تأثیر غلظت های مختلف نیکل بر خصوصیات مورفوفیزیولوژیکی گیاه جعفری (*Petroselinum crispum*)

میترا خطیب، محمد حسن راشد محصل، علی گنجعلی، مهرداد لاهوتی[1]

چکیده

نیکل یکی از فلزات سنگین است که خصوصیات سمی و حتی کشندگی آن برای انسان، حیوانات و گیاهان تأیید شده است. البته برخی از گیاهان به عنوان گیاهان انباشته کننده این عنصر معرفی شده‌اند و در تعداد اندکی نیز نیکل به عنوان فلزی سودمند در رشد آنها شناخته شده است . بنابراین بررسی تأثیر نیکل بر رشد گیاه دارای اهمیت است. تحقیق حاضر به منظور بررسی تأثیر غلظتهای مختلف نیکل بر رشد و خصوصیات مورفوفیزیولوژیکی گیاه جعفری، در شرایط کنترل شده انجام شد. جوانه‌زنی بذرهای جعفری در ژرمیناتور انجام گرفت و نشاءهای گیاهی به محلول‌های کشت منتقل گردیدند و در محلول غذایی هوگلند حاوی غلظتهای: ۰، ۰/۲۵، ۰/۵، ۰/۷۵، ۱، ۱/۵، ۲ و ۴ ppm نیکل (نیترات نیکل) و در هفت تکرار رشد داده شدند. دوازده هفته پس از اعمال تیمارها، خصوصیات مورفوفیزیولوژیکی شامل: مقدار کلروفیل، بیوماس گیاهی، طول ریشه و بخش هوایی، سطح برگ ، تعداد برگها، مقاومت روزنه‌ها و مقدار نیکل در بخش هوایی و ریشه‌ها مورد سنجش قرار گرفت. نتایج حاصل از این آزمایش نشان داد که سطوح مختلف غلظت نیکل، تأثیر معنی‌داری بر خصوصیات مورفولوژیکی و فیزیولوژیکی ریشه و اندام هوایی شامل: وزن خشک و تر ریشه و اندام هوایی، طول ریشه، طول بخش هوایی، تعداد برگ، سطح برگ و عدد SPAD داشت. در این آزمایش با افزایش غلظت نیکل، مقدار کمی تمامی صفات فوق الذکر به طور معنی‌داری نسبت به تیمار شاهد کاهش یافتند. همچنین نتایج حاصل نشان داد که با افزایش غلظت نیکل، مقاومت روزنه‌ها نسبت به تیمار شاهد بصورت معنی‌داری افزایش یافت که نتیجه آن کاهش تولید بیوماس ریشه و اندام هوایی است. علائم مورفولوژی سمیت نیکل به صورت نکروزه شدن برگ‌ها، کاهش قطر ریشه و انشعابات آن و همچنین تغییر رنگ ریشه‌ها قابل ملاحظه بود.

واژه های کلیدی: جعفری، کشت هیدروپونیک، نیکل، *Petroselinum crispum*.

مقدمه

افزایش آلاینده‌های محیطی به ویژه فلزات سنگین، زاییده صنعتی شدن جوامع بشری است. نیکل یکی از عناصر طبیعی است که به فرم‌های مختلف در محیط زیست، رودخانه‌ها، دریاچه‌ها، اقیانوس‌ها، خاک، هوا و آب آشامیدنی و همچنین در پیکر گیاهان و حیوانات وجود دارد. خاک و رسوبات آن اولین منبع نیکل هستند (۳۳ و ۳۴).

مطالعات نشان داده است که نیکل علیرغم سمیت برای دستگاه تنفسی و سیستم ایمنی جانداران (۳۳ و ۳۴) و تأثیر منفی آن بر قدرت باروری زنان و رشد و نمو جنین (۷)، عنصری ضروری برای پستانداران به شمار می‌آید. بر اساس مطالعات انجام شده، میزان نیکل مورد نیاز انسان کمتر از µg ۱۰۰ در هر روز است (۱۵). نیکل از طریق مواد غذایی، آب آشامیدنی، جذب پوستی و استنشاق می‌تواند به بدن راه یابد. غلظت‌های پایین نیکل (۰/۱۳ تا ۰/۲ میلی گرم نیکل بر متر مکعب) باعث بروز مشکلات فراوانی از جمله: مشکلات تنفسی، افزایش حساسیت های پوستی، افزایش بروز ناهنجاری و سقط جنین در انسان و حیوانات می‌شود. غلظت های بالای نیکل (۱۵ گرم) ممکن است شریانهای قلب را مسدود نماید (۱۵).

گیاه جعفری خوراکی (*Petroselinum crispum*) یکی از گیاهان مهم خانواده چتریان (*Umbliferae*) و در زمره

۱. به ترتیب کارشناس ارشد فیزیولوژی گیاهی و اعضای هیأت علمی دانشگاه فردوسی مشهد.

Archive of SID

www.SID.ir

گیاهان دارویی و خوراکی است. از آنجائیکه گیاه جعفری غنی از ویتامین‌ها ، عناصر ضروری و سایر ترکیبات موثر است، از آن به عنوان مولتی ویتامین و یا منبع عناصر غذایی یاد می‌کنند (۱).

نیکل به عنوان یک فلز سنگین، نقش مهمی را در گیاهان ایفا می‌کند. این عنصر در غلظتهای پایین اثر سمی بر گیاه ندارد ولی در غلظت‌های بالا برای گیاهان سمی است (۵). تا کنون مطالعات فراوانی بر روی نحوه عکس العمل گیاهان به تنش‌های ناشی از فلزات سنگین صورت گرفته است (۵). این آزمایشات نشان داده که میزان نیکل موجود در بافتهای گیاهی (ریشه و بخش هوایی) ارتباط مستقیم با غلظت نیکل موجود در محیط کشت گیاه دارد (۲۷). تأثیر نیکل بر گیاهان مختلف، متفاوت است. این عنصر برای برخی از گیاهان ضروری شناخته شده است، مثلاً افزودن Ni-EDTA یک مولار به محلول غذایی گیاه لوبیای چشم بلبلی، باعث حذف نقاط نکروزه در برگهای این گیاه شده است (۳۱). بررسی‌ها نشان داده است که نیکل بر متابولیسم نیتروژن در گیاه نقش موثری دارد (۳۱و۳۲). مطالعه بر روی عکس العمل گوجه فرنگی و سویا نیز نتیجه فوق را تأئید نموده است (۳۱ و ۳۲).

به علت افزایش آلودگی و صنعتی شدن شهرها، گیاهان تحت تأثیر بازه وسیعی از موادی هستند که باعث آلودگی آب و خاک و هوا می‌شوند. جوامع صنعتی، ذرات معلق در هوا و آلاینده هایی متشکل از فلزات سنگین را تولید می‌کنند. رسوب فلزات سنگین در خاک و اثر آن بر روی پوشش‌های گیاهی می‌تواند بسیاری از پارامترهای مربوط به رشد و نمو گیاهان را تحت تأثیر قرار دهد و مانع فعالیت بسیاری از واکنشهای آنزیمی و متابولیکی در گیاهان شوند (۵).

خاکهای ایران اغلب از نوع سرپنتینی[1] می‌باشند. خاک‌های سرپنتینی در بسیاری از مناطق، حاوی مقادیر بالایی از Cr، Mg, Fe, Ni و Co و مقادیراندک Si, Ca, P و N هستند (۱۴). اگر چه برخی از یونهای فلزات سنگین، همچون Ni^{2+} نقش مهمی در برخی فعالیتهای متابولیکی در گیاهان دارند، ولی افزایش غلظتهای سلولی آنها، برای تمامی سلولهای زنده (چه گیاهی وچه جانوری) خطرناک و سمی است (۱۸). از طرفی غلظت‌های زیاد این فلزات (بیشتر از حد آستانه) باعث ایجاد مشکلاتی در بروز برخی صفات و شاخص های گیاهی می‌شود(۱۸). سمیت ناشی از غلظت‌های بالای نیکل از یک سو و ضرورت وجود آن برای رشد انسان 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 نیکل رشد داده شده‌اند، می‌باشد. بعلاوه مطالعه بر روی اثرات نیکل بر روی صفات و خصوصیات مورفوفیزیولوژیکی و نیز مطالعه بر 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 پروژه بررسی اثر غلظت‌های مختلف نیکل بر خصوصیات مورفولوژیکی و فیزیولوژیکی گیاه جعفری در شرایط کنترل شده آزمایشگاهی می‌باشد.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در آزمایشگاه فیزیولوژی پژوهشکده علوم گیاهی دانشگاه فردوسی مشهد انجام گرفت. بذرهای جعفری (*Petroselinum crispum*) در وایتکس ۲۰٪ (هیپوکلریت سدیم ۰/۵٪) به مدت ۱۰ دقیقه ضدعفونی و با آب مقطر استریل سه بار شستشو داده شدند و به مدت ۱۲ ساعت در آب مقطر استریل خیسانده شدند. بذرها در لیوان‌های محتوی بیتس استریل و محلول هوگلند کشت داده شدند. جوانه زنی بذور، در داخل ژرمیناتور و در دمای ۲۵ درجه سانتیگراد انجام شد. بعد از ۱۰ روز، گیاهچه هایی که به‌اندازه کافی رشد کرده بودند به محیط هیدروپونیک حاوی محلول هوگلند منتقل گردیدند. پس از گذشت یک هفته و سازگاری گیاهچه‌ها به شرایط هیدروپونیک، غلظتهای مختلف نیکل (نیترات نیکل): ۰ ، ۰/۲۵ ، ۰/۵ ، ۰/۷۵ ، ۱ ، ۱/۵ ، ۲ و۴ ppm به محیط رشد اضافه شد. آزمایش به صورت طرح کاملا تصادفی با هفت تکرار انجام

1. Serpentine soils

Archive of SID

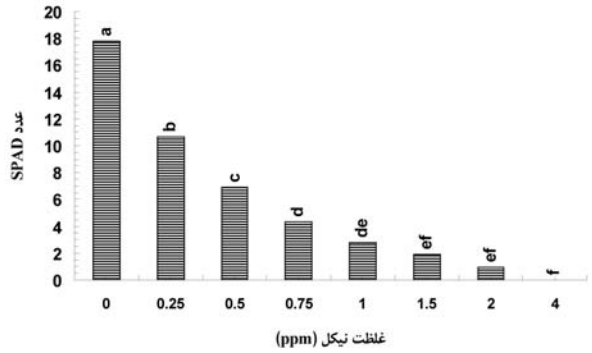
www.SID.ir

شد. صفات مورفوفیزیولوژیکی شامل: طول ریشه، طول‌اندام هوایی ، تعداد برگ، عدد SPAD به عنوان معیاری از میزان کلروفیل برگ و مقاومت روزنه ای تعیین شدند. عدد SPAD با کلروفیل سنج مدل CCM.2000 و مقاومت روزنه ای با POROMETER مدل AP4، اندازه گیری شدند. وزن خشک ریشه واندام هوایی هر ۱۴ روز یکبار پس از قرار گیری در دمای ۷۰ درجه سانتی گراد تعیین شدند. از پودر خشک گیاهی خاکستر تر تهیه و برای‌اندازه گیری مقدار نیکل موجود در بخش هوایی و ریشه گیاه مورد استفاده قرار گرفت. نیکل موجود در خاکستر تر گیاه به وسیله اسپکتروفتومتر جذب اتمی‌اندازه گیری شدند. تجزیه و تحلیل داده‌ها با استفاده از نرم افزار SAS انجام شد و نمودارها با Excel ترسم شدند.

نتایج و بحث

اثر نیکل بر میزان کلروفیل

نتایج نشان داد که با افزایش غلظت نیکل، میزان کلروفیل برگ‌ها کاهش می‌یابد به طوری که بیشترین میزان کلروفیل در تیمار شاهد و کمترین آن در غلظت ppm ۲ نیکل مشاهده شد. در غلظت ppm ۴ نیکل گیاهچه‌ها به طور کامل از بین رفتند (شکل۱). همانگونه که در شکل ملاحظه می‌شود عدد SPAD بطور قابل ملاحظه‌ای نسبت به شرایط مزرعه‌ای کمتر است، احتمالا علت آن به نازک بودن برگ‌های جعفری و محتوی کلروفیل کمتر برگ‌ها در شرایط آزمایشگاه و استفاده از نور مهتابی مربوط می‌شود. بررسی‌ها نشان داده است که مراحل اولیه بیوسنتز کلروفیل (سنتز ۵ آمینو لوونیک اسید (ALA) و فعالیت آنزیم ۵ آمینو لوونیک اسید دهیدراتاز (ALAD) که تبدیل ALA به پرفوبیلینوژن را انجام می‌دهد)، از حساس ترین مراحل بیوسنتز کلروفیل نسبت به فلزات سنگین محسوب می‌شود. فلزات سنگین به شدت سبب مهار فعالیت ALAD و کاهش تجمع کلروفیل می‌شوند (۲۹،۲۸). ایجاد اختلال در مراحل مختلف سنتز کلروفیل بوسیله فلزات سنگین از دلایل اصلی کاهش محتوای کلروفیل در گیاهان تحت تیمار عناصر سنگین است (۲۸،۱۹).



شکل ۱: اثر غلظتهای مختلف نیکل بر مقدار کلروفیل برگ گیاه جعفری

گادالا (۱۳) و شارما و گار (۳۰) نیز به کاهش مقدار کلروفیل به ویژه کلروفیل a با افزایش غلظت نیکل اشاره کردند.

اثر نیکل بر سطح برگ، تعداد برگ و مقاومت روزنه

با افزایش غلظت Ni در محلول غذایی، سطح و تعداد برگ به طور معنی‌داری کاهش یافت (جدول ۱). بیشترین سطح برگ و تعداد برگ در تیمار شاهد (ppm صفر) و کمترین آنها در غلظت ppm ۲ نیکل مشاهده شد. گیاهان غلظت ppm ۴ نیکل را تحمل نکرده و خشک شدند. همچنین با افزایش غلظت نیکل، مقاومت مکانیکی روزنه افزایش یافت به طوری که در تیمار شاهد، کمترین مقاومت روزنه ای و در غلظت های ppm ۱/۵ و ppm ۲ بیشترین مقاومت روزنه ای مشاهده شد (جدول ۱). همانگونه که قبلا نیز عنوان شد ، نیکل با تاثیر منفی بر روی ساختار و عملکرد ریشه و کاهش سطوح جذب کننده آب و املاح ، باعث کاهش جذب آب و ایجاد تنش خشکی ثانویه در گیاهان می‌شود (۲۴). احتمالاً درک تنش توسط ریشه و انتقال آن به بخشهای هوایی و برگ‌ها ، باعث کاهش گشودگی روزنه‌ها و متعاقب آن افزایش مقاومت روزنه ای برگها شده است. مولاس و برین (۲۰) در گیاه جو[1] ،کاهش سطح برگ در اثر افزایش غلظت نیکل را گزارش کردند. کاهش رشد عمومی گیاهان در اثر افزایش غلظت فلزات سنگین در تحقیقات متعدد تأیید شده است (۲۴).

1. *Hordeum vulgar*

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ۱: مقایسه میانگین اثرات نیکل بر سطح برگ، تعداد برگ و مقاومت روزنه ای در گیاه جعفری در مدت ۱۲ هفته.

غلظت نیکل (ppm)	سطح برگ (cm^2)	تعداد برگ	مقاومت روزنه cm/s
۰	۳۴۴/۶ a	۹/۴۰ a	۰/۳۰c
۰/۲۵	۱۸۷/۸ b	۸/۲ ab	۸/۵۰c
۰/۵	۱۰۹/۷ c	۶/۹ bc	۱۲/۷۰c
۰/۷۵	۷۱/۵ cd	۶/۵ bc	۱۹/۶cb
۱	۳۲/۲۰d	۵/۹ cd	۲۴/۹cb
۱/۵	۲۲/۷۰d	۴/ ۶۰d	۳۹/۲ab
۲	۰۸/۶۰d	۱/۸۰e	۵۰/۵۰a
۴	۰۰/۰ d	۰/۰۰ f	–

اعداد داخل هر ستون که حداقل دارای یک حرف مشترک باشند مطابق آزمون دانکن (P≤۰/۰۵) تفاوت معنی داری ندارند.

وزن تر ریشه و بخش هوایی

با افزایش غلظت نیکل وزن تر بخش هوایی و ریشه بطور معنی‌داری کاهش یافت. بیشترین وزن تر در هردو بخش ریشه واندام هوایی گیاه در شرایط فاقد نیکل (تیمار شاهد) و کمترین مقدار آن در غلظت ppm ۲ نیکل مشاهده شد (شکل۲). کاهش وزن تر گیاه در اثر افزایش غلظت فلزات سنگین در مطالعات قبلی نیز تأیید شده است (۴).

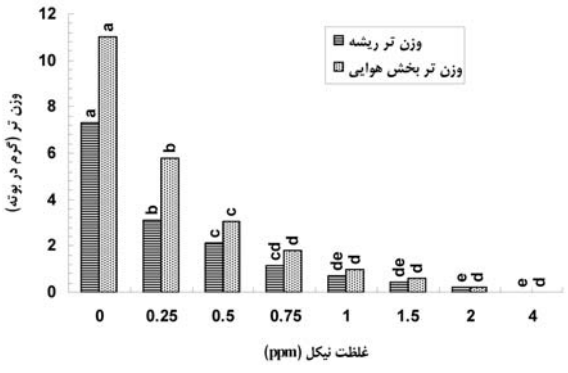
وزن خشک ریشه و بخش هوایی

در اثر افزایش نیکل در محلول غذایی، وزن خشک ریشه و بخش هوایی جعفری کاهش یافت. بیشترین وزن خشک ریشه و بخش هوایی در تیمار شاهد و کمترین آن در غلظت ppm ۲ نیکل مشاهده شد (شکل۳). غلظت های سمی نیکل از طریق تغییر در ساختار غشای سلول های ریشه و کاهش سطوح جذب کننده آب، منجر به کاهش پتانسیل آب گیاه شده است که تأثیر منفی بر فرآیندهای فیزیولوژیکی نظیر تعرق ، تنفس، فتوسنتز و در نهایت کاهش رشد گیاه را به دنبال داشته است (۱۲).

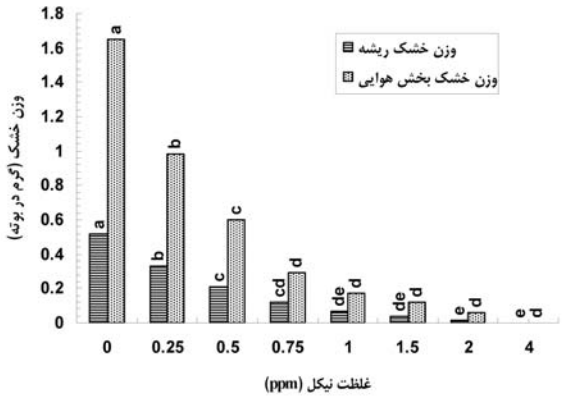
محققین قبلی نشان دادند که فلزات سنگین از جمله نیکل باعث کاهش وزن تر ریشه، ساقه و برگها و وزن خشک ریشه و بخش هوایی گیاهان و به طور کلی سبب کاهش بیوماس گیاهی می‌شوند (۲۳،۲۱،۱۲ ۲۴و۲۵). کاهش وزن خشک گیاه در اثر افزایش غلظت نیکل در گیاه برنج نیز گزارش شده است(۲۰).

تغییرات طول ریشه و بخش هوایی جعفری در اثر نیکل

غلظتهای بالای نیکل تأثیر معنی داری بر طول ریشه و ارتفاع گیاه داشتند (P ≤۰/۰۵) به طوریکه با افزایش غلظت نیکل، طول ریشه و ارتفاع گیاه کاهش یافت (شکل۴). نتایج این تحقیق با نتایج حاصل از تحقیقات سایر محققان مطابقت دارد (۱۱). در این راستا آردینی و همکاران (۲) ، هارتلی و همکاران (۱۷) و پاپازوگلو و همکاران (۲۳) با مطالعه بر روی نی و یانگ و همکاران (۳۶) با مطالعه بر روی جو و برنج گزارش کردند که طول ریشه واندام هوایی این گیاهان با افزایش غلظت نیکل کاهش می‌یابد . همچنین پرالاتا و همکاران (۲۵) آسیب های ریشه ای ناشی از فلزات سنگین و



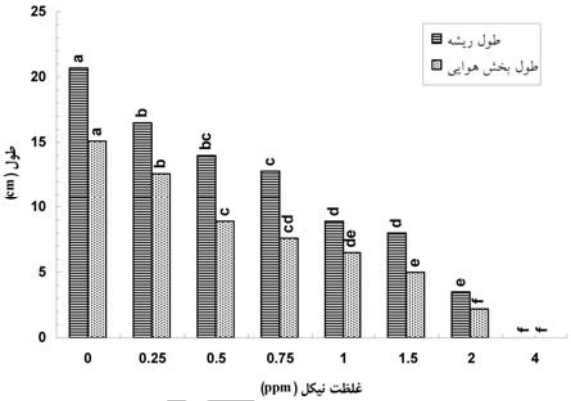
شکل۲: اثر افزایش غلظت نیکل بر وزن تراندام هوایی و ریشه گیاه جعفری



شکل۳: اثر افزایش غلظت نیکل بر وزن خشک ریشه و بخش هوایی در گیاه جعفری

Archive of SID

www.SID.ir



شکل۴: اثر غلظتهای مختلف نیکل بر طول بخش هوایی و ریشه گیاه جعفری

کاهش میزان کلروفیل و اختلال در فتوسیستم I را علت اصلی کاهش رشداندام هوایی پیشنهاد کردند. به طور کلی ایجاد تغییر در مورفولوژی ریشه در اثر افزایش غلظت نیکل و تغییر ساختار ریشه باعث کاهش جذب مواد غذایی شده و کاهش رشد را بدنبال دارد(۲و۱۲).

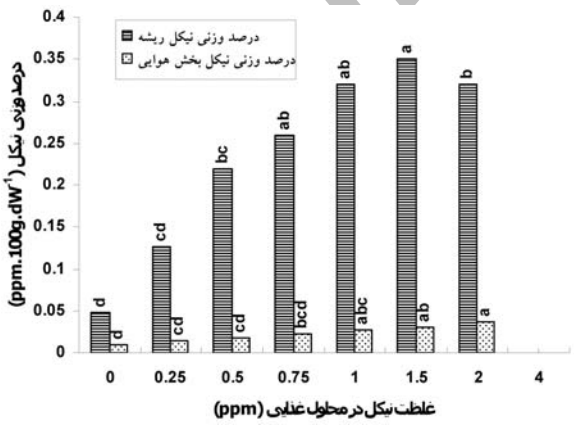
کاهش انشعابات فرعی ریشه گیاه جعفری در اثر افزایش غلظت نیکل، تغییر رنگ ریشه و کاهش قطر ریشه از جمله اثرات دیگر Ni بر گیاه جعفری است که در سایر گیاهان هم تأئید شده است (۲۰).

مقدار نیکل ریشه و بخش هوایی

نتایج این تحقیق نشان داد که تجمع نیکل در ریشه بیش از بخش هوایی گیاه است. دامنه تغییر تجمع نیکل در بخش هوایی از ppm ۰/۰۳۷ در ۱۰۰ گرم وزن خشک درغلظت ۲ppm نیکل تا ppm ۰/۰۱ در تیمار شاهد و دامنه تغییر تجمع نیکل در ریشه گیاه از ppm ۰/۳۵ در ۱۰۰ گرم وزن خشک درغلظت ۱/۵ppm نیکل تا ppm ۰/۰۴۸ در تیمار شاهد، متفاوت بود (شکل۵). نتایج این تحقیق نشان داد که با افزایش غلظت نیکل در محیط رشد، غلظت آن در ریشه و بخش هوایی گیاه جعفری افزایش می‌یابد . مطالعات قبلی نشان داد که غلظت نیکل موجود در گیاه با غلظت آن در خاک و محیط ارتباط مستقیم دارد (۹و۲۶). همچنین مطالعه بر روی دو گیاه ارزن [1] و اسفناج [2] (۲۴و۳۵) و همچنین عدس [3] و نخود [4] (۱۶) نشان داد که افزایش غلظت نیکل در بافت های گیاهی به دلیل افزایش غلظت این عنصر درمحیط رشد این گیاهان است. تحقیقات قبلی نشان داد که تجمع فلزات سنگین در ریشه بسیار بیشتر از بخش هوایی است (۶،۲۴ و۳۶) . ریشه جعفری و شاید بسیاری از گیاهان زراعی قادر به ذخیره سازی مقدار زیادی نیکل هستند. نیکل در ریشه جعفری بیش از آنچه در محیط رشد وجود داشت، تغلیظ و ذخیره سازی شد (شکل۵). چون ریشه این گیاهان در خاک باقی می‌ماند در صورت آلودگی به نیکل آب آبیاری، ریشه می‌تواند خود منبع آلوده کننده‌ای برای آب و خاک در مراحل بعدی باشد که با توجه به سمیت نیکل برای انسان این امر مشکلات فراوانی را در پی خواهد داشت. تحقیقات متعدد نیز نشان می‌دهد که ریشه گیاهان، توانایی بالایی در ذخیره سازی نیکل دارند (۱۲، ۲۲و ۲۵).

نتیجه‌گیری

نتایج حاصل از این آزمایش نشان داد که سطوح مختلف غلظت نیکل، تأثیر معنی داری بر خصوصیات مورفولوژیکی و فیزیولوژیکی ریشه واندام هوایی شامل: وزن خشک و تر ریشه واندام هوایی، طول ریشه، طول بخش هوایی، تعداد برگ ، سطح برگ و عدد SPAD داشت. در این آزمایش با افزایش غلظت نیکل، مقدار کمی تمامی صفات فوق الذکر



شکل۵: مقدار نیکل در ریشه و بخش هوایی گیاهان جعفری رشد یافته در محلول غذایی حاوی نیکل.

1. Panicum miliaeceum L.
2. Spinacia oleracea L.
3. Lens culinaris L.
4. Cicer arientinum L.

www.SID.ir

به طور معنی‌داری نسبت به تیمار شاهد کاهش یافتند. بررسی‌ها در این مطالعه نشان داد که با افزایش غلظت نیکل، مقاومت روزنه‌ها نسبت به تیمار شاهد به طور معنی‌داری افزایش یافت که نتیجه آن کاهش تولید بیوماس ریشه واندام هوایی است. علائم مورفولوژی سمیت نیکل به صورت نکروزه شدن برگ‌ها، کاهش قطر ریشه و انشعابات آن و همچنین تغییر رنگ ریشه‌ها قابل ملاحظه بود.

منابع

۱- عرفانی، ح. ۱۳٦۰. متداول ترین گیاهان دارویی سنتی ایران. انتشارات رازی. ص:۱۲٤-۱۲۱.

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

3-Arduini, I., D.L. Godbold and A. Onnis. 1995. Influence of copper on root growth and morphology of *Pinus* pinea L. and *Pinus pinaster* Ait. seedlings. Tree Physiology. 15:411-415.

4-Baker, A.J.M., S.P. McGrath, R.D. Reeves and J.A.C. Smith. 2000. Metal Hyper accumulator Plants: A review of the ecology and physiology of a biological resource for phytoremediation of metal-polluted soils. In: Terry N., G. Banuelos, editors. Phytoremediation of contaminated soil and water. USA7 Lewis Publishers. PP: 313-375.

5-Baycu, G., T. Doganay, O. Hakan and G. Sureyya. 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.

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

7-Chashschin, V.P., P.A. Artunina and T. Norseth. 1994. Congenital defects, abortion and other health effects in nickel refinery workers. Science Total Environ. 148:287–291. 384.

8-Coogan, T.P., D. M. Latta, E. T. Snow and M. Costa. 1989. Toxicity and carcinogenicity of nickel compounds, In: Critical Reviews in Toxicology, Vol 19. McClellan, R.O., ed., CRC Press, Boca Raton, FL. PP: 341-348.

9-Davis, M.A. and R.S. Boyd. 2000. Dynamic of Ni-based defence and organic defence in the Ni hyperacumulator, *Streptanthus polygaloides* (*Brassicaceae*). New Physiologist. 146:211-217.CRC. Press, Boca Raton, FL. PP:341-352.

10-Enterline, P.E. and G.M. Marsh. 1989. Mortality among workers in a nickel refinery and alloy plant in West Virginia. J. Natl. Cancer Inst. 68:925–933.

11-Fayigo, A.O., Q.M. Lena, X. Cao and B. Rathinasabapathi. 2004. Effects of heavy metals on growth and arsenic accumulation in the arsenic hyperaccumulator *Pteris vittata* L. Environmental Pollution. PP: 289-296.

12-Fuentes, D., K.B. Disante, A. Valdecantos, J. Cortina, and V.R. Vallejo. 2006. Response of *Pinus halepensis Mill*. Seedlings to biosolids enriched with Cu, Ni and Zn in three Mediterranean forest soils. Environmental Pollution. XX. PP.1-8.

13-Gadallah, M.A.A. 1994. Interactive effect of heavy metals and temperature on the growth and chlorophyll, saccharides and soluble nitrogen contents in *Phaseolous vulgaris* . Biol Plant. 36:373-382.

14-Ghaderian, S M., A. Mohtadi, M.R. Rahiminejad and A.J.M. Baker. 2006. Nickel and other metal uptake and accumulation by species of *Alyssum* (*Brassicaceae*) from the ultramafics of Iran. Environmental Pollution, 1-6.

15-Goyer, R. 1991. Toxic effects of metals, In: Casarett and Doull's Toxicology, 4th ed. Amdur, M.O., J.D. Doull and C.D. Klaassen, eds., Pergamon Press, New York. PP: 623-680.

16-Gupta, S.P., V.K. Gupta, and R. Kala. 1996. A note on effect of nickel application on rabi cereals. New Botanist. 23:237–239.

17-Hartley, J. J., W. Cairney, P. Freestone, P. Woods, and A.A. Meharg. 1999. The effects of multiple metal contaminations on ectomycorrhizal Scots pine (*Pinus sylvestris*) seedlings. Environmental Pollution. 106:413-424.

18-Malik, R.S., R. Kala, S.P. Gupta and S.S. Dahiya. 2003. Background level of micronutrients and heavy metals in sewage-irrigated soils and crops in Haryana. Indian Journal of Agricultural Sciences. 74:156-158.

19-Manio, T., E.I. Stentiford and P.A. Millner. 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.

20-Molas, J. and S. Baran. 2004. Relationship between the chemical form of nickel applied to the soil and its uptake and toxicity to barley plants (*Hordeum vulgare* L.). Geoderma. PP: 247-255.

21-Moya, J.L., R. Ros and I. Picazo. 1993. Influence of cadmium and nickel on growth, net photosynthesis and carbohydrate distribution in rice plants. Photosynthesis Research. 36:75-80.

22-Page, V. and U. Feller. 2005. Selective transport of zinc, manganese, nickel, cobalt and cadmium in the root system and transfer to the leaves in young wheat plants. Annals of Botany. 96:425-434.

23-Papazoglou, E.G., G.A. Karantounias, S.N. Vemmos and D.L. Bouranis. 2005. Photosynthesis and growth responses of giant reed (*Arundo donax* L.) to the heavy metals Cd and Ni. Environment International. 31:243-249.

Archive of SID

www.SID.ir

24-Parida, B.K., I.M. Chhibba and V.K. Nayyar. 2003. Influence of nickel-contaminated soils on fenugreek (*Trigonella corniculata* L.) growth and mineral composition. Sci. Hortic. 98:113-119.
25-Peralta-Videa, J.R., G. De la Rosa, J.H. Gonzalez and J.L. Gardea-Torresdey. 2004. Effects of the growth stage on the heavy metal tolerance of alfalfa plants. Advances in Environmental Research. 8: 679-685.
26-Peralta-Videa, J.R., J.L. Gardea-Torresdey, E. Gomez, K.J. Tiemann, J.G. Parsons and G. Carrillo. 2002. Effect of mixed cadmium, copper, nickel and zinc at different pHs upon alfalfa growth and heavy metal uptake. Environmental Pollution. 119:291-301.
27-Pereira, G.J.G., S.M.G. Molina, P.J. Lea and R.A. Azevedo. 2002. Activity of antioxidant enzymes in response to cadmium in *Grotalaria juncea*. Plant and Soil. 239:123-132.
28-Prasad, M.N.V. and H. Freitas. 2003. Metal hyper accumulation in plants-Biodiversity prospecting for phytoremediation technology. Electronic J.Biotetechnol. 6:275-321.Online: http://www.ejbiotechnology.info/content/vol6/issue3/index.html
29-Ouzoundi, G., M. Ciamprova, M. Moustakas and S. Karataglis. 1995. Responses of maize (*Zea mays* L.) plants to copper stress. I. Growth, mineral content and ultra structure of roots. Environmental and Experimental Botany. 35:167-176.
30-Sharma, S.S. and J.P. Gaur. 1995. Potential of *Lemna polyrrhiza* for removal of heavy metals. Ecol. Eng. 4:37-43.
31-Shimada, N., T. Ando, M. Tomiyama and H. Kaku. 1980. Role of nickel in plant nutrition. I. Effects of nickel on growth of tomato and soybean. Nippon Dojo Hiryogaku Zasshi. 51:487-492.
32-Shimada, N. and T. Ando. 1980. Role of nickel in plant nutrition. II. Effect of nickel on the assimilation of urea by plants. Nippon Dojo Hiryogaku Zasshi. 51:493-496.
33-Smialowicz, R.J., R.R. Rogers, M.M. Riddle and G.A. Scott. 1984. Immunologic effects of nickel: I. Suppression of cellular and hum oral immunity. Environ. Res.33:413–427.
34-Smialowicz, R.J., R.R. Rogers and D.G. Rowe. 1988. The effects of nickel on immune function in the rat. Toxicology. 44:271–281.
35-Wadhawan, K. 1995. Nickel availability and its uptake by plant as influenced by nitrogen and zinc application. M.Sc Thesis. Punjab Agricultural University, Ludhiana, India.
36-Yang, X., V.C. Baligar, D.C. Martens, and R.B. Clark. 1996. Plant tolerance to Ni toxicity. I. Influx, transport and accumulation of Ni in four species. J. Plant Nutr. 19:73–85.

Archive of SID

www.SID.ir

The effects of different nickel concentrations on some morpho-physiological characteristics of parsley (*Petroselinum crispum*)

M. Khatib, M. H. Rashed Mohassel, A. Ganjeali and M. Lahootee [1]

Archive of SID

Abstract

Nickel as a heavy metal is considered a fatal and toxic element for humans, animals and plants. However, some plants are known as hyper accumulator for nickel and sometimes seem to be useful for plant growth. Thus, investigation on the effect of nickel on plants' growth is an issue of importance. In this paper, we have studied the effect of different nickel concentrations on parsley growth and morph-physiological characteristics and its effect on absorption of some macro elements in this plant. Seeds of parsley were germinated in germinator and seedlings were transferred to hydroponics culture. The seedlings were grown in Hogland solution with different nickel concentrations (in form of nickel nitrate) of: 0, 0.25, 0.5, 0.75, 1, 1.5, 2 and 4 ppm. A completely randomized design with 8 treatments and 7 replications per treatment was used. Twelve weeks after treatments, morph-physiological characteristics including SPAD number, plant biomass, length of shoot and root, leaf area, leaf number and stomatal resistance were measured. The amount of absorbed nickel in plant foliages and roots of different treatments were also measured. The results revealed that the application of different nickel concentrations were decreased SPAD number, plant biomass, leaf area and leaf number, but the stomatal resistance were increased. Increase of nickel concentration resulted increasing Ni concentrations of plant foliages and roots. Nickel with 0.75 ppm concentration or higher imposed a toxic effect on parsley as general wilting and significant reduction in most morph-physiological characteristics.

Keywords: Hydroponics culture, parsley, *Petroselinum crispum*, Nickel.

1. Contribution from College of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad.

www.SID.ir