Archive of SID

نشریه علمی تغذیه گیاهان باغی
دوره دوم، شماره ۲، پاییز و زمستان ۱۳۹۸، (ص ۲۰۸-۲۲۵)

بررسی پاسخ مورفوفیزیولوژیک تربچه (Raphanus sativus L.) به عناصر سرب و نیکل در سیستم هواکشت و گلدانی

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

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ملایر، ملایر، ایران.

kh.moridian6970@gmail.com

۲- نویسنده مسئول و استادیار، گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ملایر، ملایر، ایران.

Zahra_movahedi_312@yahoo.com

۳- استادیار، گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ملایر، ملایر ، ایران.

majidrostami7@yahoo.com

تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۰۸/۱۳ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۱۱/۱۵

چکیده

وجود فلزات سنگین همچون نیکل و سرب یکی از مهم‌ترین عوامل بروز تنش‌های محیطی محسوب می‌شوند. در این پژوهش غلظت‌های مختلف نیترات سرب (۰، ۳، ۶ mg/L) و غلظت‌های مختلف نیترات نیکل (۰، ۳، ۶ mg/L) در دو آزمایش جداگانه و در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار در دو سیستم هواکشت و گلدانی بررسی شده است. نتایج تجزیه واریانس برای هر دو آزمایش نشان داد که بین تیمارهای مختلف برای بیشتر صفات مورد مطالعه در هر دو سیستم هواکشت و گلدانی در سطح احتمال ۱٪ تفاوت معنی‌دار وجود داشت. نتایج نشان داد که با افزایش غلظت سرب در محلول غذایی، تعداد برگ، طول ریشه، ارتفاع کل، وزن تر و خشک ریشه و ساقه و رنگیزه‌های فتوسنتزی روند نزولی را نشان داد در حالیکه غلظت پرولین، فعالیت آنزیم‌های کاتالاز و پروکسیداز، غلظت سرب در ریشه و اندام هوایی افزایش یافت. همچنین افزایش غلظت نیکل در محلول غذایی سبب اختلال در رشد ریشه و ساقه، وزن‌تر و خشک ریشه و ساقه و رنگیزه‌های فتوسنتزی تربچه گردید. در مجموع نتایج این تحقیق نشان داد که نیکل و سرب ممکن است به گیاهان اجازه رشد را بدهد، اما افزایش غلظت آنها در محلول غذایی سبب اختلال در برخی شاخص‌های رشدی تربچه گردید.

کلمات کلیدی: نیترات سرب، نیترات نیکل، کشت بدون خاک، پاسخ بیوشیمیایی، صفات موفولوژیک

www.SID.ir

Archive of SID

مقدمه

یکی از مهم‌ترین عوامل جهانی آلودگی خاک فلزات سنگین می‌باشد. آلودگی با فلزات سنگین به دلیل غیر قابل تجزیه بودن آنها و اثرات فیزیولوژیکی آنها بر موجودات زنده و انسان حتی در غلظت‌های کم سرطان‌زا می‌باشند (Bafeel, 2010). از مهمترین فاکتورهای کاهش دهندهٔ عملکرد محصولات کشاورزی در سطح جهان، می‌توان به تنش‌های محیطی اشاره کرد (Upendra and Bandyopadhyay, 2006). وجود فلزات سنگین، با مقادیر مختلف در پوسته زمین، بعنوان یکی از مهم‌ترین عوامل بروز تنش‌های محیطی می‌تواند منجر به اختلال در رشد گیاه شده، سبب تولید انواع اکسیژن‌های واکنش‌گر یا ROS شوند. فلزات سنگین جذب شده توسط گیاه به اندام هوایی منتقل می‌شوند که این امر می‌تواند منجر به اختلال در متابولیسم و کاهش رشد شود (Smialowicz *et al*., 1984; Smialowicz *et al*., 1988).

از جمله فلزات سنگینی که به عنوان آلاینده‌های مهم مطرح هستند می‌توان به سرب، کادمیم، کروم، مس، جیوه، نیکل، روی و آرسنیک اشاره کرد (Prasad and Strzaka, 2002; Kabata-Pendias and Pendias, 2001). در این میان نیکل از جمله عناصر طبیعی هست که این فلز به فرم‌های مختلف در محیط‌های آبی، خاکی و همچنین در پیکره گیاهان و جانوران وجود دارد. نیکل از جمله فلزات سمی می‌باشد که با افزایش آلودگی‌های زیست محیطی، وارد زنجیره غذایی شده و میزان آن به طور معنی‌داری افزایش می‌یابد (Cempel and Nikel, 2006). سنگ‌های سرپنتین از منابع اولیه فلز نیکل به شمار می‌روند. فعالیت‌های مختلف انسانی مانند استخراج و تصفیه سنگ معدن نیکل، سوزاندن سوخت‌های فسیلی و بقایای نفتی، فاضلاب و تولید باطرهای نیکل -کادمیوم از دیگر منابع برای افزایش فلز نیکل در محیط می‌باشند (Vassilev *et al*., 2002). غلظت بالای نیکل به عنوان یک عاملی تنش‌زا برای گیاهان بوده که می‌تواند به عنوان یک عامل محدود کنندهٔ رشد، ویژگی‌های مختلف فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی گیاهان را تحت تأثیر قرار دهد (Smialowicz *et al*., 1984; Baycu *et al*., 2006). نیکل عنصری است که در غلظت‌های پایین اثر سمی بر گیاه ندارد ولی در غلظت‌های بالا برای گیاهان سمی است (Baycu *et al*., 2006). تحقیقات نشان داده است که میزان نیکل موجود در ریشه و اندام هوایی گیاه ارتباط مستقیم با غلظت نیکل موجود در محیط کشت گیاه دارد (Pereira *et al*., 2002).

یکی دیگر از فلزات سنگین سرب می‌باشد. فعالیت‌های معادن، صنایع، دود حاصل از فعالیت وسایل نقلیه، ترکیبات حاوی سرب مانند رنگ‌ها، گازوئیل و مواد منفجره از جمله مهمترین منابع آلاینده سرب می‌باشند (Huang *et al*., 1997; Li *et al*., 2007). عنصر سرب نیز همانند سایر فلزات سنگین، سبب بروز مشکلات فراوانی برای گیاهان می‌شود، به طوری که غلظت زیاد آن اثر منفی در صفات فیزیومورفولوژیکی و جوانه‌زنی داشته، باعث القای کلروز و نکروز برگ، تغییر رنگ و چوبی شدن ریشه (Islam *et al*., 2008) و کاهش حجم ریشه (Menon *et al*., 2007) می‌شود، همچنین در سطح سلولی موجب تغییر اندازه و شکل کلروپلاست، افزایش اندازه واکوئل و افزایش پراکسیداسیون لیپیدها می‌شود (Islam *et al*., 2008). سرب در جذب عناصری مانند آهن و منگنز نیز اثر منفی داشته و از طریق ممانعت از ورود و یا تشکیل پیوند با ناقلین این عناصر نهایتاً مانع جذب این عناصر توسط ریشه و برگ می‌شود (Xrong, 1997). نتایج مطالعه‌ای در گیاه شاهی

www.SID.ir

Archive of SID

نشان داد که وجود فلزات سنگین در محیط کشت تأثیر منفی بر رشد، عملکرد و محتوای پروتئین این گیاه دارد (Bafeel, 2010). سمیت ناشی از غلظت‌های بالای فلزات سنگین از یک سو و ضرورت وجود آن برای رشد از سویی دیگر، نشان دهنده اهمیت شناخت علائم مسمومیت این عنصر در گیاه و همچنین اطلاع از میزان جذب آن توسط گیاهانی که در شرایط وجود غلظت‌های مختلف این عناصر رشد داده شده‌اند، می‌باشد. بعلاوه مطالعه اثرات فلزات سنگین روی صفات و خصوصیات مورفوفیزیولوژیکی و نیز مطالعه روی آستانه تحمل گیاهان، نسبت به غلظت‌های مختلف این فلزات در شرایط کنترل شده می‌تواند در بهبود کیفیت گیاهان و محصولات زراعی و افزایش بازده آنها از لحاظ محصول دهی متأثر باشد. با توجه به موارد اشاره شده، هدف از این تحقیق بررسی اثر غلظت‌های مختلف نیکل و سرب بر خصوصیات مورفولوژیکی و فیزیولوژیکی تربچه در سیستم‌های هواکشت و گلدانی می‌باشد.

مواد و روش‌ها

در ابتدا بذر رقم چریبل (Cherry belle) تربچه (*Raphanus sativus* L.) از شرکت پاکان بذر اصفهان تهیه گردید. بذرهای سالم به وسیله محلول هیپوکلریت سدیم ۵ درصد و محلول بنومیل یک در هزار ضدعفونی گردید. برای کاشت بذر از سینی نشا استفاده شد. پس از جوانه‌زنی بذرها، گیاهچه‌های یکنواخت و با رشد مناسب، در سیستم هواکشت قرار داده شدند و همزمان کشت گیاهچه‌ها در گلدان (۲۵×۳۰ cm) با بستر خاک (خاک مزرعه، پیت و پرلیت،۱:۱:۱) انجام شد. خاک مورد نیاز برای آزمایش از مزرعه تحقیقاتی دانشگاه ملایر با اسیدیته ۷/٤ و هدایت الکتریکی ۱/٦ دسی زیمنس بر متر تهیه شد. سیستم هواکشت و گلدان‌ها در داخل گلخانه‌ای با دمای روز و شب ۲۵ و ۱۸ درجه سانتی‌گراد و و رطوبت نسبی ٦٥٪ قرار داده شدند. این گلدان‌ها با همان محلول غذایی هوگلند که در سیستم هواکشت استفاده می‌شد، به طور هفتگی در حد طرفیت زراعی، آبیاری می‌شدند. پس از گذشت ٤٨ ساعت و سازگاری گیاهچه‌ها با شرایط هواکشت، تیمارهای مورد نظر اعمال شدند. در این تحقیق اثر غلظت‌های مختلف نیترات نیکل و نیترات سرب در دو آزمایش جداگانه در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار انجام شد. جهت بررسی اثرات نیکل و سرب بر رشد گیاه تربچه در سیستم هواکشت و گلدان، ۳ سطح نیکل (mg/L ٦، ۳، ۰) از منبع نیترات نیکل و ۳ سطح سرب (mg/L ٦، ۳، ۰) از منبع نیترات سرب تهیه گردید. پس از ۳۰ روز گیاهان با ریشهٔ کامل از سیستم هواکشت و همچنین از گلدان برداشت شده، اندام هوایی و ریشه‌ها از یکدیگر جدا شده و طول ریشه، طول کل، تعداد برگ و وزن تر ریشه و وزن تر بخش هوایی اندازه‌گیری شدند. برای این منظور از هر تیمار سه گیاه بطورکامل برداشت شد. برای بدست آوردن وزن خشک به مدت ٤٨ ساعت درون آون با دمای ۷۲ درجه سانتی‌گراد قرار گرفتند (پورتبریزی و همکاران، ۱۳۹۷). برای سنجش رنگیزه‌های فتوسنتزی (کلروفیل a، b و کاروتنوئید)، ۳۰۰ میلی‌گرم نمونه برگ تازه با نیتروژن پودر کرده، ۵ میلی‌لیتر از استون ۸۰ درصد را به آن اضافه کرده، فالکن‌ها به مدت ۳۰ دقیقه در تاریکی قرار داده و پس از آن در دمای ٤ درجه سانتی‌گراد به مدت ۱۵ دقیقه در ۳۰۰۰ دور سانتریفیوژ شدند. سپس میزان جذب در طول موج‌های ٦٦٣، ٦٤٥ و ٤٧٠ نانومتر با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر قرائت گردید، از استون ۸۰ درصد به‌عنوان شاهد استفاده شد (Zhongfu *et al*., 2009). برای

www.SID.ir

Archive of SID

سنجش غلظت پرولین نیز ۵۰۰ میلی‌گرم از نمونه برگ با ۱۰ میلی‌لیتر اسید سولفوسالیسیلیک ۳ درصد استخراج گردید. ۲ میلی‌لیتر از عصاره فیلتر شده و ۲ میلی‌لیتر استیک گلایسال و ۲ میلی‌لیتر اسید نایِن هیدرین به محلول اضافه شده و به مدت یک ساعت در بن ماری ۱۰۰ درجه سانتی‌گراد قرار داده شده و بعد از این مدت در حمام یخ قرار گرفتند و سپس در طول موج ۵۲۰ نانومتر با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر قرائت صورت گرفت. برای نمونه شاهد نیز ۲ میلی‌لیتر اسید سولفوسالیسیلیک، ۲ میلی‌لیتر اسید استیک گلایسال و ۲ میلی‌لیتر اسیدنایِن هیدرین در یک لوله آزمایش ریخته و همراه با سایر نمونه‌ها در حمام آب جوش و یخ قرار گرفتند (Bathes and Wunderlich, 1973). برای اندازه‌گیری میزان جذب عناصر سرب و نیکل در بخش هوایی و ریشه گیاه تربچه از پودر خشک گیاهی خاکستر تر تهیه و استفاده شد. در این مرحله ۵۰۰ میلی‌گرم از بافت خشک برگ را جدا نموده با ۱۰ میلی لیتر اسیدنیتریک (HNO_3) غلیظ مخلوط کرده و به مدت ۲٤ ساعت در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد قرار داده شدند و سپس در زیر هود روی هیتر با دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد ظرف‌ها را بدون درب قرار داده تا زمانی که دو میلی‌لیتر از محلول مورد نظر باقی بماند، سپس دو میلی‌لیتر محلول با ۲۸ میلی لیتر آب مقطر مخلوط کرده و از کاغذ صافی عبور داده و با استوانه مدرج حجم آن را با آب مقطر به ۵۰ میلی‌لیتر رسانیده و غلظت‌های نیکل و سرب موجود در نمونه‌های هضم شدهٔ گیاهی به وسیله اسپکتروفتومتر جذب اتمی مدل واریان (Varian 220، شرکت Agilent آمریکا) دانشگاه صنعتی همدان اندازه‌گیری شدند (Gupta, 1999).

برای اندازه‌گیری فعالیت آنزیم کاتالاز، ۱۰۰ میلی‌گرم از برگ تازه به اضافه ۱ سی سی محلول بافر استخراج (نسبت مورد نظر ۱:۱۰ می‌باشد، ۱۰۰ میلی‌گرم ماده گیاهی و ۱۰ برابر آن بافر است) استفاده شد و سپس به مدت ۱۵ دقیقه سانتریفیوژ انجام گرفت. برای اندازه‌گیری فعالیت آنزیم کاتالاز نیاز، به بافر فسفات سدیم با pH=7 و غلظت mM ۵۰ است که باید در زمان اندازه‌گیری دمای بافر معادل دمای اتاق باشد، برای اندازه‌گیری فعالیت آنزیم ابتدا در هردو کوئت شاهد و کوئت نمونه مقدار ۳ سی سی بافر فسفات سدیم ریخته و به آن مقدار ٤/۵۱ میکرولیتر پراکسید هیدروژن۳۰ درصد اضافه شد. این دو کوئت در دستگاه اسپکتروفتومتر قرار داده شده و Auto Zero شدند. سپس به کوئت نمونه مقدار ۵۰ میکرولیتر از عصاره استخراج شده اضافه و بلافاصله کاهش جذب در طول موج ۲٤۰ نانومتر به مدت ۱ دقیقه قرائت گردید. در آنزیم CAT منحنی بدست آمده سیر نزولی خواهد داشت . برای اندازه‌گیری فعالیت آنزیم پراکسیداز نیز ۱۰۰ میلی‌گرم از برگ تازه را به اضافه ۱ سی سی محلول بافر استخراج، (نسبت مورد نظر ۱:۱۰ می‌باشد، ۱۰۰ میلی‌گرم ماده گیاهی و ۱۰ برابر آن بافر است) و سپس سانتریفیوژ به مدت ۱۵ دقیقه انجام گرفت. برای اندازه‌گیری فعالیت آنزیم پراکسیداز به محلول بافر فسفات سدیم با pH=7 و غلظت ۵۰Mm به مقدار ۳ سی سی و مقدار ۳/۳۵ میکرولیتر ماده گایاکول ٤/۵۱ میکرولیتر پراکسید هیدروژن ۳۰ درصد در کوئت شاهد نیاز بود و در کوئت نمونه همین مواد به اضافه ۵۰Mm از عصاره استخراج شده ریخته شد. پس از اضافه کردن عصاره استخراج شده به کوئت نمونه سریعاً داخل دستگاه اسپکتروفتومتر قرار داده شد، چون که به سرعت واکنش انجام شده و تغییر رنگ (نارنجی) ایجاد می‌کند. میزان جذب در طول موج ٤۷۰mm در مدت ۲

www.SID.ir

Archive of SID

دقیقه اندازه‌گیری شده و با توجه به عدد قرائت شده فعالیت آنزیم مشخص شد.

محاسبات آماری براساس طرح کاملاً تصادفی به صورت ٤ آزمایش مجزا، با استفاده از نرم‌افزار آماری SPSS انجام شد. برای مقایسهٔ میانگین نیز از آزمون چند دامنه‌ای دانکن با سطح احتمال ۵ درصد استفاده شد.

نتایج و بحث

نتایج تجزیهٔ واریانس داده‌ها نشان دادند که برای کلیه صفات مورفولوژیکی مورد مطالعه در هر دو سیستم هواکشت و خاکی در سطح ۱ احتمال درصد اختلاف معنی‌داری بین کاربرد نیکل در محلول غذایی با تیمار شاهد وجود دارد.

نتایج مقایسهٔ میانگین نشان داد که بیشترین تعداد برگ در هر گیاه هم در سیستم هواکشت و هم در تولید درخاک در تیمار شاهد بدست آمد و کمترین تعداد برگ در هر گیاه نیز متعلق به تیمار ٦ mg/L نیترات نیکل بود (جداول ۱ و ۳). برای طول بخش هوایی و طول ریشه نتایج مقایسهٔ میانگین نشان داد که گیاهان تغذیه شده با تیمار نیکل نسبت به تیمار شاهد در هر دو سیستم کاشت کاهش چشمگیری داشته است و بیشترین ارتفاع بخش هوایی و طول ریشه مربوط به تیمار شاهد می‌باشد و کمترین ارتفاع بخش هوایی و طول ریشه نیز مربوط به تیمار ٦ mg/L نیترات نیکل بوده است (جداول ۱ و ۳). برای صفات وزن تر ریشه و بخش هوایی (جداول ۱ و ۳) و وزن خشک ریشه و بخش هوایی گیاه تربچه (اشکال ۱ و ۳) نیز نتایج مشابهی بدست آمد، بطوریکه با افزایش غلظت نیکل در محلول غذایی وزن تر و خشک ریشه و بخش هوایی نسبت به تیمار شاهد کاهش یافته است.

نتایج تجزیهٔ واریانس نشان داد که بین تیمارهای مختلف برای صفات فیزیولوژیکی مورد مطالعه در سیستم هواکشت و کشت در خاک در سطح احتمال ۱٪ معنی دار بود.

نتایج مقایسهٔ میانگین نشان داد که با افزایش غلظت نیکل، تجمع این فلز در هر دو بخش هوایی و ریشه، در هر دو سیستم کشت افزایش معنی‌داری داشته است اما میزان این تجمع در ریشه نسبت به بخش هوایی بیشتر بوده است (اشکال ۲ و ٤).

نتایج مقایسهٔ میانگین برای غلظت پرولین نشان داد که با افزایش غلظت نیترات نیکل در محلول غذایی، غلظت پرولین نیز در هر دو سیستم کشت افزایش یافته است (جداول ۱ و ۳).

با توجه به نتایج مقایسهٔ میانگین، بیشترین میزان فعالیت آنزیم‌های پراکسیداز و کاتالاز در سیستم هواکشت و در خاک مربوط به تیمار ٦ mg/L نیترات نیکل و کمترین میزان مربوط به تیمار شاهد بوده است (جداول ۲ و ٤).

همچنین نتایج نشان داد که با افزایش غلظت نیکل در محلول غذایی، مقدار رنگیزه‌های فتوسنتزی (کلروفیل a، b و کاروتنوئید) بطور معنی‌داری کاهش یافته است بطوریکه بیشترین مقدار کلروفیل در تیمار شاهد و کمترین مقدار در تیمار ٦ mg/L نیترات نیکل مشاهده شد (جداول ۲ و ٤)..

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۱- مقایسهٔ میانگین‌های تأثیر غلظت‌های مختلف نیترات نیکل بر صفات مورد اندازه‌گیری در تربچه در سیستم هواکشت

Table 3- Mean comparison for the effect of different concentrations of $Ni(NO_3)_2$ on morpho-physiological characteristics of radish in aeroponic system

proline (µmol/g)	fresh weight of aerial part (g/plant)	fresh weight of root (g/plant)	leaf number per plant	root length (cm)	aerial length (cm)	$Ni(NO_3)_2$ in nutrient solution (mg/L)
12.01 b	22. 19 a	1.45 a	13.20 a	22.10 a	14.10 a	0
17.10 a	13.80 b	1.20 a	10.10 b	15.30 b	10.60 b	3
17.32 a	5.70 c	0.83 b	7.30 c	11.40 b	7.67 c	6

Means followed by the same letter(s) are not significantly different at 0.01 level of probability

جدول ۲- مقایسهٔ میانگین‌های تأثیر غلظت‌های مختلف نیترات نیکل بر صفات مورد اندازه‌گیری در تربچه در سیستم هواکشت

Table 4- Mean comparison for the effect of different concentrations of $Ni(NO_3)_2$ on morpho-physiological characteristics of radish in aeroponic system

proxidase ($\mu mol\ g^{-1}Fwt\ min^{-1}$)	catalase ($\mu mol\ g^{-1}Fwt\ min^{-1}$)	carotenoid (mg/g Fwt)	chlorophyll b (mg/g Fwt)	chlorophyll a (mg/g Fwt)	$Ni(NO_3)_2$ in nutrient solution (mg/L)
12.12 c	12.51 c	1.23 a	0.67 a	1.12 a	0
15.71 b	15.23 b	0.91 b	0.53 a	1.00 a	3
18.55 a	18.10 a	0.62 c	0.31 b	0.83 b	6

Means followed by the same letter(s) are not significantly different at 0.01 level of probability

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۳- مقایسهٔ میانگین‌های تأثیر غلظت‌های مختلف نیترات نیکل بر صفات مورد اندازه‌گیری در تربچه در کشت خاکی

Table 7- Mean comparison for the effect of different concentrations of $Ni(NO_3)_2$ on morpho-physiological characteristics of radish in soil culture

proline (µmol/g)	fresh weight of aerial part (g/plant)	fresh weight of root (g/plant)	leaf number per plant	root length (cm)	aerial length (cm)	$Ni(NO_3)_2$ in nutrient solution (mg/L)
17.33 b	19.52 a	1.23 a	10.24 a	16.22 a	14.53 a	0
23.32 a	12.54 b	0.84 b	8.34 b	12.31 b	9.71 b	3
26.15 a	8.70 c	0.79 b	5.41 c	8.41 c	6.54 c	6

Means followed by the same letter(s) are not significantly different at 0.01 level of probability

جدول ٤- مقایسهٔ میانگین‌های تأثیر غلظت‌های مختلف نیترات نیکل بر صفات مورد اندازه‌گیری در تربچه در کشت خاکی

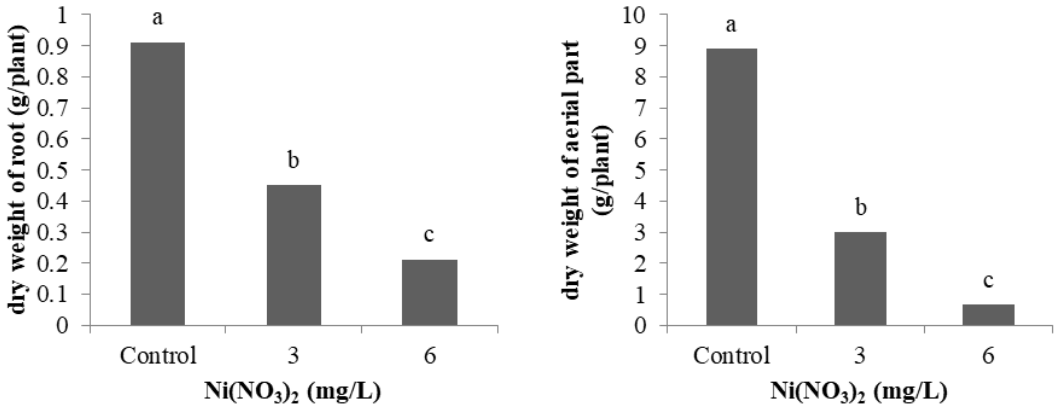
Table 8- Mean comparison for the effect of different concentrations of $Ni(NO_3)_2$ on morpho-physiological characteristics of radish in soil culture

Carotenoid (mg/g Fwt)	chlorophyll b (mg/g Fwt)	chlorophyll a (mg/g Fwt)	proxidase (µmol g^{-1}Fwt min^{-1})	catalase (µmol g^{-1}Fwt min^{-1})	$Ni(NO_3)_2$ in nutrient solution (mg/L)
1.38 a	0.61 a	0.74 a	24.11 c	26.14 c	0
1.11 b	0.42 b	0.53 b	25.24 b	29.32 b	3
1.09 b	0.38 b	0.39 c	29.13 a	31.40 a	6

Means followed by the same letter(s) are not significantly different at 0.01 level of probability

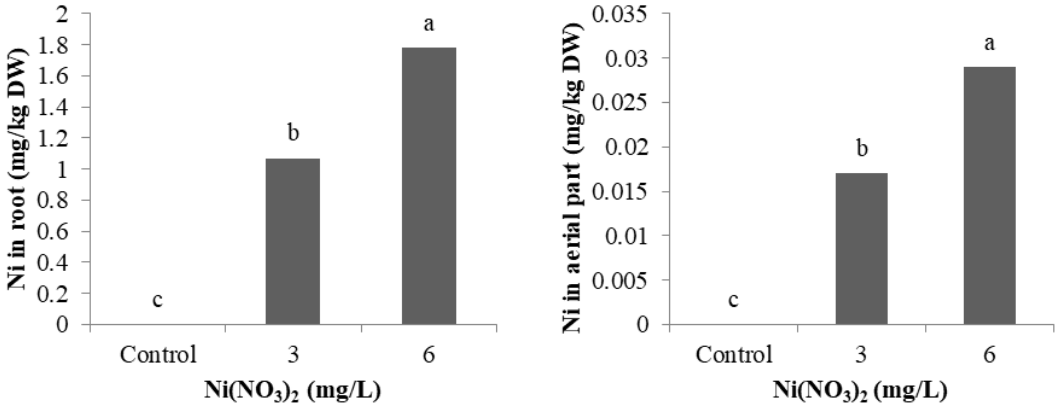
www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۱- مقایسهٔ میانگین‌های تأثیر غلظت‌های مختلف نیترات نیکل برای صفات وزن خشک ریشه و بخش هوایی تربچه در سیستم هواکشت

Figure 1- Mean comparison for the effect of different concentrations of $Ni(NO_3)_2$ for dry weight of root and aerial part of radish in aeroponic system

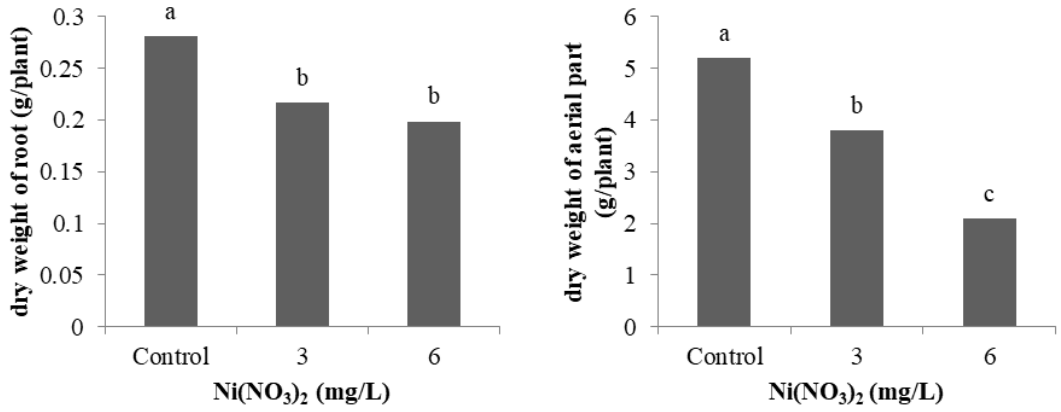


شکل ۲- مقایسهٔ میانگین‌های تأثیر غلظت‌های مختلف نیترات نیکل برای صفات غلظت نیکل در ریشه و بخش هوایی تربچه در سیستم هواکشت

Figure 2- Mean comparison for the effect of different concentrations of $Ni(NO_3)_2$ for Ni in root and aerial part of radish in aeroponic system

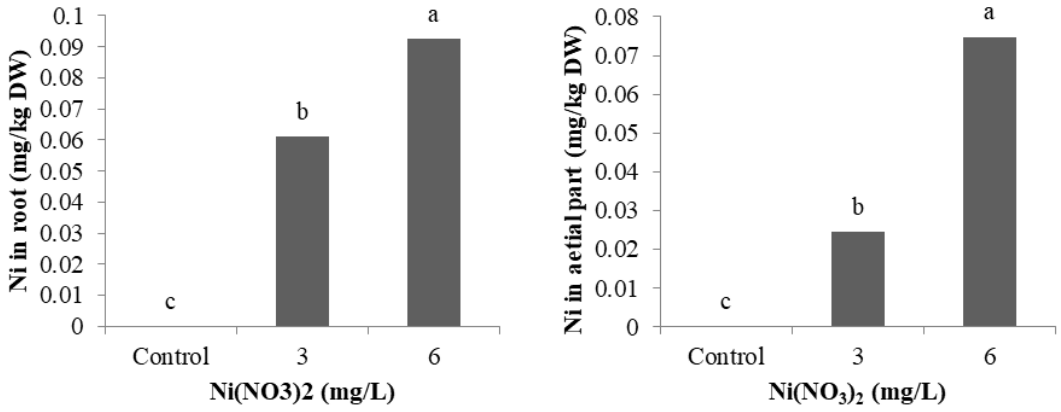
www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۳- مقایسهٔ میانگین‌های تأثیر غلظت‌های مختلف نیترات نیکل برای صفات وزن خشک ریشه و بخش هوایی تربچه در کشت خاکی

Figure 3- Mean comparison for the effect of different concentrations of $Ni(NO_3)_2$ for dry weight of root and aerial part of radish in soil system



شکل ٤- مقایسهٔ میانگین‌های تأثیر غلظت‌های مختلف نیترات نیکل برای صفات غلظت نیکل در ریشه و بخش هوایی تربچه در کشت خاکی

Figure 4- Mean comparison for the effect of different concentrations of $Ni(NO_3)_2$ for Ni in root and aerial part of radish in soil system

www.SID.ir

Archive of SID

نتایج تجزیهٔ واریانس نشان داد که غلظت‌های مختلف نیترات سرب روی تعداد برگ در هر گیاه، ارتفاع بخش هوایی گیاه و طول ریشه، وزن تر و خشک ریشه و بخش هوایی اثر معنی‌داری در سطح احتمال ۱ درصد نشان داد. نتایج مقایسهٔ میانگین نشان داد که بیشترین تعداد برگ در هر گیاه در هر دو سیستم هواکشت و کشت در خاک در تیمار شاهد بدست آمد و کمترین تعداد برگ در هر گیاه نیز متعلق به تیمار ٦ mg/L نیترات سرب بود (جداول ۵ و ۷). با توجه به نتایج مقایسهٔ میانگین، ارتفاع بخش هوایی گیاه و طول ریشه گیاهان تغذیه شده با تیمار سرب نسبت به تیمار شاهد کاهش چشمگیری داشته است و بیشترین ارتفاع بخش هوایی و طول ریشه مربوط به تیمار شاهد بود و کمترین ارتفاع بخش هوایی و طول ریشه نیز مربوط به تیمار ٦ mg/L نیترات سرب بوده است (جداول ۵ و ۷).

برای صفات وزن تر ریشه و بخش هوایی (جداول ۵ و ۷) و وزن خشک بخش هوایی و ریشه (اشکال ۵ و ۷) گیاه تربچه نیز با افزایش غلظت نیترات سرب در محلول غذایی، وزن تر و خشک بخش هوایی و ریشه در هر دو سیستم هواکشت و خاکی کاهش داشته است.

نتایج تجزیهٔ واریانس اثر غلظت‌های مختلف سرب بر صفات فیزیولوژیکی مورد مطالعه در گیاهان تربچه کشت شده در خاک و هواکشت نشان داد که برای کلیه صفات مورد مطالعه در سطح احتمال ۱٪ معنی‌دار بود.

نتایج مقایسهٔ میانگین نشان داد که با افزایش غلظت سرب در محلول غذایی در هر دو شرایط سیستم هواکشت و کشت در خاک، تجمع این فلز در هر دو بخش هوایی و ریشه افزایش معنی‌داری داشته است اما میزان این تجمع در ریشه نسبت به بخش هوایی بیشتر بوده است (اشکال ٦ و ۸).

با توجه به نتایج مقایسهٔ میانگین، غلظت بالای سرب در محلول غذایی، غلظت پرولین در هر دو سیستم کشت را افزایش داده است (جداول ٦ و ۸).

نتایج مقایسهٔ میانگین نشان داد که بیشترین میزان فعالیت آنزیم‌های پراکسیداز و کاتالاز در هر دو سیستم کاشت مربوط به تیمار ٦ mg/L نیترات سرب و کمترین میزان مربوط به تیمار شاهد بوده است (جداول ٦ و ۸).

همچنین نتایج مقایسهٔ میانگین نشان داد که با افزایش غلظت سرب در محلول غذایی، مقدار رنگیزه‌های فتوسنتزی (کلروفیل a، b و کاروتنوئید) بطور معنی‌داری کاهش یافته است بطوریکه بیشترین مقدار کلروفیل در تیمار شاهد و کمترین مقدار در تیمار ٦ mg/L نیترات سرب مشاهده شد (جداول ٦ و ۸).

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۵- مقایسهٔ میانگین‌های تأثیر غلظت‌های مختلف نیترات سرب بر صفات مورد اندازه‌گیری در تربچه در سیستم هواکشت

Table 11- Mean comparison for the effect of different concentrations of $Pb(NO_3)_2$ on morpho-physiological characteristics of radish in aeroponic system

proline (µmol/g)	fresh weight of aerial part (g/plant)	fresh weight of root (g/plant)	leaf number per plant	root length (cm)	aerial length (cm)	$Pb(NO_3)_2$ in nutrient solution (mg/L)
12.01 b	22.19 a	1.45 a	13.21 a	22.12 a	14.12 a	0
21.13 a	17.71 b	1.00 b	9.23 b	14.10 b	11.23 b	3
24.42 a	9.52 c	0.82 c	6.34 c	13.34 b	10.34 b	6

Means followed by the same letter(s) are not significantly different at 0.01 level of probability

جدول ٦- مقایسهٔ میانگین‌های تأثیر غلظت‌های مختلف نیترات سرب بر صفات مورد اندازه‌گیری در تربچه در سیستم هواکشت

Table 12- Mean comparison for the effect of different concentrations of $Pb(NO_3)_2$ on morpho-physiological characteristics of radish in aeroponic system

carotenoid (mg/g Fwt)	chlorophyll b (mg/g Fwt)	chlorophyll a (mg/g Fwt)	proxidase (µmol g^{-1}Fwt min^{-1})	catalase (µmol g^{-1}Fwt min^{-1})	$Pb(NO_3)_2$ in nutrient solution (mg/L)
1.23 a	0.67 a	1.12 a	12.13 b	12.51 b	0
0.86 b	0.44 b	1.03 a	15.32 ab	14.23 ab	3
0.58 c	0.35 c	0.75 b	18.22 a	17.14 a	6

Means followed by the same letter(s) are not significantly different at 0.01 level of probability

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۷- مقایسهٔ میانگین‌های تأثیر غلظت‌های مختلف نیترات سرب بر صفات مورد اندازه‌گیری در تربچه در کشت خاکی

Table 15- Mean comparison for the effect of different concentrations of $Pb(NO_3)_2$ on morpho-physiological characteristics of radish in soil culture

proline (µmol/g)	fresh weight of aerial part (g/plant)	fresh weight of root (g/plant)	leaf number per plant	root length (cm)	aerial length (cm)	$Pb(NO_3)_2$ in nutrient solution (mg/L)
17.33 b	19.55 a	1.29 a	10.20 a	16.21 a	14.51 a	0
19.24 b	15.23 b	0.93 b	7.41 ab	11.84 b	10.22 b	3
24.71 a	10.71 c	0.91 b	5.23 b	7.53 c	5.30 c	6

Means followed by the same letter(s) are not significantly different at 0.01 level of probability

جدول ۸- مقایسهٔ میانگین‌های تأثیر غلظت‌های مختلف نیترات سرب بر صفات مورد اندازه‌گیری در تربچه در کشت خاکی

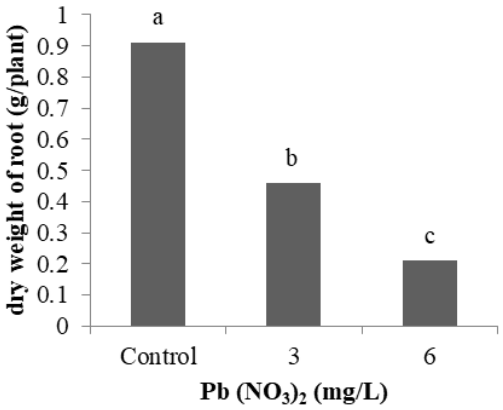
Table 16- Mean comparison for the effect of different concentrations of $Pb(NO_3)_2$ on morpho-physiological characteristics of radish in soil culture

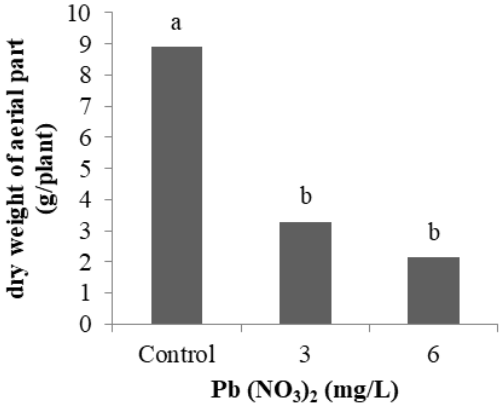
Carotenoid (mg/g Fwt)	chlorophyll b (mg/g Fwt)	chlorophyll a (mg/g Fwt)	proxidase (µmol g^{-1}Fwt min^{-1})	catalase (µmol g^{-1}Fwt min^{-1})	$Pb(NO_3)_2$ in nutrient solution (mg/L)
1.38 a	0.61 a	0.74 a	24.12 c	26.11 c	0
1.08 b	0.39 b	0.41 b	32.24 b	29.63 b	3
1.02 b	0.36 b	0.38 b	37.63 a	44.24 a	6

Means followed by the same letter(s) are not significantly different at 0.01 level of probability

www.SID.ir

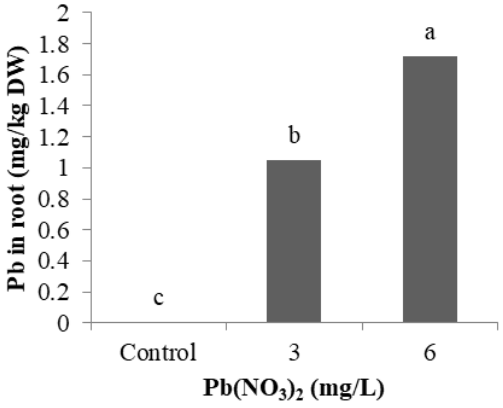
Archive of SID

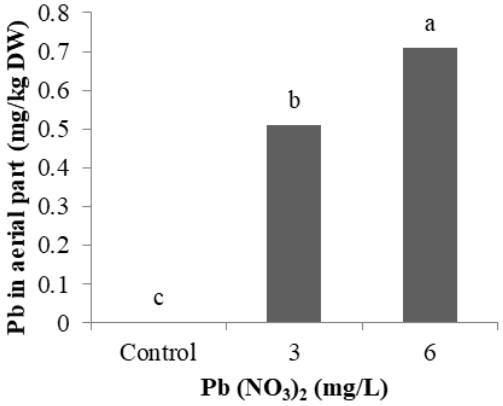




شکل ۵- مقایسهٔ میانگین‌های تأثیر غلظت‌های مختلف نیترات سرب برای صفات وزن خشک ریشه و بخش هوایی تربچه در سیستم هواکشت

Figure 5- Mean comparison for the effect of different concentrations of Pb $(NO_3)_2$ for dry weight of root and aerial part of radish in aeroponic system



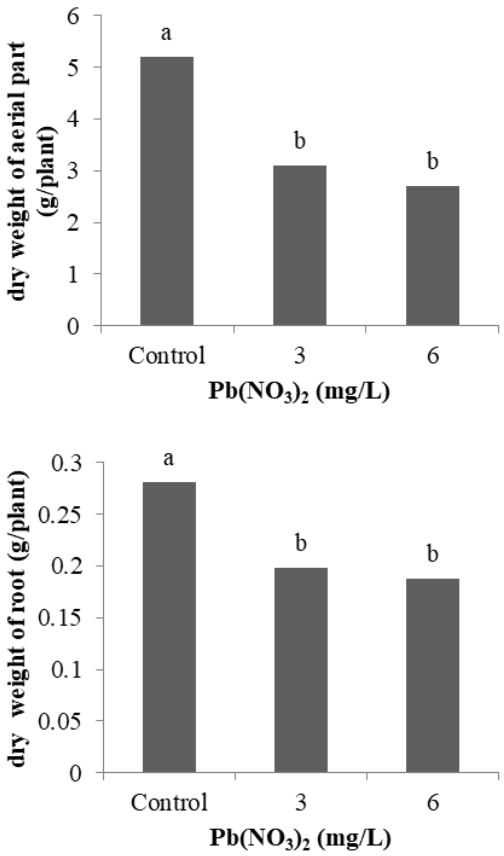


شکل ٦- مقایسهٔ میانگین‌های تأثیر غلظت‌های مختلف نیترات سرب برای صفات غلظت سرب در ریشه و بخش هوایی تربچه در سیستم هواکشت

Figure 6- Mean comparison for the effect of different concentrations of Pb $(NO_3)_2$ for Pb in root and aerial part of radish in aeroponic system

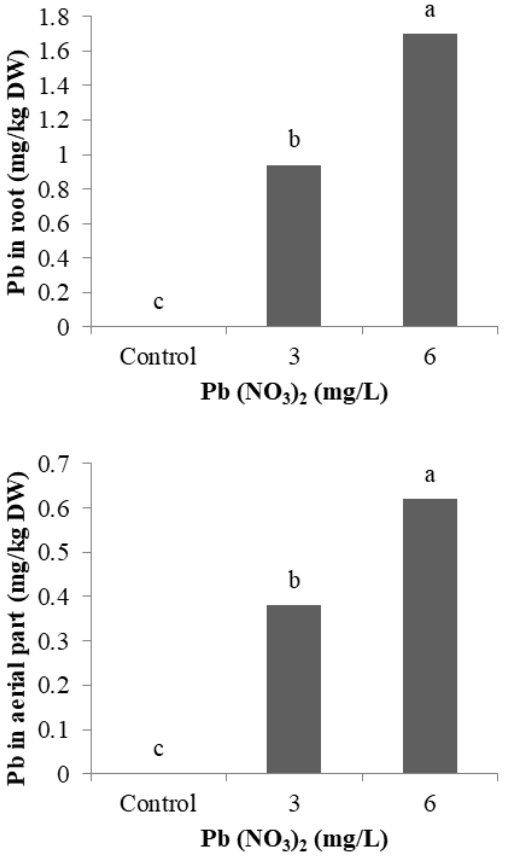
www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۷- مقایسهٔ میانگین‌های تأثیر غلظت‌های مختلف نیترات سرب برای صفات وزن خشک ریشه و بخش هوایی تربچه در کشت خاکی

Figure 7- Mean comparison for the effect of different concentrations of $Pb(NO_3)_2$ for dry weight of root and dry weight of aerial part of radish in soil system



شکل ۸- مقایسهٔ میانگین‌های تأثیر غلظت‌های مختلف نیترات سرب برای صفات غلظت سرب در ریشه (A) و بخش هوایی (B) تربچه در کشت خاکی

Figure 8- Mean comparison for the effect of different concentrations of Pb $(NO_3)_2$ for Pb in root (A) and aerial part (B) of radish in soil system

بحث

بطورکلی نتایج این پژوهش نشان داد که نیکل و سرب اکثر صفات مورد مطالعه را در هر دو سیستم کشت در خاک و هواکشت تحت تأثیر قرار می‌دهند. وزن تر و خشک بخش هوایی و ریشه تحت تأثیر فلزات سنگین کاهش پیدا کرده بودند که این کاهش در وزن بطور مستقیم متأثر از کاهش رشد در گیاه بوده است. ریشه‌ها که وظیفه جذب آب و مواد غذایی را دارند، تأثیر بسیار زیادی در جذب آب و املاح گوناگون داشته و عوامل مختلف محیطی از جمله تنش‌ها می‌توانند از طریق تأثیر بر ریشه، رشد گیاه را تحت تأثیر خود قرار دهند. یکی از این تنش‌ها، تنش فلزات سنگین است که در رشد ریشه اثر منفی داشته و از طریق آن فعالیت‌های رشدی گیاه تحت تأثیر قرار می‌گیرد. بطورکلی، با اختلال در رشد ریشه سطح

www.SID.ir

Archive of SID

جذب کننده مواد غذایی نیز کاهش می‌یابد، همچنین موجب تغییر در ساختار غشای یاخته‌ای و کاهش جذب محتوای آب شده که همین اختلال بر فرآیندهای فیزیولوژیکی مانند تعرق، تنفس و فتوسنتز اثر گذاشته و در نهایت موجب کاهش رشد قسمت‌های مختلف گیاه و از جمله کاهش وزن تر و خشک گیاه می‌شود (Verma and Dubey, 2001). فلزات سنگین با مورفولوژی ریشه را تغییر داده و به دنبال آن جذب مواد غذایی نیز کاهش یافته و از این طریق تأثیر خود را بر وزن تر و خشک ریشه و اندام هوایی می‌گذارد (Fuentes *et al*., 2006). نتایج گزارشات مختلف در گیاهان مختلف مانند گشنیز (تقربیان و همکاران، ۱۳۹٤)، همیشه بهار (اسکندری و همکاران، ۱۳۹٦) و (کشته گر و همکاران، ۱۳۹۳) نیز نشان داد که با افزایش فلزات سنگین در محیط رشد گیاهی، در وزن بیوماس کاهش صورت گرفت که با نتایج این تحقیق مطابقت دارد.

یکی دیگر از صفاتی که تحت تنش فلزات سنگین در این مطالعه کاهش پیدا کرده است، کاهش ارتفاع و طول ریشه می‌باشد. در گیاهانی همچون جعفری (خطیب و همکاران، ۱۳۸۷)، جو و برنج (Yang *et al*., 1996) نیز کاهش ارتفاع و طول ریشه در مواجهه با تنش فلزات سنگین گزارش شده است. آسیب‌های ریشه‌ای ناشی از فلزات سنگین و کاهش میزان کلروفیل و اختلال در فتوسیستم I یکی از دلایل این کاهش رشد گزارش شده است (Arduini *et al*., 1994).

همچنین نتایج این مطالعه نشان داد که با افزایش غلظت نیکل و سرب در محلول غذایی میزان تجمع این عناصر در ریشه و اندام‌هوایی افزایش یافته است که نتایج گزارشات قبلی نیز نشان داد که با این افزایش غلظت فلزات سنگین در بافت‌های گیاهی میزان این عناصر نیز افزایش می‌یابد که به دلیل افزایش غلظت این عنصر درمحیط رشد این گیاهان است. تجمع سرب و نیکل در ریشه بیشتر از اندام هوایی بود و گزارشات زیادی حاکی از توانایی بالای ریشه در جذب عناصر سنگین می‌باشد (Yang *et al*., 1996; Cataldo *et al*., 1978).

رنگیزه‌های فتوسنتزی یکی دیگر از صفاتی است که تحت تاثیر سرب و نیکل کاهش داشته است. ایجاد اختلال در مراحل مختلف سنتز کلروفیل بوسیله فلزات سنگین از دلایل اصلی کاهش محتوای کلروفیل در گیاهان تحت تیمار عناصر سنگین است (Manio *et al*., 2003).

کاتالاز و پراکسیداز از جمله آنزیم‌هایی بودند که تحت تنش فلزات سنگین در گیاه تربچه افزایش داشتند. نتایج تحقیقات نشان داده است که تحت تنش فلزات سنگین تولید رادیکال های آزاد اکسیژن افزایش می‌یابد (Garnczasrska and Ratajczak, 2000). بنابراین گیاهان برای محافظت از خود در مقابل آسیب‌های ناشی از رادیکال‌های اکسیژنی اغلب دارای یک سیستم آنتی اکسیدانی هستند که از ترکیبات آنزیمی مانند کاتالاز و پراکسیداز و و ترکیبات غیر آنزیمی تشکیل شده‌اند (Groppa *et al*., 2007).

در این مطالعه تحت تاثیر نیکل و سرب میزان پرولین افزایش پیدا کرد. یکی از ترکیبات مهم که در شرایط تنش افزایش می‌یابد، پرولین است، در پاسخ به تنش در بسیاری از گیاهان میزان پرولین افزایش یافته و گیاه با تجمع پرولین، پلی آمین، ترهالوز، افزایش ذخیره‌سازی کربوهیدرات‌ها و پروتئین‌سازی می‌تواند مقاومت خود را در برابر تنش افزایش دهد (Hong, 2000). پرولین یکی از محافظت کننده‌های غشاها است. افزایش میزان پرولین در

www.SID.ir

Archive of SID

کاهش اثرات تنش نقش دارد. پرولین تحمل گیاهان به تنش را به طرق مختلف از جمله تنظیم اسمزی، حفاظت آنزیم‌ها در برابر دناتوره شدن و تثبیت سنتز پروتئین، افزایش می‌دهد. تجمع پرولین سبب کاهش اثرات تنش، کاهش اسیدی شدن سلول، در نتیجه تولید $NADP^+$ و حمایت از مسیر اکسیداتیو پنتوز فسفات می‌شود، چون وابسته به $NADP^+$ بوده و توسط $NADPH+H^+$ مهار می‌شود (Kavi Kishor *et al*., 2005).

با افزایش فلزات سنگین، میزان پروتئین در گیاه تربچه کاهش یافت. یکی از دلایل کاهش پروتئین می‌تواند به دلیل تنش اکسیداتیو ایجاد شده توسط فلزات سنگین باشد که موجب ایجاد تغییر در غشای سلولی و تاثیر ناشی از آن بر متابولیسم پروتئین و قند در متابولیسم گیاه باشد که خود می‌تواند توجیهی برای کاهش رشد مشاهده شده در گیاه باشد (Bafeel, 2010).

نتیجه گیری کلی

نتایج حاصل از بررسی انجام شده نشان دهنده تاثیر منفی سرب و نیکل بر اکثر صفات مورد مطالعه بود. همچنین نتایج نشان داد که از سیستم هواکشت می‌توان بخوبی برای مطالعه اثر فلزات سنگین و بخصوص اثر آن بر ریشه استفاده کرد، به دلیل اینکه به راحتی می‌توان تمام مراحل رشد و نمو ریشه‌ها و تاثیر مستقیم فلزات سنگین روی آنها را در یک محیط کنترل شده رصد نمود.

منابع

اسکندری، س.، یادگاری، م.، و ایرانی پور، ر. ۱۳۹۶. بررسی میزان تجمع کادمیوم و سرب درگیاه دارویی همیشه بهار (Calendula officinalis). نشریه فیزیولوژی محیطی گیاهی، ۱۲(۴۷): ۷۶-۹۲

پورتبریزی، ث.، پورسیدی، ش.، عبدالشاهی، ر.، و نادرنژاد، ن. ۱۳۹۷. تاثیر تنش فلز کادمیوم بر برخی صفات مورفولوژیک و فیزیولوژیک گیاه دارویی ماریتیغال (Silybum marianum). فرآیند و کارکرد گیاهی. ۷(۱۶): ۱۸۵-۱۹۸.

تقربیان، م.، پوزش، و.، و خورشیدی،م. ۱۳۹۴. اثر نیکل بر شاخص های رشد، محتوی رنگیزه های فتوسنتزی، پروتئین، قندهای محلول، پرولین و میزان انباشتگی نیکل در گیاه گشنیز. تحقیقات کاربردی اکوفیزیولوژی گیاهی، ۲(۲):۵۹-۷۴

خطیب، م.، راشد محصل، م.ح.، گنجعلی، ع.، و لاهوتی، م. ۱۳۸۷. تأثیر غلظت های مختلف نیکل بر خصوصیات مورفوفیزیولو ژیکی گیاه جعفری (Petroselinum crispum). مجله پژوهشهای زراعی ایران، ۶(۲): ۲۹۵-۳۰۲

کشته گر، م.، صفی پور افشار، س.، و نعمت پور، ف. ۱۳۹۳. اثر فلزات سنگین مس و سرب بر برخی صفات رشدی، میزان پرولین و پراکسیداسیون لیپیدی در دو رقم ماش. اکوفیزیولوژی گیاهان زراعی، ۳(۱۳):۳۶۳-۳۷۴.

Arduini, I., Godbold, D.L., and Onnis, A. 1994. Cadmium and copper change root growth and morphology of *Pinus pinea* and *Pinus pinaster* seedlings. *Physiologia Plantarum*. 92,675-680.

Bafeel, S. 2010. Physiological and Biochemical Aspects of Tolerance in *Lepidium sativum.* (cress) to Lead Toxicity. *Catrina* (Egyption Society for Environmental Sciences). 5(1), 1-7.

Bathes, V., and Wunderlich, B. 1973. Heat capacity of molten polymers. *Journal of Polymer Science, Polymer Physics Edition*, 11 (5), 861-873.

www.SID.ir

Archive of SID

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. *Environmental Pollution*, 143, 545-554.

Cataldo, D.A., Garland, T.R., and Wildung, R.E. 1978. Nickel in plants. *Plant Physiology*. 62,566-570.

Cempel, M., and Nikel, G. 2006. Nickel: A review of its sources and environmental toxicology. *Polish Journal of Environmental Studies*. 15(3),375-382.

Fuentes, D., Disante , K.B., Valdecantos, A., Cortina, J., and Vallejo, V.R. 2006. Response of *Pinus halepensis* Mill. seedlings to biosolids enriched with Cu, Ni and Zn in three mediterranean forest soils. *Environmental Pollution*.145 (1), 316-323.

Garnczarska, M., and Ratajczak, L. 2000. Metabolic responses of lemna minor to lead ions, II. Induction of antioxidant enzymes in roots. *Acta Physiologiae Plantarum*. 22, 429-432.

Groppa, M. D., Tomaro, M. L., and Benarides, M. P. 2007. Polyamines and heavy metal stress: the antioxidant behavior of spermine in cadmium – and copper – treated wheat leaves. *Biometals*. 20, 185-195.

Gupta, P.K. 1999. Soil, plant, water and fertilizer analysis. Publisher: Bikaner Agro Botanica xiii 438 p.

Hong, Z. 2000. Removal of feedback inhibition of delta (1)- pyrroline-5-carboxylate syntheses results in increased proline accumulation and protection of plants from osmotic stress. *Plant Physiology*. 122, 1129-1136.

Huang, J. W., Chen, J., Berti, W. R., and Cunningham, S. D. 1997. Phytoremediation of lead-contaminated soils: role of synthetic chelates in lead phytoextraction. *Environmental Science and Technology*. 31(3), 800-805

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 Material*. 154,914-920

Kabata-Pendias A., and Pendias, H. 2001. Trace Elements in Soils and Plants. Florida: Boca Raton, New York, 505 p.

Kavi Kishor, P. B., Sangam, S., Amrutha, R. N., Sri Laxmi, P., Naidu, K. R. S. S., Rao, K. R. S. S., Reddy, K.J., Theriappan, P., and Sreenivasulu, N. 2005. Regulation of proline biosynthesis, degradation, uptake and transport in higher plants: its implications in plant growth and abiotic stress tolerance. *Current science*. 88 (3), 424-438.

Li, Q., Yu, L.-j., Deng, Y., Li, W., Li, M.-t., and Cao, J.-h. 2007. Leaf epidermal characters of Lonicera japonica and Lonicera confuse and their ecology adaptation. *Journal of Forestry research*. 18(2), 103-108

Manio, T., Stentiford, E.I., and Millner, P.A. 2003. The effect of heavy metals accumulation on the chlorophyll concentration of *Typha latifolia* plants, growing in substrate containing sewage sludge compost and watered with metaliferus water. *Ecological Engineering*. 20,65-74.

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. *Journal of Plant soil*. 297, 171-183.

Pereira, G.J.G., Molina, S.M.G., Lea, P.J., and Azevedo, R.A., 2002. Activity of antioxidant enzymes in response to cadmium in *Grotalaria juncea. Plant and Soil*. 239,123-132.

Prasad, M.N.V., and Strzaka, K. 2002. Physiology and biochemistry of metal toxicity and tolerance in plants. *Plant Sciences*. 161, 881-889.

Smialowicz, R.J., Rogers, R.R., Riddle, M.M., and Scott, G.A. 1984. Immunologic effects of nickel: I. Suppression of cellular and hum oral immunity. *Environmental Research*. 33, 413-427.

www.SID.ir

Archive of SID

Smialowicz, R.J., Rogers, R.R., and Rowe, D.G. 1988. The effects of nickel on immune function in the rat. *Toxicology*. 44, 271-281.

Upendra, K., and Bandyopadhyay, M. 2006. Sorption of cadmium from aqueous solution using pretreated rice husk. *Bioresource Technology*. 97, 104-109.

Vassilev, A., Vangronsveld, J., and Yordanonov, I. 2002. Reviews: Cadmium Phytoextraction: present state, biological backgrounds and research needs. Bulg. J. PlantPhysiol. 28: 3-4. 68-95.

Verma, S., and Dubey, R. 2001. Effect of cadmium on soluble sugars and enzymes of their metabolism in rice. *Biologia Plantarum*. 44 (1), 117-123**.**

Xrong, ZT. 1997. Bio-accumulation and physiological effects of excess lead in a roadside pioneer species *Sonchus oleraceus* L. *Environmental Pollution*. 97, 275-279.

Yang, X., Baligar, V.C., Martens, D.C., and Clark, R.B. 1996. Plant tolerance to Ni toxicity. I. Influx, transport and accumulation of Ni in four species. *Journal of Plant Nutrition*. 19,73–85.

Zhongfu, N. I., Eun-Deok, K., and Jeffrey Chen, Z. 2009. Chlorophyll and starch assays. Chen Lab (The University of Texas at Austin).

www.SID.ir

Archive of SID

Evaluation of morphophysiological response of radish (*Raphanus sativus* L.) to Pb and Ni in soil and aeroponic system

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

1- M.Sc. Student, Department of Agronomy and Plant Breeding, Faculty of Agriculture, Malayer University, Malayer, Iran. kh.moridian6970@gmail.com

2- Corresponding Author and Assistant Professor, Department of Agronomy and Plant Breeding, Faculty of Agriculture, Malayer University, Malayer, Iran. Zahra_movahedi_312@yahoo.com

3- Assistant Professor, Department of Agronomy and Plant Breeding, Faculty of Agriculture, Malayer University, Malayer, Iran. Majidrostami7@yahoo.com

Received Date: 2019/11/05 **Accepted Date: 2020/02/05**

ABSTRACT

Introduction: Heavy metal over-dosage is a predominant concern in soil pollution worldwide due to the high stability of these elements as well as their health side-effects on many organisms including humans. Heavy metals of the biosphere rise since the beginning industrial revolution and the toxicity of heavy metals cause to impair the process of germination and growth of plants(Smialowicz *et al*., 1984; Smialowicz *et al*., 1988).In this study, the effects of Pb $(NO_3)_2$, and Ni $(NO_3)_2$ on growth in radish in the aeroponic system and soil culture were investigated .

Materials and methods: In this study, the effects of the different concentration of Pb $(NO_3)_2$ (0, 3 and 6 mg/L) and different concentration of $Ni(NO_3)_2$ (0, 3 and 6 mg/L) were investigated in the two independent experiments according to a completely randomized design (CRD) with three replication in soil culture and aeroponic system. In this experiment, after 30 days of plant growth in the aeroponic system and soil culture the traits including root length, shoot length, fresh weight of shoot, dry weight of shoot, fresh weight of root, dry weight of root, leaf number, catalase, peroxidase, proline, chlorophyll a, chlorophyll b, carotenoid, Ni in root and shoot (in the experiment of $Ni(NO_3)_2$) and Pb in root and shoot (in the experiment of Pb $(NO_3)_2$) were measured.

Results and Discussion: The results of ANOVA in two experiments indicated a significant difference between different treatments at a level of 5% for most traits in soil culture and aeroponic system. The result indicated that with the increase in concentrations of Pb, leaf number, plant height, root length, fresh weight of shoot, dry weight of shoot, fresh weight of root, dry weight of root, chlorophyll a, chlorophyll b and carotenoid showed a downward trend while proline content, catalase, peroxidase, Pb content in root and Pb content in the shoot were increased.Increasing the concentration of Ni impairs the growth of root, shoot, fresh weight of shoot, dry weight of shoot, fresh weight of root, dry weight of root, chlorophyll a, chlorophyll b, and carotenoidof radish. Also, the result indicated that with the increase in concentrations of Ni, proline content, catalase, peroxidase, Ni content in the root, and Ni content in the shoot were increased in aeroponic system and soil culture.

Conclusion: In general, the results of this study showed that Ni and Pb may give to plants allows growth, but increased in their concentration impaired some growth indices of radish. This study has examined Pb $(NO_3)_2$ and $Ni(NO_3)_2$ effects on radish performance in an aeroponic system for the first time. The aeroponic method can be used in studies related to mineral nutrition, the study of water efficiency, the study of nitrification, plant disease studies, the examination of materials released by plants, the examination of temperature effect, selection of mutant roots, plant organ and tissue culture, and the study of gravitation effects on plant growth. The system is suggested in the studies of the effects of nutritive elements on root growth where the direct effects of elements on roots can be monitored in a controlled environment.

Keywords: Pb $(NO_3)_2$, $Ni(NO_3)_2$, Soilless culture, Biochemical response, Morphological traits

www.SID.ir