نشریه فرآیند و کارکرد گیاهی، جلد ۱۵، شماره ۷۱، فروردین و اردیبهشت ۱۴۰۵ صفحه: ۱۳۱-۱۱۷
https://doi.org/10.22034/15.71.117

مقاله پژوهشی

تأثیر کاربرد روی و منگنز بر عملکرد و غلظت عناصر ریزمغذی در برگ و میوه خیار (*Cucumis sativus* L.)

سجاد سیف‌الهی[1]، فرهاد بهتاش[1]*، حنیفه سید حاجی‌زاده[1] و سارا ملاعلی عباسیان[2]

[1] گروه علوم و مهندسی باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه مراغه، مراغه ۵۵۳-۵۵۱۳۶، ایران

[2] بخش تحقیقات خاک و آب، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی آذربایجان غربی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، اورمیه، ایران

چکیده

به‌منظور بررسی اثر کاربرد روی و منگنز بر وزن تر میوه و جذب برخی عناصر درشت مغذی و ریزمغذی گیاه خیار گلخانه‌ای، آزمایشی به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با دو فاکتور و سه تکرار اجرا شد. فاکتور اول: روی در غلظت‌های ۰/۰۵، ۵ و ۱۰ میلی‌گرم در لیتر و فاکتور دوم منگنز در غلظت‌های ۰/۵، ۲ و ٤ میلی‌گرم در لیتر به شکل محلول غذایی به‌کار برده شد. نتایج نشان داد بیشترین عملکرد میوه در غلظت ۱۰ میلی‌گرم در لیتر روی بدست آمد درحالی‌که افزایش منگنز منجر به کاهش عملکرد شد. همچنین کاربرد روی و منگنز تأثیری در میزان عنصر پتاسیم برگ و میوه نداشت. کاربرد روی نیز تغییری در میزان تجمع کلسیم در برگ و میوه ایجاد نکرد ولی افزایش غلظت منگنز در محلول غذایی باعث کاهش محتوای کلسیم در برگ و میوه خیار شد. غلظت عناصر آهن و مس در اثر کاربرد ۱۰ میلی‌گرم در لیتر روی و ٤ میلی‌گرم در لیتر منگنز در محلول غذایی، کاهش یافتند. در نهایت، مشخص شد که افزایش روی در محلول غذایی، باعث کاهش منگنز در برگ و میوه و افزایش روی در برگ و میوه شد. همچنین کاربرد منگنز در غلظت ٤ میلی‌گرم در لیتر، منجر به کاهش روی و افزایش منگنز در برگ و میوه خیار شد. در کل، با افزایش غلظت روی و منگنز در محلول غذایی، میزان جذب عناصر مس و آهن در برگ و میوه خیار کاهش یافت ولی افزایش مقدار روی و منگنز به ترتیب تا غلظت ۵ و ۲ میلی‌گرم در لیتر در محلول غذایی در جهت افزایش عملکرد و ارزش غذایی خیار قابل توصیه است.

واژه‌های کلیدی: آنتاگونیستی، جذب عناصر، خیار گلخانه‌ای، وزن میوه

مقدمه

دریافت مقاله: ۱٤۰٤/۰۱/۱٦، بازنگری: ۱٤۰٤/۰٦/۳۱، پذیرش: ۱٤۰٤/۰۷/۰۸، اولین انتشار: ۱٤۰۵/۰۲/۱۲

* نویسنده مسئول، رایانامه: behtash@maragheh.ac.ir

حق انتشار این مستند، متعلق به انجمن فیزیولوژی گیاهی ایران است. ۱٤۰۳ ©

این مقاله تحت گواهی زیر منتشر شده و هر نوع استفاده غیرتجاری از آن مشروط بر استناد صحیح به مقاله و با رعایت شرایط مندرج در آدرس زیر مجاز است:
Creative Commons Attribution-Noncommercial 4.0 International license https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-06-11]

[DOI: DOI: 10.22034/15.71.117]

خیار با نام علمی *Cucumis sativus* L. از جمله گیاهان جالیزی یک‌ساله متعلق به تیره Cucurbitacae و یکی از گیاهان بسیار قدیمی و معروف است که قدمت کشت و کار آن بیش از ۵۰۰۰ سال پیش می‌رسد. از لحاظ اهمیت تولید، بعد از گوجه‌فرنگی، کلم‌پیچ و پیاز، چهارمین محصول مهم در بین سبزی‌های جهان به شمار می‌آید. میوه خیار از طریق کاهش سطوح بالای پتاسیم و منیزیم منجر به تنظیم فشار خون و بهبود عمل گوارش می‌شود. همچنین به‌واسطه داشتن منیزیم باعث آرامش اعصاب و ماهیچه‌ها شده و گردش خون را تسهیل می‌کند. علاوه‌براین غنی از ویتامین‌های A، B1، B2، B3، C و عناصر کلسیم، منیزیم، پتاسیم، فسفر، آهن و روی است (Badgery-Parker *et al*., 2010). در حال حاضر کشت خیار در محیط قابل کنترل گلخانه افزایش چشمگیری داشته است. لذا تغذیه مناسب در شرایط نور، دما و رطوبت ایده‌آل منجر به افزایش عملکرد این گیاه می‌شود (Badgery-Parker *et al*., 2010).

افزودن عناصر ریزمغذی و درشت‌مغذی به محیط‌کشت در گلخانه به‌عنوان مهم‌ترین روش افزایش کمی و کیفی عملکرد خیار است. از ۱۷ عنصر غذایی مورد نیاز گیاهان، ۸ عنصر ریزمغذی شامل آهن، روی، مولیبدن، منگنز، بور، کلر و نیکل در مقایسه با عناصر درشت‌مغذی به میزان بسیار کمتری مورد نیاز گیاه است (Kamkar *et al*., 2011) و با وجود مقادیر بسیار کم مورد نیاز برای گیاه، اما نقش بسیار مهمی در افزایش عملکرد و تکمیل چرخه گیاهان دارند (Kafi *et al*., 2017). در بین این مواد مغذی، عناصر روی و منگنز با اهمیت بسیار بالا برای گیاهان مورد نیاز بوده و کمبود آن‌ها منجر به تغییر یا کاهش عملکرد در گیاهان شده و در نهایت به عنوان یک عامل محدودکننده عمل می‌کنند (Sturikova *et al*., 2018).

عنصر روی در بسیاری واکنش‌های آنزیمی، فرآیندهای متابولیکی، اکسایش و کاهش، شرکت در ساختار آنزیم‌های مؤثر در متابولیسم نیتروژن، انتقال انرژی و سنتز پروتئین‌ها و انتقال بیوشیمایی سلول‌ها نقش مهمی دارد (Mousavi *et al*., 2012). این عنصر برای سنتز رنگیزه کلروفیل و تشکیل کربوهیدرات و فعالیت بسیاری از آنزیم‌ها ضروری می‌باشد و فعال‌کننده بیشتر آنزیم‌های دخیل در متابولیسم کربوهیدرات است (Liscakova *et al*., 2022). کمبود این عنصر منجر به کاهش چشمگیری در میزان اسیدهای آمینه و سنتز پروتئین‌ها می‌شود (Stanton *et al*., 2021). روی به‌طور طبیعی در کانی‌های سولفات، سیلیکاتی وجود دارد اما میزان در دسترس بودن آن در خاک‌های آهکی بسیار کم است و میزان تبادل آن با تغییر pH به طور معکوس تغییر می‌کند (Gupta *et al*., 2016). کمبود روی منجر به اختلال در فرآیندهای متابولیکی و فعالیت یک‌سری از آنزیم‌ها می‌شود که موجب تأثیر بر رشد و تکامل ریشه‌ها، کاهش جذب عناصر غذایی، کوتاه‌شدن میان‌گره‌ها و دمبرگ‌ها، کوچک‌شدن و بدشکلی برگ‌ها و کاهش پروتئین‌سازی در گیاه می‌شود (Zeng *et al*., 2021).

همچنین منگنز یک عنصر ضروری در تقریباً همه موجودات زنده است که به‌عنوان یک کوفاکتور با فعالیت کاتالیزوری در فعالیت‌های بیولوژیکی نقش مهمی دارد (Andresen *et al*., 2018). در موجودات فتوسنتزکننده، منگنز یک عنصر ضروری از چرخه متالوآنزیم کمپلکس تکامل‌دهنده اکسیژن در فتوسیستم II است (Alejandro *et al*., 2020). علاوه بر این، منگنز در فرآیندهای متنوعی مانند تکامل کلروپلاست، کاتابولیسم بازهای پورین و اوره، بیوسنتز فسفولیپیدها و ترمیم DNA (Szurmak, 2008) و افزایش میزان پروتئین با فعال‌کردن آنزیم RNA پلیمراز نقش دارد (Cao *et al*., 2010). در شرایط کمبود منگنز لازم است از محصولات با ظرفیت جذب منگنز بهبودیافته استفاده کرد تا به رشد و عملکرد بالاتری در شرایط کمبود منگنز دست یافت. تحت کمبود این عنصر برای تأمین منگنز کافی به فتوسیستم II و در نتیجه افزایش کارایی فتوسنتزی باید اقدام نمود (Alejandro *et al*., 2020).

با توجه به اهمیت خیار، هدف از این پژوهش بررسی تأثیر محلول‌پاشی عناصر ریزمغذی روی و منگنز بر عملکرد کمی و کیفی خیار گلخانه‌ای و تغییرات غلظت عناصر غذایی در اندام‌های برگ و میوه آن است.

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-06-11]

[DOI: DOI: 10.22034/15.71.117]

مواد و روش‌ها

محل و زمان انجام پژوهش: پژوهش حاضر در سال ۱۴۰۰ در گلخانه هیدروپونیک خیار (عرض جغرافیایی ۳۷ درجه و ۴۵ دقیقه شمالی و طول جغرافیایی ۴۵ درجه و ۴۰ دقیقه شرقی با ۱۴۲۰ متر ارتفاع از سطح دریا) واقع در روستای رحیم‌آباد شهرستان ارومیه انجام شد.

آزمایش به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با دو فاکتور عنصر روی از منبع کودی سولفات روی در سه سطح (۰/۰۵، ۵ و ۱۰ میلی‌گرم در لیتر) و منگنز از منبع کودی سولفات منگنز در سه سطح (۰/۵، ۲ و ٤ میلی‌گرم در لیتر) به‌صورت تغذیه با محلول غذایی در سه تکرار انجام شد.

مواد گیاهی مورد نیاز: به‌منظور بررسی اثرات متقابل مقادیر مختلف منگنز و روی بر عملکرد و برخی خصوصیات فیزیولوژیکی از بذر خیار (*Cucumis sativus*) گلخانه‌ای رقم Nagin792 تولیدی شرکت Enza Zadan از کشور ترکیه و با درجه خلوص ۹۹ درصد و قابلیت جوانه‌زنی ۸۵ درصد استفاده شد. بذر خیار با هیپوکلرید سدیم ۰/۵ درصد به مدت ۵ دقیقه ضدعفونی شده و بعد از خشک‌کردن بذور در گلدان‌های ۱۰ لیتری کاشته و از ماسه‌بادی به‌عنوان بستر کشت استفاده شد.

به مدت سه روز بستر کشت، ماسه‌شویی شد تا املاح احتمالی شسته شوند. در هر گلدان یک عدد بذر در عمق ۲/۵ سانتی‌متری کشت شد؛ بعد از کشت بذور اولین آبیاری انجام گرفت. پس از مشاهده اولین ظهور گیاهان کشت‌شده (یک هفته پس از کشت گیاهان)، اولین محلول هوگلند (با غلظت ٪۵۰) به گیاهان داده شد؛ به صورتی که به هر گلدان سه بار در طول هفته ۱۰۰ میلی‌لیتر محلول هوگلند داده شد. تغذیه و آبیاری گیاهان به صورتی انجام شد که بعد از شش روز محلول‌دهی در هفته، آب‌شویی بستر کشت یک بار در هفته انجام شد. بعد از گذشت دو هفته و نیز افزایش رشد گیاهان، تغذیه گیاهان با محلول هوگلند کامل (غلظت صددرصد) انجام شد. پس از گذشت دو هفته دیگر و افزایش رشد بیشتر، مقدار محلول داده‌شده به گیاهان (٤۰۰ میلی‌لیتر) افزایش یافت. به طور کلی، مرحله داشت و تغذیه گیاهان به مدت سه ماه تا تشکیل میوه و نمونه‌برداری به طول انجامید. محلول غذایی مورد استفاده در این آزمایش، محلول هوگلند (Coolang *et al.*, 2004) بود. غلظت عناصر مورد استفاده و ترکیب آن‌ها در جدول ۱ آمده است. pH محلول غذایی در ٦/۵ تنظیم شد و هدایت الکتریکی (EC) محلول یادشده معادل ۱/۵۵ دسی‌زیمنس بر متر بود که توسط دستگاه سنجش الکتریکی ساخت شرکت Aqua lytic مدل Al10con اندازه‌گیری شد. محلول غذایی پس از تهیه در دبه‌های ۲۰ لیتری ریخته شده و به صورت دستی به پای گیاهان درون بسترهای کشت منتقل شد.

سپس برای اعمال تیمارها با محلول‌های غذایی مورد نظر به عنوان تیمارهای تعیین‌شده عنصر روی با سه غلظت ۰/۰۵، ۵ و ۱۰ میلی‌گرم در لیتر از منبع $ZnSO_4$ (شرکت مرک، آلمان) و فاکتور دوم عنصر منگنز در غلظت‌های ۰/۵، ۲ و ٤ میلی‌گرم در لیتر از منبع $MnSO_4$ (شرکت مرک، آلمان) تا زمان تشکیل میوه و رسیدن تغذیه شد. در مجموع، ٥٤ گلدان برای کاشت بذرها استفاده شد، به طوری‌که دو گلدان در هر واحد آزمایشی برای ۹ ترکیب تیماری با سه تکرار استفاده شد (دو گلدان در هر تکرار، ۹ ترکیب تیماری × سه تکرار). غلظت پایه هر یک از عناصر در محلول غذایی به عنوان تیمار شاهد در نظر گرفته شده و با سایر تیمارها مقایسه شد. سپس آبیاری گلدان‌ها با محلول‌های غذایی آماده‌شده با غلظت‌های مختلف انجام و گلدان‌ها در گلخانه با دمای روزانه ۳±۲۷ درجه سانتی‌گراد و دمای شبانه ۳±۲۰ درجه سانتی‌گراد و با رطوبت نسبی حدود ٪٦۰ تا زمان رسیدن میوه نگهداری شدند. پس از برداشت و اندازه‌گیری وزن تر میوه‌های هر بوته، نمونه‌های میوه و برگ بوته‌ها برای اندازه‌گیری غلظت عناصر مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفتند.

اندازه‌گیری وزن تر میوه: برای اندازه‌گیری وزن میوه خیار در هر بوته، وزن تر میوه‌های برداشت‌شده توسط ترازوی دیجیتالی (METTLER, PJ300) و با دقت ۰/۰۱ گرم وزن شدند.

اندازه‌گیری عناصر آهن، روی، مس و منگنز در برگ و

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-06-11]

[DOI: DOI: 10.22034/15.71.117]

جدول ۱- ترکیب و غلظت نمک‌ها در محلول هوگلند، تغییریافته (Coolang *et al.*, 2004)

نوع نمک	غلظت (g/L)	نوع نمک	غلظت (mg/L)
$Ca(No_3)_2,4H_2O$	۰/٤٧	H_3BO_3	۲/۸٦
KNO_3	۰/۳	$MnCl_2,4H_2O$	۱/۸۱
$MgSO_4,7H_2O$	۰/۲۵	$ZnSO_4,7H_2O$	۰/۲۲
$NH_4H_2PO_4$	۰/۰٦	$NaMOO_4,2H_2O$	۰/۰۲
FeEDTA	۰/۱	$CuSO_4,5H_2O$	۰/۰۸

میوه: اندازه‌گیری عناصر آهن، روی، مس و منگنز به روش استخراج عصاره انجام شد. تعیین غلظت عناصر با نمونه‌های برگ و میوه که قبلاً در آون ۷۲ درجه سانتی‌گراد به مدت ۷۲ ساعت خشک‌شده بودند، انجام شد. میزان ۰/۵-۰/۳ گرم از نمونه‌های خشک‌شده برگ و میوه در هاون پودر شده و به منظور از بین بردن ترکیبات آلی به کوره‌ای با دمای ۵۵۰ درجه سانتی‌گراد انتقال داده شدند. نمونه‌ها در مدت ٤ تا ۵ ساعت به خاکستر سفید رنگی تبدیل شدند. خاکستر به کمک ۱۰ میلی‌لیتر اسید کلریدیک ۲ مولار هضم شده، سپس فیلتر شده و به درون فالکون‌های ۵۰ میلی‌لیتری ریخته شد و سپس با کمک آب‌مقطر، حجم محلول به ۵۰ میلی‌مولار رسانده شد. این محلول به‌عنوان عصاره خام برای اندازه‌گیری میزان عناصر مورد استفاده قرار گرفت (Ryan *et al.*, 2001).

تعیین میزان آهن با استفاده از دستگاه جذب اتمی (Shimadzu AA-630) انجام شد. برای این منظور اسید هیدروکلریک ۰/۱۲ مول در لیتر به ٤۰۰ میلی‌لیتر آب اضافه و سپس به حجم یک لیتر رسانده شد. محلول استاندارد غلیظ آهن ۱۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر در بالن ژوژه یک لیتری ریخته شد و ۱۰ میلی‌لیتر از اسید هیدروکلریک غلیظ به آن اضافه شد. مقدار ۷/۰۲۲ گرم از نمک فروآمونیوم سولفات $Fe(NH_4)_2(SO_4)26H_2O$ با کمی آب به داخل بالن ژوژه منتقل یافت. بالن ژوژه حرارت داده شد تا تمامی نمک حل گردید و بعد از خنک‌شدن به حجم رسانده شد. محلول استاندارد ۵۰ میلی‌گرم در لیتر به بالن ژوژه ۵۰۰ میلی‌لیتری انتقال داده شد و با اسید هیدروکلریک ۰/۱۲ مول به حجم رسانده شد. سری محلول‌های استاندارد حاوی صفر، ۲، ٤، ٦، ۸ و ۱۰ میلی‌لیتر از استاندارد ۵۰ میلی‌گرم در لیتر را به بالن ژوژه ۱۰۰ میلی‌لیتر انتقال داده و با اسید هیدروکلریک ۰/۱۲ مول به حجم رسانده شد. نمونه‌های استاندارد و عصاره با دستگاه جذب اتمی با طول‌موج ۲٤۸/۳ نانومتر اندازه‌گیری و غلظت آهن بر اساس میلی‌گرم در کیلوگرم وزن خشک گزارش گردید (Ghazan Shahi, 2005).

برای اندازه‌گیری میزان عنصر روی محلول استاندارد غلیظ ٤۰۰ میلی‌گرم روی در ۵۰۰ میلی‌لیتر آب حل و ۱۲ میلی‌لیتر اسید هیدروکلریک غلیظ به آن اضافه شد و بعد از خنک‌شدن به حجم ۱ لیتر رسانده شد. محلول استاندارد ۲۰ میلی‌گرم در لیتر روی به بالن ژوژه ۵۰۰ میلی‌لیتری منتقل و با اسید هیدروکلریک ۰/۱۲ مول به حجم رسانده شد. سری محلول‌های استاندارد حاوی صفر، ۱، ۲، ۳، ٤ و ۵ میلی‌لیتر از محلول استاندارد ۲۰ میلی‌گرم در لیتر به بالن ژوژه ۱۰۰ میلی‌لیتری منتقل و اسید هیدروکلریک ۰/۱۲ مول به حجم رسانده شد. استانداردها و عصاره‌های گیاهی با شعله آبی استیلن- هوا ابری شده و میزان جذب در طول‌موج ۲۱۹ نانومتر خوانده و بر اساس میلی‌گرم در کیلوگرم وزن خشک گزارش گردید (Ghazan Shahi, 2005).

اندازه‌گیری عناصر مس و منگنز به روش جذب اتمی در عصاره و با هضم HCL ۲ مولار انجام شد. نمونه‌های استاندارد و عصاره‌های گیاهی با طول‌موج ۳۲٤/۷ نانومتر جذب قرائت و با رسم منحنی کالیبراسیون غلظت این عناصر در نمونه‌ها به دست آورده شد و براساس میلی‌گرم در کیلوگرم وزن خشک گزارش شد (Ryan *et al.*, 2001).

آنالیز داده‌ها: برای انجام تجزیه واریانس و مقایسه میانگین

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-06-11]

[DOI: DOI: 10.22034/15.71.117]

صفات مورد بررسی، از نرم‌افزار SAS نسخه ۹/۱ استفاده شد. مقایسه میانگین‌ها با استفاده از روش چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۱ و ۵ درصد انجام گرفت. جهت تست نرمال بودن داده‌ها و یکنواختی واریانس‌ها از آزمون بارتلت استفاده شد. همچنین، برای رسم نمودارها از نرم‌افزار Excel استفاده گردید.

نتایج و بحث

نتایج جدول تجزیه واریانس نشان داد که اثرات ساده غلظت‌های مختلف روی و منگنز در محلول غذایی بر وزن تر میوه و غلظت عناصر غذایی در برگ و میوه به ترتیب در جدول‌های ۲ و ۳ نشان داده شده است. با توجه به نتایج با اینکه اثر ساده این عناصر معنی‌دار بود ولی اثرات متقابل این دو عامل از نظر آماری معنی‌دار نبوده است.

تأثیر غلظت‌های مختلف روی و منگنز در محلول غذایی بر وزن میوه خیار: بیشترین وزن میوه (۱۲۲/۹ گرم) در غلظت ۱۰ میلی‌گرم در لیتر روی مشاهده شد. کاربرد منگنز منجر به کاهش وزن میوه گردید به‌طوری‌که بیشترین وزن میوه در نمونه شاهد و کمترین وزن میوه تحت کاربرد غلظت ٤ میلی‌گرم در لیتر منگنز مشاهده شد (شکل B و A ۱).

عنصر روی برای رشد و نمو گیاهان ضروری است زیرا در تشکیل ایندول استیک اسید دخالت دارد و منجر به تنظیم رشد گیاه می‌شود (Hafeez *et al*., 2013). علاوه‌براین، عنصر روی برای سنتز رنگیزه کلروفیل و تشکیل کربوهیدرات و فعالیت بسیاری از آنزیم‌ها ضروری می‌باشد. در واقع بیشتر آنزیم‌هایی که در متابولیسم کربوهیدرات دخالت دارند مانند کربنیک آنهیدراز، فروکتوز ۱ و ٦ بی فسفات و آلدولاز به واسطه عنصر روی فعال می‌شوند. لذا با کمبود عنصر روی، فعالیت این آنزیم‌ها کاهش می‌یابد و کربوهیدرات در برگ‌های گیاه تجمع می‌یابند (Stanton *et al*., 2021). تأثیر عنصر روی در افزایش عملکرد و وزن میوه توسط Hosseinzadeh (۲۰۱٤) در کدو تخم کاغذی (*Cucurbita pepo*) و Arshad و Ali (۲۰۱٦) در گیاه *Psidium Guajava* گزارش شده که نتایج پژوهش حاضر نیز در همین راستا است. از طرفی نتایج پژوهش Zoremtluangi و همکاران (۲۰۱۹) نشان داد که هر دو تیمار روی و منگنز موجب افزایش عملکرد میوه در گیاه *Citrus reticulate* شده است. اما اثرات آنتاگونیستی بین روی و منگنز متفاوت است (Fanlo *et al*., 2015)، به‌طوری‌که در تحقیق حاضر، با افزایش غلظت منگنز، کاهش نسبی وزن میوه مشاهده شد. لذا تعیین غلظت مناسب منگنز در محلول غذایی بسیار اهمیت داشته و تابع عوامل مختلفی مانند گونه‌های گیاهی و ارقام یا ژنوتیپ‌های درون یک گونه نیز بستگی دارد (Lombnæs and Singh, 2003).

تأثیر غلظت‌های مختلف روی و منگنز در محلول غذایی بر مقدار جذب عناصر در میوه و برگ خیار، تاثیر غلظت‌های مختلف روی و منگنز بر مقدار کلسیم: مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که کاربرد منگنز منجر به کاهش کلسیم برگ گردید و بیشترین کلسیم برگ (۳/۰٦ گرم در کیلوگرم وزن خشک) در غلظت ۰/۵ میلی‌گرم در لیتر منگنز مشاهده شد (شکل A ۲). در واقع با کاربرد عناصر گوناگون، میزان ذخیره هر یک از عناصر دیگر تحت تأثیر قرار می‌گیرد به‌طوری‌که مطالعات نشان داد جذب منیزیم، کلسیم، آهن و مس به طور منفی تحت تأثیر مقادیر افزایش یافته منگنز و روی در خیار (*Cucumis sativus*) قرار گرفت. به نظر می‌رسد ترکیب منگنز و روی بالا هیچ اثر افزایشی بر پارامترهای مورد بررسی ندارد (Shi and Zhu, 2008) که با نتایج ما همسو بود. به‌طور مشابه تغییرات کلسیم میوه تحت تیمار منگنز همانند کلسیم برگ بود. مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که کاربرد منگنز منجر به کاهش کلسیم میوه گردید و بیشترین کلسیم میوه (۳/۰٦ گرم در کیلوگرم وزن خشک) در غلظت ۰/۵ میلی‌گرم در لیتر منگنز مشاهده شد و کمترین میزان کلسیم میوه (۱/۷۸ گرم در کیلوگرم وزن خشک) در غلظت ٤ میلی‌گرم در لیتر مشاهده شد (شکل B ۲). معمولاً میزان کلسیم در محیط موجب تعادل برای جذب سایر عناصر می‌شود (Gupta *et al*., 2016) که موجب تغییرات چشمگیری بین تیمارهای مختلف در این آزمایش شده است. منگنز به صورت یون‌های Mn^{+2}

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-06-11]

[DOI: DOI: 10.22034/15.71.117]

جدول ۲- تجزیه واریانس تأثیر غلظت‌های مختلف منگنز و روی در محلول غذایی بر مقدار عناصر در میوه خیار

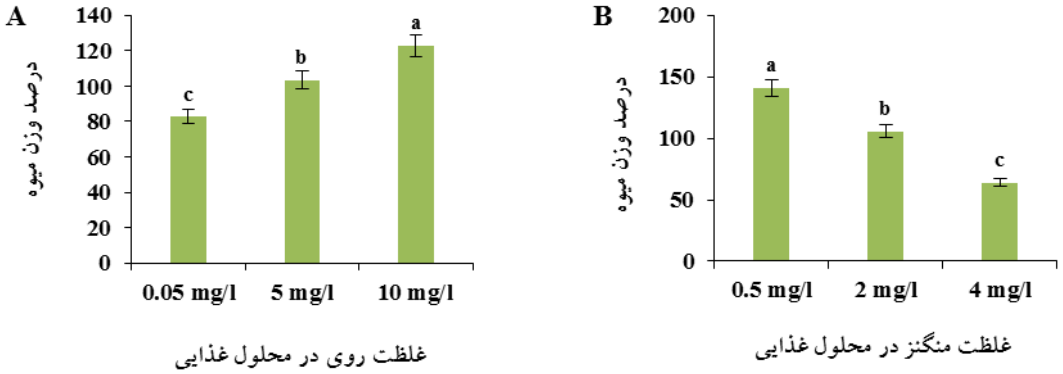
منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات						
		کلسیم	منیزیم	پتاسیم	روی	منگنز	آهن	مس
تکرار	۲	۰/۰۳۲ns	۰/۰۰۲ns	۰/۲۳۶ns	۳۳/۹ns	۱۳/۰۶*	۳۱۹/۰٤**	۰/۰۲۵ns
سولفات روی (A)	۲	۰/۰۳٤ns	۰/۰۱۱ ns	۰/۱۲۷ ns	۳٦۹/۳**	۲۹/۰۱**	۸۲۰/۱۳**	٤/٥٤ **
سولفات منگنز (B)	۲	۱/۰٥۱ **	۰/۱٦۹ **	۰/۲۲٤ns	٤۳۷/٥ **	٦۸/۳٤ **	۲۸۳۸/۰۳**	۹/۳۸ **
(B) ×(A)	٤	۰/۰۳٦ ns	۰/۰۱۲ ns	۰/۸۸ ns	۷/۸۱ ns	۰/۲۲٤ ns	۱۹/۳۱ ns	۰/۰۸٦ ns
خطای آزمایشی	۱٦	۰/۰۱٦	۰/۰۰٤	۰/۲۱٦	۲٦/۸۷	۳/۰۰۷	٤٥/۲۳	۰/۳۳
ضریب تغییرات (٪)		۱٤/۲٤	۱۰/٥٥	۸/۷۸	۱۱/٦۳	۹/٥۲	۱۲/۷٦	۲۸/۱٥

ns، * و **: به ترتیب غیرمعنی‌داری و معنی‌داری در سطح احتمال پنج و یک درصد هستند.

جدول ۳- تجزیه واریانس تأثیر غلظت‌های مختلف منگنز و روی در محلول غذایی بر وزن تر میوه و عناصر در برگ خیار

منابع‌تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات							
		وزن تر میوه	کلسیم	منیزیم	پتاسیم	روی	منگنز	آهن	مس
تکرار	۲	۲/٥۰ns	۰/۳۲٥*	۲/٥۷**	۰/۰۱ ns	۲۲٥۹/۳ns	۱۹/٦۲ns	۱٦٤٦/۹ns	۱/۳٤ns
سولفات روی (A)	۲	۳٤٥۳/٥**	۰/۰۸٦ns	۱/۳۷ns	۰/۰۹٦ ns	۱٥۲۳/۸**	۱۰۰٤/۹**	٤۹٤۹/۲**	۱٦۰/۰۲**
سولفات منگنز (B)	۲	۱۳۳۹٤/۷**	۳/۷۰ **	۱/۹۰ **	۰/۷۳ ns	۲۱۹٦۱/۸**	۲٤٤۷/٥**	٥۸۹٦/۱**	۲۸٥/٥ **
(B) ×(A)	٤	۱۹۹/۷۱ ns	۰/۰٥٥ ns	۰/۱۳۸ ns	۰/۰۱۰ ns	٥٤٥/۹ ns	۱۰۰/۰٤ ns	٥۷۸/۱ ns	۲۳/۰٦ ns
خطای آزمایشی	۱٦	۱۹۹/۷۱	۰/۰٦۳	۰/٤۹	۰/۱۲۷	٦۱۰/۳	٥٤/٦۷	٥۷٦/۲	۱٥/۹۰
ضریب تغییرات (٪)		۱۳/٦۷	۱۰/٤۹	۱۳/۹۰	۱٥/۷٥	۱۱/٤٥	۱٤/۲٥	۱۱/۷٥	٤۸/۹٦

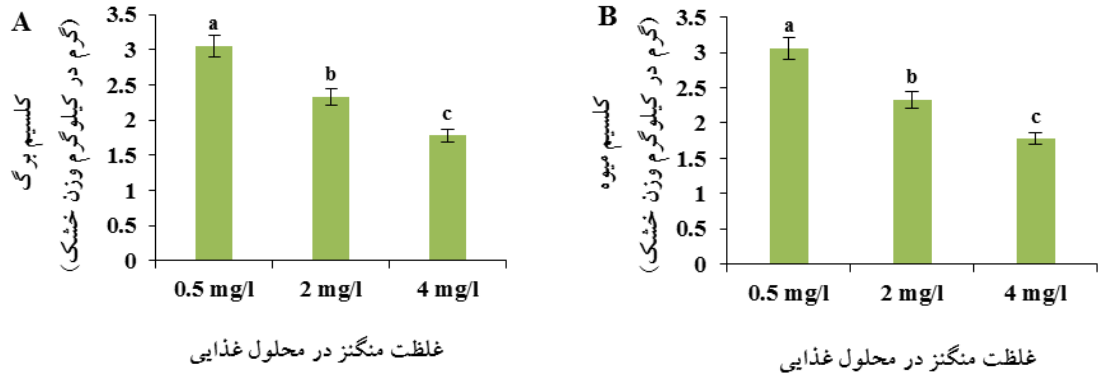
ns، * و **: به ترتیب غیرمعنی‌داری و معنی‌داری در سطح احتمال پنج و یک درصد هستند.



شکل ۱- تأثیر روی (A) و منگنز (B) بر وزن میوه خیار گلخانه‌ای (میانگین‌های دارای حروف مشابه، براساس آزمون دانکن در سطح احتمال ۱ درصد با هم اختلاف معنی‌دار ندارند).

جذب می‌شود و این جذب تحت تأثیر کاتیون‌های دیگر مانند کلسیم و منیزیم قرار می‌گیرد. با اینکه در بیشتر موارد، عدم استفاده از منگنز کافی در محلول غذایی و یا اثر رقابتی دیگر یون‌ها، باعث کمبود این عنصر در گیاه می‌شود ولی اگر میزان

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-06-11]
[DOI: DOI: 10.22034/15.71.117]



شکل ۲- تأثیر تیمار منگنز بر میزان کلسیم برگ (A) و میوه (B) خیار گلخانه‌ای تحت تأثیر تیمار منگنز (میانگین‌های دارای حروف مشابه، براساس آزمون دانکن در سطح احتمال ۱ درصد با هم اختلاف معنی‌دار ندارند).

منگنز در محلول غذایی بیشتر از حد معمول باشد و یا محیط اسیدی باشد، حالت سمیت ایجاد می‌شود. از نظر شیمیایی، منگنز روی کاتیون‌های قلیایی مانند کلسیم و منیزیم و فلزات سنگین مانند روی و آهن تأثیر می گذارد. بدین ترتیب این یون‌ها نیز بر جذب و انتقال منگنز در گیاهان تأثیرگذار هستند (سیلسپور، ۱۳۹۸). لذا کاهش جذب کلسیم در اثر مصرف منگنز دور از انتظار نیست همان‌طور که در نتایج ما مشاهده شد.

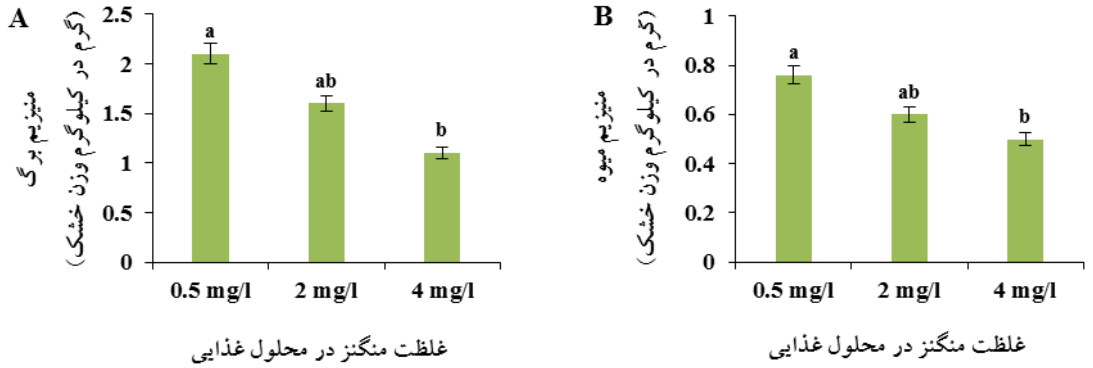
تأثیر غلظت‌های مختلف روی و منگنز بر میزان منیزیم:

کاربرد منگنز به‌طور معنی‌دار منیزیم برگ را کاهش داد به‌طوری‌که بیشترین منیزیم برگ (۲/۱ گرم در کیلوگرم وزن خشک) در غلظت ۰/۵ میلی‌گرم در لیتر منگنز مشاهده شد (شکل 3A). همچنین براساس نتایج کاربرد منگنز باعث کاهش مقدار منیزیم در میوه گردید. بیشترین منیزیم میوه (۰/۷۶ گرم در کیلوگرم وزن خشک) در غلظت ۰/۵ میلی‌گرم در لیتر منگنز مشاهده شد و کمترین میزان منیزیم میوه (۰/۴۹ گرم در کیلوگرم وزن خشک) در غلظت ٤ میلی‌گرم در لیتر مشاهده شد (شکل 3B). تیمار روی هیچ اثر معنی داری بر غلظت منیزیم میوه و برگ خیار نداشت. منیزیم بر خلاف کلسیم در گیاه بسیار پویا بوده و می‌تواند در اندام‌های گیاهی به سهولت منتقل شود. این عنصر از اجزای اصلی مولکول کلروفیل بوده و به عنوان اتم مرکزی کلروفیل به حساب می‌آید و کمبود آن در گیاه سبب کاهش مقدار کلروفیل و در نتیجه کندی رشد گیاه می‌گردد. گاهی افزایش یکی از عناصر می تواند در جذب و تجمع منیزیم در گیاه ممانعت ایجاد کند به‌طوری‌که ثابت شده منگنز اضافی می‌تواند از جذب و انتقال سایر عناصر ضروری مانند کلسیم، منیزیم، آهن و فسفر جلوگیری کند و کارایی فتوسنتز را مهار کند (Millaleo *et al*., 2010) همان‌طور که در نتایج ما مشاهده شد.

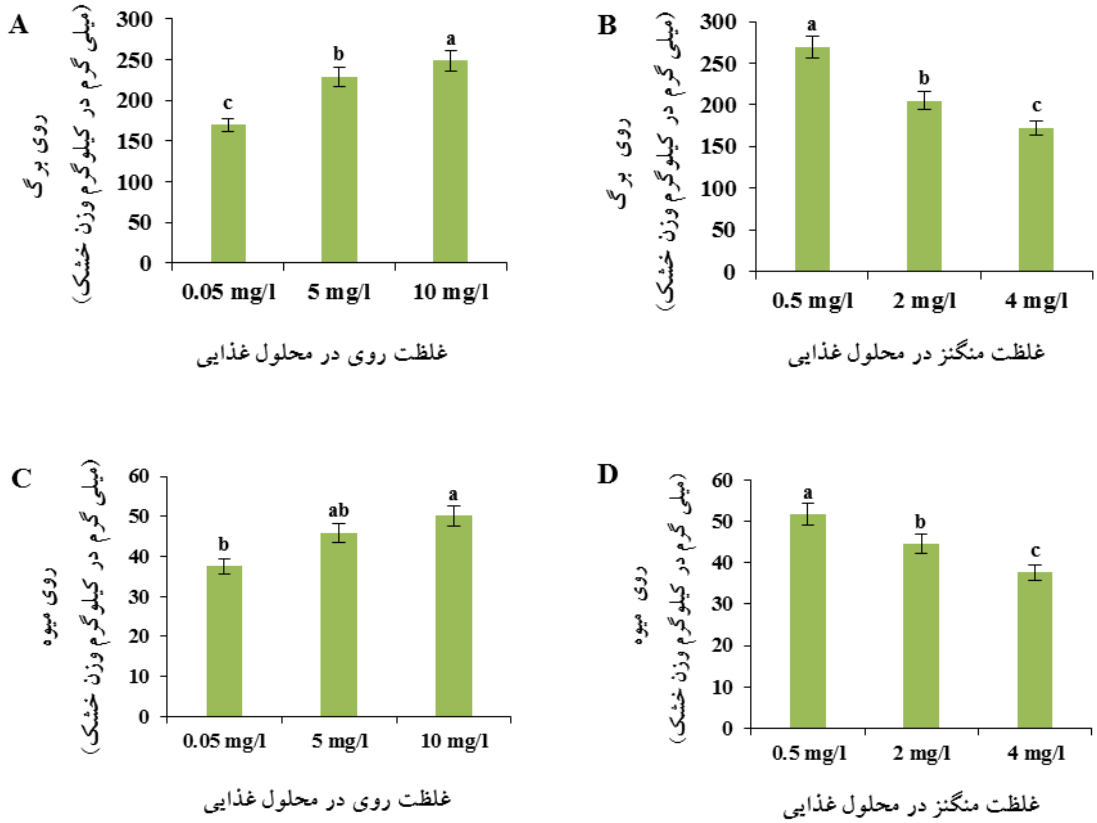
تأثیر غلظت‌های مختلف روی و منگنز بر میزان روی:

کاربرد روی در محلول غذایی باعث افزایش غلظت عنصر روی برگ گردید و بیشترین عنصر روی برگ (۲٤۸/٦ میلی‌گرم در کیلوگرم) در غلظت ۱۰ میلی‌گرم در لیتر تیمار روی مشاهده شد هر چند که با غلظت ۵ میلی‌گرم در لیتر روی اختلاف معنی‌داری از لحاظ آماری نداشت (شکل ٤A). با افزایش غلظت منگنز، غلظت عنصر روی روندی کاهشی نشان داد و کمترین میزان عنصر روی برگ (۱۷۲/٦ میلی‌گرم در کیلوگرم وزن خشک) در غلظت ٤ میلی‌گرم در لیتر منگنز مشاهده شد و بیشترین میزان عنصر روی در تیمار ۰/۵ میلی‌گرم در لیتر روی مشاهده شد (شکل ٤B). از طرفی، کاربرد روی منجر به افزایش غلظت عنصر روی میوه گردید و بیشترین میزان عنصر روی میوه (۵۰/۲ میلی‌گرم در کیلوگرم وزن خشک) در غلظت ۱۰ میلی‌گرم در لیتر تیمار روی مشاهده شد (شکل ٤C). همچنین با افزایش غلظت منگنز، غلظت عنصر روی روندی کاهشی داشت و کمترین میزان عنصر روی (۳٦/۷ میلی‌گرم در کیلوگرم وزن خشک) در

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-06-11]
[DOI: DOI: 10.22034/15.71.117]



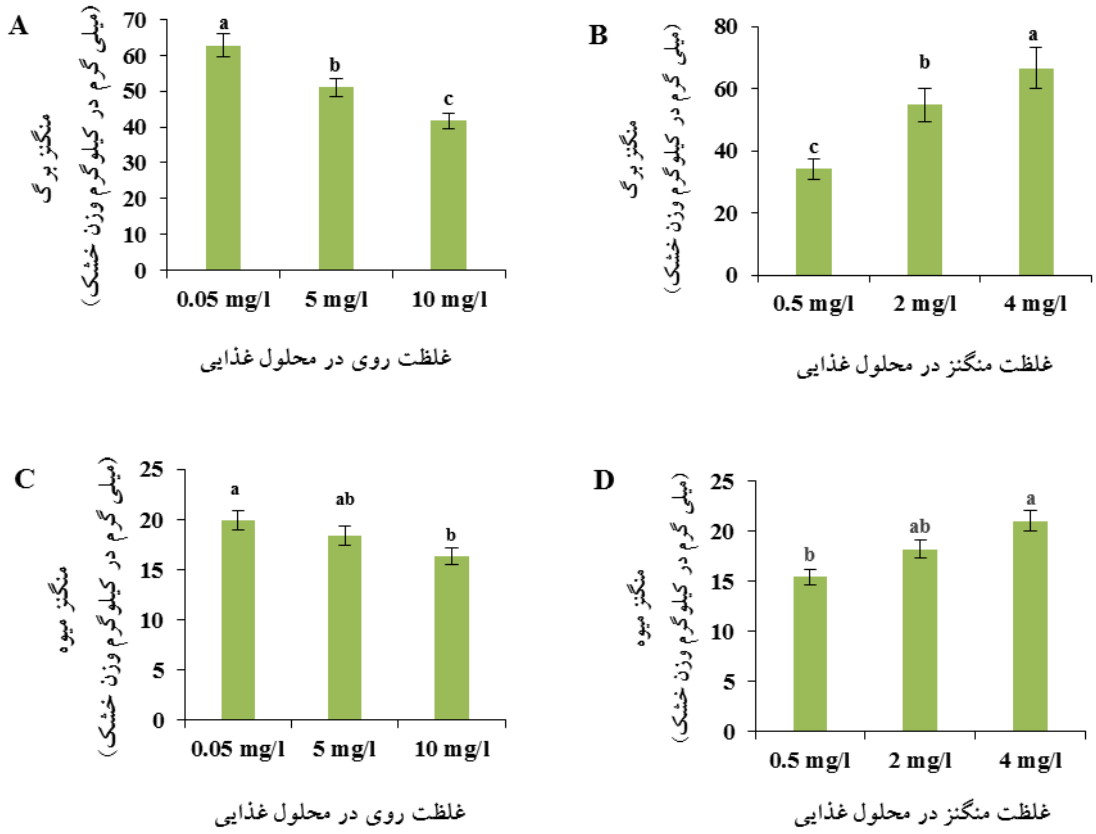
شکل ۳- تأثیر تیمار منگنز بر میزان منیزیم برگ (A) و میوه (B) خیار گلخانه‌ای (میانگین‌های دارای حروف مشابه، براساس آزمون دانکن در سطح احتمال ۱ درصد با هم اختلاف معنی‌دار ندارند).



شکل ٤- اثر روی و منگنز بر میزان روی برگ (A–B) و میوه (C–D) خیار گلخانه‌ای (میانگین‌های دارای حروف مشابه، براساس آزمون دانکن در سطح احتمال ۱ درصد با هم اختلاف معنی‌دار ندارند).

غلظت ٤ میلی‌گرم در لیتر منگنز مشاهده شد و بیشترین میزان عنصر روی در تیمار ۰/۵ میلی‌گرم در لیتر روی مشاهده شد (شکل ٤D). نتایج ما با نتایج توسلی و همکاران (۱۳۸۹) در گوجه‌فرنگی مطابقت داشت. همچنین نتیجه سایر تحقیقات در مورد تأثیر کودهای ریزمغذی در گوجه‌فرنگی نیز حاکی از افزایش غلظت عناصر مورد نظر در آن بود. با این‌حال نتایج تقیقات دیگر نشان داد که غلظت روی در ریشه و اندام هوایی با افزایش سطوح منگنز افزایش یافت. غلظت منگنز در اندام

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-06-11]
[DOI: DOI: 10.22034/15.71.117]



شکل ۵- اثر روی و منگنز بر میزان منگنز برگ (A–B) و میوه (C–D) خیار گلخانه‌ای (میانگین‌های دارای حروف مشابه، براساس آزمون دانکن در سطح احتمال ۱ درصد با هم اختلاف معنی‌دار ندارند).

هوایی هیچ همبستگی با غلظت روی در محلول غذایی نشان نداد، اما غلظت منگنز در ریشه با افزایش سطوح روی کاهش یافت (Soltangheisi *et al*., 2014).

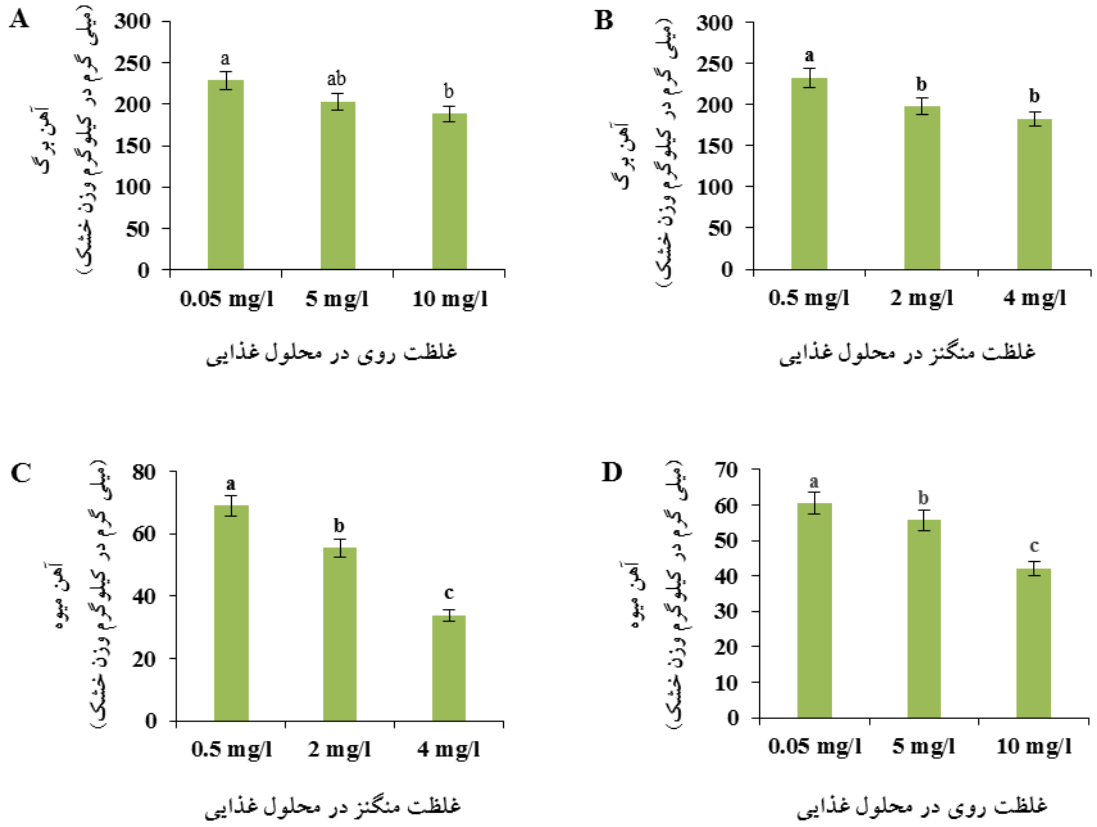
تأثیر غلظت‌های مختلف روی و منگنز بر میزان منگنز:

کاربرد روی منجر به کاهش غلظت عنصر روی برگ گردید و بیشترین عنصر منگنز برگ (۶۲/۸ میلی‌گرم در کیلوگرم وزن خشک) در غلظت ۰/۰۵ میلی‌گرم در لیتر روی مشاهده شد (شکل ۵A). با افزایش غلظت منگنز، غلظت عنصر منگنز روندی افزایشی نشان داد به‌طوری‌که کمترین میزان عنصر منگنز (۳۴/۱ میلی‌گرم در کیلوگرم وزن خشک) در غلظت ۰/۵ میلی‌گرم در لیتر منگنز مشاهده شد و بیشترین میزان عنصر منگنز (۶۶/۷ میلی‌گرم در گرم وزن خشک) در تیمار ۴ میلی‌گرم در لیتر منگنز مشاهده شد (شکل ۵B). همچنین مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که کاربرد روی منجر به کاهش غلظت عنصر منگنز میوه گردید و بیشترین عنصر منگنز میوه (۱۹/۹ میلی‌گرم در کیلوگرم وزن خشک) در غلظت ۰/۰۵ میلی‌گرم در لیتر روی مشاهده شد هر چند که با غلظت ۵ میلی‌گرم در لیتر روی اختلاف معنی‌داری از لحاظ آماری نداشت (شکل ۵C) و با افزایش غلظت منگنز، غلظت عنصر منگنز میوه روندی افزایشی نشان داد و کمترین میزان عنصر روی (۱۵/۴ میلی‌گرم در کیلوگرم وزن خشک) در غلظت ۰/۵ میلی‌گرم در لیتر منگنز مشاهده شد و بیشترین میزان عنصر روی در تیمار ۴ میلی‌گرم در لیتر روی مشاهده شد (شکل ۵D). نتایج ما با نتایج توسلی و همکاران (۱۳۸۹) و عابدی قشلاقی و تفضلی (۱۳۸۳) در گوجه‌فرنگی مطابقت داشت.

تأثیر غلظت‌های مختلف روی و منگنز بر میزان آهن:

کاربرد روی منجر به کاهش غلظت عنصر آهن برگ گردید و بیشترین عنصر آهن برگ (۲۲۸/۳ میلی‌گرم در کیلوگرم وزن خشک) در غلظت ۰/۰۵ میلی‌گرم در لیتر روی مشاهده شد،

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-06-11]
[DOI: DOI: 10.22034/15.71.117]

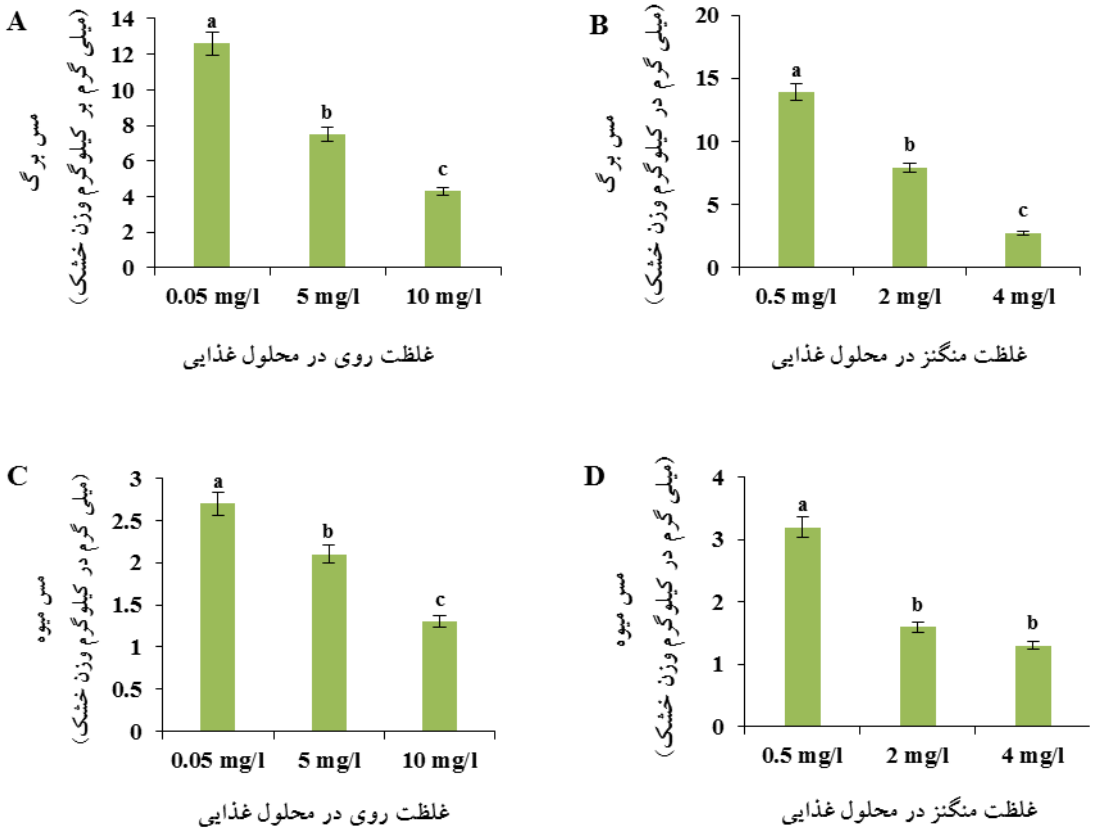


شکل ٦- تأثیر روی و منگنز بر میزان آهن برگ (A–B) و میوه (C–D) خیار گلخانه‌ای (میانگین‌های دارای حروف مشابه، براساس آزمون دانکن در سطح احتمال ۱ درصد با هم اختلاف معنی‌دار ندارند).

کمترین عنصر آهن برگ (۱۸۸/٤ میلی‌گرم در کیلوگرم وزن خشک) مشاهده شد هر چند که با غلظت ۵ میلی‌گرم در لیتر روی، اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد (شکل ٦A). با افزایش غلظت منگنز، غلظت عنصر آهن برگ روندی کاهشی نشان داد به‌طوری‌که کمترین میزان عنصر آهن برگ (۱۸۸/۵ میلی‌گرم در کیلوگرم وزن خشک) در غلظت ٤ میلی‌گرم در لیتر منگنز مشاهده شد و بیشترین میزان عنصر آهن برگ (۳۲۳/۵ میلی‌گرم در گرم وزن خشک) در تیمار ۰/۵ میلی‌گرم در لیتر منگنز مشاهده شد، هر چند که با غلظت ۲ میلی‌گرم در لیتر منگنز اختلاف معنی‌داری نداشت (شکل ٦B). از سویی کاربرد روی منجر به کاهش غلظت عنصر آهن میوه گردید و بیشترین عنصر آهن برگ (٦۰/۵ میلی‌گرم در کیلوگرم وزن خشک) در غلظت ۰/۰۵ میلی‌گرم در لیتر روی مشاهده شد، (شکل ٦C). همچنین با افزایش غلظت منگنز، غلظت عنصر آهن میوه روندی کاهشی نشان داد به‌طوری‌که کمترین میزان عنصر آهن برگ (۳۳/۸ میلی‌گرم در کیلوگرم وزن خشک) در غلظت ٤ میلی‌گرم در لیتر منگنز مشاهده شد و بیشترین میزان عنصر آهن میوه (٦۹ میلی‌گرم در گرم وزن خشک) در تیمار ۰/۵ میلی‌گرم در لیتر منگنز مشاهده شد (شکل ٦D).

مشابه با نتایج این تحقیق، Paivoke (۲۰۰۳) در پژوهشی بر روی گیاه نخود (*Pisum sativum*) مشاهده نمود که با افزایش روی موجود، مقدار آهن گیاه کاهش داشت. به‌طورکلی افزایش روی موجود، آهن برگ و ساقه را کاهش می‌دهد درحالی‌که ممکن است آهن ریشه را تا حد زیادی افزایش می‌دهد (Kaya and Higgs, 2001). سایر مطالعات بیشتر تأکید کرده‌اند که اثرات روی بر جذب و انتقال آهن در گیاهان به‌شدت تحت تأثیر فعل و انفعالات بین عناصر قرار می‌گیرد (Canli and Atli, 2003). که می‌تواند دلیل کاهش میزان عنصر آهن برگ و میوه گیاه خیار در پژوهش حاضر نیز باشد. همچنین فعل و انفعالات متضاد بین منگنز و آهن و مشکل

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-06-11]
[DOI: DOI: 10.22034/15.71.117]



شکل ۷- اثر روی و منگنز بر میزان مس برگ (A–B) و میوه (C–D) خیار گلخانه‌ای (میانگین‌های دارای حروف مشابه، براساس آزمون دانکن در سطح احتمال ۱ درصد با هم اختلاف معنی‌دار ندارند).

ناشی از تداخل آن‌ها جابجایی به‌طور مداوم گزارش شده زیرا افزایش منگنز خاک موجود باعث کاهش آهن در اندام هوایی می‌شود (Reichman, 2002). علاوه‌براین رسوب آهن ناشی از حضور منگنز بر روی سطوح ریشه به‌صورت لایه‌هایی که مانع دسترسی آهن می‌شود، نیز گزارش شده است (Reichman, 2002; Wen *et al.*, 2018). به‌طور مشابه در طی مطالعات گزارش شده است که افزایش منگنز در محیط ریشه یا محلول غذایی از بارگذاری مؤثر در آوند چوبی به اندام‌های هوایی جلوگیری می‌کند (Wen *et al.*, 2018; Canli and Atli, 2003). به‌طورکلی میزان انباشت این عنصر در میوه و برگ گیاه مستقیماً تحت تأثیر نوع عناصر مورد استفاده گزارش شده است (Ebrahimzadeh *et al.*, 2021). مصرف کودهای حاوی عناصر ریزمغذی روی و منگنز باعث کاهش غلظت آهن به دلیل خاصیت ناهمسازی می‌شود. تحقیقات نشان می‌دهد که بین آهن و عناصر کم‌مصرف کاتیونی دیگر از جمله منگنز به علت خصوصیات شیمیایی مشابه یک رابطه ناهمسازی وجود دارد و این کاتیون‌ها برای مکان‌های جذبی و انتقالی در سطح ریشه و یا در داخل بافت گیاهی با یکدیگر رقابت می‌کنند. مهمترین اثر متقابل تغذیه‌ای منگنز، رقابت آن با آهن است که این رقابت بیشتر در جذب توسط ریشه اتفاق می‌افتد (Fageria, 2002).

تأثیر غلظت‌های مختلف روی و منگنز بر میزان مس: کاربرد روی منجر به کاهش غلظت عنصر مس برگ گردید و بیشترین عنصر مس برگ (۱۲/۶ میلی‌گرم در کیلوگرم وزن خشک) در غلظت ۰/۰۵ میلی‌گرم در لیتر روی مشاهده شد به‌طوری‌که کمترین میزان عنصر مس برگ (۴/۳ میلی‌گرم در کیلوگرم وزن خشک) در این غلظت مشاهده شد (شکل ۷A). همچنین با افزایش غلظت منگنز، غلظت عنصر مس برگ روندی کاهشی نشان داد به‌طوری‌که کمترین میزان عنصر مس

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-06-11]
[DOI: DOI: 10.22034/15.71.117]

(۲/۷ میلی‌گرم در کیلوگرم وزن خشک) در غلظت ٤ میلی‌گرم در لیتر منگنز مشاهده شد و بیشترین میزان عنصر مس برگ (۱۳/۹ میلی‌گرم در گرم وزن خشک) در تیمار ۰/۵ میلی‌گرم در لیتر منگنز مشاهده شد (شکل ۷B). بیشترین عنصر مس میوه (۲/۷ میلی‌گرم در کیلوگرم وزن خشک) در غلظت ۰/۰۵ میلی‌گرم در لیتر روی مشاهده شد، کمترین عنصر مس برگ (۱/۳ میلی‌گرم در کیلوگرم وزن خشک) مشاهده شد. با افزایش غلظت منگنز، غلظت عنصر مس میوه روندی کاهشی نشان داد به‌طوری‌که کمترین میزان عنصر مس میوه (۱/۳ میلی‌گرم در کیلوگرم وزن خشک) در غلظت ٤ میلی‌گرم در لیتر منگنز مشاهده شد و بیشترین میزان عنصر مس میوه (۳/۲ میلی‌گرم در گرم وزن خشک) در تیمار ۰/۵ میلی‌گرم در لیتر منگنز مشاهده شد (شکل ۷C,D). با توجه به اینکه عناصر مس و روی مکانیسم جذب یکسانی دارند، افزایش یک طرفه یکی از این عناصر، باعث کاهش جذب عنصر دیگر می‌شود (Giordano *et al.*, 1974). نتایج ما با نتایج Shi و Zhu (۲۰۰۸) و Tzerakis و همکاران (۲۰۱۳) در خیار مطابقت داشت به‌طوری‌که جذب منیزیم، کلسیم، آهن و مس به طور منفی تحت تأثیر مقادیر افزایش یافته منگنز و روی قرار گرفت.

تیمارهای روی و منگنز سبب ایجاد تغییراتی در جذب عناصر و وزن میوه در گیاه خیار گلخانه‌ای شد به‌طوری‌که کاربرد منگنز در غلظت ٤ میلی‌گرم در لیتر و ۱۰ میلی‌گرم در لیتر روی باعث افزایش وزن میوه خیار گلخانه‌ای شد درحالی‌که جذب منیزیم را در میوه و برگ خیار کاهش داد. کاربرد روی و منگنز بر عنصر پتاسیم در برگ و میوه تأثیر معنی‌داری از لحاظ آماری ایجاد نکرد. همچنین کاربرد روی تأثیری در میزان عنصر کلسیم برگ و میوه نداشت اما کاربرد منگنز منجر به کاهش جذب کلسیم در برگ و میوه شد. افزایش روی و منگنز به ترتیب باعث افزایش میزان عنصر روی و منگنز در میوه و برگ خیار شد. با این‌حال میزان عنصر مس و آهن در برگ و میوه خیار در اثر افزایش غلظت روی و منگنز کاهش یافت. با توجه به نتایج این آزمایش به نظر می‌رسد از آنجایی که افزایش روی تا غلظت ۵ میلی‌گرم در لیتر در محلول غذایی تأثیر سویی در جذب و تجمع عناصر به ویژه آهن، منگنز، منیزیم و کلسیم میوه نداشته است، احتمالاً افزایش روی تا غلظت ۵ میلی‌گرم در لیتر در محلول غذایی باعث افزایش عملکرد و در عین حال ارزش غذایی خیار گلخانه‌ای خواهد شد در حالی‌که افزایش غلظت منگنز بیش از ۲ میلی‌گرم در لیتر توصیه نمی‌شود.

نتیجه‌گیری

منابع

توسلی، ابوالفضل، قنبری، احمد، و احمدیان، احمد (۱۳۸۹). تأثیر تغذیه منگنز و روی بر عملکرد میوه و غلظت عناصر غذایی در گوجه‌فرنگی گلخانه‌ای و در کشت هیدروپونیک. https://civilica.com/doc/1446475

سیلسپور، محسن (۱۳۹۸). راهنمای تهیه و استفاده از محلول‌های غذایی برای کشت سبزیجات گلخانه‌ای در سیستم کشت هیدروپونیک. سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی. مؤسسه تحقیقات آب و خاک.

عابدی قشلاقی، ابراهیم، و تفضلی، عنایت اله (۱۳۸۳). تأثیر محلول‌پاشی سولفات آهن و اسید سیتریک بر خواص کمی و کیفی گوجه‌فرنگی رقم اوربانا. *علوم کشاورزی و منابع طبیعی*، *۱۱*(٤)، ۷۱-۷۹.

Alejandro, S., Holler, S., Merier, B., & Peiter, E. (2020). Manganese in plants: From acquisition to subcellular allocation. *Frontiers in Plant Science*, *11*(300), 1-23.

Andresen, E., Peiter, E., & Kupper, H. (2018). Trace metal metabolism in plants. *Journal of Experimental Botany*, *69*(5), 909-954.

Arshad, I, & Ali, W. (2016). Effect of foliar application of zinc on growth and yield of Guava (*Psidium guajava* L.). *Advances in Science, Technology and Engineering Systems Journal*, *1*, 19-22.

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-06-11]

[DOI: DOI: 10.22034/15.71.117]

Badgery-Parker, J., James, L., Jarvis, J., & Parks, S. (2010). Commercial Greenhouse Cucumber Production: 2010 Edition. NSW Agriculture.

Canli, M, & Atli, G. (2003). The relationships between heavy metal (Cd, Cr, Cu, Fe, Pb, Zn) levels and the size of six Mediterranean fish species. *Environmental Pollution*, *121*(1), 129-136.

Cao, F. Q., Werner, A. K., Dahncke, K., Romeis, T., Liu, L. H., & Witte, C. P. (2010). Identification and characterization of proteins involved in rice urea and arginine catabolism. *Plant Physiology*, *154*(1), 98-108.

Coolang, T. W., Randle, W. M., Toler, H. D., & Sams, C. E. (2004). Zinc availability in hydroponic culture influences glucosinolate concentrations in *Brassica rapa*. *Hortscience*, *39*(1), 84-86.

Ebrahimzadeh, A., Davoudi, S., Hassanpouraghdam, M. B., & Rasuli, F. (2021). The effect of three different fertilizers (biofertilizer, organic and inorganic fertilizer) on some post-harvest quality attributes of Cucumber (*Cucumis sativus* L.) cultivar. *Journal of Agricultural Science and Sustainable Production*, *31*(4), 271-286.

Fageria, N. K. (2002). Influence of micronutrients on dry matter yield and interaction with other nutrients in annual crops. *Pesquisa Agropecuaria Brasileira*, *37*, 1765-1772.

Fanlo, I., Gervilla, F., Colas, V., & Subias, I. (2015). Zn-, Mn-and Co-rich chromian spinels from the Bou-Azzer mining district (Morocco): Constraints on their relationship with the mineralizing process. *Ore Geology Reviews*, *71*, 82-98.

Ghazan Shahi, J. (2005). Soil and Plant Analysis. Motarjem Publications.

Giordano, P. M., Noggle, J. C., & Mortvedt, J. J. (1974). Zinc uptake by rice, as affected by metabolic inhibitors and competing cations. *Plant and Soil*, *41*, 637-646.

Gupta, N., Ram, H., & Kumar, B. (2016). Mechanism of Zinc absorption in plants: uptake, transport, translocation and accumulation. *Reviews in Environmental Science and Bio/Technology*, *15*(1), 89-109.

Hafeez, B. M. K. Y., Khanif, Y. M., & Saleem, M. (2013). Role of zinc in plant nutrition-a review. *American Journal of Experimental Agriculture*, *3*(2), 374.

Hosseinzadeh, T. (2014). The study of foliar application of micronutrient elements (zinc sulfate-manganese sulfate) on the quantitative and qualitative yield of paper pumpkin. Master's thesis, Faculty of Agriculture, Shirvan Higher Education Complex.

Kafi, M., Barzoui, A., Salehi, M., Kamandi, A., Masoumi, A., & Nabati, J. (2017). Physiology of Environmental Stresses in Plants. Academic Jihad Publications, Mashhad Branch.

Kamkar, B., Safahani Langroudi, A., & Mohammadi, R. (2011). The Use of Minerals in the Nutrition of Agricultural Plants. Mashhad Agricultural Jihad Publications.

Kaya, C, & Higgs, D. (2001). Growth enhancement by supplementary phosphorus and iron in tomato cultivars grown hydroponically at high zinc. *Journal of Plant Nutrition*, *24*(12), 1861-1870.

Liscakova, P., Nawaz, A., & Molnarova, M. (2022). Reciprocal effects of copper and zinc in plants. *International Journal of Environmental Science and Technology*, 1-16.

Lombnaes, P, & Singh, B. R. (2003). Effect of free manganese activity on yield and uptake of micronutrient cations by barley and oat grown in chelator-buffered nutrient solution. *Acta Agric Scand (B)*, 53(4), 161-167.

Millaleo, R., Reyes-Diaz, M., Ivanov, A. G., Mora, M. L., & Alberdi, M. (2010). Manganese as essential and toxic element for plants: Transport, accumulation and resistance mechanisms. *Journal of Soil Science and Plant Nutrition*, *10*(4), 470-481. http://dx.doi.org/10.4067/S0718-95162010000200008

Ministries of Agricultural Jihad. (2015). Agricultural Statistics, Tehran, Volume Domf, Bureau of Statistics and Information Technology, Vice President of Planning, Economic and International Affairs.

Mousavi, S. R., Galavi, M., & Rezaei, M. (2012). The interaction of zinc with other elements in plants: A review. *International Journal of Agriculture and Crop Sciences*, *4*(24), 1881-1884.

Paivoke, A. E. (2003). Mineral elements and phytase activity in *Pisum sativum* grown at different Zn supply levels in the greenhouse. *Environmental and Experimental Botany*, *49*(3), 285-294.

Reichman, S. M. (2002). The Responses of Plants to Metal Toxicity: A Review Forusing on Copper, Manganese and Zinc. Melbourne: Australian Minerals & Energy Environment Foundation.

Ryan, J., Estefan, G., & Rashid, A. (2001). Soil and Plant Analysis: Laboratory Manual. ICARDA, ALEPPO.

Shi, Q, & Zhu, Z. (2008). Effects of exogenous salicylic acid on manganese toxicity, element contents and antioxidative system in cucumber. *Environmental and Experimental Botany*, *63*(1-3), 317-326.

Soltangheisi, A., Rahman, Z. A., Ishak, C. F., Musa, H. M., & Zakikhani, H. (2014). Interaction effects of zinc and manganese on growth, uptake response and chlorophyll content of sweet corn (*Zea mays* var. saccharata). *Asian Journal of Plant Sciences*, *13*(1), 26-33.

Stanton, C., Sanders, D., Kramer, U., & Podar, D. (2021). Zinc in Plants: Integrating Homeostasis and Biofortification. *Molecular Plant*, *15*(1), 65-85.

Sturikova, H., Krystofova, O., Huska, D., & Adam, V. (2018). Zinc, zinc nanoparticles and plants. *Journal of Hazardous Materials*, *349*, 101-110.

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-06-11]

[DOI: DOI: 10.22034/15.71.117]

Szurmak, B., Wyslouch-Cieszynska, A., Wszelaka-Rylik, M., Bal, W., & Dobrzanska, M. (2008). A diadenosine 5', 5''-P1P4 tetraphosphate (Ap4A) hydrolase from *Arabidopsis thaliana* that is activated preferentially by Mn^{2+} ions. *Acta Biochimica Polonica*, 55(1), 151-160.

Tzerakis, C., Savvas, D., Sigrimis, N., & Mavrogiannopoulos, G. (2013). Uptake of Mn and Zn by cucumber grown in closed hydroponic systems as influenced by the Mn and Zn concentrations in the supplied nutrient solution. *Hort Science*, *48*(3), 373-379.

Wen, B., Li, L., Duan, Y., Zhang, Y., Shen, J., Xia, M., & Zhu, X. (2018). Zn, Ni, Mn, Cr, Pb and Cu in soil-tea ecosystem: The concentrations, spatial relationship and potential control. *Chemosphere*, *204*, 92-100.

Zeng, H., Wu, H., Yan, F., Yi, K., & Zhu, Y. (2021). Molecular regulation of zinc deficiency responses in plants. *Journal of Plant Physiology*, *261,*: 153419.

Zoremtluangi, J., Saipari, E., & Mandal, D. (2019). Foliar application of zinc, manganese, copper and boron influenced the fruit growth, development and quality of Khasi Mandarin (*Citrus reticulata* Blanco). *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*, 8(3), 3324-3327.

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-06-11]

[DOI: DOI: 10.22034/15.71.117]

The effect of zinc and manganese application on the yield and micronutrient elements in leaf and fruit of cucumber (*Cucumis sativus* L.)

Sajad Sefollahi [1], Farhad Behtash[*1], Hanifeh Seyed Hajizadeh[1] and Sara Molaali Abasiyan[2]

[1] Department of Horticulture, Faculty of Agriculture, University of Maragheh, Maragheh P. B. 55136-553, Iran

[2] Soil and Water Research Department West Azerbaijan Agricultural and Natural Resources and Education Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Urmia, Iran

Abstract

In order to investigate the effect of Zn and Mn application on the fresh weight of fruit and the absorption of some macronutrients and micronutrients of greenhouse cucumber, a factorial experiment was conducted in a completely randomized design with two factors and three replications. The first factor: Zn at concentrations of 0.05, 5 and 10 mg L^{-1} and the second factor: Mn at concentrations of 0.5, 2 and 4 mg L^{-1} were applied in the form of a nutrient solution. Results showed that the highest fruit yield was obtained at a concentration of 10 mg L^{-1} Zn, while increasing Mn led to a decrease in yield. Also, the application of Zn and Mn had no effect on the amount of K in leaves and fruits, nor did the application of Zn have any effect on the amount of Ca in leaves and fruits. However, increasing the concentration of Mn in the nutrient solution caused a decrease in the content of Ca in cucumber leaves and fruits. Fe and Cu elements showed a decreasing trend due to increasing concentrations of Zn by10 mg L^{-1} and Mn up to 4 mg L^{-1}. According to the results, it was found that the application of Zn in nutrient solution led to a decrease in the amount of Mn and an increase in the amount of Zn in leaves and fruits. Also, the application of Mn in 4 mg L^{-1} concentration caused to a decrease in the amount of Zn and an increase in Mn in leaves and fruits. In general, with an increase in the concentration of Zn and Mn in the nutrient solution, the absorption of Cu and Fe in cucumber leaves and fruits decreased but, increasing the concentration of Zn and Mn by 5 and 2 mg L^{-1}, respectively, in the nutrient solution is recommended to increase the yield and nutritional value of cucumber.

Key words: Antagonistic, Absorption of elements, Greenhouse cucumber, Fruit weight

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-06-11]

[DOI: DOI: 10.22034/15.71.117]

Received: Apr. 05, 2025; Revised: Sep. 22, 2025; Accepted: Sep. 30, 2025; Published Online: May. 02, 2026
*Corresponding Author: behtash@maragheh.ac.ir

Copyright © 2025 Iranian Society of Plant Physiology, Published by Isfahan University of Technology press. This work is licensed under a Creative Commons Attribution-Noncommercial 4.0 International license (https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/). Non-commercial uses of the work are permitted, provided the original work is properly cited.