



## مصرف عناصر ریزمغذی در چغندر قند (*Beta vulgaris* L.) رقم دوروتی

سعید سلیمانی<sup>۱</sup> و الناز فرج زاده معماری تبریزی<sup>۱\*</sup>

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۵/۶/۲۳

تاریخ بازنگری: ۱۳۹۴/۹/۱۴

تاریخ دریافت: ۱۳۹۴/۲/۱

### چکیده

عناصر ریزمغذی نقش مهمی در تولید و عملکرد گیاهان دارند. این بررسی در مزرعه دانشگاه آزاد اسلامی ملکان با هدف مطالعه تأثیر برخی از عناصر ریزمغذی (آهن، روی و منگنز) با غلظت‌های مختلف در مراحل رشد (۴-۶ برگگی و ۸-۱۰ برگگی) چغندر قند در ۳ تکرار به صورت اسپلیت اسپلیت پلات بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی انجام شد. حداکثر عملکرد ریشه با کاربرد غلظت نه در هزار عناصر غذایی در مرحله ۴-۶ برگگی حاصل گردید. محلول‌پاشی عناصر در هر سه غلظت در مرحله ۸-۱۰ برگگی سبب افزایش معنی‌داری در عملکرد ریشه باعث شدند. کاربرد غلظت شش در هزار این عناصر ریزمغذی، عملکرد ریشه را تا ۱۵/۶ درصد افزایش داد. کاربرد عنصر منگنز تأثیر معنی‌داری بر عملکرد شکر سفید چغندر قند نداشت. از سوی دیگر، کاربرد غلظت نه در هزار عنصر روی افزایشی ۱۶/۴ و کاربرد غلظت‌های شش و نه در هزار عنصر آهن افزایشی به ترتیب ۱۸/۶ و ۳۶ درصدی در عملکرد شکر سفید را باعث گردیدند. درصد عیار قند تحت تأثیر کاربرد عنصر منگنز قرار نگرift ولی کاربرد مقادیر بالای عناصر آهن و روی در مرحله ۸-۱۰ برگگی چغندر قند افزایش معنی‌داری در عیار قند چغندر قند باعث شد. در این مطالعه بیشترین افزایش در عیار قند تحت تأثیر کاربرد غلظت نه در هزار عنصر آهن به دست آمد. با توجه به اهمیت اقتصادی عملکرد شکر سفید و ریشه می‌توان محلول‌پاشی عناصر آهن و روی با غلظت نه در هزار در مرحله ۸-۱۰ برگگی چغندر قند را جهت افزایش تولید مد نظر قرار داد.

**واژگان کلیدی:** چغندر قند، عناصر ریزمغذی، عملکرد ریشه، محلول‌پاشی.

۱- گروه زراعت، واحد ملکان، دانشگاه آزاد اسلامی، ملکان، ایران

\* نگارنده‌ی مسئول

## مقدمه

تولید قند از چغندر قند به دلیل استفاده گسترده در صنایع غذایی از اهمیت بسیار زیادی برخوردار است (Mohammadzadeh and Hatamipour, 2010). چغندر قند دومین گیاه قندی مهم برای تولید شکر در جهان است (Refay, 2010). در گیاهان، کمبود عناصر ریزمغذی منجر به ایجاد محدودیت‌های زیادی در فرآیندهای متابولیکی و فیزیولوژیکی می‌گردد حتی با وجود این که گیاهان به مقادیر پایینی از این کودها نیازمند هستند لذا، به منظور افزایش تولید گیاهان زراعی با کمیت و کیفیت بالا کوددهی عناصر غذایی ریزمغذی ضروری است. آهن به‌عنوان یکی از عناصر غذایی ضروری گیاهان عملکرد و کیفیت گیاهان را با افزایش مقدار کلروفیل و میزان کربوهیدرات‌ها افزایش می‌دهد. همچنین، آهن به‌عنوان گیرنده الکترون و فعال کننده چندین آنزیم انتقال الکترون در فتوسنتز عمل می‌کند (Irmak et al., 2012). آهن نقش ساختاری، عملکردی و تنظیمی بسیار مهمی را در گیاهان بر عهده دارد. این عنصر به‌عنوان کوفاکتور در فعالیت بسیاری از آنزیم‌ها دخالت دارد (Salem and El-Gizawy, 2012). آهن همچنین در تقسیم و تمایز سلول‌های گیاهان نقش مهمی دارد (Moosavi and Ronaghi, 2011).

روی دومین عنصر فلزی فراوان در ارگانسیم‌ها بعد از آهن است. گیاهان عالی معمولاً روی را به صورت دو ظرفیتی جذب می‌کنند که به‌عنوان اجزای فلزی آنزیم‌ها یا بخش ساختاری عملکردی و کوفاکتور بسیاری از آنزیم‌ها عمل می‌کند. روی همچنین برای تولید کلروفیل، عملکرد گرده‌ها، باروری و جوانه‌زنی مورد نیاز است (Prasad et al., 2012). هم‌اکنون خاک‌های دچار کمبود منگنز به‌طور گسترده‌ای در سرتاسر جهان پراکنده شده‌اند (Laszlo, 2008).

عموماً اعتقاد بر این است که اندام‌های گل‌دهنده و تولیدکننده میوه به کمبود منگنز حساس هستند. کمبود منگنز منجر به کاهش باروری دانه‌های گرده و کاهش میزان اسیمیلات‌های انتقال داده شده برای توسعه میوه‌ها و دانه‌ها می‌گردد. منگنز به تشکیل کلروفیل نیز کمک می‌کند لذا کمبود منگنز باعث ایجاد کلروز رگبرگی می‌شود. محلول‌پاشی منگنز عمدتاً برای اصلاح کمبود منگنز در مراحل استقرار گیاهچه‌ها و مرحله تولید مثلی گیاه به کار برده می‌شود (Eleyan et al., 2014). مکی و همکاران (Mekki et al., 2014) تأثیر محلول‌پاشی روی و منگنز را بر رشد و عملکرد چغندر قند بررسی و نشان داد محلول‌پاشی با عناصر روی و منگنز افزایش معنی‌داری را در عیار قند و عملکرد قند و شکر سفید چغندر قند باعث می‌شود. مظلومی و همکاران (Mazlomi et al., 2012) طی پژوهشی بیان کردند که بیشترین افزایش در وزن برگ و اندام‌هوایی در غلظت ۱، ۲ و ۳ گرم در لیتر آهن به‌دست آمد. بیشترین عملکرد تر ریشه (۱۴۰۵۷۱ کیلوگرم در هکتار)، کل بیوماس (۵۳۵۷۶ کیلوگرم در هکتار) و میزان قند (۲۶۹۹۴ کیلوگرم در هکتار) از محلول-پاشی ۲ گرم در لیتر آهن در مرحله ۸۰ درصد پوشش سبز به‌دست آمد. محلول‌پاشی آهن در ۴۰ تا ۸۰ درصدی پوشش زمین منجر به افزایش عملکرد خشک ریشه، بیوماس و عملکرد شکر سفید گردید. مصطفی و همکاران (Moustafa et al., 2011) بیان کردند که کاربرد منگنز، روی و آهن به‌طور معنی‌داری میزان کلروفیل a، b و کاروتنوئیدهای چغندر قند را افزایش می‌دهد. کاربرد عناصر ریزمغذی همچنین میزان نیتروژن را افزایش داد. طول، قطر و وزن تر ریشه، طوقه و عملکرد ریشه نیز به‌طور معنی‌داری

شد. برای اطمینان از سبزشدن در هر محل دو عدد بذر استفاده گردید. اولین آبیاری بلافاصله پس از کاشت و آبیاری‌های بعد با فاصله هر هفت روز یک بار اعمال گردید. پس از ظهور گیاهچه‌ها یک بوته در محل هر کپه نگهداری و بوته اضافی حذف گردید. کودها بر اساس تجزیه خاک و توصیه کودی مورد استفاده گردید. مزرعه در طول آزمایش عاری از علف‌هرز نگه داشته شد. کنترل علف‌های هرز به صورت دستی انجام شد. در طول آزمایش بیماری یا آفت خاصی در مزرعه مشاهده نشد. محلول‌پاشی عناصر ریزمغذی در مرحله ۶-۴ و ۱۰-۸ برگی قبل از طلوع آفتاب با استفاده از سم‌پاش موتوری انجام پذیرفت. جهت تهیه غلظت‌های سه، شش و نه در هزار به ترتیب ۳، ۶ و ۹ گرم عنصر ریزمغذی با یک لیتر آب مخلوط گردید. جهت جذب بهتر مقداری مایع ظرفشویی به محلول غذایی تهیه شده اضافه گردید.

جهت تجزیه خاک محل اجرای طرح یک نمونه خاک از شش نقطه‌ی مزرعه از اعماق صفر تا ۳۰ سانتی‌متری تهیه و به آزمایشگاه ارسال و برخی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی مشخص گردید که نتایج در جدول یک ارائه شده است.

میزان مصرف کودهای نیتروژنه و فسفره به ترتیب ۲۵۰ کیلوگرم و ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار بود. در پاییز پس از زرد شدن برگ‌ها، عملیات برداشت آغاز و پس از حذف ردیف‌های کناری هر کرت تعداد پنج نمونه به‌طور تصادفی از ردیف میانی با حذف ۵/۰ متر از حاشیه‌ها برداشت و به تفکیک هر کرت جهت اندازه‌گیری‌های لازم به آزمایشگاه منتقل و صفات سطح برگ، قطر ریشه، طول ریشه، عملکرد ریشه، عیارقند، عملکرد شکر سفید و بیوماس مورد اندازه‌گیری قرار گرفت.

تحت تأثیر محلول‌پاشی عناصر ریزمغذی افزایش معنی‌داری نشان دادند.

هدف از این مطالعه بررسی تأثیر محلول‌پاشی غلظت‌های مختلف عناصر ریزمغذی روی، آهن و منگنز در مراحل مختلف رشدی بر چغندر قند بود.

### مواد و روش‌ها

این آزمایش در سال زراعی ۱۳۹۳-۱۳۹۲ در مزرعه دانشگاه آزاد اسلامی ملکان اجرا گردید. این محل دارای طول جغرافیایی ۴۲ درجه و ۶ دقیقه‌ی شرقی و عرض جغرافیایی ۳۸ درجه و ۵۸ دقیقه‌ی شمالی با ارتفاع ۱۲۸۵ متر از سطح دریای آزاد است. این آزمایش به‌صورت اسپلیت اسپلیت پلات در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با ۳ تکرار به اجرا درآمد و تعداد ۷۲ کرت با ابعاد ۱۴ در ۵۰ متر مربع و در هر کرت ۸ ردیف کاشت به‌صورت جوی و پشته‌ای به طول ۴ متر و فاصله بین ردیف ۵۰ سانتی‌متر و فواصل روی ردیف‌ها ۵۰ سانتی‌متر از همدیگر با تراکم ۴ بوته در متر مربع تهیه گردید. فاصله بین کرت‌ها یک خط نکاشت و بین هر بلوک یک متر در نظر گرفته شد.

تیمارهای آزمایشی عبارت بودند از عامل اول عنصر ریزمغذی در ۳ سطح (روی، آهن و منگنز) در کرت اصلی، عامل دوم مراحل محلول‌پاشی در دو سطح (محلول‌پاشی در مرحله ۶-۴ و ۱۰-۸ برگی) در کرت‌های فرعی و فاکتور سوم غلظت عناصر ریزمغذی به کار برده شده در چهار سطح (سه، شش و نه در هزار و شاهد) در کرت‌های فرعی فرعی قرار داده شدند. پس از تهیه نقشه کاشت اقدام به عملیات آماده‌سازی زمین و ایجاد جوی و پشته گردید. در اواخر فروردین ماه بذور رقم دوروتی چغندر قند به فاصله ۲۰ سانتی‌متری در محل داغ آب پشته‌هایی که به فاصله ۵۰ سانتی‌متری از هم قرار داشتند در عمق چهار سانتی‌متری پشته به صورت خشکه کاری کاشته

عیار قند، عملکرد ریشه و عملکرد شکر سفید در سطح احتمال یک درصد اثر معنی‌داری داشت. اثر متقابل نوع عنصر ریزمغذی در غلظت، در صفات تعداد برگ و وزن تر در سطح احتمال یک درصد و در صفات طول ریشه، عیار قند و عملکرد شکر سفید در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار بود. اثر متقابل زمان کاربرد عنصر ریزمغذی در غلظت در صفت وزن تر در سطح احتمال یک درصد و در صفات تعداد برگ، طول ریشه، عیار قند و عملکرد ریشه در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار بود. اثر متقابل سه جانبه (نوع عنصر ریزمغذی  $\times$  زمان کاربرد  $\times$  غلظت) در وزن تر و عیار قند در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار بود (جدول ۲).

#### تعداد برگ

مقایسه میانگین‌های تعداد برگ چغندر قند نشان داد که کاربرد عنصر منگنز تأثیری بر تعداد برگ‌های چغندر قند نداشت ولی بسته به غلظت کاربرد عناصر روی و آهن افزایش معنی‌داری در تعداد برگ چغندر قند باعث شدند. کاربرد غلظت‌های سه و نه در هزار روی تأثیری بر تعداد برگ‌های چغندر قند نداشت ولی کاربرد غلظت شش در هزار روی افزایش معنی‌داری را در تعداد برگ‌های چغندر قند باعث شدند. غلظت شش در هزار روی منجر به افزایش ۱۲/۲ درصدی تعداد برگ‌های چغندر قند گردید (جدول ۵). تولید برگ‌ها در چغندر قند وابسته به فعالیت مریستم‌های طوقه است (Tsialtas *et al.*, 2011). بررسی‌ها نشان داده که کاربرد روی فعالیت مریستم‌های تولید کننده برگ‌ها را افزایش می‌دهد و آغازین‌های برگ‌ها دارای مقادیر بالایی از روی هستند (Robinson *et al.*, 2003). لذا، عنصر روی می‌تواند نقش مهمی در افزایش تعداد برگ‌های گیاهان داشته باشد. در این بررسی کاربرد عنصر آهن نیز افزایش معنی‌داری در تعداد برگ‌های چغندر قند داشت.

جهت اندازه‌گیری سطح برگ پس از برداشت پنج بوته چغندر قند با استفاده از لوله‌های مسی با قطر دهانه مشخص، ریز نمونه‌هایی به شکل دیسک تهیه و توزین گردیدند. با استفاده از داده‌های وزن کل برگ، وزن دیسک‌ها و مساحت دیسک‌ها در یک تناسب ساده، سطح برگ یک بوته محاسبه شد.

طول ریشه بعد از برش طوقه از زیر محل طوقه تا انتهای ریشه با استفاده از خط‌کش در پنج بوته اندازه‌گیری شد. بعد از حذف ۰/۵ متر از حاشیه به عنوان اثر حاشیه، سایر ریشه‌ها برداشت و وزن کل آنها توسط ترازو توزین و به عنوان عملکرد در واحد سطح در محاسبات آماری استفاده شد. بعد از توزین ریشه‌ها از هر کرت، تعدادی ریشه انتخاب و خرد شده و مقداری از نمونه خرد شده هر کرت در داخل پاکت نایلونی قرار داده شده و جهت اندازه‌گیری درصد قند و میزان خلوص قند به آزمایشگاه منتقل شد. از حاصل ضرب عملکرد ریشه در عیار قند، عملکرد شکر سفید در واحد سطح به دست آمد.

قبل از تجزیه آماری، آزمون نرمال بودن داده‌ها انجام و سپس تجزیه و تحلیل آماری داده‌های به دست آمده از اندازه‌گیری صفات مورد نظر با استفاده از نرم‌افزار MSTATC انجام شد. برای مقایسه میانگین‌ها از آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد استفاده شد. برای ترسیم شکل‌ها از نرم‌افزار Excel استفاده گردید.

#### نتایج و بحث

در این بررسی نوع عنصر ریزمغذی در صفات تعداد برگ و طول ریشه در سطح احتمال یک درصد و در صفات عیار قند و عملکرد شکر سفید در سطح احتمال پنج درصد اثر معنی‌داری داشت. زمان کاربرد کودها نیز در صفات اثر معنی‌داری داشت. در این بررسی غلظت عناصر ریزمغذی در تمامی صفات تعداد برگ، سطح برگ، وزن تر، طول ریشه، قطر ریشه،

دوره رشدی می‌توان از کاهش تعداد برگ در اثر پیری برگ‌ها جلوگیری نمود.

### سطح برگ

تأثیر غلظت عناصر ریزمغذی بر سطح برگ‌های چغندر قند معنی‌دار بود (جدول ۲). غلظت ۳ در هزار عناصر ریزمغذی تأثیری بر سطح برگ‌های چغندر قند نداشت ولی غلظت‌های بالاتر عناصر ریزمغذی افزایش معنی‌داری را در سطح برگ‌های چغندر قند باعث گردید. غلظت‌های ۶ و ۹ در هزار عناصر ریزمغذی سطح برگ‌های چغندر قند را به ترتیب ۱۵/۱ و ۹/۶ درصد در مقایسه با شاهد افزایش داد. بین غلظت‌های ۶ و ۹ در هزار عصاره از نظر سطح برگ چغندر قند اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد (جدول ۴). افزایش سطح برگ‌های گیاهان تحت تأثیر کاربرد عناصر آهن، روی و منگنز در بررسی‌های مختلف به اثبات رسیده است. قطاوی و همکاران (Galavi *et al.*, 2012) در بررسی که انجام دادند مشاهده نمودند که کاربرد روی سطح برگ ذرت را به‌طور معنی‌داری افزایش می‌دهد. مظلومی و همکاران (Mazlumi *et al.*, 2012) نیز مشاهده نمودند که کاربرد عنصر آهن سطح برگ چغندر قند را افزایش داد. همچنین، سلیمانی و همکاران (Soleymani *et al.*, 2012) بیان کردند که کاربرد عنصر منگنز افزایش معنی‌داری در سطح برگ‌های ذرت علوفه‌ای باعث می‌شود. رشد برگ‌ها وابسته به میزان اسیمیلات‌های تولیدی در برگ‌ها است. بررسی‌ها نشان داده که هر دو عنصر آهن و منگنز نقش مهمی در فتوسنتز برعهده دارند. آهن برای تشکیل کلروفیل و انجام فتوسنتز ضروری است و کمبود آن به شدت میزان تولید اسیمیلات‌ها را کاهش می‌دهد (Pirzad and Shokrani, 2012). روی نیز نقش قابل توجهی در فرآیندهای متابولیسم نیتروژن، جذب نیتروژن، تولید پروتئین، سنتز کلروفیل و فتوسنتز دارد (Potarzycki and Grzebisz, 2009).

غلظت سه در هزار آهن در این مطالعه تأثیری بر تعداد برگ نداشت ولی با افزایش غلظت عناصر ریزمغذی تعداد برگ افزایش معنی‌داری نشان داد. غلظت‌های شش و نه در هزار آهن، تعداد برگ‌های چغندر قند را به ترتیب ۱۳ و ۲۸ درصد در مقایسه با شاهد افزایش داد. با توجه به نتایج، اثر غلظت محلول‌پاشی در مرحله ۶-۴ برگی چغندر قند، غلظت‌های سه و شش در هزار عنصر بر تعداد برگ معنی‌دار نبود ولی غلظت نه در هزار عناصر ریزمغذی تعداد برگ‌های چغندر قند را در مقایسه با شاهد ۱۶/۶ درصد افزایش داد. در مرحله ۱۰-۸ برگی چغندر قند تنها غلظت شش در هزار عناصر ریزمغذی تأثیری بر تعداد برگ‌های چغندر قند نداشت ولی غلظت‌های شش و نه در هزار، تعداد برگ‌های چغندر قند را به ترتیب ۱۴/۲ و ۱۴/۷ درصد در مقایسه با شاهد افزایش داد. بین غلظت‌های شش و نه در هزار از نظر تعداد برگ اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد (جدول ۶). نتایج این بررسی نشان داد که غلظت‌های مختلف عناصر ریزمغذی در مراحل مختلف رشدی تأثیر متفاوتی بر تعداد برگ‌های چغندر قند داشت که از مهم‌ترین دلایل آن تفاوت نیاز صفات مختلف در مراحل مختلف رشدی به عناصر غذایی می‌تواند باشد چرا که بررسی‌های انجام شده نیز توسط سایر محققان نشان داده است که صفات مختلف در مراحل رشدی، پاسخ متفاوتی را به کاربرد کودها نشان می‌دهند (Kobraee *et al.*, 2013). بر اساس مشاهدات مزرعه‌ای در اواخر دوره رشدی، تعداد برگ‌های چغندر قند از طریق از بین رفتن برگ‌های پیرتر کاهش قابل ملاحظه‌ای داشت که بررسی‌ها نشان داده که یکی از دلایل پیری برگ‌های گیاهان عدم وجود عناصر غذایی کافی در خاک است (Feng *et al.*, 2012). بنابراین، با تأمین مواد غذایی در اواخر

### وزن تر

مقایسه میانگین‌های وزن تر تحت تأثیر نوع عناصر ریزمغذی، مرحله و غلظت کاربرد نشان داد که کاربرد عنصر روی در مرحله ۶-۴ برگی چغندر قند تأثیری بر وزن تر بوته‌های چغندر قند نداشت ولی در مرحله ۱۰-۸ برگی چغندر قند کاربرد عنصر روی تأثیر معنی‌داری بر وزن تر بوته‌های چغندر قند داشت. در صورت محلول‌پاشی غلظت‌های شش و نه در هزار روی در مرحله ۱۰-۸ برگی چغندر قند، وزن تر بوته نسبت به شاهد به ترتیب ۲۵ و ۲۲ درصد افزایش یافت. بین غلظت‌های شش و نه در هزار روی در مرحله ۱۰-۸ برگی چغندر قند از نظر وزن تر بوته‌ها اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد (جدول ۷). سایر محققین نیز اظهار داشتند که روی، میزان فتوسنتز و دوام سطح برگ را افزایش می‌دهد و در نتیجه میزان تولید اسیمیلات‌ها افزایش می‌یابد (Yousefi, 2012). اما در این بررسی عنصر آهن بیشترین تأثیر را بر وزن تر بوته‌های چغندر قند داشت. در این بررسی کاربرد آهن با غلظت شش و نه در هزار در مرحله ۱۰-۸ برگی چغندر قند بیشترین تأثیر را بر وزن تر بوته‌ها داشت. این تیمارها وزن تر بوته‌های چغندر قند را به ترتیب به میزان ۲۶ و ۳۳ درصد افزایش دادند. لذا مشاهده می‌گردد که در مرحله ۱۰-۸ برگی چغندر قند، با افزایش غلظت آهن محلول‌پاشی شده وزن تر بوته‌ها افزایش بیشتری نشان داد. برعکس عنصر روی در صورت کاربرد عنصر آهن در مرحله ۶-۴ برگی چغندر قند با غلظت نه در هزار وزن تر بوته‌ها ۲۲ درصد افزایش یافت. آهن از مهم‌ترین عناصر غذایی برای رشد گیاهان است، این عنصر نقش بسیار مهمی در بسیاری از فرآیندهای حیاتی گیاهان از جمله فتوسنتز، انتقال اسیمیلات‌ها، رشد، تقسیم سلولی، فعالیت هورمون‌ها، جذب سایر مواد غذایی، تولید و فعالیت آنزیم‌ها و پروتئین‌ها بر عهده دارد

لذا عناصر روی و منگنز با نقش مهمی که در تولید اسیمیلات‌ها بر عهده دارند رشد بخش‌های مختلف گیاهان را افزایش می‌دهند. رشد برگ‌ها وابسته به اسیمیلات‌های تولیدی در برگ‌ها است. بورووسکی و میچالک (Borowski and Michałek, 2011) گزارش نمودند که کمبود آهن تعداد رنگدانه‌های فتوسنتز کننده را کاهش می‌دهد و منجر به ایجاد کلروز در برگ‌ها می‌شود. تحت این شرایط هدایت روزنه‌ای برگ‌ها کاهش می‌یابد که در این صورت میزان فتوسنتز و تفرق کاهش یافته و میزان دی‌اکسید کربن برگ‌ها افزایش می‌یابد. از سوی دیگر کمبود روی با تأثیر بر فعالیت کربونیک آن‌هایدراز از میزان فتوسنتز و رشد بخش‌های مختلف گیاهان می‌کاهد. کربونیک آن‌هایدراز اتم روی دارد که هیدراسیون دی‌اکسید کربن را کاتالیز می‌کند. محل فعالیت این آنزیم در کلروپلاست و سیتوپلاسم است و فعالیت این آنزیم وابسته به مقدار این عنصر در گیاه تغییر می‌کند. فعالیت اصلی این آنزیم دهیدراسیون دی‌اکسید کربن، افزایش جذب دی‌اکسید کربن در واحد سطح برگ، افزایش فتوسنتز و تولید بیوماس است. در گیاهان دچار کمبود روی فعالیت این آنزیم متوقف می‌شود (Mousavi et al., 2013). مظلومی و همکاران (Mazlumi et al., 2012) برای بررسی اثر مقادیر محلول‌پاشی آهن در مراحل رشد چغندر قند، آزمایشی اجرا نمودند. تیمارهای آزمایش شامل محلول‌پاشی آهن (صفر، ۱، ۲ و ۳ در هزار) و در مراحل رشد گیاه (۲۰، ۴۰، ۶۰، ۸۰ و ۱۰۰ درصد پوشش سطح زمین) بود. بیشترین مساحت برگ متعلق به ترکیب تیماری محلول‌پاشی یک در هزار در مرحله ۶۰ درصد پوشش سطح زمین بود. کلیه تیمارهای محلول‌پاشی آهن به ویژه در غلظت‌های بالاتر (سه در هزار) سطح برگ را نسبت به شاهد افزایش داد.

برگ‌ها و کاربرد عناصر آهن و منگنز شاخص کلروفیل برگ‌ها را افزایش داد. افزایش میزان کلروفیل می‌تواند تولید اسیمیلات‌ها را در گیاه افزایش دهد. نتایج به دست آمده از سایر بررسی‌ها نیز نشان می‌دهد که کاربرد عناصر روی و آهن نقش قابل توجهی در افزایش رشد ریشه‌های گیاهان دارد.

موسوی و همکاران (Mousavi et al., 2013)، پیرزاد و شکرانی (Pirzad and Shokrani, 2012) و جبین و احمد (Jabeen and Ahmad, 2012) در بررسی که روی گیاهان مختلف انجام دادند بیان کردند که کاربرد عناصر روی و آهن افزایش معنی‌داری در طول ریشه‌های *Calendula Cucurbita pepo officinalis* و آفتابگردان باعث می‌گردد. محققین گزارش نموده‌اند که کمبود روی با کاهش آنزیم الکل دهیدروژناز توسعه ریشه را کاهش می‌دهد (Mousavi et al., 2013). عنصر آهن نیز با افزایش تقسیم سلولی ریشه‌ها بر طول ریشه‌ها می‌افزاید (Pirzad and Shokrani, 2012). مقایسه میانگین‌های طول ریشه تحت تأثیر غلظت و مرحله کاربرد عناصر نشان داد که محلول‌پاشی عناصر در مرحله ۴-۶ برگ‌ی چغندر قند تأثیری بر طول ریشه‌های چغندر قند نداشت، ولی کاربرد غلظت‌های شش و نه در هزار عناصر ریزمغذی در مرحله ۸-۱۰ برگ‌ی افزایش معنی‌داری در طول ریشه‌های چغندر قند باعث شد. کاربرد غلظت‌های شش و نه در هزار عناصر ریزمغذی در مرحله ۸-۱۰ برگ‌ی، طول ریشه‌های چغندر قند را در مقایسه با شاهد به ترتیب ۱۴/۱ و ۱۴/۳ درصد افزایش داد (جدول ۶).

#### قطر ریشه

مقایسه میانگین‌های قطر ریشه چغندر قند تحت تأثیر غلظت مختلف عناصر ریزمغذی نشان داد که کاربرد غلظت سه در هزار تأثیری بر قطر ریشه‌های چغندر قند نداشت ولی غلظت‌های شش و نه در هزار

(Zehtab-Salmasi et al., 2012). بنابراین، وجود این عنصر رشد مطلوب‌تر گیاهان را در پی خواهد داشت. در این مطالعه کاربرد عنصر منگنز نیز افزایش معنی‌داری در وزن تر بوته‌ها باعث شد. در صورت کاربرد عنصر منگنز در مرحله ۴-۶ برگ‌ی چغندر قند تنها غلظت نه در هزار منگنز افزایش معنی‌داری را در وزن تر بوته‌ها باعث و این صفت را در مقایسه با شاهد به میزان ۱۲ درصد افزایش داد. در مرحله ۸-۱۰ برگ‌ی چغندر قند بر عکس مرحله ۴-۶ برگ‌ی، غلظت نه در هزار منگنز تأثیری بر وزن تر بوته‌ها نداشت ولی غلظت‌های پایین‌تر افزایش معنی‌دار را در وزن تر بوته‌ها باعث شد. غلظت‌های سه و شش در هزار منگنز در مرحله ۸-۱۰ برگ‌ی چغندر قند، وزن تر بوته‌ها را در مقایسه با شاهد ۲۰ درصد افزایش داد.

#### طول ریشه

کاربرد عناصر روی و آهن افزایش معنی‌داری در طول ریشه‌های چغندر قند باعث شد ولی عنصر منگنز تأثیری بر طول ریشه نداشت. با مقایسه میانگین‌های طول ریشه مشاهده گردید که در تیمار عنصر روی، غلظت سه در هزار تأثیری بر طول ریشه‌های چغندر قند نداشت ولی غلظت‌های بالاتر، افزایش معنی‌دار طول ریشه‌های چغندر قند را باعث شد. در این بررسی غلظت‌های شش و نه در هزار عنصر روی، طول ریشه‌های چغندر قند را به ترتیب ۱۴/۹ و ۱۱/۷ درصد افزایش داد. بین غلظت‌های شش و نه در هزار از نظر طول ریشه اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد. در بین غلظت‌های مورد بررسی، عنصر آهن نیز تنها در غلظت نه در هزار افزایش معنی‌دار در طول ریشه‌های چغندر قند را باعث و این صفت را در مقایسه با شاهد ۱۷ درصد افزایش داد (جدول ۵). رشد ریشه‌های گیاهان وابسته به حضور اسیمیلات‌های انتقال یافته از برگ‌ها به ریشه‌ها است. در این بررسی مشاهده گردید که کاربرد عناصر آهن و روی تعداد

در عملکرد ریشه تحت تأثیر کاربرد عنصر روی مشاهده نمودند.

#### عیار قند

با توجه به نتایج به دست آمده از این مطالعه، کاربرد عنصر منگنز تأثیری بر عیار قند چغندر قند نداشت. کاربرد عنصر روی و آهن در مرحله ۴-۶ برگگی چغندر قند تأثیری بر عیار قند نداشت ولی کاربرد این دو عنصر در مرحله ۸-۱۰ برگگی افزایشی معنی دار در عیار قند چغندر قند ایجاد کرد. در مرحله ۸-۱۰ برگگی، کاربرد غلظت نه در هزار روی، عیار قند را به میزان ۱۴/۱ درصد افزایش داد (جدول ۷). مکی و همکاران (Mekki et al., 2014) تأثیر محلول پاشی روی و منگنز را بر رشد و عملکرد چغندر قند بررسی و اعلام نمودند محلول پاشی عناصر روی و منگنز افزایش معنی داری را در عیار قند و عملکرد شکر سفید باعث می‌شود. یارنیا و همکاران (Yarnia et al., 2008) نیز نتایج مشابهی را گزارش نمودند.

در این مطالعه کاربرد غلظت‌های سه و نه در هزار آهن در مرحله ۸-۱۰ برگگی عیار قند را به ترتیب ۱۵/۴ و ۳۰/۹ درصد افزایش داد. بنابراین، کاربرد غلظت نه در هزار عنصر آهن بیشترین افزایش را در عیار قند باعث شد. یارنیا و همکاران (Yarnia et al., 2008) در بررسی که بر روی چغندر قند انجام دادند مشاهده نمودند که محلول پاشی عناصر آهن، روی و منگنز افزایش معنی داری در عیار قند باعث می‌شود.

#### عملکرد شکر سفید

با توجه به نتایج به دست آمده از این مطالعه کاربرد عنصر منگنز تأثیری بر عملکرد شکر سفید در چغندر قند نداشت ولی کاربرد عناصر آهن و روی افزایش معنی داری در این صفت داشتند. کاربرد غلظت‌های سه و شش در هزار عنصر روی تأثیری بر عملکرد شکر سفید در چغندر قند نداشت ولی غلظت نه در هزار عناصر ریزمغذی عملکرد شکر سفید

افزایش معنی داری را در این صفت باعث شد. غلظت‌های شش و نه در هزار قطر ریشه‌های چغندر قند را ۱۵ درصد افزایش داد (جدول ۴). مکی و همکاران (Mekki et al., 2014) تأثیر کاربرد غلظت ۴۰۰ پی‌پی‌ام روی و منگنز را بر رشد و عملکرد چغندر قند بررسی و نشان داد کاربرد روی و منگنز قطر ریشه چغندر قند را در مقایسه با شاهد به ترتیب ۴۹ و ۳۷ درصد افزایش می‌دهد.

#### عملکرد ریشه

در این مطالعه عملکرد ریشه چغندر قند تحت تأثیر نوع عناصر ریزمغذی و غلظت آنها قرار گرفت. بر اساس مقایسه میانگین بیشترین عملکرد ریشه چغندر قند در صورت محلول پاشی عناصر ریزمغذی در مرحله ۸-۱۰ برگگی با غلظت شش در هزار به دست آمد که در مقایسه با شاهد ۱۵/۶ درصد بیشتر بود. غلظت‌های سه و نه در هزار در مرحله ۸-۱۰ برگگی، این صفت را در مقایسه با شاهد به ترتیب ۱۱/۷ و ۶/۸ درصد افزایش داد. در صورت محلول پاشی عناصر ریزمغذی در مرحله ۴-۶ برگگی چغندر قند غلظت‌های سه و شش در هزار تأثیری بر عملکرد ریشه نداشتند ولی غلظت نه در هزار عناصر ریزمغذی افزایش ۱۰/۴ درصدی را در عملکرد ریشه باعث شد (جدول ۶). مکی و همکاران (Mekki et al., 2014) تأثیر کاربرد غلظت ۴۰۰ پی‌پی‌ام روی و منگنز را بر رشد و عملکرد چغندر قند بررسی و نشان داد کاربرد روی ۲۲۰ درصد و کاربرد منگنز ۱۸۰ درصد بر عملکرد ریشه چغندر قند می‌افزاید.

یارنیا و همکاران (Yarnia et al., 2008) نیز در بررسی خود مشاهده نمودند که کاربرد عناصر روی، آهن و منگنز افزایش معنی داری در عملکرد ریشه چغندر قند باعث می‌گردد. استیون و همکاران (Stevens and Mesbah, 2005) نیز افزایش معنی داری



روی، آهن و منگنز افزایش معنی‌داری در عملکرد شکر سفید چغندر قند باعث می‌گردد. در این بررسی در صورت کاربرد عناصر ریزمغذی در مرحله ۱۰-۸ برگی عملکرد شکر سفید چغندر قند در مقایسه با مرحله ۶-۴ برگی ۸/۷ درصد بیشتر بود (جدول ۳).

### نتیجه‌گیری کلی

محلول‌پاشی عناصر روی و به‌ویژه آهن با غلظت نه در هزار در مرحله ۱۰-۸ برگی چغندر قند بیشترین افزایش را در عملکرد شکر سفید و عملکرد ریشه باعث شد در حالی که عنصر منگنز تأثیری بر این صفات نداشت. خلوص قند نیز با کاربرد غلظت‌های شش و نه در هزار افزایش معنی‌داری را نشان داد. تأمین روی و به‌ویژه آهن در شرایط خاک منطقه مورد آزمایش افزایش قابل ملاحظه‌ای را در عملکرد چغندر قند باعث خواهد شد.

چغندر قند را ۱۶/۴ درصد افزایش داد. کاربرد غلظت‌های شش و نه در هزار عنصر آهن نیز عملکرد شکر سفید چغندر قند را به‌ترتیب ۱۸/۶ و ۳۶ درصد افزایش داد. لذا بیشترین عملکرد شکر سفید در چغندر قند در صورت کاربرد غلظت نه در هزار آهن به دست آمد (جدول ۵). مظلومی و همکاران (Mazlomi *et al.*, 2012) آزمایشی در خصوص تأثیر کاربرد عنصر آهن نانو به صورت محلول‌پاشی انجام و افزایش معنی‌داری را در عملکرد شکر سفید با کاربرد عنصر آهن در تمامی مراحل رشدی چغندر قند گزارش نمودند. با کاربرد عنصر آهن میزان تابش فعال فتوسنتزی دریافتی توسط چغندر قند افزایش یافته و میزان انتقال اسیمیلات‌ها به ریشه‌ها نیز افزایش می‌یابد و در نتیجه بر عملکرد شکر سفید افزوده می‌شود. یارنیا و همکاران (Yarnia *et al.*, 2008) نیز در بررسی خود مشاهده نمودند که کاربرد عناصر

جدول ۱- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش

Table 1 - Physical and chemical properties of the experimental soil

عمق خاک (depth)	بافت خاک (soil texture)	رس Clay	سیلت Silt	شن Sand	مس (mg/kg)	روی (mg/kg)	منگنز (mg/kg)	آهن (mg/kg)	پتاسیم قابل جذب K (P.P.M)	فسفر قابل جذب (P.P.M)	نیترژن کل %T.N	کربن آلی (%O.C)	درصد مواد خنثی شونده TNV	اسیدیته گل اشباع pH	هدایت الکتریکی Ec(ds/m)
0-30	سیلت لومی	18	58	24	1.03	0.94	4.8	2.9	209	10.69	0.081	0.78	11.75	7.99	2.86

جدول ۲- تجزیه واریانس صفات مورد بررسی در چغندر قند  
Table 2- Analysis of variance of studied traits in sugar beet

منابع تغییر S.O.V	درجه آزادی df	تعداد برگ leaf number	سطح برگ leaf area	وزن تر biomass	طول ریشه root length	قطر ریشه root diameter	عیار قند sugar percent	عملکرد ریشه root yield	عملکرد شکر سفید white sugar yield
تکرار (Rep)	2	0.681 <sup>ns</sup>	2171.109 <sup>ns</sup>	32.259 <sup>ns</sup>	9.287*	3.969 <sup>ns</sup>	0.391 <sup>ns</sup>	2.844 <sup>ns</sup>	0.41 <sup>ns</sup>
نوع کود (Fertilizer Type)	2	38.889**	13339.23 <sup>ns</sup>	50.207 <sup>ns</sup>	24.784**	2.78 <sup>ns</sup>	9.311*	11.968 <sup>ns</sup>	5.067*
خطای اصلی (Error)	4	0.847	3310.266	20.985	0.748	5.399	1.188	14.038	0.615
زمان کاربرد کود (Fertilizer application time)	1	15.125*	773.556 <sup>ns</sup>	846.661**	35.701*	11.842 <sup>ns</sup>	12.67**	68.056**	11.28**
نوع کود * زمان کاربرد (fertilizer type*application time)	2	3.5 <sup>ns</sup>	2882.461 <sup>ns</sup>	49.455 <sup>ns</sup>	3.665 <sup>ns</sup>	8.701 <sup>ns</sup>	3.31 <sup>ns</sup>	3.477 <sup>ns</sup>	1.92 <sup>ns</sup>
خطای فرعی (Error)	6	1.708	2384.642	12.068	5.198	3.864	0.897	4.198	0.487
غلظت (concentration)	3	27.273**	20097.468**	695.964**	46.520**	26.271**	10.885**	100.89**	9.96**
نوع کود * غلظت (concentration*fertilizer type)	6	17.204**	3849.817 <sup>ns</sup>	101.238**	8.763*	2.392 <sup>ns</sup>	2.342*	16.00 <sup>ns</sup>	1.81*
زمان کاربرد * غلظت (concentration*application time)	3	5.532*	1320.297 <sup>ns</sup>	166.583**	10.781*	0.626 <sup>ns</sup>	2.959*	59.100*	1.59 <sup>ns</sup>
نوع کود * زمان کاربرد * غلظت (concentration*application time*fertilizer type)	6	2.852 <sup>ns</sup>	1700.133 <sup>ns</sup>	58.881*	3.604 <sup>ns</sup>	4.086 <sup>ns</sup>	2.045*	1.398 <sup>ns</sup>	0.91 <sup>ns</sup>
خطای فرعی فرعی (Error)	36	2.028	2201.603	21.756	3.562	3.872	0.826	15.308	0.732
ضریب تغییرات (درصد) (C.V)		7.1	8.23	5.21	5.77	8.78	5.21	7.16	8.96

ns: عدم معنی‌داری، \* و \*\* معنی‌داری به ترتیب در سطح احتمال پنج و یک درصد

ns: non-significant, \* and \*\* significant at 5 and 1% probability levels, respectively.

جدول ۳- مقایسه میانگین‌های صفات تحت تأثیر زمان کاربرد کود  
Table 3- Mean Comparison of traits for foliar application

زمان محلول پاشی (foliar application time)	عملکرد شکر سفید white sugar yield (t/ha)
۴ الی ۶ برگی (4-6 leaf)	9.145
۸ الی ۱۰ برگی (8-10 leaf)	9.943

جدول ۴- مقایسه میانگین‌های صفات تحت تأثیر غلظت عناصر ریزمغذی  
Table 4- Mean Comparison of traits in micronutrient concentrations

غلظت (در هزار) concentration	قطر ریشه root diameter (cm)	سطح برگ leaf area (cm <sup>2</sup> )
0 (شاهد)	20.89 b	528.3 c
3	22.03 ab	563.3 bc
6	23.18 a	608.4 a
9	23.56 a	579.7 ab

## جدول ۵- مقایسه میانگین های صفات تحت تأثیر نوع کود و غلظت عناصر ریزمغذی

Table 5- Mean comparison of traits in fertilizer type\* micronutrient concentrations

نوع کود Fertilizer type	غلظت concentration	عملکرد شکر سفید white sugar yield (t/ha)	طول ریشه root length (cm)	تعداد برگ leaf number
روی (Zn)	0(شاهد)	8.50 d	31.43 b	18.83 c
روی (Zn)	3	20.9 b-d	32.38 b	18.83 c
روی (Zn)	6	9.45 b-d	36.18 a	21.17 b
روی (Zn)	9	9.98 b	35.13 a	20.33 bc
آهن (Fe)	0(شاهد)	8.62 cd	30.53 b	18.83 c
آهن (Fe)	3	9.65 bc	31.68 b	20 bc
آهن (Fe)	6	10.28 b	32.50 b	21.33 b
آهن (Fe)	9	11.77 a	35.77 a	25.67 a
منگنز (Mn)	0(شاهد)	8.73 cd	31.12 b	19.17 c
منگنز (Mn)	3	9.35 b-d	31.07 b	18.83 c
منگنز (Mn)	6	9.62 b-d	32.55 b	19 c
منگنز (Mn)	9	9.43 b-d	32.30 b	18.83 c

## جدول ۶- مقایسه میانگین های صفات تحت تأثیر زمان کاربرد کود و غلظت عناصر ریزمغذی

Table 6- Mean Comparison of traits in fertilizer application time\* micronutrient concentrations

زمان کاربرد کود Fertilizer application time	غلظت concentration	عملکرد ریشه root yield (t/ha)	طول ریشه root length (cm)	تعداد برگ leaf number
۴ الی ۶ برگی (4-6 leaf)	0(شاهد)	51.52 c	31.28 bc	18.89 b
۴ الی ۶ برگی (4-6 leaf)	3	51.69 c	31.31 bc	19 b
۴ الی ۶ برگی (4-6 leaf)	6	54.51 bc	32.38 bc	19.22b
۴ الی ۶ برگی (4-6 leaf)	9	56.91 ab	33.10 b	21.33 a
۸ الی ۱۰ برگی (8-10 leaf)	0(شاهد)	51.24 c	30.78 c	19 b
۸ الی ۱۰ برگی (8-10 leaf)	3	57.20 ab	32.11 bc	19.44 b
۸ الی ۱۰ برگی (8-10 leaf)	6	59.01 a	35.11 a	21.78a
۸ الی ۱۰ برگی (8-10 leaf)	9	54.96 bc	35.70 a	21.89 a

جدول ۷- مقایسه میانگین‌های ترکیب تیماری نوع کود، زمان کاربرد کود و غلظت عناصر ریزمغذی

**Table 7-** Mean comparison of traits combination of fertilizer type\* fertilizer application time\*micronutrients concentration

غلظت (در هزار) concentration	زمان محلول پاشی foliar application time	نوع کود fertilizer	عیار قند sugar percent	وزن تر fresh weight
0(شاهد)	۴ الی ۶ برگگی (4-6 leaf)	روی (Zn)	16.33 e	81.77 i-k
3	۴ الی ۶ برگگی (4-6 leaf)	روی (Zn)	17.10 c-e	83.77 g-k
6	۴ الی ۶ برگگی (4-6 leaf)	روی (Zn)	16.47 de	85.70 g-k
9	۴ الی ۶ برگگی (4-6 leaf)	روی (Zn)	17.63 c-e	89.63 e-j
0(شاهد)	۸ الی ۱۰ برگگی (8-10 leaf)	روی (Zn)	16.80 de	80.80 jk
3	۸ الی ۱۰ برگگی (8-10 leaf)	روی (Zn)	16.77 de	89.93 e-i
6	۸ الی ۱۰ برگگی (8-10 leaf)	روی (Zn)	17.97 b-e	100.3 bc
9	۸ الی ۱۰ برگگی (8-10 leaf)	روی (Zn)	18.60 bc	98.87 b-d
0(شاهد)	۴ الی ۶ برگگی (4-6 leaf)	آهن (Fe)	16.83 de	80.90 jk
3	۴ الی ۶ برگگی (4-6 leaf)	آهن (Fe)	16.67 de	80.47 k
6	۴ الی ۶ برگگی (4-6 leaf)	آهن (Fe)	17.57 c-e	88.73 f-k
9	۴ الی ۶ برگگی (4-6 leaf)	آهن (Fe)	18.23 b-d	95.63 b-f
0(شاهد)	۸ الی ۱۰ برگگی (8-10 leaf)	آهن (Fe)	16.57 de	81.30 i-k
3	۸ الی ۱۰ برگگی (8-10 leaf)	آهن (Fe)	19.40 b	91.13 d-h
6	۸ الی ۱۰ برگگی (8-10 leaf)	آهن (Fe)	17.97 b-e	102.6 ab
9	۸ الی ۱۰ برگگی (8-10 leaf)	آهن (Fe)	22 a	108.7 a
0(شاهد)	۴ الی ۶ برگگی (4-6 leaf)	منگنز (Mn)	17.03 c-e	82.43 h-k
3	۴ الی ۶ برگگی (4-6 leaf)	منگنز (Mn)	17 c-e	84.27 g-k
6	۴ الی ۶ برگگی (4-6 leaf)	منگنز (Mn)	16.60 de	87.27 f-k
9	۴ الی ۶ برگگی (4-6 leaf)	منگنز (Mn)	16.78 c-e	92.60 c-g
0(شاهد)	۸ الی ۱۰ برگگی (8-10 leaf)	منگنز (Mn)	16.93 c-e	81.10 i-k
3	۸ الی ۱۰ برگگی (8-10 leaf)	منگنز (Mn)	16.60 de	98.50 b-d
6	۸ الی ۱۰ برگگی (8-10 leaf)	منگنز (Mn)	16.77 de	97.83 b-e
9	۸ الی ۱۰ برگگی (8-10 leaf)	منگنز (Mn)	18.03 b-e	84.37 g-k

## References

## منابع مورد استفاده

- Borowski, E., and S. Michalek. 2011. The effect of foliar fertilization of French bean with iron salts and urea on some physiological processes in plants relative to iron uptake and translocation in leaves. *Acta Scientiarum Polonorum Hortorum Cultus*. 10: 183-193
- Eleyan, S.E.D., A.A. Abodahab, A.M. Abdallah, and H.A. Rabeh. 2014. Effect of foliar application of manganese and iron on growth characters, yield and fiber properties of some Egyptian cotton cultivars (*Gossypium barbadense* L.). *International Journal of Agriculture and Crop Sciences*. 7: 1283-1292.
- Feng, Y., Y. Lei, and Z. Li. 2012. Micronutrient deficiencies accelerate leaf senescence in *Amomum villosum*. *Botanical Studies*. 53: 345-352.
- Galavi, M., M. Ramroudi, and A. Tavassoli. 2012. Effect of micronutrients foliar application on yield and seed oil content of safflower (*Carthamus tinctorius*). *African Journal of Agricultural Research*. 7(3): 482-486.
- Irmak, S., A. Nuran Çıl, H. Yücel, and Z. Kaya. 2012. The effects of iron application to soil and foliarly on agronomic properties and yield of peanut (*Arachis hypogaea*). *Journal of Food, Agriculture and Environment*. 10 (3and4): 417 - 422.
- Jabeen, N. and R. Ahmad. 2012. Improving tolerance of sunflower and safflower during growth stages to salinity through foliar spray of nutrient solutions. *Pakistan Journal of Botany*. 44(2): 563-572.
- Kobraee, S., G. Noormohamadi, H. Heidari Sharif Abad, F. Darvish Kajori, and B. Delkhosh. 2013. Micronutrients distribution in soybean plant with Zn, Fe, and Mn application. *Annual Review & Research in Biology*. 3(2): 83-91.
- Laszlo, M. 2008. Manganese requirement of sunflower (*Helianthus annuus* L.), tobacco (*Nicotiana tabacum* L.) and triticale (x *Triticosecale* W.) at early stage of growth. *European Journal of Agronomy*. 28: 586-596.
- Mazlomi M., A. Pirzad, and M. Zardoshti. 2012. Allocation ratio of photosynthate to different parts of sugar beet plant affected by nano-iron foliar application at varying growth stages. *International Journal of Plant, Animal and Environmental Sciences*. 2: 121: 128.
- Mekki, B.B. 2014. Root yield and quality of sugar beet (*Beta vulgaris* L.) in response to foliar application with urea, zinc and manganese in newly reclaimed sandy soil. *American-Eurasian Journal Agricultural and Environmental Science*. 14 (9): 800-806.
- Mohammadzadeh, M., and M.S. Hatamipour. 2010. Effect of drying conditions on properties of dried sugar beet. *Iranian Journal of Chemical Engineering*. 7: 81-87. (In Persian).
- Moosavi, A.A., and A. Ronaghi. 2011. Influence of foliar and soil applications of iron and manganese on soybean dry matter yield and iron-manganese relationship in a Calcareous soil. *American Journal of Cultural Sosiology*. 5(12): 1550-1556.
- Mousavi, S.R., M. Galavi, and M. Rezaei. 2013. Zinc (Zn) Importance for crop production. *International Journal of Agronomy and Plant Production*. 4 (1): 64-68.

- Moustafa, Z.R., A.M.K. Soudi, and K. El-Shenawy. 2011. Productivity and quality of sugar beet as influenced by nitrogen fertilizer and some micronutrients. *Egyptian Journal of Agricultural Research*. 89(3): 1005-1012.
- Pirzad, A., and F. Shokrani. 2012. Effects of iron application on growth characters and flower yield of *Calendula officinalis* L. under water stress. *World Applied Sciences Journal*. 18 (9): 1203-1208.
- Potarzycki, J., and W. Grzebisz. 2009. Effect of zinc foliar application on grain yield of maize and its yielding components. *Plant Soil Environment*. 55(12): 519-527.
- Prasad, T.N.V.K.V., P. Sudhakar, Y. Sreenivasulu, P. Latha, V. Munaswamy, K. Raja Reddy, T.S. Sreepasad, P.R. Sajanlal, and T. Pradeep. 2012. Effect of nanoscale zinc oxide particles on the germination, growth and yield of peanut. *Journal of Plant Nutrition*. 35:905-927.
- Refay, Y.A. 2010. Root yield and quality traits of three sugar beet (*Beta vulgaris* L.) varieties in relation to sowing date and stand densities. *World Journal of Agricultural Sciences*. 6 (5): 589-594.
- Robinson, B.H., E. Lombi, F.J. Zhao, and S.P. Mc Grath. 2003. Uptake and distribution of nickel and other metals in the hyperaccumulator *Berkheya coddii*. *New Phytologist*. 158: 279-285.
- Salem, H.M., and N.Kh.B. El-Gizawy. 2012. Importance of micronutrients and its application methods for improving maize (*Zea mays* L.) yield grown in clayey soil. *American-Eurasian Journal of Agricultural and Environmental Science*. 12 (7): 954-959.
- Soleymani, A., M. Firuzi, and L. Narenjani. 2012. Effect of foliar application of micronutrients on some physiological index effecting growth and yield of fodder maize. *Agricultural Research Journal of Iran*. 9: 340-347. (In Persian)
- Stevens, W.B., and A.O. Mesbah. 2005. Zinc sulfate applied to sugarbeet using broadcast, seed-placed and foliar methods. Western Nutrient Management Conference. 200-207.
- Tsialtas, J.T., E. Soulioti, N. Maslaris, and D.K. Papakosta. 2011. Effect of defoliation on leaf physiology of sugar beet cultivars subjected to water stress and re-watering. *International Journal of Plant Production*. 5 (3): 207-220.
- Yarnia, M., M. Bagher Khorshidi Benam, H. Kazemi Arbat, E. Farajzade Memari Tabrizi, and D. Hassanpanah. 2008. Effects of complete micronutrients and their application method on root yield and sugar content of sugar beet cv. Rassoul. *Journal of Food, Agriculture & Environment*. 6 (3&4): 341 - 345.
- Yousefi, M. 2012. Impact of Zn and mn foliar application on yield of pumpkin (*Cucurbita pepo* L.) under two irrigation regimes. *International Journal of Agriculture: Research and Review*. 2 (3): 102-107.
- Zehtab-Salmasi, S., S. Behrouznajhad, and K. Ghassemi-Golezani. 2012. Effects of foliar application of Fe and Zn on seed yield and mucilage content of psyllium at different stages of maturity. International Conference on Environment, Agriculture and Food Sciences (ICEAFS'2012) August 11-12, 2012 Phuket (Thailand).

## Utilization of Micronutrients in Dorotti Sugar-beet (*Beta vulgaris* L.) Cultivar

Saeid Soleymani<sup>1</sup>, and Elnaz Farajzadeh Memari Tabrizi<sup>1\*</sup>

Received: April 2015, Revised: 4 December 2015, Accepted: 13 September 2016

### Abstract

Micronutrients have an important role in growth and yield of plants. This investigation was carried out to evaluate effect of foliar applications of three micronutrients (Fe, Mn and Zn) at different times (4-6 and 8-10 leaf stage) with three replication on sugar beet. Based on results obtained all of the micronutrients used increased sugar beet sugar yield. Highest root yield was obtained by using 9 % of micronutrients at 4-6 leaf stage, but other concentrations did not have any effect on sugar beet yield. All of the three micronutrient concentrations increased root yield significantly. Application of 6% concentration increased root yield by 15.6 %. Mn application did not have any effect on sugar yield. 9 % concentration of Zn foliar application increased sugar yield by 16.4 %, and application of 6 and 9% of Fe increased sugar yield by 18.6 and 36 % respectively. Sugar percent did not changed by Mn application, but high concentrations of Fe and Zn at 8-10 leaf stage increased it. Highest increase in sugar percent obtained by using Fe 9 % foliar application. Because of economical importance of sugar and root yield, foliar application of 9 % of Fe and Zn at 8-10 leaf stage will be suitable.

**Key words:** Foliar application, Micronutrients, Sugar-beet, Yield.

1- Department of Agronomy, Malekan Branch, Islamic Azad University, Malekan, Iran.

\* Corresponding Author: Farajzadeh\_e@malekaniiau.ac.ir and Farajzadeh.elnaz@yahoo.com