بررسی پاسخ جوانه‌زنی اکوتیپ‌های مختلف بابونه (*Matricaria chamomilla* L.) به نیترات سرب

زهرا جودی[۱]، سدابه جهانبخش[۲] و قاسم پرمون[۳]*

[۱]کارشناسی ارشد، گروه بیوتکنولوژی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران
[۲]دانشیار، گروه زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران
[۳]دانشجوی دکتری، دانشکده کشاورزی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران

تاریخ دریافت: ۹۸/۳/۲۵ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۴/۱۲

چکیده

بابونه با نام علمی *Matricaria chamomilla* L. گیاهی یک ساله از تیره **کاسنیان** است که از گل‌های آن در صنایع داروسازی، آرایشی، بهداشتی و غذایی و همچنین در تهیه مواد دارویی استفاده می‌شود. 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. آلودگی ناشی از حضور فلزات سنگین در خاک‌های کشاورزی، یکی از مهم‌ترین مشکلات اکولوژیک در سطح جهان است. سرب یکی از سمی‌ترین فلزات سنگین است که عموماً کاهش جوانه‌زنی و رشد گیاهچه گیاهان در اثر سمیت آن مشاهده شده است. در این تحقیق، با توجه به اهمیت دارویی و صنعتی گیاه بابونه آزمایشی در قالب طرح کاملاً تصادفی در سه تکرار در آزمایشگاه دانشگاه محقق اردبیلی در سال ۱۳۹۵ به اجرا درآمد. تیمارهای مورد آزمون سه اکوتیپ مختلف گیاه بابونه (آلمانی، مجارستانی و مشهد) و نیترات سرب در ٤ سطح (صفر، ۵۰، ۱۰۰ و ۱۵۰ میکرومول) انجام شد. نتایج حاصل نشان داد که کاربرد نیترات سرب شاخص‌های جوانه‌زنی مانند درصد جوانه‌زنی را از ٦۰/۸۸ به ۵۱/۳۳ درصد و سرعت جوانه‌زنی را از ۰/۵۱ روز در شاهد به ۰/٤۲ روز در سطح ۱۵۰ میکرومول کاهش داد. و سبب افزایش متوسط جوانه‌زنی از ۱/۹۰ به ۲/٤۰ روز شد. طول ریشه‌چه از ۲۰/۲۷ میلی‌متر به ۱٦/۸۳ میلی‌متر در سطح ۱۵۰ میکرومولار، طول گیاه‌چه از میانگین ۲۷/۸۷ میلی‌متر به ۲٤/٦۳ میلی‌متر در سطح ۱۵۰ میکرومولار و شاخص قدرت از ۱۷/۷۰ به میانگین ۱۳/۱۸ در کاربرد ۱۵۰ میکرومولار در اثر کاربرد نیترات سرب کاهش یافتند. به‌طور کلی نتایج این پژوهش نشان داد که از بین اکوتیپ‌های مورد بررسی، اکوتیپ مجارستان متحمل‌ترین و آلمانی حساس‌ترین اکوتیپ‌ها به نیترات سرب بودند.

واژه‌های کلیدی: آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانت، جوانه‌زنی، گیاه بابونه، نیترات سرب.

مقدمه

بابونه با نام علمی *Matricaria chamomilla* L. گیاهی یک ساله از تیره Astraceae است که از گل‌های آن در صنایع داروسازی، آرایشی و بهداشتی و صنایع غذایی استفاده فراوانی می‌شود. گل‌های این گیاه دارای اسانس هستند که در صورت وجود کامازولن، به رنگ آبی مشاهده می‌شود (Rafieiolhossaini and Vandamme, 2006). بابونه به‌عنوان

*نویسنده مسئول: ghasem.parmoon@gmail.com

یکی از گیاهان دارویی در تهیه داروهای گیاهی ترکیبی و همچنین در تهیه مواد دارویی شناخته شده است (Svehlikova et al., 2004). در بررسی‌های صورت گرفته روی این گیاه دارویی مشخص شده است که عملکرد بابونه تحت تأثیر رقم، شرایط آب و هوایی و میزان آب قابل دسترس در محیط ریشه قرار می‌گیرد (Fernandez et al., 1993; Wagner, 1993). گل‌های بابونه و مواد استخراج شده از آن، در پزشکی و صنایع آرایشی و بهداشتی مصارف گوناگونی دارد. اثرات ضد تشنج، ضدالتهاب و ضدمیکربی بودن بابونه به‌دلیل وجود ترکیب‌هایی است که در مواد فرار و غیر فرار آن وجود دارد (Rafieiolhossaini and Vandamme, 2006).

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 باعث تخریب زمین‌های زراعی و اختلال در فرایندهای رشد و نمو گیاهان می‌گردد (Zengin and Munzuroglu, 2005). فلزات سنگین شامل عناصر فلزات سنگین با تجمع در دیواره سلول، ورود به سیتوپلاسم و ایجاد اختلال در متابولیسم طبیعی سلول منجر به کاهش رشد می‌شوند (Yadav, 2010). انباشته شدن فلزات سنگین در محیط ریشه سبب کاهش جذب آب و عناصر غذایی، مهار فعالیت آنزیم‌ها، کاهش متابولیسم سلولی، کاهش فتوسنتز، کاهش جذب و در نتیجه مهار رشد، تسریع پیری و حتی مرگ گیاه می‌شود (Countrey, 2006). بر اساس داده‌های آژانس حفاظت محیط‌زیست، سرب مهم‌ترین فلز آلاینده محیطی است (Harrison and Laxen, 1977). آلودگی سرب مشکلات فراوانی را برای گیاهان موجب می‌شود. غلظت بالای سرب در سطح مورفولوژیک 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). در فراساختار سلول، تغییر اندازه و شکل کلروپلاست و افزایش اندازه واکوئل را ایجاد می‌کند (Islam et al., 2007; Liu et al., 2008)؛ و در سطح فیزیولوژیک سرب، در عمل روزنه‌ها، محتوای نیترات، تعادل آب سلول‌ها، فتوسنتز و تنفس اشکال ایجاد کرده، همچنین سبب افزایش پراکسیداسیون لیپیدها می‌شود (Liu et al., 2008). بیشترین میزان سرب از طریق سیستم‌های ریشه‌ای جذب می‌شود و مقدار ناچیزی هم از طریق برگ خصوصاً برگ‌های دارای کرک جذب گیاهان می‌گردد. چنین شرایطی موجب مسمومیت گیاه، کاهش رشد و میزان محصول، زردی برگ‌های جوان، کاهش جذب برخی عناصر ضروری مثل آهن و موجب کاهش میزان فتوسنتز می‌شود (Pallavi and Rama, 2005).

اولین مرحله رشد گیاه جوانه‌زنی بذر است که طی سه مرحله جذب آب، کمون و خروج ریشه‌چه انجام می‌شود. فعالیت آنزیم‌ها طی مراحل اول و دوم شروع می‌شود و طی مرحله دوم تنفس افزایش یافته، واکنش‌های تجزیه و سنتز آغاز شده و فعال شدن آنزیم‌ها سبب شکستن بافت‌های ذخیره‌ای و نیز انتقال مواد می‌شود و سرانجام در مرحله سوم ریشه‌چه قابل رؤیت می‌شود (Ashraf et al., 2005). جوانه‌زنی فرایندی فیزیولوژیک است که از رشد گیاهچه آغاز شده و با نفوذ گیاهچه به داخل بافت‌های پوششی بذر کامل می‌شود؛ بنابراین زمان جوانه‌زنی حدفاصل بین ورود آب به داخل بذر تا خروج بافت گیاهچه از پوسته بذر است (Biswas et al., 1975).

برومندی جزی و همکاران (Bromandy Jezy et al., 2011) نشان دادند که مسمومیت سرب در درجه اول باعث کاهش معنی‌دار طول ریشه‌چه در گیاه کلزا شده است و با افزایش غلظت سرب میزان طول ریشه به‌طور معنی‌داری کاهش یافته است. لین و همکاران (Lin et al., 2009) بیان کرد تنش سرب موجب کاهش طول ریشه، ساقه و تولید بیوماس در گیاه ذرت می‌گردد. مسمومیت سرب در درجه اول باعث بازدارنده رشد ریشه است که به‌دلیل تجمع سرب در ریشه و اثر سمی آن می‌باشد (Yell Yang, 2000). بر طبق بیان استرالز-گمز (Estrella- Gomez et al., 2009)،

سرب یک عنصر غیرضروری بوده که اثرات سوئی بر جوانه‌زنی و رشد گیاهچه دارد و منجر به کاهش جوانه‌زنی بـذر، رشد گیاه و فرایند فتوسنتز می‌شود. ریولی و همکاران (Ruley et al., 2006) نشان دادند که افزایش سرب به خـاک در یک دوره ۲ و ٤ هفته‌ای سبب کاهش رشد طولی ریشه و ساقه در گیاه Sesbania dormancies می‌شـود. بـا توجـه بـه مطالب بیان شده هدف از این مطالعه بررسی پاسخ جوانه‌زنی اکوتیپ‌های مختلف بابونه به غلظت‌های مختلف نیتـرات سرب بوده است.

مواد و روش‌ها

این پژوهش به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار در آزمایشگاه زراعت دانشگاه محقق اردبیلی در بهار سال ۱۳۹۵ انجام شد. عامل اول سه اکوتیپ مختلف گیاه بابونه (آلمانی، مجارستانی و مشهد) و عامل دوم نیترات سرب در ٤ سطح (صفر، ۵۰، ۱۰۰ و ۱۵۰ میکرومول) در نظر گرفته شدند. بذور مورد آزمون از شرکت پاکان بذر تهیه شد. صفات اندازه‌گیری شده شامل درصد و سرعت جوانه‌زنی، یکنواختی جوانه‌زنی، متوسط زمان لازم برای رسیدن به ۵۰ درصد جوانه‌زنی، طول ریشه‌چه و ساقه‌چه، شاخص طولی قدرت است. بذور مورد استفاده در این پژوهش از شرکت پاکان بذر تهیه گردید. برای انجام آزمون جوانه‌زنی، ۵۰ بذر بعد از ضدعفونی با هیپوکلرید سیدم ۱٪ به مدت ۱ دقیقه درون پتری دیش‌های ۹ سانتی‌متری با دو لایه کاغذ صافی واتمن قرار داده شده بعد از اضافه نمودن محلول‌های نیترات سرب به اندازه‌های مساوی بر اساس نوع تیمار به ژرمیناتور با دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد انتقال داده شدند. شمارش جوانه‌زنی به‌صورت روزانه تا ۲۱ روز انجام و جوانه‌زنی بر اساس خروج جوانه ۲ میلی‌متری صورت گرفت. در صورت نیاز به آبیاری جوانه‌های درون هر پتری‌دیش دوباره به نسبت مساوی از محلول بر اساس نوع تیمار به آن اضافه شدند. در پایان ۲۱ روز طول ریشه‌چه و طول هیپوکوتیل (محور زیر لپه) اندازه‌گیری شدند. برای محاسبه درصد و سرعت جوانه‌زنی و یکنواختی جوانه‌زنی بذور از برنامه Germin استفاده شد که و D_{10} (مدت زمان که طول می‌کشد تا جوانه‌زنی به ۱۰ درصد حداکثر خود برسد)، D_{50} (مدت زمان که طول می‌کشد تا جوانه‌زنی به ۵۰ درصد حداکثر خود برسد) و D_{90} (مدت زمان که طول می‌کشد تا جوانه‌زنی به ۹۰ درصد حداکثر خود برسد) را محاسبه می‌کند. این برنامه پارامترهای یاد شده را برای هر تکرار و هر تیمار بذری از طریق درون‌یابی منحنی افزایش جوانه‌زنی در مقابل زمان محاسبه می‌کند. سرعت جوانه‌زنی (در روز) از طریق رابطه زیر محاسبه شد (Soltani et al., 2002). یکنواختی جوانه‌زنی به‌صورت تکمیل زمان برای رسیدن از ۱۰ درصد حداکثر جوانه‌زنی به 90 درصد حداکثر جوانه‌زنی محاسبه گردید؛ که در این صفت هر چه عدد بدست آمده کمتر باشد، نشان دهنده یکنواختی بیشتر جوانه‌زنی بذرها است (Soltani et al., 2002).

$$R50=1/D50$$
$$GU =D90 - D10$$

مدت زمان رسیدن به ۱۰، ۵۰ و ۹۰ درصد جوانه‌زنی نیز بر اساس فرمول زیر محاسبه شد. در این رابط N جوانه-زنی نهایی و ni و nj نیز تعداد بذور جوانه‌زده در مدت زمان tj-ti می‌باشد (Coolbear, 1984).

$$D10, 50, 90 = ti + [(N/2-ni) (tj -ti)]/ (nj-ni)$$

شاخص طولی قدرت بذر نیز طبق رابطه زیر محاسبه شد (Abdul-Baki, and Anderson, 1973).

درصد جوانه‌زنی×طول گیاهچه=شاخص طولی قدرت

تجزیه و تحلیل داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SAS تجزیه، میانگین با آزمون LSD در سطح احتمال ۵ درصد مقایسه و نمودارها با Excel رسم شد.

نتایج و بحث

شاخص‌های جوانه‌زنی: نتایج حاصل از تجزیه واریانس جوانه‌زنی برای اکوتیپ‌های مختلف بابونه نشان داد که درصد جوانه‌زنی در سطح احتمال یک درصد تحت تأثیر اثرات اصلی اکوتیپ و در سطح احتمال ۵ درصد تحت تأثیر اثرات اصلی نیترات سرب قرار گرفت. سرعت جوانه‌زنی و متوسط جوانه‌زنی در سطح احتمال ۱ درصد تحت تأثیر اثرات اصلی اکوتیپ و نیترات سرب و در سطح احتمال ۵ درصد تحت تأثیر اثرات متقابل اکوتیپ در نیترات سرب، قرار گرفت (جدول ۱). مقایسه میانگین اثرات اصلی نیترات سرب بر درصد جوانه‌زنی نشان داد که افزایش کاربرد نیترات سرب باعث کاهش درصد جوانه‌زنی از ٦٠/٨٨ درصد به ٥١/٣٣ درصد می‌شود. همچنین درصد جوانه‌زنی تحت تأثیر اکوتیپ بوده و بالاترین درصد جوانه‌زنی در اکوتیپ آلمانی با میانگین ٦٠/٢٥ درصد و کمترین به اکوتیپ مجارستان با میانگین ٤٩/٥ درصد تعلق دارد (جدول ۲).

مقایسه میانگین سرعت جوانه‌زنی تأثیر اکوتیپ در نیترات سرب نشان داد که کاربرد نیترات باعث کاهش سرعت جوانه‌زنی از ۰/۵۱ روز در شاهد به ۰/٤٢ روز در سطح ۱۵۰ میکرو مول شد. بالاترین سرعت جوانه‌زنی در اکوتیپ مشهد در کاربرد ۵۰ میکرو مول نیترات سرب با میانگین ۰/٦٧ روز و کمترین سرعت جوانه‌زنی به اکوتیپ آلمانی با میانگین ۰/٣٦ روز در ۱۵۰ میکرو مول نیترات سرب دیده شد (جدول ۳). نتایج اثرات اکوتیپ در نیترات سرب نشان داد که متوسط جوانه‌زنی با افزایش کاربرد نیترات سرب از ۱/۹۰ روز به ۲/٤٠ روز افزایش می‌یابد. بالاترین متوسط جوانه‌زنی در بکارگیری نیترات سرب ۱۵۰ میکرومولار و در اکوتیپ آلمانی با میانگین ۲/٧٤ روز و کمترین متوسط جوانه‌زنی در بکارگیری نیترات سرب ۵۰ میکرومولار و اکوتیپ مشهد با میانگین ۱/۷۵ روز مشاهده شد (جدول ۳).

فلزات سنگین اثر مهارکنندگی خود را بر جوانه‌زنی دانه‌ها به روشهای گوناگون اعمال می‌کنند. برخی فلزات سنگین با مهار هیدرولیز نشاسته آندوسپرم سرعت جوانه‌زنی و رشد اولیه‌ی بذور جلوگیری می‌کنند و برخی دیگر با آسیب رساندن به رویان از جوانه‌زنی دانه جلوگیری می‌کنند (Mishra and Choudhuri, 1997). نتایج بدست آمده از آزمایش‌های طباطبایی و انصاری (Tabatabaei and Ansari, 2018) بر روی دو رقم گندم نشان داد با افزایش سطوح نیترات سرب درصد جوانه‌زنی، سرعت جوانه‌زنی برای هر دو رقم کاهش یافت. نتایج آزمایش‌ها پرالتا و همکاران (Peralta et al., 2001.) نیز بیانگر این موضوع بود که با افزایش غلظت عناصر کادمیوم و نیکل در محیط کشت یونجه (*Medicago sativa* L.) جوانه‌زنی بذر کاهش یافت، که با این نتایج این تحقیق همخوانی دارد. کاهش در بنیه گیاهچه در نتیجه افزایش شدت تنش عناصر مختلف فلزات سنگین نیز گزارش شده است (Saberi et al., 2010). بهاردواج و همکاران (Bhardwaj et al., 2009) نیز گزارش دادند درصد جوانه‌زنی بذر گیاه لوبیا در غلظت کم سرب در مقایسه با شاهد تحت تأثیر قرار نگرفت. سیدیکویی (Siddiqui, 2012) نیز بیان داشت که سرب تا غلظت ۵۰ میلی‌گرم در لیتر هیچ‌گونه تغییر معنی‌داری را در جوانه‌زنی بذر گیاه ماش سبز القا نکرد، اما در غلظت، ۷۵ میلی‌گرم در لیتر جوانه‌زنی بذر را در مقایسه با تیمار شاهد به‌طور بسیار معنی‌داری تحت تأثیر قرار داد. درنتیجه سرب می‌تواند پتانسیل جوانه‌زنی بذر را از طریق بازداری از تقسیم میتوزی و ایجاد خطاهای بزرگ سیتوژنتیکی در گیاهچه‌ها کاهش دهد. نتایج حاصل از این تحقیق نیز نتایج کار پژوهشگران ذکر شده در بالا را تأیید کرد.

جدول ۱: نتایج تجزیه واریانس شاخص‌های جوانه‌زنی و رشد گیاهچه اکوتیپ‌های مختلف بابونه تحت تنش نیترات سرب

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات							
		درصد جوانه‌زنی	سرعت جوانه‌زنی	یکنواختی جوانه‌زنی	متوسط جوانه‌زنی	طول ساقه‌چه	طول ریشه‌چه	طول گیاهچه	شاخص طولی قدرت
اکوتیپ	۲	۳٦٤/۷٥**	۰/۰۳**	۰/۰۸٦^{ns}	۰/٦۷**	۹/٦۰**	۲۱۰۱/۲۳**	۱۸۳۲/٥٥**	٦۹۳/٦۳**
نیترات سرب	۳	۱۸۸/٤۲*	۰/۰۱٤**	۰/۰۷٥^{ns}	۰/۳۲**	۲/۱٤^{ns}	۷۲/٥۱**	۹۹/٤۳**	۸٥/۷۸**
اکوتیپ × نیترات سرب	٦	۳۱/٦۳^{ns}	۰/۰۰٦*	۰/۰٤۸^{ns}	۰/۱۱۷*	۲/۱۹^{ns}	۸۱/۰۲**	٥۳/۹۳**	۳۸/۳۰**
خطا	۲٤	٤٤/۷٥	۰/۰۰۱	۰/۰۲٦	۰/۰۳۷	۰/۹٥	٦/٦٥	۸/٤۳	٤/٤۱
ضریب تغییرات (٪)		۱۲/۰۳	۸/٥۳	۹/۹۷	۹/۰٥	۱۲/۱۲	۱٤/۳۸	۱۱/۱۷	۱٤/۲۰

ns، ** و * به‌ترتیب غیره معنی‌دار، معنی‌دار در سطح ۱ درصد و معنی‌دار در سطح ۵ درصد.

جدول ۲: اثر اصلی اکوتیپ و نیترات سرب بر جوانه‌زنی اکوتیپ‌های مختلف بابونه.

تیمار		درصد جوانه‌زنی (٪)	سرعت جوانه‌زنی (جوانه در ساعت)	یکنواختی جوانه‌زنی	متوسط جوانه‌زنی (ساعت)	طول ساقه‌چه (میلی‌متر)	طول ریشه‌چه (میلی‌متر)	طول گیاه (میلی‌متر)	شاخص طولی قدرت
اکوتیپ	آلمانی	٦۰/۲٥ a	۰/٤۲ c	۲/۸۹ a	۲/۳۹ a	۸/۱٤ a	۱۳/٦٥ b	۲۱/۸۰ b	۱۳/۱۳ b
	مجارستانی	٤۹/٥۰ b	۰/٤۸ b	۲/۷۲ a	۲/۰۷ b	۸/۹۰ a	۷/۳٦ c	۱٦/۲۷ c	۸/۱٥ c
	مشهد	٥۷ a	۰/٥۲ a	۲/۳٤ a	۱/۹۲ b	۷/۱۲ b	۳۲/۷۷ a	۳۹/۹۰ a	۲۳/۰۸ a
نیترات سرب (میکرومول)	۰	٦۰/۸۸ a	۰/٥۱ a	۲/۸۱ a	۱/۹٥ b	۸/٥۰ a	۲۰/۲۷ a	۲۷/۸۷ a	۱۷/۷۰ a
	٥۰	٥۷/۸۸ ab	۰/٤۹ a	۲/۹۱ a	۲/۰٦ b	۸/٤۳ a	۲۰/۲ a	۲۷/٦۳ a	۱۷/۰۲ a
	۱۰۰	٥۲/۲۲ c	۰/٤۸ a	۲/۲۱ a	۲/۰۹ b	۷/٥۰ a	۱٤/٤۲ b	۲۱/۹۲ b	۱۱/۲٥ b
	۱٥۰	٥۱/۳۳ bc	۰/٤۲ b	۲/٦٦ a	۲/٤۰ a	۷/۸۰ a	۱٦/۸۳ b	۲٤/٦۳ b	۱۳/۱۸ b

وجود حروف متفاوت در هر ستون نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار توسط آزمون LSD در سطح ۵ درصد می‌باشد.

شاخص طولی قدرت و رشد گیاهچه: نتایج حاصل از تجزیه واریانس برای طول ریشه‌چه، طول گیاه و شاخص طولی قدرت نشان داد که در سطح احتمال یک درصد تحت تأثیر اثرات اصلی اکوتیپ، نیترات سرب و اثرات متقابل اکوتیپ در نیترات سرب قرار گرفت. برای طول ساقه‌چه اثرات اصلی اکوتیپ در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد (جدول ۱). مقایسه میانگین طول ساقه‌چه نشان داد، اکوتیپ مجارستانی با میانگین ۸/۹۰ میلی‌متر بالاترین طول و اکوتیپ مشهد با میانگین ۷/۱۲ میلی‌متر کوتاه‌ترین طول ساقه‌چه را به خود اختصاص دادند (جدول ۲). مقایسه میانگین اثرات متقابل اکوتیپ در نیترات سرب طول ریشه‌چه نشان داد، کاربرد نیترات سرب باعث کاهش طول ریشه‌چه از ۲۰/۲۷ میلی‌متر در شاهد به ۱٦/۸۳ میلی‌متر در سطح ۱٥۰ میکرومولار می‌شود. بالاترین طول ریشه‌چه در اکوتیپ مشهد در سطح ٥۰ میکرومولار نیترات سرب با میانگین ٤۱/۳٦ میلی‌متر و کمترین طول ریشه‌چه در اکوتیپ مجارستان در سطح ۱۰۰ میکرومولار نیترات سرب با میانگین ۵/۹۳ میلی‌متر مشاهده می‌شود (جدول ۳).

جدول ۳: اثر متقابل اکوتیپ در نیترات سرب بر جوانه‌زنی اکوتیپ‌های مختلف بابونه.

اکوتیپ	نیترات سرب (میکرومولار)	سرعت جوانه‌زنی (جوانه در ساعت)	متوسط جوانه‌زنی (ساعت)	طول ریشه‌چه (میلی‌متر)	طول گیاه‌چه (میلی‌متر)	شاخص طولی قدرت
آلمانی	۰	۰/٤۹ bc	۲/۰۳ cdef	۱۷/۰۳ d	۲۵/۳۰ cd	۱٦/۲۰ c
	۵۰	۰/٤۰de	۲/۵۰ab	۱۱/۲٦ fe	۲۰/۵٦ def	۱۲/۵۳ de
	۱۰۰	۰/٤٤ cd	۲/۲۷ bc	۱۵/٤٦ de	۲۲/۳٦ de	۱۳/۳۰cde
	۱۵۰	۰/۳٦ e	۲/۷٤ a	۱۰/۸٦ f	۱۸/۹٦ ef	۱۰/۵۰ ef
مجارستانی	۰	۰/۵۲ ab	۱/۹۳ fe	۷/۸۳ fg	۱۸ efg	۱۰/۲۲ ef
	۵۰	۰/۵۱ ab	۱/۹٤ dfe	۷/۹٦ fg	۱۷/۳۰fg	۸/۹۱ fg
	۱۰۰	۰/٤٤ cd	۲/۲٦ bcd	۵/۹۳ g	۱۳/۹۳ g	٦/۲٤ g
	۱۵۰	۰/٤٦ bcd	۲/۱٦ cde	۷/۷۳ fg	۱۵/۸٦ fg	۷/۲۲ fg
مشهد	۰	۰/۵۲ ab	۱/۹۰fe	۳۵/۹٦ b	٤۳/۰۳ b	۲٦/٦۸ a
	۵۰	۰/۵۷ a	۱/۷۵ f	٤۱/۳٦ a	٤۸/۰۳ a	۲۹/٦۳ a
	۱۰۰	۰/۵۷ a	۱/۷٤ f	۲۱/۸٦ c	۲۹/٤٦ c	۱٤/۲۰ cd
	۱۵۰	۰/٤۳ cde	۲/۳۰bc	۳۱/۹ b	۳۹/۰٦ a	۲۱/۸۲ b

وجود حروف متفاوت در هر ستون نشان دهنده اختلاف معنی‌دار توسط آزمون LSD در سطح ۵ درصد می‌باشد

طول گیاه‌چه تحت تأثیر منفی کاربرد نیترات سرب از میانگین ۲۷/۸۷ میلی‌متر در شاهد به ۲٤/٦۳ میلی‌متر در سطح ۱۵۰ میکرومولار کاهش یافت به‌طوری که بزرگترین طول گیاه‌چه در اکوتیپ مشهد در کاربرد ۵۰ میکرومولار با میانگین ٤۸/۰۳ میلی‌متر و کوتاه‌ترین طول در اکوتیپ مجارستانی در کاربرد ۱۰۰ میکرومولار نیترات سرب با میانگین ۱۳/۹۳ میلی‌متر دیده شد (جدول ۳). یکی از دلایل کاهش طول ساقه‌چه در شرایط تنش فلزات سنگین کاهش یا عدم انتقال مواد غذایی از لپه‌ها به جنین است. علاوه بر آن کاهش جذب آب توسط بذر در شرایط تنش باعث کاهش ترشح هورمون‌ها و فعالیت آنزیم‌ها و درنتیجه اختلاط در رشد گیاهچه (ریشه‌چه و ساقه‌چه) می‌شود (Chaoui and El Ferjani, 2005). مسمومیت‌های فلزی ممکن است از طریق نمک‌های مختلف که موجب پاسخ‌های مختلف اندامک‌ها می‌شوند ایجاد شوند (Montvydiene et al., 2008). فلزات سنگین به روش‌های مختلف مانع رشد گیاهان می‌شوند. این فلزات با کاهش تورژسانس سلولی سبب کاهش تقسیم سلولی و مهار رشد سلولی شده و از طرف دیگر با تجمع در دیواره سلولی و ورود به سیتوپلاسم در متابولیسم طبیعی سلول اختلال ایجاد کرده و باعث کاهش رشد می‌گردد (Molassiotis et al., 2005; Kabir et al., 2008). محققان دلایلی را برای اثر بازدارندگی فلزات سنگین بر رشد گیاه‌چه بیان نموده‌اند؛ فلزات سنگین به واسطه تحت تاثیر قرار دادن آنزیم‌های هیدرولیتیکی مانند آمیلاز که نشاسته را تبدیل به قند می‌کند؛ باعث می‌شوند مواد غذایی به ریشه‌چه و ساقه‌چه نرسد و در نتیجه طول رشد گیاه‌چه محدود گردد (Kabir, 2008).

شاخص قدرت تحت تأثیر منفی نیترات سرب قرار گرفت؛ و این شاخص را از ۱۷/۷۰ در شاهد به میانگین ۱۳/۱۸ در کاربرد ۱۵۰ میکرومولار نیترات سرب کاهش داد. اکوتیپ مشهد بالاترین شاخص قدرت و اکوتیپ مجارستانی کمترین شاخص قدرت را به خود اختصاص دادند. بالاترین شاخص قدرت در عدم کاربرد نیترات سرب با میانگین ۲٦/٦۸ در اکوتیپ مشهد و کمترین شاخص قدرت در کاربرد ۱۰۰ میکرومولار نیترات سرب و با میانگین ٦/۲٤ در

اکوتیپ مجارستان مشاهده شد (جدول ۳).

وجود فلزات سنگین در محیط جوانه‌زنی به‌دلیل نفوذ سریع به داخل بذر همراه با آب از طریق تأثیر بر فرایندهای فیزیولوژیکی مهم از جمله تنفس و ممانعت از تقسیم سلول‌ها، سبب اختلال در رشد گیاهچه می‌شود (Marquez Garsia et al., 2013). 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). امینی و همکاران (Amini et al., 2016) در بررسی خود نشان دادند که تیمارهای فلزات سنگین کادمیوم و سرب اثر منفی برای صفت بنیه بذر گیاهچه از خود نشان دادند. نتایج بدست آمده از آزمایش‌ها طباطبایی و انصاری (Tabatabaei and Ansari, 2018) بر روی دو رقم گندم کاهش درصد گیاهچه طبیعی، طول گیاهچه، وزن خشک گیاهچه و بنیه گیاهچه را نشان داد. پاندی و شرما (Pandey and Sharma, 2002) نشان دادند که تجمع فلزات سنگین در محیط ریشه سبب کاهش جذب آب و مواد غذایی، فقدان نیترون و فسفر و در نتیجه مهار رشد می‌شود. به طور کلی بنیه گیاهچه از حاصلضرب درصد گیاهچه طبیعی در طول گیاهچه بدست می‌آید که کاهش در بنیه گیاهچه در اثر افزایش شدت تنش را می‌توان به کاهش در اجزای محاسباتی آن نسبت داد (Ansari et al., 2012). کاغش در بنیه گیاهچه در نتیجه افزایش شدت تنش عناصر مختلف فلزات سنگین نیز گزارش شده است (Saberi et al., 2010). تفاوت بین ارقام از لحاظ شاخص‌های جوانه‌زنی از قبیل طول گیاهچه، وزن خشک گیاهچه و بنیه گیاهچه را می‌توان به تفاوت در مصرف مواد ذخیره‌ای بذر ارتباط داد به طوری که در ارقام با توانایی بالاتر برای مصرف سریع‌تر مواد غذایی توانایی تحمل به شرایط تنش بیشتر بوده و این ارقام در شرایط تنش مواد بیشتری از ذخایر بذری را مصرف نموده در نتیجه طول و وزن گیاهچه و به دنبال آن بنیه گیاهچه افزایش می‌یابد و در پی آن به دلیل انتقال بیشتر و سریع‌تر مواد به محور ریشه‌چه، خروج ریشه چه با سرعت بیشتری اتفاق می‌افتد و در پی آن سرعت جوانه‌زنی افزایش می‌یابد (Soltani et al., 2006).

نتیجه‌گیری نهایی

تنش نیترات سرب در اکوتیپ‌های بابونه باعث کاهش شاخص‌های جوانه‌زنی از قبیل درصد جوانه‌زنی و سرعت جوانه‌زنی و افزایش متوسط جوانه‌زنی شد. در مورد رشد گیاهچه و شاخص قدرت نیز تنش نیترات سرب باعث کاهش طول ریشه‌چه و ساقه‌چه شد و به‌تبع آن طول گیاهچه نیز کاهش یافت و شاخص قدرت در اثر تنش کاهش یافت. در بین اکوتیپ‌های مورد بررسی اکوتیپ مجارستان کمترین تغییرات و اکوتیپ آلمانی بیشترین تغییرات را به نیترات سرب نشان دادند.

References

Abdul-Baki, A.A., and Anderson, J.D. **1973.** Vigor determination in soybean by multiple criteria. Crop Science. 13: 630-633.

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.). Iranian Journal of Seed Science and Research. 3(2):95-105**.**

Ansari, O., Choghazardi, H.R., Sharif Zadeh, F. and Nazarli, H. 2012. Seed reserve utilization and seedling growth of treated seeds of mountain rye (Secale montanum) as affected by drought stress. Cercetări Agronomice în Moldova. 45(2): 43-48.

Ashraf, M. and Foolad, M.R. 2005. Pre-sowing seed treatment-a shotgun approach to improve germination growth and crop yield under saline and none-saline conditions. Adv Agro. 88: 223-271.

Bhardwaj, P., Chaturvedi, A.K. and Prasad, P. 2009. Effect of Enhanced Lead and Cadmium in soil on Physiological and Biochemical attributes of *Phaseolus vulgaris L*. Nature and Science. 7(8): 63-66.

Biswas, P.K., Bell, P.D., Caryton J.L. and Paul, K.B. 1975. Germination behavior of Florida purseley seeds. I. Effects of storage, light, temperature and planting depth on germination. Weed Sci. 23: 400- 404.

Bromandy Jezi, sh., Rangbar, M. and Yary Yazdy, H. 2011. Investigation of the destructive effect of lead metal on Brassica napus growth parameters and Effect of salicylic acid on reducing the destructive effects of lead metal. Journal management system. 8 (1).

Chaoui, A. and El Ferjani, M.H. 2005. Effects of cadmium and copper on antioxidant capacities, lignification and auxin degradation in leaves of pea (*Pisum sativum L*.) seedling. Compes Rendus Biologies. 328: 23-31.

Coolbear, P. 1984. The effect of low temperature pre-sowing treatment on the germination performance and membrane integrity of artificially aged tomato seeds. Journal of Experimental Botany. 35: 1609-1617.

Countrey, 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.

Estrella- Gomez, N., Mendoza-Cozatl, D., Moreno- Sanchez, R., Gonzalez- Mendoza, D., Zapata- Perez, O., Martinez- Hernandez, A. and Santamaria, J.M. 2009. The Pb-hyperaccumulator aquatic fern salvinia minima baker, responds to Pb^{2+} by increasing phytochelatins via changes in smpcs expression and in phytochelatin synthase activity. Aquat Toxicol. 91: 320- 328.

Fatemeh, A., Hamidreza, B., Mohsen, M.D. and Mahmood, A. 2016. Effects of different concentrations of heavy metals application on germination indices and seed vigor of Pinto bean (*Phaseolus vulgaris* L.) .Iranian Journal of Seed Science and Research. 3 (2): 95-105.

Fernandez, R., Scull, R., Gonzales, J.L., Crespo, M., Sanchez, E. and Carballo, C. 1993. Effect of fertilization on yield and quality of *Matricaria reculita* L. (Chamomile). Aspects of mineral nutrition of the crop. Memorias 11th production in Slovenia. Acta Horticulturae. 344: 476-478.

Harrison, R. and Laxen, D. 1977. A comparative study on methods for soil analysis of total lead in soil. Water, Air and Soil Pollution. 8: 387- 392.

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.

Islam, E., Yang, X.E., Li, T.Q., Liu, D., Jin, X.F. and Meng, F. 2007. Effect of Pb toxicity on root morphology, physiology and ultrastructure in the two ecotypes of *Elsholtzia argyi*. Journal of Hazardous Materials. 147: 806-816.

Kabir, M., Iqbal, M.Z., Shafigh, M. and Faroogi, Z.R. 2008. Reduction in germination and seedling growth of *Thespesia populnea* L. caused by lead and cadmium treatments. Pakistan Journal of Botany. 40(6): 2419-2426.

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.

Lin, CJ., Liu, L., Liu, T., Zhu, L., Sheng, D. and Wang, D. 2009. Soil amendment application frequency contributes to phytoextraction of lead by sunflower at different nutrient levels. Environ Expr Bot. 65: 410- 416.

Liu, D., Li, T.Q., Yang, X.E., Islam, E., Jin, X.F. and Mahmood, Q. 2008. Effect of Pb on leaf antioxidant enzyme activities and ultrastructure of the two ecotypes of *Sedum alfredii* Hance. Russian Journal of Plant Physiology. 55: 68-76.

Marquez Garsia, B., Marquez, C., Sanjose, I., Nieva, F.J.J., Rodriguez Rubio, P. and MunozRodriguez, A.F. 2013. The effects of heavy metals on germination and seedling characteristics in two halophyte species in Mediterranean marshes. Marine Pollution Bulletin. 70: 119-124.

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 Journal of Plant Physiology. 291: 41-44.

Molassiotis, A., Satipoulos, T., Tanou, G., Diamantidis, G. and Therios, I. 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. 7: 24-32.

Montvydiene, D., Marciulioniene, D., Kazlauskiene, N., Ratkelyte, E., Luksiene, B., Tautkus, S. and Padarauskas, A. 2008. Toxic impact of different salts of metals on organisms, 7th International Conference on Environmental Engineering. p: 231-238.

Pallavi, S.H., and Rama, S.H.D. 2005. Lead, toxicity in plants. Braz J Plant Physiol, Vol. 17. No. 1: 15- 22.

Pandey, N. and 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.

Peralta, J.R., Gardea-Torresdey, J.L., Tiemann, K.J., Gomez, E., Arteaga, S., Rascon, E. and Parsons, J.G. 2001. Uptake and effects of five heavy metals on seed germination and plant Growth in alfalfa (*Medicago sativa* L.). Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology. 66: 727-734.

Rafieiolhossaini, M. and Vandamme, P. 2006. Production of German Chamomile (*Matricaria chamomilla* L.) affected by four sowing dates and different ages of seedling, Proceeding of International symposium on chamomile research, development and production, Presov, Slovakia. 7-10: 38-39.

Ruley, A.T., Nilesh, C.S., Shivendra, V.S., Shree, R.S. and Kenneth, S. S. 2006. Effect of lead and chelators on growth, photosynthetic activity and pb uptake in Sesbania dormancies grown in soil. Environ Pollut. 144: 11- 18.

Saberi, M., Tavili, A., Jafari, M. and Heidari, M. 2010. The effect of heavy metal on germination and seedling growth of *Atripex lentiformis*. Journal of Rangeland. 4(1): 112-120.

Saberi, M., Tavili, A., Jafari, M. and Heidari, M. 2010. The effect of heavy metal on germination and seedling growth of Atripex lentiformis. Journal of Rangeland. 4(1): 112-120.

Siddiqui, S. 2012. Lead induced genotoxicity in *Vigna mungo* var. HD-94. Saudi Society of Agricultural Sciences. 11 (1): 107-112.

Soltani, A., Galeshi, S. Zainali, E. and Latifi, N. 2002. Germination, seed reserve utilization and seedling growth of chickpea as affected by salinity and seed size. Seed Science and Technology. 30: 51-60.

Soltani, A., Gholipoor, M. and Zeinali, E. 2006. Seed reserve utilization and seedling growth of wheat as affected by drought and salinity. Environmental and Experimental Botany, 55: 195-200.

Svehlikova, V., Bennett, R., Mellon, F., Needs, P., Piacente, S., Kroon, P. and Bao, Y. 2004. Isolation, identification and stability of acylated derivatives of apigenin 7-O-glucoside from chamomile (*Chamomilla recutita* [L] Rauschert). Phytochemistry**.** 65: 2323-2332.

Tabatabaei, S.A. and Ansari, O. 2018. Evaluation of Germination and Biochemical Changes of Two Wheat (*Triticum aestivum*) Cultivars under Pb $(NO_3)_2$ Stress. Iranian Journal of Seed Research. 5(2): 15-28.

Wagner, T. 1993. Chamomile Yadav SK, 2010. Heavy metals toxicity in plants: An overview on the role of glutathione and phytochelatins in heavy metals stress tolerance of plants. South African Journal of Botany. 76: 167-179.

Yadav, S.K. 2010. Heavy metals toxicity in plants: An overview on the role of glutathione and phytochelatins in heavy metals stress tolerance of plants. South African Journal of Botany. 76: 167-179.

Yell Yang Y. 1999. Identification of rice varieties with high tolerance or sensity to lead Zimdahl, R. C. Fundamentals of weed science. Academic Press.

Zargari, A. 1993. Medicinal Plants (5 vol. Collection), Tehran University Press. p 400.

Zengin, F.K. and Munzuroglu, O. 2005. Effects of some heavy metaleson chlorophyll, proline and som antioxidant and chemicals in Bean (*Phaseolus vulgaris* L.) seedlings. Acta Biologica Cracoviensla Series Botanica. 47(2): 157-164.