

## اثر کاربرد سطوح مختلف مس و روی بر برخی صفات رشدی، غلظت مس و روی و بازده و عملکرد اسانس ریحان (*Ocimum basilicum L.*)

### Effect of Different Levels of Copper and Zinc on Some Growth Parameters, Copper and Zinc concentrations, Essential Oil Content and Yield of Basil (*Ocimum Basilicum L.*)

حمایت عسگری لجایر<sup>۱</sup>، جواد هادیان<sup>۲\*</sup>، غلامرضا ثواقبی فیروزآبادی<sup>۳</sup> و بابک متشعزاده<sup>۴</sup>

تاریخ پذیرش: ۹۳/۰۱/۳۰

تاریخ دریافت: ۹۲/۰۱/۲۴

#### چکیده

مس و روی از عناصر کم مصرف ضروری هستند که جزء فلزات سنگین نیز طبقه بندی می شوند و نقش های ساختاری و عملکردی در فرآیندهای متابولیکی گیاهان برعهده دارند. به منظور بررسی اثر غلظت های مختلف مس و روی بر برخی صفات رشدی، غلظت مس و روی و میزان اسانس، تحقیقی در قالب آزمایش فاکتوریل با طرح پایه کاملاً تصادفی با سه سطح مس (صفر، ۵ و ۲۵ میلی گرم در کیلوگرم خاک به صورت سولفات مس) و سه سطح روی (صفر، ۱۰ و ۵۰ میلی گرم در کیلوگرم خاک به صورت سولفات روی) در سه تکرار و در یک خاک آهکی در شرایط گلخانه اجرا گردید. نتایج نشان داد که اثر مس و روی بر وزن تر و خشک ریشه، شاخص کلروفیل (SPAD) و عملکرد اسانس معنی دار و اثر متقابل عناصر مس و روی بر سطح برگ و غلظت مس و روی اندام هوایی معنی دار بود. حداکثر مساحت برگ (۲۹۳۵/۱۳ سانتی متر مربع) مربوط به ترکیب تیماری مس ۵ و روی ۱۰ میلی گرم بر کیلوگرم و حداقل میزان آن (۲۰۶۱/۵۷ سانتی متر مربع) مربوط به ترکیب تیماری مس ۲۵ و روی ۵۰ میلی گرم بر کیلوگرم به دست آمد. بیشترین غلظت مس در بخش هوایی به میزان ۲۵/۵۳ میلی گرم بر کیلوگرم در تیمار  $Cu_{25}Zn_{10}$  و بیشترین غلظت روی به میزان ۱۵۳/۴۳ میلی گرم بر کیلوگرم در تیمار  $Cu_5Zn_{50}$  حاصل شد. بیشترین عملکرد اسانس نیز (۱۰۱/۱۲ و ۱۰۵/۷۳ میلی گرم بر گلدان) به ترتیب در تیمار ۵ میلی گرم بر کیلوگرم مس و ۱۰ میلی گرم بر کیلوگرم روی به دست آمدند. براساس نتایج این آزمایش به نظر می رسد مس و روی در غلظت های پایین موجب تحریک رشد، افزایش زیست توده و عملکرد اسانس در گیاه دارویی ریحان می شود در حالی که غلظت های بالای آن ممکن است سبب بروز برخی اثرات سمی گردد.

واژه های کلیدی: اسانس، ریحان، مس، روی، کلروفیل

۱. دانشجوی دکتری گروه علوم و مهندسی خاک دانشگاه تبریز، تبریز

۲. استادیار پژوهشکده گیاهان و مواد اولیه دارویی، دانشگاه شهید بهشتی، تهران

۳ و ۴. استاد و دانشیار گروه علوم و مهندسی خاک پردیس کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج

\* نویسنده مسئول  
Email: javadhadian@sbu.ac.ir

## مقدمه

مشکلات اصلی کشورهای در حال توسعه را فقر، آلودگی محیطزیست، افزایش جمعیت و عدم استفاده از تکنولوژی پیشرفته می‌دانند. آلودگی خاک‌های کشاورزی به فلزات سنگین یک مشکل عمده زیست‌محیطی در سراسر جهان است که می‌تواند به قابلیت تولید، کیفیت مواد غذایی، سلامتی انسان و سایر موجودات زنده صدمات فراوانی وارد کند (مک‌گراس<sup>۱</sup> و همکاران، 2002). فلزات سنگین با گسترش صنعت، معدن کاری، آبیاری توسط پساب‌ها و استفاده از لجن فاضلاب‌ها، رنگ‌ها، کارخانجات باتری سازی وارد خاک می‌شوند و غلظت آن‌ها در محیطزیست و خاک‌های کشاورزی با شدتی روزافزون در حال افزایش است (لاسات<sup>۲</sup>، 2002). پاسخ گیاهان دارویی به عوامل محیطی از جمله فلزات سنگین، عناصر کم‌مصرف و پر مصرف و چگونگی تغییرات متابولیکی و فیزیولوژیکی آن‌ها همواره مورد توجه محققان بوده است. مس و روی از عناصر کم مصرف ضروری هستند که جزء فلزات سنگین نیز طبقه‌بندی می‌شوند و نقش‌های ساختاری و عملکردی فراوانی در فرایندهای متابولیکی گیاهان برعهده دارند، ولی هم کمبود و هم مقدار اضافی آن‌ها در خاک‌ها موجب اختلالات متابولیکی و بازدارندگی رشد در بیشتر گونه‌های گیاهی می‌شود (زارع‌ده‌آبادی و همکاران، 1388). عناصر کم‌مصرف با وجود این‌که به مقدار کم موردنیاز گیاهان می‌باشد، ولی نقش برجسته‌ای در رشدونمو گیاهان دارند (پیرزاد و همکاران، 1392). نتایج تحقیقات متعدد حاکی از تأثیر عناصر کم‌مصرف و فلزات سنگین بر عملکرد کمی و کیفی گیاهان دارویی می‌باشد (پریتی‌پانده<sup>۳</sup> و همکاران، 2007؛ میسر<sup>۴</sup> و همکاران، 2006). نتایج بررسی زارع‌ده‌آبادی و همکاران (1387) برای به‌دست آوردن غلظت بهینه فلز روی برای رشد مناسب گیاه دارویی نعناع و میزان تطابق این گیاه دارویی در غلظت‌های بالای فلز روی، افزایش سطح برگ، طول بخش هوایی و میزان کلروفیل در غلظت‌های 5 و 10 میکرومولار روی و همچنین کاهش این شاخص‌ها در غلظت 40 میکرومولار را گزارش کردند. گریتهک و چو<sup>۵</sup> (2003) گزارش کردند که مس عنصر ضروری در گیاهان است و در تسریع واکنش‌های ردوکس درون میتوکندری و کلروپلاست شرکت می‌کند ولی غلظت‌های بالاتر همین عنصر باعث سمیت در بافت‌های گیاهی و کاهش جذب

سایر عناصر غذایی می‌شود. همچنین سنتز کلروفیل و واکنش‌های فتوسنتز را کند و در نهایت موجب کاهش رشد گیاهان می‌شود. گلاين<sup>۶</sup> (2002) در طی تحقیقی مشخص کرده است که سطوح مختلفی از عنصر کم‌مصرف روی بر وزن خشک گندواش تأثیر گذاشته است. براساس گزارش رضاخانی و همکاران (1391) با افزایش میزان مس قابل جذب خاک، تا سطح 10 میلی‌گرم بر کیلوگرم خاک میزان زیست توده بخش هوایی اسفناج افزایش یافت ولی در سطوح 20 و 40 میلی‌گرم بر کیلوگرم خاک میزان بیوماس به‌طور معنی‌داری کاهش یافت. همچنین با افزایش میزان مس قابل جذب خاک، غلظت مس در برگ‌های اسفناج افزایش یافت ولی غلظت روی در برگ بدلیل رقابت یونی در جذب و اثر آنتاگونیستی بین مس و عنصر روی کاهش یافت. نقش مثبت روی و مس ممکن است به‌دلیل نقش این عنصر در افزایش بیوسنتز اکسین (راوت و داس<sup>۷</sup>، 2003)، افزایش فرایند تنفس و واکنش‌های انرژی خواه مرتبط با رشد سلول (پریتی‌پانده و همکاران، 2007)، افزایش میزان کلروفیل (ریون و آلووی<sup>۸</sup>، 2004)، افزایش فتوسنتز (بوربری و تهرانی، 1389)، افزایش تولید کربوهیدرات و افزایش کارآیی جذب نیتروژن و فسفر و سایر عناصر غذایی (کاباتا پندیاس<sup>۹</sup>، 2001) باشد. زلج‌ازکوف<sup>۱۰</sup> و همکاران (2006) نیز تأثیر مقادیر 20، 60 و 150 میلی‌گرم در لیتر مس را بر رشد و محتوای اسانس شوید مورد بررسی قرار دادند. نتایج حاصله نشان داد که با افزایش غلظت مس عملکرد ماده خشک، ارتفاع گیاه و عملکرد اسانس کمتر از شاهد بود و کاربرد مس به مقدار 150 میلی‌گرم در لیتر منجر به ظهور علائم فیتوتوکسیک و بازدارندگی رشد شد. زلج‌ازکوف و وارمن<sup>۱۱</sup> (2003) نیز گزارش دادند که بعضی گیاهان معطر و دارویی قادر به تجمع فلزات از خاک‌های آلوده بدون آلودگی تولیدات نهایی (اسانس) آن‌ها می‌باشد و ممکن است به‌دلیل اقتصادی بودن تولیدات اسانس آن‌ها، به‌عنوان گیاهان مناسب برای کشت‌وکار در خاک‌های آلوده به فلزات سنگین مورد استفاده قرار گیرند.

ریحان (*Ocimum basilicum* L.) گیاهی علفی، یک‌ساله و از تیره نعناعیان است. جنس *Ocimum* شامل 30 گونه است که در میان آن‌ها گونه *O. basilicum* مهم‌ترین گونه اقتصادی بوده و در بیشتر مناطق کشور برای مصرف تازه و ندرتاً به‌صورت

6. Glyn

7. Rout and Das

8. Rion and Alloway

9. Kabata-Pendias

10. Zheljzakov

11. Warman

1. McGrath

2. Lasat

3. Preeti Pande

4. Misra

5. Gaetke and Chow

۴ میلی‌متری عبور داده شد. تیمارهای آزمایش را سطوح مختلف مس از منبع سولفات مس  $CuSO_4 \cdot 5H_2O$  شامل تیمارهای شاهد یا تیمار کمبود مس (صفر)، تیمار کفایت مس (پنج میلی‌گرم مس در کیلوگرم خاک) و تیمار زیاد بود مس (۲۵ میلی‌گرم مس در کیلوگرم خاک) و سه سطح روی از منبع سولفات روی  $ZnSO_4 \cdot 2H_2O$  شامل تیمارهای شاهد یا کمبود روی (صفر)، تیمار کفایت روی (۱۰ میلی‌گرم روی در کیلوگرم خاک) و تیمار زیاد بود روی (۵۰ میلی‌گرم روی در کیلوگرم خاک) و برهمکنش آنها بودند. حد بحرانی مس و روی قابل عصاره‌گیری با DTPA در خاک‌های آهکی حدود ۱ میلی‌گرم برکیلوگرم خاک هست (ملکوئی و همکاران، ۱۳۸۷). همچنین حداکثر مجاز مس و روی کل، در خاک‌های کشاورزی به ترتیب ۱۰۰ و ۳۰۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم خاک می‌باشد (کاباتا-پندیاس، ۲۰۰۱). لذا در این پژوهش با توجه به سبک بودن بافت خاک تیمارها طوری انتخاب گردید که مقدار قابل جذب این فلزات پس از دوره انکوباسیون در محدوده ماکزیمم مقدار مجاز این فلزات قرار گیرد و تنش اندکی به گیاهان وارد شده باشد. برای اعمال تیمارها، عناصر مس و روی به صورت نمک‌های محلول در مقدار مشخصی آب مقطر حل شده و به‌طور یکنواخت و به‌صورت لایه لایه به سطح خاک اسپری شد تا مخلوط یک‌دست و یکنواخت حاصل شود و در هر مرحله خاک هر گلدان به‌صورت جداگانه مخلوط و یکنواخت گردید. پس از اعمال تیمارهای مس و روی در گلدان و رساندن رطوبت آن به حد ۰/۷ تا ۰/۸ FC، به‌منظور حصول تعادل عناصر مس و روی با خاک گلدان‌ها، به‌مدت ۲ ماه انکوباسیون گردید. همچنین برای جلوگیری از بروز علائم کمبود سایر عناصر در گیاه و براساس نتایج آزمون خاک عناصر پتاسیم به میزان ۷۰ میلی‌گرم در کیلوگرم خاک از منبع سولفات پتاسیم، فسفر به میزان ۴ میلی‌گرم در کیلوگرم خاک از منبع سوپرفسفات‌تریپل قبل از کشت اضافه گردید. همچنین عنصر نیتروژن به‌صورت تقسیط در ۴ قسط و هر قسط ۶۰ میلی‌گرم نیتروژن از منبع اوره همراه با آب آبیاری به هر گلدان اضافه گردید. برای کشت از گلدان‌های پلاستیکی ۴ کیلوگرمی (گلدان‌ها از جنس پلی‌اتیلن و وزن خالی هر گلدان  $10 \pm 280$  گرم با قطر ۱۵/۵ و ارتفاع ۱۸ سانتی‌متر) استفاده گردید. بذر ریحان رقم کشکنی لولو پس از تهیه از شرکت دارویی زرد بند در خزانه کشت و پس از رسیدن به مرحله سه برگی به تعداد ۴ عدد گیاهچه یکنواخت به هر گلدان انتقال داده شدند. آبیاری گلدان‌ها تا پایان آزمایش به‌وسیله آب مقطر تا رسیدن به دامنه تا ۰/۸ ظرفیت زراعی به روش وزنی صورت گرفت. گلدان‌های هر هفته

خشک و تولید اسانس کشت می‌شود (حمزه‌زاده و همکاران، ۱۳۹۰). از اسانس این گیاه به‌طور گسترده‌ای در در مواد غذایی به‌عنوان طعم‌دهنده و تهیه لوازم بهداشتی استفاده می‌شود (د/دوند سراب و همکاران، ۱۳۸۷). از آن‌جا که گیاه مورد استفاده در این تحقیق یک محصول کشاورزی مهم است که از نظر اسانس و ترکیبات دارویی حائز اهمیت می‌باشد و از طرف دیگر، توجه به بهبود زراعت این گیاهان و تعیین مسائل تغذیه‌ای آن به‌ویژه جایگاه این عناصر (مس و روی) به‌عنوان عناصر کم‌مصرف مهم می‌باشد و نیز به‌دلیل بروز خطر آلودگی خاک‌های کشاورزی با این فلزات سنگین این تحقیق در شرایط گلخانه‌ای بر روی گیاه دارویی ریحان اجرا گردید.

### مواد و روش‌ها

به‌منظور بررسی اثر سطوح مختلف مس و روی بر صفات مورفولوژیک، غلظت عناصر مس و روی و عملکرد اسانس گیاه دارویی ریحان رقم کشکنی لولو، یک آزمایش به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار، در بهار سال ۱۳۹۱ در گلخانه گروه مهندسی علوم خاک دانشگاه تهران انجام شد. نمونه خاک موردنظر می‌بایست از نظر مس و روی در حد پایینی باشد. لذا از عمق ۳۰-۰ سانتی‌متری مناطق مختلف نمونه‌های خاک جمع‌آوری و پس از تجزیه آنها خاک موردنظر انتخاب و برای انجام آزمایش به گلخانه آورده شد و پس از هوا خشک کردن و عبور از الک ۲ میلی‌متری، بعضی از ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی آن از جمله بافت خاک به روش هیدرومتری (بویوکوس<sup>۱</sup>، ۱۹۶۲)، رطوبت ظرفیت مزرعه با صفحه فشاری (پیچ<sup>۲</sup>، ۱۹۸۲)، pH و EC در عصاره اشباع (هالوشاک<sup>۳</sup>، ۲۰۰۶)، CEC، خاک به روش باور (پیچ، ۱۹۸۲)، درصد کربن آلی به روش والکی بلک (والکی بلک<sup>۴</sup>، ۱۹۳۴)، درصد آهک به روش حجم‌سنجی (گوپتا<sup>۵</sup>، ۱۹۹۹)، نیتروژن کل خاک به روش هضم کج‌لدال (بریمنر و مولوانی<sup>۶</sup>، ۱۹۸۲)، فسفر قابل استخراج با بی‌کربنات سدیم ۰/۵ مولار به روش اولسن (پیچ، ۱۹۸۲)، پتاسیم قابل جذب به روش استخراج با استات آمونیوم نرمال (پیچ، ۱۹۸۲) و مقدار قابل جذب روی، مس، آهن و منگنز به روش استخراج با DTPA (پیچ، ۱۹۸۲) تعیین گردید (جدول ۱). برای کشت گلخانه‌ای خاک تهیه شده ابتدا از الک

1. Bouyoucos
2. Page
3. Haluschak
4. Walkley and Black
5. Gupta
6. Bremner and Mulvaney

به‌طور تصادفی بر روی سینک گلخانه جابه‌جا شدند. در مرحله گلدهی شاخص میزان کلروفیل برگ با کلروفیل متر SPAD-502 اندازه‌گیری و عدد کلروفیل‌متر یادداشت گردید. در هفته ۱۲ پس از کاشت و رسیدن به مرحله گلدهی کامل، گیاهان از محل طوقه قطع شدند. بدین‌صورت شاخساره و ریشه از هم جدا شدند. نصف گیاهان در هر گلدان برای اسانس‌گیری جدا و به‌منظور حفظ کمیت و کیفیت اسانس، در سایه و دمای محیط خشک شدند و اسانس با استفاده از روش تقطیر با آب به‌وسیله دستگاه کلونجر در مدت ۳ ساعت استخراج شد. عملکرد اسانس در واحد گلدان براساس عملکرد زیست توده و درصد اسانس محاسبه گردید. نصف دیگر شاخساره نیز پس از ثبت وزن تر و اندازه‌گیری سطح برگ توسط دستگاه اندازه‌گیری سطح برگ (CI-202Leaf Area meter, model:) با آب مقطر شستشو داده شد و همراه ریشه‌ها هوا خشک گردید. نمونه‌ها پس از قرار گرفتن در پاکت کاغذی مخصوص، به‌مدت ۷۲ ساعت در آون در دمای ۷۰ درجه سلسیوس قرار داده شدند تا

وزن آن‌ها به مقدار ثابتی برسد. سپس ریشه‌ها به‌دقت از خاک خارج گردیدند. به‌منظور جلوگیری از هدر رفت ریشه‌های موئین، شستشوی ریشه‌ها روی الک انجام شد. سپس ریشه‌ها توزین و با آسیاب پودر شدند. به‌منظور اندازه‌گیری غلظت عناصر مس و روی در شاخساره از روش اکسیداسیون خشک استفاده گردید. یک گرم از نمونه‌های پودر شده شاخساره و ریشه با دقت ۰/۰۰۰۱ وزن و داخل کروزه ریخته شد. سپس کروزه داخل کوره با دمای ۵۵۰ درجه به‌مدت ۵ ساعت، قرار داده شد. سپس با استفاده از ۲۰ میلی‌لیتر اسیدکلریدریک یک نرمال و حرارت دادن روی اجاق شنی، نمونه گیاهی هضم شده و عصاره تهیه گردید. غلظت عناصر مس و روی در این عصاره‌ها با استفاده از دستگاه جذب اتمی مدل Shimadzu – AA 6400 قرائت گردید. تجزیه و تحلیل داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SAS نسخه ۹/۲ انجام شد. مقایسه میانگین با استفاده از آزمون دانکن صورت گرفت. نمودارها نیز با استفاده از نرم‌افزار Excel رسم شد.

جدول ۱: مشخصات فیزیکی و شیمیایی خاک مورد استفاده در کشت گلخانه‌ای  
Table1: Physical and chemical properties of soil used in greenhouse culture

| مقدار<br>Quantity | ویژگی خاک<br>Soil characteristic                             | مقدار<br>Quantity     | ویژگی خاک<br>Soil characteristic                   |
|-------------------|--|-----------------------|--|
| 2.6               | منیزیم (meq <sup>-1</sup> ) Magnesium                        | 17.46                 | رس Clay (%)  |
| 10.77             | ظرفیت تبادل کاتیونی<br>CEC (Cmolckg <sup>-1</sup> )          | 18                    | سیلت Silt (%)                                      |
| 0.044             | نیتروژن کل (%) Total nitrogen                                | 64.56                 | شن Sand (%)  |
| 8.79              | فسفر قابل جذب Available Phosphorus<br>(mgkg <sup>-1</sup> )  | sandy loam<br>لوم شنی | بافت خاک Soil Texture                              |
| 180               | پتاسیم قابل جذب Available Potassium<br>(mgkg <sup>-1</sup> ) | 7.4                   | اسیدیته pH   |
| 12.3              | آهن (mgkg <sup>-1</sup> ) Fe *                               | 1.28                  | هدایت الکتریکی EC (dSm <sup>-1</sup> )             |
| 9.32              | منگنز (mgkg <sup>-1</sup> ) Mn *                             | 6.77                  | کربنات کلسیم CaCO <sub>3</sub> (%)                 |
| 0.63              | مس (mgkg <sup>-1</sup> ) Cu *                                | 0.63                  | مواد آلی Organic carbon (%)                        |
| 0.71              | روی (mgkg <sup>-1</sup> ) Zn *                               | 29.1                  | درصد اشباع Saturation percentage                   |
| 4.1               | بیکربنات (meq <sup>-1</sup> ) HCO <sub>3</sub> <sup>-1</sup> | 2.46                  | سدیم محلول<br>Sodium solution (meq <sup>-1</sup> ) |
| 3.8               | کلر (meq <sup>-1</sup> ) Cl                                  | 8.4                   | کلسیم محلول Calcium (meq <sup>-1</sup> )           |

\* DTPA-Extractable

\* عصاره گیری با DTPA

## نتایج و بحث

نتایج تجزیه خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک مورد استفاده در کشت گلخانه‌ای در جدول ۱ ارائه شده است. همان‌طور که ملاحظه می‌شود این خاک از نظر بافت متوسط (لوم شنی)، فاقد مشکل شوری یا قلیائیت با مواد آلی کم و خاک آهکی می‌باشد و از نظر مس و روی مورد استفاده در سطح پایینی می‌باشد و برای اعمال تیمارها مناسب به نظر می‌رسد.

### وزن تر و خشک ریشه

نتایج تجزیه واریانس (جدول ۲) بیانگر معنی‌دار شدن اثرات اصلی مس و روی بر وزن تر و خشک ریشه می‌باشد درحالی‌که اثر متقابل این عناصر تأثیر معنی‌داری نداشته است. مقایسه میانگین مربوط به تأثیر مس و روی بر وزن تر و خشک ریشه در جدول ۳ ارائه شده است. همان‌طور که مشاهده می‌شود، کاربرد ۵ میلی‌گرم مس بر کیلوگرم خاک، تأثیر معنی‌داری بر میانگین وزن تر و خشک ریشه نداشته است. کاربرد بیشتر مس در خاک (۲۵ میلی‌گرم بر کیلوگرم) باعث کاهش ۴/۵۷ و ۱۰/۸۵ درصد به ترتیب در میانگین وزن تر و خشک ریشه گردیده است. در ارتباط با تأثیر روی، میانگین وزن تر و خشک ریشه افزایش ۷/۲۳ و ۱۸/۵۶ درصدی با کاربرد ۱۰ میلی‌گرم روی بر کیلوگرم خاک نشان داده است. ولی افزایش سطوح بالاتر روی (۵۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم) باعث کاهش معنی‌دار (۱۳/۶۲ درصدی) در میانگین وزن تر ریشه گردیده است درحالی‌که بر میانگین وزن خشک ریشه تأثیری معنی‌دار نداشته است. بیشترین وزن خشک ریشه با میانگین‌های ۴/۴۷ و ۴/۱۶ گرم بر گلدان و وزن تر ریشه با میانگین‌های ۵۶/۹۲ و ۵۴/۲۲ گرم بر گلدان به ترتیب در سطوح ۱۰ میلی‌گرم روی بر کیلوگرم و ۵ میلی‌گرم مس بر کیلوگرم به دست آمد. همچنین کمترین مقدار وزن خشک ریشه نیز با میانگین‌های ۳/۴۱ و ۳/۵۳ گرم بر گلدان و وزن تر ریشه با میانگین‌های ۴۵/۸۵ و ۴۹/۶۲ گرم بر گلدان به ترتیب در سطوح ۵۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم روی و ۲۵ میلی‌گرم بر کیلوگرم مس به دست آمد. افزایش تولید هورمون اکسین و نقش ریشه‌زایی این هورمون را دلیل افزایش وزن تر و خشک در غلظت‌های پایین مس و روی می‌توان دانست (بوربری و طهرانی، ۱۳۸۹). همچنین عالم<sup>۱</sup> و همکاران (۲۰۰۰) افزایش طول ریشه را دلیل افزایش وزن تر و خشک ریشه در غلظت‌های پایین روی دانسته‌اند. در خصوص کاهش رشد ریشه در غلظت زیاد مس و روی باید اظهار داشت که این امر می‌تواند

1. Alam

به دلایل مختلفی صورت پذیرد. حساسیت زیاد مرست‌مراس ریشه به فلزات سنگین، تجمع فلزات در ریشه و در نتیجه تقسیم سلولی غیرطبیعی و ممانعت از سنتز پروتئین، تغییر در مورفولوژی ریشه از قبیل ممانعت از توسعه و افزایش تشکیل ریشه جانبی، در مطالعات مختلف علت کاهش رشد ریشه با کاربرد فلزات سنگین ذکر گردیده است. نتایج این تحقیق با مطالعات زنگ<sup>۲</sup> و همکاران (۲۰۰۴) در مورد ذرت مطابقت دارد.

### وزن تر و خشک اندام هوایی

نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها (جدول ۲) نشان می‌دهد که اثر مس و اثر برهمکنش مس و روی بر وزن تر و خشک اندام هوایی معنی‌دار نبوده است و فقط اثر اصلی روی بر این پارامتر معنی‌دار گردیده است. مقایسه میانگین مربوط به اثر اصلی روی و مس بر وزن تر و خشک اندام هوایی در جدول ۳ آمده است. همان‌طور که ملاحظه می‌شود، وزن تر و خشک اندام هوایی با کاربرد ۵ میلی‌گرم بر کیلوگرم مس افزایش و کاربرد ۲۵ میلی‌گرم بر کیلوگرم همین عنصر کاهش داشته است ولی این تغییرات از نظر آماری معنی‌دار نبوده است. نتایج موجود همچنین نشان می‌دهد که کاربرد ۱۰ میلی‌گرم روی بر کیلوگرم خاک تأثیر معنی‌داری بر وزن تر و خشک اندام هوایی نداشته است ولی کاربرد بیشتر روی در خاک (۵۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم) باعث کاهش ۹/۵۹ و ۹/۵۴ درصد به ترتیب در وزن تر و خشک اندام هوایی گردیده است. بیشترین وزن خشک اندام هوایی با میانگین‌های ۱۲/۳۹ و ۱۱/۹۳ گرم بر گلدان و وزن تر اندام هوایی با میانگین‌های ۹۲/۲۵ و ۹۲/۴۳ گرم بر گلدان به ترتیب در سطوح ۱۰ میلی‌گرم روی بر کیلوگرم و ۵ میلی‌گرم مس بر کیلوگرم به دست آمد. همچنین کمترین مقدار وزن خشک با میانگین‌های ۱۰/۵۰ و ۱۰/۷۵ گرم بر گلدان و وزن تر اندام هوایی با میانگین‌های ۸۱/۵۲ و ۸۲/۷۰ گرم بر گلدان به ترتیب در سطوح ۵۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم روی و ۲۵ میلی‌گرم بر کیلوگرم مس به دست آمد. تأثیر مثبت عناصر کم‌مصرف بر عملکرد وزن تر و خشک اندام هوایی ممکن است به دلیل افزایش بیوسنتز اکسین، افزایش غلظت کلروفیل، افزایش فعالیت فسفو اینول پیروات کربوکسیلاز و ریبولوز بی‌فسفات کربوکسیلاز، کاهش تجمع سدیم در بافت‌های گیاهی

2. Zheng

جدول ۲: تجزیه واریانس اثر غلظت‌های مختلف مس و روی بر صفات مورد بررسی در گیاه ریحان  
Table 2: Analysis of variance for concentrations of Copper and Zinc effect on different traits of Basil

| میانگین مربعات Mean of squares                               |   |  |   |                      |                                  |                                |  |  |  |   |                                      |   |
|--|---|--|---|----------------------|----------------------------------|--------------------------------|--|--|--|---|--------------------------------------|---|
| غلظت روی اندام<br>هوایی<br>Zinc<br>concentration in<br>shoot | غلظت مس اندام<br>هوایی<br>Copper<br>concentration in<br>shoot | عملکرد اسانس<br>Essential oil<br>Yield | درصد اسانس<br>Essential oil<br>percentage | سطح برگ<br>Leaf area | کلروفیل<br>Chlorophyll<br>(SPAD) | ارتفاع گیاه<br>Plant<br>height | وزن خشک<br>ریشه<br>Dry weight of<br>root | وزن خشک<br>اندام هوایی<br>Dry weight<br>of shoot | وزن تر ریشه<br>Fresh weight<br>of root | وزن تر اندام<br>هوایی<br>Fresh weight<br>of shoot | درجه آزادی<br>Degrees of<br>freedoms | منبع تغییرات<br>Source of<br>Variation      |
| 2073.89**  | 409.38**  | 923.45*                                | 0.015 <sup>ns</sup>                       | 133354.83 **         | 3.90*                            | 79.15 <sup>ns</sup>            | 0.92*                                    | 4.16 <sup>ns</sup>                               | 47.7**                                 | 217.85 <sup>ns</sup>                              | 2                                    | مس Copper                                   |
| 7949.02**  | 123.49**  | 1340.64 **                             | 0.013 <sup>ns</sup>                       | 614188.63**          | 6.37*                            | 81.29 <sup>ns</sup>            | 2.62**                                   | 8.21*  | 284.28**                               | 291.44*   | 2                                    | روی Zinc                                    |
| 292.58**   | 10.37**   | 250.6 <sup>ns</sup>                    | 0.006 <sup>ns</sup>                       | 44531.85*            | 4.03 <sup>ns</sup>               | 30.9 <sup>ns</sup>             | 0.18 <sup>ns</sup>                       | 1.34 <sup>ns</sup>                               | 10.71 <sup>ns</sup>                    | 53.96 <sup>ns</sup>                               | 4                                    | مس × روی<br>Copper × Zinc                   |
| 19.86  | 0.84  | 201.41                                 | 0.006                                     | 11351.45             | 1.61                             | 41.05                          | 0.17                                     | 1.44   | 6.14                                   | 69.72   | 18                                   | خطا Error                                   |
| 4.23   | 7.08  | 15.13                                  | 9.67                                      | 4.33                 | 3.69                             | 9.97                           | 10.76                                    | 10.39  | 4.77                                   | 9.49  |                                      | ضریب تغییرات<br>Coefficient of<br>variation |

n.s, \* and \*\* non-significant and significant at P < 0.05 and P < 0.01, respectively

n.s, \*, \*\* به ترتیب غیرمعنی دار، معنی دار در سطح احتمال ۵٪ و ۱٪

می‌یابد به طوری که تیمارهای ترکیبی این عناصر بیشترین تأثیر را در افزایش ارتفاع داشته‌اند.

### شاخص میزان کلروفیل

نتایج تجزیه واریانس (جدول ۲) نشان‌دهنده اثر معنی‌دار مس و روی بر شاخص کلروفیل (SPAD) می‌باشد در صورتی که اثرات برهمکنش این عناصر بر این شاخص معنی‌دار نشده است. مقایسه میانگین‌ها اثرات اصلی (شکل ۳) نشان می‌دهد که افزایش مس و روی در سطوح پایین (به ترتیب ۵ و ۱۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم خاک) سبب افزایش شاخص کلروفیل گردیده است. همچنین افزایش سطوح بالاتر مس و روی (به ترتیب ۲۵ و ۵۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم خاک) نیز به کاهش در این شاخص منجر گردیده است. ولی این تغییرات شاخص کلروفیل در هر دو سطح مس و روی نسبت به شاهد معنی‌دار نگردیده است. بیشترین میزان شاخص کلروفیل (SPAD) در تیمارهای ۵ میلی‌گرم بر کیلوگرم مس و ۱۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم روی به ترتیب با میانگین‌های ۳۵/۲۶ و ۳۵/۰۱ و کمترین مقدار آن نیز در تیمارهای ۲۵ میلی‌گرم بر کیلوگرم مس و ۵۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم روی به ترتیب با میانگین‌های ۳۳/۵۶ و ۳۳/۳۸ به دست آمد. تأثیر مثبت عناصر مس و روی بر شاخص کلروفیل (SPAD) این گیاه دارویی به این صورت توجیه می‌شود که با افزایش مس و روی سبب افزایش فعالیت‌های فتوسنتزی می‌گردد که با افزایش فعالیت‌های فتوسنتزی به نوعی تولید پیش‌ماده‌های مناسب جهت بیوسنتز کلروفیل در کلروپلاست افزایش می‌یابد و نهایتاً منجر به افزایش شاخص کلروفیل در برگ‌ها شده است (زارع ده‌آبادی و همکاران، ۱۳۸۷). همچنین در رابطه با تأثیر منفی سطوح بالای مس و روی بر شاخص کلروفیل نیز پژوهش‌های متعددی انجام گرفته است که همگی تأییدکننده اثر منفی فلزات سنگین بر میزان کلروفیل می‌باشد. به طوری که زارع ده‌آبادی و همکاران (۱۳۸۷) با ارزیابی محلول‌پاشی ۰، ۵، ۱۰، ۲۰ و ۴۰ میکرومولار روی در گیاه نعنای گزارش کردند که میزان کلروفیل در غلظت ۵ میکرومولار روی افزایش و در سایر غلظت‌ها کاهش یافت. به نظر می‌رسد علت افزایش در غلظت‌های پایین می‌تواند ناشی از فعال‌سازی پروتئین سنتتازهای مسیر بیوسنتز کلروفیل و برخی از آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان مانند آسکوربات‌پراکسیداز و گلوتاتیون رداکتاز که در مسیر حفاظت از تخریب کلروفیل در مقابل رادیکال‌های آزاد قرار دارد، باشند.

و افزایش کارایی جذب عناصر کم‌مصرف و پرمصرف در حضور غلظت‌های پایین این عناصر باشد. در نهایت در صورت کاربرد آن‌ها بیش از نیاز گیاه به عنوان فلزات سنگین می‌تواند تعادل عناصر غذایی و فرآیندهای فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی مختلف را تحت تأثیر قرار دهد و در نهایت موجب کاهش عملکرد ماده خشک گیاه گردد. نتایج این تحقیق با یافته‌های زهتاب سلماسی<sup>۱</sup> و همکاران (۲۰۰۸)، پریتی‌پانده و همکاران (۲۰۰۷) مطابقت دارد.

### ارتفاع بوته

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها (جدول ۲) نشان داد که اثر مس و روی و برهمکنش آن‌ها بر ارتفاع بوته معنی‌دار نبوده است. همان طوری که در جدول ۳ مشاهده می‌گردد، در سطوح پایین مس و روی (۵ و ۱۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم به ترتیب) ارتفاع بوته افزایش و در سطوح بالای مس و روی (۲۵ و ۵۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم به ترتیب) ارتفاع بوته نسبت به شاهد کاهش داشت ولی اختلاف آنها نسبت به شاهد معنی‌دار نگردید. بیشترین ارتفاع بوته با کاربرد ۵ میلی‌گرم بر کیلوگرم مس و ۱۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم روی به ترتیب با میانگین ۶۷/۰۳ و ۶۷/۳۵ سانتی‌متر و کمترین آن نیز از سطح ۵۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم مس و ۲۵ میلی‌گرم بر کیلوگرم مس به ترتیب با میانگین ۶۱/۱۳ و ۶۱/۳۵ سانتی‌متر به دست آمد. ارتفاع یکی دیگر از شاخص‌های رشدی مهم گیاهان می‌باشد. تاکنون گزارش‌های متعددی مبنی بر افزایش ویژگی‌های رشد به واسطه کاربرد عناصر ریزمغذی گزارش گردیده است (پیرزاد و همکاران، ۱۳۹۲ و بربربری و طهرانی، ۱۳۸۹). نکته‌ی جالب توجه در آزمایش حاضر آن بود که سطوح به کار برده شده هیچ تأثیر معنی‌داری بر ارتفاع بوته گیاه ریحان نداشت. شاید بتوان گفت که غلظت اولیه مس و روی در خاک برای تأمین نیاز گیاه کافی بوده است و به همین خاطر گیاه به مصرف عنصر مس و روی پاسخ مثبتی نشان نداده است و همچنین متقابلاً سطوح زیاد به کار برده شده نیز پایین‌تر از آستانه مسمومیت این گیاه بوده که باعث تأثیر معنی‌دار ارتفاع این گیاه نشده است. پریتی‌پانده و همکاران (۲۰۰۷) تأثیر سطوح ۰، ۵، ۱۰ و ۲۵ میلی‌گرم بر کیلوگرم آهن و ۰، ۲/۵، ۵ و ۱۵ میلی‌گرم بر کیلوگرم روی را بر ارتفاع گیاه نعنای بررسی و گزارش کرده‌اند که ارتفاع این گیاه دارویی با افزایش این عناصر به طور تدریجی افزایش

جدول ۳: مقایسه میانگین صفات مورد بررسی تحت تأثیر اصلی مس و روی

Table 3: Mean comparison of different traits under Cu and Zn treatments

| ارتفاع گیاه<br>Plant height (Cm) | وزن خشک ریشه<br>Dry weight of root(g/pot) | وزن خشک اندام هوایی<br>Dry weight of shoot(g/pot) | وزن تر ریشه<br>Fresh weight of root(g/pot) | وزن تر اندام هوایی<br>Fresh weight of shoot (g/ pot) |                  |
|----------------------------------|---|---|--|--|------------------|
| 64.59 <sup>a</sup>               | 3.96 <sup>a</sup>                         | 11.93 <sup>a</sup>                                | 52 <sup>ab</sup>                           | 88.82 <sup>ab</sup>                                  | Cu <sub>0</sub>  |
| 67.03 <sup>a</sup>               | 4.16 <sup>a</sup>                         | 11.93 <sup>a</sup>                                | 54.22 <sup>a</sup>                         | 92.43 <sup>a</sup>                                   | Cu <sub>5</sub>  |
| 61.13 <sup>a</sup>               | 3.53 <sup>b</sup>                         | 10.75 <sup>a</sup>                                | 49.62 <sup>b</sup>                         | 82.70 <sup>b</sup>                                   | Cu <sub>25</sub> |
| 64.09 <sup>a</sup>               | 3.77 <sup>b</sup>                         | 11.72 <sup>a</sup>                                | 53.08 <sup>b</sup>                         | 90.17 <sup>a</sup>                                   | Zn <sub>0</sub>  |
| 67.35 <sup>a</sup>               | 4.47 <sup>a</sup>                         | 12.39 <sup>a</sup>                                | 56.92 <sup>a</sup>                         | 92.25 <sup>a</sup>                                   | Zn <sub>10</sub> |
| 61.35 <sup>a</sup>               | 3.41 <sup>b</sup>                         | 10.50 <sup>ab</sup>                               | 45.85 <sup>c</sup>                         | 81.52 <sup>b</sup>                                   | Zn <sub>50</sub> |

حروف مشابه در هر ستون دارای اختلاف معنی دار نیستند ( $p \leq 0.05$ )Means values within a column followed by the same letter are not significantly different ( $p \leq 0.05$ )

می‌توان اظهار داشت که غلظت اولیه مس و روی در خاک استفاده شده برای کشت زیر حد بحرانی توصیه شده برای سبزیجات در خاک‌های آهکی می‌باشد و با توجه به سبک بودن بافت خاک، عمل تثبیت این عناصر غذایی بعد از استفاده در خاک کمتر اتفاق افتاده است. در نتیجه گیاه توانسته از عناصر مس و روی به‌کار برده شده استفاده و فرآیندهای فیزیولوژیکی مانند فتوسنتز، تنفس و تولید هورمون‌های رشد را افزایش دهد و به طبع آن مساحت برگ گیاه نیز افزایش خواهد یافت. با توجه به این‌که غدد ترشح کننده اسانس بیشتر در برگ‌ها قرار دارند بنابراین از این‌جا اهمیت کاربرد عناصر مس و روی بر افزایش مساحت برگ گیاه ریحان و افزایش تولید اسانس مشخص می‌گردد. نتایج این تحقیق مبنی بر تأثیر مثبت عناصر کم‌مصرف بر مساحت برگ گیاهان دارویی با یافته‌های حیدری و همکاران (۱۳۸۷)، زهتاب‌سلماسی و همکاران (۲۰۰۸) همخوانی دارد. در رابطه با اثر منفی این عناصر در سطوح بالا نیز باید عنوان کرد که این عناصر در سطوح بالا به‌عنوان یک فلز سنگین شناخته می‌شوند. کاهش سطح برگ در حضور فلزات سنگین می‌تواند به دلیل کاهش اندازه تک‌تک برگ‌ها، کاهش در تولید برگ‌ها و نهایتاً ریزش برگ‌ها باشد. در کل فلزات سنگین سرعت تقسیم و طویل شدن سلول‌ها را کاهش داده و در نهایت منجر به کوچک شدن اندازه نهایی برگ خواهد شد (پاندی و تریپاتی، ۲۰۱۱). مشابه نتایج به‌دست آمده در این پژوهش، پاندی و تریپاتی (۲۰۱۱) و راوت و داس (۲۰۰۳) نتایجی مبنی بر اثر منفی فلزات سنگین بر سطح برگ و رشد گیاه گزارش داده‌اند.

بونت<sup>۱</sup> و همکاران (۲۰۰۰) عنوان کردند که افزایش روی در محیط موجب کاهش جذب پتاسیم، منیزیم و فسفر به‌وسیله گیاه شد. منیزیم به‌عنوان اتم مرکزی در ساختمان کلروفیل حضور دارد و طبیعی است که هر گونه اختلال در میزان منیزیم باعث کاهش میزان کلروفیل می‌گردد. زنگین و کیربگ<sup>۲</sup> (۲۰۰۷) علت کاهش کلروفیل را اتصال فلزات سنگین به گروه سولفیدریل کلروپلاست و جانشینی منیزیم موجود در ساختار کلروفیل دانستند.

### سطح برگ

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها (جدول ۲) بیانگر معنی دار شدن اثر مس و روی و برهمکنش آن‌ها بر مساحت برگ گیاه ریحان می‌باشد. روند تغییرات مساحت برگ در این گیاه در اثر کاربرد عناصر مس و روی (شکل ۴) نشان داد که مس و روی در سطوح پایین (به ترتیب ۵ و ۱۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم خاک) سبب افزایش مساحت برگ در این گیاه شده است ولی این افزایش از لحاظ آماری معنی دار نبوده است. مصرف سطوح بالاتر مس و روی (به ترتیب ۲۵ و ۵۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم) مساحت برگ را نسبت به شاهد به ترتیب از ۲۶۱۳/۶۴ به ۲۵۶۱/۲۸ و ۲۳۸۰/۶۴ سانتی‌مترمربع (به ترتیب معادل ۲ و ۹۱٫۸ درصد) کاهش داده است. بیشترین مساحت برگ از سطح ۱۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم روی و ۵ میلی‌گرم بر کیلوگرم مس به میزان ۲۹۳۵/۱۳ سانتی‌متر مربع کمترین آن از سطح ۵۰ میلی‌گرم در کیلوگرم روی و ۲۵ میلی‌گرم بر کیلوگرم مس به میزان ۲۰۶۱/۵۷ سانتی‌متر مربع به‌دست آمد. تأثیر مثبت مس و روی به‌عنوان عناصر کم‌مصرف بر سطح برگ گیاه ریحان

1. Bonnet
2. Zengin and Kirbag



## بازده اسانس

۸۲/۱۹ و ۸۱/۳۳ میلی‌گرم بر گلدان به ترتیب از مصرف ۲۵ میلی‌گرم بر کیلوگرم مس و ۵۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم روی به دست آمد. این مطالب گویای این امر است که با افزایش غلظت مس و روی در خاک جذب این عناصر به وسیله گیاه افزایش می‌یابد. ولی با توجه به این که این عناصر جزء کم‌مصرف و به مقدار کم مورد نیاز گیاهان می‌باشند، پس در غلظت‌های پایین باعث تحریک رشد، فتوسنتز و توسعه پوشش گیاهی می‌شوند که به طبع آن عملکرد اسانس که از حاصل‌ضرب درصد اسانس و ماده خشک به دست می‌آید نیز افزایش می‌یابد (وانزا، ۱۹۹۶؛ پریتی‌پانده و همکاران، ۲۰۰۷). همچنین افزایش مشاهده شده در عملکرد اسانس در سطوح پایین بیانگر اهمیت عناصر ریزمغذی مس و روی به مقدار کافی در عملکرد اسانس می‌باشد. حیدری و همکاران (۱۳۸۷) بیان کردند که کاربرد عناصر ریزمغذی ضمن گسترش سطح برگ، تعداد غدد ترشح‌کننده اسانس را در گیاه ریحان افزایش می‌دهد و به طبع آن نیز میزان اسانس افزایش می‌یابد. ولی سطوح بالاتر مس و روی (به ترتیب ۲۵ و ۵۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم) نه تنها موجب افزایش عملکرد اسانس نگردید بلکه کاهش معنی‌داری را نسبت به شاهد نشان داد. با توجه به اینکه سطوح بالای به کار برده شده در این پژوهش بر درصد اسانس به صورت معنی‌دار اثر منفی ندارد لذا تغییرات عملکرد اسانس از طریق تغییر رشد رویشی قابل توجیه می‌گردد. یافته‌های این آزمایش با نتایج تحقیقات پریتی‌پانده و همکاران (۲۰۰۷) مبنی بر تغییرات رشد رویشی گیاه و عملکرد اسانس تحت تأثیر سطوح مختلف عنصر روی مطابقت دارد.

## غلظت مس در اندام هوایی

نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها (جدول ۲) نشان می‌دهد که مس و روی و برهمکنش آنها، اثر معنی‌داری در سطح یک درصد بر غلظت مس اندام هوایی گیاه ریحان دارد. به طوری که در سطوح ۵ و ۲۵ میلی‌گرم بر کیلوگرم مس، غلظت مس در اندام هوایی ۹۸/۴۵ و ۲۳۸/۰۶ درصد نسبت به شاهد افزایش داشته است. در ارتباط با تأثیر روی، با افزایش سطح روی تا ۱۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم غلظت مس شاخساره، ۶۰/۶۴ درصد نسبت به شاهد افزایش یافت ولی بعد از آن یعنی در غلظت ۵۰ میلی‌گرم در کیلوگرم روی، غلظت مس شاخساره، ۱۲/۴۱ درصد کاهش را نسبت به شاهد نشان داد. بیشترین غلظت مس بخش هوایی به میزان ۲۵/۵۶ میلی‌گرم بر کیلوگرم در تیمار ترکیبی ۲۵ میلی‌گرم مس بر کیلوگرم و ۱۰ میلی‌گرم روی بر

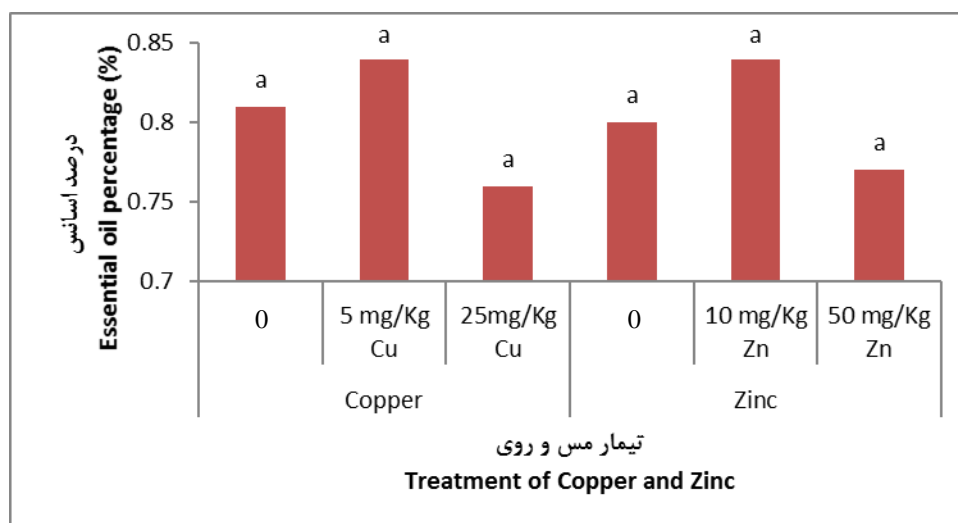
نتایج تجزیه واریانس (جدول ۲) نشان داد که اثر مس و روی و اثرات برهمکنش آنها بر بازده اسانس معنی‌دار نبوده است. همان طوری که در شکل ۱ مشاهده می‌گردد در سطوح پایین مس و روی (۵ و ۱۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم به ترتیب) میزان اسانس افزایش و در سطوح بالای مس و روی (۲۵ و ۵۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم به ترتیب) میزان اسانس نسبت به شاهد کاهش داشت ولی اختلاف آن‌ها نسبت به شاهد معنی‌دار نگردید. بیشترین درصد اسانس با کاربرد ۵ میلی‌گرم بر کیلوگرم مس و ۱۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم روی به ترتیب با میانگین ۰/۸۴ و ۰/۸۵ درصد و کمترین مقدار آن نیز از سطح ۵۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم روی و ۲۵ میلی‌گرم بر کیلوگرم مس به ترتیب با میانگین ۰/۷۶ و ۰/۷۷ درصد به دست آمد. گزارش‌های متعددی وجود دارد مبنی بر اینکه گیاهان دارویی در طول دوره رویش و تولید مواد مؤثره به مقادیر مناسبی از ریزمغذی‌ها نیاز دارند. به طوری که تامین کافی آنها تعداد غدد ترشح‌کننده اسانس و به طبع آن میزان اسانس را به طور معنی‌داری افزایش می‌دهد (پیرزاد و همکاران، ۱۳۹۲ و شعبان‌زاده و همکاران، ۱۳۹۰). کاهش اندک درصد اسانس در سطوح بالای این عناصر مبین آن است که بیوسنتز اسانس در این گیاه دارویی در سطوح بالای این عناصر تحت تأثیر منفی قرار می‌گیرد و آن می‌تواند به به نقش این عناصر به عنوان یک فلز سنگین در کاهش جذب سایر عناصر غذایی، کاهش فتوسنتز، کلروفیل و سطح برگ و در نتیجه کاهش انرژی لازم برای بیوسنتز اسانس‌ها نسبت داده شود (دودراووا<sup>۱</sup> و همکاران، ۲۰۰۴). نتایج این پژوهش با مطالعات زلجازکوف و همکاران (۲۰۰۶) مبنی بر اثر منفی فلزات سنگین بر درصد اسانس همخوانی دارد.

## عملکرد اسانس

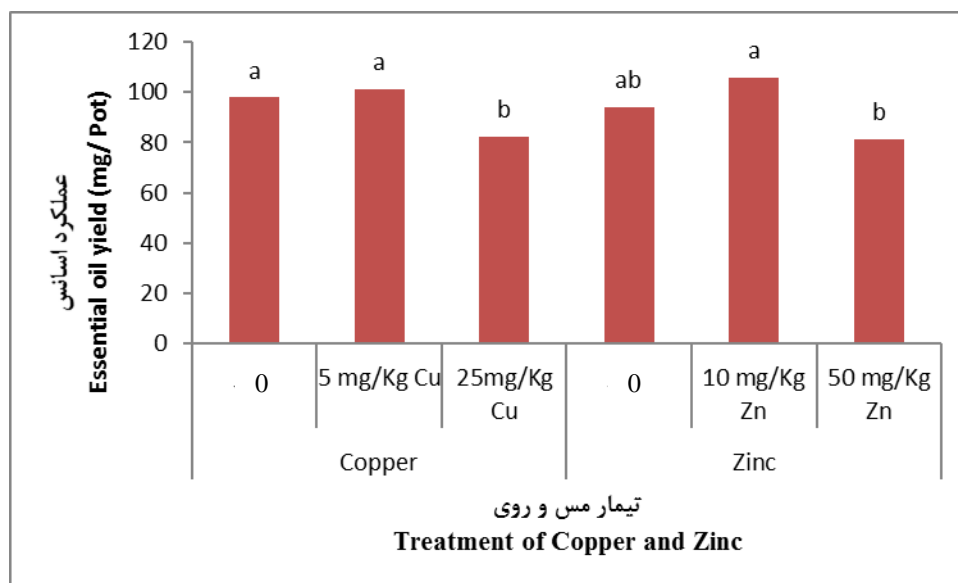
نتایج تجزیه واریانس (جدول ۲) نشان‌دهنده اثر معنی‌دار مس و روی بر عملکرد اسانس شاخساره می‌باشد ولی اثرات برهمکنش این عناصر بر عملکرد اسانس معنی‌دار نگردید. مقایسه میانگین مربوط به اثر روی و مس بر عملکرد اسانس شاخساره در شکل ۲ آمده است. همان‌طور که ملاحظه می‌شود، حداکثر عملکرد اسانس به میانگین ۱۰۱/۱۲ و ۱۰۵/۷۳ میلی‌گرم بر گلدان به ترتیب از مصرف تیمار ۵ میلی‌گرم بر کیلوگرم مس و ۱۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم روی و کمترین مقدار آن نیز به میانگین

در این گزارش با توجه به این که غلظت بخش هوایی ۲۵/۵۶ میلی گرم بر کیلوگرم نیز مشاهده شد ولی هیچ علائم ظاهری زیاد بود و کاهش رشد آن چنانی در این گیاه مشاهده نشد که می توان نتیجه گیری کرد که گیاه ریحان به تا غلظت های ۲۵ میلی گرم بر کیلوگرم مس گیاه مقاومی می باشد. همچنین کاهش غلظت مس بخش هوایی به وسیله سطوح زیاد روی بیانگر اثر برهمکنش منفی مس و روی بر یکدیگر می باشد که در گزارشات بوربری و طهرانی (۱۳۸۹) و کاباتا پندیاس (2001) نیز به این اثرات برهمکنش منفی اشاره شده است.

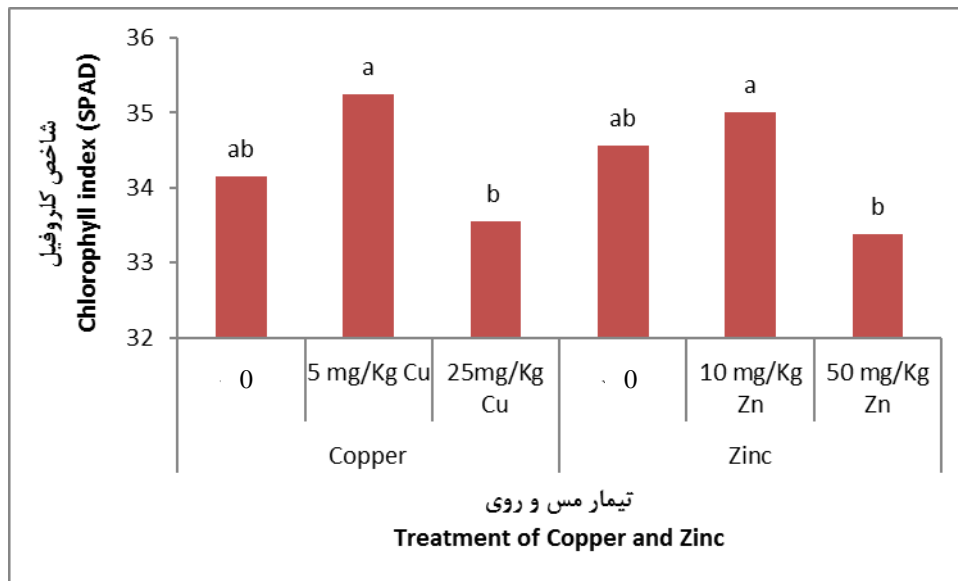
کیلوگرم و کمترین مقدار آن نیز به میزان ۵/۴۳ میلی گرم بر کیلوگرم از تیمار ۵۰ میلی گرم بر کیلوگرم روی به دست آمد (شکل ۵). نتایج به دست آمده مبین این است که با کاربرد مس و روی فراهمی این عناصر در خاک افزایش می یابد و در نتیجه گیاه جذب کرده و غلظت این عنصر در اندام هوایی افزایش می یابد. با توجه به این که مطابق گزارش کاباتا پندیاس (2001) محدوده طبیعی مس در بخش سبزینه ای گیاهان ۵ تا ۲۰ میلی گرم بر کیلوگرم می باشد در غلظت های پایین از ۵ میکروگرم بر کیلوگرم و بیشتر از ۲۰ میلی گرم بر کیلوگرم به ترتیب بروز علائم کمبود و زیاد بود محتمل خواهد بود. ولی



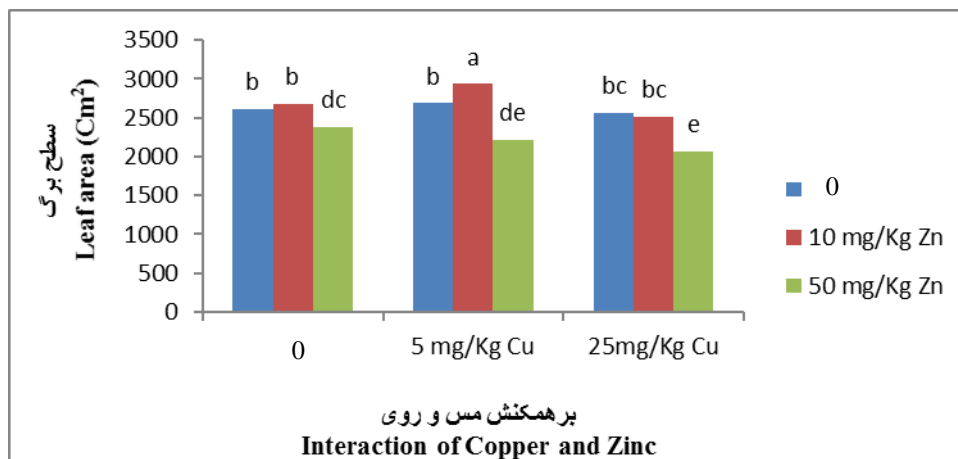
شکل ۱: اثر سطوح مختلف مس و روی بر درصد اسانس گیاه ریحان  
Fig.1: Effect of different levels of Cu and Zn on basil essential oil



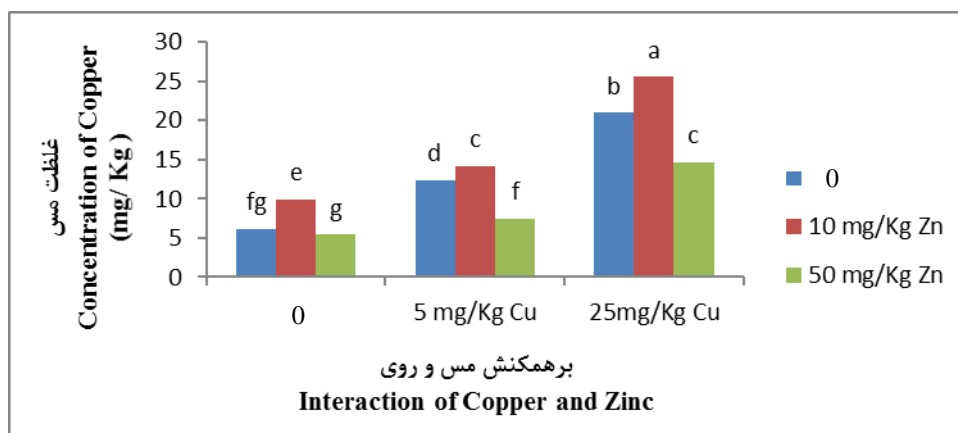
شکل ۲: اثر سطوح مختلف مس و روی بر عملکرد اسانس گیاه ریحان  
Fig. 2: Effect of different level sof Cu and Zn on basil essential oil yield



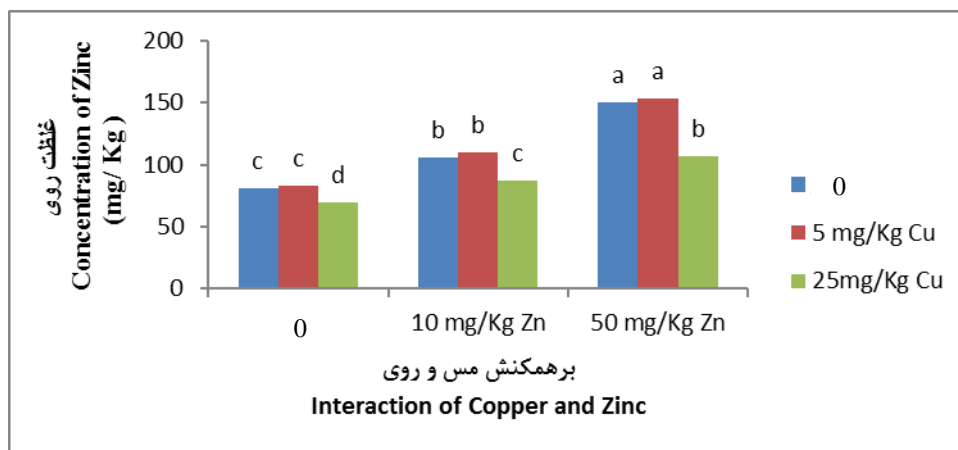
شکل ۳: اثر سطوح مختلف مس و روی بر شاخص کلروفیل (SPAD)  
 Fig. 3: Effect of different level if Cu and Zn on chlorophyll index (SPAD)



شکل ۴: اثر برهمکنش مس و روی بر سطح برگ (cm²)  
 Fig. 4: The effect of Cu and Zn interaction on leaf area (cm²)



شکل ۵: اثر برهمکنش مس و روی بر غلظت مس اندام هوایی (mg/ Kg)  
 Fig.5: The effect of Cu and Zn interaction on Cu concentration in shoots (mg/ Kg)



شکل ۶: اثر برهمکنش مس و روی بر غلظت روی اندام هوایی (mg/ Kg)

Fig. 6: The effect of Cu and Zn interaction on Zn concentration in shoots (mg/ Kg)

در گیاهان دارویی ۲۰ تا ۴۰۰ میلی‌گرم در کیلوگرم ماده خشک گیاهی می‌باشد بنابراین با کاربرد بالاترین سطح روی نیز هنوز غلظت این عنصر در بخش هوایی در داخل محدوده طبیعی برای این عنصر می‌باشد (کاباتا پندیاس، ۲۰۰۱).

### نتیجه‌گیری کلی

به‌عنوان جمع‌بندی، به‌طور کلی براساس نتایج موجود در مورد تغییرات مورفولوژیکی-تولیدی و تولید اسانس در گیاه ریحان می‌توان چنین نتیجه‌گیری نمود که مس و روی در سطوح پایین موجب افزایش معنی‌دار در خصوصیات مورفولوژیکی-تولیدی و عملکرد اسانس در این گیاه دارویی می‌شود. همچنین سطوح بالای همین عناصر باعث بازدارندگی اندک رشد و کاهش عملکرد اسانس گردید. با توجه به تأثیر افزایش مس و روی بر عملکرد اسانس گیاه ریحان، مصرف عناصر مس و روی در کشت و کار گیاه دارویی ریحان پیشنهاد می‌شود. همچنین با توجه به عدم بروز علائم ظاهری زیاد بود در سطوح بالای مس و روی استفاده شده، می‌تواند کشت و کار این گیاه دارویی در خاک‌های کشاورزی دارای آلودگی متوسط مس و روی را پیشنهاد کرد. البته انجام بررسی‌های بیشتر برای حصول به نتیجه قطعی ضروری به‌نظر می‌رسد.

### غلظت روی در اندام هوایی

نتایج تجزیه واریانس اثر تیمارهای مس و روی و برهمکنش آن‌ها بر غلظت روی اندام هوایی (جدول ۲) نشان داد که تأثیر این عناصر و برهمکنش آنها در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شده است. مقایسه میانگین مربوط به تأثیر روی و مس بر غلظت روی در شکل ۶ ارائه شده است. همان‌طور که مشاهده می‌شود، کاربرد ۱۰ و ۵۰ میلی‌گرم روی در کیلوگرم خاک سبب افزایش غلظت روی شاخساره به ترتیب به میزان ۳۰/۱۹ و ۸۵/۱۹ درصد شده است. نتایج همچنین نشان داد که کاربرد ۵ میلی‌گرم مس بر کیلوگرم تأثیر معنی‌داری بر غلظت روی نداشته است ولی بعد از آن یعنی در غلظت ۲۵ میلی‌گرم بر کیلوگرم خاک، غلظت روی شاخساره کاهش ۱۴/۶۸ درصد را نسبت به شاهد نشان داد. همچنین بیشترین غلظت و روی اندام هوایی از تیمار ترکیبی ۵۰ میلی‌گرم در کیلوگرم روی و ۲۵ میلی‌گرم در کیلوگرم مس و کمترین آن در تیمار ۲۵ میلی‌گرم بر کیلوگرم مس و بدون مصرف روی حاصل شد. این نتایج بیانگر آن است که گیاه هر دو سطح روی استفاده شده غلظت روی را در بخش هوایی افزایش داده است. دلیل این را می‌توان در فراهمی روی استفاده شده در خاک با توجه به سبک بودن بافت خاک و تثبیت کمتر این عنصر به‌وسیله اجزای خاک دانست. با توجه به این که محدوده طبیعی روی نیز

## منابع

- بوربری، م. ر. و طهرانی، م. م. ۱۳۸۹. اثر برهمکنش مقادیر و روش مصرف مس و روی بر خصوصیات گیاهی و پروتئین گندم. فصلنامه علمی و پژوهشی گیاهان زراعی-دانشگاه آزاد اسلامی واحد اهواز. سال ۲، شماره ۸، ۴۴-۲۹
- پیرزاد، ع. طوسی، پ. و درویش‌زاده، ر. ۱۳۹۲. اثر محلول‌پاشی آهن و روی بر صفات گیاهی و میزان اسانس انیسون. مجله علوم زراعی ایران، جلد ۱۵، ۱، ۱۲-۲۳.
- حمزه‌زاده، م. فتحی، پ.، جوادی، ت. و حسنی، ع. ۱۳۹۰. بررسی تأثیر سطوح مختلف آب آبیاری بر کارایی مصرف آب در گیاه ریحان رقم کشکنی لولو با استفاده از تئوری آنالیز حاشیه‌ای. آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی)، جلد ۲۵، شماره ۵، ۹۵۳-۹۶۰.
- حیدری، ف.، زهتاب‌سلماسی، س.، جوانشیر، ع.، آلیاری، ه. و دادپور، م. ر. ۱۳۸۷. تأثیر نحوه مصرف ریزمغذی‌ها و تراکم بوته بر عملکرد و اسانس نعنای فلفلی (*Mentha Piperita L.*). فصلنامه علمی-پژوهشی تحقیقات گیاهان دارویی و معطر ایران، جلد ۲۴، شماره ۱، ۹-۱.
- دادوند سراب، م. ر.، نقدی بادی، ح.ع.، نصری، م.، مکی‌زاده، م. و امیدی، ح. ۱۳۸۷. تغییرات میزان اسانس و عملکرد گیاهان دارویی ریحان تحت تأثیر تراکم و کود نیتروژن. فصلنامه گیاهان دارویی، ۲۷، ۷۰-۶۱.
- رضاخانی، ل.، گلچین، ا. و شفیععی، س. ۱۳۹۱. تأثیر سطوح مختلف مس و کادمیم بر رشدونمو و ترکیب شیمیایی اسفناج، مجله زراعت و اصلاح نباتات، جلد ۸، شماره ۱، ۸۷-۱۰۰.
- زارع‌ده‌آبادی، س. و اسرار، ز. ۱۳۸۷. اثر مقدار اضافی عنصر روی بر میزان تجمع برخی عناصر ضروری و پاسخ‌های آنتی‌اکسیدانی گیاه دارویی نعنای سبز. فصلنامه علمی و پژوهشی تحقیقات گیاهان دارویی و معطر ایران، جلد ۲۴، شماره ۴: ۵۳۰-۵۴۰.
- زارع‌ده‌آبادی، س. و اسرار، ز. ۱۳۸۸. بررسی اثر مقدار اضافی عنصر روی بر القای تنش اکسیداتیو و تجمع برخی عناصر در گیاه نعنای سبز. مجله زیست‌شناسی ایران، جلد ۲۲، شماره ۲، ۲۱۸-۲۲۸.
- شعبان‌زاده، ش.، رمرودی، م. و گلوی، م. ۱۳۹۰. تأثیر محلول‌پاشی عناصر ریزمغذی بر عملکرد دانه و ویژگی‌های کیفی سیاه دانه (*Nigella sativa L.*) در رژیم‌های مختلف آبیاری. مجله تولید و فراوری محصولات زراعی و باغی. جلد ۱، شماره ۲، ۷۹-۸۹.
- ملکوتی، م. ج.، کشاورز، پ. و کریمیان، ن. ۱۳۸۷. روش جامع تشخیص و توصیه بهینه کود برای کشاورزی پایدار. چاپ هفتم، انتشارات دانشگاه تربیت مدرس. ۷۴۴ صفحه.
- Alam, S. M., Khan, M. A. and Ansah, R. 2001. Effect of different levels of zinc and phosphorus on seedling growth, chlorophyll and peroxidase contents of rice. On Line Journal of Biological Sciences, 1(2): 49-51.
- Bonnet, M., Camares, O. and Veisseire, P. 2000. Effects of Zinc and influence of *Acremonium lolii* on growth parameters, chlorophyll a fluorescence and antioxidant enzyme activities of ryegrass (*Lolium perenne L.*) Cv Apollo). Journal of Experimental Botany, 51(346): 945-953.
- Bouyoucos, G. J. 1962. Hydrometer method improved for making particle size analyses of soils. Agronomy Journal, 54: 464-465.
- Bremner, J. and Mulvaney, C. 1982. Nitrogen total. Methods of soil analysis Part 2. Chemical and microbiological properties, 595-624.
- Dudareva, N., Pichersky, E. and Gershenzon, J. 2004. Biochemistry of plant volatiles. Plant Physiology, 135: 1893-902.
- Evans, W. C. 1996. Pharmacognosy. 14th Edition. Chapter 21. Volatile Oils and Resins. John Wiley, New York, 259-260 pp.
- Gaetke, L. M. and Chow, C. K. 2003. Copper toxicity, oxidative stress, and antioxidant nutrients. Toxicology, 189: 147-163.
- Glyn, M. 2002. Mineral nutrition, production and artemisinin content in *Artemisia annual*. Acta Horticulture, 426: 721-728.
- Gupta, P. K. 1999. Soil, plant, water and fertilizer analysis. Agro Botanica, New Delhi. India.
- Haluschak, P. 2006. Laboratory methods of soil analysis. Canada-Manitoba Soil Survey, 3-133.
- Kabata-Pendias, A. 2001. Trace Elements in Soils and Plants, second ed. CRC Press, 365pp.
- Lasat, M. M. 2002. Phytoextraction of toxic metals. Journal of Environmental Quality, 31:109-120.
- McGrath, S., Zhao, J. and Lombi, E. 2002. Phytoremediation of metals, metalloids, and radionuclides. Advances in Agronomy, 75:1-56.
- Misra, A., Dwivedi, S., Srivastava, A. K., Tewari, D. K., Khan, A. and Kumar, R. 2006. Low iron stress nutrition for evaluation of Fe-efficient genotype physiology, photosynthesis, and essential monoterpene oil (s) yield of *Ocimum sanctum*. Photosynthetica, 44(3): 474-477.
- Page, A. L. 1982. Methods of soil analysis. Part 2. Chemical and microbiological properties. American Society of Agronomy, Soil Science Society of America, 1159 pp.
- Pandey, P. and Tripathi, A. K. 2011. Effect of heavy metal on morphological and biochemical characteristics of *Albizia procera* (Roxb) Benth. Seedlings. International Journal Environmental Science. 5(1): 1009-1018.

- Preeti pande, M., Anwar, S. C., Yadov, V. and Patra, D. 2007. Optimal level of Iron and Zinc in relation to its influence on herb yield and protection of essential oil in menthol mint. *Communication in Soil Science and Plant Analysis*, 38: 561-578.
- Rion, B. and Alloway, J. 2004. Fundamental aspects of Zinc in soils and plants. *International Zinc Association*, 23: 1-128.
- Rout, G. R. and Das, P. 2003. Effect of metal toxicity on plant growth and metabolism. *Agronomie*, 23: 3-11
- Walkley, A. and Black, I. A. 1934. An examination of the degtjareff method for determining soil organic matter, and a proposed modification of the chromic acid titration method. *Soil science*, 37(1): 29-38.
- Zehtab-Salmasi, S., Heidari, F. and Alyari, H. 2008. Effects of microelements and plant density on Biomass and essential oil production of peppermint (*Mentha Piperita* L.). *Plant Science Research*, 1(1): 24-26.
- Zheng, Y., Wang, L. and Dixon, M. A. 2004. Response to copper toxicity for three ornamental crops in solution culture. *Hort Science*, 39:1116-20.
- Zengin, F. K. and Kirbag, S. 2007. Effects of copper on chlorophyll, proline, protein and abscisic acid level of sunflower (*Helianthus annuus* L.) seedlings. *Journal of Environmental Biology*, 28: 561.
- Zheljazkov, V. D., Craker, L. E. and Xing, B. 2006. Effects of Cd, Pb and Cu on growth and essential oil contents in dill, peppermint and basil. *Environmental and Experimental Botany*, 58: 9-16.
- Zheljazkov, V. D. and Warman, P. R. 2003. Application of high Cu compost to Swiss chard and basil. *The Science of the Total Environment*, 302:13-26.

## Effect of Different Levels of copper and Zinc on Essential Oil Yield and Percentage, Cu and Zn Concentration and some Growth Traits of Basil (*Ocimum basilicum* L.)

Asgari lajayer<sup>1</sup>, H., Hadian<sup>2\*</sup>, J., Savaghebi firoozabadi<sup>3</sup>, Gh. and Motesharezade<sup>4</sup>, B.

### Abstract

Copper (Cu) and Zinc (Zn) are essential micronutrients that are classified as heavy metal. These elements play structural and functional roles in many metabolic processes in plants. In order to investigate the effect of different levels of Cu and Zn on some growth parameters, Cu and Zn concentration, essential oil content and yield this research was conducted in a factorial experiment as completely randomized design (CRD) with three levels of copper (0, 5 and 25 mg/Kg CuSO<sub>4</sub>) and zinc (0, 10 and 50 mg/Kg ZnSO<sub>4</sub>) in three replicates in a calcareous soil under greenhouse condition. Results showed that, the main effect of Cu and Zn of root, Chlorophyll index (SPAD) and essential oil yield had significant effects on the Cu and Zn concentration in shoot and leaf area. The maximum Value of Leaf area (2935.13 Cm<sup>2</sup>) was obtained in Cu and Zn at 5 + 10 mg kg<sup>-1</sup> and minimum amount (2061.57 Cm<sup>2</sup>) in Cu and Zn 25+50 mg kg<sup>-1</sup>. The maximum concentration of Cu in shoot was obtained in Cu<sub>25</sub>Zn<sub>10</sub> (25.53 mg kg<sup>-1</sup>) and maximum concentration of Zn in Cu<sub>5</sub>Zn<sub>50</sub> (153.42 mg kg<sup>-1</sup>). The highest essential oil yield (101.12 and 105.73 mg pot<sup>-1</sup>) was obtained in 5 mg Cu Kg<sup>-1</sup> and 10 mg Zn Kg<sup>-1</sup>, respectively. The results of this experiment seem to show that low concentrations of Cu and Zn instigate growth, biomass and essential oil yield of basil herbs while high concentrations it can cause some toxic effects.

**Keywords:** Essential oil, *Basil*, Copper, Zinc, chlorophyll

---

1. Ph. D. student, Department of Soil Science, Faculty of Agriculture, University of Tabriz, Tabriz.

2. Assistant Professor, Department of Agriculture, Medicinal Plants and Drug Research Institute, Shahid Beheshti University, G. C., Evin, Tehran

3. and 4. Professor and Associate Professor respectively, Department of Soil Science, Faculty of Agriculture Engineering and Technology, University of Tehran, Karaj

\*: Corresponding author      Email: j\_hadian@sbu.ac.ir