



تأثیر عناصر ریزمغذی آهن، روی و منگنز بر برخی خصوصیات گیاه دارویی گل گاوزبان باغی

عزیزاله خیری^۱، محمد ویسی^۲، محسن ثانی خانی^۳

تاریخ دریافت: ۹۴/۱۱/۵ تاریخ پذیرش: ۹۵/۱۰/۳۰

چکیده

به منظور بررسی تأثیر عناصر ریزمغذی آهن، روی و منگنز بر برخی خصوصیات گیاه دارویی گل گاوزبان باغی، آزمایشی به صورت طرح بلوک کامل تصادفی در سه تکرار در دانشگاه زنجان در سال ۱۳۹۴ انجام شد. تیمارها شامل سطوح صفر (شاهد)، ۳ و ۶ در هزار عناصر آهن، روی و منگنز و در مجموع ۱۵ تیمار بود. محلول پاشی عناصر ریزمغذی در دو مرحله ساقه دهی و گل دهی انجام گرفت. نتایج جدول مقایسه میانگین‌ها نشان داد که بیشترین وزن هزار دانه و عملکرد دانه را تیمار محلول پاشی آهن+روی ۳ در هزار داشت و بیشترین تعداد گل آذین مربوط به تیمار محلول پاشی روی+منگنز ۳ در هزار بود. تیمار محلول پاشی آهن+روی+منگنز ۳ در هزار بیشترین تأثیر را در محتوای کلروفیل برگ و آنتوسیانین گل داشت. تیمار محلول پاشی آهن+منگنز ۶ در هزار بیشترین تأثیر را روی درصد روغن بذر داشت و تیمار محلول پاشی آهن+منگنز ۳ در هزار بیشترین تأثیر را در میزان آنزیم پراکسیداز نشان داد. در مجموع نتایج حاصل از این پژوهش نشان داد که کاربرد محلول پاشی عناصر ریزمغذی آهن، روی و منگنز تأثیر کاملاً معنی داری روی صفاتی مانند عملکرد دانه، درصد روغن، وزن هزار دانه، محتوای کلروفیل و آنتوسیانین داشت.

واژه‌های کلیدی: روغن بذر، عناصر کم مصرف، کلروفیل، گیاهان دارویی

خیری، ع.، م. ویسی و م. ثانی خانی. ۱۳۹۶. تأثیر عناصر ریزمغذی آهن، روی و منگنز بر برخی خصوصیات گیاه دارویی گل گاوزبان باغی. مجله اکوفیزیولوژی گیاهی. ۲۹: ۱۹۴-۱۸۳.

۱- استادیار گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زنجان، زنجان، ایران- مسئول مکاتبات. پست الکترونیک: kheiry@znu.ac.ir

۲- دانش آموخته کارشناسی ارشد باغبانی گرایش گیاهان دارویی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زنجان، زنجان، ایران

۳- استادیار گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زنجان، زنجان، ایران

مقدمه

گیاه دارویی گاوزبان باغی (*Borago officinalis* L.) از خانواده Boraginaceae، گیاهی یک‌ساله و علفی بومی اروپا و آفریقای شمالی و آسیای صغیر است که امروزه در تعدادی از کشورهای از جمله ایران کشت می‌شود (نقدی بادی و همکاران، ۲۰۰۸). گاوزبان باغی گیاهی روزبلند، ساقه آن مستقیم و منشعب و اغلب توخالی و پوشیده از تارهای خشن است. برگ‌های آن منفرد و ساده بوده که برگ‌های پایینی دارای دمبرگ و برگ‌های بالایی فاقد دمبرگ می‌باشند. برگ‌ها پوشیده از کرک‌های خشن است (یزدانی و همکاران، ۲۰۰۴). دانه‌های گاوزبان شامل میزان بالایی از روغن و پروتئین خام است. گاوزبان در طب سنتی برای درمان التهاب و آماس، سرفه‌ها و دیگر مشکلات تنفسی کاربرد دارد. همچنین بررسی‌ها نشان داده که روغن گاوزبان برای درمان ورم مفاصل روماتیسمی مفید است (کاست، ۲۰۰۱). روغن بذر گاوزبان غنی‌ترین منبع گیاهی گامالینولیک اسید است. گامالینولیک اسید یکی از اسیدهای چرب نادر در گیاهان است که عموماً به‌عنوان مکمل‌های غذایی و دارویی برای درمان بیماری‌های قلبی، دیابت و ورم مفاصل و بسیاری از بیماری‌های دیگر استفاده می‌شود (الحفید و همکاران، ۲۰۰۲).

یکی از روش‌های تأمین نیاز گیاه به عناصر غذایی، تغذیه برگی است. در این روش عناصر مورد نیاز گیاه به‌سرعت و با کارایی بالا در اختیار گیاه قرار می‌گیرد. کاهش مصرف کودهای شیمیایی و پیامدهای زیست‌محیطی ناشی از آن از جمله ویژگی‌های این روش هستند (ملکوتی و تهرانی، ۱۳۸۴؛ خوش‌گفتار منش، ۱۳۸۶). کمبود آهن موجب کاهش میزان کلروفیل و تشدید کلروز در گیاه می‌شود و از طریق افزایش تعداد و توسعه سطح برگ، مشارکت در فتوسنتز، افزایش ماده خشک گیاه زمینه تشکیل و توسعه اجزای عملکرد و در نتیجه عملکرد دانه را فراهم می‌آورد (پیتو و همکاران، ۲۰۰۵). روی در بسیاری از سیستم‌های آنزیمی گیاه نقش کاتالیزوری، فعال‌کننده و یا ساختمانی دارد و همچنین در ساخته شدن و تجزیه پروتئین‌ها نیز دخالت می‌نماید. گیاهان مبتلا به کمبود این عنصر از نظر فاکتورهای تنظیم‌کننده رشد نیز دچار کمبود می‌گردند (سرمد نیا و کوچکی، ۱۳۷۶). منگنز به‌طور غیرمستقیم در تشکیل و ساخت کلروفیل نقش دارد، این عنصر از اجزای تشکیل دهنده آنزیم‌های تنفسی می‌باشد. همچنین منگنز در فعال سازی واکنش‌های متابولیکی مهم در گیاهان، تسریع در جوانه‌زنی و رسیدگی گیاه، افزایش قابلیت دسترسی به فسفر و کلسیم، شرکت در واکنش‌های اکسیداسیون و احیا سیستم‌های

انتقال الکترون، جزء ساختمانی متالوپروتئین‌ها، کمک به متابولیسم آهن اسمیلاسیون نیترات، افزایش مقاومت گیاهان به امراض و بیماری‌ها و در تثبیت نیتروژن در لگومینوزها نقش مهمی را بر عهده دارد (فاگریا، ۲۰۰۹). آهن، منگنز و روی از جمله عناصر ضروری مورد نیاز گیاهان می‌باشد که کمبود هر یک به شدت عملکرد گیاهان را کاهش می‌دهد و حتی باعث مرگ گیاه می‌شود. کمبود عناصر غذایی می‌تواند به‌شدت عملکرد و بازده اقتصادی گیاهان زراعی را کاهش دهد (منکیر، ۲۰۰۸). با مصرف ریزمغذی‌ها در خاک‌های آهکی، افزایش عملکرد در دانه‌های روغنی مشاهده شده و واکنش نسبت به مصرف کودهای روی، آهن، منگنز و بر بیش‌تر از بقیه بوده است (مرشدی و همکاران، ۱۳۷۹). محلول‌پاشی گشیز با روی و آهن در مراحل رشد رویشی و گلدهی و تشکیل میوه سبب افزایش معنی‌دار وزن تر و خشک ساقه و عملکرد دانه گردید و کاربرد توأم آهن و روی نقش بیشتری بر این افزایش داشت (سید الاهل و عمر، ۲۰۰۹). محلول‌پاشی منگنز به‌طور معنی‌داری عملکرد دانه گلرنگ را از طریق افزایش تعداد دانه در بوته، افزایش داد (لویس و فارلانه، ۱۹۸۶). در مطالعه‌ای روی گیاه گل‌گاوزبان باغی، عناصر ریزمغذی آهن، روی، مس و منگنز اثر قابل توجهی بر روی اسانس، کارتنوئید، فلاونوئید، وزن تر و خشک‌ریشه، وزن تر و خشک گل و ساقه داشتند (یادگاری، ۲۰۱۳). محلول‌پاشی عناصر ریزمغذی آهن، روی و منگنز سبب افزایش درصد پروتئین، عملکرد علوفه، ارتفاع بوته، تعداد پنجه در بوته و سطح برگ سورگوم گردید (امیدی و همکاران، ۲۰۱۰). لذا با توجه به اهمیت عناصر ریزمغذی در کمیت و کیفیت پیکر رویشی و مواد مؤثره گیاهان دارویی هدف از این پژوهش بررسی تأثیر عناصر ریزمغذی آهن، روی و منگنز بر برخی خصوصیات گیاه دارویی گل‌گاوزبان باغی می‌باشد.

مواد و روش‌ها

این پژوهش در سال ۱۳۹۴ در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه زنجان در عرض جغرافیایی ۳۵ درجه و ۲۵ دقیقه تا ۳۷ درجه و ۱۵ دقیقه شمالی و در طول جغرافیایی ۴۷ درجه و ۱ دقیقه تا ۴۹ درجه و ۵۲ دقیقه شرقی با ارتفاع ۱۶۶۳ متر از سطح دریا انجام گرفت. کارهای آزمایشگاهی مربوط به پژوهش مانند استخراج روغن و اندازه‌گیری میزان آنتوسیانین و ... در آزمایشگاه علوم باغبانی دانشکده کشاورزی دانشگاه زنجان انجام شد.

جدول ۱- خصوصیات خاک محل اجرای آزمایش

آهن (mg.kg ⁻¹)	روی (mg.kg ⁻¹)	منگنز (mg.kg ⁻¹)	پتاسیم (mg.kg ⁻¹)	فسفر (mg.kg ⁻¹)	نیترژن (%)	آهک کل (%)	اسیدیته (pH)	هدایت الکتریکی (ds.m ⁻¹)	آلی (%)
۱/۸	۰/۳۲	۶/۱	۱۵۴	۴/۶	۰/۰۸	۷/۲	۸/۲۸	۱/۱۲	۱/۱۸

برای تعیین درصد روغن بذور ابتدا ۱۰ گرم از بذر هر نمونه با استفاده از آسیاب خرد شد و با مقدار ۳۰ میلی لیتر هگزان نرمال درون ستون های دستگاه سوکسله (مدل پکو) به مدت ۴ ساعت قرار داده شد. سپس حلال هگزان از نمونه های حاصل که حاوی روغن بذر و هگزان نرمال بودند توسط دستگاه روتاری روغن بذور استخراج شد (اوکویچه و همکاران، ۲۰۰۸). برای اندازه گیری آنزیم پراکسیداز با پیپت سه میلی لیتر از محلول بافر، ۰/۰۵ میلی لیتر از محلول گایاکول، ۰/۱ میلی لیتر عصاره آنزیم و ۰/۰۳ میلی لیتر محلول پراکسید هیدروژن برداشته و در کووت^۱ ریخته شد. سپس کووت در اسپکتوفتومتر قرار داده شد؛ و با اسپکتروفتومتر در طول موج ۴۳۶ نانومتر طی سه دقیقه و هر ۳۰ ثانیه میزان جذب اندازه گیری شد. سپس میزان آنزیم پراکسیداز برای هر نمونه با استفاده از فرمول زیر اندازه گیری شد (پوتر، ۱۹۷۴).

(فرمول ۱) ۳ دقیقه / ضریب خاموشی گایاکول × (میانگین

جذب در ۳ دقیقه) = میزان آنزیم

۶/۳۹ در هر میکرومول = ضریب خاموشی گایاکول

برای اندازه گیری آنتوسیانین گل ها از روش متانول اسیدی استفاده شد. در ابتدا ۰/۱ گرم از گل در داخل هاون کاملاً خرد شد. سپس یک میلی لیتر اسید کلریدریک با ۹۹ میلی لیتر متانول مخلوط شد. در ادامه ۱۰ میلی لیتر متانول اسیدی به نمونه خرد شده درون هاون اضافه شد و عمل سائیدن انجام گرفت. عصاره حاصل به مدت ۲۴ ساعت در محل تاریک با دمای چهار درجه سلسیوس قرار گرفت. سپس عصاره به مدت ۱۰ دقیقه در ۴۰۰۰ دور سانتیفریوژ گردید. محلول رویی به لوله آزمایش جدیدی منتقل شد و در نهایت جذب محلول به وسیله دستگاه اسپکتروفتومتر در طول موج ۵۵۰ نانومتر قرائت شد؛ و با استفاده از فرمول مقدار آنتوسیانین برحسب میلی گرم بر گرم برای هر نمونه به دست آمد (واگنر، ۱۹۷۹).

(فرمول ۲) $A=qbc$

q: ضریب خاموشی معادل ۳۳۰۰۰ مول بر سانتی متر

b: عرض کویت برابر یک سانتی متر

C: مقدار آنتوسیانین برحسب میلی گرم بر گرم

در این آزمایش تأثیر محلول پاشی با عناصر آهن از منبع سولفات آهن (۲۵ درصد)، روی از منبع سولفات روی (۳۳ درصد) و منگنز از منبع سولفات منگنز (۳۰ درصد) در ۳ سطح صفر (شاهد)، ۳ و ۶ در هزار با توجه به تأثیر مثبت محلول پاشی در این سطوح (حسنی و همکاران، ۱۳۹۱) انجام گرفت. تیمارها به صورت شاهد، آهن ۳ در هزار، آهن ۶ در هزار، روی ۳ در هزار، روی ۶ در هزار، منگنز ۳ در هزار، منگنز ۶ در هزار، آهن+روی ۳ در هزار، آهن+روی ۶ در هزار، آهن+منگنز ۳ در هزار، آهن+منگنز ۶ در هزار، روی+منگنز ۳ در هزار، روی+منگنز ۶ در هزار و آهن+روی+منگنز ۳ در هزار و آهن+روی+منگنز ۶ در هزار بود. آزمایش در قالب طرح بلوک کامل تصادفی در ۱۵ تیمار و سه تکرار و در مجموع ۴۵ واحد آزمایشی (کرت) انجام گرفت. بذور در سینی های نشاء با بستر کشت کوکوپیت و پرلیت در محیط گلخانه کشت و پس از ۳۰ روز به زمین اصلی منتقل شدند. محلول پاشی عناصر ریزمغذی در دو مرحله ساقه دهی و گلدهی بر روی اندام هوایی گیاه با توجه به تأثیر مثبت محلول پاشی در این دو مرحله (کمرکی و گلوی، ۱۳۹۱؛ مرشدی و نقیبی، ۱۳۸۳) انجام شد. در ادامه صفات تعداد گل آذین، وزن هزار دانه، کلروفیل برگ، درصد روغن بذر، آنزیم پراکسیداز و آنتوسیانین گل اندازه گیری شد. کلروفیل برگ به روش غیر تخریبی توسط دستگاه کلروفیل متر SPAD-502 انجام گرفت. برای برآورد کلروفیل برگ از کلروفیل سنج استفاده شد. کلروفیل سنج ها این امکان را به ما می دهند که با سرعت و بدون تخریب بافت گیاهی، محتوای کلروفیل آنها را برآورد کنیم. اصول اندازه گیری بر اساس اندازه گیری عبور طول موج های محدوده نور قرمز ۶۵۰ نانومتر و مادون قرمز ۹۵۰ نانومتر از برگ استوار است. کلروفیل نور قرمز را جذب می کند اما نور مادون قرمز را از خود عبور می دهد. بر اساس اختلاف بین میزان عبور نور در محدوده این دو طول موج، دستگاه یک عدد (SPAD) را که کاملاً همبستگی نزدیکی با مقدار کلروفیل دارد محاسبه می کند باید توجه داشت که عدد SPAD به هیچ عنوان مقدار کلروفیل را مشخص نمی کند بلکه تخمینی از غلظت کلروفیل را نشان می دهد. این عدد همبستگی بالایی با مقدار کلروفیل برگ دارد (هول و سولانگ، ۱۹۹۸).

شکل‌گیری اندام‌های جنسی نر و ماده و فرایند گرده افشانی بر اثر کمبود روی، مختل می‌شود. روی در ساختار آنزیم‌هایی که ساخت تریپتوفان را بر عهده دارند، دخیل است. این ماده پیش نیاز تولید اکسین است که سبب تولید گرده می‌شود. روی همچنین سبب افزایش تولید اتیلن می‌شود که این هورمون نیز سبب گلدهی می‌شود (سریواستاوا و همکاران، ۱۹۹۷). منگنز در فعال سازی آنزیم‌های متعددی نقش دارد و همچنین بر سنتز هورمون اکسین، تقسیم سلولی و باروری گیاه نقش دارد (سیاری زاهان و همکاران، ۲۰۰۹). آهن نیز یک عنصر کم‌مصرف مورد استفاده گیاه است که برای تشکیل کلروفیل و فتوسنتز آن ضروری است. بنابراین از طریق افزایش تولید اسیمیلات به طور غیر مستقیم می‌تواند در افزایش تولید گل در گیاه ایفای نقش کند. کمبود آهن از نظر اقتصادی برای گیاه بسیار مهم است زیرا کمیت و کیفیت محصول بدون وجود آهن ممکن است به شدت کاهش یابد (مان و استابا، ۱۹۸۶). محلول‌پاشی آهن و روی باعث افزایش معنی‌دار عملکرد آفتابگردان شد (راوی و همکاران، ۲۰۰۸).

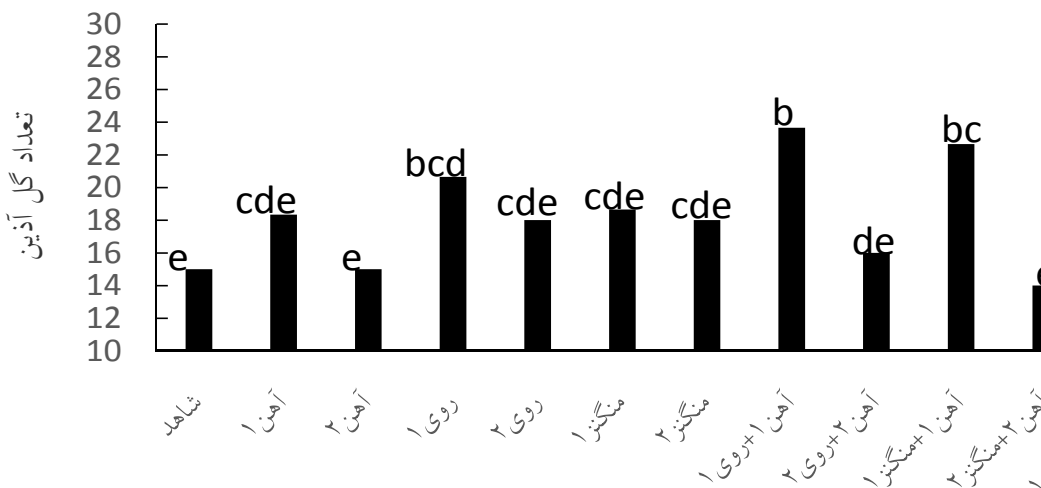
A: مقدار جذب

تجزیه واریانس داده‌ها با استفاده از برنامه SAS و مقایسه میانگین تیمارها با آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد انجام شد. همچنین شکل‌ها با استفاده از نرم‌افزار Exel رسم شد.

نتایج و بحث

تعداد گل آذین

بر طبق نتایج تجزیه واریانس تعداد گل آذین در بوته به طور معنی داری ($p \leq 0/01$) تحت تأثیر محلول‌پاشی با آهن، روی و منگنز قرار گرفت (جدول ۲). بیشترین تعداد گل آذین را تیمار روی+منگنز ۳ در هزار (۲۸ عدد) داشت و کمترین تعداد گل آذین مربوط به تیمارهای آهن+منگنز ۶ در هزار (۱۴ عدد)، شاهد (۱۵ عدد) بود که معادل ۵۰ درصد افزایش تعداد گل آذین نسبت به تیمار شاهد نشان داد (شکل ۱). محلول‌پاشی روی، منگنز و آهن در این آزمایش موجب بهبود جذب و تأمین این عناصر برای گیاه شده است. بر اساس نتایج تحقیقات مختلف،



شکل ۱- مقایسه میانگین تعداد گل آذین بوته‌های گل گاوزبان باغی تحت تأثیر تیمارهای محلول‌پاشی آهن، روی و منگنز. سطوح ۱ عناصر بیانگر غلظت ۳ در هزار و سطوح ۲ عناصر بیانگر غلظت ۶ در هزار می‌باشد

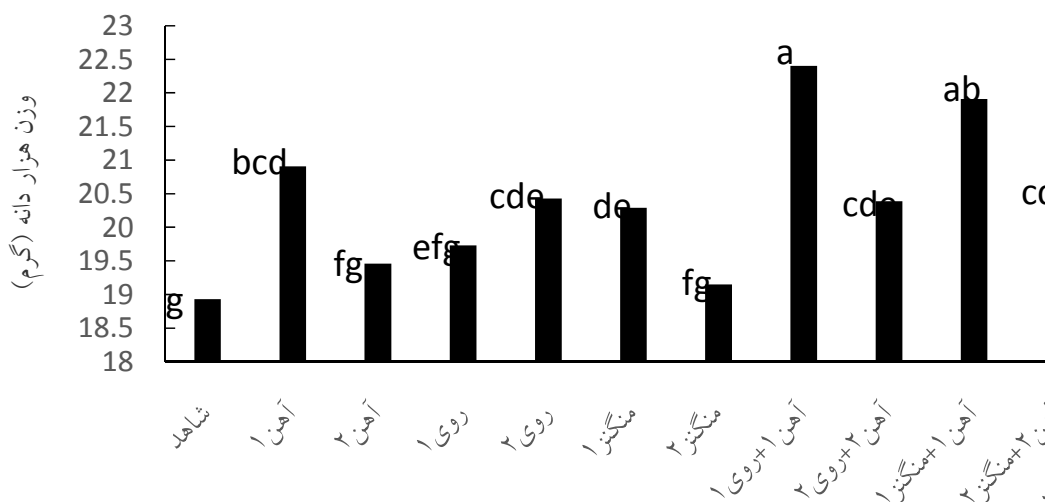
وزن هزار دانه

تأثیر محلول‌پاشی با آهن، روی و منگنز بر وزن هزار دانه در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۲). بیشترین وزن هزار دانه از محلول‌پاشی با تیمار آهن+روی ۳ در هزار (۲۲/۴ گرم) و کمترین وزن هزار دانه مربوط به تیمار شاهد (۱۸/۹۳)

گرم) بود (شکل ۲) که برابر ۱۵/۴۹ درصد افزایش وزن هزار دانه را نسبت به تیمار شاهد نشان داد. مشخص شده است که روی و آهن با تأثیر بر میزان کلروفیل برگ‌ها و افزایش سنتز ایندول استیک اسید باعث تأخیر در پیری گیاه و در نتیجه طولانی شدن دوره فتوسنتز می‌شوند. این امر باعث بهبود تولید کربوهیدرات‌ها

ریزمغذی با تأثیر بر جذب عناصر غذایی اصلی مانند نیتروژن، فسفر و پتاسیم باعث افزایش مواد فتوسنتزی می‌گردد که آن هم باعث ذخیره بیشتر مواد غذایی و در نتیجه افزایش وزن هزار دانه گیاه می‌گردد. همچنین وجود مواد ریزمغذی باعث افزایش فعالیت برخی از آنزیم‌ها و همچنین افزایش غلظت فتوسنتز و دوام سطح برگ و در نتیجه مقدار فتوسنتز گیاه می‌گردد که این عوامل می‌تواند در ذخیره سازی مواد فتوسنتزی در دانه تأثیرگذار باشد (رحیمی و همکاران، ۱۳۸۲).

و انتقال آن‌ها به گل‌آذین‌ها و دانه‌های در حال رشد می‌شوند. در نتیجه رقابت بین دانه‌های در حال شکل‌گیری برای دسترسی به مواد غذایی کاهش می‌یابد. در کل مجموعه این عوامل می‌تواند در افزایش وزن هزار دانه گل‌گاوزبان تحت تأثیر محلول‌پاشی تیمار آهن+روی ۳ در هزار مؤثر باشند. نتایج این آزمایش با نتایج سایر تحقیقات مبنی بر افزایش وزن هزار دانه تحت تأثیر محلول‌پاشی با عناصر ریزمغذی از جمله آهن و روی مطابقت داشت (رحیمی و همکاران، ۱۳۸۲). محلول‌پاشی عناصر

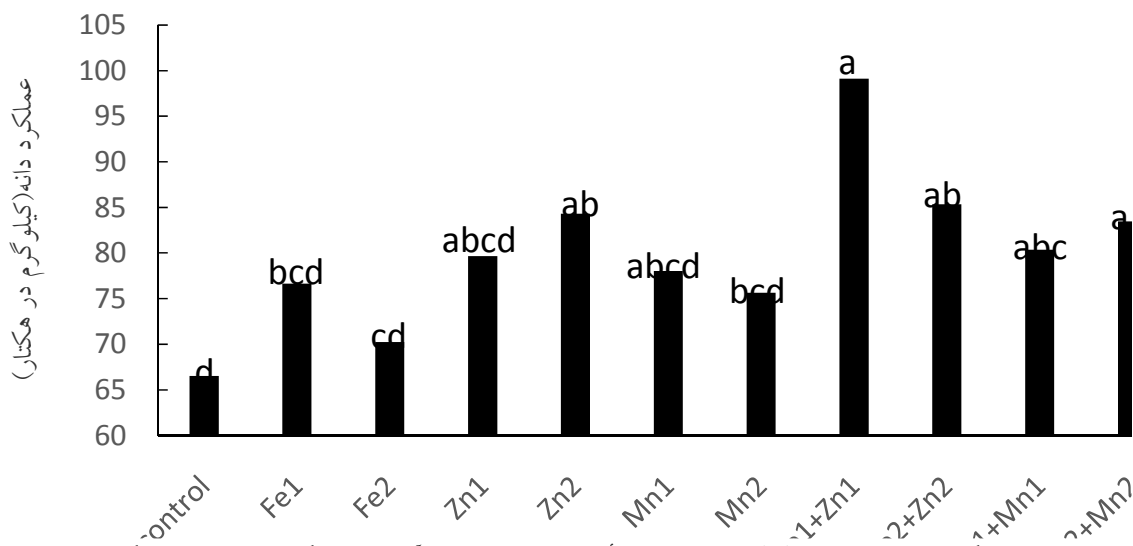


شکل ۲- مقایسه میانگین وزن هزار دانه بوته‌های گل‌گاوزبان باغی تحت تأثیر تیمارهای محلول‌پاشی آهن، روی و منگنز. سطوح ۱ عناصر بیانگر غلظت ۳ در هزار و سطوح ۲ عناصر بیانگر غلظت ۶ در هزار می‌باشد

عملکرد دانه

با تأثیر در فتوسنتز باعث افزایش کربوهیدرات‌ها می‌شود و از آنجا که در پایان ذخیره این مواد در دانه صورت می‌گیرد می‌توان اظهار نمود که محلول پاشی آهن سبب افزایش عملکرد دانه می‌گردد (رامش و همکاران، ۱۹۹۹). با اعمال تیمار سولفات آهن و روی بر گیاه ذرت و دخالت مستقیم آن در سیستم فتوسنتزی، افزایش آسمیلات و کربوهیدرات و در نهایت افزایش درصد روغن، وزن هزار دانه و عملکرد دانه را ایجاد می‌کنند (ضیائی‌ان و ملکوتی، ۱۳۷۹). تامین عناصر مغذی به ویژه روی، آهن و منگنز عملکرد دانه را به طور معنی داری افزایش داد (ویسوا و همکاران، ۲۰۰۸).

بر طبق نتایج تجزیه واریانس عملکرد دانه به‌طور معنی داری ($p \leq 0/01$) تحت تأثیر محلول‌پاشی با آهن، روی و منگنز قرار گرفت (جدول ۲). بیشترین عملکرد دانه را تیمارهای آهن+روی ۳ در هزار (۹۹/۱۱ کیلوگرم در هکتار)، آهن+روی+منگنز ۳ در هزار (۹۷/۴۴ کیلوگرم در هکتار) داشتند و کمترین عملکرد دانه مربوط به تیمار شاهد (۶۶/۵۳ کیلوگرم در هکتار) بود (شکل ۳) که معادل ۳۲/۸۷ درصد افزایش عملکرد دانه نسبت به تیمار شاهد نشان داد. عملکرد دانه تابع اجزاء عملکرد شامل تعداد طبق بارور، تعداد دانه در بوته و وزن هزاردانه می‌باشد و تغییر در هر یک از اجزاء سبب تغییر در عملکرد خواهد شد. آهن



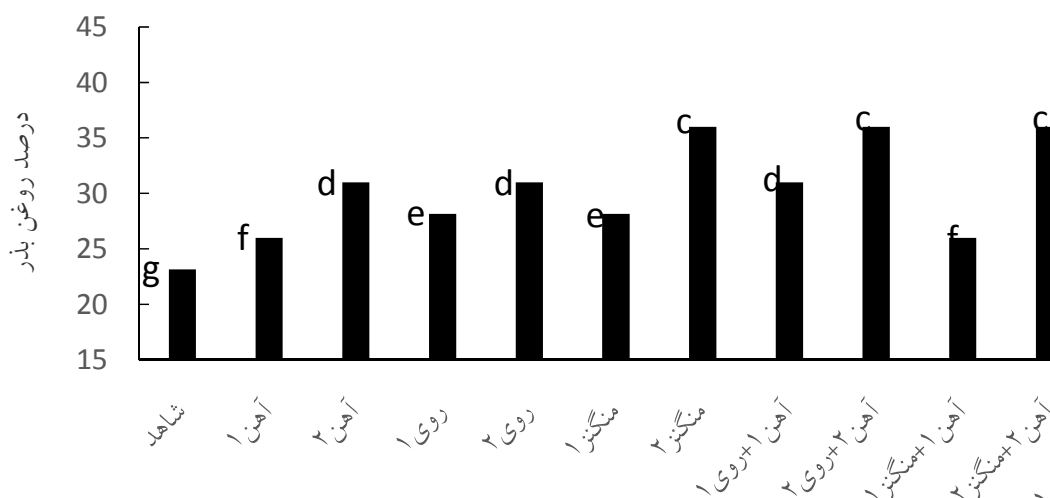
شکل ۳- مقایسه میانگین عملکرد دانه بوته‌های گل گاوزبان باغی تحت تأثیر تیمارهای محلول‌پاشی آهن، روی و منگنز. سطوح ۱ عناصر بیانگر غلظت ۳ در هزار و سطوح ۲ عناصر بیانگر غلظت ۶ در هزار می‌باشد

درصد روغن

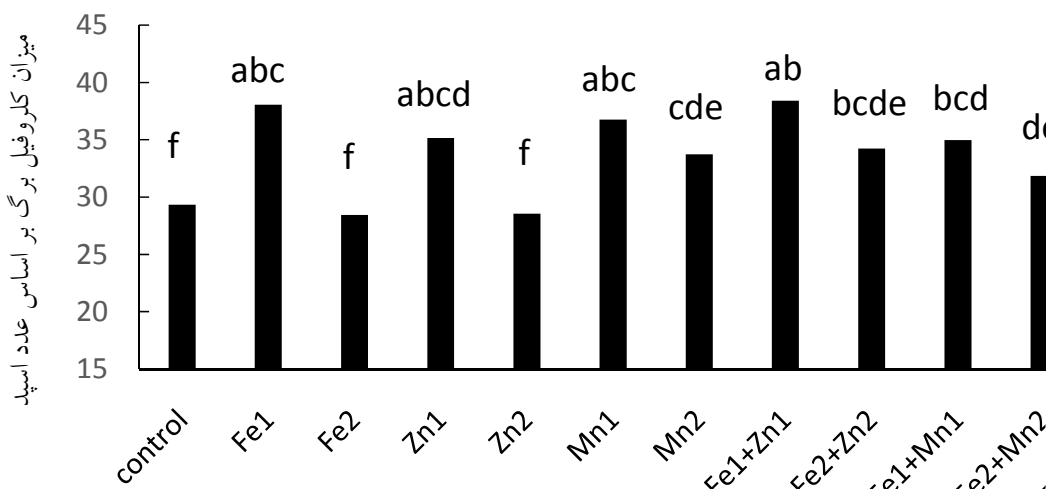
بر اساس نتایج تجزیه واریانس درصد روغن به طور معنی‌داری ($p \leq 0/01$) تحت تأثیر محلول‌پاشی با منگنز، روی و آهن قرار گرفت (جدول ۲). بیشترین میزان درصد روغن را تیمار روی+منگنز ۶ در هزار (۴۱ درصد) داشت، کمترین میزان درصد روغن مربوط به تیمار شاهد (شکل ۴) که معادل ۴۳/۵۱ درصد افزایش درصد روغن، نسبت به تیمار شاهد، نشان داد. در صورتی‌که گیاه با کمبود منگنز مواجه شود، میزان اسیدهای چرب به میزان ۵۰ درصد کاهش می‌یابد که این کاهش مربوط به بیوستز اسیدهای چرب و کاتنولیدها می‌باشد (کنستانتوپولوس، ۱۹۷۰). منگنز باعث افزایش سنتز اسیدهای چرب می‌شود (بای بوردی و ملکوتی، ۱۳۸۲). محلول‌پاشی روی سبب افزایش درصد روغن بوته‌های کلزا شد (مرشدی و همکاران، ۱۳۷۹). محلول‌پاشی روی تأثیر معنی‌داری بر روی افزایش درصد روغن دانه کلزا داشت (مرشدی و نقیبی، ۱۳۸۳). عناصر آهن و روی سبب افزایش درصد روغن دانه ذرت سینگل کراس ۲۶۰ شد (گودرزی و همکاران، ۱۳۹۳). عناصر ریزمغذی تأثیر بسزایی در افزایش درصد روغن آفتابگردان دارند (سرکار و ساسمال، ۱۹۹۸).

کلریل برگ

بر اساس نتایج تجزیه واریانس عدد اسپد کلروفیل برگ به طور معنی‌داری ($p \leq 0/01$) تحت تأثیر کاربرد محلول‌پاشی با آهن، روی و منگنز قرار گرفت (جدول ۲). بیشترین میزان کلروفیل برگ از محلول‌پاشی آهن+روی+منگنز ۳ در هزار (۳۹/۶۴) به دست آمد. کمترین مقدار کلروفیل نیز مربوط به تیمار آهن ۶ در هزار (۲۸/۴۴)، روی ۶ در هزار (۲۸/۵۴) و شاهد (۲۹/۳۲) بود (شکل ۵) که برابر ۲۸ درصد افزایش را در تیمار برتر نشان داد. لازم به ذکر است که عدد اسپد به هیچ عنوان مقدار کلروفیل را مشخص نمی‌کند بلکه تخمینی از غلظت کلروفیل را نشان می‌دهد که این عدد همبستگی بالایی با مقدار کلروفیل برگ دارد. افزایش میزان کلروفیل در نتیجه کاربرد آهن، روی و منگنز در تحقیقات دیگر در مورد گیاهان مختلف نیز گزارش شده است (مادی، ۲۰۰۹؛ روستا و حمیدپور، ۲۰۱۰). در اثر کمبود منگنز غلظت کلرفیل و همچنین فتوستنز کاهش می‌یابد (سلیمان پناه و همکاران، ۲۰۰۰). عنصر روی در تقسیم سلولی و متابولیسم RNA نقش دارد. منگنز نیز در فعال سازی آنزیم‌های متعددی نقش دارد و همچنین در تقسیم سلولی تأثیرگذار است. تقسیم سلولی سبب افزایش تعداد سلول‌ها می‌شود که سلول‌های فتوستنز کننده نیز در میان آن‌ها وجود دارد و از این طریق سبب افزایش کلروفیل می‌شود. آهن نیز یک کوفاکتور بسیار مهم در بسیاری از آنزیم‌های بیوشیمیایی است و با اینکه در ساختار کلروفیل وجود ندارد ولی برای ساختن کلروفیل لازم است (مارسچنر، ۱۹۹۳).



شکل ۴- مقایسه میانگین درصد روغن بذر بوته‌های گل‌گاوزبان باغی تحت تأثیر تیمارهای محلول‌پاشی آهن، روی و منگنز. سطوح ۱ عناصر بیانگر غلظت ۳ در هزار و سطوح ۲ عناصر بیانگر غلظت ۶ در هزار می‌باشد



شکل ۵- مقایسه میانگین میزان کلروفیل برگ گاوزبان باغی بر اساس عدد اسپد (SPAD) تحت تأثیر تیمارهای محلول‌پاشی آهن، روی و منگنز. سطوح ۱ عناصر بیانگر غلظت ۳ در هزار و سطوح ۲ عناصر بیانگر غلظت ۶ در هزار می‌باشد

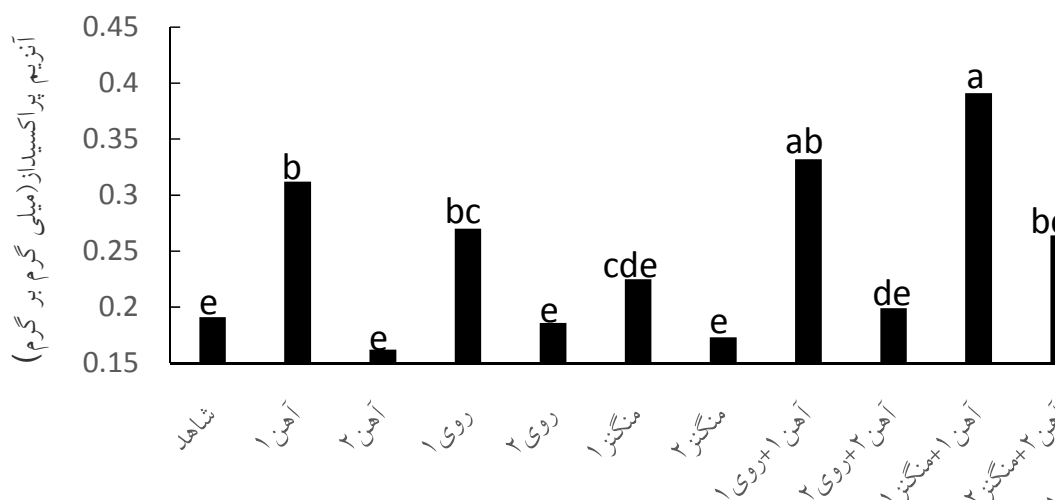
میلی‌گرم بر گرم) نشان داد (شکل ۶) که معادل ۵۸/۵۷ درصد افزایش میزان آنزیم پراکسیداز را در تیمار آهن+منگنز ۳ در هزار نشان داد. یون‌های فلزی همچون آهن، روی، منگنز و گوگرد به عنوان کوفاکتور در ساختمان بسیاری از آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانت مشارکت دارند (بابوردی، ۲۰۰۴). آنزیم‌های کاتالاز، پراکسیداز و آسکوربات پراکسیداز، از مهم‌ترین

آنزیم پراکسیداز

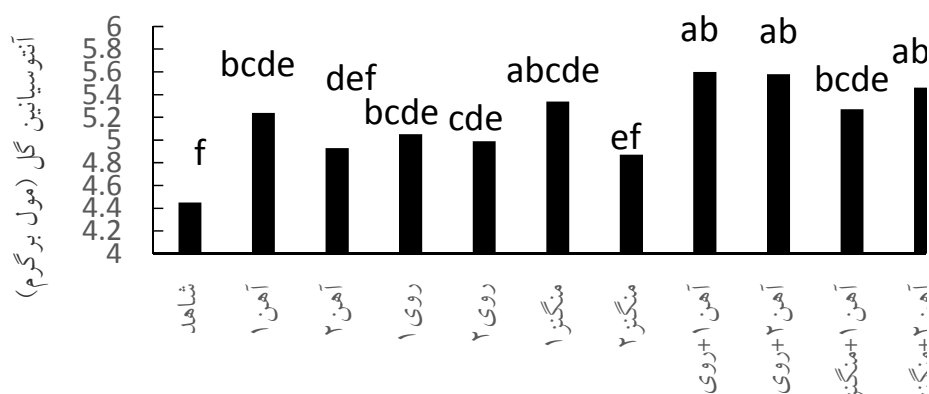
نتایج تجزیه واریانس نشان داد آنزیم پراکسیداز به طور معنی‌داری ($p \leq 0/01$) تحت تأثیر محلول‌پاشی کودهای آهن، روی و منگنز قرار گرفت (جدول ۲). بیشترین میزان آنزیم پراکسیداز را تیمار آهن+منگنز ۳ در هزار (۰/۳۹۱ میلی‌گرم بر گرم) و کمترین میزان پراکسیداز را تیمار آهن ۶ در هزار (۰/۱۶۲

هیدروژن کاهش می‌یابد. بنابراین می‌توان بیان نمود که در گیاهان، مهم‌ترین آنزیم‌های خشتی کننده پراکسید هیدروژن، یعنی کاتالاز، پراکسیداز و آسکوربات پراکسیداز، آنزیم‌های حاوی عنصر آهن هستند (رانیری و همکاران، ۲۰۰۱). نقش آهن تثبیت نیتروژن و فعالیت برخی آنزیم‌ها، نظیر کاتالاز، پراکسیداز و سیتوکروم اکسیداز به خوبی مورد بررسی قرار گرفته است (بلک ریشمن، ۲۰۰۰).

آنزیم‌های خشتی کننده پراکسید هیدروژن در گیاهان هستند، زیرا آن‌ها حاوی آهن هستند و فعالیت آن‌ها احتمالاً تحت تأثیر کمبود آهن قرار می‌گیرد (شیگوکا و همکاران، ۲۰۰۲). گزارش شده است که فعالیت آنزیم پراکسیداز، در شرایط کمبود آهن کاهش می‌یابد (سون و همکاران، ۲۰۰۷). میزان فعالیت ایزوآنزیم‌های پراکسیداز در برگ‌های سویا و آفتابگردان در محلول غذایی فاقد آهن در فرآیند خشتی سازی پراکسید



شکل ۶- مقایسه میانگین آنزیم پراکسیداز (میلی‌گرم بر گرم وزن تر) بوته‌های گاوزبان باغی تحت تأثیر تیمارهای محلول‌پاشی آهن، روی و منگنز. سطوح ۱ عناصر بیانگر غلظت ۳ در هزار و سطوح ۲ عناصر بیانگر غلظت ۶ در هزار می‌باشد



شکل ۷- مقایسه میانگین آنتوسیانین گل بوته‌های گل گاوزبان باغی تحت تأثیر تیمارهای محلول‌پاشی آهن، روی و منگنز. سطوح ۱ عناصر بیانگر غلظت ۳ در هزار و سطوح ۲ عناصر بیانگر غلظت ۶ در هزار می‌باشد

آنتوسیانین گل

فلاونوئید باعث افزایش آنتوسیانین می‌شود. منگنز نقش بسیار مهمی در تولید فلاونوئیدها دارد. محلول‌پاشی آهن، روی و منگنز باعث افزایش فلاونوئید در گیاه گل‌گاوزبان باغی شد (یادگاری، ۲۰۱۳).

محلول‌پاشی آهن و روی سبب افزایش فلاونوئید در گیاه همیشه بهار شد (یادگاری و علاییان، ۱۳۹۱). منگنز باعث افزایش آنتوسیانین در شاهی شد (هاشمی و همکاران، ۱۳۸۹). محلول‌پاشی تیمار ترکیبی سولفات آهن، سولفات روی و سولفات منگنز سبب افزایش آنتوسیانین در گیاه دارویی آویشن باغی شد (سیادت پور، ۱۳۹۱).

نتایج تجزیه واریانس نشان داد آنتوسیانین گل به طور معنی‌داری ($p \leq 0/01$) تحت تأثیر محلول‌پاشی کودهای آهن، روی و منگنز قرار گرفت (جدول ۲). بیشترین میزان آنتوسیانین گل را تیمار آهن+روی+منگنز ۳ در هزار (۵/۸۵ مول بر گرم) داشت و کمترین میزان آنتوسیانین گل مربوط به تیمار شاهد (۴/۴۵ مول بر گرم) بود (شکل ۷) که برابر ۲۳/۹۳ درصد افزایش در میزان آنتوسیانین گل نسبت به تیمار شاهد را نشان داد. عناصر ریزمغذی مانند روی و آهن نقش مؤثر در حفظ آنتی‌اکسیدان‌ها و به دنبال آن افزایش میزان آنتوسیانین دارند. آنتوسیانین از رنگریزه‌های فلاونوئیدی می‌باشد در نتیجه افزایش

جدول ۲- تجزیه واریانس برخی صفات بوته‌های گل‌گاوزبان باغی تحت تأثیر محلول‌پاشی عناصر آهن، روی و منگنز.

منابع تغییر	درجه آزادی	تعداد گل‌آذین	وزن هزار دانه	درصد روغن بذر	میزان کروئیل برگ	میزان آنزیم پراکسیداز گل	میزان آنتوسیانین	عملکرد دانه	میانگین مربعات	
									میزان	میزان
بلوک	۲	۵۴/۴۴	۱۱/۸۹	۱۲/۶۳	۳۰/۲۷	۰/۰۰۲	۰/۲۵۶	۶۸۲۰/۲		
تیمار	۱۴	**۶۲۹/۶۴	**۳/۰۹	**۷۷/۰۴	**۴۲/۸۴	**۰/۰۱۴	**۰/۳۷۶	۱۵۲۱۵۷/۷**		
اشتباه آزمایشی	۲۸	۶/۶۷	۰/۳۷۱	۰/۰۱۹	۵/۶۴	۰/۰۰۱	۰/۰۸۵	۱۰۵۶		
ضریب تغییرات (%)		۱۳/۶۱	۲/۹۶	۰/۴۴۸	۶/۹۴	۱۴/۷۷	۵/۵۵	۲/۴۱		

** معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد را نشان می‌دهد

نتیجه‌گیری

داشت و تیمار محلول‌پاشی آهن+منگنز ۳ در هزار بیشترین تأثیر را در میزان آنزیم پراکسیداز نشان داد. در مجموع توجه به نتایج به‌دست‌آمده می‌توان گفت که کاربرد محلول‌پاشی عناصر ریزمغذی آهن، روی و منگنز تأثیر کاملاً معنی‌داری روی صفاتی مانند درصد روغن، وزن هزار دانه، عملکرد دانه، میزان کلروفیل برگ و آنتوسیانین گل‌ها داشت.

در این پژوهش تیمار محلول‌پاشی آهن+روی+منگنز ۳ در هزار بیشترین تأثیر را روی کلروفیل برگ و آنتوسیانین گل داشت. بیشترین وزن هزار دانه و عملکرد دانه را تیمار محلول‌پاشی آهن+روی ۳ در هزار داشت و بیشترین تعداد گل‌آذین مربوط به تیمار محلول‌پاشی روی+منگنز ۳ در هزار بود. تیمار محلول‌پاشی آهن+منگنز ۶ در هزار بیشترین تأثیر را روی درصد روغن بذر

منابع

- حسینی، م.، م. حیدری و م. برزگری. ۱۳۹۱. بررسی اثر کود آهن و گوگرد بر عملکرد و اجزای عملکرد کنگد در شرایط تنش خشکی در گنوند. فصلنامه علمی پژوهشی فیزیولوژی گیاهان زراعی. جلد ۴ شماره ۱۶: ۳۳-۴۲.
- خوش‌گفتار منش، آ. ح. ۱۳۸۶. مبانی تغذیه گیاه. انتشارات دانشگاه صنعتی اصفهان. ۴۶۲ صفحه.

- رحیمی، م.، د. مظاهری و ن. خداینده. ۱۳۸۲. اثر ریزمغذی‌ها بر خصوصیات کمی و کیفی دو رقم آفتابگردان در منطقه ارسنجان. مجله پژوهش و سازندگی در زراعت و باغبانی. جلد ۹۶، شماره ۳: ۱۰۳-۱۱۱.
- سرمد نیا، غ. ح و ع. کوچکی. ۱۳۷۶. فیزیولوژی گیاهان زراعی (ترجمه). انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد. ۴۶۷ صفحه.
- سیادت پور، س. ن. ۱۳۹۱. بررسی تأثیر عناصر ریزمغذی بر عملکرد کمی و کیفی گیاه دارویی آویشن باغی. نشریه علوم باغبانی. جلد ۲۵، شماره ۳: ۲۲-۳۱.
- ضیائی‌ان، ع و م. ج. ملکوتی. ۱۳۷۹. بررسی گلخانه ای اثرات مصرف آهن، منگنز، روی و مس، بر تولید گندم در خاک های شدیداً آهکی استان فارس. تغذیه متعادل گندم. مجموعه مقالات. م. ج. ملکوتی. نشر آموزشی کشاورزی. تهران، ایران.
- کمرکی، ح و م. گلوی. ۱۳۹۱. ارزیابی محلولپاشی عناصر ریزمغذی آهن، بر و روی بر ویژگیهای کمی و کیفی گلرنگ (*Carthamus tinctorius* L.). نشریه بوم شناسی کشاورزی. جلد ۴ شماره ۳: ۲۰۶-۲۰۱.
- گودرزی، ح. پ. کسرایی و ب. زند. ۱۳۹۳. تأثیر غلظت‌های مختلف ریزمغذی‌های آهن و روی بر عملکرد و اجزای عملکرد ذرت سینگل کراس ۲۶۰. مجله پژوهش‌های به زراعی. جلد ۶، شماره ۱: ۶۱-۴۹.
- مرشدی، آ و ح. نقیبی. ۱۳۸۳. بررسی سطوح مختلف محلول‌پاشی مس و روی بر عملکرد و خواص کیفی دانه کلزا، مجله علوم کشاورزی و منابع طبیعی. جلد ۱۱، شماره ۱۵: ۴۳-۲۲.
- مرشدی، آ. ح. رضایی و م. ج. ملکوتی. ۱۳۷۹. چگونگی تأمین نیاز غذایی دانه‌های روغنی وزارت کشاورزی. سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، موسسه آب‌و خاک. نشریه فنی آموزش کشاورزی. جلد ۱۱۵، شماره ۳: ۴۵-۳۷.
- ملکوتی، م. ج و م. م. تهرانی. ۱۳۸۴. نقش ریزمغذی‌ها در افزایش عملکرد و بهبود کیفیت محصولات کشاورزی. عناصر خورد با تأثیر کلان. انتشارات دانشگاه تربیت مدرس. ۳۹۸ صفحه.
- هاشمی، ش. ز. اسرار و ش. پورسیدی. ۱۳۸۹. اثر منگنز بر رشد و برخی از شاخص‌های فیزیولوژیک و بیوشیمیایی در شاهی (*Lepidium sativum* L.). زیست‌شناسی گیاهی. جلد ۲، شماره ۵: ۱۲-۱.
- یادگاری، م و ن. علاییان. ۱۳۹۱. اثرات محلول‌پاشی ریزمغذی‌ها روی برخی صفات عملکردی گیاه همیشه‌بهار (*Calendula officinalis* L.). مجله پژوهش‌های به زراعی. جلد ۴، شماره ۱: ۸۴-۷۵.
- Baybordi, A. 2004. Effect of Fe, Mn, Zn and Cu on the quality and quantity of wheat under salinity stress. J. Water and Soil Sci. 17: 140-150.
- Constanopoulus, G. 1970. Lipid metabolism of manganese deficient algae: I. Effect of manganese deficiency on the greening and the lipid composition of *Euglena gracilis* Z. J. Plant physio. 45: 76-80.
- Fageria, N.K. 2009. The use of nutrients in crop plants. CRC Press, Taylor & Francis Group. J. Plant Nutr. 32: 1044-1064.
- Hafid, E.R., R.E. Blade, S.F. and Y. Hoyano. 2002. Seeding date and nitrogen fertilization effects on the performance of borage (*Borago officinalis* L.). Industrial Crops Produ. J. 16: 193-199.
- Hoel, B.O. and K.A. Solhaug. 1998. Effect of Irradiance on Chlorophyll Estimation with the Minolta SPAD-502 Leaf Chlorophyll Meter. Ann. Bot. 82:389-392.
- Kast RE. 2001. Borage oil reduction of rheumatoid arthritis activity may be mediated by increased cAMP that suppresses tumor necrosis factor-alpha. Int. Immunopharmacology. J. 1: 2197-2199.
- Lewis, D.C. and J.D. McFarlane. 1986. Effect of foliar applied manganese on the growth of safflower (*Carthamus tinctorius* L.) and the diagnosis of manganese deficiency by plant tissue and seed analysis. Aust. J. Agric. Res. 37: 567-572.
- Mann, C. and E.J. Staba. 1986. The chemistry, pharmacology, and commercial formulations of chamomile. In: L.E. Craker and J.E. Simon (eds.). Herbs, Spices, and Medicinal Plants. Recent Adv. Bot. Hort. Pharmacol. 12: 235-280.
- Marschner H. 1993. Zinc up take from soil. In Zinc in soils and plants (Robson A. D., (ed)) Kluwer Academic Publishers Dordrecht, pp. 59-77.
- Menkir, A. 2008. Genetic variation for grain mineral content in tropical-adapted maize inbred lines. Food Chem. 110: 454-464.

- Naghdi Badi, H., A. Sorooshzadeh, Sh. Rezazadeh, M. Sharifi, A. Ghalavand and A. Rezaei. 2008. Evaluation of phytochemical and production potential of borage (*Borago officinalis* L.) during the growth cycle. *J. Medicinal Plants*. 7: 37 - 43.
- Omidi H., Z. Tahmasebi, H. A. Naghdi Badi, H. Torabi, and M. Miransari. 2010. Fatty acid composition of canola (*Brassica napus* L.), as affected by agronomical, genotypic and environmental parameters. *Comptes Rendus Biol*. 333: 248-254.
- Pinto, A., M. Mota, and A. Varennes. 2005. Influence of organic matter on the uptake of zinc, copper and iron by Sorghum plants. *Sci. Total Environ*. 326: 239-247.
- Putter, J. 1974. *Methods of Enzymatic Analysis 2* (Ed Bergmeyer). Academic Press New York, 685 p.
- Ramesh S, Raghbir S, Mohinder S, Sharam R, Singh R and Singh M. 1999. Effect of P, Fe on the yield of sunflower. *Ann. Agric. Res*. 4: 445-450.
- Ranieri, A., A. Castagna., B. Baldan and G. F. Soldatini. 2001. Iron deficiency differently affects peroxidase isoforms in sunflower. *J. Exp. Bot*. 52: 25-35.
- Ravi, S., H.T. Channal, N.S. Hebsur, B.N. Patil and P.R. Dharmatti. 2008. Effect of sulphur, zinc and iron nutrition on growth, yield, nutrient uptake and quality of safflower (*Carthamus tinctorius* L). *Karnataka J. Agric. Sci*. 32: 382-385.
- Roosta, H. R. and M. Hamidpour. 2011. Effects of foliar application of some macro and micro nutrients on tomato plants in aquaponic and hydroponic systems. *Sci. Hort*. 129: 396-402.
- Said-Al Ahl, H.A.H. and E.A. Omer. 2009. Effect of spraying with zinc and / or iron on growth and chemical composition of coriander (*Coriandrum sativum* L.) harvested at three stages of development. *J. Medicinal Food Plants*. 1: 30-46.
- Sarkar, R. K. and T. K. Sasmal. 1998. Effect of micronutrients on physiological parameter in sunflower. *Indian J. Agric. Sci*. 98: 233-240.
- Sayyari-zahan, M.H., U. Singh Sadana, B. Steingrobe and N. Claassen. 2009. Manganese efficiency and manganese-uptake kinetics of Indian mustard (*Brassica juncea*), wheat (*Triticum aestivum*) and oat (*Avena sativa*) grown in nutrient solution and soil. *Plant Nutr. Soil Sci*. 172: 425-434.
- Shigeoka, S., T. Ishikawa., M. Tamoi., Y. Miyagawa., T. Takeda and Y. Yabuta. 2002. Regulation and function of ascorbate peroxidase isoenzymes. *J. Exp. Bot*. 53: 1305-1319.
- Solimanpanah, M., M. A. Mirnia, and A. Araei. 2000. The effect of zinc and manganese on the qualitative and quantitative properties of two wheat cultivars at different levels of phosphorus. *Iranian Congress on Agronomy and Plant Breeding Sci*. 36: 383-391.
- Srivastava, N.K., A. Mirsa and S. Sharma. 1997. Effect of zinc deficiency on net photosynthetic rate, 14C partition, and oil accumulation in leaves of peppermint. *Photosynthetica*. 33: 71-79
- Sun, B., Y. Jing., K. Chen., L. Song., F. Chen and L. Zhang. 2007. Protective effect of nitric oxide on iron deficiency-induced oxidative stress in maize (*Zea mays*). *J. Plant Physiol*. 164: 536-543.
- Uquiche, E., M. Jeréz and J. Ortíz. 2008. Effect of pretreatment with microwaves on mechanical extraction yield and quality of vegetable oil from Chilean hazelnuts. *J. Innovative Food Sci*. 9: 495-500.
- Wagner, G. J. 1979. Content and vacuole/extra vacuole distribution of neutral sugars, free amino acids and anthocyanins in protoplasts. *Plant Physiol*. 64: 88-93.
- Wissuwa, M., A. Ismail and R. Graham. 2008. Rice grain zinc concentrations as affected by genotype native soil zinc availability, and zinc fertilization. *Plant Soil*. 306: 37-48.
- Yadegari, M. 2013. Effect of Foliar Application of Fe, Zn, Cu and Mn on Yield and Essential Oils of *Borago officinalis*. *J. Appl. Sci. Agric*. 8: 568-575.
- Yazdani, D., S. Shahnazi and H. Seifi. 2004. Cultivation of medicinal plants: Applied guide for cultivation of 40 important medicinal plants in Iran. ACECR, Institute of Medicinal Plants. 6: 38-40.

Effect of micro-elements of Fe, Zn and Mn on some characteristics of *Borage (Borago officinalis L.)*

A. kheiry¹, M. Vaisi², M. Sanikhani¹

Received: 2016-1-25 Accepted: 2017-1-19

Abstract

In order to evaluate the effect of micronutrients of iron, zinc and manganese on characteristics of borage, an experiment conducted in the base of randomized complete block design with three replications at University of Zanjan in 2015. Treatments were levels of 0 (control), 3 and 6 per thousand of micronutrients of Fe, Zn and Mn with total of 15 treatments. Foliar micronutrients applied in both stem elongation and flowering stages. Results showed that Highest 1000-seed weight and Seed yield obtained in combination of 3 g/lit iron and zinc (Fe_1+Zn_1) treatment and the highest number of inflorescences were in treatment of zinc and manganese at 3 g/lit (Zn_1+Mn_1). Foliar application of iron, zinc and manganese ($Fe_1+Zn_1+Mn_1$) 3 g/lit, showed the greatest effects on the content of chlorophyll and anthocyanin. Combination of iron and manganese at 6 g/lit (Fe_2+Mn_2) had the greatest impact on seed oil content and foliar application of iron plus manganese 3 g/lit (Fe_1+Mn_1) had the greatest impact on the level of Peroxidase. In conclusion, the results showed that the application of micronutrients of iron, zinc and manganese had significant effects on indices such as: Seed yield, Oil percentage, 1000-seed weight, chlorophyll and anthocyanin content.

Keywords: Chlorophyll, medicinal plant, micronutrients, seed oil

1- Assistant Professor of Department of Horticultural Sciences, College of Agriculture, Zanjan University, Zanjan, Iran

2- Graduated Student, Department of Horticultural Sciences, College of Agriculture, Zanjan University, Zanjan, Iran