

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 ($\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$) 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 SPSS²⁰ 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 کننده ای 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 جوانه زنی و رشد گیاهچه به عنوان کلید استقرار گیاهان تحت شرایط محدودکننده است (۲). در مطالعه تأثیر سطوح مختلف عناصر سنگین بر جوانه زنی و رشد گیاهچه های گونه *Atriplex lentiformis* مشخص گردید که غلظت های اعمال شده کادمیوم بر درصد و سرعت جوانه زنی و سولفات مس بر درصد جوانه زنی بذرهای این گونه اثر معنی داری نداشته اما بر روی طول ریشه چه، ساقه چه، گیاهچه و شاخص بنیه بذر اثر معنی دار داشته است. بطور کلی اعمال غلظت های مختلف این دو فلز سنگین، باعث کاهش معنی دار مؤلفه های رشد گردید (۳). پراتا و همکاران (۲۰۰۰) نشان دادند که یونجه (*Medicago sativa*) در بعضی از ترکیب های سنگین خاک می تواند 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. جوانه زنی بذرها و رشد گیاهان به طور معنی داری تحت تأثیر کروم و کادمیوم در غلظت ۱۰ ppm و همین طور مس و نیکل در غلظت ۲۰ ppm و غلظت های بالاتر قرار گرفت ولی منگنز اثری بر روی جوانه زنی نشان نداد. در ارتباط با اثرات روی و مس، مطالعه ای بر روی گونه ذرت صورت گرفته که نشان داد جوانه زنی تحت تأثیر هیچکدام از عناصر قرار نگرفته ولی رشد اولیه با افزایش غلظت روی به شدت محدود گردید. همچنین علائم سمیت در گیاهچه ها در حضور دو عنصر مورد مطالعه افزایش یافت (۱۶). طاطیان و همکاران (۴) با مطالعه واکنش بذر گونه مرتعی

Agropyron trichophrum گونه‌های با ارزش علوفه‌ای خوب از خانواده گندمیان می‌باشد. این گیاه دمای ۱۸- تا ۴۰ درجه سانتی‌گراد را بخوبی تحمل می‌کند 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.

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 غلظت‌های اعمال شده مس و نیکل بر همه مؤلفه‌های رشد گونه توت روباهی اثر معنی‌داری داشته است و با افزایش غلظت مس و نیکل شاهد کاهش معنی‌دار مؤلفه‌های رشد این گونه می‌باشیم.

مواد و روش‌ها

جهت انجام این پژوهش بذور گونه *trichophrum* *Agropyron* 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 غلظت‌های 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 میلی‌گرم 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^۱، طول ساقه‌چه^۲ و طول گیاه‌چه تا آخرین روز انجام آزمایش اندازه‌گیری شد. درصد جوانه‌زنی^۳ (GP) از تقسیم تعداد نهایی بذور جوانه‌زده بر تعداد بذور کشت شده و سرعت جوانه‌زنی^۴ (GR) با رابطه
$$R_s = \sum_{i=1}^n S_i / D_i$$
 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 آلومتري^۵ (نسبت طول ریشه‌چه به ساقه‌چه) و شاخص بنیه بذر^۶ 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 SPSS20 استفاده شد. در این مطالعه از آنالیز واریانس یکطرفه و مقایسه میانگین‌ها به روش دانکن استفاده شد.

⁵. Alomtric index
⁶. Seed vigor index

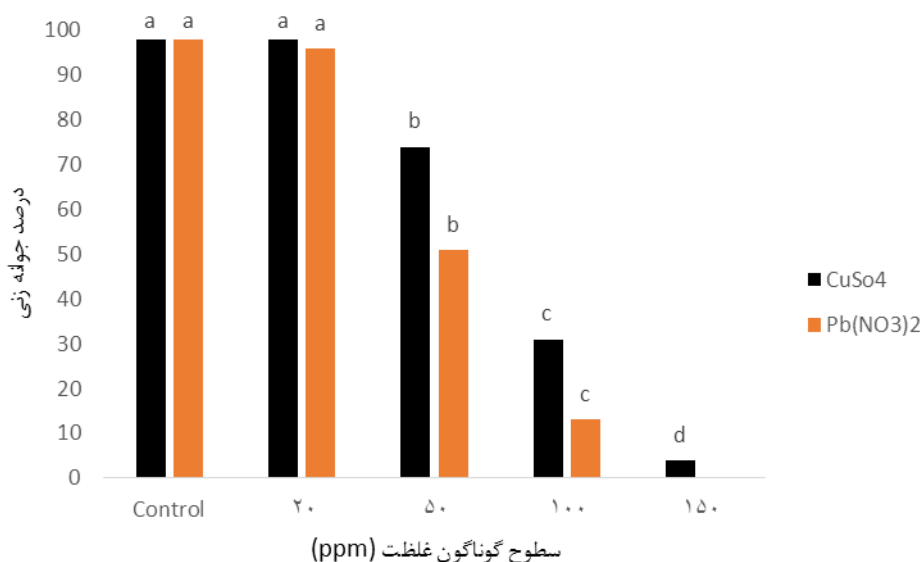
¹. Radicle length
². Plumbe length
³. Germination percentage
⁴. Germination Rate

نتایج

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

کمترین درصد جوانه زنی مربوط به تیمار ۱۵۰ میلی گرم در لیتر است. درصد جوانه زنی با افزایش نیترات سرب نیز کاهش معناداری را در سطح ۹۹ درصد نشان داد ($F=۵۶/۴$ و $P=۰/۰۰۱$). به طوری که در سطوح مختلف نیترات سرب حداکثر درصد جوانه زنی مربوط به تیمار شاهد و کمترین میزان آن متعلق به تیمار ۱۵۰ میلی گرم در لیتر می باشد (شکل ۱).

نتایج تجزیه واریانس نشان می دهد تیمارهای سولفات مس اثر معنی داری از لحاظ آماری بر درصد جوانه زنی گونه *Agropyron trichophrum* داشته اند ($F=۹۳/۱$ و $P=۰/۰۰۱$). 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 جوانه زنی کاهش یافته است به طوریکه بیشترین درصد جوانه زنی متعلق به تیمارهای شاهد و ۲۰ میلی گرم در لیتر بوده و



شکل ۱- میانگین درصد جوانه زنی گونه *Agropyron trichophrum* تحت تأثیر تیمارهای مختلف سولفات مس و نیترات سرب

بررسی تأثیر تیمار سولفات مس بر شاخص های جوانه زنی و رشد بذور گونه *trichophrum Agropyron*

طوری که مشاهده می شود به غیر از ضریب آلومتری مابقی صفات مورد آزمون از تیمارهای مختلف سولفات مس ($CuSO_4$) متأثر شده اند. نتایج حاصل از مقایسه میانگین ها نشان داد که سرعت

جدول (۱) نتایج آنالیز واریانس یکطرفه تأثیر تیمارهای مختلف سولفات مس ($CuSO_4$) را بر شاخص های جوانه زنی و رشد گیاهچه گونه *Agropyron trichophrum* نشان می دهد. همان-

در مورد اثر سولفات مس (CuSO_4) بر طول ساقه-چه نشان داد که با افزایش میزان غلظت CuSO_4 طول ساقه‌چه کاهش یافته به طوری 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 به طوری که 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.

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

جدول ۲- مقایسه تأثیر تیمارهای مختلف سولفات مس بر شاخص‌های جوانه‌زنی و رشد بذر گونه *trichophrum*

Agropyron

| سولفات مس (ppm) | | | | | F | P | صفات مورد آزمون |
|------------------|-------------------|--------------------|-------------------|-------------------|------|-------|-----------------|
| ۱۵۰ | ۱۰۰ | ۵۰ | ۲۰ | شاهد | | | |
| ۰/۳ ^c | ۱/۱ ^c | ۲/۸ ^b | ۳/۹ ^a | ۳/۹ ^a | ۵۹/۸ | ۰/۰۰۱ | سرعت جوانه‌زنی |
| ۱ ^c | ۴/۵ ^b | ۸ ^b | ۱۴/۵ ^a | ۱۵ ^a | ۶۱/۱ | ۰/۰۰۱ | طول ریشه‌چه |
| ۱/۵ ^c | ۷ ^{bc} | ۱۴/۵ ^b | ۲۳/۵ ^a | ۲۴ ^a | ۲۱/۷ | ۰/۰۰۲ | طول ساقه‌چه |
| ۲/۵ ^d | ۱۱/۵ ^c | ۲۲/۵ ^b | ۳۸ ^a | ۳۹ ^a | ۶۰/۶ | ۰/۰۰۱ | طول گیاهچه |
| ۰/۱ ^c | ۳/۵۶ ^c | ۱۶/۶۵ ^b | ۳۷/۲ ^a | ۳۸/۲ ^a | ۵۲/۸ | ۰/۰۰۱ | شاخص بنیه‌بذر |
| ۰/۶۶ | ۰/۶۴ | ۰/۵۵ | ۰/۶۱ | ۰/۶۲ | ۰/۴۱ | ۱/۰۴ | ضریب آلومتری |

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

Agropyron

حاصل از مقایسه میانگین‌ها نشان داد که با افزایش میزان نیترات سرب ($\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$) 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 نیترات سرب ($\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$) طول ریشه‌چه کاهش معنی‌داری

جدول (۱) نتایج آنالیز واریانس یکطرفه تأثیر تیمارهای مختلف سولفات نیترات سرب ($\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$) 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

گیاهچه نیز تفاوت معنی داری 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 معنی داری 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.

داشت. در مقایسه میانگین طول ریشه چه بین تیمار شاهد و ۲۰ میلی گرم در لیتر تفاوت معنی داری مشاهده نگردید و بیشترین طول ریشه چه متعلق به تیمار شاهد می باشد. همچنین نتایج حاصل از مقایسه میانگین ها در مورد اثر نیترات سرب بر طول ساقه چه نشان داد که با افزایش میزان غلظت $Pb(NO_3)_2$ طول ساقه چه کاهش یافته به طوری 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

جدول ۳- مقایسه تأثیر تیمارهای مختلف نیترات سرب بر شاخص های جوانه زنی و رشد بذر گونه *trichophrum*

Agropyron

| تیمار نیترات سرب (ppm) | | | | | F | P | صفات مورد آزمون |
|------------------------|-------------------|------------------|-------------------|-------------------|------|-------|-----------------|
| ۱۵۰ | ۱۰۰ | ۵۰ | ۲۰ | شاهد | | | |
| ۰ | ۰/۵ ^c | ۲/۱ ^b | ۳/۸ ^a | ۳/۹ ^a | ۵۳/۵ | ۰/۰۰۱ | سرعت جوانه زنی |
| ۰ | ۱/۵ ^c | ۶ ^b | ۱۴ ^a | ۱۵ ^a | ۵۱/۲ | ۰/۰۰۱ | طول ریشه چه |
| ۰ | ۲ ^c | ۱۱ ^b | ۲۱ ^a | ۲۴ ^a | ۵۰/۷ | ۰/۰۰۱ | طول ساقه چه |
| ۰ | ۳/۵ ^c | ۱۷ ^b | ۳۵ ^a | ۳۹ ^a | ۵۸/۷ | ۰/۰۰۱ | طول گیاهچه |
| ۰ | ۰/۴۵ ^c | ۸/۶ ^b | ۳۳/۶ ^a | ۳۸/۲ ^a | ۴۹/۹ | ۰/۰۰۱ | شاخص بنیه بذر |
| ۰ | ۰/۷۵ | ۰/۵۴ | ۰/۶۶ | ۰/۶۲ | ۰/۴۷ | ۱/۰۳ | ضریب آلومتری |

بحث

است و با شروع رشد، این عناصر پارامترهای مختلف جوانه زنی و رشد را تحت تأثیر قرار داده اند. این مورد با افزایش غلظت نیترات سرب تأثیرگذاری بیشتری نشان داده بطوریکه پارامترهای طول ریشه چه، گیاهچه و ساقه چه و همچنین بنیه بذر که متأثر از طول گیاهچه و درصد جوانه زنی است، کاهش نشان داده اند. با توجه به اینکه طول ریشه چه و ساقه چه از صفات مهم در استقرار اولیه گیاهچه است، می توان 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 آنزیم ها، کاهش

با توجه به نتایج حاصل از این پژوهش می توان این گونه بیان کرد که سولفات مس ($CuSO_4$) و نیترات سرب ($Pb(NO_3)_2$) بر شاخص های جوانه زنی گونه *Agropyron trichophrum* اثر گذار بوده اند. به عبارت دیگر غلظت های زیاد $CuSO_4$ و $Pb(NO_3)_2$ محیط نامناسبی را برای جوانه زنی و رشد بذر این گونه فراهم آوردند، به طوری که با افزایش مس و سرب صفات جوانه زنی 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 جوانه زنی *Agropyron trichophrum* معنی دار

اکسیژن فعال، آسیب‌های جدی را به سلول وارد می‌کنند (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 آنزیم‌ها، کاهش متابولیسم سلولی، کاهش فتوسنتز، تنفس و تعرق، فقدان نیتروژن و فسفر و در نتیجه مهار رشد، تسریع پیری و حتی مرگ گیاه می‌شود (۱۲).

از طرف دیگر آنچه مشاهده می‌شود حاکی از آن است که در غالب تیمارهای مورد بررسی، واکنش بذور به غلظت‌های بالای مس و سرب (۱۰۰ ppm و ۱۵۰) موجب اختلاف معنی‌دار رشد شده و بین تیمارهای غلظت کم (۲۰ ppm) 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 غلظت‌های اعمال شده مس و سرب اثرات سوء بر مؤلفه‌های رشد *trichophrum* *Agropyron* داشته و موجب اختلال در رشد می‌شوند. با توجه به این که گونه *trichophrum* *Agropyron* از گیاهان مهم مرتعی کشورمان است، این تحقیق می‌تواند از نظر درک ساز و کارهای عمل مس و سرب و یافتن راه حل‌های جلوگیری از نفوذ این عناصر به گیاهان با ارزش مرتعی دارای اهمیت باشد. یکی از منابع عمده آلودگی به این عناصر که در سال‌های 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.

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 $Pb(NO_3)_2$ 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 برهم 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 روش‌های گوناگون مانع رشد گیاهان می‌شوند. تجزیه زیستی کلروفیل در حضور فلزات سنگین از عوامل مهم کاهش کلروفیل محسوب می‌شود (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 می‌شوند. البته فلزات سنگین با کاهش تورژسانس سلول موجبات کاهش تقسیم سلولی و مهار رشد سلول‌ها را فراهم می‌آورند (۹). فلزات سنگین با القای تولید انواع مختلف

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.*). نشریه 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. فصلنامه پژوهشی تحقیقات ژنتیک و اصلاح گیاهان مرتعی و جنگلی ایران، جلد ۱۴، شماره ۱، صص ۴۶-۳۸.
۳. صابری، م.، طویلی، ع.، جعفری، م. و حیدری، م. ۱۳۸۹. تأثیر سطوح مختلف عناصر سنگین بر جوانه زنی و رشد گیاهچه های *Atriplex lentiformis*. مجله علمی پژوهشی مرتع، جلد ۴، شماره ۱، صص ۴۴-۳۴.
۴. طاطیان، م. ر.، تمر تاش، 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): ۳۸۹-۳۹۷.
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. Speed 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 sativa*) grown in solid media. *Proceedings of the 2000 Conference on Hazardous Waste Research*, 135-140.