

## تأثیر غلظت‌های مختلف کروم (III) بر ویژگی‌های مورفولوژیکی و ترکیب شیمیایی اسانس ریحان

منصوره تشکری زاده\*<sup>۱</sup>، امیرحسین سعیدنژاد<sup>۲</sup>

تاریخ دریافت: ۹۴/۱۲/۰۵ تاریخ پذیرش: ۹۵/۰۸/۲۶

<sup>۱</sup> مربی آموزشیار گروه کشاورزی، دانشگاه پیام نور، تهران، ایران

<sup>۲</sup> استادیار گروه کشاورزی، دانشگاه پیام نور، تهران، ایران

\*مسئول مکاتبات، پست الکترونیکی: Mtashakorizadeh@yahoo.com

### چکیده:

افزایش غلظت فلزات سنگین زیان‌های قابل ملاحظه‌ای بر خاک وارد می‌آورد. با توجه به استفاده روز افزون از کودهای شیمیایی، آفت‌کش‌ها و توسعه شهرنشینی و فعالیت‌های صنعتی احتمال تجمع فلزات سنگین در گیاهان رو به افزایش است. هدف از مطالعه حاضر بررسی اثرات ناشی از سمیت کلرید کروم بر ویژگی‌های مورفولوژیکی و ترکیب شیمیایی اسانس گونه دارویی ریحان سبز (*Ocimum basilicum L.*) در شرایط کنترل شده بود. به این منظور، اثر شش تیمار کلرید کروم (صفر (شاهد)، ۰/۰۱، ۰/۱، ۱، ۵، ۱۰ میلی مولار) با چهار تکرار در قالب طرح کاملاً تصادفی در شرایط گلخانه‌ای با کشت گیاه ریحان در بستر پرلیت مورد بررسی قرار گرفت. نتایج حاصل از تجزیه واریانس نشان داد که غلظت کروم تأثیر معنی‌داری بر ویژگی‌های مورفولوژیکی اندام هوایی و ریشه و ترکیب شیمیایی اسانس داشت. با افزایش غلظت کروم، ویژگی‌های مورفولوژیکی به طور معنی‌داری نسبت به شاهد کاهش یافتند. تجمع کروم در بستر کشت مانع رسیدن عناصر مورد نیاز برای رشد، به اندام‌های مختلف و در نتیجه جلوگیری از رشد طبیعی گیاه گردید. غلظت‌های مختلف کروم بر ترکیبات اصلی اسانس ریحان تأثیر داشته و با مصرف سطوح مختلف کروم میزان لینالول و اوژنول نسبت به تیمار شاهد افزایش نشان دادند، که این در نتیجه تنش فلز کروم و القای پاسخ‌های دفاعی و تحریک مسیر بیوسنتز و انباشت اسانس بود.

واژه‌های کلیدی: اندام هوایی، اوژنول، ریشه، سمیت کروم، لینالول

## Effect of Different Concentrations of Chromium (III) on Morphological Characteristics and Essential Oil Chemical Composition of Basil

M Tashakorizadeh<sup>\*1</sup>, AH Saeidnejad<sup>2</sup>

Received: 24 February 2016

Accepted: 16 November 2016

<sup>1-</sup> Instructor, Department of Agriculture, Payame Noor University (PNU), Tehran, I.R. Iran

<sup>2-</sup> Assistant Professor, Department of Agriculture, Payame Noor University (PNU), Tehran, I.R. Iran

\* Corresponding Author, Email: Mtashakorizadeh@yahoo.com

### Abstract

Increasing concentration of heavy metals causes considerable harmful effects on soil. Due to enhanced application of fertilizers, pesticides and also increasing urbanization and industrial activities, accumulation of heavy metals in medicinal plants may be occurred. In this research, effects of chromium toxicity on some morphological characteristics and essential oil chemical composition of basil (*Ocimum basilicum* L.) under controlled conditions were studied. Therefore, effects of six treatments of Cr (control, 0.01, 0.1, 1, 5, 10 mM) based on a completely randomized design with 4 replications in perlite culture was studied. The results of data analysis of variance showed that the effects of different concentrations of Cr on morphological characteristics of shoot and root and essential oil chemical composition were significant. The application of different Cr concentrations decreased morphological characteristics, this reduction was a significant amount compared to the control treatment. It was observed that substrate pollution with heavy metals like Cr inhibited the absorption of essential elements to the plants shoot and thus, repelled the growing process. Different concentrations of chromium increased main compounds of Basil essential oil, such as Linalool and Eugenol and this rise was the result of the stress of chrome and induction of defense responses and stimulation of the bio synthesis's path and the accumulation of essential oil.

**Key words:** Chromium toxicity, Eugenol, Linalool, Root, Shoot

### مقدمه

(مس، روی، نیکل، مولیبدن، منگنز و آهن) عناصر کم مصرف ضروری هستند که در رشد طبیعی گیاهان و بسیاری از فرایندهای متابولیکی شرکت می‌کنند ولی مقدار اضافی آنها در خاکها موجب اختلالات متابولیکی و بازدارندگی رشد در بیشتر گونه‌های گیاهی می‌شود. تعدادی دیگر از آنها مانند سرب، کادمیوم، کروم و جیوه غیر ضروری بوده و حتی در غلظت‌های کم نیز برای گیاهان سمی هستند (سبب‌استیانی و همکاران ۲۰۰۴، رویو و همکاران ۲۰۱۲). رسوب فلزات سنگین در خاک و اثر آن بر پوشش گیاهی، می‌تواند بسیاری از

در عصر جدید یکی از مسائل زیست‌محیطی، آلوده شدن خاک زیر کشت گیاهان مختلف، به فلزات سنگین می‌باشد. فلزات سنگین به عنوان فلزاتی با عدد اتمی بالاتر از ۲۰ و چگالی بالاتر از پنج گرم بر سانتی- مترمکعب تعریف شده‌اند (آلوی ۲۰۱۰). فعالیت‌های روز افزون بشر مانند توسعه صنایع، استخراج معادن، نوب فلزات، مصرف کودهای شیمیایی حاوی عناصر فلزی سنگین منجر به تجمع بیشتر فلزات سنگین در خاک می‌شود (مگاتلی و همکاران ۲۰۰۹). تعدادی از آنها

آبکاری الکتریکی و دباغی و کروم III به منظور آفت‌کش منجر به انتشار کروم در محیط زیست می‌گردد (میچالاک و همکاران ۲۰۰۷). در طبیعت کروم به دو شکل اکسایشی متفاوت وجود دارد: کروم با ظرفیت III و کروم با ظرفیت VI. غلظت‌های بالای هر دو ظرفیت کروم باعث ایجاد سمیت در سیستم‌های زیستی می‌شود (بارنهارت ۱۹۹۷). محدوده سمیت کروم برای گیاهان زراعی از ۰/۵ تا ۵ میلی‌گرم بر لیتر در محلول غذایی و ۵ تا ۱۰۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم در خاک است (پاندا و چادهوری ۲۰۰۵). مطالعات زیادی در مورد اثرات فلزات سنگین در گیاهان دارویی و محصولات آن‌ها انجام شده است (استریت و همکاران ۲۰۰۸، بای و هایمت ۲۰۱۰، عنان و همکاران ۲۰۱۰، ابراهیم و همکاران ۲۰۱۲).

با توجه به توسعه فعالیت‌های صنعتی و استفاده روز افزون از کودهای شیمیایی جهت افزایش محصولات کشاورزی و به دنبال آن آلودگی خاک، بررسی تأثیرات حاصل از تنش ناشی از افزایش فلزات سنگین بر گیاهان حائز اهمیت است. از این رو تحقیق جاری با هدف بررسی اثر سمیت کروم III بر عملکرد برخی ویژگی‌های مورفولوژیکی و ترکیب شیمیایی اسانس ریحان انجام شده است.

#### مواد و روش‌ها

این آزمایش در سال ۱۳۹۳ در گلخانه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه پیام نور کرمان اجرا شد. در مرحله اول ۱۰ عدد بذر ریحان (*Ocimum basilicum* L) در گلدان‌های پلاستیکی پنج لیتری حاوی پرلیت اسیدشویی شده در فاصله نیم تا یک سانتی‌متر از سطح در دمای ۲۷ درجه سلسیوس و رطوبت نسبی ۶۵ درصد در فضای گلخانه کشت شدند. آبیاری دانه‌های کشت شده به کمک آب مقطر به مدت یک هفته انجام شد. از هفته دوم به بعد به منظور تامین مواد غذایی مورد نیاز گیاه از محلول هوگلند با  $\text{pH} \pm 0.7$  به مدت دو هفته استفاده شد (هوگلند و آرنون ۱۹۵۰). در مرحله

پارامترهای مربوط به رشد و نمو گیاهان را تحت تأثیر قرار دهد و مانع فعالیت بسیاری از واکنش‌های آنزیمی و متابولیکی در گیاهان شود (بایکو و همکاران ۲۰۰۶). آسیب به گیاه زمانی اتفاق می‌افتد که ظرفیت آنتی-اکسیدان و مکانیسم‌های سمیت زدایی کمتر از رادیکال‌های آزاد تولید شده توسط فلز سنگین باشد (میچالاک ۲۰۰۶). ریحان با نام علمی *Ocimum basilicum* L. یکی از بزرگترین جنس‌های خانواده نعناع بوده و گیاهی است علفی، یکساله، معطر و دارای ساقه‌های منشعب به ارتفاع ۱۵ تا ۵۰ سانتی‌متر که در اغلب نواحی پرورش می‌یابد. ریحان به عنوان گیاه دارویی، ادویه‌ای و سبزی تازه مورد استفاده قرار می‌گیرد. این گیاه اشتهاآور و برای درمان نفخ و تقویت دستگاه گوارش استفاده می‌شود. این گیاه برای معالجه برخی ناراحتی‌های قلبی و همچنین مداوای بزرگی طحال نیز کاربرد دارد (کیم و همکاران ۲۰۰۶). ترکیبات فنلی فراوان (فلاونوئیدها و آنتوسیانین‌ها) رزمارینیک اسید، سینامیک اسید، اسانس‌های روغنی، تانن‌ها، گلوکوزیدها، و ساپونین از مهمترین ترکیب‌های بخش‌های مختلف گیاه ریحان می‌باشند (ازکان و چالچت ۲۰۰۲). مقدار اسانس گیاه ریحان با توجه به شرایط اقلیمی محل رویش، بین ۰/۵ تا ۱/۵ درصد متغیر و ترکیبات تشکیل دهنده اسانس نیز متفاوت است، اما به طور کلی لینالول، متیل کاپیکول، سیترال، اوژنول، سینئول، ژرانیول، کامفور و متیل‌سینامات از اجزاء مهم اسانس ریحان می‌باشند (سیمون و همکاران ۱۹۹۰، ازک و همکاران ۱۹۹۵).

کروم هفتمین عنصر فراوان بر روی کره زمین و از جمله عناصر واسطه جدول تناوبی است که در دهه اخیر به عنوان یکی از مهم‌ترین آلاینده‌های محیطی محسوب می‌شود (پراساد و استیرزاکا ۲۰۰۲، پاندا و چادهوری ۲۰۰۵). کروم با داشتن چگالی مخصوص ۷/۲ جزء فلزات سنگین بوده و در غلظت‌های بالا سمیت ایجاد می‌کند، و باعث صدمه زدن به سیستم‌های زیستی می‌شود. کروم به علت استفاده‌های وسیع صنعتی به طور گسترده‌ای در خاک رها می‌شود (سنگارگانش و همکاران ۲۰۰۸). استفاده‌های گسترده کروم VI در

و اکرله (۱۹۹۲). دستگاه کروماتوگرافی گازی استفاده شده از نوع Hewlet Packard 6890N با ستون به طول ۳۰ متر، قطر داخلی ۰/۲۵ میلی‌متر و ضخامت لایه ۰/۲۵ میکرومتر از نوع HP-5MS بود. دمای آون از ۱۰۰ درجه سلسیوس تا ۲۵۰ درجه سلسیوس با سرعت ۴ درجه سلسیوس بر دقیقه افزایش یافت و به مدت ۱۰ دقیقه در ۲۵۰ درجه سلسیوس نگه داشته شد. از گاز هلیوم با سرعت جریان ۱ میلی‌متر بر دقیقه و انرژی یونیزاسیون ۷۰ الکترون‌ولت استفاده شد.

برای تعیین غلظت عنصر کروم در اندام هوایی و ریشه ریحان از روش هضم تر استفاده شد. برای این منظور به ۱ گرم پودر گیاه (اندام هوایی و ریشه) ۱۰ میلی‌لیتر اسیدنیتریک غلیظ (۶۵ درصد) افزوده شد. نمونه به مدت ۱ ساعت در حمام آب گرم قرار گرفت. سپس ۲/۶ میلی‌لیتر پراکسید هیدروژن ۲۰ درصد به آن افزوده شد، پس از آن که نمونه‌ها سرد شدند صاف شده و با آب مقطر به حجم ۵۰ میلی‌لیتر رسیدند. غلظت کروم توسط دستگاه جذب اتمی مدل واریان ۲۲۰ اندازه‌گیری شد (انگلونر و همکاران ۲۰۰۰).

برای آنالیز داده‌های حاصل از هر یک از تیمارها، تجزیه واریانس و آماری داده‌ها با آزمون ANOVA و نرم افزار SAS انجام گرفته و مقایسه میانگین‌ها بر مبنای آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد صورت گرفت. برای رسم جداول و نمودارها از نرم‌افزار Excel کمک گرفته شد.

### نتایج و بحث

نتایج حاصل از این آزمایش نشان داد که افزایش غلظت کروم و ویژگی‌های مورفولوژیکی و جذب کروم در گیاه ریحان را تحت تاثیر قرار داد (جدول ۱).

بعد، دانه‌رست‌های جوان به مدت دو هفته تحت تیمار کروم با افزودن کلرید کروم در غلظت‌های صفر (شاهد)، ۰/۰۱، ۰/۱، ۱، ۵، ۱۰ میلی‌مولار به محلول غذایی هوگلند قرار گرفتند. برای هر تیمار چهار تکرار در نظر گرفته شد. گیاهان بعد از یک ماه از زمان کاشت برداشت شدند.

ویژگی‌های مورفولوژیکی شامل: ارتفاع اندام هوایی و طول ریشه، وزن تر و خشک اندام هوایی و ریشه، قطر ساقه، تعداد ساقه‌های فرعی و سطح برگ تعیین شدند. برای اندازه‌گیری ارتفاع اندام هوایی و طول ریشه از خط کش با دقت  $\pm 1\text{mm}$  به وسیله شاخص ارتفاع اندازه‌گیری شد و بر اساس واحد سانتی‌متر گزارش شد. برای تخمین وزن تر و خشک گیاه پس از جدا کردن اندام هوایی و ریشه از یکدیگر، وزن اندام‌ها به تفکیک اندام هوایی و ریشه برحسب گرم با دقت  $\pm 0.001\text{g}$  اندازه‌گیری شد. سپس نمونه‌ها در فویل آلومینیومی پیچیده و به مدت دو شبانه روز در آون در دمای ۷۲ درجه سلسیوس خشک شدند تا وزن خشک ثابت شود. سپس وزن خشک نمونه‌ها با دقت  $\pm 0.001\text{g}$  توزین شد. برای اندازه‌گیری سطح برگ از روش کپی کاغذی استفاده شد (هاشمی دزفولی ۱۳۷۸).

به منظور حفظ کمیت و کیفیت اسانس گیاه، نمونه‌های برداشت شده از اندام هوایی در سایه و در درجه حرارت محیط خشک شدند. برای گرفتن اسانس پس از آسیاب کردن گیاه خشک شده ریحان، مقدار ۵۰ گرم از ماده خشک به مدت سه تا چهار ساعت در دستگاه کلونجر قرار داده شد و اسانس، همراه بخار آب در قسمت لوله تقطیر که به جریان آب سرد متصل است به شکل مایع در آمد و به صورت قطره روغن روی آب قرار گرفت. اسانس گیاه ریحان پس از آماده سازی، به دستگاه کروماتوگرافی گازی (GC) تزریق شد تا نوع ترکیبات تشکیل دهنده آن مشخص شود (میچکوسکی

جدول ۱- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) اثر غلظت‌های مختلف کلرید کروم بر ویژگی‌های مورفولوژیکی و جذب کروم گیاه ریحان.

میانگین مربعات												
منابع تغییر	درجه آزادی	ارتفاع اندام هوایی	طول ریشه	وزن تر اندام هوایی	وزن خشک اندام هوایی	وزن خشک ریشه	قطر ساقه	تعداد ساقه فرعی	سطح برگ	جذب کروم در اندام هوایی	جذب کروم در ریشه	میانگین مربعات
تیمار	۵	۳۵/۹*	۸/۳۲*	۱۱۴/۹**	۱۴/۷*	۵/۷۶*	۰/۸۸*	۰/۷۹*	۱/۱۵*	۴۷/۹**	۱۵۳/۲**	
اشتباه آزمایشی	۱۸	۹/۸	۲/۳۲	۱۳/۹	۴/۵	۱/۵	۰/۲۷	۰/۵۳	۰/۷۳	۳/۹	۱۱/۹	
ضریب تغییرات		۱۰/۴	۲۸/۸	۳۸/۳	۲۳/۷	۳۴/۸	۲۱/۱	۲۶/۳	۱۱	۳۸/۶	۳۹/۵	

\*\*\*, \* به ترتیب معنی‌دار در سطوح احتمال ۱ و ۵ درصد.

### ویژگی‌های مورفولوژیکی

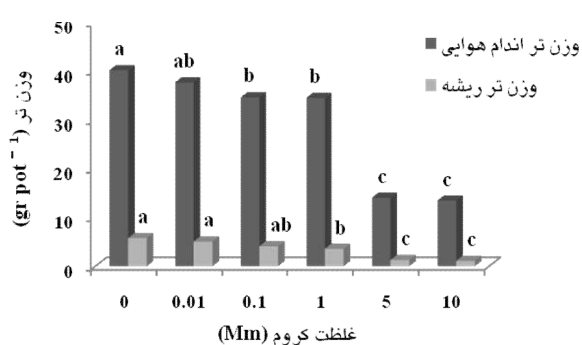
#### ارتفاع اندام هوایی و طول ریشه

اثر غلظت‌های مختلف کروم بر ارتفاع اندام هوایی و طول ریشه ریحان نشان داد که با افزایش غلظت کروم، ارتفاع اندام هوایی و طول ریشه با کاهش معنی‌داری در غلظت‌های پنج و ۱۰ میلی‌مولار همراه است، در حالی که برای سایر غلظت‌ها تفاوت معنی‌داری از لحاظ آماری در سطح پنج درصد مشاهده نشد (شکل ۱). گزارش‌های متعددی از اثر بازدارندگی فلزات سنگین از جمله کروم بر ارتفاع اندام هوایی و رشد طولی ریشه گزارش شده است. ساندرامورتی و همکاران (۲۰۱۰) مشاهده کردند که ارتفاع اندام هوایی برنج تحت تاثیر هفت تیمار مختلف کروم کاهش یافت. مطالعه آردونی و همکاران (۱۹۹۴) بر گیاه نی و یانگ و همکاران (۱۹۹۶) روی جو و برنج نشان داد که ارتفاع اندام هوایی و رشد

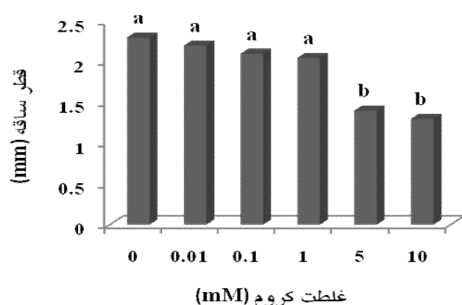
طولی ریشه گیاهان با افزایش غلظت فلزات سنگین کم شده و کاهش در ارتفاع اندام هوایی گیاه به علت رشد کم ریشه و در نتیجه کاهش انتقال آب و مواد غذایی به اندام‌های هوایی گیاه است. علاوه بر این، انتقال کروم به اندام‌های هوایی گیاه می‌تواند به علت اثر مستقیم کروم بر متابولیسم سلولی اندام هوایی باشد که باعث کم شدن ارتفاع گیاه می‌شود (شانکر و همکاران ۲۰۰۵).

#### وزن تر اندام هوایی و ریشه

با افزایش غلظت کروم وزن تر اندام هوایی و ریشه بطور معنی‌داری کاهش یافت. این کاهش در غلظت‌های ۰/۱، ۱، ۵ و ۱۰ میلی‌مولار کروم برای اندام هوایی و در غلظت‌های یک، پنج و ۱۰ میلی‌مولار کروم برای ریشه نسبت به گیاهان گروه شاهد به ترتیب در سطوح یک و پنج درصد معنی‌دار بود (شکل ۲).



شکل ۲- اثر غلظت‌های مختلف کروم بر وزن تر اندام هوایی و ریشه گیاه ریحان.

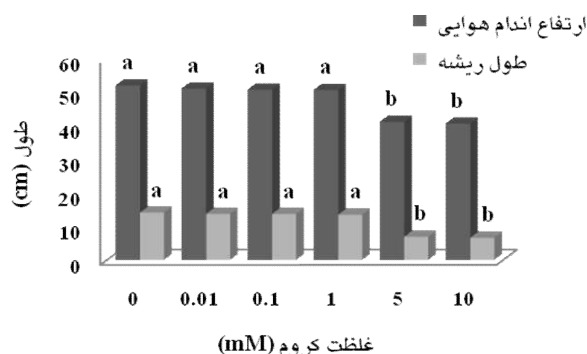


شکل ۴- اثر غلظت‌های مختلف کروم بر قطر ساقه گیاه ریحان.

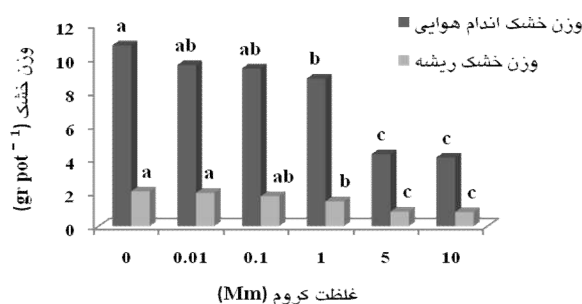
فلزات سنگین از جمله کروم باعث کاهش وزن تر ریشه، ساقه و برگ‌ها و وزن خشک اندام هوایی و ریشه گیاهان و به طور کلی سبب کاهش بیوماس گیاهی می‌شوند (مویا و همکاران ۱۹۹۳، پاپازوگلو و همکاران ۲۰۰۵، فوتس و همکاران ۲۰۰۷).

#### قطر ساقه، تعداد ساقه فرعی و سطح برگ

با افزایش غلظت کروم، قطر ساقه با کاهش معنی‌داری در غلظت‌های پنج و ۱۰ میلی‌مولار همراه بود، و برای سایر غلظت‌ها تفاوت معنی‌داری از لحاظ آماری در سطح پنج درصد مشاهده نشد (شکل ۴).



شکل ۱- اثر غلظت‌های مختلف کروم بر ارتفاع اندام هوایی و طول ریشه گیاه ریحان.



شکل ۳- اثر غلظت‌های مختلف کروم بر وزن خشک اندام هوایی و ریشه گیاه ریحان.

#### وزن خشک اندام هوایی و ریشه

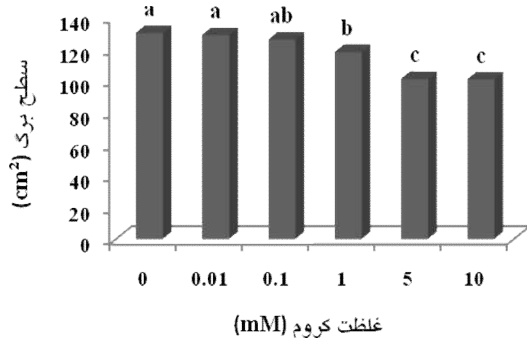
افزایش غلظت کروم وزن خشک اندام هوایی و ریشه ریحان را کاهش داد. این کاهش برای غلظت‌های یک، پنج و ۱۰ میلی‌مولار کروم برای اندام هوایی و ریشه نسبت به شاهد از لحاظ آماری در سطح پنج درصد معنی‌دار بود (شکل ۳). یون‌های فلزات سنگین نظیر کروم زمانی که در مقادیر زیاد در محیط وجود داشته باشند به وسیله ریشه گیاهان جذب و به اندام‌های هوایی منتقل شده و موجب اختلال در سوخت و ساز گیاه می‌شوند (لی و همکاران ۲۰۱۰).

جدول ۲- درصد ترکیبات عمده اسانس ریحان در غلظت‌های مختلف کروم.\*

غلظت کروم (mM)						نام ترکیب
۱۰	۵	۱	۰/۱	۰/۰۱	۰ (شاهد)	
۳۷/۷c	۳۷/۶۹c	۳۷/۴۵c	۴۱/۴۷b	۴۲/۳۵a	۳۷/۷c	linalool
۰/۰۵a	۰/۰۵a	۰/۰۶a	۰/۰۶a	۰/۰۵a	۰/۰۶a	geraniol
۵/۴a	۵/۶a	۵/۹a	۵/۱۲a	۵/۱۳a	۵/۱۱a	1,8-cineole
۱۸/۲c	۱۸/۲۱c	۱۸/۹۶cb	۲۱/۵۱b	۲۱/۸۸a	۱۸/۲۳c	eugenol
۰/۵۸a	۰/۵۷a	۰/۶۰a	۰/۵۹a	۰/۵۸a	۰/۵۹a	methylchavicol
۰/۸b	۰/۸۵b	۱/۵۷a	۱/۵۴a	۱/۵۶a	۱/۵۶a	$\beta$ -pinene
۰/۳۸a	۰/۳۸a	۰/۴۳a	۰/۴۰a	۰/۳۹a	۰/۴۱a	myrcene
۱/۶۰a	۱/۶۱a	۱/۶۳a	۱/۶۲a	۱/۶۳a	۱/۶۲a	$\alpha$ -terpinene
۰/۰۱۹a	۰/۰۱۹a	۰/۰۲a	۰/۰۲a	۰/۰۲a	۰/۰۲a	nerol
۰/۰۱۸a	۰/۰۲a	۰/۰۲a	۰/۰۲a	۰/۰۲a	۰/۰۲a	geranyl acetate
۰/۸۷a	۰/۸۶a	۰/۸۸a	۰/۸۹a	۰/۸۹a	۰/۸۹a	$\alpha$ -pinene
۰/۵۲a	۰/۵۲a	۰/۵۴a	۰/۵۵a	۰/۵۴a	۰/۵۵a	limonene
۰/۱۰a	۰/۱۰a	۰/۱۱a	۰/۱۱a	۰/۱۱a	۰/۱۱a	sabinene
۰/۱۷a	۰/۱۷a	۰/۱۸a	۰/۱۷a	۰/۱۸a	۰/۱۸a	carvacrol
۰/۲۸a	۰/۲۸a	۰/۲۸a	۰/۲۹a	۰/۲۸a	۰/۲۹a	camphene
۱/۸۶b	۱/۹b	۲/۶۶a	۲/۶۵a	۲/۶۵a	۲/۶۵a	camphor

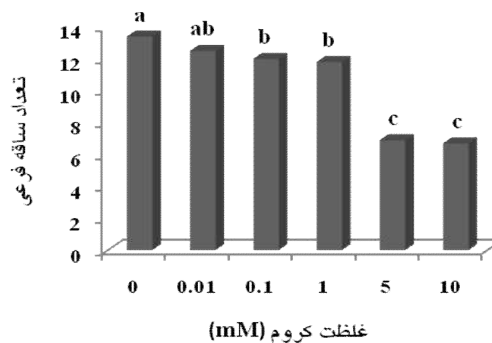
\*اعداد داخل هر ردیف که حداقل دارای یک حرف مشترک باشند مطابق آزمون دانکن ( $p < 0.05$ ) تفاوت معنی‌داری ندارند.

افزایش غلظت کروم، سطح برگ را نیز به طور معنی‌داری کاهش داد. این کاهش در غلظت‌های یک، پنج و ۱۰ میلی‌مولار کروم نسبت به گروه شاهد از لحاظ آماری در سطح پنج درصد معنی‌دار بود (شکل ۶).

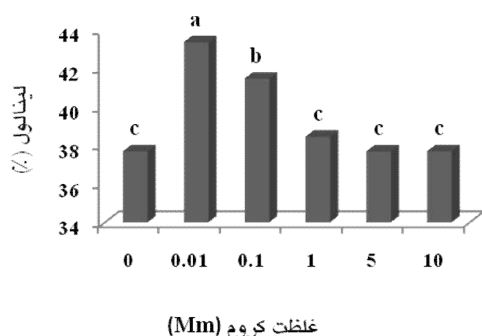


شکل ۶- اثر غلظت‌های مختلف کروم بر سطح برگ گیاه ریحان.

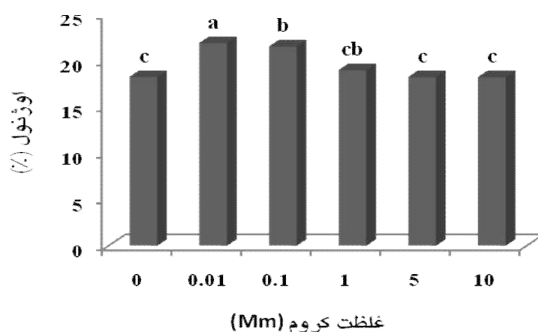
افزایش غلظت کروم در تیمارها باعث کاهش تعداد ساقه‌های فرعی گیاه ریحان شد. این کاهش در غلظت‌های ۰/۱، یک، پنج و ۱۰ میلی‌مولار کروم نسبت به شاهد از لحاظ آماری در سطح پنج درصد معنی‌دار بود (شکل ۵).



شکل ۵- اثر غلظت‌های مختلف کروم بر تعداد ساقه فرعی گیاه ریحان.



شکل ۷- اثر غلظت‌های مختلف کروم بر درصد لینالول.



شکل ۸- اثر غلظت‌های مختلف کروم بر درصد اوژنول.

مطالعات نشان می‌دهد که در شرایط تنش فلزات سنگین برخی از این متابولیت‌های ثانویه به میزان قابل توجهی در گیاه افزایش می‌یابد (تیریلینی و همکاران ۲۰۰۶). مطالعات اندکی درباره اثر فلزات سنگین بر کمیت و کیفیت متابولیت‌های ثانویه و ترکیبات فعال گیاهان دارویی انجام شده است (نسیم و دیر ۲۰۱۰). زلجاکو و نیلسن (۱۹۹۶) گزارش کردند که تنش کروم باعث افزایش اوژنول، ترکیب غالب اسانس ریحان (افزایش ۱۵، ۲۵، ۱۷ و ۴ درصد اوژنول به ترتیب در تیمار ۱۰، ۲۰، ۵۰ و ۱۰۰ میکرومولار کروم) می‌شود. به طور مشابه ترکیبات فعال دارویی فیلانترین و هیپو-فیلانترین در حضور کادمیوم در گیاه دارویی فیلانتنوساماروس (*Phyllanthus amarus schum & Thonn*) و ترکیب دایازجین در حضور مس در گیاه

فلزات سنگین نظیر کروم به روش‌های مختلف مانع رشد گیاهان می‌شوند. این فلزات با کاهش تورژسانس سلولی موجبات کاهش تقسیم سلولی و مهار رشد سلولی را فراهم می‌آورند و از طرف دیگر با تجمع در دیواره سلولی و ورود به سیتوپلاسم در متابولیسم طبیعی سلول اختلال ایجاد کرده و باعث کاهش رشد می‌گردند (مولاسیوتیس و همکاران ۲۰۰۵). طبق گزارشات پاندا و چادهوری (۲۰۰۵) غلظت-های بالای کروم سطح برگ و بیوماس جوانه‌های *Albizia lebeck* را کم کرد و این می‌تواند به علت کاهش در تعداد سلول‌های برگ‌های بازمانده از رشد در اثر سمیت با کروم یا کاهش در اندازه آنها باشد. کاهش رشد عمومی گیاهان در اثر افزایش غلظت فلزات سنگین نظیر کروم در تحقیقات متعدد تایید شده است (پاریدا و همکاران ۲۰۰۳).

#### ترکیب شیمیایی اسانس

افزایش غلظت تیمار کلرید کروم ترکیبات غالب اسانس گیاه ریحان را تغییر داد که در جدول ۲ ارائه شده است.

لینالول و اوژنول دو ترکیب غالب اسانس ریحان با افزایش غلظت کروم افزایش یافتند. تنش کروم باعث افزایش ۱۵، ۱۰ و دو درصد لینالول و همچنین افزایش ۲۰، ۱۸ و چهار درصد اوژنول به ترتیب در تیمارهای ۰/۱، ۰/۱ و یک میلی‌مولار گردید که این افزایش مقادیر لینالول و اوژنول در غلظت‌های ۰/۱ و ۰/۱ میلی‌مولار کروم نسبت به تیمار شاهد از لحاظ آماری در سطح پنج درصد معنی‌دار بود (شکل ۷ و ۸).

دیگر ترکیبات اسانس ریحان تغییرات معنی‌داری را نسبت به تغییر غلظت کروم نشان ندادند (جدول ۲). تمام متابولیت‌های ثانویه گیاهی اگرچه اساساً با هدایت فرایندهای ژنتیکی ساخته می‌شوند، اما مقادیر آنها به طور آشکاری تحت تاثیر عوامل مختلف محیطی قرار می‌گیرد (نقدی بادی و همکاران ۱۳۹۰).



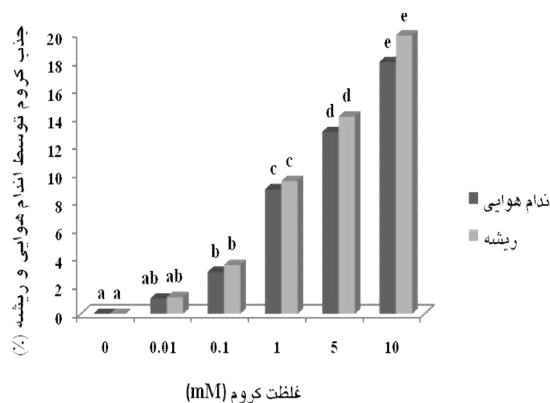
میزان جذب فلزات سنگین توسط گیاهان متناسب با غلظت آن در محیط افزایش می‌یابد (مری و همکاران ۱۹۸۶). جذب این فلزات از خاک به نوع و غلظت فلزات موجود در خاک، زیست‌فراهمی عناصر و نوع گونه گیاهی بستگی دارد (برو و بورچ ۱۹۹۱).

با توجه به نتایج این تحقیق و پژوهش‌های دیگری در این زمینه می‌توان گفت که تنش ناشی از کروم باعث تغییرات مورفولوژیکی و افزایش متابولیت ثانویه در گیاه ریحان می‌شود. تجمع فلزات سنگین در خاک مانع رسیدن عناصر مورد نیاز جهت رشد به اندام‌های هوایی شده و از رشد طبیعی گیاه جلوگیری می‌کند از طرفی تنش فلزات سنگین با القاء پاسخ‌های دفاعی موجب تحریک مسیر بیوسنتز و انباشت متابولیت‌های ثانویه می‌شود (عسگری لجایر و همکاران ۱۳۹۳). علی‌رغم تأثیر منفی عنصر کروم بر خصوصیات مورفولوژیکی گیاه ریحان به استناد نتایج حاصل از این تحقیق و سایر تحقیقات که در دنیا در مورد اثر فلزات سنگین بر تحریک تولید متابولیت‌های ثانویه گیاهان دارویی مختلف انجام شده می‌توان امیدوار بود که با وجود تمام مشکلات و محدودیت‌ها و شرایط دشوار بوم‌شناسی مناطق آلوده به فلزات سنگین نظیر کروم، برخی گیاهان دارویی به عنوان یک جایگزین مناسب برای کشت و کار و تولید عملکردهای بالاتر متابولیت‌های ثانویه در اراضی آلوده مطرح شوند.

*Dioscorea bulbifera* L افزایش یافت. در تضاد با این گزارشات، آلودگی فلزات سنگین در هوا و خاک در فاصله ۴۰۰ متری از منبع آلودگی (کارخانه نوب فلزات غیر آهنی)، ترکیب شیمیایی اسانس گیاهان دارویی نعناع فلفلی (*Mentha piperita* L) و نعناع صحرایی (*Mentha arvensis* L.) بیشتر از ۱۴ درصد نسبت به شاهد کاهش داشت، در مقابل در همان فاصله از منبع آلودگی هیچ کاهش عملکردی در اسطوخودوس ثبت نشد. همچنین در این فاصله مقدار اسانس و کیفیت آن کاهش نیافت (زلجاکو و نیلسن ۱۹۹۶).

### جذب کروم در اندام هوایی و ریشه

با افزایش غلظت کروم در تیمارها میزان جذب کروم توسط اندام هوایی و ریشه به طور معنی‌داری افزایش یافت که این صعود در اندام هوایی و ریشه در غلظت‌های ۰/۱، یک، پنج و ۱۰ میلی‌مولار کروم نسبت به شاهد از لحاظ آماری در سطح یک درصد معنی‌دار بود (شکل ۹).



شکل ۹- درصد جذب کروم توسط اندام هوایی و ریشه ریحان.

### منابع مورد استفاده

عسگری لجایر ح، نجفی ن و مقیسه ا، ۱۳۹۳. اثر آلودگی خاک ها به فلزات سنگین بر تولید گیاهان دارویی. نشریه مدیریت اراضی، جلد ۲، شماره ۲، صفحه‌های ۱۱۱ تا ۱۲۲.

نقدی بادی ح، زینلی مبارکه ز، امیدى ح و رضازاده ش، ۱۳۹۰. تغییرات مورفولوژیک، زراعی و فیتوشیمیایی گاوزبان (*Borago officinalis* L) تحت تاثیر کودهای زیستی و شیمیایی. فصلنامه گیاهان دارویی. جلد ۲، ویژهنامه شماره ۹، صفحه‌های ۱۴۵ تا ۱۵۶.

هاشمی دزفولی ا، ۱۳۷۸. فیزیولوژی گیاهان زراعی تکمیلی. دانشگاه شهید چمران، اهواز.

- Alloway BJ, 2010. Heavy Metals in Soil (Third edition). John Wiley and Sons, New York, USA.
- Annan K, Kojo AI, Cindy A, Samuel AN and Tunkumngen BM, 2010. Profile of heavy metals in some medicinal plants from Ghana commonly used as components of herbal formulations. *Pharmacognosy Research* 2 (1): 41-50.
- Arduini I, Godbold DL and Onnis A, 1994. Cadmium and copper change root growth and morphology of *Pinus pinea* and *Pinus pinaster* seedlings. *Physiologia Plantarum* 92:675-680.
- Barnhart N, 1997. Chromium and its soils in the proximity of the old tannery waste lagoon. *International Agrophysics* 15: 121-124.
- 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. *Istanbul Environmental Pollution* 143:545-554.
- Baye H and Hymete A, 2010. Lead and cadmium accumulation in medicinal plants collected from environmentally different sites. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology* 84(2): 197-201.
- Berrow ML and Burrige JC, 1991. Uptake, distribution and effect of metal compounds on plants. Merrian E (Hrsg) metals and their compounds in the environment, Weinheim.
- Choudhury S and Panda SK, 2004. Role of salicylic acid in regulating cadmium induced oxidative stress in *Oryza sativa* L roots. *Bulgarian Journal of Plant Physiology* 30(3-4): 95-110.
- Ebrahim AM, Eltayeb MH, Khalid H, Mohamed H, Abdalla W, Grill P and Michalke B, 2012. Study on selected trace elements and heavy metals in some popular medicinal plants from Sudan. *Journal of natural medicines* 66 (4): 671-679.
- Engloner AI, Bain R, Sugar F and Viranyi J, 2000. Destruction methods for the analytical determination of metals in reed plants. *Plant Dis Prot* 107: 627-636
- Fuentes D, Disante KB, Valdecantos A, Cortina J and Vallejo VR, 2007. Response of *Pinus halepensis mill* Seedlings to biosolids enriched with Cu, Ni and Zn in three Mediterranean forest soils. *Environmental Pollution* 145: 316-323.
- Hoagland DR and Arnon DI, 1950. The water-culture method for growing plants without soil. *California Agricultural Experiment Station Circular* 347: 1-32.
- Kim HJ, Chen F, Wang X and Rajapakse NC, 2006. Effect of methyl jasmonate on secondary metabolites of sweet basil (*Ocimum basilicum* L). *Journal of Agricultural Food Chemistry* 54: 2327-2332.
- Li Q, Cai S, Mo C, Chu B, Peng L and Yang F, 2010. Toxic effects of heavy metals and their accumulation in vegetables grown in a saline soil. *Ecotoxicology and Environmental Safety* 73 (1): 84-88.
- Marry RH, Tiller KG and Alston AM, 1986. The effect of contamination of soil with copper, lead and arsenic on the growth and composition of plant. *Journal of Plant and Soil* 91: 115-128.
- Mechkovski A and Akerele CO, 1992. Quality Control Methods for Medicinal Plant Materials, WHO/PHARM/92.559. World Health Organization, Switzerland.
- Megateli S, Semsari S and Couderchet M, 2009. Toxicity and removal of heavy metals (cadmium, copper, and zinc) by *Lemna gibba*. *Ecotoxicology and Environmental Safety* 72 (6): 1774-1780.
- Michalak A, 2006. Phenolic compounds and their antioxidant activity in plants growing under heavy acids and anthocyanins in protoplasts. *Plant Physiology* 64: 88-93.
- Michalak I, Zielinska A, Chojnacka K and Matul JA, 2007. Biosorption of Cr (III) by microalgae and macroalgae: equilibrium of the process. *American Journal of Agricultural and Biological Sciences* 2 (4): 284-290.
- Molassiotis A, Tanouc G, Diamantidis G and Patakas A, 2005. Effects of 4- month Fe deficiency exposure on Fe reduction mechanism Photosynthetic gas exchange chlorophyll fluorescence and antioxidant defense in two peach rootstock different in Fe deficiency tolerance. *Journal of Plant Nutrition* 25: 843- 860.
- Moya JL, Ros R and Picazo I, 1993. Influence of cadmium and nickel on growth, net photosynthesis and carbohydrate distribution in rice plants. *Photosynthesis Research* 36:75-80.
- Nasim SA and Dhir B, 2010. Heavy metals alter the potency of medicinal plants. *Rev Environ Contam Toxicol* 203: 139-149.
- Ozcan M and Chalchat JC, 2002. Essential oil composition of *Ocimum basilicum* L. and *Ocimum minimum* L. in Turkey. *Czech Journal of Food Sciences* 20(6): 223-228.
- Ozek T, Beis S, Demircakmak B and Baser KHC, 1995. Composition of the essential oil of *Ocimum basilicum* L. cultivated in Turkey. *Journal of Essential Oil Research* 7: 203 - 205.
- Panda SK and Choudhury S, 2005. Chromium stress in plants. *Brazilian Journal of Plant Physiology* 17: 95-192.
- Papazoglou EG, Karantounias GA, Vemmos SN and Bouranis DL, 2005. Photosynthesis and growth responses of giant reed (*Arundo donax* L.) to the heavy metals Cd and Ni. *Environment International* 31:243-249.
- Parida BK, Chhibba IM and Nayyar VK, 2003. Influence of nickel-contaminated soils on fenugreek (*Trigonella corniculata* L.) growth and mineral composition. *Scientia Horticulturae* 98:113-119.

- Prasad MNV and Strzaka K, 2002. Physiology and biochemistry of metal toxicity and tolerance in plants. *Plant Sciences* 161: 881-889.
- Rubio C, Lucas JRD, Gutiérrez AJ, Glez-Weller D, Pérez Marrero B, Caballero JM, Revert C and Hardisson A, 2012. Evaluation of metal concentrations in mentha herbalteas (*Mentha piperita* L. *Mentha pulegium* L and *Mentha* species) by inductively coupled plasma spectrometry. *Journal of Pharmaceutical and Biomedical Analysis* 71: 11-17.
- Sankar Ganesh K, Baskaran L, Rajasekaran S, Sumathi K, Chidambaram ALA and Sundaramoorthy P, 2008. Chromium stress induced alternations in biochemical and enzyme metabolism in aquatic and terrestrial plants. *Colloids and Surfaces B: Biointerfaces* 63: 159-163.
- Sebastiani L, Scebba F and Tognetti R, 2004. Heavy metal accumulation and growth responses in poplar clones Eridano (*Populus deltoides maximowiczii*) and I-214 (*P. euramericana*) exposed to industrial waste. *Environmental and Experimental Botany* 52 (1): 79-88.
- Shanker KA, Cervantes C, Loza-Taversa H and Avudainayagam S, 2005. Chromium toxicity in plants. *Environment International* 31:739-753.
- Simon JE, Quinn J and Murray RG, 1990. Basil: A Source of Essential Oils. In: J Janick and JE Simon, (eds). *Advances in New Crops*. Timber Press. Oregon, USA.
- Street R, Kulkarni MG, Stirk WA, Southway C and Van Staden J, 2008. Variation in heavy metals and microelements in South African medicinal plants obtained from street markets. *Food Additives and Contaminants* 25: 953-960.
- Sundaramoorthy P, Alagappan C, Kaliyaperumal SG, Pachikaran U and Logalashmanan B, 2010. Chromium stress in paddy: (i) Nutrient status of paddy under chromium stress; (ii) Phytoremediation of chromium by aquatic and terrestrial weeds. *Comptes Rendus Biologies* 333: 597-607.
- Tirillini B, Ricci A, Pintore G, Chessa M and Sighinolfi S, 2006. Induction of hypericins in *Hypericum perforatum* L. in response to chromium. *Fitoterapia* 77(3): 164-170.
- Yang X, Baligar VC, Martens DC and Clark RB, 1996. Plant tolerance to Ni toxicity. I. Influx, transport and accumulation of Ni in four species. *Journal of Plant Nutrition* 19:73-85.
- Zheljazkov V D and Nielsen NE, 1996. Effect of heavy metals on peppermint and cornmint. *Plant and Soil* 178 (1): 59-66.