ارزیابی اثر فلزات سنگین بر ویژگی‌های جوانه‌زنی بذر گیاه کتان (*Linum usitatissimum*)

فرشته آزادبخت*[۱]، عبدالمجید سهیل‌نژاد[۲]، زهرا مرادیان[۳]، خدیجه احمدی[۴]، رحیم بازمکانی[۵]، طاهره کریمی[۶]، سمیرا علیپور[۷]

[۱]دانشجوی کارشناسی‌ارشد، گروه تکنولوژی بذر، دانشگاه شاهد، تهران، ایران
[۲]استادیار، گروه کشاورزی، دانشگاه پیام نور، تهران، ایران
[۳]دانشجوی کارشناسی‌ارشد، گروه تکنولوژی بذر، دانشگاه شاهد، تهران، ایران
[۴]دانشجوی کارشناسی‌ارشد، گروه تکنولوژی بذر، دانشگاه شاهد، تهران، ایران
[۵]دانشجوی کارشناسی‌ارشد، گروه اصلاح نباتات، دانشگاه شاهد، تهران، ایران
[۶]دانشجوی کارشناسی‌ارشد، گروه تکنولوژی بذر، دانشگاه شاهد، تهران، ایران
[۷]دانشجوی کارشناسی‌ارشد، گروه تکنولوژی بذر، دانشگاه شاهد، تهران، ایران

تاریخ دریافت: ۹۶/۰۲/۱۵ ؛ تاریخ پذیرش:۹۷/۰۶/۱۶

چکیده

به‌منظور بررسی تأثیر فلزات نیکل و سرب بر خصوصیات جوانه‌زنی و رشد گیاهچه کتان، آزمایشی به‌صورت طرح پایه کاملاً تصادفی با سه تکرار در سال ۱۳۹۵ در آزمایشگاه تکنولوژی بذر دانشگاه شاهد اجرا شد. تیمارهای آزمایشی شامل مصرف فلزات سنگین سرب (شاهد، ۲۵۰، ۵۰۰ و ۷۵۰ میکرومولار) و فلز نیکل (۲۰۰، ٤۰۰ و ٦۰۰ میکرومولار) بود. نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر فلزات سنگین بر صفات درصد و سرعت جوانه‌زنی، طول ریشه‌چه، ساقه‌چه و گیاهچه، وزن تر و خشک گیاهچه، شاخص طولی بنیه گیاهچه و محتوای نسبی آب در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود. نتایج نشان داد که بیش‌ترین درصد جوانه‌زنی (۹۸/٦٦ درصد) و سرعت جوانه‌زنی (۱۱/۸٦ یک/روز) در تیمار شاهد بدست آمد. هم‌چنین مصرف سرب شاخص‌های جوانه‌زنی بذر و رشد گیاهچه کتان را نسبت به شاهد کاهش داد. اما سرب دارای اثر بازدارندگی کم‌تری بر شاخص‌های جوانه‌زنی بذر و رشد گیاهچه کتان نسبت به همه غلظت‌های نیکل داشت. با افزایش غلظت فلز نیکل اثر کاهنده آن افزایش یافت به‌طوری‌که کم‌ترین شاخص‌های جوانه‌زنی بذر و رشد گیاهچه کتان در غلظت ٦۰۰ میکرومولار فلز نیکل مشاهده شد. به‌طور کلی نتایج نشان داد که فلزات نیکل و سرب منجر به کاهش جوانه‌زنی بذر و رشد گیاهچه کتان شدند.

واژه‌های کلیدی: درصد جوانه‌زنی، سرب، شاخص بنیه گیاهچه، کتان، نیکل.

مقدمه

*نویسنده مسئول: f.azadbakht@shahed.ac.ir

سطح فلزات سنگین بیوسفر به‌طور فزاینده‌ای از زمان شروع انقلاب صنعتی در حال افزایش است و سمیت فلزات سنگین و آلودگی‌های محیطی ناشی از آن‌ها شامل آسیب به زمین‌های زراعی است (Gisbert et al., 2003). حضور این فلزات در غلظت‌های بیش از حد مجاز، برای محیط زیست و همه موجودات زنده خطرساز است. امروزه فعالیت‌های بشر در حفر معادن، استخراج، ذوب و پالایش فلزات، پساب‌های صنعتی و استفاده از کودهای شیمیایی، به رهاسازی مقادیر فراوانی از فلزات سنگین به محیط منجر شده و مشکلات جدی برای محیط زیست و سلامتی بشر پدید آورده است (Meagher, 2000; Pilon-Smits, 2005).از فلزات سنگینی که سهم عمده در آلودگی‌های محیطی بر عهده دارند می‌توان از نیکل و سرب نام برد. گزارش‌های متعددی نشان می‌دهد که گیاهان می‌توانند فلزات سنگین نیکل و سرب را از محیط حذب کرده و در ریشه و اندام‌های هوایی تجمع دهند (Kamel, 2008; Peralta-Videa et al., 2002 Peralta-Videa et al., 2004). فلزات پس از ورود به گیاه می‌بایستی به‌طور فعال در سلول‌های ویژه و اجزاء سلولی به‌صورت بی اثر ذخیره شوند. این امر به‌عنوان یکی از مکانیسم‌های اصلی مقاومت به فلزات سنگین در نظر گرفته می‌شود (Hall, 2002). تجمع و دفع دو استراتژی اساسی در پاسخ گیاهان به افزایش غلظت فلزات سنگین هستند (Vogel-Mikus et al., 2005). آلودگی سرب مشکلات فراوانی را برای گیاهان موجب می‌شود. غلظت بالای سرب در سطح مورفولوژیک موجب کاهش بیوماس، مهار جوانه‌زنی، القای کلروز و نکروز برگ، تغییر رنگ و سوبرینی شدن ریشه را موجب می‌شود (Kopittke et al., 2007; Islam et al., 2008). گیاهان می‌توانند نیکل را در بافت‌های رویشی و دانه‌های خود انباشته کنند و به منزله‌ی منبع نیکل برای مصرف کنندگان در زنجیره‌های غذایی عمل کنند (Rahman et al., 2001). در گیاهانی که تحت تنش نیکل هستند، جذب عناصر معدنی، نمو ریشه، متابولیسم سلولی، فتوسنتز و تنفس به‌شدت مختل می‌شود (Liamas et al., 2008). مطالعات نشان داده است که نیکل مازاد می‌تواند جوانه‌زنی دانه و رشد گیاه را مهار نموده، موجب تخریب کلروفیل گردیده و با فعالیت سیستم نوری مداخله نماید (Ahmad et al., 2009). گزارش حاکی از آن است که معمول‌ترین علایم سمیت نیکل و مس مهار جوانه زنی، کلروزیس و نکروزیس، افزایش نشت یونی، کاهش نمو ریشه و کاهش رشد گیاه است (Sharma and Madhulika, 2005). کتان روغنی یا بزرک (*Linum usitatissimum*) از گیاهان زراعی است که در زمینه تولید روغن-های گیاهی و بندرت الیاف و تأمین علوفه کاربرد دارد. روغن کتان می‌تواند مصونیت بدن را در برابر بیماری‌ها بالا برده و استفاده از این روغن از بروز سرطان پیشگیری می‌کند (Irannejad, 2006).از گذشته از روغن دانه کتان در مصارف صنعتی از جمله رنگ ساختمان‌ها، صنایع رنگرزی، تهیه روغن جلا، محافظ بتن، جوهر چاپ و لوازم آرایشی استفاده شده است اما امروزه به دلیل میزان بالای اسید چرب ضروری امگا ۳ مورد توجه قرار گرفته و در فرمولاسیون مواد غذایی به کار می‌رود (Hassan-Zadeh, 2008). هدف از پژوهش حاضر، بررسی اثر فلزات نیکل و سرب بر خصوصیات جوانه‌زنی و پارامترهای رشد گیاه کتان بود.

مواد و روش‌ها

این پژوهش در آزمایشگاه تکنولوژی بذر دانشکده علوم کشاورزی دانشگاه شاهد در سال ۱۳۹۵ اجرا گردید. آزمایش به‌صورت طرح پایه کاملاً تصادفی در سه تکرار انجام شد. مواد آزمایشی شامل هفت سطح فلزات سنگین متشکل از شاهد (آب مقطر)، غلظت‌های فلز سرب ۲۵۰، ۵۰۰ و ۷۵۰ میکرومولار و غلظت‌های فلز نیکل (۲۰۰، ۴۰۰ و ۶۰۰ میکرومولار) بود. بذرهای کتان از مؤسسه اصلاح و تهیه نهال و بذر تهیه گردید. به‌منظور ضدعفونی بذرها قبل

از کشت به مدت یک دقیقه در محلول هیپوکلریت سدیم قرار گرفتند و بلافاصله چندین بار با آب مقطر شسته شدند. در هر تکرار از هر تیمار ۲۵ بذر در پتری‌هایی که ضدعفونی شده بودند، قرار داده شد. سپس مقدار ۵ میلی‌لیتر از محلول فلزات سرب و نیکل با غلظت‌های مشخص (فقط یک مرتبه) برای هر تیمار در داخل هر پتری ریخته و برای تیمار شاهد از آب مقطر استفاده شد.

پتری‌ها به مدت ۷ روز در ژرمیناتور با دمای ۱±۲۵ درجه سانتی‌گراد نگه‌داری شدند. شمارش بذرهای جوانه زده از روز دوم به صورت روزانه در ساعتی معین انجام گردید. به هنگام شمارش، بذوری جوانه‌زده، تلقی شدند که طول ریشه‌چه آن‌ها حداقل دو میلی‌متر بود (ISTA, 2009). پس از ۷ روز از هر پتری پنج نمونه به طور تصادفی انتخاب و طول ریشه‌چه، طول ساقه‌چه، طول گیاهچه با استفاده از خط کش و وزن خشک ریشه‌چه و ساقه‌چه با استفاده از ترازوی با دقت چهار رقم اعشار پس از خشک شدن نمونه‌ها در آون با دمای ۷۵ درجه سلسیوس به مدت ۲٤ ساعت اندازه‌گیری شد (Turan et al., 2010). شاخص‌های بنیه گیاهچه (SVI1: شاخص طولی بنیه گیاهچه، SVI2: شاخص وزنی بنیه گیاهچه) از روابط زیر بدست آمدند (ISTA, 2009).

SVI (1) = (میانگین طول ساقه‌چه + میانگین طول ریشه‌چه) × جوانه‌زنی نهایی

SVI (2) = (وزن خشک گیاهچه × درصد جوانه‌زنی نهایی)

با شمارش روزانه بذرهای جوانه‌زده، درصد جوانه‌زنی[1] (GP) و سرعت جوانه‌زنی (GR)[2] و متوسط جوانه‌زنی[3] (MGD) روزانه طبق روابط ۱، ۲ و ۳ تعیین گردیدند (Sanjari Mazaj et al., 2017).

1) $GP = S/T \times 100$
2) $GR = (1/MGT)*100$
3) $MGD = FGP/d$

در این معادله، S: تعداد بذرهای جوانه‌زده، T: تعداد کل بذرها، Ti: تعداد بذرهای جوانه‌زده در هر روز، Ni: تعداد روز ها از ابتدای جوانه‌زنی،$\sum Ni$: کل تعداد بذرهای جوانه‌زده، FGP: درصد جوانه‌زنی نهایی و d: تعداد روزها تا رسیدن به حداکثر جوانه‌زنی نهایی (طول دوره آزمایش) است.

محتوی نسبی آب برگ (Levitt, 1980) نیز با استفاده از رابطه زیر محاسبه شد:

$$RWC = \frac{\text{وزن خشک}-\text{وزن تر}}{\text{وزن خشک}-\text{وزن اشباع برگ}} \times 100$$

سپس داده‌های حاصل از طریق نرم‌افزار SAS ۳,۱,۹ مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت و مقایسات میانگین از طریق آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد انجام گردید.

نتایج و بحث

درصد و سرعت جوانه‌زنی: نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر فلزات سرب و نیکل بر درصد جوانه‌زنی و سرعت جوانه‌زنی در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۱). نتایج نشان داد که بیش‌ترین درصد جوانه‌زنی (۹۸/٦٦ درصد) مربوط به شاهد بود که از لحاظ آماری با تیمار مصرف نیکل با غلظت ۲۰۰ میکرومولار اختلاف معنی‌داری نداشت. این نتایج با مطالعات زیر مطابقت داشت. گیاهان سازوکارهای سلولی پیچیده‌ای دارند که ممکن است در سمیت زدایی فلزات و در نتیجه ایجاد مقاومت به فلزات در گیاهان دخیل باشند (Hall, 2002). این سازوکارها شامل

1. Germination percentage
2. Germination coefficient
3. Mean Daily Germination

کاهش جذب فلزات توسط گیاه، ایجاد ترکیبات غیرفعال با فلزات به وسیلهٔ پپتیدهای گیاهی برای اصلاح پروتئین‌های خسارت دیده از استرس یا دسته بندی فلزات درون واکوئل‌ها است. برخی گیاهان مقاوم می‌توانند فلزات را در دیواره سلول‌های اپیدرمی، با تشکیل باندهای پروتئینی و سیلیکاتی، ذخیره کنند (Bringezu et al., 1999). با افزایش غلظت نیکل از میزان درصد جوانه‌زنی کاسته شد. هم‌چنین مصرف سرب اثر بازدارندگی بر این صفت داشت و با افزایش غلظت سرب اثر بازدارندگی آن تشدید شد (شکل ۱). نتایج این آزمایش حاکی از این مسأله است که بیش‌ترین سرعت جوانه‌زنی بذرهای کتان مربوط به شاهد (۱۱/۸٦ بذر در روز) و کم‌ترین آن در مصرف غلظت ۷۵۰ میکرومولار فلز سرب (۷/۹۹ بذر در روز) دیده شد (شکل۲). از آن جایی که جوانه‌زنی مرحله بسیار حساسی در رشد و نمو گیاه است، اثرات تنش فلزات سنگین روشن‌تر است و در مراحل بعدی رشد گیاه نیز نمایان خواهد شد (Szollosi et al., 2011). Jelizkova et al. (۲۰۰۳) با بررسی اثر فلزات سنگین کادمیوم، مس، سرب و روی بر جوانه‌زنی و رشد گیاهچه در گیاهان دارویی انیسون (*Pimpinella anisum* L.)، زیره سیاه (*Carum carvi* L.) و رازیانه، کاهش جوانه‌زنی و رشد گیاهچه را در هر سه گونه مورد گزارش نمودند، که با نتایج بدست آمده از این پژوهش هم‌خوانی دارد.

جدول ۱: تجزیه واریانس اثر فلزات سنگین بر صفات مورد مطالعه گیاه کتان

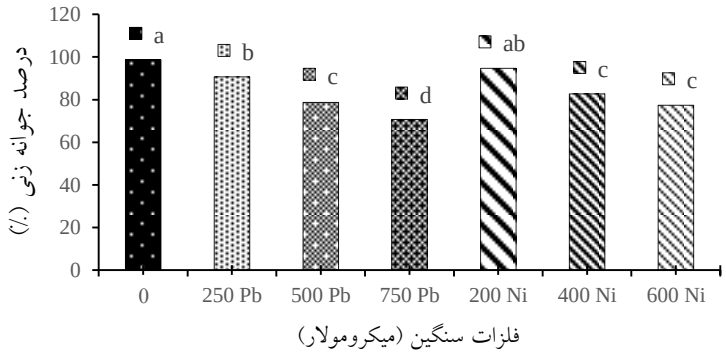
منابع تغییر	درجه آزادی	وزن تر گیاهچه	وزن خشک گیاهچه	بنیه وزنی گیاهچه	بنیه طولی گیاهچه	محتوای نسبی آب
فلزات سنگین	٦	۰/۰۰۰۸**	۰/۰۰۰۰۰٦**	۰/۰۱۲*	٥٦٤۰/۱۹**	۲۰۱/٦۸**
خطا	١٤	۰/۰۰۰۰۰٥	۰/۰۰۰۰۰۰٥	۰/۰۰۳	۱۰۹/۲۷	٤۲/۱٥
ضریب تغییرات (درصد)		۷/٥۹	۱۱/٥٥	۱۱/۰۱	۸/۲٦	۹/۹۷

** معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد.

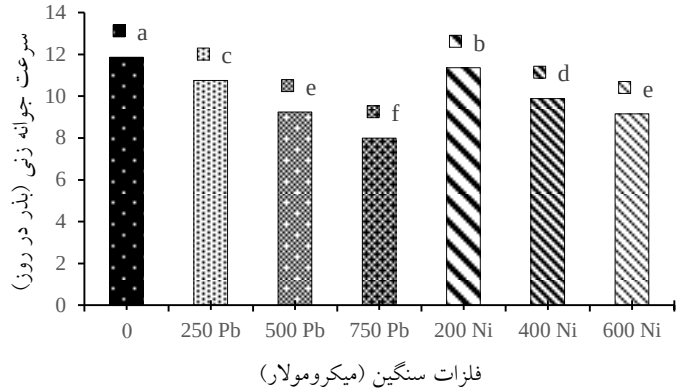
ادامه جدول ۱: تجزیه واریانس اثر فلزات سنگین بر صفات مورد مطالعه گیاه کتان

منابع تغییر	درجه آزادی	درصد جوانه‌زنی	سرعت جوانه‌زنی	طول ریشه‌چه	طول ساقه‌چه	طول گیاهچه
فلزات سنگین	٦	۳۱۰/۸٥**	٥/٥۹**	٥/۹۱**	۰/٥٤**	۸/٦۷**
خطا	١٤	٥/۳۳	۰/۰۳	۰/۱۳	۰/۰۱	۰/۱٥
ضریب تغییرات (درصد)		۲/۷۲	۱/۸٤	۱۰/۹۹	٥/۳۲	٦/٥۸

** معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد

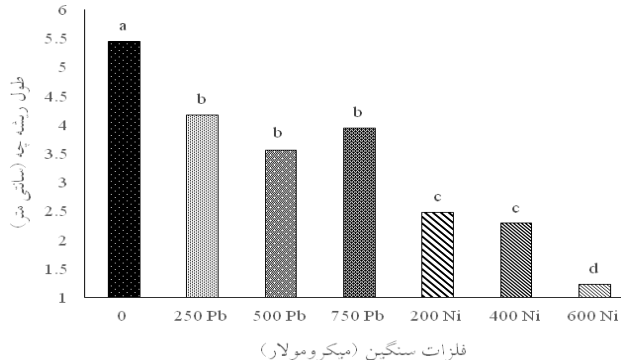


شکل ۱: مقایسه میانگین اثر فلزات سنگین بر درصد جوانه‌زنی



شکل ۲: مقایسه میانگین اثر فلزات سنگین بر سرعت جوانه‌زنی

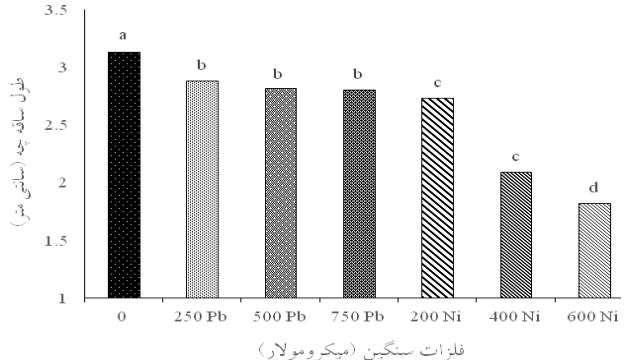
طول ریشه‌چه، ساقه‌چه و طول گیاهچه: نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر فلزات سنگین بر صفات طول ریشه‌چه، ساقه‌چه و گیاهچه کتان در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۱). نتایج مقایسه میانگین نشان داد که فلزات سنگین نسبت به تیمار شاهد اثر منفی بر صفت طول ریشه‌چه داشت. به‌طوری که بیش‌ترین مقدار مربوط به سطح شاهد با میانگین ۵/٤۵ سانتی‌متر بود. هم‌چنین مصرف سرب میزان رشد ریشه‌چه را نسبت به شاهد کاهش داد. اما سرب دارای اثر بازدارندگی کم‌تری بر رشد طولی ریشه‌چه نسبت به همه غلظت‌های نیکل داشت. با افزایش غلظت فلز نیکل اثر کاهنده آن افزایش یافت به‌طوری که کم‌ترین طول ریشه‌چه در غلظت ٦۰۰ میکرومولار فلز نیکل مشاهده شد (شکل۳). گزارش شده است که غلظت زیاد نیکل در سلول‌های آندودرم و پری سیکل، تقسیم سلولی را در پری سیکل مهار می‌کند و در نتیجه از ایجاد و رشد ریشه های فرعی ممانعت می‌نماید (Sharma and Madhulika, 2005) که با نتایج این پژوهش مطابقت دارد. هم‌چنین براساس مطالعات انجام شده کاهش رشد ریشه ممکن است نتیجه لگنینی شدن دیواره سلولی تحت تنش فلز سنگین (Almedia et al., 2007) یا تأثیر مستقیم تنش مذکور بر هسته سلولی (Dauda et al., 2009) باشد.



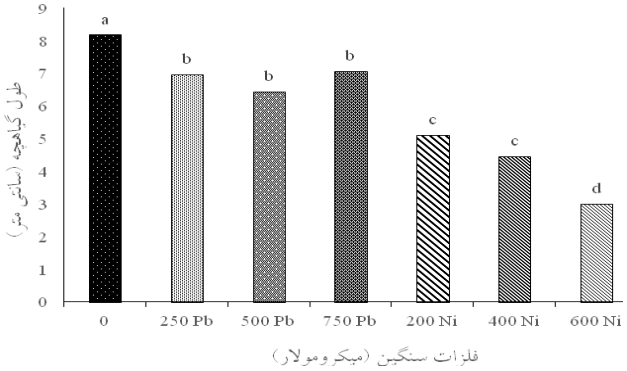
شکل ۳: مقایسه میانگین اثر فلزات سنگین برطول ریشه‌چه

بیش‌ترین و کم‌ترین طول ساقه‌چه به‌ترتیب در تیمار شاهد (۳/۱۳ سانتی‌متر) و ٦۰۰ میکرومولار نیکل (۱/۸۲ سانتی‌متر) مشاهده شد. کاهش طول ساقه‌چه در غلظت‌های فلز سرب کم‌تر از فلز نیکل بدست آمد (شکل ٤). تفاوت مشاهده شده در غلظت فلزات سرب و نیکل در ریشه و ساقه ممکن است نتیجه یکی از فرآیندهای زیر باشد: سمیت‌زدایی فلزات به دنبال تجمع اولیه در بافت ریشه شروع شود و در پی آن مقدار فلزات انتقال یافته به ساقه به

حداقل برسد و یا فرآیند سمّیت‌زدایی در قسمت‌های هوایی گیاه قوی‌تر از ریشه باشد (Khudsar et al., 2000). همچنین بیش‌ترین طول گیاهچه در شاهد (۸/۱۸ سانتی‌متر) و کم‌ترین در غلظت ۶۰۰ میکرومولار نیکل (۳/۰۱ سانتی-متر) مشاهده شد (شکل ۵). گزارش شده است که فلز نیکل باعث کاهش جوانه‌زنی بذر و رشد گیاه آفتابگردان و کاهش طول ریشه‌چه و اندام هوایی ذرت شده است (Ahmad et al., 2009؛ پوراکبر و ابراهیم‌زاده، ۱۳۹۳).



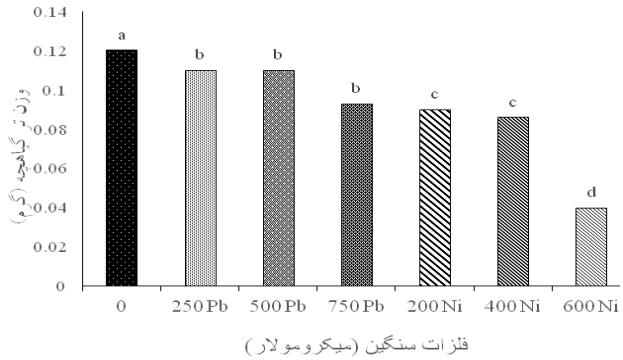
شکل ٤: مقایسه میانگین اثر فلزات سنگین برطول ساقه‌چه



شکل ۵: مقایسه میانگین اثر فلزات سنگین برطول گیاهچه

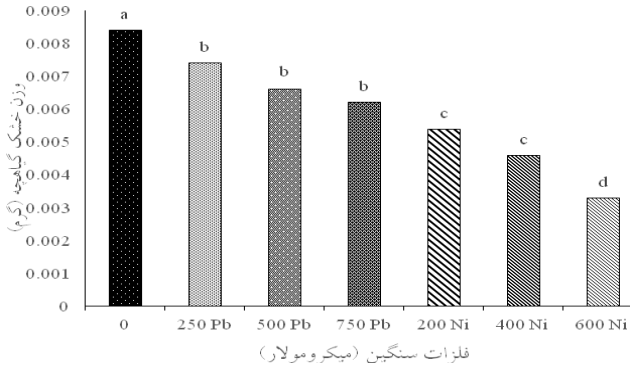
.

وزن تر و خشک گیاهچه: نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر تیمار فلزات سنگین بر صفات وزن تر و خشک گیاهچه تأثیر معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد داشت (جدول ۱). نتایج مقایسه میانگین نشان داد که بیش‌ترین و کم‌ترین وزن تر گیاهچه به ترتیب مربوط به تیمار شاهد (۰/۱۲ گرم) و ۶۰۰ میکرومولار نیکل (۰/۰٤ گرم) بود (شکل ٦). هم‌چنین اثر بازدارندگی فلز سرب بر وزن تر گیاهچه به مراتب کم‌تر از فلز نیکل بود.



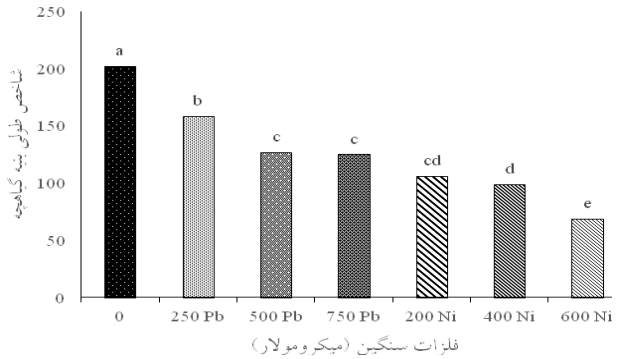
شکل ٦: مقایسه میانگین اثر فلزات سنگین بر وزن تر گیاهچه

نتایج مقایسه میانگین نشان داد که بیش‌ترین و کم‌ترین وزن خشک گیاهچه به ترتیب مربوط به تیمار شاهد (۰/۰۰۸٤ گرم) و ٦۰۰ میکرومولار نیکل (۰/۰۰۳۳ گرم) بود (شکل ۷). هم‌چنین نتایج نشان داد که اثر بازدارندگی فلز نیکل بر وزن خشک گیاهچه به مراتب بیش‌تر از فلز سرب بود. به طور کلی غلظت ٦۰۰ میکرومولار کاهش بیش‌تری را نسبت به دو غلظت دیگر نشان داد. مطالعات نشان داده است که نیکل باعث کاهش وزن خشک، کاهش رشد اندام هوایی و کاهش رشد ریشه گردید (Poorakbar Ebrahimzade, 2012)



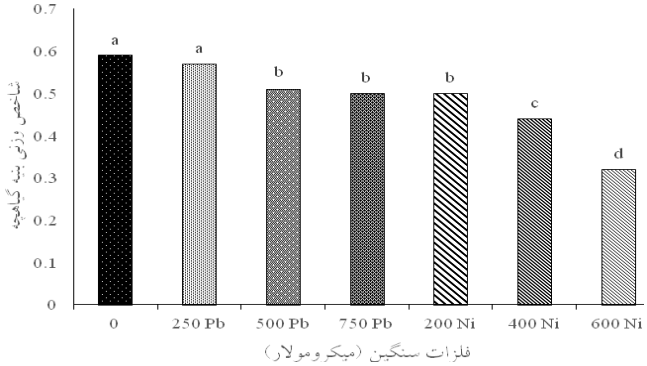
شکل۷: مقایسه میانگین اثر فلزات سنگین بر وزن خشک گیاهچه

شاخص طولی و وزنی بنیه گیاهچه: نتایج تجزیه واریانس این پژوهش نشان داد که اثر تیمار فلزات سنگین بر شاخص وزنی و طولی بنیه گیاهچه در سطح یک درصد و بر شاخص وزنی بذر در سطح پنج درصد معنی‌دار شد (جدول ۱). نتایج مقایسه میانگین نشان داد که شاخص طولی بنیه گیاهچه در حضور فلزات سرب و نیکل کاهش یافت، به‌طوری که سطح شاهد با ۲۰۱/۹۹ دارای بیش‌ترین مقدار بود. سطح ٦۰۰ میکرو مولار نیکل با میانگین ٦۸/۵۱ کم‌ترین مقدار را داشت (شکل ۸).



شکل ۸: مقایسه میانگین اثر فلزات سنگین برشاخص طولی بنیه گیاهچه

هم‌چنین نتایج مقایسه میانگین نشان داد که شاخص وزنی بنیه گیاهچه در حضور فلزات سرب و نیکل کاهش یافت، به‌طوری که سطح شاهد با (۰/۵۹) دارای بیش‌ترین مقدار بود و فلز نیکل با ۶۰۰ میکرو مولار با میانگین ۰/۳۲ کم‌ترین مقدار را داشت. با افزایش غلظت فلزات سنگین نیز از میزان بنیه بذر کاسته شد. اثرات بازدارندگی نیکل بیش‌تر از سرب بود (شکل ۹).



شکل ۹: مقایسه میانگین اثر فلزات سنگین بر شاخص وزنی بنیه گیاهچه

نتیجه‌گیری

نتایج این تحقیق نشان داد که فلزات سرب و نیکل تاثیرات منفی بر رشد گیاهچه بذرهای کتان داشته و شاخص‌های جوانه‌زنی و خصوصیات گیاهچه‌ای کتان در حضور این فلزات کاهش نشان می‌دهد. از بین فلزات مورد بررسی در این پژوهش، فلز نیکل درصد خسارت بیش‌تری بر خصوصیات جوانه‌زنی و رشد گیاهچه‌ای کتان داشت. این اطلاعات می‌تواند گام مؤثری در پیدا کردن آستانه تحمل گیاه کتان در غلظت‌های متفاوت سرب و نیکل تیمار باشد.

References

Ahmad, M.S.A., Hussain, M., Ashraf, M., Ahmad, R. and Ashraf, M.Y. 2009. Effect of nickel on seed germinability of some elite sunflower (*Helianthus annuus* L.). Pakistan Botany. 41:1871–1882.

Almeida, A.F., Valle, A.A., Mielke, M.S., Gomes, F.P. and Braz, J. 2007. Tolerance and prospection of phytoremediator woody species of Cd, Pb, Cu and Cr. Plant Physiology. 19: 83-98.

Dauda, M.K., Variatha, M.K., Shafaqat, A., Najeeba, U., Jamilb, M., Hayat, Y., Dawooda, M., Khand, M.I., Zaffar, M., Cheemad, S.A., Tonga, X.H. and Zhua, S. 2009. Cadmiuminduced ultramorphological and physiological changes in leaves of two transgenic cotton cultivars and their wild relative. Journal of Hazardous Materials. 168: 614-625.

Gisbert, G., Ros, R., Haro, A.D., Walker, D.J., Bernal, M.P, Serrano, R. and et al. 2003. A plant genetically modified that accumulates Pb is especiallypromising for phytoremediation. Biochemal Biophysics Commun. 303: 440– 445.

Hall, J.L. 2002. Cellular mechanisms for heavy metal detoxification and tolerance. Journal of Experimental Botany. 53: 1-11.

Hassan-Zadeh, A., Sahari, M.A. and Barzegar. M. 2008. Optimization of the ω^{-3} extraction as a functionalfood from flaxseed. International of Food Science and Nutrition. 59(6): 526 – 34.

IranNejad, H. 2006. Treating medicinal plants and oilseeds (hemp, oil and castor oil). Ayed Publishing. Tehran. Pp 128.(In Farsi).

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. Journal of Hazardous Materials. 154: 914-920.

ISTA (International Seed Testing Association). 2009. International Rules for Seed Testing International Seed Testing Association. Bassersdorf, Switzerland.

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

Kamel, H.A. 2008. Lead Accumulation and its Effect on Photosynthesis and Free Amino Acids in Vicia faba Grown Hydroponically. Australian Journal of Basic and Applied Sciences. 2(3): 438-446.

Khudsar, T., Uzzafar, M., Soh, W.Y. and Iqbal, M. 2000. Morphological and anatomical variations of Cajanus cajan (Linn.) Huth raised in cadmium-rich soil. Journal of Plant Biology. 43: 149-157.

Kopittke, P.M., Asher, C.J., Kopittke, R.A. and Menzies, N.W. 2007. Toxic effects of Pb^{2+} on growth of cowpea (*Vigna unguiculata*) Environmental Pollution. 150: 280-287.

Levitt, J., 1980. Response of Plants to Environmental Stresses, Vol. 2, Water, Radiation, Salt and Other Stresses, Academic press, New York, 650p.

Liamas, A., Ullrich, C.I. and Sanz, A. 2008. Ni^{2+} toxicity in rice: Effect on membrane functionality and plant water content. Plant Physiology and Biochemistry 46: 905-910.

Meagher, B. 2000. Phytoremediation of toxic elemental and organic pollutants. Plant Biology. 3: 153-162.

Peralta-Videa, J.R., Gardea-Torresdey, J.L., Gomez, E., Tiemann, K.J., Parsons, J.G. and Carrillo, G. 2002. Effect of mixed cadmium copper, nickel and zinc at different pHs upon alfalfa growth and heavy metal uptake. Environmental Pollution. 119: 291–301.

Peralta-Videa, J.R., Rosa, G.D.L., Gonzalez, J.H. and Gardea-Torresdey, J.L. 2004. Effects of the growth stage on the heavy metal tolerance of alfalfa plants. Advances in Environmental Research. 8: 679–685.

Pilon-Smits, E. 2005. Phytoremediation. Plant Biology. 56: 15-39.

Poorakbar, L. Ebrahimzade, N. 2012. Growth and physiological responses of *Zea mays* L. to Cu and Ni stress, Agronomy Journal (Pajouhesh & Sazandegi) ,103: 147-159.

Rahman, H., Sabreen, S., Alam, S. and Kawai, S. 2005. Effects of nickel on growth and composition of metal micronutrients in barley plants grown in nutrient solution. Plant Nutr. 28: 393–404.

Sanjari Mazaj, T., Ahmadi, Kh. and Omidi, H. 2017. Evaluation the effect of salicylic acid and auxin on germination indices of savory (*Satureja hortensis* L.) under drought and salinity stresses**.** Seed Journal Research. 6(3): 81-92.(In Farsi).

Sharma, R. K. and Madhulika, A. 2005. Biological effects of heavy metals: An overview. Environmental Biology. 26: 301-313.

Szôllôsi, R., Kálmán, E., Medvegy, A., Petô, A. and Varga, S.A. 2011. Studies on oxidative stress caused by Cu and Zn excess in germinating seeds of Indian mustard (*Brassica juncea* L.). Acta Biologica Szegediensis. 55: 175-178.

Turan, M.A., Elkarim, A.H.A., Taban, N., and Taban, S. 2010. Effect of salt stress on growth and ion distribution and accumulation in shoot and root of maize plant. African Journal of Agricultural Research. 5: 584-588.

Vogel-Mikus, K., Drobne, D. and Regvar, M. 2005. Zn, Cd and Pb accumulation and arbuscular mycorrhizal colonisation of pennycres Thlapi praecoxWulf (*Brassicaceae*) from the vicinity of a lead mine and smelter in Slovenia. Environmental Pollution. 133: 233–242.

Journal of Seed Research, Vol. 8, No. 2, Summer 2018

Evaluation of the effect of heavy metals on germination characteristics of flax (*Linum usitatissimum*) seed

Azad bakht, F. [1*], sohiel nejad, A.B.[2] , Moradian, Z.[3] , Ahmadi, K.h.[4] Bazmakani, R.[5], karimi, T.[6] , Alipour, S.[7]

[*1]M.Sc Student of seed science and technology, College of Agriculture, Shahed University, Tehran, Iran

[2]Assistant Professor, Department of Agriculture, Payam nor University, Tehran, Iran

[3]M.Sc Student of seed science and technology, College of Agriculture, Shahed University, Tehran, Iran

[4]M.Sc Student of seed science and technology, College of Agriculture, Shahed University, Tehran, Iran

[5]M.Sc Student of plant breeding, College of Agriculture, Shahed University, Tehran, Iran

[6]M.Sc Student of seed science and technology, College of Agriculture, Shahed University, Tehran, Iran

[7]M.Sc Student of seed science and technology, College of Agriculture, Shahed University, Tehran, Iran

Abstract

In order to study the effect of nickel and lead metals on germination characteristics and flax seedling growth, a factorial experiment in a completely randomized design (CRD) with three replicates was conducted in Laboratory of Seed Science and Technology, College of Agriculture, Shahed University in 2016. The factors were heavy metals treatment including lead (control, 250, 500 and 750 µm), and nickel (200, 400 and 600 µm). The results of analysis of variance showed that the effect of heavy metals on germination percentage, germination rate, root length, shoot length and seedlings length, seedling fresh and dry weight, viguor of seedling length index and relative water content was significant at one percent probability level. The highest germination percentage (98.66 percent) and germination rate (11.86 1.day) were related to control treatment. Also, using lead metal reduced germination characteristics and flax seedling growth compare to controls. But, the inhibitory effect of lead metal on germination characteristics and flax seedling growth was less compared to all of nickel concentrations. With increasing nickel concentrations the inhibitory effect were increased, therefore the lowest germination characteristics and flax seedling growth were observed in 600 µm nickel concentrations. In general, results showed that nickel and lead metals lead to reduce germination seed and growth of flax.

Keywords: Flax, Germination percentage, Ni, Pb, Seedling index.