Islamic Azad University
Gorgan Branch

Journal of Seed Research

ISSN (Print): 2383-2665
ISSN (Online): 2252-0961

Effects of different concentrations of heavy metals application on germination indices of radish

Khadijeh Moridian Pirdosti[1], Zahra Movahedi[2*], Majid Rostami[3]

[1] M.Sc. Student, Department of Genetics and Plant Production, Faculty of Agriculture, Malayer University, Malayer, Iran, Email: kh.moridian6970@gmail.com
[2] Assistant Professor, Department of Genetics and Plant Production, Faculty of Agriculture, Malayer University, Malayer, Iran Email: Zahra_movahedi_312@yahoo.com
[3] Associate Professor, Department of Genetics and Plant Production, Faculty of Agriculture, Malayer University, Malayer, Iran Email: majidrostami7@yahoo.com

Article Info

Article type:
Research Full Paper

Article history:
Received: 2022-6-19
Revised: 2022-7-3
Accepted: 2023-3-12

Keywords:
Cd
Ni
Pb
Radish

ABSTRACT

Heavy metals of biosphere rise since the beginning of industrial revolution and the toxicity of heavy metals cause to impair in the process of germination and growth of plants. In this study the effects of different concentrations of $Pb(NO_3)_2$ (0, 50, 100 and 150 ppm), different concentrations of $Cd(NO_3)_2$ (0, 50, 100 and 150 mg/kg), different concentrations of $Ni(NO_3)_2$ (0, 50, 100 and 150 ppm)on germination were investigated in the independent experiments according to a completely randomized design with four replications. The results of ANOVA in three experiment indicated a significant difference between different treatments at a level of 1% for most traits.The result indicated that with the increase in concentrations of Pb, radicle and plumule length, radicle and plumule dry and fresh weight, vigor index showed a downward trend.Increasing the concentration of cadmium impairs the growth of radicle and plumule length, radicle and plumule dry and fresh weight, vigor index of radish. Also, with increasing the concentration of $Ni(NO_3)_2$ the most traits were decreased. In general, the results of this study showed that although Cd, Ni and Pb may allow germination, they impaired seed germination indices of radish.

Cite this article: Moridian Pirdosti, Kh., Movahedi, Z., Rostami, M. (2022). Allelopathic effects of safflower genotypes on the germination and growth of some different weed. *Journal of Seed Research*, 12 (2), 14-23.

©The author(s)
Publisher: Islamic Azad University, Gorgan branch
Doi: 10.30495/jsr.2023.1961387.1244

نشریه تحقیقات بذر
شاپا چاپی: ۲۶۶۵-۲۳۸۳
شاپا الکترونیکی: ۰۹۶۱-۲۲۵۲
دانشگاه آزاد اسلامی
واحد گرگان

تأثیر غلظت‌های مختلف بر فلزات سنگین بر شاخص‌های جوانه‌زنی و تربچه بنیه

خدیجه مریدیان پیردوستی[۱]، زهرا موحدی[۲*]، مجید رستمی[۳]

۱ دانشجوی کارشناسی‌ارشد، گروه تولید و ژنتیک گیاهی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ملایر، ایران، رایانامه: kh.moridian6970@gmail.com

۲ استادیار، گروه تولید و ژنتیک گیاهی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ملایر، ایران، رایانامه: Zahra_movahedi_312@yahoo.com

۳- دانشیار، گروه تولید و ژنتیک گیاهی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ملایر، ایران، رایانامه: majidrostami7@yahoo.com

اطلاعات مقاله

نوع مقاله:
مقاله کامل علمی

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۰۳/۲۹
تاریخ بازنگری: ۱۴۰۱/۰۴/۱۲
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۱۲/۲۱

واژه‌های کلیدی:
سرب
نیکل
کادمیم
تربچه

چکیده

فلزات سنگین بیوسفر از زمان شروع انقلاب صنعتی در حال افزایش است و سمیت فلزات سنگین سبب اختلال در فرایند جوانه‌زنی و رشد گیاهان می‌گردد. در این پژوهش غلظت‌های مختلف نیترات سرب (صفر، ۵۰، ۱۰۰ و ۱۵۰ میلی‌گرم در کیلوگرم)، غلظت‌های مختلف نیترات نیکل (صفر، ۵۰، ۱۰۰ و ۱۵۰ میلی‌گرم در کیلوگرم)، غلظت‌های مختلف نیترات کادمیم (صفر، ۵۰، ۱۰۰ و ۱۵۰ میلی‌گرم در کیلوگرم) در سه آزمایش جداگانه و در قالب طرح کاملاً تصادفی با چهار تکرار بررسی شده است. نتایج تجزیه واریانس برای هر سه آزمایش نشان داد که بین تیمارهای مختلف برای بیشتر صفات مورد مطالعه در سطح یک درصد تفاوت بسیار معنی دار وجود داشت. نتایج نشان داد که با افزایش غلظت سرب، طول ریشه‌چه و ساقه‌چه، شاخص طولی و وزنی بنیه گیاهچه، وزن تر و خشک ریشه‌چه و ساقه‌چه روند کاهشی ر انشان دادند. افزایش غلظت کادمیوم سبب اختلال در رشد ریشه‌چه و ساقه‌چه، وزن تر و خشک ریشه‌چه و ساقه‌چه شاخص بنیه بذر و نسبت وزنی و طولی ساقه به ریشه تربچه گردید .همچنین با افزایش غلظت نیترات نیکل اکثر صفات مورد مطالعه کاهش یافتند. در مجموع نتایج این پژوهش نشان داد که کادمیم، نیکل و سرب ممکن است به گیاهان اجازه جوانه زدن را بدهد، اما افزایش غلظت آنها سبب اختلال در برخی شاخص‌های جوانه‌زنی بذر تربچه می‌گردد.

استناد: مریدیان پیردوستی، خدیجه؛ موحدی، زهرا؛ رستمی، مجید. (۱۴۰۱). تأثیر غلظت‌های مختلف بر فلزات سنگین بر شاخص‌های جوانه‌زنی و تربچه بنیه. *نشریه تحقیقات بذر*، ۱۲ (۲)، ۲۳-۱۴.

ناشر: دانشگاه آزاد اسلامی، واحد گرگان
© نویسندگان.
Doi: 10.30495/jsr.2023.1961387.1244

مقدمه

فلزات سنگین یکی از مهمترین عوامل جهانی آلودگی خاک می‌باشد. سرب، کادمیم، کروم، مس، جیوه، نیکل، روی و آرسنیک از جمله فلزات سنگینی هستند که به‌عنوان آلاینده‌های مهم مطرح هستند (Kabata-Pendias and Pendias, 1992). نیکل از جمله عناصر طبیعی هست که در غلظت‌های بالا به عنوان عاملی تنش‌زا برای گیاهان به شمار می‌رود که می‌تواند به عنوان یک عامل محدود کننده‌ی رشد، ویژگی‌های رشدی و همچنین پارامترهای فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی گیاهان را تحت تاثیر قرار دهد (Baycu et al., 2006). عنصر سرب نیز همانند سایر فلزات سنگین، باعث بروز مشکلات فراوانی برای گیاه می‌شود، به طوریکه غلظت زیاد این عنصر کاهش زیست توده، ممانعت از جوانه‌زنی، القای کلروز و نکروز برگ، تغییر رنگ و چوبی شدن ریشه (Islam et al., 2008) و کاهش حجم ریشه را در پی دارد (Menon et al., 2007) .کادمیم یکی دیگر از فلزات سنگین بوده که دارای اهمیت ویژه‌ای است زیرا توسط ریشه گیاه جذب می‌شود و سمیت آن ۲۰ برابر سایر فلزات است (Alloway, 1990). کادمیم معمولاً در فعالیت‌هایی مانند جذب و انتقال عناصری مانند کلسیم، فسفر، پتاسیم و آب در گیاه و همچنین روی فرایندهای اصلی گیاهان مانند فتوسنتز، تکثیر سلولی و جذب آب توسط ریشه‌های گیاهان اثر می‌گذارد (Das et al., 2000). این عنصر فلز سنگین غیرضروری بوده که می‌تواند به آسانی توسط گیاه به علت تحرک زیاد جذب شود، بنابرین می‌تواند نسبت به سایر فلزات آسیب بیشتری به گیاهان برساند (Balsberg- pahlsson, 1989).

جوانه‌زنی یکی از مهمترین و تعیین کننده‌ترین مراحل در چرخه رشد گیاهان می‌باشد که در استقرار موفق گیاه و عملکرد نهایی آن نقش مهمی دارد. جوانه‌زنی بذر شامل انتقال مواد ذخیره‌ای به محور جنین و شروع فعالیت‌های متابولیک و رشد آن است، بنابراین در استقرار مناسب گیاه و عملکرد آن نقش حیاتی دارد (Almansuri et al., 2001). قابلیت یک گونه در تحمل عناصر سنگین بخصوص در مرحله جوانه‌زنی و رشد گیاهچه به عنوان کلید استقرار گیاهان تحت شرایط محدود کننده است (Shariatand Asareh, 2007).

نتایج بررسی اثر غلظت‌های مختلف برخی فلزات سنگین در گیاه لوبیا چیتی نشان داد که افزایش غلظت فلزات سنگین سبب اختلال در برخی شاخص‌های جوانه‌زنی در این گیاه شده است (Amini et al., 2016). آلودگی ناشی از فلزات سنگین در بعضی خاک‌های زراعی و تأثیر آن بر جوانه‌زنی و فرایندهای مختلف رشد گیاه از یک طرف اهمیت گیاه تربچه به عنوان یک سبزی مهم، از طرف دیگر،نیاز به انجام پژوهش حاضر حاضر را انکار ناپذیر کرده است.

مواد و روش‌ها

به منظور بررسی اثر فلزات سنگین بر صفات جوانه‌زنی بذر تربچه، سه آزمایش مستقل در قالب طرح کاملاً تصادفی با ٤ تکرار (هر تکرار شامل یک پتری دیش با ۳۰ عدد بذر بود) انجام شد. بذور تربچه از شرکت پاکان بذر تهیه شد. در ابتدا بذور تربجه با استفاده از هیپوکلرید سدیم ضدعفونی شدند و سپس با آب مقطر کاملاً شسته شدند. آزمایشات انجام شده در این تحقیق به شرح زیر می‌باشد:

۱- غلظت‌های مختلف نیترات سرب (صفر، ۵۰، ۱۰۰ و ۱۵۰ میلی‌گرم در کیلوگرم)

۲- غلظت‌های مختلف نیترات نیکل (صفر، ۵۰، ۱۰۰ و ۱۵۰ میلی‌گرم در کیلوگرم)

۳-غلظت‌های مختلف نیترات کادمیم (صفر، ۵۰، ۱۰۰ و ۱۵۰ میلی‌گرم در کیلوگرم)

برای آزمایشات نیترات کادمیم، نیترات نیکل و نیترات سرب بذرها به‌مدت ۲٤ ساعت در تیمار مربوطه قرار داده شدند. در هر پتری دیش تعداد ۳۰ عدد بذر به صورت مرتب قرار داده شد و به هر پتری دیش ۸ میلی لیتر آب مقطر اضافه شد. تمامی تیمارها به علاوه شاهد در دمای ۲۵ درجه ژرمیناتور (۱٦ ساعت روشنایی و ۸ ساعت تاریکی) و رطوبت نسبی ٤۵ درصد گذاشته شدند.

از ۲٤ ساعت پس از شروع آزمایش، شمارش تعداد بذرهای جوانه زده شروع شد و تا پایان آزمایش شمارش بذرهای جوانه زده در زمان مشخصی انجام شد و در این آزمایش صفات مرتبط با جوانه‌زنی همچون درصد جوانه‌زنی کل، سرعت جوانه‌زنی، یکنواختی جوانه‌زنی، فاصله زمانی تا ده درصد جوانه‌زنی، فاصله زمانی تا پنجاه درصد جوانه‌زنی، فاصله زمانی تا نود درصد جوانه‌زنی، طول ریشه‌چه، وزن تر و خشک ریشه‌چه، طول ساقه‌چه، وزن تر و خشک ساقه‌چه گیاهچه، نسبت طولی و وزنی ریشه به ساقه و شاخص طولی و وزنی بنیه گیاهچه مورد ارزیابی و محاسبه قرار گرفتند. برای سنجش وزن خشک اجزای گیاهچه، هر یک از بخش‌های مورد نظر به مدت ٤۸ ساعت در آونی با دمای ۷۰ درجه سانتیگراد قرار داده شدند و سپس با ترازوی دیجیتالی با دقت یک هزارم گرم توزین شدند. درصد جوانه‌زنی نهایی با استفاده از رابطه‌ی شماره ۱ (Ranal and De Santana, 2006) محاسبه شد.

رابطه (۱) $GP=100(N_G/N_T)$

در معادله‌های فوق GP درصد جوانه‌زنی کل، N_G تعداد کل بذرهای جوانه زده در پایان آزمایش و N_T برابر با تعداد کل بذرهای مورد استفاده در آزمایش می‌باشد.

برای محاسبه سرعت جوانه‌زنی از رابطه‌ی شماره ۲ استفاده شد که در آن GR سرعت جوانه‌زنی Ni تعداد بذور جوانه‌زده در روز مورد نظر و Diتعداد روزهای سپری شده از شروع آزمایش می‌باشد(Abdolrahmani, 2009).

رابطه (۲): $GR=\sum_{i=1}^{n}\frac{Ni}{Di}$

شاخص‌های طولی و وزنی بنیه گیاهچه با استفاده از رابطه ۳ و ٤ محاسبه گردید (Abdul-Baki and Anderson, 1973).

رابطه (۳)

شاخص طولی بنیه گیاهچه=طول گیاهچه×
درصدجوانه‌زنی نهایی

رابطه (٤)

شاخص وزنی بنیه گیاهچه=وزن خشک گیاهچه×
درصدجوانه‌زنی نهایی

به منظور تبدیل داده‌های مربوط به درصد جوانه‌زنی به توزیع نرمال از تبدیل زاویه‌ای استفاده شد. تجزیه و تحلیل داده‌های هر یک از آزمایش‌ها به صورت مستقل و با استفاده از نرم افزار SPSS انجام شد و مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن انجام شد.

نتایج و بحث

نتایج آزمایش تأثیر غلظت‌های مختلف نیترات سرب بر پارامترهای جوانه‌زنی

نتایج تأثیر غلظت‌های مختلف نیترات سرب بر پارامترهای جوانه‌زنی:نتایج تأثیر غلظت‌های مختلف نیترات سرب نشان داد که اثر سطوح مختلف نیترات سرب بر صفات طول ریشه‌چه و ساقه‌چه، وزن تر و خشک ریشه‌چه، شاخص طولی و وزنی بنیه گیاهچه در سطح احتمال یک درصد و وزن تر و خشک ساقه‌چه و نسبت طولی ریشه به ساقه در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار بود. مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون دانکن برای این صفات انجام شد

ولی اثر سطوح مختلف نیترات سرب برای صفات درصد جوانه‌زنی، سرعت جوانه‌زنی، یکنواختی جوانه‌زنی، فاصله زمانی تا ده درصد جوانه‌زنی،فاصله زمانی تا پنجاه درصد جوانه‌زنی و فاصله زمانی تا نود درصد جوانه‌زنی معنی‌دار نبود. بر اساس نتایج مقایسه میانگین بیشترین طول ریشه‌چه (۲/۰٤ cm) و ساقه‌چه (۲/۵ cm)، وزن تر (۰/۰۱۲۹ g) و خشک (۰/۰۰۰۳۳g) ریشه‌چه، وزن تر (۰/۰۲۱۸۱ g) وخشک (۰/۰۰۰۸۹ g) ساقه‌چه و شاخص طولی (٤۰۸/٦٦) و وزنی (۳/۱۲۳) بنیه گیاهچه و نسبت طولی ریشه به ساقه (۱/۸٦) مربوط به تیمار شاهد بود (جدول ۱). همچنین نتایج نشان داد که کمترین طول ریشه‌چه (۰/۷cm) و ساقه‌چه (۰/۵٦ cm)، وزن تر (۰/۰۰۳۳ g) و خشک (۰/۰۰۱۹ g) ریشه‌چه، وزن تر (۰/۰۰٤۲ g) و خشک (۰/ ۰۰۰۳۱ g) ساقه‌چه و شاخص طولی (۱۱۹/٦۱) و وزنی (۰/٦۸) بنیه گیاهچه و نسبت طولی ریشه به ساقه (۱/۰۲) را تیمار ۱۵۰ppm نیترات سرب دارا بوده است (جدول ۱).

جدول ۱: مقایسه میانگین تاثیر غلظت‌های مختلف نیترات سرب بر صفات مورد اندازه‌گیری در تربچه

سرب (ppm)	طول ساقه‌چه (cm)	طول ریشه‌چه (cm)	شاخص طولی بنیه گیاهچه	شاخص وزنی بنیه گیاهچه	نسبت طولی ریشه به ساقه
شاهد	۲/۰٤ ± ۰/۳۸۳۱ a	۲/۵ ± ۰/۱۱۰٦ a	٤۰۸/٦٦ ± ٤٦/٦۷ a	۳/۱۲۳ ± ۰/۷۹۹۲ a	۱/۸٦ ± ۰/۲۷۹۷ a
۵۰	۰/۷٦ ± ۰/۰۵۱۰b	۱/٤۲ ± ۰/۰٤۳۲ b	۱۹۷/۸۳ ± ۱۱/۹۹ b	۱/۷٦ ± ۰/۱٤۹۸ b	۱/۳۸ ± ۰/۰۷۷۵ ab
۱۰۰	۰/٦۹ ± ۰/۳۲۷ b	۰/۷۳ ± ۰/۰٤۵٦ c	۱۲۷/۱۹ ± ۵/۰٦۲ b	۰/۸۳ ± ۰/۰٤۹٦ b	۱/۳۰ ± ۰/۱۳۱۷ b
۱۵۰	۰/۵٦ ± ۰/۰۷٦۵ b	۰/۷۰ ± ۰/۰٤۲۱ c	۱۱۹/٦۱ ± ۹/۷۱ b	۰/٦۸ ± ۰/۰۳۸۳ b	۱/۰۲ ± ۰/۰۵٤۲ b

میانگین‌هایی که در یک ستون حروف مشابهی دارند از لحاظ آماری در سطح احتمال ۵ درصد با آزمون دانکن تفاوت معنی‌داری ندارند.

ادامه جدول ۱.

سرب (ppm)	وزن تر ریشه‌چه (g)	وزن خشک ریشه‌چه (g)	وزن تر ساقه‌چه (g)	وزن خشک ساقه‌چه (g)
شاهد	۰/۰۱۲۹ ± ۰/۰۰۱۱ a	۰/۰۰۰۳۳ ± ۰/۰۰۰۰٦ a	۰/۰۲۱۸۱ ± ۰/۰۰۷۷ a	۰/۰۰۰۸۹ ± ۰/۰۰۰۲ a
۵۰	۰/۰۰۹۸ ± ۰/۰۰۰۲۹ b	۰/۰۰۰۲۱ ± ۰/۰۰۰۰۳ b	۰/۰۰۹٦ ± ۰/۰۰۱۰ b	۰/۰۰۰٤۲ ± ۰/۰۰۰۰۹ b
۱۰۰	۰/۰۰۳۹ ± ۰/۰۰۰۳۱ c	۰/۰۰۰۲ ± ۰/۰۰۰۰۱ b	۰/۰۰۵۱ ± ۰/۰۰۰۱۸ b	۰/۰۰۰۳۲ ± ۰/۰۰۰۱۱ b
۱۵۰	۰/۰۰۳۳ ± ۰/۰۰۰۱۵ c	۰/۰۰۰۱۹ ± ۰/۰۰۰۰۲ b	۰/۰۰٤۲ ± ۰/۰۰۰۲٦ b	۰/۰۰۰۳۱ ± ۰/۰۰۰۰۷ b

میانگین‌هایی که در یک ستون حروف مشابهی دارند از لحاظ آماری در سطح احتمال ۵ درصد با آزمون دانکن تفاوت معنی‌داری ندارند.

نتایج آزمایش تأثیر غلظت‌های مختلف نیترات نیکل بر پارامترهای جوانه‌زنی: نتایج آزمایش اثر سطوح مختلف نیترات نیکل نشان داد که برای صفات طول ریشه‌چه و ساقه‌چه، وزن تر و خشک ریشه‌چه، شاخص طولی بنیه گیاهچه و فاصله زمانی تا ده درصد جوانه‌زنی بین تیمارهای مختلف در سطح احتمال یک درصد و وزن تر و خشک ساقه‌چه، شاخص وزنی بنیه گیاهچه، درصد جوانه‌زنی، سرعت جوانه‌زنی، یکنواختی جوانه‌زنی و فاصله زمانی تا پنجاه درصد جوانه‌زنی در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار بود لذا مقایسه میانگین با استفاده از آزمون دانکن برای این صفات انجام شد. همچنین نتایج نشان داد که اثر سطوح مختلف نیترات نیکل برای صفات نسبت طولی و وزنی ریشه به ساقه و فاصله زمانی تا نود درصد جوانه‌زنی معنی‌دار نبود. بر اساس نتایج مقایسه میانگین بیشترین طول ریشه‌چه (۲/۵cm) و ساقه‌چه (۲/۰٤ cm)، وزن تر (۰/۰۱۲۹ g) و خشک (۰/۰۰۰۳۳g) ریشه‌چه، وزن تر (۰/۰۲۱۸۱ g) وخشک (۰/۰۰۰۸۹ g) ساقه‌چه و شاخص طولی (٤۰۸/٦٦) و وزنی (۳/۱۲۳) بنیه گیاهچه، درصد جوانه‌زنی (۹۳٪)،

سرعت جوانه‌زنی (۰/۰۳۶، بذر در ساعت)، یکنواختی جوانه‌زنی (۵۸/۶)، فاصله زمانی تا ده درصد جوانه‌زنی(۱۱/۳۷ ساعت) و فاصله زمانی تا پنجاه درصد جوانه‌زنی(۳۳/۶۴ ساعت) مربوط به تیمار شاهد بود (جدول ۲). همچنین نتایج نشان داد که کمترین طول ریشه‌چه (۰/۸۱ cm) و ساقه‌چه (۰/۶۳۱۳cm)، وزن تر (۰/۰۰۴۳ g) و خشک (۰/۰۰۰۱۱g) ریشه‌چه، وزن تر (۰/۰۰۷۶ g) و خشک (۰/۰۰۰۲۵ g) ساقه‌چه و شاخص طولی (۱۲۸/۹۷) و وزنی (۱/۲۲) بنیه گیاهچه، درصد جوانه‌زنی (۷۹٪)، سرعت جوانه‌زنی (۰/۰۲۹، بذر در ساعت)، یکنواختی جوانه‌زنی (۳۶/۹)، فاصله زمانی تا ده درصد جوانه‌زنی (۵/۳۹ ساعت) و فاصله زمانی تا پنجاه درصد جوانه‌زنی (۲۷/۹۶ ساعت) را تیمار ۱۵۰ ppm نیترات نیکل دارا بوده است (جدول ۲).

جدول ۲: مقایسه میانگین تاثیر غلظت‌های مختلف نیترات نیکل بر صفات مورد اندازه‌گیری در تربچه

نیکل (ppm)	طول ساقه‌چه (cm)	طول ریشه‌چه (cm)	شاخص طولی بنیه گیاهچه	شاخص وزنی بنیه گیاهچه
شاهد	۲/۰۴ ± ۰/۳۸۳۱ a	۲/۵ ± ۰/۱۱۰۶۸ a	۴۰۸/۶۶ ± ۴۶/۹۷ a	۳/۱۲۳ ± ۰/۷۹۹ a
۵۰	۰/۸۵۹۱ ± ۰/۰۵۹۱ b	۱/۲۴ ± ۰/۰۹۷۵ b	۲۳۳/۶۷ ± ۱۱/۷۲ b	۱/۶۱ ± ۰/۰۷۴۲ b
۱۰۰	۰/۸۵۶۵ ± ۰/۰۷۱۹ c	۱/۶۶ ± ۰/۱۹۰۳ c	۱۸۰/۴۹ ± ۱۴/۸۷ bc	۱/۵۴ ± ۰/۰۳۹۱ b
۱۵۰	۰/۶۳۱۳ ± ۰/۰۵۴۹ d	۰/۸۱ ± ۰/۱۱۰۶ d	۱۲۸/۹۷ ± ۱۴/۵۹ c	۱/۲۲ ± ۰/۰۴۱۱ b

میانگین‌هایی که در یک ستون حروف مشابهی دارند از لحاظ آماری در سطح احتمال ۵ درصد با آزمون دانکن تفاوت معنی‌داری ندارند.

ادامه جدول ۲.

نیکل(ppm)	وزن تر ریشه‌چه (g)	وزن خشک ریشه‌چه (g)	وزن تر ساقه‌چه (g)	وزن خشک ساقه‌چه (g)
شاهد	۰/۰۱۲۹ ± ۰/۰۰۱۱ a	۰/۰۰۰۳۳ ± ۰/۰۰۰۰۶ a	۰/۰۲۱۸۲ ± ۰/۰۰۷۷ a	۰/۰۰۰۸۹ ± ۰/۰۰۰۲ a
۵۰۰	۰/۰۸۰۸ ± ۰/۰۰۱۲ b	۰/۰۰۰۲۸ ± ۰/۰۰۰۰۱ a	۰/۰۱۰۰۵ ±۰/۰۰۰۷۹ ab	۰/۰۰۰۵۷ ±۰/۰۰۰۰۲۹ ab
۱۰۰	۰/۰۸۹۷ ± ۰/۰۰۰۳۵ b	۰/۰۰۰۱۷ ± ۰/۰۰۰۰۱۷ b	۰/۰۰۹۸ ± ۰/۰۰۰۱۷ ab	۰/۰۰۰۲۷ ± ۰/۰۰۰۰۲۱ b
۱۵۰	۰/۰۰۴۳ ± ۰/۰۰۰۳۸ c	۰/۰۰۰۱۱ ± ۰/۰۰۰۰۲ b	۰/۰۰۷۶ ± ۰/۰۰۰۲۹ b	۰/۰۰۰۲۵ ± ۰/۰۰۰۱۴ b

میانگین‌هایی که در یک ستون حروف مشابهی دارند از لحاظ آماری در سطح احتمال ۵ درصد با آزمون دانکن تفاوت معنی‌داری ندارند.

ادامه جدول ۲.

نیکل (ppm)	درصد جوانه‌زنی	یکنواختی جوانه‌زنی	سرعت جوانه‌زنی (بذر در ساعت)	فاصله زمانی تا ده درصد جوانه‌زنی (ساعت)	فاصله زمانی تا پنجاه درصد جوانه‌زنی (ساعت)
شاهد	۹۳ ± ۱/۰۰۲a	۵۸/۶ ± ۳/۵۱a	۰/۰۳۶ ± ۰/۰۰۰۷۵a	۱۱/۳۷ ± ۰/۸۷۸۳a	۳۳/۶۴ ± ۰/۷۶۰۲a
۵۰	۸۶ ± ۱/۱۵ab	۵۵/۹۸ ± ۵/۹۱a	۰/۰۳۱ ± ۰/۰۰۰۵۵b	۸/۴۷ ± ۰/۶۵۵۵b	۳۲/۷۹ ± ۰/۵۹۰۳a
۱۰۰	۸۳ ± ۱/۰۰۵ab	۴۰/۴۷ ± ۲/۱۵b	۰/۰۳ ± ۰/۰۰۰۲۹b	۸/۴۱ ± ۰/۸۷۸۲b	۳۱/۶۹ ± ۰/۳۳۳۱a
۱۵۰	۷۹ ± ۱/۹۱b	۳۶/۹ ± ۶/۲۴b	۰/۰۲۹ ± ۰/۰۰۲۸b	۵/۳۹ ± ۰/۷۶۰۲c	۲۷/۹۶ ± ۲/۱۷۷b

میانگین‌هایی که در یک ستون حروف مشابهی دارند از لحاظ آماری در سطح احتمال ۵ درصد با آزمون دانکن تفاوت معنی‌داری ندارند.

نتایج آزمایش تأثیر غلظت‌های مختلف نیترات کادمیم بر پارامترهای جوانه‌زنی: نتایج تأثیر غلظت‌های مختلف نیترات کادمیم نشان داد که اثر سطوح مختلف نیترات کادمیم بر صفات طول ریشه‌چه و ساقه‌چه، وزن تر و خشک ریشه‌چه، وزن تر و خشک ساقه‌چه، شاخص طولی و وزنی بنیه گیاهچه و نسبت طولی و وزنی ریشه به ساقه در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود لذا مقایسه میانگین با استفاده از

آزمون دانکن برای این صفات انجام شد ولی اثر سطوح مختلف نیترات کادمیم برای صفات درصد جوانه‌زنی، سرعت جوانه‌زنی، یکنواختی جوانه‌زنی، فاصله زمانی تا ده درصد جوانه‌زنی، فاصله زمانی تا پنجاه درصد جوانه‌زنی و فاصله زمانی تا نود درصد جوانه‌زنی معنی‌دار نبود. بر اساس نتایج مقایسه میانگین بیشترین طول ریشه‌چه (۲/۵ cm) و ساقه‌چه (۲/۰٤cm)، وزن تر (۰/۰۱۲۹ g) و خشک (۰/۰۰۰۳۳g) ریشه‌چه، وزن تر (۰/۰۲۱۸۲g) وخشک (۰/۰۰۰۸۹ g) ساقه‌چه و شاخص طولی (٤٨٤/٩٣) و وزنی (۵/۳۹) بنیه گیاهچه، نسبت وزنی ریشه به ساقه (۳/۱۲۳) و نسبت طولی ریشه به ساقه (۱/۸٦) مربوط به تیمار شاهد بود (جدول ۳). همچنین نتایج نشان داد که کمترین طول ریشه‌چه (۱/۹۵cm) و ساقه‌چه (۰/۸۷cm)، وزن تر (۰/۰۰۹۱g) و خشک (۰/۰۰۰۱۵g) ریشه‌چه، وزن تر (۰/۰۰٦۹ g) وخشک (۰/۰۰۰۲g) ساقه‌چه و شاخص طولی (۲۰۰/٦٦) و وزنی (۱/٤٦) بنیه گیاهچه، نسبت وزنی ریشه به ساقه (۰/٤۲۲۹) و نسبت طولی ریشه به ساقه (۰/۷۹) را تیمار ppm ۱۵۰ نیترات کادمیم دارا بوده است (جدول ۳).

جدول ۳: مقایسه میانگین تاثیر غلظت‌های مختلف نیترات کادمیم بر صفات مورد اندازه‌گیری در تربچه

کادمیم (ppm)	طول ساقه‌چه (cm)	طول ریشه‌چه (cm)	شاخص طولی بنیه گیاهچه	شاخص وزنی بنیه گیاهچه	نسبت طولی ریشه به ساقه
شاهد	۲/۰٤ ± ۰/۳۸۳۱a	۲/۵ ± ۰/۱۱۰٦a	٤۰۸/٦٦ ± ٤٦/۹۷a	۳/۱۲۳ ± ۰/۷۹۹a	۱/۸٦ ± ۰/۲۷۹۷a
۵۰	۲/۰٤٤ ± ۰/۰۳۵۸a	۲/۲۳ ± ۰/۱۹٦۹a	٤۰۲/۵٦ ± ۲۵/۲۱ab	۲/۰۷ ± ۰/۲۲۵۱b	۱/۳۹ ± ۰/۱۰۱٦ab
۱۰۰	۲/۵۲ ± ۰/۰٦٤٦a	۲/۱۲ ± ۰/۱۷۲۷a	۳۲۰/٤٦ ± ۲۳/۰۵b	۲/۱٤ ± ۰/۱۱۱۱b	۱/۰۸ ± ۰/۱۳۹۳b
۱۵۰	۰/۸۷ ± ۰/۰۷۸٤b	۱/۹۵ ± ۰/۱٤۳۲b	۲۰۰/٦٦ ± ۱۹/۹٦c	۱/٤٦ ± ۰/۲۲۱۵c	۰/۷۹ ± ۰/۰۲۲۷b

میانگین‌هایی که در یک ستون حروف مشابهی دارند از لحاظ آماری در سطح احتمال ۵ درصد با آزمون دانکن تفاوت معنی‌داری ندارند.

ادامه جدول ۳.

کادمیم (ppm)	وزن تر ریشه‌چه (g)	وزن خشک ریشه‌چه (g)	وزن تر ساقه‌چه (g)	وزن خشک ساقه‌چه (g)	نسبت وزنی ریشه به ساقه
شاهد	۰/۰۱۲۹±۰/۰۰۱۱ a	۰/۰۰۰۳۳ ± ۰/۰۰۰۰٦ a	۰/۰۲۱۸۲± ۰/۰۰۷۷ a	۰/۰۰۰۸۹ ± ۰/۰۰۰۲ a	۳/۱۲۳ ± ۰/۷۹۹۲a
۵۰	۰/۰۱۲۳±۰/۰۰۱۳ b	۰/۰۰۰٤٦ ± ۰/۰۰۰۰۳ b	۰/۰۳۱ ± ۰/۰۰۱۳ ab	۰/۰۰۰٦۸ ± ۰/۰۰۰۱۹ ab	۰/۸۵۳۵± ۰/۲۱۰۸b
۱۰۰	۰/۰۱۱۹±۰/۰۰۱۱ b	۰/۰۰۰۳۳ ± ۰/۰/۰۰۰۰٦ b	۰/۰۲۲ ± ۰/۰۰۷۷ b	۰/۰۰۰٦۷± ۰/۰۰۰۰۲۹ ab	۰/۸۰۹۹± ۰/۱۵٤۵b
۱۵۰	۰/۰۰۹۱±۰/۰۰۰٦ c	۰/۰۰۰۱۵ ± ۰/۰۰۰۰۲ b	۰/۰۰٦۹± ۰/۰۰۰۵۷ c	۰/۰۰۰۲ ± ۰/۰۰۰۰۲۹ b	۰/٤۲۲۹±۰/۱۳۲۱ b

میانگین‌هایی که در یک ستون حروف مشابهی دارند از لحاظ آماری در سطح احتمال ۵ درصد با آزمون دانکن تفاوت معنی‌داری ندارند.

بحث

بطور کلی نتایج این پژوهش اثرات منفی فلزات سنگین را بر شاخص‌های جوانه‌زنی نشان داد. در اثر تیمار با نیترات نیکل درصد جوانه‌زنی، یکنواختی و سرعت جوانه‌زنی، فاصله زمانی تا ده درصد و پنجاه درصد جوانه‌زنی کاهش پیدا کرده است. فلزات سنگین اثر خود را به روش‌های گوناگون بر جوانه‌زنی بذرها اعمال می‌کنند. برخی فلزات سنگین با مهار هیدرولیز نشاسته آندوسپرم سرعت جوانه‌زنی و رشد اولیه‌ی بذور ممانعت می‌کنند و برخی دیگر با صدمه زدن به رویان از جوانه‌زنی بذر جلوگیری می‌کنند (Mishra and Choudhuri, 1997). کاهش جوانه‌زنی و قدرت بذر در اثر تیمار با فلزات سنگین توسط دیگر پژوهش‌ها نیز در گیاهان مختلف از جمله یونجه (Peralta et al., 2000) و نخود فرنگی (Rahman and Khan and Mahmud Khan, 2010) گزارش شده

است. در این مطالعه نیترات کادمیم و سرب اثر منفی بر جوانه‌زتی نداشتند و با شاهد تفاوت معنی‌دای مشاهده نشد و تنها نیکل اثر منفی بر جوانه‌زنی داشت، در برخی مطالعات نتایج نشان داد که در غلظت‌های پایین برخی فلزات سنگین نه تنها اثرات منفی نداشته بلکه در برخی گیاهان اثر مثبت نیز گزارش شده است (Kranner and Colville, 2011). طول ساقه‌چه و ریشه‌چه صفاتی بود که در اثر تیمار با هر سه فلز سنگین مورد مطالعه کاهش یافت. کاهش طول گیاهچه در گیاهانی همچون سورگم (Mousavi et al., 2018) و ذرت (Mihalescu et al., 2010) نیز گزارش شده است که با نتایج این تحقیق همخوانی دارد. یکی از دلایلی که می‌تواند باعث کاهش طول گیاهچه در اثر کاربرد فلزات سنگین باشد، کاهش سلول‌های مریستمی در ناحیه غشای سلولی و برخی آنزیم‌ها در کوتیلدون و آندوسپرم است، بنابراین وقتی فعالیت آنزیم‌های هیدرولیتیک به واسطه فلزات سنگین تحت تأثیر قرار می‌گیرد، غذا به ریشه‌های اولیه و اندام هوایی نمی‌رسد و در نتیجه طول گیاهچه‌ها را تحت تأثیر قرار می‌دهد (Kabir et al., 2008). در برخی گزارشات این کاهش طول گیاهچه در اثر عناصر سنگین را به علت مداخله این فلزات در فرآیند تقسیم سلولی و انحراف کروموزومی و میتوز غیر طبیعی دانسته‌اند (Radha et al., 2010). وزن تر و خشک ریشه‌چه و ساقه‌چه یکی دیگر از صفاتی بود که در این مطالعه تحت تاثیر فلزات سنگین قرار گرفت و با افزایش غلظت این فلزات، میزان آنها کاهش پیدا کرد. وجود فلزات سنگین در منطقه ریزوسفر و ورود آنها به گیاهان سوخت و ساز سلولی را تحت تاثیر خود قرار داده و کاهش رشد را موجب می‌شود. فلزات سنگین روی میتوکندری، فتوسنتز و مقدار کلروفیل اثر منفی گذاشته و باعث کاهش رشد می‌شوند. نتایج تحقیقی در گیاه لوبیا چیتی نشان داد که فلزات سنگین باعث کاهش وزن تر و خشک گیاهچه شده است (Amini et al., 2016). نتایج بررسی اثر غلظت‌های مختلف نیکل در گیاه بامیه نشان داد که نیکل باعث کاهش زیست توده در این گیاه شده است (Jamei and Kargar Khorami, 2015). در گیاه اسفناج نیز کاربرد فلزات سنگین باعث کاهش چشمگیری در وزن تر و خشک این گیاه شده است (Ghorbani et al., 2016). فلزات سنگین باعث ایجاد تنش اکسیداتیو در گیاهان شده که همین مساله از علت‌های ایجاد آسیب بافتی می‌باشد. رادیکال‌های اکسیژن عمدتاً در کلروپلاست و میتوکندری تولید می‌شوند و با ایجاد آسیب‌های اکسیداتیو بر چربی‌ها، پروتئین‌ها و نوکلئیک اسیدها سبب اختلال در سوخت و ساز طبیعی سلول، اختلال درفرآیندهای مهم تنفس و فتوسنتز و کاهش رشد می‌شوند (Mishra et al., 2006). شاخص بنیه بذر و انرژی لازم برای جوانه‌زنی معیاری از قدرت بذر هستند که بالاتر بودن آنها نشانه توانایی بیشتر بذر برای جوانه‌زنی است (Abdul Baki and Anderson, 1973) که در این تحقیق، فلزات سنگین باعث کاهش شاخص بنیه بذر شده است.

نتیجه‌گیری

در مجموع نتایج این پژوهش نشان داد که فلزات سنگین ممکن است به گیاهان اجازه‌ی جوانه زدن را بدهد، اما افزایش غلظت آنها سبب اختلال در نمو گیاهچه شده، که منجر به توقف رشد ریشه‌چه و ساقه‌چه و شاخص بنیه بذر تربچه می‌گردد. در بین این سه فلز سنگین، نیکل علاوه بر شاخص‌های جوانه‌زنی، بر جوانه زنی بذرهای تربچه نیز اثر منفی داشته است.

References

Abdolrahmani, B., Ghassemi-Golezani, K.,Valizadeh, M., Feizi-Asl, V., and Tvakoli, A. 2009. Effects of seed priming on seed vigor and grain yield of barley (*Hordeum vulgare* L. cv. Abidar) in rainfed conditions. Iran J. Field Crop Sci. 11 (4): 337-352. (In Persian).

Abdual-baki, A. A., and Anderson, J.D. 1973. Relationship between decarboxilation of glutamic acidand vigour in soybean seed. Crop Sci. 13: 222-226.

Alloway, B.J. 1990. Soil processes and the Behavior of Metals. Chap 2 in Alloway, B.J.(ed) Heavy Metals in soils, Blackie Academic and professional. Glasgow. 7-28.

Almansuri, M., Kient, J.M., and Luttus, S. 2001. Effect of salt and osmotic stresses on germination in durum wheat (*Triticum durum* Desf.). Plant soil. 231(2): 243-254.

Amini, F., Balouchi, H.R., Movahhedi Dehnavi, M., and Attarzadeh, M. 2016. Effects of different concentrations of heavy metals application on germination indices and seed vigor of Pinto bean (*Phaseolus vulgaris* L.). Iran. J. Seed Sci. Res. 3(2): 95-105. (In Persian).

Balsberg- pahlsson, A.M. 1989. Toxicity of heavy metals (zn, cu, cd, pb). To vascular plants. Wat. Air and Soil Poll. 47: 287-319.

Baycu G., Doganay, T., Hakan, O., and Sureyya G. 2006. Ecophysiological and seasonal variations in Cd, Pb, Zn, and Ni concentrations in the leaves of urban deciduous trees in Istanbul. Environ. Poll. 143: 545-554.

Das, P.; Rout, R., and Samantaray, S. 2000. Studies on csdmium toxicitin plants: A review. Environ. Poll. 98: 22-36.

Ghorbani, H., Heidari, M., and Ghafari,M. 2016. Effect of salinity levels and lead and cadmium heavy metals on growth, photosynthetic pigments and sodium and potassium content in spinach. Journal of Science and Technology of Greenhouse CultureSoilless Culture Res. Center. 17(1):15-24. (In Persian)

Islam, E., Liu, D., Li, T. Q., Yang, X. E., Jin, X F., Mahmooda, Q., Tian, S., and Li, J. 2008. Effect of Pb toxicity on leaf growth, physiology and ultrastructure in the two ecotypes of *Elsholtzia argyi.* J. Hazard. Mater. 154: 914-920

Jamei, R., and Kargar Khorami, S. 2015.The effect of different concentrations of nickel and copper on growth and some physiological parameters in the plant Okra (*Hibiscus esculentus* L.). Journal of Plant Process and Function Iran. Soci. Plant Physiol. 4(11): 33-44. (In Persian)

Kabata-Pendias, A., and Pendias, H. 1992. *Trace Elements in Soils and Plants*, second ed. CRC Press, Boca Raton.

Kabir, M., Iqbal, M.Z., Shafigh, M., and Faroogi, Z.R. 2008. Reduction in germination and seedling growth of Thespesiapopulnea L. caused by lead and cadmium treatments. Pak. J. Bot. 40 (6): 2419-2426.

Kranner, I., and Colville, L. 2011. Metals and seeds: biochemical and molecular implications and their significance for seed germination. Environ. Exp. Bot. 72: 93-105.

Menon, M., Hermle, S., Gunthardt-Goerg, M., and Schalin, R. 2007. Effect of heavy metal soil pollution and rain on growth and water use efficiency of a young model forest ecosystem. J. Plant soil. 297: 171-183.

Mishra, A., and Choudhuri, M.A. 1997. Differential effect of Pb^{2+} and Hg^{2+} on inhibition of germination of seed of two rice cultivars. Indian J. Plant Physiol. 291: 41-44.

Mishra, S., Srivastava, S., and Tripathi, P.D. 2006. Phytochelatin synthesis and response of antioxidants during cadmium stress in *Baccopa monnieri* L. Plant Physiol. Bioch. 44: 25-37.

Mousavi, SA., Oveysi, M., and Iranbakhsh, A. 2018. The effects of lead and cadmium contamination on seed germination of sorghum (*Sorghum bicolor* L.). Agronomic Res. in Semi Desert Reg. 14(3): 217-229. (In Persian)

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 soild media. Roceedings of the 2000 Conference on Hazardous Wast Research, pp:135-140.

Radha, J., Srivastava, S., Solomon, S., Shrivastava, A. K., and Chandra, A. 2010.Impact of excess zinc on growth parameters cell division, nutrient accumulation, photosynthetic

pigments and oxidative stress of sugarcane (*Sac charumspp*). Acta Physiol. Planta. 32: 979-986.

Rahman Khan, M., and Mahmud Khan, M. 2010. Effect of varying concentration of nickel and cobalt on the plant growth and yield of chickpea. Aus. J. Basic Appl. Sci. 4 (6): 1036-1046.

Ranal, M.A., and De Santana, D.G. 2006. How and why to measure the germination process? Revista Brasil. Botan. 29(1):1-11.

Shariat, A., and Asareh, M.H.2007. Effects of different levels of heavy metals on seed germination and seedling growth of three Eucalyptus species. Iran. J. Rangelands and Forests Plant Breed.Genetic Res. 14(1):38-46. (In Persian)