نشریهٔ محیط زیست طبیعی، مجلهٔ منابع طبیعی ایران، دورهٔ ۶۶، شمارهٔ ۴، زمستان ۱۳۹۲
صفحات ۳۹۷- ۳۸۹

مطالعهٔ واکنش بذر گونهٔ مرتعی چاودار کوهی به تنش ناشی از عناصر آلایندهٔ سرب و مس

محمدرضا طاطیان[۱]، رضا تمرتاش[۲*]، سارا حشمتی[۳]، حمیدرضا سعیدی گراغانی[۴]
۲،۱. استادیار دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری
۴،۳. کارشناس ارشد دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۱/۸/۷- تاریخ تصویب: ۱۳۹۲/۶/۱۶)

چکیده

با توجه به استفاده از گونهٔ چاودار کوهی (*Secale montanum*) برای احیای مراتع مناطق گوناگون کشور، استفاده از آن در مدیریت این اکوسیستم‌ها به آگاهی از توانایی آن در برابر تنش‌های محیطی نیاز دارد. این تحقیق تأثیر غلظت‌های عناصر آلایندهٔ مس و سرب بر شاخص‌های جوانه‌زنی و رشد بذر در این گونه را در شرایط آزمایشگاهی بررسی می‌کند. به این منظور، اثر پنج تیمار (شاهد، ۵۰، ۱۰۰، ۱۵۰، ۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر) نیترات سرب و سولفات مس روی درصد و سرعت جوانه‌زنی بذرها و مقدار رشد گونهٔ چاودار کوهی در سه تکرار بررسی شد. پارامترهای درصد و سرعت جوانه‌زنی محاسبه و مقدار رشد با اندازه‌گیری طول ریشه‌چه، ساقه‌چه و گیاه‌چه و نیز ضریب آلومتری و بنیهٔ بذر تعیین شد. نتایج حاصل از تجزیهٔ واریانس و مقایسهٔ میانگین داده‌ها نشان داد که هیچ‌یک از دو عنصر مس و سرب بر درصد و سرعت جوانه‌زنی اثری نداشته‌اند، ولی افزایش غلظت عنصر سرب موجب کاهش معنی‌دار طول ریشه‌چه، ساقه‌چه و ضریب آلومتری شده و افزایش غلظت عنصر مس نیز در شاخص بنیهٔ بذر، طول ریشه‌چه، ساقه‌چه، گیاه‌چه و ضریب آلومتری کاهش معنی‌دار ایجاد کرده است. همچنین، غلظت‌های پایین این عناصر عامل محدودکننده‌ای برای رشد این گونه نبوده است.

واژگان کلیدی

آلودگی، بذر، جوانه‌زنی، چاودار کوهی، سرب، مس.

* نویسنده مسئول تلفن: ۰۱۵۱۳۸۲۲۵۷۴
Email: reza tamartash@yahoo.com

۱. مقدمه

آلودگی ناشی از ترکیبات عناصر سنگین از مهم‌ترین تنش‌های محیطی به‌شمار می‌روند که علاوه بر آلوده‌کردن محیط به کاهش رشد و تولید گیاهان منجر می‌شوند (Singh & Agrawal, 2010). مرحلهٔ جوانه‌زنی و رشد گیاه‌چه یکی از حساس‌ترین مراحل رشد گیاه است؛ اگر گیاه در این مرحله بتواند تنش‌های گوناگون ناشی از عناصر سنگین را تحمل کند، مراحل بعدی رشد را نیز می‌تواند پشت سر بگذارد (Hajiboland, 2007). برخی از گونه‌های گیاهی توانایی جوانه‌زنی و رشد در مقادیر معینی از این ترکیبات را دارند و حتی می‌توانند مقادیر چشمگیری از این عناصر را جذب کنند و در بافت‌های هوایی خود تجمع دهند (Saeedi *et al*., 2010). به این منظور، گیاهان از دو روش متفاوت اجتناب از جذب فلزات یا جذب و تجمع فلزات در اندام‌های هوایی استفاده می‌کنند (Lovisa & Stig, 2011) که در گیاهان از سازوکار اجتناب به‌نسبت بیشتر از تجمع استفاده می‌شود (Esmaeeli Sari *et al*., 2005).

تحمل عناصر سنگین در مرحلهٔ جوانه‌زنی و رشد گیاه‌چه به‌مثابهٔ کلید استقرار گیاهان تحت شرایط محدودکننده است (Shariat & Osareh, 2009). در ایران و سایر کشورها پژوهش‌های معدودی درمورد تأثیرهای عناصر سنگین در جوانه‌زنی و رشد گونه‌های مرتعی صورت گرفته است، ولی درمورد سایر گونه‌ها پژوهش‌های بیشتری انجام شده است. Gulfraz و همکاران (2003) در تحقیقی اثر فاضلاب پنج کارخانه (نساجی، پالایشگاه نفت، صابون و مواد پاک‌کننده، روغن هیدروژنه و رزین‌سازی) را، به‌دلیل داشتن فلزات سنگین، بر جوانه‌زنی و کیفیت محصولات کشاورزی بررسی کردند و نشان دادند که فاضلاب کارخانهٔ نساجی بیشترین تأثیر و کارخانهٔ رزین‌سازی کمترین تأثیر را در جوانه‌زنی داشت. Ghaderian و Mohtadi 2007) در تحقیق خود اثر غلظت‌های گوناگون نیکل و کروم بر جوانه‌زنی و رشد دو جمعیت سرپنتین و غیرسرپنتین گونهٔ *Alyssum bracteatum* و همچنین گونهٔ *A. simplex* (جمعیت سرپنتین) را بررسی کردند و دریافتند که با افزایش غلظت نیکل و کروم جوانه‌زنی و شاخص تحمل کاهش می‌یابد، ولی این کاهش در جمعیت غیرسرپنتین به‌طور معنی‌داری بیشتر بوده است ($P<0.01$). Shariat و Osareh (2009) نشان دادند که ۱۶ تیمار عناصر سنگین بر کلیهٔ صفات اندازه‌گیری‌شده در سه گونهٔ اکالیپتوس دارای اثر متقابل بودند. همچنین، از نظر بنیهٔ بذر *E.microtheca* دارای بالاترین مقدار بود. Saberi و همکاران (2010) بیان کردند که کادمیوم بر درصد و سرعت جوانه‌زنی و سولفات مس بر درصد جوانه‌زنی بذرهای *Atriplex lentiformis* اثر معنی‌داری ندارد، اما بر طول ریشه‌چه، ساقه‌چه، گیاهچه و بنیهٔ بذر اثر معنی‌دار دارد. Peralta و همکاران (2000) نشان دادند که یونجه (*Medicago sativa*) در بعضی از ترکیب‌های سنگین خاک می‌تواند رشد کند. درحالی‌که جوانه‌زنی بذرها و رشد این گونه به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر کروم و کادمیوم در غلظت ۱۰ میلی‌گرم در لیتر و همین‌طور مس و نیکل در غلظت ۲۰ میلی‌گرم در لیتر و غلظت‌های بالاتر قرار گرفت، منگنز اثری بر جوانه‌زنی نداشت. Mahmood و همکاران (2005) دریافتند که مس و روی در جوانه‌زنی گیاهچهٔ ذرت (*Zea mays*) تأثیری نداشت، درحالی‌که رشد اولیه با افزایش غلظت سولفات روی به‌شدت محدود شد. Gur و Topdemir (2008) افزایش غلظت عناصر مس، سرب، کادمیوم و جیوه را موجب کاهش معنی‌دار در مقدار جوانه‌زنی و رشد گیاه‌چهٔ زردآلو و گیلاس دانستند. Jeliazkova و همکاران (2003) اثرهای ترکیبی فلزات سنگین را روی رشد و جوانه‌زنی گونه‌های بادیان (*Pimpinella anisum*)، رازیانه (*Foeniculum vulgar*) و زیرهٔ سیاه (*Carum caravi*) در دو غلظت (غلظت بحرانی عنصر در خاک و دوبرابر غلظت بحرانی) بررسی کردند و نشان دادند که در همهٔ گونه‌ها رشد اولیهٔ ریشه‌ها دارای تأثیرپذیری بیشتری از عناصر سنگین است تا جوانه‌زنی بذرها.

چاودار کوهی (*Secale montanum*) گیاهی پرپشت از گندمیان فصل سرد است که در مناطق کوهستانی دیده می‌شود. مقاومت به سرما، یخبندان و خشکی و همچنین رشد در مناطق نیمه‌خشک با متوسط بارندگی سالیانهٔ ۳۵۰ تا ۵۰۰ میلی‌متر و دمای ۲۰- تا ۳۸+ درجه از خصوصیات این گیاه است (Azarnivand & Zarechahooki, 2010). با توجه به

تجدید حیات از طریق بذر در این گونه و قدرت جوانه‌زنی و استقرار عالی آن، هم‌چون گونه‌ای شاخص و مهم در اصلاح و احیای مراتع نیمه‌استپی کشور استفاده می‌شود (Peymanifard *et al.*, 1995). جوانه‌زنی و رشد و نمو دانه‌رست‌ها حساس‌ترین مراحل زندگی گیاه نسبت به تغییرات محیط پیرامون‌اند. بنابراین، بررسی مهار این مراحل در گیاهانی که در معرض آلاینده‌ها قرار گرفته‌اند راه مناسبی برای درک اثرهای منفی آنها بر گیاهان محسوب می‌شود (Saberi *et al.*, 2010).

با توجه به اهمیت گونهٔ *Secale montanum* از جنبه‌های اصلاحی و احیایی و ازآنجاکه حد مجاز غلظت عناصر سرب و مس در خاک به‌ترتیب ۲۰ و ۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر (ppm) است و بالاتر از آن آلودگی محسوب می‌شود (Sarkar, 2002)، در تحقیق حاضر تأثیر غلظت‌های صفر، ۲۰، ۵۰، ۱۰۰ و ۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر (دو تا چند برابر حد بحرانی آن در خاک) فلزات سنگین نیترات سرب $Pb(NO_3)_2$ و سولفات مس $CuSO_4$ بر جوانه‌زنی و رشد بذرهای این گونه بررسی شده تا، با شناخت دقیق رفتار این گونه در برابر تنش‌های ناشی از عناصر سنگین، بتوان از آن برای احیای پوشش گیاهی در اکوسیستم‌های مرتعی در معرض خطر استفاده کرد.

۲. مواد و روش‌ها

جهت انجام‌دادن این پژوهش بذر گونهٔ چاودار کوهی (*Secale montanum*) ابتدا با محلول هیپوکلریت سدیم ۱۰ درصد به‌مدت ۱۰ دقیقه ضدعفونی شد و پس از آبکشی با آب مقطر، به‌مدت ۲۰ دقیقه در محلول بنومیل یک در هزار دوباره کاملاً ضدعفونی شد. همچنین، کلیهٔ وسایل آزمایشگاهی در اتوکلاو با دمای ۱۲۰ درجهٔ سانتی‌گراد به‌مدت ۳۰ دقیقه استریل شدند تا اثرهای احتمالی سایر عوامل طی انجام‌دادن آزمایش حذف شود. این تحقیق با پنج تیمار نیترات سرب و سولفات مس با غلظت‌های دو تا چندبرابر غلظت مجاز هریک از عناصر سرب و مس در خاک (به‌ترتیب ۲۰ و ۱۰۰) شامل غلظت‌های صفر (شاهد)، ۲۰، ۵۰، ۱۰۰ و ۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر در سه تکرار انجام شد. پتری‌دیش‌ها در طول دورهٔ اجرای آزمایش، به‌منظور جلوگیری از تبخیر محلول و ثابت‌ماندن غلظت محلول، در کیسه‌های نایلونی قرار گرفتند و سپس در ژرمیناتور با دمای ۲۶ درجهٔ سانتی‌گراد با فتوپریود ۱۶ ساعت تاریکی و ۸ ساعت روشنایی در رطوبت ۷۰ درصد نگهداری شدند. بذرهای جوانه‌زده هر روز شمارش شدند و شمارش در روز پانزدهم به‌علت توقف جوانه‌زنی متوقف شد. همچنین، طول ریشه‌چه، طول ساقه‌چه و طول گیاه‌چه تا آخرین روز اجرای آزمایش اندازه‌گیری شد. درصد جوانه‌زنی (GP) از تقسیم تعداد نهایی بذرهای جوانه‌زده بر تعداد بذرهای کشت‌شده و سرعت جوانه‌زنی (GR) با رابطهٔ $R_s=\sum_{i=1}^{n} Si / Di$ محاسبه شد (Maguire, 1962). در این فرمول R_s= سرعت جوانه‌زنی، S_i= تعداد بذرهای جوانه‌زده در هر شمارش، D_i= تعداد روز تا شمارش و n= دفعات شمارش است. پس از انجام‌دادن مراحل آزمایشگاهی، ضریب آلومتری (نسبت طول ساقه‌چه به ریشه‌چه) و شاخص بنیهٔ بذر با استفاده از رابطهٔ (۱۰۰/(میانگین طول گیاه‌چه برحسب میلی‌متر× درصد جوانه‌زنی)) محاسبه شد (Abdul-baki & Anderson, 1973). ازآنجاکه برخی داده‌ها از توزیع نرمال پیروی نکردند، داده‌های به‌دست‌آمده برای تجزیه و تحلیل آماری نرمال‌سازی شدند. بنابراین، قبل از آزمون‌های آماری از تبدیل لگاریتمی برای درصد جوانه‌زنی و از تبدیل $Y=\sqrt{X+0.5}$ برای نرمال‌کردن سایر شاخص‌ها استفاده شد. برای تعیین معنی‌داری داده‌های حاصل از هریک از تیمارها، تجزیهٔ واریانس یک‌طرفه روی داده‌های به‌دست‌آمده در قالب طرح کاملاً تصادفی در نرم‌افزار *SPSS* انجام شد و درصورت معنی‌داری، مقایسهٔ میانگین‌های داده‌های حاصل از اثر هریک از عوامل با استفاده از روش دانکن آزمایش شد (Kalantari, 2010).

۳. نتایج

افزایش غلظت تیمارهای نیترات سرب و سولفات مس موجب ایجاد تغییرات در خصوصیات مورد اندازه‌گیری بذرهای گونهٔ چاودارکوهی شد که به‌صورت جدول ۱ ارائه شده است.

جدول ۱. تغییرات صفات بذرهای گونهٔ چاودارکوهی در غلظت‌های گوناگون عناصر سرب و مس

سطوح غلظت (میلی‌گرم در لیتر)	عناصر	درصد جوانه‌زنی	سرعت جوانه‌زنی	شاخص بنیهٔ بذر (درصد)	طول ریشه‌چه (میلی‌متر)	طول ساقه‌چه (میلی‌متر)	طول گیاه‌چه (میلی‌متر)	ضریب آلومتری (میلی‌متر)
شاهد	مس	۲۰	۵/۱	۳۲	۸/۸۳	۷/۱	۱۶	۰/۸
	سرب	۲۱	۴	۳۳	۷/۸۲	۷/۹	۱۶	۱/۰۱
۲۰	مس	۱۹	۳/۲	۲۹	۸/۶۳	۶	۱۵/۲	۰/۶۹
	سرب	۲۰	۳	۳۱	۸	۶/۸	۱۵/۸	۰/۸۵
۵۰	مس	۲۰	۱/۷	۲۶	۶	۶/۵	۱۲/۵	۱/۰۸
	سرب	۱۹	۱/۲	۲۹	۸/۲	۶/۵	۱۵/۵	۰/۷۹
۱۰۰	مس	۲۰	۲	۲۴	۷/۱	۵/۲	۱۱/۸	۰/۷۳
	سرب	۱۹	۲/۲	۲۹	۶/۵	۶/۸	۱۵/۴	۰/۷۵
۲۰۰	مس	۲۰	۴/۷	۱۸	۳/۱	۴/۸	۸/۱	۱/۷۸
	سرب	۲۰	۴/۱	۳۰	۸	۵/۸	۱۵	۰/۷۲

تجزیهٔ واریانس داده‌های مربوط به تیمارهای گوناگون صورت‌گرفته نشان داد که نیترات سرب و سولفات مس بر برخی صفات جوانه‌زنی بذر گونهٔ *Secale montanum* اثر معنی‌دار داشتند. اثر عنصر سرب بر طول ریشه‌چه (سطح ۵ درصد)، ساقه‌چه و ضریب آلومتری (سطح ۱ درصد) معنی‌دار بوده ، ولی بر درصد جوانه‌زنی، طول گیاه‌چه، سرعت جوانه‌زنی و شاخص بنیهٔ بذر معنی‌دار نبوده است. عنصر مس نیز بر شاخص بنیهٔ بذر، طول ریشه‌چه، ساقه‌چه، گیاه‌چه و ضریب آلومتری اثر معنی‌دار داشته، ولی بر درصد و سرعت جوانه‌زنی بذر اثر معنی‌داری نداشته است (جدول ۲).

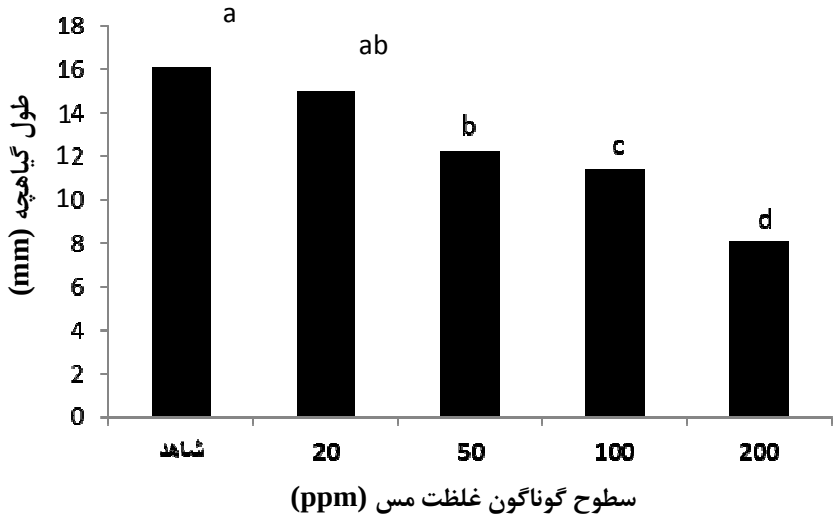
جدول ۲. تجزیهٔ واریانس تأثیر عنصر سرب و مس بر برخی صفات بذر گونهٔ چاودار کوهی

عناصر	سرب		مس	
صفات مورد آزمون	مقدار P	مقدار F	مقدار P	مقدار F
درصد جوانه‌زنی	۲/۱	۰/۱۳^{ns}	۱/۱	۰/۴۳^{ns}
سرعت جوانه‌زنی	۰/۴۷	۱/۰۲^{ns}	۰/۳۲	۱/۸۴^{ns}
شاخص بنیهٔ بذر	۰/۷	۰/۵۹^{ns}	۰/۰۰۵	۶/۰۱*
طول ریشه‌چه	۰/۲۹	۱/۲۲^{ns}	۰/۰۰۱	۳۷/۷**
طول ساقه‌چه	۰/۰۰۵	۵/۸۸**	۰/۰۰۱	۱۱/۹۶**
طول گیاه‌چه	۰/۴۱	۱/۰۱^{ns}	۰/۰۰۱	۲۵/۴۸**
ضریب آلومتری	۰/۰۰۵	۶/۱۱*	۰/۰۰۱	۱۸/۶۶**

ns: عدم معنی‌داری **: معنی‌داری در سطح ۰/۰۱ *: معنی‌داری در سطح ۰/۰۵

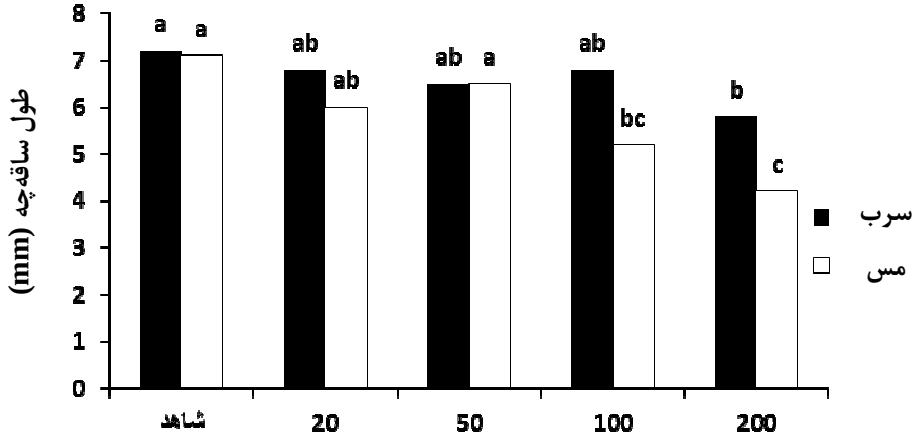
غلظت‌های گوناگون سولفات مس اثر معنی‌داری بر طول گیاه‌چه داشتند؛ به‌طوری‌که در حالت کلی طول گیاه‌چه با افزایش میزان غلظت مس کاهش یافت. درمورد اثر سولفات مس، بین تیمارهای شاهد و ۲۰ میلی‌گرم در لیتر اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد، درحالی‌که بین آنها با تیمارهای ۱۰۰ و ۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر اختلاف معنی‌دار وجود داشت. از لحاظ آماری بین دو تیمار ۲۰ و ۵۰ میلی‌گرم در لیتر اختلاف

معنی‌داری در سطح ۹۹ درصد وجود نداشته است. همچنین، اثر غلظت‌های گوناگون نیترات سرب بر گیاه‌چهٔ گونهٔ چاودار اختلاف معنی‌داری را نشان نداده است (شکل ۱).



شکل ۱. مقایسهٔ میانگین‌های طول گیاه‌چهٔ گونهٔ چاودار کوهی تحت تأثیر غلظت‌های گوناگون سرب و مس

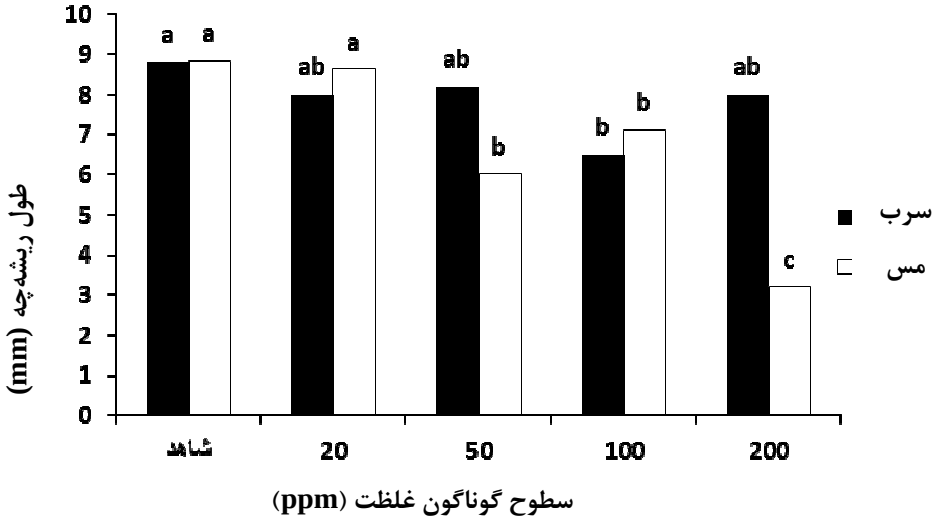
نتایج حاصل از مقایسهٔ میانگین‌ها درمورد اثر سرب و مس بر طول ساقه‌چه نشان داد که با افزایش غلظت نیترات سرب و سولفات مس طول ساقه‌چه کاهش یافته، به‌طوری‌که حداکثر طول آن در تیمار شاهد مشاهده شد. اگرچه تیمار ۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر نیترات سرب با تیمارهای ۲۰، ۵۰ و ۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر اختلاف معنی‌دار ندارد، با تیمار شاهد دارای اختلاف معنی‌دار است. درمورد سولفات مس نیز تیمار شاهد فقط با تیمارهای ۱۰۰ و ۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر دارای اختلاف معنی‌دار است و با دو تیمار دیگر (۲۰ و ۵۰ میلی‌گرم در لیتر) اختلاف معنی‌داری ندارد (شکل ۲).



شکل ۲. مقایسهٔ میانگین‌های طول ساقه‌چهٔ گونهٔ چاودار کوهی تحت تأثیر غلظت‌های گوناگون سرب و مس

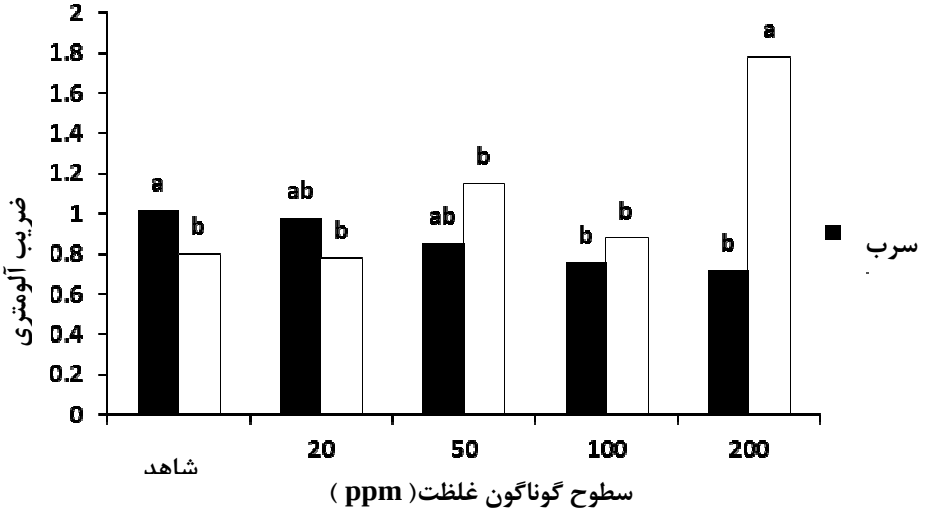
در بررسی طول ریشه‌چه تحت تأثیر سرب و مس، همان‌طورکه در شکل ۳ مشاهده می‌شود، غلظت‌های گوناگون نیترات سرب و سولفات مس بر طول ریشه‌چه اثر معنی‌داری دارند. طول ریشه‌چه با افزایش غلظت سولفات مس کاهش پیدا کرد؛ به‌صورتی‌که حداکثر طول ریشه‌چه در تیمارهای شاهد و ۲۰ میلی‌گرم در لیتر و حداقل آن در تیمار ۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر روی داده است. همچنین، گرچه بین سطوح گوناگون غلظت

سرب حداکثر طول ریشه‌چه در تیمار شاهد قرار دارد، این سطح با تیمارهای ۲۰، ۵۰ و ۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر اختلاف معنی‌داری ندارد و فقط با تیمار ۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر از نظر آماری دارای اختلاف است.



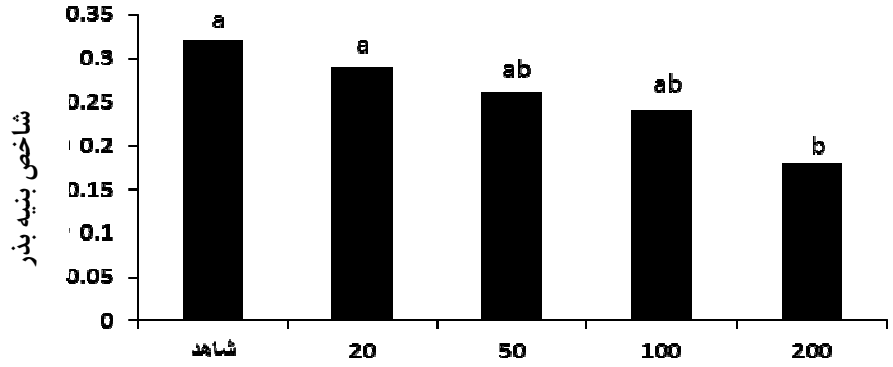
شکل ۳. مقایسهٔ میانگین طول ریشه‌چهٔ گونهٔ چاودار کوهی تحت تاثیر غلظت‌های گوناگون مس

بررسی ضریب آلومتری نشان داد که با افزایش غلظت نیترات سرب ضریب آلومتری در بذرهای گونهٔ مورد مطالعه کاهش چشمگیری یافت؛ به‌صورتی‌که بین سطوح ۲۰ و ۵۰ با سه تیمار شاهد، ۱۰۰ و ۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد، اما بین سطوح ۱۰۰ و ۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر با تیمار شاهد اختلاف معنی‌دار محسوس بوده است، ولی در سولفات مس، برخلاف نیترات سرب، با افزایش غلظت، ضریب آلومتری افزایش پیدا کرده است. از لحاظ آماری بین تیمارهای شاهد، ۲۰، ۵۰، ۱۰۰ و ۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر اختلاف معنی‌داری وجود ندارد، اما این تیمارها با تیمار ۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر اختلاف معنی‌دار دارند (شکل ۴).



شکل۴. مقایسهٔ میانگین ضریب آلومتری گونهٔ چاودار کوهی تحت تأثیر غلظت های گوناگون سرب و مس

در بررسی شاخص بنیهٔ بذر مشخص شد که با افزایش غلظت سولفات مس شاخص بنیهٔ بذر کاهش یافته و بین تیمار ۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر با تیمارهای شاهد و ۲۰ میلی‌گرم در لیتر اختلاف معنی‌دار ایجاد کرده است، درحالی‌که تیمارهای شاهد، ۲۰، ۵۰، ۱۰۰ و ۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر اختلاف معنی‌داری با یکدیگر نداشته‌اند. همچنین، اثر غلظت‌های گوناگون نیترات سرب بر شاخص بنیهٔ بذر اختلاف معنی‌داری نشان نداده است (شکل ۵).



شکل۵. مقایسهٔ میانگین شاخص بنیهٔ بذر گونهٔ چاودار کوهی تحت تأثیر غلظت‌های مس

۴. بحث و نتیجه‌گیری

نتیجهٔ این تحقیق نشان داد که اثر تیمارهای عناصر مس و سرب در ابتدا بر جوانه‌زنی چاودار کوهی معنی‌دار نبوده، ولی پس از جوانه‌زنی اثرهای آن ظاهر شده و پارامترهای بعد از جوانه‌زنی را تحت تأثیر قرار داده است. افزایش غلظت سولفات مس اثر بیشتری از نیترات سرب داشته و ضریب آلومتری، طول ریشه‌چه، گیاه‌چه و ساقه‌چه و همچنین بنیهٔ بذر را کاهش داده است. با توجه به اینکه استقرار اولیهٔ گیاه‌چه تحت تأثیر طول ریشه‌چه و ساقه‌چه است، می‌توان گفت این عناصر موجب برهم‌خوردن تعادل آب و کاهش متابولیسم سلولی و درنتیجه کاهش فتوسنتز و تنفس می‌شوند و درنهایت استقرار گیاه‌چه را محدود می‌کنند. این بخش از نتایج با پژوهش‌های Cheng و Huang(2006) و Lovisa و Stig (2011) مطابقت دارد که بیان می‌دارند افزایش غلظت عناصر سنگین در محیط سبب کندی یا کاهش فعالیت‌های زیستی گیاهان می‌شود. بر این اساس، می‌توان این دو عنصر و به‌خصوص مس را عامل محدودکنندهٔ استقرار گیاهی دانست. در این مورد Pandey و Sharma (2002) نشان دادند که تجمع فلزات سنگین در محیط ریشه سبب کاهش جذب آب و مواد غذایی، فقدان نیتروژن و فسفر و درنتیجه مهار رشد می‌شود. پژوهش‌های Saberi و همکاران (2010) و Shariat و Osareh (2009) روی گونه‌های دیگر نظیر آتریپلکس و اکالیپتوس نیز بیان‌کنندهٔ کاهش معنی‌دار رویش جوانه در بذرهای این گونه‌ها تحت تأثیر سطوح گوناگون عناصر سنگین است.

نتیجهٔ دیگر این تحقیق نشان می‌دهد که این گونه به غلظت‌های کم عناصر سنگین (۲۰ و ۵۰ میلی‌گرم در لیتر) مورد مطالعه حساسیتی ندارد و در صورت جوانه‌زنی قابلیت ادامهٔ رشد در سطوح پایین غلظت عناصر را داراست، ولی واکنش بذرهای آن به غلظت‌های بالای مس و سرب (۱۰۰ و ۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر) زیاد بوده و در این سطوح اختلاف معنی‌دار نشان داده‌اند. پژوهش‌های دیگر در این ارتباط نشان می‌دهند که اثر عناصر سنگین در غلظت‌های پایین تأثیری در رشد گونه‌های علفی نداشته، ولی در گونه‌های زراعی تنش گیاهی را موجب شده است (Gulfraz *et al*., 2003; Azmat *et al*., 2006; Singh & Agrawal, 2010).

علاوه‌بر موارد فوق، غلظت‌های گوناگون عناصر سنگین سرب و مس بر جوانه‌زنی و رشد گونهٔ چاودار کوهی*Secale montanum*، اثرگذار بوده‌اند، ولی تأثیر آن درمورد عنصر مس بیش از سرب بوده و پارامترهای بیشتری از جوانه‌زنی و رشد را تحت تأثیر قرار داده است. این موضوع نشان می‌دهد که توانایی این گونهٔ مرتعی نسبت به عناصر سنگین متفاوت بوده و رشد و جوانه‌زنی آن با توجه به نوع عنصر تحت تأثیر قرار خواهد گرفت (Jaja & Odoemena, 2004; Gur & Topdemir, 2008).

با توجه به نتایج این تحقیق و پژوهش‌های دیگری که در این زمینه در عرصه‌های مرتعی صورت گرفته،

می‌توان گفت توانایی گونه‌ها نسبت به عناصر گوناگون متفاوت است و در بین گونه‌ها نیز این قابلیت تفاوت دارد. Azad Shahraki و همکاران (2008) در پژوهش‌های خود روی گونه‌های مرتعی *Verbascum songaricum* و *Rumex pulcher* در مراتع اطراف معادن مس سرچشمهٔ کرمان نشان دادند که اندام‌های هوایی این دو گونه به‌ترتیب توانایی رشد در غلظت‌های سرب ۱۷/۵ و ۱۰ میلی‌گرم در لیتر و ۵۶۶/۳ و ۴۳۶/۲ میلی‌گرم در لیتر مس را دارند. همچنین، رشد و پراکنش گونهٔ *Artemisia aucheri* در این منطقه در آلودگی‌های ۹/۵، ۸/۵ و ۸/۹ میلی‌گرم در لیتر نسبت به عناصر کروم، نیکل و کبالت گزارش شده است (Azad Shahraki *et al*., 2007). Motesharezadeh و همکاران (2009) نیز آلودگی فلزات سنگین در خاک مراتع اطراف معدن سرب و روی عمارت شازند در استان مرکزی را موجب انتقال این فلزات به اندام هوایی در گیاهان منطقه شامل بومادران، گل ماهور، استپی ریش‌دار، چوبک، فرفیون و تاج‌خروس دانستند و بیان داشتند که سرب، روی و کادمیوم در اندام هوایی گیاه بومادران به‌ترتیب با میانگین ۱۱۰/۱، ۳۸۷/۶ و ۳ میلی‌گرم در لیتر بیشترین مقدار را دارند که نشان می‌دهد گیاه بومادران برای استفاده در گیاه‌پالایی گزینهٔ مناسبی است. با توجه به اینکه این تحقیق در قالب آزمایشگاهی به بررسی خصوصیات جوانه‌زنی بذر و رشد گیاه‌چه پرداخته است، که در واقع استقرار اولیهٔ گیاه تحت شرایط محدودکننده را بررسی می‌کند، بیان‌کنندهٔ این مورد است که ورود ترکیبات مس و سرب در محیط‌های رشد این گونهٔ مرتعی، به‌خصوص در مرحلهٔ استقرار گیاه، موجب بروز مشکل برای ادامهٔ رشد این گونه خواهد شد. بنابراین، ضروری است که پژوهش‌هایی در زمینهٔ بافت گیاهی برای حصول نتایج کامل‌تر صورت گیرد تا بتوان با شناخت بهتر درخصوص توانایی این گونه برای استفاده در اکوسیستم‌های مرتعی آلوده تصمیم‌گیری کرد.

References

1. Abdul-baki, A.A., Anderson, J.D (1973) "Vigor determination in soybean seed by multiple criteria," *Crop Science*, 13: 630-633.
2. Al-Yemeni M.N., Al-Helal, A.A (2002) "Effect of zinc and lead nitrate on seed germination and early seedling growth of rice and alfalfa," *Journal of King Saud University*, 15(1): 39-47.
3. Azarnivand, H., Zarechahooki, M (2010) *Rangelands Improvement*, Tehran University Press, 354. (In Persian)
4. Azad Shahraki, S., Ahmadimoghadam, A., Naseri, F., Esmailzade, E (2007) "Investigation of accumulation of heavy metals (Nickel, Chromium and Cobalt) in *Artemisia aucheri* in Sarcheshmeh copper complex, Iran," Proceeding of 3rd Conference on *Applied Geology and Environment*, Azad University of Islamshahr, Iran, 7-14. (In Persian)
5. Azad Shahraki, S., Ahmadimoghadam, A., Naseri, F., Esmailzade, E (2008) "Role of plants *Rumex pulcher* and *Verbascum songaricum* in accumulation of some heavy metals in Sarcheshmeh copper mine," *Iranian Journal of Engineering Materials*, 1(2): 129-136. (In Persian)
6. Azmat, R., Haider, S., Askari, S (2006) "Phytotoxicity of Pb: Effect of Pb on germination, growth, morphology and histomorphology of *Phaseoulus mungo* and *Lens culinaris*," *Journal of Biological Sciences*, 9(5): 979-984.
7. Cheng, S., Huang, C (2006) "Influence of cadmium on growth of root vegetable and accumulation of cadmium in the edible root," *International Journal of Applied Science and Engineering*, 3: 243-252.
8. Esmaeeli Sari, A., Riahi Bakhtiari, A., Ebadati, F (2005) "The amount and kind of heavy elements changes in hydrophytes organs and Miankaleh pond sediments," *Journal of Environmental Studies*, 37: 53-57. (In Persian)
9. Ghaderian, S.M., Mohtadi, A (2007) "The effect of Chromium and Nickel on germination and growth in serpentine and non-serpentine populations of *Alyssum Bracteatum* and *Alyssum Simplex*," *Esfahan University Research Journal*, 28(2): 31-42. (In Persian)
10. Gulfraz, M., Mussadeq, Y., Khanum, R., Ahmad, T (2003) "Metal contamination in wheat crop (*Triticum aestivum L.*) irrigated with industrial

effluent," *Journal of Biological Science*, 3(3): 335-339.

11. Gulfraz, M., Mussadeq, Y., Khanum, R., Ahmad, T (2003) "Metal contamination in wheat crop (*Triticum aestivum L.*) irrigated with industrial effluent," *Journal of Biological Science*, 3(3): 335-339.

12. Gur, N., Topdemir, A (2008) "Effects of some Heavy metals on *in vitro* pollen germination and tube growth of Apricot (*Armenica vulgaris* Lam.) and Cherry (*Cerasus avium* L.,)," *World Applied Science Journal*, 4(2):195-198.

13. Hajiboland, R (2007) "Uptake, transport and tolerance to Mn and Cu in some species," *Iranian Journal of Biology*, 20(2): 176-190. (In Persian)

14. Heidari, M., Sarani, S (2011) "Effects of Lead and Cadmium on seed germination, seedling growth and antioxidant enzymes activities of mustard (*Sinapis arvensis* L.)," *Journal of Agricultural and Biological Science*, 6(1): 44-48. (In Persian)

15. Jaja, E.T., Odoemena, C.S.I (2004) "Effect of Pb and Fe compounds on germination and early seedling growth of tomato varieties," *Journal Applied Science and Environment Management*, 8(2): 51-53.

16. Jeliazkova, E.A., Craker, L.E., Xing, B (2003) "Seed germination of anise, caraway, and fennel in heavy metal contaminated solutions," *Journal of Herbs, Spices and Medicinal Plants*, 10(3): 83-93.

17. Kalantari, Kh (2010) *Data processing and analysis in social-economic research with use of SPSS software*, Publication Nashr Sharif, 388. (In Persian)

18. Lovisa, S., Stig, L (2011) "Effects of sewage sludge on pH and plant availability of metals in oxidizing sulphide mine tailings," *Science of the Total Environment*, 366(1): 51-60.

19. Maguire, J.D (1962) "Speed of germination-aid in selection and evaluation for seedling emergence and vigour," *Crop Science*, 2: 176-177.

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

21. Motesharezadeh, B., Savaghebi, Gh., Alikhani, H., Mir S. Hosseini, H (2009) "An identification of heavy metals resistant plants and bacteria in the surrounding lands of Shazand, Arak Lead and Zinc mine, to be used in phytoremediation," *Iranian Journal of Soil and Water Research*, 39(1): 163-172. (In Persian)

22. Pandey, N., Sharma, C.P (2002) "Effect of heavy metals Co_2^+, Ni_2^+ and Cd_2^+ on growth and metabolism of cabbage," *Journal of Plant Science*, 163: 753-758.

23. Peralta, J.R., Gardea-Torresdey, J.L., 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*, Denver, Colorado, USA, 135-140.

24. Peymanifard, B., Malakpor, B., Faezipour, M (1995) *Introduction of important plants cultivated rangelands and guide them to different regions of Iran*, Research Institute of Forests and Rangelands press, 79. (In Persian)

25. Sarkar, B (2002) *Heavy metals in environment*, CRC Press., New York: Marcel Dekker, 712.

26. Saberi, M., tavili, A., Jafari, M., Heidari, M (2010) « The effects of different levels of heavy elements on germination and growth *Atriplex lentiformis*," *Rangeland Journal*, 4(1):112-120. (In Persian)

27. Saeedi, H., Tamartash, R., Tatian, M., Ehsani, M (2010) "Investigation of plants organs work in pollution reduction and toxic metals," *1st Iranian National Congress of Natural Resources Researches, Sanandaj, Iran*, 143-148. (In Persian)

28. Shariat, A., Osareh, M (2009) "Effects of different levels of heavy metals on seed germination and seedling growth of three Eucalyptus species," *Iranian Journal of Rangelands Plant Breeding and Genetic Research*, 14(1): 38-46. (In Persian)

29. Singh R.P., Agrawal, M (2010) "Variations in heavy metal accumulation, growth and yield of rice plants grown at different sewage sludge amendment rates," *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 73(4): 632-641.