عملکرد نهایی آن است. جوانه زنی بذر شامل انتقال مواد ذخیره ای به محور جنین و شروع فعالیت های متابولیک و رشد آن است. این مرحله از زندگی گیاهان زراعی نقش تعیین کنندهای در استقرار مناسب گیاه و عملکرد نهایی آن دارد (۷). فلزات سنگین از مهمترین آلاینده های محیط زیست می باشند که خطری جدی برای موجودات زنده محسوب می شوند (۱۸). فلزات سنگین اغلب در قالب آلاینده های محیطی از جمله آلودگی های جوی مراکز صنعتی، استفاده افراطی از کودهای شیمیایی و فاضلاب های شهری و صنعتی به صورت برگشت ناپذیر وارد خاک می شوند (۶). در بسیاری از خاک های اسیدی دنیا و حدود نیمی از زمین های زراعی که پتانسیل تولید غذا و مواد غذایی را دارند، فلزات سنگین به عنوان عامل اصلی محدودیت رشد گیاهان می باشند. برخی از گونه های گیاهی به مقدار معینی از فلزات سنگین در خاک مقاوم بوده، توانایی جذب و تثبیت آنها را در بافت های درونی خود دارند. گاه در برخی از گیاهان آثار مسمومیت چندان بارز نیست، ولی میزان محتوای فلزی موجود در گیاه سلامت انسان یا دام هایی که از آن تغذیه می کنند را به خطر می اندازد (۸). بنابراین مطالعه اثر فلزات سنگین بر گیاهان از یک طرف برای شناسایی گیاهان مقاوم و استفاده از آنها در پاکسازی خاک های آلوده و از طرف دیگر به منظور ایجاد ژنوتیپ های گیاهی مقاوم ضروری به نظر می رسد (۱). بعضی از عناصر سنگین به عنوان عناصر میکرو برای گیاهان ضروری هستند ولی زیادی آنها ممکن است باعث جلوگیری رشد و اختلالات متابولیکی در اکثر گونه های گیاهی شود (۱۱). قابلیت یک گونه در تحمل عناصر سنگین به خصوص در مرحله جوانه‌زنی و رشد گیاهچه به عنوان کلید استقرار گیاهان تحت شرایط محدودکننده است (۲).

در مطالعه تأثیر سطوح مختلف عناصر سنگین بر جوانه‌زنی و رشد گیاهچه‌های گونه *Atriplex lentiformis* مشخص گردید که غلظت‌های اعمال شده کادمیوم بر درصد و سرعت جوانه‌زنی و سولفات مس بر درصد جوانه‌زنی بذرهای این گونه اثر معنی‌داری نداشته اما بر روی طول ریشه‌چه، ساقه‌چه، گیاهچه و شاخص بنیه بذر اثر معنی‌دار داشته است. بطور کلی اعمال غلظت‌های مختلف این دو فلز سنگین، باعث کاهش معنی‌دار مؤلفه-های رشد گردید (۳). پرالتا و همکاران (۲۰۰۰) نشان دادند که یونجه (*Medicago sativa*) در بعضی از ترکیب‌های سنگین خاک می‌تواند رشد کند. در تحقیقات آن‌ها اثرات هر یک از عناصر منگنز، نیکل، مس، کروم و کادمیوم را بر رشد و زنده‌مانی گیاه یونجه در محیط جامد بررسی شد. جوانه‌زنی بذرها و رشد گیاهان به طور معنی‌داری تحت تأثیر کروم و کادمیوم در غلظت ۱۰ppm و همین طور مس و نیکل در غلظت ۲۰ppm و غلظت‌های بالاتر قرار گرفت ولی منگنز اثری بر روی جوانه‌زنی نشان نداد. در ارتباط با اثرات روی و مس، مطالعه‌ای بر روی گونه ذرت صورت گرفته که نشان داد جوانه‌زنی تحت تأثیر هیچکدام از عناصر قرار نگرفته ولی رشد اولیه با افزایش غلظت روی به شدت محدود گردید. همچنین علائم سمیت در گیاهچه‌ها در حضور دو عنصر مورد مطالعه افزایش یافت (۱۶). طاطیان و همکاران (۴) با مطالعه واکنش بذر گونه مرتعی

چاودار کوهی به تنش ناشی از عناصر آلاینده سرب و مس نشان دادند که هر دو عنصر مس و سرب بر مراحل شروع رشد و ظهور ریشه‌چه و ساقه‌چه تأثیرگذار بوده‌اند ولی بر جوانه زنی بذور گونه چاودار کوهی اثر معنی‌داری نداشتند. همچنین عنصر مس تأثیر بیشتری نسبت به سرب داشته و بر پارامترهای بیشتری از رشد اثرگذار بوده است. در مطالعه دیگری رسولی و همکاران (۱۳۹۲) با بررسی تأثیر سطوح مختلف مس و نیکل بر جوانه زنی و رشد گیاه توت روباهی (*Sanguisorba minor*) بیان نمودند که غلظت های اعمال شده مس و نیکل بر همه مؤلفه های رشد گونه توت روباهی اثر معنی داری داشته است و با افزایش غلظت مس و نیکل شاهد کاهش معنیدار مؤلفه های رشد این گونه می باشیم.

Agropyron trichophrum گونه‌ای با ارزش علوفه‌ای خوب از خانواده گندمیان می‌باشد. این گیاه دمای ۱۸- تا ۴۰ درجه سانتی گراد را بخوبی تحمل می کند و متوسط بارندگی سالانه رویشگاه آن ۲۵۰ تا ۴۵۰ میلی‌متر است. تولید علوفه و بذر مناسب، خوشخوراکی زیاد برای دام، حفاظت خاک و رشد در انواع خاک‌ها این گیاه را در گروه گیاهان مناسب برای اصلاح و احیای مراتع خشک و نیمه خشک کشور قرار داده است. بنابراین با توجه به اهمیت این گونه گیاهی از جنبه‌های اشاره شده، در تحقیق حاضر به بررسی تأثیر سطوح مختلف عناصر مس و سرب بر جوانه زنی و رشد گیاهچه آن پرداخته شده است تا توانایی این گونه به‌عنوان یک گیاه مقاوم از این منظر نیز مورد ارزیابی قرار گیرد.

مواد و روش ها

جهت انجام این پژوهش بذور گونه *Agropyron trichophrum* پس از جمع آوری و انتقال به آزمایشگاه، با محلول هیپوکلریت سدیم ۱۰ درصد ضد عفونی شدند. همچنین جهت حذف اثرات سایر عوامل در طی انجام آزمایش، کلیه وسایل آزمایشگاهی اعم از پتری‌دیش، کاغذ صافی، پنس و غیره در اتوکلاو با دمای ۱۲۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۳۰ دقیقه استریل شدند. به منظور بررسی اثر غلظت های مختلف $Pb(NO_3)_2$ و $CuSo_4$ دو آزمایش مجزا در قالب طرح کاملاً تصادفی با ۴ تکرار و ۵ تیمار صفر (شاهد)، ۲۰، ۵۰، ۱۰۰ و ۱۵۰ میلی گرم در لیتر اجرا شد. پتری‌دیش‌ها در طول دوره اجرای آزمایش به منظور جلوگیری از تبخیر محلول و ثابت ماندن غلظت محلول در کیسه‌های نایلونی قرار گرفتند و سپس در ژرمیناتور با دمای ۲۶ درجه سانتی‌گراد با فتوپریود ۱۶ ساعت تاریکی و ۸ ساعت روشنایی، در رطوبت ۷۰ درصد نگهداری شدند. شمارش بذور جوانه‌زده هر روز صورت گرفته و در روز بیستم به علت اینکه از روز شانزدهم تا بیستم جوانه‌زنی انجام نشده بود شمارش متوقف شد. همچنین طول ریشه‌چه[1]، طول ساقه‌چه[2] و طول گیاه‌چه تا آخرین روز انجام آزمایش اندازه‌گیری شد. درصد جوانه‌زنی[3] (GP) از تقسیم تعداد نهایی بذور جوانه‌زده بر تعداد بذور کشت شده و سرعت جوانه‌زنی[4] (GR) با رابطه $R_S=\sum_{i=1}^{n} Si / Di$ محاسبه شد (ماگویر، ۱۹۶۲). در این فرمول R_s= سرعت جوانه‌زنی، S_i= تعداد بذور جوانه‌زده در هر شمارش، D_i= تعداد روز تا شمارش و n= دفعات شمارش می‌باشد. پس از انجام مراحل آزمایشگاهی، ضریب آلومتری[5] (نسبت طول ریشه‌چه به ساقه‌چه) و شاخص بنیه بذر[6] با استفاده از رابطه (۱۰۰/(میانگین طول گیاهچه برحسب میلی‌متر× درصد جوانه‌زنی)) محاسبه گردید (۵).

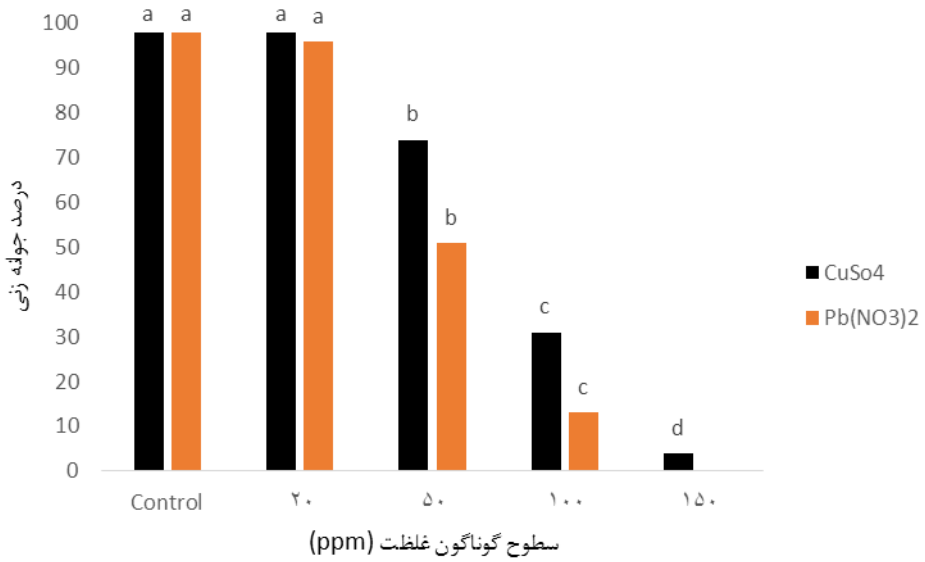
جهت تجزیه و تحلیل آماری داده‌های حاصل از صفات مختلف جوانه‌زنی و رشد اولیه از نرم افزار $SPSS_{20}$ استفاده شد. در این مطالعه از آنالیز واریانس یکطرفه و مقایسه میانگین‌ها به روش دانکن استفاده شد.

1. Radicle length
2. Plumble length
3. Germination percentage
4. Germination Rate
5. Alomtric index
6. Seed vigor index

نتایج

درصد جوانه‌زنی گونه *Agropyron trichophrum* تحت تأثیر تیمارهای مختلف مس و سرب

نتایج تجزیهٔ واریانس نشان می‌دهد تیمارهای سولفات مس اثر معنی‌داری از لحاظ آماری بر درصد جوانه‌زنی گونه *Agropyron trichophrum* داشته‌اند (P=۰/۰۰۱ و F=۹۳/۱). آزمون دانکن نشان داد با افزایش میزان سولفات مس از محلول شاهد به سمت تیمار ۱۵۰ میلی گرم در لیتر در گونه مورد بررسی درصد جوانه‌زنی کاهش یافته است به طوریکه بیشترین درصد جوانه‌زنی متعلق به تیمارهای شاهد و ۲۰ میلی گرم در لیتر بوده و کمترین درصد جوانه زنی مربوط به تیمار ۱۵۰ میلی گرم در لیتر است. درصد جوانه‌زنی با افزایش نیترات سرب نیز کاهش معناداری را در سطح ۹۹ درصد نشان داد (P=۰/۰۰۱ و F=۵۶/۴). به‌طوری‌که در سطوح مختلف نیترات سرب حداکثر درصد جوانه‌زنی مربوط به تیمار شاهد و کمترین میزان آن متعلق به تیمار ۱۵۰ میلی گرم در لیتر می‌باشد (شکل ۱).



شکل۱- میانگین درصد جوانه‌زنی گونه *Agropyron trichophrum* تحت تأثیر تیمارهای مختلف سولفات مس و نیترات سرب

بررسی تأثیر تیمار سولفات مس بر شاخص‌های جوانه‌زنی و رشد بذور گونه *Agropyron trichophrum*

جدول (۱) نتایج آنالیز واریانس یکطرفه تأثیر تیمارهای مختلف سولفات مس ($CuSo_4$) را بر شاخص‌های جوانه‌زنی و رشد گیاهچه گونه *Agropyron trichophrum* نشان می‌دهد. همان‌طوری که مشاهده می شود به غیر از ضریب آلومتری مابقی صفات مورد آزمون از تیمارهای مختلف سولفات مس ($CuSo_4$) متأثر شده‌اند. نتایج حاصل از مقایسه میانگین‌ها نشان داد که سرعت

جوانه‌زنی به‌طور معنی‌داری با افزودن غلظت سولفات مس کاهش پیدا نمود. تیمار شاهد با ۲۰ میلی گرم در لیتر دارای اختلاف معنی‌داری نبودند، اما این دو سطح با تیمارهای ۵۰، ۱۰۰ و ۱۵۰ میلی گرم در لیتر دارای اختلاف معنی‌داری می باشند. بیشترین سرعت جوانه‌زنی در تیمار شاهد و کمترین آن در تیمار ۱۵۰ میلی گرم در لیتر مشاهده شد. غلظت‌های مختلف سولفات مس اثر معنی‌داری بر طول ریشه‌چه نیز دارند. طول ریشه‌چه با افزایش غلظت $CuSo_4$ کاهش پیدا کرد به‌صورتی که حداکثر طول ریشه‌چه در تیمارهای شاهد و ۵۰ میلی گرم در لیتر و حداقل آن در تیمارهای ۱۰۰ و ۱۵۰ میلی گرم در لیتر روی داده است. همچنین نتایج حاصل از مقایسه میانگین‌ها در مورد اثر سولفات مس ($CuSo_4$) بر طول ساقه-چه نشان داد که با افزایش میزان غلظت $CuSo_4$ طول ساقه‌چه کاهش یافته به‌طوری که حداکثر طول آن در تیمار شاهد مشاهده شد. غلظت‌های مختلف سولفات مس ($CuSo_4$) اثر معنی‌داری بر طول گیاهچه گونه *Agropyron trichophrum* نیز داشتند به‌طوری‌که در حالت کلی طول گیاهچه با افزایش میزان غلظت $CuSo_4$ کاهش یافت. با افزایش میزان سولفات مس ($CuSo_4$) شاخص بنیه بذر کاهش یافت. بیشترین بنیه بذر معلق به تیمارهای شاهد و ۲۰ میلی گرم در لیتر بوده و کمترین آن متعلق به تیمارهای ۱۰۰ و ۱۵۰ میلی گرم در لیتر می باشد.

جدول۲- مقایسه تأثیر تیمارهای مختلف سولفات مس بر شاخص‌های جوانه‌زنی و رشد بذور گونه *trichophrum Agropyron*

صفات مورد آزمون	P	F	سولفات مس (ppm)				
			شاهد	۲۰	۵۰	۱۰۰	۱۵۰
سرعت جوانه‌زنی	۰/۰۰۱	۵۹/۸	۳/۹ ^{a}	۳/۹ ^{a}	۲/۸ ^{b}	۱/۱ ^{c}	۰/۲^{c}
طول ریشه‌چه	۰/۰۰۱	۶۱/۱	۱۵^{a}	۱۴/۵ ^{a}	۸^{b}	۴/۵^{b}	۱^{c}
طول ساقه‌چه	۰/۰۲	۲۱/۷	۲۴^{a}	۲۳/۵ ^{a}	۱۴/۵ ^{b}	۷^{bc}	۱/۵ ^{c}
طول گیاه‌چه	۰/۰۰۱	۶۰/۶	۳۹^{a}	۳۸ ^{a}	۲۲/۵^{b}	۱۱/۵^{c}	۲/۵ ^{d}
شاخص بنیه‌بذر	۰/۰۰۱	۵۲/۸	۳۸/۲ ^{a}	۳۷/۲^{a}	۱۶/۶۵ ^{b}	۳/۵۶ ^{c}	۰/۱^{c}
ضریب آلومتری	۱/۰۴	۰/۴۱	۰/۶۲	۰/۶۱	۰/۵۵	۰/۶۴	۰/۶۶

تأثیر غلظت‌های مختلف نیترات سرب بر شاخص‌های جوانه‌زنی و رشد بذور گونه *trichophrum Agropyron*

جدول (۱) نتایج آنالیز واریانس یکطرفه تأثیر تیمارهای مختلف سولفات نیترات سرب ($Pb(NO_3)_2$) را بر شاخص‌های جوانه‌زنی و رشد گیاهچه گونه *Agropyron trichophrum* نشان می‌دهد. همان‌طوری که مشاهده می شود به غیر از ضریب آلومتری مابقی صفات مورد آزمون از تیمارهای مختلف نیترات سرب متأثر شده‌اند. نتایج حاصل از مقایسه میانگین‌ها نشان داد که با افزایش میزان نیترات سرب ($Pb(NO_3)_2$) سرعت جوانه‌زنی کاهش یافت. بیشترین سرعت جوانه‌زنی مربوط به تیمار شاهد بوده و با افزایش غلظت نیترات سرب سرعت رشد به طور معنی‌داری کاهش یافته است. نتایج همچنین نشان می دهد که با افزایش سطح ($Pb(NO_3)_2$) طول ریشه‌چه کاهش معنی‌داری

داشت. در مقایسه میانگین طول ریشه‌چه بین تیمار شاهد و ۲۰ میلی گرم در لیتر تفاوت معنی-داری مشاهده نگردید و بیشترین طول ریشه‌چه متعلق به تیمار شاهد می‌باشد. همچنین نتایج حاصل از مقایسه میانگین‌ها در مورد اثر نیترات سرب بر طول ساقه‌چه نشان داد که با افزایش میزان غلظت $Pb(NO_3)_2$ طول ساقه‌چه کاهش یافته به‌طوری که حداکثر طول آن در تیمار شاهد مشاهده شد. با توجه به نتایج حاصل از این تحقیق بین سطوح مختلف نیترات سرب از لحاظ طول گیاه‌چه نیز تفاوت معنی‌داری مشاهده شد بدین صورت که بیشترین طول گیاه‌چه مربوط به تیمار شاهد بوده و با افزایش غلظت $Pb(NO_3)_2$ طول گیاه‌چه به طور معنی‌داری کاهش یافته است. با افزایش میزان نیترات سرب شاخص بنیه بذر کاهش یافت. بیشترین بنیه بذر معلق به تیمارهای شاهد و ۲۰ میلی گرم در لیتر بوده و کمترین آن متعلق به تیمارهای ۱۰۰ و ۱۵۰ میلی گرم در لیتر می باشد.

جدول ۳- مقایسه تأثیر تیمارهای مختلف نیترات سرب بر شاخص‌های جوانه‌زنی و رشد بذور گونه *trichophrum Agropyron*

صفات مورد آزمون	P	F	تیمار نیترات سرب (ppm)				
			شاهد	۲۰	۵۰	۱۰۰	۱۵۰
سرعت جوانه‌زنی	۰/۰۰۱	۵۳/۵	۳/۹ ^{a}	۳/۸ ^{a}	۲/۱ ^{b}	۰/۵ ^{c}	۰
طول ریشه‌چه	۰/۰۰۱	۵۱/۲	۱۵^{a}	۱۴ ^{a}	۶^{b}	۱/۵ ^{c}	۰
طول ساقه‌چه	۰/۰۰۱	۵۰/۷	۲۴^{a}	۲۱ ^{a}	۱۱^{b}	۲^{c}	۰
طول گیاه‌چه	۰/۰۰۱	۵۸/۷	۳۹^{a}	۳۵^{a}	۱۷ ^{b}	۳/۵ ^{c}	۰
شاخص بنیه‌بذر	۰/۰۰۱	۴۹/۹	۳۸/۲ ^{a}	۳۳/۶ ^{a}	۸/۶^{b}	۰/۴۵^{c}	۰
ضریب آلومتری	۱/۰۳	۰/۴۷	۰/۶۲	۰/۶۶	۰/۵۴	۰/۷۵	۰

بحث

با توجه به نتایج حاصل از این پژوهش می‌توان این گونه بیان کرد که سولفات مس ($CuSo_4$) و نیترات سرب ($Pb(NO_3)_2$) بر شاخص‌های جوانه-زنی گونه *Agropyron trichophrum* اثرگذار بوده‌اند. به عبارت دیگر غلظت های زیاد $CuSo_4$ و $Pb(NO_3)_2$ محیط نامناسبی را برای جوانه‌زنی و رشد بذور این گونه فراهم –آورده‌اند، به‌طوری‌که با افزایش مس و سرب صفات جوانه‌زنی کاهش نشان دادند، که با نتایج مطالعات طاطیان و همکاران (۴) در مورد گونه چاودار کوهی مطابقت دارد.

اثر تیمارهای عناصر مس و سرب، بر درصد جوانه‌زنی *Agropyron trichophrum* معنی‌دار است و با شروع رشد، این عناصر پارامترهای مختلف جوانه‌زنی و رشد را تحت تأثیر قرار داده-اند. این مورد با افزایش غلظت نیترات سرب تأثیرگذاری بیشتری نشان داده بطوریکه پارامترهای طول ریشه‌چه، گیاه‌چه و ساقه‌چه و همچنین بنیه بذر که متأثر از طول گیاه‌چه و درصد جوانه‌زنی است، کاهش نشان داده‌اند. با توجه به اینکه طول ریشه‌چه و ساقه‌چه از صفات مهم در استقرار اولیه گیاه‌چه است، می‌توان دریافت که انباشته شدن فلزات سنگین مس و سرب در محیط رشد، سبب کاهش جذب آب و مواد غذایی، کاهش انتقال آب و بر هم خوردن تعادل آب، مهار فعالیت آنزیم‌ها، کاهش

متابولیسم سلولی، کاهش فتوسنتز و تنفس و در نتیجه مهار رشد و حتی مرگ گیاه می‌گردد که این موضوع خود استقرار گیاه‌چه را با خطر مواجه می‌نماید (۱۰). بنابراین ورود این دو عنصر به محیط‌های رشد این گونه مرتعی خصوصاً در مرحله استقرار گیاه، خطرآفرین بوده و موجب بروز مشکل برای ادامه رشد این گونه خواهد شد. طول ریشه‌چه و ساقه‌چه که از صفات مهم در استقرار اولیه گیاه‌چه محسوب می‌شوند، تحت تأثیر $Pb(NO3)_2$ و $CuSo_4$ کاهش معنی‌داری را نشان دادند. 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. این بخش از نتایج با مطالعات طاطیان و همکاران (۴)، رسولی و همکاران (۱۳۹۲) و صابری و همکاران (۱۳۸۹) که بیان می‌دارند افزایش غلظت عناصر سنگین در محیط باعث کندی و یا کاهش فعالیت‌های زیستی گیاهان می‌شود مطابقت دارد.

فلزات سنگین به روش های گوناگون مانع رشد گیاهان می شوند. تجزیه زیستی کلروفیل در حضور فلزات سنگین از عوامل مهم کاهش کلروفیل محسوب می شود (۱۳). براساس نظر ملاسشیتس و همکاران (۲۰۰۵) فلزات سنگین با تجمع در دیواره سلول، ورود به سیتوپلاسم و ایجاد اختلال در متابولیسم طبیعی سلول منجر به کاهش رشد می شوند. البته فلزات سنگین با کاهش تورژسانس سلول موجبات کاهش تقسیم سلولی و مهار رشد سلول ها را فراهم می آورند (۹). فلزات سنگین با القای تولید انواع مختلف اکسیژن فعال، آسیب های جدی را به سلول وارد می کنند (۱۴). انباشته شدن فلزات سنگین در محیط ریشه سبب کاهش جذب آب و مواد غذایی، کاهش انتقال آب و برهم خوردن تعادل آب، مهار فعالیت آنزیم ها، کاهش متابولیسم سلولی، کاهش فتوسنتز، تنفس و تعرق، فقدان نیتروژن و فسفر و در نتیجه مهار رشد، تسریع پیری و حتی مرگ گیاه می شود (۱۲).

از طرف دیگر آنچه مشاهده می‌شود حاکی از آن است که در غالب تیمارهای مورد بررسی، واکنش بذور به غلظت های بالای مس و سرب (۱۰۰ppm و ۱۵۰) موجب اختلاف معنی‌دار رشد شده و بین تیمارهای غلظت کم (۲۰ppm) با تیمار شاهد اثر معنی‌داری نداشته است که نشان می‌دهد این گونه به غلظت‌های کم عناصر سنگین مورد مطالعه حساسیتی نداشته و در صورت وجود شرایط جوانه‌زنی و استقرار، قابلیت ادامه رشد در سطوح پایین غلظت عناصر سنگین را داراست.

نتایج کلی بدست آمده از این بررسی نشان داد که غلظت های اعمال شده مس و سرب اثرات سوء بر مؤلفه های رشد *Agropyron trichophrum* داشته و موجب اختلال در رشد می شوند. با توجه به این که گونۀ *Agropyron trichophrum* از گیاهان مهم مرتعی کشورمان است، این تحقیق می تواند از نظر درک ساز و کارهای عمل مس و سرب و یافتن راه حل های جلوگیری از نفوذ این عناصر به گیاهان با ارزش مرتعی دارای اهمیت باشد. یکی از منابع عمده آلودگی به این عناصر که در سال های اخیر انتشار آنها افزایش پیدا کرده پساب و فاضلاب شهرها و کارخانجات و صنایع پتروشیمی می‌باشد که باید ورود آنها به مراتع متوقف شده و یا کاهش یابد.

منابع

۱. رسولی، د.، فاخری،ب.، فرهادوند، س و مینایی، آ. ۱۳۹۲. تأثیر سطوح مختلف مس و نیکل بر جوانه زنی و رشد گیاه توت روباهی *(Sanguisorba minor L.)*. نشریهٔ علمی پژوهشی مرتع، ۷(۳): ۲۱۱-۲۰۲.

۲. شریعت، آ. و عصاره، م.ح. ۱۳۸۸. تأثیر سطوح مختلف عناصر سنگین بر جوانه زنی و رشد گیاه‌چه در سه گونه اکالیپتوس. فصلنامهٔ پژوهشی تحقیقات ژنتیک و اصلاح گیاهان مرتعی و جنگلی ایران، جلد ۱۴، شماره۱، صص ۴۶-۳۸.

۳. صابری، م.، طویلی، ع.، جعفری، م. و حیدری، م. ۱۳۸۹. تأثیر سطوح مختلف عناصر سنگین بر جوانه‌زنی و رشد گیاهچه‌های *Atriplex lentiformis*. مجله علمی پژوهشی مرتع، جلد ۴، شماره ۱، صص ۴۴-۳۴.

٤. طاطیان، م.ر.، تمرتاش، ر.، حشمتی، س. و سعیدی گراغانی، ح.ر. ۱۳۹۲. مطالعه واکنش بذر گونه مرتعی چاودار کوهی به تنش ناشی از عناصر آلاینده سرب و مس. نشریه محیط زیست طبیعی، ۶۶(۴): ۳۹۷-۳۸۹.

5. Abdul baki, A.A. and Anderson, J.D., 1973. Vigor determination in soybean seed by multiple criteria. Crop Science, 13: 630-633.
6. Alloway, B.J, 2004. Zinc in soils and crop nutrition. Brussels, Belgium: International Zinc Association, 562p.
7. Almansuri, M., J.M. Kient & S. Luttus, 2001. Effect of salt and osmotic stresses on germination in durum wheat (Triticum durum Desf.). Plant and soil, 231(2), 243-254.
8. Arduini, I., D.L. Godbold & A. Onnis, 1994. Cadmium and copper change root growth and morphology of Pinus pinea and Pinus pinaster seedlings.Physiologia plantarum, 92(4), 675-680.
9. Baccouch, S., A. Chaoui & E. El Ferjani, 2001, Nickel toxicity induces oxidative damage in *Zea mays* roots. Journal of Plant Nutrition, 24(7), 1085-1097.
10. Claire, L.C., D.C. Adriano., K.S. Sajwan., S.L. Abel, D.P. Thoms & J.T. Driver, 1991. Effects of selected trace metal on germinating

seeds of six plant species. Water, Air and Soil Pollution, 59(3-4), 231- 240.

11. County, N. 2006. Influence of cadmium on growth of root vegetable and accumulation of cadmium in the edible root. International Journal Applied Science and Engineering, 3, 243-252.

12. Hegedus, A., S. Erdei & G. Horvath, 2001. Comparative studies of H2O2 detoxifying enzymes in green and greening barely seedlings under cadmium stress. Plant Science 160: 1085-1093.

13. Madhava, R. K.V. & T.V.S. Sresty, 2000. Antioxidative parameters in the seedling of pigeonpea (*Cajanus cajan* L. Millspaugh) in response to Zn and Ni stresses. Plant Science, 157(1), 113-128.

14. Maguire, J.D., 1962. Speeed of germination-aid in selection and evaluation for seedling emergence and vigour. Crop Science, 2: 176-177.

15. Mahmood, S., Hussain, A., Zaeed, Z. and Athar, M., 2005. Germination and seedling growth of corn (Zea mays L.) under varying levels of copper and zinc. International J. Environmental Science and Technology, 2(3): 269-274.

16. Molassiotis, A., T. Satipoulos., G. Tanou, G. Diamantidis & I. Therios, 2005. Boron-induced oxidative damage and antioxidant and nucleolytic responses in shoot tips culture of apple rootstock EM9 (*Malus domestica* Borkh). Environmental and Experimental Botany. In press.

17. Mor, I.R., S.J. Gokani & S.V. Chanda, 2002. Effects of mercury toxicity on hypocotyls elongation and cell wall lossening in Phaseolus seedlings. Journal of Plant Nutrition, 25, 843-860.

18. Peralta, J.R., Gardea-Torresdey, J.L. and Tiemann, K.J. 2000. Study of the effects of heavy metals on seed germination and plant growth on alfalfa plant (Medicago sative) grown in solid media. Proceedings of the 2000 Conference on Hazardous Waste Research, 135-140.