مجله دانش نوین
کشاورزی پایدار
جلد ۱۰ شماره ۱
صفحات ۹۲-۸۳

اثر فلزات سنگین کادمیوم و نیکل بر عملکرد و صفات زراعی گیاه دارویی خرفه

مهراب یادگاری*
استادیار دانشکده کشاورزی
واحد شهرکرد
دانشگاه آزاد اسلامی
شهرکرد، ایران
نشانی الکترونیک ✉:
mehrabyadegari@gmail.com
(مسؤل مکاتبات)

سحر کریمی
دانش آموخته کارشناسی ارشد دانشکده کشاورزی
واحد شهرکرد
دانشگاه آزاد اسلامی
شهرکرد، ایران
نشانی‌الکترونیک ✉:
saharkarimi16@gmail.com

چکیده گیاه پالایی تکنیکی جهت پالایش زمین و اصلاح خاک‌های آلوده از فلزات سنگین است. به دلیل انتشار آسان، همچنین تحمل بالا به خشکی، شوری و فلزات سنگین، خرفه به عنوان یک گیاه انباشتگر فلزات سنگین مطرح می‌باشد. به منظور بررسی اثر فلزات سنگین نیکل و کادمیوم بر رشد، عملکرد و سایر صفات زراعی گیاه دارویی خرفه، آزمایشی بر پایه طرح کاملاً تصادفی به صورت فاکتوریل با دو عامل سطوح مختلف نیکل (۰، ۲۰، ۶۰ و ۱۲۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم) و سطوح مختلف کادمیوم (۰، ۵، ۲۰ و ۴۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم) در بهار و تابستان سال ۱۳۹۱ به صورت گلدانی در مزرعه‌ی تحقیقاتی دانشگاه آزاد اسلامی واحد شهرکرد انجام شد. نتایج نشان داد که سطوح مختلف کادمیوم و نیکل، تأثیر معنی‌داری بر خصوصیات مورفولوژیک و فیزیولوژیک گیاه خرفه داشته و با افزایش غلظت، مقدار صفات ارزیابی شده به طور معنی‌داری نسبت به تیمار شاهد کاهش یافت. بیشترین ارتفاع بوته، وزن تر و خشک شاخساره و ریشه‌ی گیاه، درصد عصاره مربوط به گیاهان شاهد و پایین‌ترین میزان مربوط به گیاهان تحت تیمار با بالاترین سطوح آلودگی ترکیبی نیکل (۱۲۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم) و کادمیوم (۴۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم) و نیز تیمار منفرد کادمیوم (۴۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم) بود. همچنین نقش منفی کادمیوم به مراتب بیشتر از نیکل بود و باعث کاهش شدید صفات مورد بررسی گردید.

شناسه مقاله:
نوع مقاله: **پژوهشی**
تاریخ پژوهش: **۱۳۹۱**
تاریخ دریافت: **۹۲/۰۲/۰۳**
تاریخ پذیرش: **۹۲/۰۷/۱۸**

واژه‌های کلیدی:
- **هِوی متال**
- ***Portulaca oleracea***
- **Ni**
- **Cd**
- **سمیت خاک**

مقدمه پراکندگی وسیع مواد شیمیایی گوناگون در محیط، امکان ورود آن‌ها را به چرخه‌ی غذایی بشر فراهم کرده است. بسیاری از این مواد دارای اثرات مخربی چون سمیّت، انباشتگی، سرطان‌زایی و جهش‌زایی هستند.[۳۳،۳۵] بین فلزات سنگین، کادمیوم اهمیت ویژه‌ای دارد زیرا بسیار سمی است و به دلیل حلالیت زیاد در آب، مسمومیت شدیدی برای گیاهان، حیوانات و انسان‌ها ایجاد می‌کند.[۲۶،۳۹] همچنین، باعث ایجاد اختلال در فرآیند جذب و انتقال عناصر [۳۸،۴۰]، کمبود عناصر غذایی در گیاهان [۷]، جلوگیری از سنتز کلروفیل [۹]، کاهش وزن و اندازه‌ی اندام هوایی و طول ریشه [۲۱]، کاهش هدایت هیدرولیکی [۲۷]، کم شدن انبساط سلولی [۱۴]، تأخیر در رشد گیاه [۳۰]، زرد شدن برگ‌ها و قهوه‌ای شدن ریشه [۳۶]، نکروز و ریزش برگ‌ها[۶] می‌شود. نیکل به عنوان یکی دیگر از فلزات سنگین در غلظت‌های پایین در گیاهان اثر سمیّت ندارد ولی در غلظت‌های بالا برای گیاهان سمی است.[۴] غلظت‌های زیاد آن در گیاهان آثار مضر شدیدی را ایجاد می‌کند.[۳۴] این عنصر منجر به کاهش سرعت جوانه‌زنی در گیاه گلرنگ[۱۲]، ناپدید شدن نقاط نکروزه در برگ‌های لوبیا [۱۳]، اثرگذاری بر متابولیسم نیتروژن در گیاه گوجه فرنگی و سویا، اختلال در تغذیه‌ی گیاه، نیاز آبی و فتوسنتز و فوتومورفوژنز می‌شود.[۳۱] یکی از روش‌های سمیّت‌زدایی و کاستن از مواد آلوده از جمله فلزات سنگین استفاده از گیاهان بیش انباشتگر[۱]است.[۱۵] خرفه گیاهی چهار کربنه است که به راحتی در خاک‌های شور و اسیدی رشد می‌کند. ساقه‌های این گیاه منبع سرشار از اسیدهای چرب امگا-۳[۲]، آلفاتوکوفرول[۳]، بتاکاروتن[۴]، اسید آلفا لینولنیک[۵]، پروتئین، ساکارید، پکتین، موسیلاژ، ویتامین‌های آ و ب۱، آدرنالین[۶]، دوپامین[۷]، موادمعدنی از جمله کلسیم، پتاسیم و آهن، اسیدهای آلی مانند سینامیک، کافئیک، گلیکوزیدهای آنتراکینونی و آلکالوئید کوئرستین[۸] وکائمپفرول[۹] است.[۱،۵،۱۹،۲۸] بررسی‌ها نشان داده است که مراحل اولیه بیوسنتز کلروفیل از حساس‌ترین مراحل بیوسنتز کلروفیل نسبت به فلزات سنگین محسوب می‌شود.[۱۷،۲۴،۳۲] کاهش وزن گیاه، در اثر افزایش غلظت فلزات سنگین در پژوهش‌های قبلی نیز بیان شده است.[۳،۲۰،۲۲،۳۷] هدف از این پژوهش ارزیابی صفات مورفولوژی گیاه خرفه از جمله ارتفاع، وزن تر و خشک اندام‌های زمینی و هوایی و برآورد میزان تجمع فلزات سنگین در بخش‌های مختلف این گیاه بود.

مواد و روش‌ها این آزمایش به صورت گلدانی، بر پایه طرح کاملاً تصادفی به صورت فاکتوریل با دو عامل و سه تکرار و نیز در شرایط مزرعه اجرا شد. فاکتورهای آزمایشی شامل فلز سنگین کادمیوم در سطوح ۵، ۲۰ و ۴۰ میلی‌گرم در کیلوگرم خاک خشک و فلز سنگین نیکل در سطوح ۲۰، ۶۰ و ۱۲۰ میلی‌گرم در کیلوگرم خاک خشک بود. مشخصات خاک مزرعه در جدول ۱ آورده شده است. پس از انجام آزمون تجزیه‌ی خاک، برای آلوده کردن خاک، مقادیر ذکر شده در بالا از نمک فلزات سنگین به صورت نیترات کادمیوم و نیترات نیکل، به صورت محلول در آب، به خاک هر کدام از گلدان‌های مربوط به آن تیمار، به صورت محلول‌پاشی اعمال شد. نیترات افزوده شده به تیمارهای مختلف، به همراه نمک‌های نیتراتهٔ فلزات سنگین، با استفاده از مقادیر متناسب کود اوره تصحیح شد.[۲۵] از بذور مرغوب گیاه دارویی خرفه که با فلور رنگی دکتر قهرمان به شمارهٔ انتشار ۲۳ و با کد ۰۲۵/۰۰۱/۰۰۱ تطابق داشت به عنوان ماده‌ی گیاهی[۱۸] و از خاک تیمار شده‌ی

[1] hyperaccumulator
[2] Omega-3fatty acids
[3] alpha-tocopherol
[4] beta-carotene
[5] alpha-linolenic acid
[6] adrenaline
[7] dopamine
[8] quercetin
[9] kaempferol

مزرعه با فلزات سنگین، به عنوان بستر کشت و از گلدان‌های ۵ کیلوگرمی برای انجام آزمایش استفاده شد. در هر گلدان یک گیاه کشت شد و در کف هر گلدان زهکش ایجاد و جهت جلوگیری از خروج فلزات سنگین از زهکش گلدان‌ها، زیر هر گلدان، زیرگلدانی قرار داده شد. با شروع گلدهی، عملیات برداشت اندام هوایی صورت گرفت. سپس نمونه‌ها در داخل پاکت‌های کاغذی، داخل آون و در دمای ۷۵ درجه‌ی سلسیوس به مدت ۷۲ ساعت خشک و در نهایت، وزن خشک اندام هوایی و زمینی آن‌ها اندازه‌گیری شد.[۲۵] سنجش درصد عصاره‌ی گیاه از ماده خشک توسط دستگاه سوکسله بر اساس ۱۰۰ گرم ماده‌ی خشک گیاهی صورت گرفت. از طریق دستگاه جذب اتمی مقادیر فلزات سنگین در خاک و نمونه‌های گیاهی اندازه‌گیری شد و تأثیر تیمارهای اعمال شده مورد تجزیه و تحلیل آماری قرار گرفت.[۱۱] از پودر خشک گیاهی، خاکستر تر تهیه و از آن برای اندازه‌گیری نیکل و کادمیوم موجود در بخش‌های هوایی نمونه‌های گیاهی استفاده شد.[۱۳] برای این منظور، نمونه‌ها به مدت ۱۴ ساعت در کوره‌ی الکتریکی و دمای ۴۸۰ درجه‌ی سلسیوس قرار داده شد و پس از سرد شدن آن‌ها، از روش هضم با اسید نیتریک استفاده شد. خاکستر حاصل در ۴ میلی‌لیتر اسید نیتریک ۱۰٪ در حرارت ۹۵ درجه-ی سلسیوس حل شد. پس از صاف کردن محلول به دست آمده، میزان کادمیوم و نیکل بافت گیاهی توسط طیف‌سنج اتمی دستگاه جذب اتمی[۱] اندازه‌گیری شد. برای اندازه‌گیری غلظت قابل جذب فلزات سنگین در خاک، از عصاره‌گیر دی‌اتیلن تری آمین پنتا استیک اسید[۲] به همراه کلریدکلسیم و تری اتانول آمین[۳] استفاده شد و و اسیدیتهٔ محلول عصاره‌گیر در حدود ۷/۳ تنظیم شد. سپس غلظت فلزات سنگین به وسیلهٔ طیف سنج اتمی دستگاه جذب اتمی[۴] (Shimadzu AA 6300, Japan) اندازه‌گیری شد.[۹] تجزیه و تحلیل داده‌ها توسط نرم افزارهای آماری SAS ver. 9 و Excel 2010 انجام گرفت.

نتایج

ارتفاع بوته

اثر نیکل و کادمیوم و اثر متقابل آنها در سطح احتمال ۱٪ بر ارتفاع بوته معنی‌دار بود (جدول ۲). تیمارهای اعمال شده دستجات مختلفی دیده شد (شکل ۲). بین اثرات منفرد نیکل و کادمیوم هم گروه‌بندی‌های متفاوتی به چشم خورد.

وزن تر و خشک شاخسار و ریشه

اثر نیکل و کادمیوم و اثرات متقابل در سطح احتمال ۵٪ روی وزن تر و خشک اندام هوایی و ریشه معنی‌دار بود (جدول ۳). در اثرات منفرد نیکل و کادمیوم هم گروه‌بندی‌های متفاوتی به وجود آمد. با توجه به شکل‌های ۳ و ۴ برای وزن تر و وزن خشک اندام هوایی و شکل‌های ۵ و ۶ برای وزن تر و وزن ریشه خشک، نیز دستجات مختلفی دیده شد. بیش‌ترین وزن تر و خشک اندام هوایی و ریشه مربوط به گیاهان شاهد و کم‌ترین وزن خشک اندام هوایی و ریشه به ترتیب مربوط به گیاهان تحت تیمار با بالاترین سطوح آلودگی ترکیبی نیکل و کادمیوم و تیمار منفرد کادمیوم بود.

درصد عصاره‌ی گیاهی

اثرات معنی‌داری بین تیمارهای اعمال شده دیده شد. اثر نیکل و کادمیوم در سطح ۵٪ روی درصد عصاره معنی‌دار بود (جدول ۳). بیش‌ترین درصد عصاره مربوط به گیاهان شاهد و کم‌ترین درصد عصاره (بر اساس ۱۰۰ گرم ماده‌ی خشک گیاهی) به ترتیب مربوط به گیاهان تحت تیمار با بالاترین سطوح آلودگی ترکیبی نیکل (۱۲۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم) و کادمیوم (۴۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم) که با توجه به کاهش وزن تر و خشک اندام هوایی

[1] atomic absorption spectrophotometer
[2] Diethylene Triamine Pentaac etic Acid (DTPA)
[3] triethhanol amine
[4] atomic absorption spectrophotometer

و ریشه‌ی گیاهان تحت تیمار، این نتیجه درست به نظر می رسد (شکل ۱).

مقدار نیکل در شاخساره‌ی گیاه و خاک

اثر نیکل و کادمیوم در سطح ۵٪ روی مقدار نیکل در شاخساره‌ی گیاهان و مقدار نیکل در خاک، معنی‌دار بود (جدول ۳). بین اثرات منفرد نیکل و کادمیوم هم گروه‌بندی‌های متفاوتی به چشم خورد. در دسته بندی میانگین تیمارهای اعمال شده در شکل‌های ۷ و ۸ نیز دستجات مختلفی دیده شد.

مقدار کادمیوم در شاخساره‌ی گیاه و خاک

اثر نیکل و کادمیوم در سطح ۵٪ روی مقدار کادمیوم در شاخساره‌ی گیاهان و خاک، معنی‌دار بود (جدول ۳). ضمن آن‌که در بین گروه‌های تیماری نیز دسته‌بندی‌های مختلفی به وجود آمد (شکل‌های ۹ و ۱۰).

بحث سطوح مختلف غلظت فلزات سنگین کادمیوم و نیکل، تأثیر معنی‌داری بر خصوصیات مورفولوژیکی و فیزیولوژیکی ریشه و اندام هوایی گیاه دارویی خرفه شامل ارتفاع اندام هوایی گیاهان، وزن تر اندام هوایی و زمینی، وزن خشک اندام هوایی و زمینی و درصد عصاره داشت و با افزایش غلظت نیکل و کادمیوم، مقدار تمامی صفات فوق‌الذکر به طور معنی‌داری نسبت به تیمار شاهد کاهش یافتند. در دسته‌بندی میانگین‌ها در صفات وزن تر و خشک اندام هوایی گیاه، درصد عصاره‌ی گیاهی، بیش‌ترین میزان مربوط به گیاهان شاهد و پایین‌ترین میزان به ترتیب مربوط به گیاهان تحت تیمار با بالاترین سطوح آلودگی ترکیبی نیکل و کادمیوم و تیمار منفرد کادمیوم (۴۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم) بود. به نظر می‌رسد که حد تحمل خرفه تا همین حد باشد چرا که پس از مدتی دچار ریزش برگ و عدم رشد شد. با افزایش غلظت نیکل، طول ریشه و ارتفاع گیاه کاهش یافت چنان چه در پژوهش‌های قبلی نیز به این مسأله اشاره شده است.[۱۳] پژوهشگران آسیب‌های ریشه‌ای ناشی از فلزات سنگین و کاهش میزان کلروفیل را علت اصلی کاهش رشد اندام هوایی دانسته‌اند.[۲۸] با افزایش غلظت کادمیم در محلول غذایی، وزن تر و خشک ریشه و بخش هوایی گیاهان کاهش معنی‌داری یافت که با نتایج به دست آمده از برخی محقیق همخوانی دارد.[۹] کاهش رشد ناشی از سمیّت کادمیم، به علت کاهش فتوسنتز و تنفس[۲۰]، کاهش متابولیسم هیدرات‌های کربن و ایجاد کلروز است[۲۹]. نیکل باعث کاهش وزن تر ریشه، ساقه و برگ‌ها و وزن خشک ریشه و بخش هوایی گیاهان و به طور کلی سبب کاهش زیست‌توده گیاهی می‌شود.[۸،۱۳،۲۰،۲۲] در نتیجه‌ی کاهش رشد ریشه، میزان جذب آب و یون‌های معدنی کاهش می‌یابد که نتیجه‌ی آن کاهش رشد عمومی گیاهان است.[۱۶،۲۵] غلظت نیکل گیاه با غلظت آن در خاک و محیط ارتباط مستقیم دارد. با افزایش غلظت کادمیم، میزان انباشته شدن این عنصر در گیاه افزایش یافت، هرچند اثر سمیت آن به مراتب بیشتر از نیکل است. مقدار عنصر انباشته شده در بخش هوایی نسبت به ریشه بیشتر بود که با نتایج سایر پژوهشگران همخوانی داشت.[۹،۲۳،۲۵]

نتیجه‌گیری کلی کادمیم و نیکل، تأثیر معنی‌داری بر مورفولوژی و فیزیولوژی ریشه و اندام هوایی خرفه داشت و با افزایش غلظت نیکل و کادمیم، تمامی صفات به طور معنی‌داری نسبت به شاهد کاهش یافتند. بیش‌ترین وزن تر و خشک اندام هوایی در گیاهان شاهد و پایین‌ترین آن مربوط به گیاهان تحت تیمار با بالاترین سطوح آلودگی ترکیبی نیکل و کادمیم و تیمار منفرد کادمیم (۴۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم) بود. نیکل در گیاه تحرک کم‌تری نسبت به کادمیم داشت و اغلب در بخش‌های پایینی گیاهان تمرکز یافته بود در حالی که مقدار کادمیم در شاخساره‌ی گیاهان بیش‌تر بود.

جدول۱ - مشخصات فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش

Table 1- Physical and chemical properties of soil in experiment field

Texture	EC ($ds.m^{-1}$)	total N (%)	O.C. (%)	pH	K	P	Zn	Mn	Fe	Cu ($mg.kg^{-1}$)	Cd	Ar	Pb	Ni
Loam	8.19	0.12	0.3	7.16	795	50.1	1.02	12.48	8.09	1.38	0.86	1.11	1.18	4.58

جدول ۲- میانگین مربعات ارتفاع بوته خرفه تحت تیمارهای مختلف نیکل و کادمیوم در برداشت های اول تا نهم

Table 2- Mean of squares of purslane plants height in different harvesting times affected by Ni and Ca

Source of variation	df	mean of square of plant height in different harvest times								
		harvest 1	harvest 2	harvest 3	harvst4	harvest 5	harvest 6	harvest 7	harvest 8	harvest 9
Replication	2	0.04	1.93	1.96	1.65	2.1	5.7	3.64	0.86	3.5
Nickel (Ni)	3	0.08^{**}	2.74^{*}	8.2^{*}	7.5^{**}	44.4^{**}	52.6^{*}	36.8^{*}	59.1^{**}	45.7^{**}
Cadmium (Ca)	3	1.01^{**}	130^{**}	202.7^{*}	402.6^{**}	1050.2^{*}	1479.8^{**}	1860.1^{**}	2058.2^{*}	2147.5^{*}
Ca × Ni	9	0.26^{**}	12.3^{**}	24.7^{**}	38.3^{*}	54.1^{**}	97.4^{**}	139.1^{**}	171.1^{**}	223.7^{**}
Error	30	0.005	0.74	1.2	1.2	1.15	1.65	1.49	1.15	1.1
C. V. (%)		8.1	9.6	8.8	5.93	4.1	4	3.4	2.8	2.8

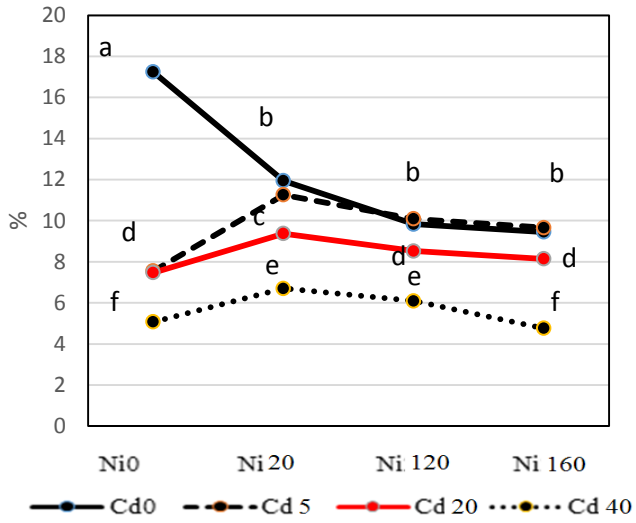
جدول ۳- میانگین مربعات صفات مورد ارزیابی در خرفه تحت تأثیر غلظت های مختلف نیکل و کادمیوم

Table 3- Mean of squares of measured characters in purslane plants affected by Ni and Ca different concentrations

Source of variation	df	mean of square								
		shoot fresh weight	shoot dry weight	root dry weight	root fresh weight	extract %	nickel in plant	nickel in soil	cadmium in plant	cadmium in soil
Replication	2	94.3	1.3	3.1	5.3	2.2	1.2	1.2	0.06	0.14
Nickel(N)	3	963962.4^{**}	2056.3^{**}	20.5^{**}	187.5^{**}	7.5^{**}	615.1^{*}	2715.1^{*}	13.8^{*}	62.4^{*}
Cadmium(C)	3	3328468.2^{**}	9954.8^{*}	145.5^{**}	1412^{**}	86.7^{*}	30.8^{**}	15.1^{**}	1338.1^{**}	640.7^{*}
C×N	9	1337000.1^{*}	2972.2^{**}	17.4^{*}	177.7^{*}	14.1^{**}	20.7^{**}	10.9^{*}	6.2^{*}	26.3^{**}
Error	30	34.6	0.08	0.06	0.09	0.065	0.8	0.56	0.11	0.15
C.V. (%)		1	0.74	2.4	1	2.9	5.9	5.3	3.5	6.6

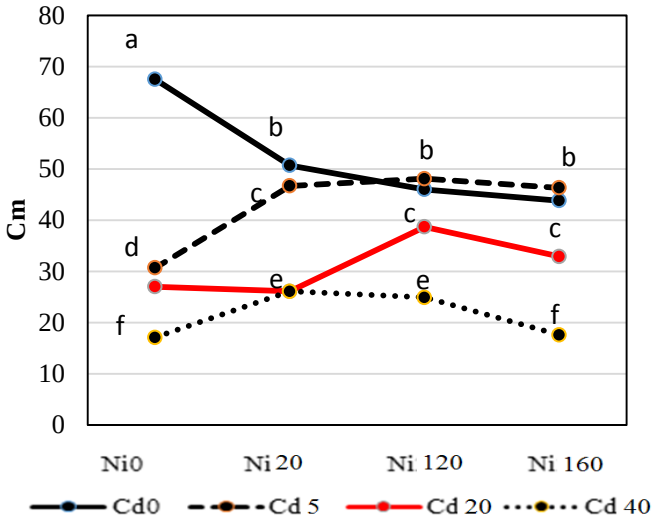
** ، * و ns به ترتیب سطوح معنی دار در سطح احتمال ۱٪ ، ۵٪ و ns غیر معنی دار

**,* and ns: significant at 1% and 5% levels of probability and ns Non significant, respectively



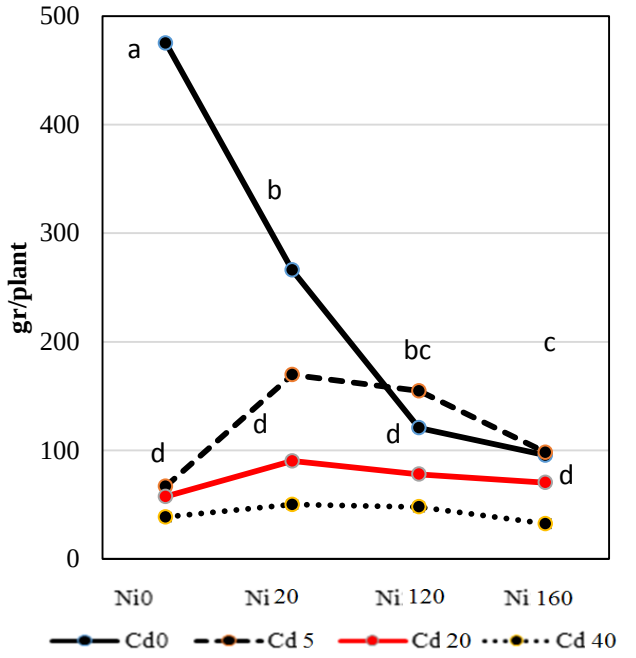
شکل ۱- درصد عصاره‌ی گیاه خرفه تحت غلظت‌های مختلف نیکل و کادمیوم

Fig. 1- Extract percentage of purslane plants affected by several heavy metals concentrations



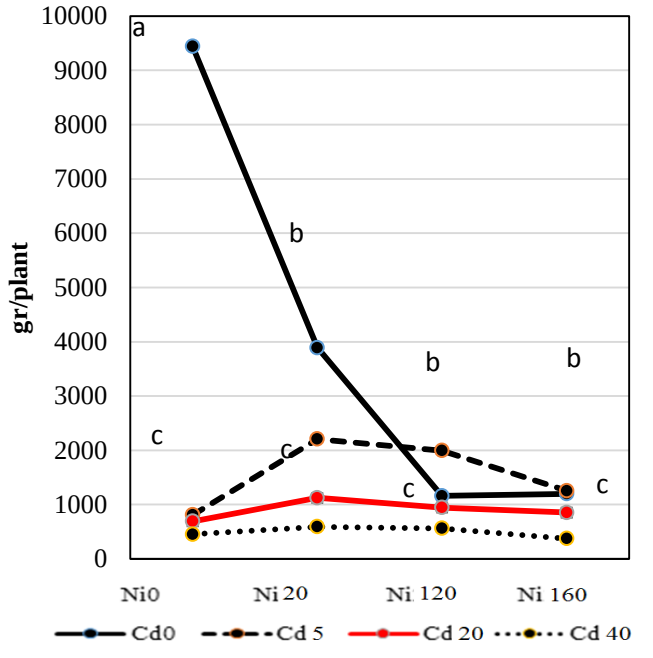
شکل۲- ارتفاع خرفه تحت غلظت‌های مختلف نیکل و کادمیوم (برداشت آخر).

Fig. 2- Purslane plant height affected by several heavy metals concentration in final harvesting



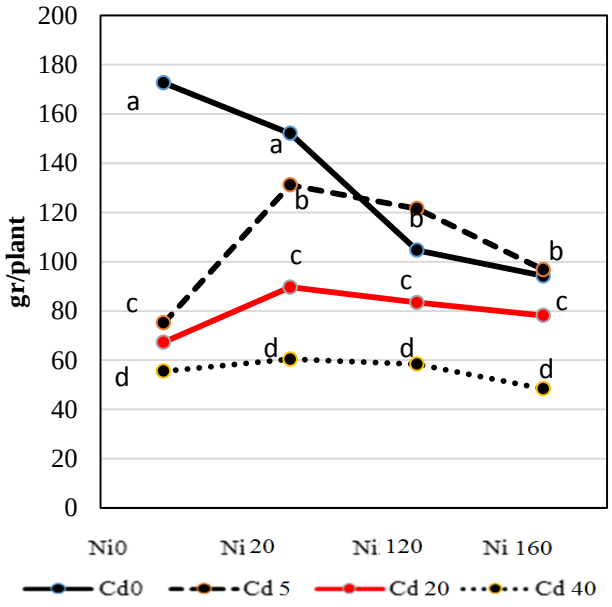
شکل ۳- وزن خشک اندام هوایی گیاه خرفه تحت غلظت‌های نیکل و کادمیوم

Fig. 3- Shoot dry weight of purslane plants affected by several heavy metals concentrations.



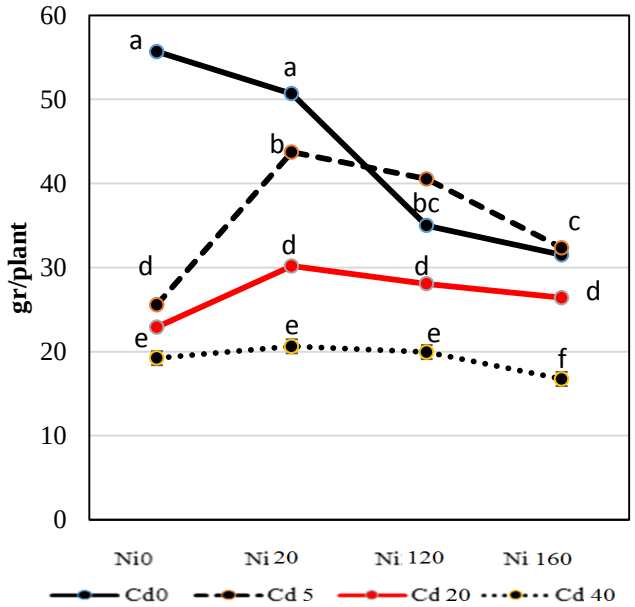
شکل ۴- وزن تر اندام هوایی گیاهان خرفه تحت غلظت‌های نیکل و کادمیوم

Fig. 4- Shoot fresh weight of purslane plants affected by several heavy metals concentrations



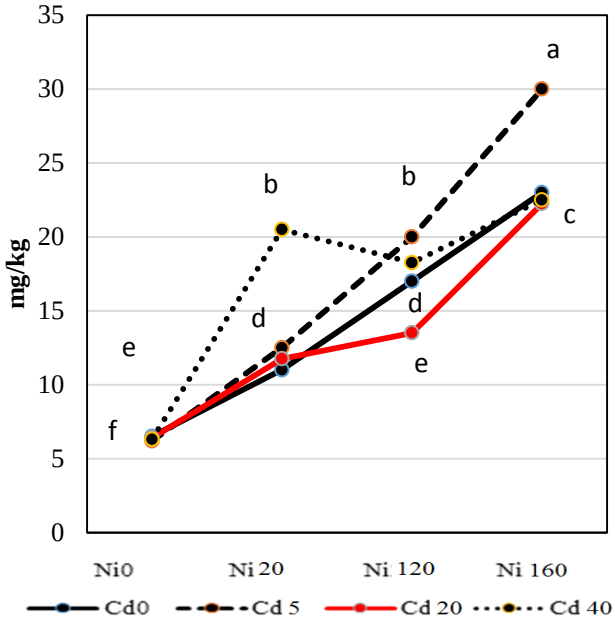
شکل ۵- وزن تر ریشه خرفه تحت تأثیر غلظت‌های مختلف نیکل و کادمیوم

Fig. 5- Root fresh weight of purslane plants affected by several heavy metals concentrations



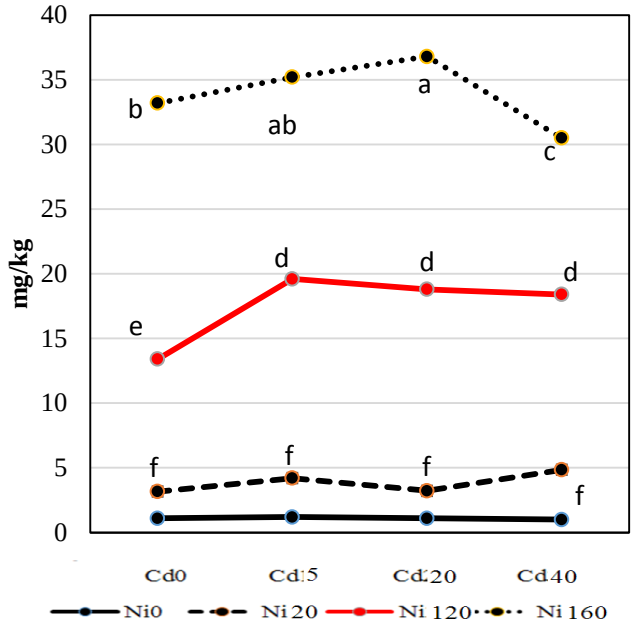
شکل ۶- وزن خشک ریشه خرفه تحت غلظت‌های مختلف نیکل و کادمیوم

Fig. 6- Root dry weight of purslane plants affected by several heavy metals concentrations



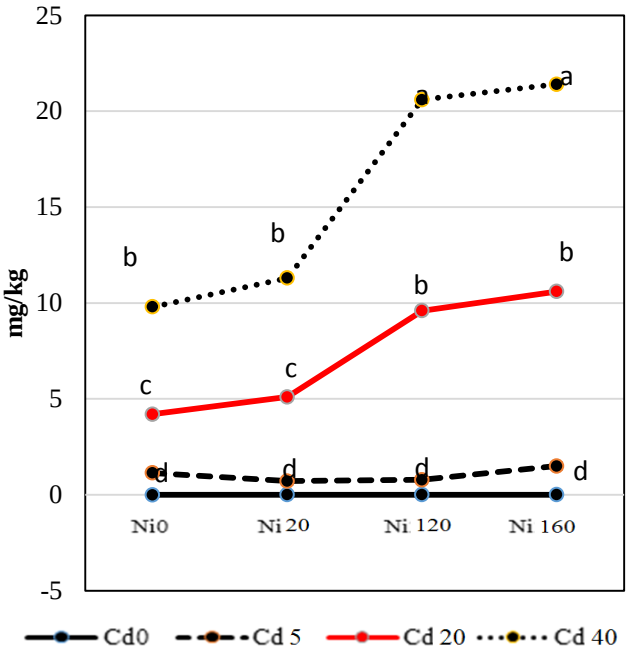
شکل ۷- مقدار نیکل در شاخساره‌ی گیاهان خرفه تحت غلظت‌های مختلف

Fig. 7- Nickel values in purslane plants affected by several heavy metals concentrations



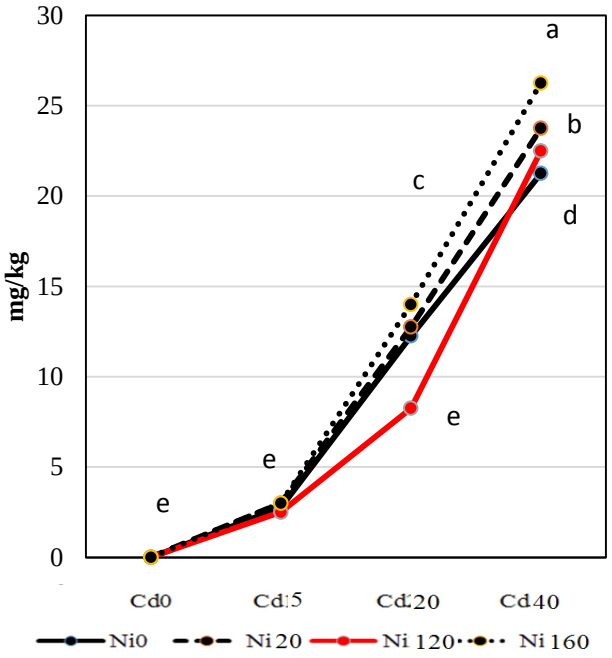
شکل ۸- مقدار نیکل خاک در گیاهان خرفه تحت غلظت‌های مختلف

Fig. 8- Nickel values in soil in purslane plants affected by several heavy metals concentrations



شکل ۱۰- مقدار کادمیوم خاک در گیاهان خرفه تحت غلظت‌های مختلف

Fig. 10- Mean of cadmium in soil of purslane plants affected by several heavy metals



شکل ۹- مقدار کادمیوم در شاخساره‌ی گیاهان خرفه تحت غلظت‌های مختلف

Fig. 9- Mean of cadmium in purslane plants affected by several heavy metals

References

1. Akhondzadeh S (2000) Encyclopedia of Iranian medicinal plants 1: Arjmand Press.
2. Arduini I, Godbold DL, Onnis A (1994) Cadmium and copper change root growth and morphology of *Pinus pinea* and *Pinus pinaster* seedlings. Physiologia Plantarum 92(1): 675-680.
3. Baker AJM, McGrath SP, Reeves RD, Smith JAC (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, Banuelos G. Phytoremediation of Contaminated Soil and Water 2(1): 85-107.
4. Baycu G, Doganay T, Hakan O, 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(3): 545-554.
5. Cai Y, Luo Q, Sun M, Corke H (2004) Antioxidant activity and phenolic compounds of 112 traditional Chinese medicinal plants associated with anticancer. Life Science 74(4): 2157-2184.
6. Davari M, Homaee M, Khodaverdiloo H (2010) Modeling phytorememediation of Ni and Cd and from contaminated soils using macroscopic transpiration reduction functions. J. Sci. Technol. Agric. Natur. Resour. Water Soil Sci 14(7): 75-85.
7. Epstein E, Bloom AJ (2005) Mineral Nutrition of Plant: Principles and perspective: 2nd ed. Sinauer Associated, Inc., Massachusettes.
8. Fuentes D, Disante KB, Valdecantos A, Cortina J, Vallejo VR (2006) Response of *Pinus halepensis*Mill. Seedling to biosolids enriched with Cu, Ni, Zn in three Mediterranean forest soils. Environmental Pollution XX: 1-8.
9. Ghaderian SM, Jamali Hajiani N (2010) The evaluation of tolerance and accumulation of cadmium in *Matthiola chenopodiifolia*. Iranian Journal of Botanical Biology 6(8): 87-98.
10. Ghani A, Wahid A (2007) Varietal Differences for Cadmium-induced Seedling Mortality and Foliar- toxicity Symptoms in Mungbean (*Vinga radiata*). International Journal of Agriculture and Biology 9(7): 555-558.
11. Hajzaadeh MH, Rakhshandeh M, Ghorbani A (2004) The evaluation of the effects of unti distress and unti tumult of Purslane essence in Mices. Iranian Journal of Medical Sciences University of Semnan 5(3-4): 18-20.
12. Hushmandfar AR, Moraghebi F (2011) Effect of mixed cadmium, copper, nickel and zinc on seed germination and growth of safflower. African Journal of Agricultural Research 6(6): 1463-1468.
13. Khatib M, Rashed mohasel MH, Ganjali A, Lahooti M (2008) The Effect of different concentration of Ni on morphological properies of *Petroselenium crispum*, Iranian Journal of Crop Research 6(2): 295-302.
14. Khodaverdiloo H, Homaee M (2008) Modeling phytorememediation of Cd and Pb from contaminated soils using plant transpiration reduction functions. Iranian Journal of Irrigation and Drainage 2(8): 2-16.

15. Lasat MM (2002) Phytoexteraction of toxic metals: A review of biological mechanisms. Journal of Environmental Quality 31(5): 109-120.
16. Lombi E, Zhao FJ, Dunham SJ, McGrayh SP (2000) Cadmium accumulation in population of *Thlaspi caerulescens* and *Thlaspi goesingense*. New Phytologist 145(6): 11-20.
17. Manio T, Stentiford EI, Millner PA (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(6): 65-74.
18. Miladi Gorji H, Vafaee A, Taherian A, Vaezi T (2000) The effect of purslane essence on symptoms of non- used morphin in mices. Iranian Journal of Medical Sciences, 4(4): 8-20.
19. Mohamed AI, Hussein AS (1993) Chemical composition of purslane (*Portulaca oleracea*). Ethnopharmacol 40(3): 195-200.
20. Moya JL, Ros R, Picazo I (1993) Influence of cadmium and nickel on growth, net photosynthesis and carbohydrate distribution in rice plants. Photosynthesis Research 36(8): 75-80.
21. Murifah SSA (2008) Growth parameters and elemental status of cucumber (*Cucumussativus*) seedlings in response to cadmium accumulation. International Journal of Agriculture and Biology 3(5): 261-266.
22. Parida BK, Chhibba IM, Nayyar VK (2003) Influence of nickel-contaminated soils of fenugreek (*Trigonella corniculata* L.) growth and mineral composition. Science Horticulture 98(5): 113-119.
23. Peralta-Videa JR, De La Rosa G, Gonzalez JH, Gardea-Torresdey JL (2004) Effect of the growth stage on the heavy metal tolerance of alfalfa plants. Advances in environmental Research 8(6): 679-685.
24. Prasad MNV, Feritas H (2003) Metal hyper accumulation in plants-Biodiversity prospecting for phytoremediation technology. Electronic Journal of Biotechnology 6(3): 275-321.
25. Rashid Shomali A, Khodaverdiloo H, Samadi A (2012) Accumulation and tolerance to soil cadmium by *Pennisetum glausum,Chnopodium album,Portulaca oleracea* and *Descurainia Sophia*. Iranian Journal of Soil Management and Sustainable Agriculture 2(1): 45-62.
26. Robinson BH, Mills T, Petit D, Fung LE, Green SR, Clothier BE (2000) Natural and induced cadmium-accumulation in poplar and willow: Implications for phytoremediation. Plant and Soil 227(2): 301-306.
27. Sahmurova A, Celik M, Allahverdiyev S (2010) Determination of the accumulator plants in Kucukcekmece Lake (Istanbul). African Journal of Biotechnology 6(4): 6545-6551.
28. Salehi M, Salehi F, Poustini K, Heidari-Sharifabad H (2008) The effect of salinity on the nitrogen fixation in 4 cultivars of *Medicago sativa* L. in the seedling emergence stage. Research Journal of Agriculture and Biological Sciences 4(1): 413-415.
29. Sanita di Toppi L, Gabbrielli R (1999) Response to cadmium in higher plants. Environment and Experimental Botany 41(3): 105-130.
30. Schutzendubel A, Schwanz P, Teichmann T, Gross K, Langenfeld R, Douglas L, Polle A (2001) Cadmium-induced changes in antioxidative system, hydrogen proxide content, and differentiation in Scots pine roots. Plant physiology 127(2): 887-898.
31. Seregin L, Kozhevnikova A (2006) Physiological role of nickel and its toxic effects on higher plants. Russian Journal of Plant Physiology 53(2): 257-277.
32. Sharma SS, Gaur JP (1995) Potential of *Lemna polyrrhiza* for removal of heavy metals. Ecol. Eng 4(2): 37-43.
33. Singh A, Sharma RK, Agrawal M, Marshall FM (2010) Health risk assessment of heavy metals via dietary intake of foodstuffs from the wastewater irrigated site of a dry tropical area of India. Food Chem Toxicol 48(1): 611–619.
34. Smith SR (1996) Agricultural recycling of sewage sludge and environment. CABI. UK, 23-42.
35. Taghipour H, Mosaferi M, Armanfar F, Gaemmagami SJ (2013) Heavy metals pollution in the soils of suburban areas in big cities:a case study. International Journal of Environmental Science Technology 10(2): 243–250.
36. Vassilev A, Berova M, Stoeva N, Zlatev Z (2005) Chronic Cd toxicity of bean plants can be partially reduced by supply of ammonia sulphate. JCEA 6(1): 389-396.
37. Wojcik M, Vangronsveld J, Tukiendorf A (2005) Cadmium tolerance in *Thlaspi caerulescens*: Growth parameters, metal accumulation, phytochelatin synthesis in response to cadmium. Environmental and Experimental Botany 53(3): 151-161.
38. Wu FB, Zhang GP (2002) Genotypic variation in kernel heavy metal concentrations in barley and as affected by soil factors. Journal of Plant Nutrual 25(1): 1163-1173.
39. Yadegari M, Karimpoor dehkordi A (2010) Evaluation of some heavy metals accumulation within the soil and corps around Industrial Town of Shahr-e-Kord. Bioscience, Biotechnology Research Asia 7(1): 1-12.
40. Zhang GP, Fukami M, Sekimoto H (2002) Influence of cadmium on mineral concentration and yield omponents in wheat genotypes differing in Cd tolerance at seedling stage. Field Corp Research 40(79): 1-7.

Effect of heavy metals (Cd and Ni) on yield and agronomic traits of common purslane (*Portulaca oleracea*)

Modern Science of Sustainable Agriculture

Vol. 10, No. 1, (83-92)

Mehrab Yadegari*

Assistance professor
Islamic Azad University
Shahrekord Branch
Shahrekord, Iran

Email ✉:

mehrabyadegari@gmail.com
(corresponding author)

Sahar Karimi

Master graduated student
Islamic Azad University
Shahrekord Branch
Shahrekord, Iran

Email ✉:

saharkarimi16@gmail.com

Received: 23 April, 2014 **Accepted:** 10 November, 2014

ABSTRACT In order to soil remediation from pollution by heavy metals, a new technical has been recently proposed called phytoremediation. Purslane is also highly tolerant against lack of water and salinity and can be regarded as a hyper accumulator of heavy metals. To study the effect of the nickel and cadmium on growth, yield and other characters of *Portulaca oleracea* L. a pot experiment was carried out in a completely randomized factorial design with three replications in the field of Azad University of Shahrekord, Iran, in the spring and summer of 2012. Treatments of this experiment included different levels of nickel (0, 20, 60, 120 mg/kg) and different levels of cadmium (0, 5, 20, 40 mg/kg). The results of this research showed that different levels of nickel and cadmium have a significant effect on the morphological and physiological characters of *Portulaca oleracea* L. and along with increasing the concentration of the heavy metals, these characters significantly decreased in comparison with the control plants. In classifying the averages of height, shoot and root dry matter and percentage of the extract, the highest amount belonged to the control plants and the lowest amount to the plants under combined treatment of nickel (120 mg/kg) and cadmium (40 mg/kg) and the single treatment of cadmium (40 mg/kg). Furthermore, the toxic properties of cadmium are more than nickel decreased most of measured characters.

Keywords:
- heavy metal
- *Portulaca oleracea*
- Ni
- Cd
- Soil Toxicity