Archive of SID

مجله پژوهش‌های به زراعی
جلد ۵، شماره ۱، بهار ۱۳۹۲

مجله پژوهش‌های به زراعی

# بررسی روند فنولوژیکی و همبستگی صفات در گیاه دارویی خرفه (*Portulaca oleracea* L.) تحت تیمارهای نیکل و کادمیم

**مهراب یادگاری[1*]، سحر کریمی[2]**

۱- استادیار دانشگاه آزاد اسلامی، واحد شهرکرد، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، گروه زراعت و گیاهان دارویی، شهر کرد، ایران

۲- دانش آموخته کارشناسی ارشد، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد شهرکرد، ایران

تاریخ دریافت : ۹۱/۱۲/۹ تاریخ پذیرش : ۹۲/۴/۱۳

**چکیده**

**خرفه گیاهی بومی ایران است که به دلیل تحمل بالا به خشکی، شوری و فلزات سنگین، این گیاه را می‌توان به عنوان یک گیاه انباشتگر فلزات سنگین مورد توجه قرار داد. به منظور بررسی اثر فلزات سنگین نیکل و کادمیم بر رشد، عملکرد و سایر صفات زراعی گیاه دارویی خرفه، آزمایشی در قالب طرح کاملاً تصادفی به صورت فاکتوریل دو عاملی با ۳ تکرار در بهار و تابستان سال ۱۳۹۱ به صورت گلدانی در مزرعه‌ی تحقیقاتی دانشگاه آزاد اسلامی واحد شهرکرد انجام شد. تیمارهای این آزمایش شامل سطوح مختلف نیکل (۰، ۲۰، ۶۰ و ۱۲۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم خاک) و سطوح مختلف کادمیم (۰، ۵، ۲۰ و ۴۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم خاک) بود. نتایج نشان داد که سطوح مختلف فلزات سنگین کادمیم و نیکل، تأثیر معنی‌داری بر خصوصیات مورفولوژیکی و فیزیولوژیکی گیاه خرفه داشت و با افزایش غلظت، مقدار صفات ارزیابی شده به طور معنی‌داری نسبت به تیمار شاهد کاهش یافت. در دسته‌بندی میانگین‌ها در صفات وزن تر و خشک اندام هوایی و زیرزمینی، عصاره و میزان نیکل و کادمیم اندام هوایی و زیرزمینی، بیشترین میزان مربوط به گیاهان شاهد و پایین‌ترین میزان مربوط به گیاهان تحت تیمار با بالاترین سطوح آلودگی ترکیبی نیکل (۱۲۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم) و کادمیم (۴۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم) و نیز تیمار منفرد کادمیم (۴۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم) بود. بطور کلی اثر گذاری فلزات سنگین نیکل و کادمیم روی صفات مورد بررسی معنی دار بود که در این بین تأثیر کادمیم از نظر سمیت بیشتر بود. در مطالعه روند فنولوژیکی گیاه و دسته بندی دانکن در بین میانگین های صفات مورد بررسی نیز تیمار شاهد بالاتر از بقیه و سطوح آلودگی در گروه های مختلفی قرار گرفتند که به لحاظ مورد استفاده بودن، نیکل در سطوح پایین آلودگی، با تیمار شاهد در گروه آماری نزدیک یکدیگر قرار گرفتند. همچنین می توان اظهار داشت، فلزات سنگین از طریق تأثیر بر وزن خشک و تر روی درصد عصاره اثر منفی دارند.**

**واژه‌های کلیدی: خرفه، فلزات سنگین، کادمیم، گیاه پالایی، نیکل**

---

* نگارنده مسئول (mehrabyadegari@gmail.com)

www.SID.ir

Archive of SID

## مقدمه

بسیاری از مواد شیمیایی دارای اثرات مخربی چون سمیّت، انباشتگی، سرطان‌زایی و جهش‌زایی هستند (Taghipour *et al.*, 2013 ؛Singh *et al.*, 2010). در بین فلزات سنگین، کادمیم اهمیّت ویژه‌ای دارد، بسیار سمّی است و مسمومیت شدیدی برای گیاهان، حیوانات و انسان‌ها ایجاد می‌کند (Yadegari & Karimpoor, 2010). همچنین باعث ایجاد اختلال در فرآیند جذب و انتقال عناصر (Wu and Zhang, 2002 ؛Robinson *et al.*,2000؛ Zhang *et al.*,2002)، کمبود عناصر غذایی در گیاهان (Epstein & Bloom, 2005)، جلوگیری از ساخت کلروفیل و درهم ریختن ساختمان کلروپلاست (Ghani & Vahid, 2007)، کاهش وزن و اندازه‌ی اندام های هوایی، طول ریشه و سطح برگ (Murifah, 2008)، کاهش هدایت هیدرولیکی ریشه‌ی گیاهان (Sahmurova *et al.*, 2010)، کم شدن انبساط سلولی و کاهش جذب آب (Khodaverdiloo & Homaee, 2008)، تأخیر در رشد گیاه (Schutzendubel *et al.*, 2001)، زرد شدن برگ‌ها، کلروز و قهوه‌ای شدن ریشه (Vassilev *et al.*, 2005)، نکروز و ریزش برگ‌ها (Davari *et al.*, 2010) می شود. هر چند مقادیر اندک آن روی گیاهان اثر جزیی می گذارد ولی غلظت‌های بیشتر از ۵۰۰ میکرومول اثرات مخربی بوجود می آورد (Goncalves et al., 2009). نیکل به عنوان یکی دیگر از فلزهای سنگین در غلظت‌های پایین بر گیاهان اثر سمیّت ندارد ولی در غلظت‌های بالا برای گیاهان سمّی است (Baycu *et al.*, 2006). غلظت‌های زیاد آن در گیاهان آثار مضر شدیدی را ایجاد کند (Smith, 1996). این فلز منجر به کاهش سرعت جوانه زنی در گیاه گلرنگ (Moraghebi, 2011 & Hushmandfar)، ناپدید شدن نقاط نکروزه در برگ‌های لوبیا (خطیب و همکاران، ۱۳۸۷)، اثر گذاری بر متابولیسم نیتروژن در گوجه فرنگی و سویا، اختلال در تغذیه‌ی گیاه، نیاز آبی، فتوسنتز و فوتومورفوژنز، جلوگیری از تقسیم سلول در آندودرم و جلوگیری از ایجاد انشعابات در ریشه می شود (Seregin & Kozhevnikova, 2006). یکی از روش‌های سمیّت‌زدایی و کاستن از مواد آلوده از جمله فلزات سنگین استفاده از گیاهان انباشتگر است (Lasat, 2002). خرفه گیاهی است که به راحتی در خاک‌های شور و اسیدی رشد می‌کند و به همین دلیل از دسته گیاهان نمک پسند است. ساقه‌های این گیاه منبع سرشار از اسیدهای چرب امگا-۳، آلفاتوکوفرول، اسیداسکوربیک، پروتئین، ساکارید، پکتین، موسیلاژ، ویتامین‌های آ و ب۱، مواد معدنی شامل کلسیم، پتاسیم، آهن، فسفر و اسیدهای آلی مانند سینامیک، کافئیک، مالیک و اگزالیک است (Akhondzadeh, 2000؛ Salehi *et al.*, 2008 ؛Cai *et al.*, 2004).

## مواد و روش‌ها

به منظور بررسی اثر فلزات سنگین کادمیم و نیکل بر رشد، عملکرد و سایر صفات زراعی گیاه دارویی خرفه، آزمایشی به صورت کشت گلدانی و با استفاده از طرح فاکتوریل دو عاملی در ۳ تکرار و در قالب طرح کاملاً تصادفی و جهت فراگیر بودن نتایج در شرایط مزرعه اجرا شد. عامل های آزمایشی به شرح زیر بود:

۱. فلز سنگین کادمیم در سطوح ۰، ۵، ۲۰ و ۴۰ میلی‌گرم در کیلوگرم خاک خشک

۲. فلز سنگین نیکل در سطوح ۰، ۲۰، ۶۰ و ۱۲۰ میلی‌گرم در کیلوگرم خاک خشک.

مشخصات خاک مزرعه در جدول ۱ آورده شده است. پس از انجام تجزیه‌ی خاک و برای آلوده کردن آن، مقادیر محاسبه شده‌ی نمک فلزات سنگین به صورت نیترات کادمیم و نیترات نیکل، به صورت محلول در آب، به خاک هر کدام از گلدان‌های مربوط به آن تیمار، با اسپری اعمال شد.

www.SID.ir

Archive of SID

نیترات افزوده شده به تیمارهای مختلف، به همراه نمک‌های نیتراته‌ی فلزات سنگین، با استفاده از مقادیر متناسب کود اوره تصحیح شد (رشید شمالی و همکاران، ۱۳۹۱). از بذور مرغوب گیاه دارویی خرفه که با فلور رنگی دکتر قهرمان (میلادی گرجی و همکاران، ۱۳۷۸) انطباق داشت به عنوان ماده‌ی گیاهی، از خاک تیمار شده‌ی مزرعه با فلزات سنگین، به عنوان بستر کشت و از گلدان‌های ۵ کیلوگرمی برای انجام آزمایش استفاده شد. در کف هر گلدان زهکش ایجاد و جهت جلوگیری از خروج فلزات سنگین از زهکش گلدان‌ها، در زیر هر گلدان، یک عدد زیر گلدانی قرار داده شد. با شروع گلدهی، عملیات برداشت اندام هوایی از ۵ سانتی‌متر بالای سطح خاک صورت گرفت (رشید شمالی و همکاران، ۱۳۹۱). سنجش درصد عصاره‌ی گیاه از ماده خشک توسط دستگاه سوکسله، بر اساس ۱۰۰ گرم ماده‌ی خشک گیاهی صورت گرفت و سپس 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 (حاج زاده و همکاران، ۱۳۸۳). از پودر خشک گیاهی، خاکستر تر تهیه و از آن برای اندازه‌گیری نیکل و کادمیم موجود در بخش‌های هوایی نمونه‌های گیاهی استفاده شد. به این صورت که نمونه‌ها به مدت ۱۴ ساعت در کوره‌ی الکتریکی و دمای ۴۸۰ درجه‌ی سانتی‌گراد قرار داده شد و پس از سرد شدن آن‌ها، از روش هضم با اسید نیتریک استفاده شد. بدین منظور، خاکستر حاصل در ۴ میلی‌لیتر اسید نیتریک ۱۰ درصد در حرارت ۹۵ درجه‌ی سانتی‌گراد حل شد. پس از صاف کردن محلول به دست آمده، میزان کادمیم و نیکل بافت گیاهی توسط طیف سنج اتمی دستگاه جذب اتمی مدل Shimadzu AA 6300 اندازه‌گیری شد (خطیب و همکاران، ۱۳۸۷). برای برآورد غلظت قابل جذب فلزات سنگین در خاک از عصاره‌گیر دی‌اتیلن تری آمین پنتا استیک اسید به همراه کلریدکلسیم و تری اتانول آمین استفاده شد و اسیدیته‌ی محلول عصاره‌گیر در حدود ۷/۳ تنظیم شد. سپس غلظت فلزات سنگین به وسیله‌ی طیف سنج اتمی دستگاه جذب اتمی اندازه‌گیری شد (قادریان و جمالی حاجیانی، ۱۳۸۹). تجزیه و تحلیل داده‌ها توسط نرم افزارهای آماری SAS و Excel انجام گرفت. مقایسات میانگین به روش دانکن در سطح احتمال ۵٪ انجام شد.

## نتایج و بحث

### تعداد، سطح و شاخص سطح برگ

نتایج برآمده از آزمایش وجود اثرات معنی‌دار در بین تیمارهای اعمال شده را نشان داد. چنانچه با توجه به جدول۲، اثر نیکل و کادمیم در سطح ۵ درصد روی صفت تعداد برگ معنی‌دار بود. همچنین نیکل در برداشت‌های اول تا سوم روی صفت تعداد برگ اثر معنی‌داری نداشت. در بین اثرات متقابل نیز اختلاف معنی داری دیده شد. در دسته‌بندی میانگین تیمارهای اعمال شده (شکل ۵)، دستجات مختلفی دیده شد. با توجه به شکل های ۱-۴ مشاهده شد که در بررسی فنولوژیکی این گیاه هم، فلزات سنگین در غلظت بالاتر اثرات سوء بیشتری در روند تعداد برگ بوجود آوردند. تحقیقات نشان داده که سطوح مختلف غلظت نیکل، تأثیر معنی‌داری روی تعداد برگ، سطح برگ و شاخص سطح برگ داشته است (خطیب و همکاران، ۱۳۸۷). از علائم مورفولوژی سمیّت نیکل می‌توان به نکروزه شدن برگ‌ها اشاره کرد. در گیاهان تحت تیمار با سطوح بالای آلودگی کادمیم و نیکل، علائمی چون زردی برگ‌ها و ریزش برگ‌های پایینی مشاهده شد که با نتایج حاصل از پژوهش‌های سایر محققین همخوانی دارد (Baycu *et al*., 2006). با افزایش غلظت کادمیم خاک، علایم سمیّت در گیاهان دیده شد که با نتایج

www.SID.ir

Archive of SID

بدست آمده در ارزن وحشی، خاکشیر و خرفه، مطابقت دارد، اما در سلمه تره علایم سمیّت به صورت کاهش رشد بوته ظهور نمود دارد و کلروز و نکروز در این گیاه دیده نمی شود (رشید شمالی و همکاران، ۱۳۹۱).

### تعداد گره در بوته

نتایج (جدول ۲) نشان داد که اثر نیکل و کادمیم در سطح ۵ درصد روی صفت تعداد گره در برداشت‌های مختلف معنی‌دار بود. نیکل در برداشت‌های اول تا پنجم روی صفت تعداد گره در بوته اثر معنی‌داری نداشت، اما در بین اثرات منفرد نیکل و کادمیم (جدول۳)، گروه‌بندی‌های متفاوتی بوجود آمد. چنین نتایجی به طور مشابه در بین اثرات متقابل نیز دیده شد. در مطالعه تعداد گره در طول رشد روندهای مختلفی مشاهده شد (شکل۴).

### درصد عصاره‌ی گیاهی

نتایج برآمده از آزمایش وجود اثرات معنی‌دار در بین تیمارهای اعمال شده را نشان داد. چنانچه با توجه به جدول ۲، اثر نیکل، کادمیم و اثرات متقابل این دو فلز در سطح ۵ درصد روی درصد عصاره معنی‌دار بود. با توجه به شکل ۶ در دسته‌بندی میانگین تیمارهای اعمال شده، دستجات مختلفی دیده شد. بیشترین درصد عصاره مربوط به گیاهان شاهد و کمترین میزان (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 کادمیم (۴۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم) و تیمار منفرد کادمیم (۴۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم) بود که با توجه به کاهش وزن تر و خشک اندام هوایی و ریشه‌ی گیاهان تحت تیمار با فلزات سنگین، این نتیجه درست به نظر می رسد (جدول ۴). پژوهشگران 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 (Parida *et al*., 2003; Fuentes *et al*., 2006 ).

### همبستگی بین صفات

در مطالعه ضرایب همبستگی بین صفات مورد بررسی (جدول۴) نتایج متعددی بدست آمد. بر اثر ازدیاد هر دو فلز نیکل و کادمیم، میزان وزن خشک و تر ریشه و اندام هوایی کاهش یافت که اثر گذاری منفی کادمیم به مراتب بیشتر بود و با توجه به مورد مصرف قرار گرفتن نیکل تا مقادیری در گیاه، اثرات منفی آن کمتر بود. بین وزن خشک و تر ریشه با وزن خشک و تر اندام هوایی و میزان عصاره رابطه مستقیم مثبت و با میزان کادمیم و نیکل موجود در اندام هوایی و خاک (به خصوص کادمیم اندام هوایی) رابطه منفی وجود داشت که با توجه به شکل۱ و ۶ می توان به نقش کاهنده فلزات سنگین در میزان وزن خشک و اثر گذاری آن روی عصاره اشاره نمود. در این زمینه تحقیقات قبلی علاوه بر تأیید نتایج تحقیق حاضر بر نقش متحمل تر بودن ریشه نسبت به اندام هوایی در مقابل فلزات سنگین تأکید نموده اند ( Shi & Cai, 2009; Bose & Bhattacharyya, 2008).

### نتیجه گیری کلی

اثرگذاری فلزات سنگین نیکل و کادمیم روی صفات مورد بررسی معنی دار بود که در این بین تأثیر کادمیم به لحاظ سمیت بیشتر بود. غالباً غلظت بیشتر این فلزات، روی صفات مورد بررسی بیشتر بود و در گروه پایین‌تری قرار گرفتند ( جدول۲). در بین اثرات فلزات سنگین در این آزمایش می توان گفت که آنها از طریق وزن خشک و تر روی درصد عصاره اثر گذاری منفی کردند. همچنین در بررسی تعداد گره در گیاه، سطوح بالای آلودگی در کادمیم گروه‌های پایین‌تری را در دسته بندی دانکن به خود اختصاص دادند، اما در غلظت های بالای نیکل گروه دارای غلظت بالا فقط در سه برداشت آخر، گروه پایینی نسبت به سطوح بالاتر را به خود تخصیص

www.SID.ir

Archive of SID

داد (جدول۳). در مطالعه روند فنولوژیکی گیاه و دسته بندی دانکن در بین میانگین‌های صفات مورد بررسی نیز تیمار شاهد بالاتر از بقیه و سطوح آلودگی در گروه های مختلفی قرار گرفتند که به لحاظ مورد استفاده بودن نیکل در سطوح پایین آلودگی، با تیمار شاهد در گروه آماری نزدیک یکدیگر قرار گرفتند. همچنین به لحاظ اثر سمیت کادمیم، ریزش برگ‌ها و کاهش وزن خشک زودتر و بیشتر، نمود پیدا کرد (شکل های ۱-۶). اثر گذاری نیکل و کادمیم در خاک و اندام هوایی روی وزن تر و خشک ریشه منفی بود ولی این اثر گذاری بواسطه کادمیم معنی دار بود که به نظر می رسد، به دلیل قابل استفاده بودن نیکل تا اندازه ای توسط گیاه خرفه و در مقابل سمی بودن فلز کادمیم روی رشد و نمو این گیاه باشد (Pandey & Pandey, 2009; Peralta-Videa *et al*., 2009). همچنین به نظر می رسد این فلزات از طریق کاهش وزن تر و خشک اندام هوایی و ریشه، تأثیر کاهنده‌ای روی میزان عصاره گیاهی ایجاد نمودند (جدول ۴).

**جدول۱- مشخصات فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش**

| | نیکل (میلی گرم بر کیلوگرم) | سرب (میلی گرم بر کیلوگرم) | آرسنیک (میلی گرم بر کیلوگرم) | کادمیم (میلی گرم بر کیلوگرم) | شن (درصد) | لای (درصد) | رس (درصد) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | ۴/۵۸ | ۱/۱۸ | ۱/۱۱ | ۰/۸۸ | ۱۷ | ۴۴/۵ | ۳۸/۵ |

| مس میلی گرم بر کیلوگرم | آهن میلی گرم بر کیلوگرم | منگنز میلی گرم بر کیلوگرم | روی میلی گرم بر کیلوگرم | نیتروژن (درصد) | پتاسیم در دسترس میلی گرم بر کیلوگرم | فسفر در دسترس میلی گرم بر کیلوگرم | کل عناصر قابل جذب (درصد) | کربن آلی (درصد) | اسیدیته pH | هدایت الکتریکی ds. m $^{-1}$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ۱/۳۸ | ۸/۰۹ | ۱۲/۴۸ | ۱/۰۲ | ۰/۱۲ | ۷۹۵ | ۵۰/۱ | ۲۴ | ۰/۳ | ۷/۱۶ | ۸/۱۹ |

www.SID.ir

Archive of SID

**جدول۲- میانگین مربعات تعداد برگ، گره و درصد عصاره گیاهان خرفه تحت تیمارهای مختلف نیکل و کادمیم در برداشت‌های اول تا نهم**

| منابع تغییرات | درجه‌ی آزادی | تعداد برگ ۱ | تعداد برگ۲ | تعداد برگ۳ | تعداد برگ۴ | تعداد برگ ۵ | تعداد برگ ۶ | تعداد برگ ۷ | تعداد برگ ۸ | تعداد برگ ۹ | تعداد گره ۱ | تعداد گره۲ | تعداد گره۳ | تعداد گره۴ | تعداد گره ۵ | تعداد گره ۶ | تعداد گره ۷ | تعداد گره ۸ | تعداد گره۹ | درصد عصاره |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| تکرار | ۲ | ۱/۷۵ | ۱۸/۸ | ۴۵/۴ | ۵۴/۴ | ۷۳/۹ | ۷۱/۱ | ۸۵/۷ | ۷۹/۵ | ۳۸/۳ | ۰/۲۵ | ۶/۳ | ۶/۳ | ۶/۲ | ۶/۱ | ۶/۳ | ۵/۱ | ۵/۱ | ۵/۳ | ۲/۲ |
| نیکل | ۳ | ۱/۲۵$^{ns}$ | ۷/۳ $^{ns}$ | ۱۰/۷$^{ns}$ | ۲۵/۷$^{**}$ | ۸۵/۷$^{**}$ | ۷۸/۵$^{**}$ | ۸۲/۷$^{**}$ | ۱۳۵/۲$^{**}$ | ۱۷۲/۳$^{**}$ | ۰/۲۵$^{ns}$ | ۰/۵$^{ns}$ | ۰/۵$^{ns}$ | ۰/۶۹$^{ns}$ | ۰/۵$^{ns}$ | ۱/۷$^{**}$ | ۲$^{**}$ | ۳/۷$^{**}$ | ۶/۷$^{**}$ | ۷/۵$^{**}$ |
| کادمیم | ۳ | ۲۴/۳$^{**}$ | ۲۶۶/۳$^{**}$ | ۳۸۸/۷$^{**}$ | ۷۶۴/۲$^{**}$ | ۱۳۳۸/۷$^{**}$ | ۲۳۸۲$^{**}$ | ۳۵۵۸/۷$^{**}$ | ۴۵۰۲/۲$^{**}$ | ۵۰۲۳/۳$^{**}$ | ۲/۷۵$^{**}$ | ۴۸/۵$^{**}$ | ۴۷/۵$^{**}$ | ۳۸/۲$^{**}$ | ۴۲/۵$^{**}$ | ۳۵/۷$^{**}$ | ۳۳/۵$^{**}$ | ۵۳/۷$^{**}$ | ۷۵/۷$^{**}$ | ۸۶/۷$^{**}$ |
| نیکل×کادمیم | ۹ | ۲/۷۵$^{**}$ | ۲۶/۸$^{**}$ | ۵۲/۸$^{**}$ | ۱۲۷/۲$^{**}$ | ۲۹۱/۷$^{**}$ | ۴۶۵/۸$^{**}$ | ۵۵۵/۸$^{**}$ | ۷۷۲/۱$^{**}$ | ۹۸۳/۵$^{**}$ | ۰/۹۲$^{**}$ | ۳/۳۳$^{**}$ | ۳/۱$^{**}$ | ۳$^{**}$ | ۴/۳$^{**}$ | ۶/۴$^{**}$ | ۷/۵$^{**}$ | ۱۲/۴$^{**}$ | ۲۰/۷$^{**}$ | ۱۴/۱$^{**}$ |
| خطا | ۳۰ | ۰/۵۵ | ۳/۱۴ | ۳/۷۷ | ۳/۴۳ | ۲/۴ | ۳/۶ | ۴/۲ | ۲/۷ | ۱/۵ | ۰/۱۱ | ۰/۲۵ | ۰/۲۵ | ۰/۲ | ۰/۳ | ۰/۳ | ۰/۲۶ | ۰/۲۶ | ۰/۳ | ۰/۰۶۵ |
| کل | ۴۷ | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| ضریب تغییرات (درصد) | | ۲۰/۴ | ۱۵/۶ | ۱۲/۶ | ۸/۵ | ۵/۵ | ۵/۵ | ۵/۲ | ۳/۸ | ۲/۹ | ۲۴/۸ | ۱۱/۸ | ۹/۵ | ۷/۸ | ۶/۷ | ۵/۷ | ۵/۱ | ۴/۷ | ۴/۷ | ۲/۹ |

**: اختلاف بسیار معنی دار در سطح احتمال ۱ درصد، * : اختلاف معنی دار در سطح احتمال ۵ درصد، ns : عدم اختلاف معنی دار

www.SID.ir

Archive of SID

**جدول۳- نتایج دسته بندی دانکن در بین گروه‌های نیکل و کادمیم (اثرات منفرد)**

| صفات | تعداد گره ۱ | | تعداد گره ۲ | | تعداد گره ۳ | | تعداد گره ۴ | | تعداد گره ۵ | | تعداد گره ۶ | | تعداد گره ۷ | | تعداد گره ۸ | | تعداد گره ۹ | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | ۱ | a | ۱ | a | ۱ | a | ۱ | a | ۱ | a | ۱ | a | ۱ | a | ۱ | a | ۱ | a |
| سطوح نیکل | ۲ | ab | ۲ | ab | ۲ | b | ۲ | ab | ۳ | b | ۲ | b | ۲ | b | ۲ | b | ۲ | b |
| | ۳ | ab | ۳ | b | ۳ | b | ۲ | b | ۲ | c | ۳ | c | ۳ | c | ۳ | c | ۳ | c |
| | ۴ | b | ۴ | b | ۴ | c | ۴ | c | ۴ | c | ۴ | c | ۴ | d | ۴ | d | ۴ | d |
| | ۱ | a | ۱ | a | ۱ | a | ۱ | a | ۱ | a | ۱ | a | ۱ | a | ۱ | a | ۱ | a |
| سطوح کادمیم | ۲ | b | ۲ | b | ۲ | b | ۲ | b | ۲ | b | ۲ | b | ۲ | b | ۲ | b | ۲ | b |
| | ۳ | c | ۳ | c | ۳ | c | ۳ | c | ۳ | c | ۳ | c | ۳ | c | ۳ | c | ۳ | c |
| | ۴ | d | ۴ | d | ۴ | d | ۴ | d | ۴ | d | ۴ | d | ۴ | d | ۴ | d | ۴ | d |

* سطوح) دارای حروف مشابه، فاقد تفاوت معنی دار در سطح ۵٪ می‌باشند.

( **نیکل:** ۱، ۲، ۳ و ۴ به ترتیب : شاهد، ۲۰، ۶۰ و ۱۲۰ میلی‌گرم برکیلوگرم و **کادمیم:** ۱: شاهد، ۲: ۵ میلی‌گرم برکیلوگرم، ۳: ۲۰ میلی‌گرم برکیلوگرم، ۴: ۴۰ میلی‌گرم برکیلوگرم

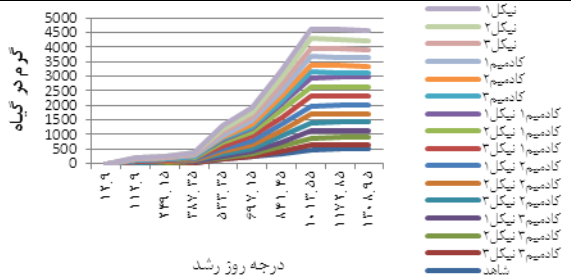
**جدول۴- نتایج همبستگی صفات برآورد شده گیاه خرفه تحت تیمارهای نیکل و کادمیم درشرایط مزرعه**

| صفات مورد بررسی | وزن ریشه تر | وزن ریشه خشک | نیکل اندام هوایی | نیکل خاک | کادمیم اندام هوایی | کادمیم خاک | درصد عصاره | وزن اندام هوایی خشک | وزن اندام هوایی تر |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **وزن ریشه تر** | ۱ | | | | | | | | |
| **وزن ریشه خشک** | ۰/۹۹** | ۱ | | | | | | | |
| **نیکل اندام هوایی** | -۰/۲۱ | -۰/۲۱ | ۱ | | | | | | |
| **نیکل خاک** | -۰/۲۲ | -۰/۲۲ | ۰/۸۶** | ۱ | | | | | |
| **کادمیم اندام هوایی** | -۰/۷۸** | -۰/۷۸** | ۰/۱۳ | ۰/۰۴ | ۱ | | | | |
| **کادمیم خاک** | -۰/۷** | -۰/۷۱** | ۰/۲۵ | ۰/۲۵ | ۰/۹** | ۱ | | | |
| **درصد عصاره** | ۰/۹۴** | ۰/۹۲** | -۰/۲۱ | -۰/۲۱ | -۰/۷۵** | -۰/۶۸** | ۱ | | |
| **وزن اندام هوایی خشک** | ۰/۹۱** | ۰/۹** | -۰/۳۲ | -۰/۳ | -۰/۵۸** | -۰/۵۱** | ۰/۹۳** | ۱ | |
| **وزن اندام هوایی تر** | ۰/۸۴** | ۰/۸۲** | -۰/۳۴ | -۰/۳ | -۰/۴۹** | -۰/۴۳** | ۰/۸۹** | ۰/۹۸** | ۱ |

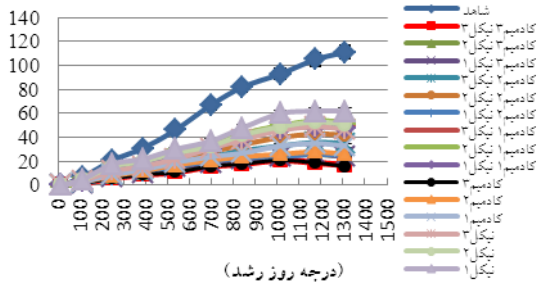
** بیانگر اختلاف بسیار معنی دار در سطح احتمال ۱ درصد، * بیانگر اختلاف معنی دار در سطح احتمال ۵ درصد، ns بیانگر عدم اختلاف معنی دار

www.SID.ir

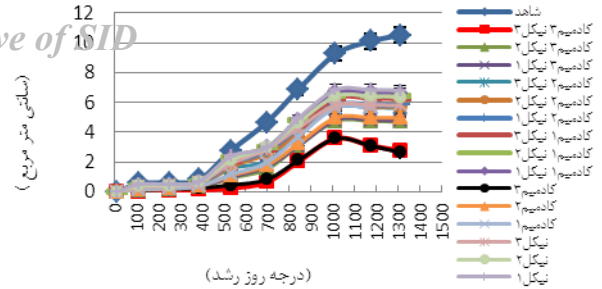
Archive of SID



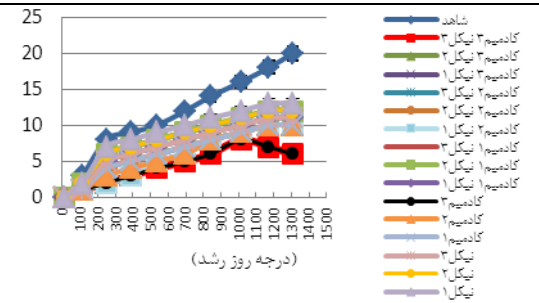

**شکل ۱**– روند تغییرات ماده خشک گیاهی گیاه خرفه تحت تیمارهای مختلف



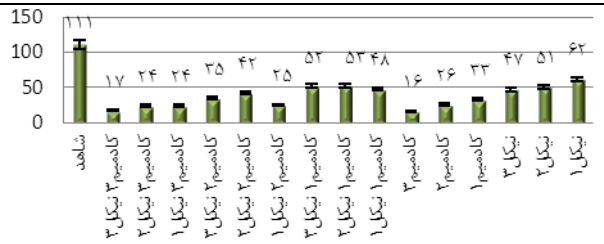

شکل۲- روند تغییرات تعداد برگ گیاه خرفه تحت تیمارهای مختلف



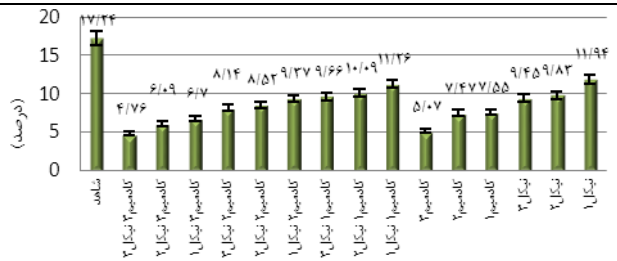

شکل۳- روند تغییرات شاخص سطح برگ گیاه خرفه تحت تیمارهای مختلف



شکل ۴- تغییرات تعداد گره در گیاه خرفه تحت تیمارهای مختلف



شکل۵- دسته‌بندی میانگین‌های تعداد برگ گیاه خرفه




شکل۶- بررسی درصد عصاره‌ی گیاه خرفه تحت تیمارهای مختلف

www.SID.ir

Archive of SID

## منابع


**حاج زاده، م.، ه. رخشنده، م. اسماعیلی زاده، و الف. قربانی.** ۱۳۸۳. بررسی اثرات ضد دردی و ضد التهابی عصاره‌های آبی و الکلی گیاه خرفه در موش های سفید کوچک و بزرگ. مجله‌ی علمی دانشگاه علوم پزشکی سمنان. ۵ (۳ و ۴): ۱۸-۲۰.

**خطیب، م.، م. ح. راشد محصل، ع. گنجعلی، و م. لاهوتی.** ۱۳۸۷. تأثیر غلظت‌های مختلف نیکل بر خصوصیات مورفوفیزیولوژیکی گیاه جعفری (*Petroselenium crispum*). مجله‌ی پژوهش های زراعی ایران. ۶ (۲): ۲۹۵-۳۰۲.

**رشید شمالی، الف.، ح. خداوردی لو، و ح. صمدی.** ۱۳۹۱. اندوزش و تحمل کادمیومی خاک توسط ارزن وحشی (*Pennisetum glausum*)، سلمه‌تره (*Chnopodium album*)، خرفه (*Portulaca oleracea*) و خاکشیر ( *Descurainia Sophia*). مجله‌ی مدیریت خاک و تولید پایدار. ۲(۱) : ۴۵-۶۲.

**قادریان، س. م.، و ن. جمالی حاجیانی.** ۱۳۸۹. بررسی مقاومت، جذب و انباشتگی کادمیم در گیاه *Matthiola chenopodiifolia* Fisch & C. A. ) Mey). زیست شناسی گیاهی. ۶ (۸) : ۸۷-۹۸.

**میلادی گرجی، ح.، ع. وفایی، ع. طاهریان، و ت. واعظی.** ۱۳۷۸. اثر عصاره‌ی آبی تخم گیاه خرفه بر علائم ناشی از قطع مرفین در موش کوچک. مجله علوم پزشکی دانشگاه علوم پزشکی سمنان. ۴ (۴): ۸-۲۰.

**Akhondzadeh, S.** 2000. Encyclopedia of Iranian medicinal plants. 1: Arjmand press. 115.

**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(1): 675-680.

**Baker, A. J. M., S. P. McGrath, R. D. Reeves, and J. A. C. Smith.** 2000. Metal hyperaccumulator plants: A review of the ecology and physiology of a biological resource for phytoremediation of metal-polluted soils. In: Terry, N. and Banuelos, G. Phytoremediation of Contaminated Soil and Water. 2(1): 85-107.

**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(3): 545-554.

**Bose, S. and A. K. Bhattacharyya.** 2008. Heavy metal accumulation in wheat plant grown in soil amended with industrial sludge. Chemosphere. 70: 1264-1272.

**Cai, Y., Q. Luo, M. Sun, and H. Corke.** 2004. Antioxidant activity and phenolic compounds of 112 traditional Chinese medicinal plants associated with anticancer. Life Science. 74(4): 2157-2184.

**Davari, M., M. Homaee, and H. Khodaverdiloo.** 2010. Modeling phytorememediation of Ni and Cd and from contaminated soils using macroscopic transpiration reduction functions. Water Soil Sci. 14 (7): 75-85.

**Epstein, E. and A. J. Bloom.** 2005. Mineral Nutrition of Plant: Principles and perspective: 2nd ed. Sinauer Associated, Inc., Massachusettes. 220-234.

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


www.SID.ir

Archive of SID

**Parida, B. K., I. M. Chhibba, and V. K. Nayyar.** 2003. Influence of nickel-contaminated soils of fenugreek (*Trigonella corniculata* L.) growth and mineral composition. Scientica Horticultre. 98(5): 113-119.

**Peralta-Videa, J. R., G. De La Rosa, J. H. Gonzalez, and J. L. Gardea-Torresdey.** 2004. Effect of the growth stage on the heavy metal tolerance of alfalfa plants. Advances in environmental Research. 8(6): 679-685.

**Peralta-Videa, J. R., M. L. Lopeza, M. Narayana, G. Saupea, J. G. Torresdey.** 2009. The biochemistry of environmental heavy metal uptake by plants: Implications for the food chain. The International Journal of Biochemistry & Cell Biology. 41: 1665–1677.

**Prasad, M. N. V. and H. Feritas.** 2003. Metal hyper accumulation in plants-biodiversity prospecting for phytoremediation technology. Electronic Journal of Biotetechnology. 6 (3): 275-321.

**Robinson, B. H., T. Mills, D. Petit, L. E. Fung, S. R. Green, and B. E. Clothier.** 2000. Natural and induced cadmium accumulation in poplar and willow: Implications for phytoremediation. Plant and Soil. 227 (2): 301-306.

**Sahmurova, A., M. Celik, and S. Allahverdiyev.** 2010. Determination of the accumulator plants in Kucukcekmece Lake (Istanbul). African Journal of Biotechnology. 6 (4): 6545-6551.

**Salehi, M., F. Salehi, K. Poustini, and H. Heidari-Sharifabad.** 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.

**Sanita di Toppi, L. and R. Gabbrielli.** 1999. Response to cadmium in higher plants. Environment and Experimental Botany. 41(3): 105-130.

**Ghani, A. and A. Wahid**. 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.

**Goncalves, J. F., F. G. Antes, J. Maldaner, E. M. Moraes Flores, and F. T. Nicoloso.** 2009. Cadmium and mineral nutrient accumulation in potato plantlets grown under cadmium stress in two different experimental culture conditions. Plant Physiology and Biochemistry. 47: 814-821.

**Hushmandfar, A. R. and F. Moraghebi.** 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.

**Khodaverdiloo, H. and M. Homaee.** 2008. Modeling phytorememediation of Cd and Pb from contaminated soils using plant transpiration reduction functions. Iranian Journal of Irrigation Drainage. 2(8): 2-16.

**Lasat, M. M.** 2002. Phytoexteraction of toxic metals: A review of biological mechanisms. Journal of Environmental Quality. 31(5): 109-120.

**Lombi, E., F. J. Zhao, S. J. Dunham, and S. P. Mc Grayh.** 2000. Cadmium accumulation in population of *Thlaspi caerulescens* and *Thlaspi goesingense*. New Phytologist. 145 (6): 11-20.

**Murifah, S. S. A.** 2008. Growth parameters and elemental status of cucumber (*Cucumus sativus*) seedlings in response to cadmium accumulation. Internationan Journal of Agriculture & Biology. 3(5): 261-266.

**Pandey, J. and U. Pandey.** 2009. Accumulation of heavy metals in dietary vegetables and cultivated soil horizon in organic farming system in relation to atmospheric deposition in a seasonally dry tropical region of India. Environ Monit Assess. 148: 61–74.

www.SID.ir

Archive of SID

areas in big cities:a case study. International Journal of Environtal Science Technology. 10 (2): 243–250.

**Vassilev, A., M. Berova, N. Stoeva, and Z. Zlatev.** 2005. Chronic Cd toxicity of bean plants can be partially reduced by supply of ammonia sulphate. JCEA. 6 (1): 389-396.

**Wojcik, M., J. Vangronsveld, and A. Tukiendorf.** 2005. Cadmium tolerance in *Thlaspi caerulescens*: Growth parameters, metal accumulation and phytochelatin synthesis in response to cadmium. Environmental and Experimental Botany. 53 (3): 151-161.

**Wu, F. B. and G. P. Zhang.** 2002. Genotypic variation in kernel heavy metal concentrations in barley and as affected by soil factors. Journal of Plant Nutrition. 25 (1): 1163-1173.

**Yadegari, M. and A. Karimpoor dehkordi.** 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.

**Zhang, G. P., M. Fukami, and H. Sekimoto.** 2002. Influence of cadmium on mineral concentration and yield components in wheat genotypes differing in Cd tolerance at seedling stage. Field Corp Research. 40 (79): 1-7.

**Schutzendubel, A., P. Schwanz, T. Teichmann, K. Gross, R. Langenfeld, L. Douglas, and A. Polle.** 2001. Cadmium-induced changes in antioxidative system, hydrogen proxide content, and differentiation in Scots pine roots. Plant Physiology. 127 (2): 887-898.

**Seregin, L. and A. Kozhevnikova.** 2006. Physiological role of nickel and its toxic effects on higher plants. Russian Journal of Plant Physiology. 53 (2): 257-277.

**Sharma, S. S. and J. P. Gaur.** 1995. Potential of Lemna polyrrhiza for removal of heavy metals. Ecol. Eng. 4 (2): 37-43.

**Shi, G. and Q. Cai.** 2009. Cadmium tolerance and accumulation in eight potential energy crops. Biotechnology Advances. 27: 555–561.

**Singh, A., R. K. Sharma, M. Agrawal, and F. M. Marshall.** 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 Chemisty Toxicology. 48 (1): 611–619.

**Smith, S. R.** 1996. Agricultural recycling of sewage sludge and environment. CABI,UK. 23-42.

**Taghipour, H., M. Mosaferi, F.Armanfar, and S. J. Gaemmagami.** 2013. Heavy metals pollution in the soils of suburban

www.SID.ir