نشریه علمی ـ پژوهشی اکوفیزیولوژی گیاهان زراعی، جلد دوازدهم، شماره ۲(۴۶)، تابستان ۱۳۹۷، صفحه ۳۰۲-۲۸۷

تأثیر محلول‌پاشی آهن و روی در مراحل مختلف رشد بر عملکرد، اجزای عملکرد و کیفیت دانه ذرت شیرین

افسانه یوسف‌پور[1*] و الناز فرج‌زاده معماری تبریزی[2]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۸/۱۹ تاریخ بازنگری: ۱۳۹۶/۱۱/۲ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۶/۷

چکیده

این مطالعه جهت بررسی تأثیر کاربرد عناصر غذایی کم‌مصرف آهن و روی (به تنهایی و توأم به صورت محلول‌پاشی با غلظت ۲/۵ و ۵ در هزار و یا مصرف خاکی به مقدار ۱۵ و ۳۰ کیلوگرم در هکتار) و زمان کاربرد کودها (شاهد، مصرف خاکی کودها، محلول‌پاشی در مرحله رشد رویشی، محلول‌پاشی در مرحله ظهور گل‌آذین نر، محلول‌پاشی در دو مرحله رشد رویشی و ظهور گل‌آذین نر، محلول‌پاشی در مرحله پر شدن دانه و محلول‌پاشی در سه مرحله رشد رویشی، ظهور گل‌آذین نر و پر شدن دانه) بر رشد و عملکرد ذرت (*Zea mays convar saccharata* var. rugosa) انجام شد. آزمایش در سال ۱۳۹۵ در دانشگاه آزاد اسلامی واحد تبریز به صورت اسپلیت پلات در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار اجرا شد. با توجه به نتایج این بررسی تیمارهای کودی اثر مشابهی از نظر آماری بر عملکرد خشک داشتند. هر چهار تیمار مصرف خاکی کودها، محلول‌پاشی در مرحله رشد رویشی، محلول‌پاشی در دو مرحله رشد رویشی و ظهور گل‌آذین نر و محلول‌پاشی در سه مرحله رشد رویشی، ظهور گل‌آذین نر و پر شدن دانه افزایش معنی‌دار و مشابهی را از نظر آماری در این صفت باعث شده و عملکرد دانه خشک را به ترتیب ۲۰، ۱۲، ۲۱ و ۲۲ درصد افزایش دادند که تنها ناشی از افزایش تعداد دانه تولیدی بود. با توجه به نتایج این بررسی، تنها در دو تیمار کاربرد خاکی ۵ کیلوگرم در هکتار آهن و محلول‌پاشی آهن و روی در دو مرحله رویشی و آغاز مرحله زایشی با غلظت ۵ در هزار افزایش سود مطلوبی به‌ترتیب با ۳۳۴۸۵۰ و ۲۷۱۲۹۸ هزار تومان اضافه درآمد خالص در هکتار داشتند.

واژگان کلیدی: ذرت شیرین، عناصر غذایی کم‌مصرف، محلول‌پاشی، عملکرد.

۱- استادیار دانشکده کشاورزی، واحد تبریز، دانشگاه آزاد اسلامی، تبریز، ایران. * نگارنده‌ی مسئول a.yousefpour@iaut.ac.i

۲- استادیار گروه زراعت، واحد ملکان، دانشگاه آزاد اسلامی، ملکان، ایران.

مقدمه

در بسیاری از کشورهای در حال توسعه، میلیون‌ها انسان، نیاز پروتئین و انرژی خود را از ذرت تامین می‌کنند. دانه ذرت ۱۵ تا ۵۶ درصد از کل انرژی روزانه مورد نیاز انسان را در کشورهای در حال توسعه تامین می‌کند (Razzaq *et al*., 2012). با وجود اینکه گیاهان به مقادیر پایینی از عناصر غذایی کم‌مصرف نیازمند هستند کمبود آنها منجر به ایجاد محدودیت‌های زیادی در فرآیندهای متابولیکی و فیزیولوژیکی گیاهان می‌گردد. لذا، به‌منظور افزایش تولید گیاهان زراعی با کمیت و کیفیت بالا، کوددهی عناصر غذایی کم‌مصرف ضروری است. یکی از عناصر غذایی ضروری گیاهان، آهن می‌باشد که عملکرد و کیفیت گیاهان را با افزایش مقدار کلروفیل و افزایش میزان کربوهیدرات‌ها افزایش می‌دهد. همچنین، آهن به‌عنوان گیرنده الکترون و فعال کننده چندین آنزیم انتقال الکترون در فتوسنتز عمل می‌کند (Irmak *et al*., 2012). حیدریان و همکاران (Heidarian *et al*., 2011) اظهار داشتند که در شرایط کمبود آهن برگ‌های جوان زرد می‌شود. این پژوهشگران اظهار داشتند با توجه به حل‌پذیری کم روی و آهن در محلول‌پاشی آنها روشی مؤثر برای تامین عناصر غذایی مورد نیاز این گیاهان خواهد بود و می‌تواند تمامی نیاز گیاه را به این کودها در تمامی دوره رشد و نمو گیاه برآورده سازد (Fageria *et al*., 2009). عناصر کم‌مصرف آهن و روی نقش مهمی را در رشد و عملکرد گیاهان بر عهده دارد. این عناصر تغذیه گیاهی را بهبود بخشیده و باعث افزایش تولید گیاهان می‌شوند. آهن به‌عنوان کوفاکتور برای بسیاری از آنزیم‌ها است که فرآیندهای بیوشیمیایی مهمی را در گیاه کاتالیز می‌کند. آهن نقش مهمی در تشکیل کلروفیل، سنتز تیلاکوئید، عملکرد آنزیم‌های تنفسی و انتقال انرژی در گیاهان بر عهده دارد. روی نیز از اجزای عملکردی، ساختاری و تنظیمی بسیاری از آنزیم‌ها است که نقش مهمی را در تولید زیست‌توده، تولید کلروفیل، عملکرد گرده، باروری، متابولیسم RNA، تشکیل پروتئین و DNA بر عهده دارد. روی برای سنتز تریپتوفان که پیش‌ساز اکسین است، ضروری می‌باشد (Nasiri and Najafi, 2015). زارع و همکاران (Zare *et al*., 2013) در بررسی تاثیر کاربرد آهن در زراعت ذرت مشاهده نمودند که کاربرد کود آهن منجر به افزایش عملکرد و اجزای عملکرد دانه ذرت شد. گلواسکا (Głowacka, 2013) اظهار داشت کاربرد کود آهن در ذرت منجر به افزایش قابل توجه آهن در گیاه شده که این افزایش در میزان آهن همسو با افزایش رشد ذرت است. صفیان و همکاران (Safyan *et al*., 2012) تاثیر کودهای مختلف را بر رشد و عملکرد ذرت بررسی نمودند. با توجه به نتایج بررسی این پژوهشگران محلول‌پاشی عناصر غذایی کم‌مصرف، ارتفاع، شاخص سطح برگ، وزن خشک کل، قطر بلال، وزن دانه، عملکرد دانه و میزان پروتئین دانه را افزایش داد. بیشترین افزایش مربوط به محلول‌پاشی توام آهن و روی بود. افشار و همکاران (Afshar *et al*., 2014) نیز تاثیر نانو روی را در ۵ سطح (۰، ۲۴، ۳۶، ۴۸ و ۶۰ گرم در هکتار) بر رشد و عملکرد گندم، همراه با کود شیمیایی روی بررسی نمودند. این پژوهشگران بیشترین عملکرد دانه گندم را با کاربرد ۶۰ گرم در هکتار کود نانو به‌دست آوردند. جمشیدزاده و همکاران (Jamshidzadeh *et al*., 2014) افزایش عملکرد دانه، قطر بلال، ارتفاع بوته و وزن خشک ذرت را با کاربرد کود نانو گزارش نمودند.

مثنی و خلیلوندبهروزیار (Mosanna and Khalilvand Behrozyar, 2015) با بررسی اثر محلول‌پاشی و مصرف خاکی نانو کلات بر خصوصیات فیزیولوژیکی ذرت اعلام کردند کاربرد نانو کلات روی بر پر شدن دانه، دوره پر شدن دانه، عملکرد دانه و عملکرد بلال اثر مثبت داشت. کاربرد نانو کلات روی به‌صورت مصرف خاکی، ۳۷ بر سرعت پر شدن دانه‌ها افزود. محلول‌پاشی نانو کلات روی باعث افزایش ۲۴، ۶۴ و ۶۸ درصدی ماده خشک، عملکرد بلال و عملکرد بلال و عملکرد دانه گردید. بر این اساس هدف این پژوهش بررسی تاثیر محلول‌پاشی آهن و روی در مراحل مختلف رشدی گیاه بر رشد و عملکرد و خصوصیات کیفی دانه ذرت بود.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در سال زراعی ۱۳۹۵ در دانشگاه آزاد اسلامی واحد تبریز اجرا گردید. میانگین دمای سالانه ۱۰ درجه سلسیوس، میانگین حداکثر دمای سالانه ۱۶ درجه سلسیوس و میانگین حداقل دمای سالیانه ۲/۲ درجه‌ی سلسیوس بود. میانگین بارندگی سالانه‌ی این ناحیه ۲۷۱/۳ میلی‌متر است، pH خاک‌های منطقه در محدوده‌ی قلیایی تا متوسط قرار دارد و خطر شوری قابل ملاحظه‌ای در سطح الارض خاک‌ها وجود ندارد. این آزمایش به‌صورت اسپلیت پلات در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با ۳ تکرار به اجرا درآمد و تعداد ۴۲ کرت با ابعاد ۱/۸ در ۴ متر و در هر کرت ۳ ردیف کاشت به‌صورت جوی و پشته‌ای به طول ۳ متر و فاصله بین ردیف ۶۰ سانتی‌متر و فواصل روی ردیف‌ها ۲۰ سانتی‌متر از همدیگر تهیه گردید. فاصله بین کرت‌ها یک خط نکاشت و بین هر بلوک ۱ متر در نظر گرفته شد. فاکتورهای آزمایشی عبارت بودند از: نوع کود و غلظت آن (کاربرد آهن و روی به تنهایی و توام به صورت محلول‌پاشی با غلظت ۲/۵ و ۵ در هزار و یا مصرف خاکی به مقدار ۱۵ و ۳۰ کیلوگرم در هکتار بعد از کاشت در مرحله ۴-۶ برگی) به عنوان فاکتور اصلی و زمان کاربرد کودها (شاهد، مصرف خاکی کودها، محلول پاشی در مرحله رشد رویشی، محلول‌پاشی در مرحله ظهور گل‌آذین نر، محلول‌پاشی در دو مرحله رشد رویشی و ظهور گل‌آذین نر، محلول‌پاشی در مرحله پر شدن دانه و محلول‌پاشی در سه مرحله رشد رویشی، ظهور گل‌آذین نر و پر شدن دانه) به عنوان فاکتور فرعی در نظر گرفته شدند.

محلول‌پاشی کودهای میکرو قبل از طلوع آفتاب با استفاده از سم‌پاش موتوری انجام پذیرفت. جهت تهیه محلول‌های غذایی روی و آهن به‌ترتیب از سولفات روی و سکوسترین آهن استفاده گردید. جهت تهیه غلظت‌های ۲/۵ درصد، ۰/۲۵ گرم کود میکرو با یک لیتر آب مخلوط گردید. جهت جذب بهتر محلول غذایی، مقداری مویان به محلول غذایی تهیه شده اضافه شد.

پس از تهیه نقشه کاشت اقدام به عملیات آماده‌سازی زمین و ایجاد جوی و پشته گردید. در تاریخ ۱۳۹۵/۴/۱۴ بذور ذرت (*Zea mays convar. saccharata* var. rugosa) به فاصله ۲۵ سانتی‌متر در محل داغ آب پشته‌هایی که به فاصله ۶۰ سانتی‌متری از هم قرار داشتند و در عمق ۴ سانتی‌متری پشته به‌صورت خشکه‌کاری کاشته شد. برای اطمینان از سبز شدن در هر محل، دو عدد بذر استفاده گردید. آبیاری به‌صورت جوی و پشته انجام شد. اولین آبیاری ۲ روز پس از کاشت و آبیاری‌های بعد با فاصله هر ۵ روز یک بار اعمال گردید. مقادیر آب ورودی به تیمارهای مختلف با کارگذاری پارشال فلوم W.S.C تیپ ۳ و اندازه‌گیری

ارتفاع، سطح مقطع و زمان عبور آب از پارشال فلوم اندازه‌گیری شد. جهت تجزیه خاک محل اجرای طرح، یک نمونه خاک از ۶ نقطه‌ی مزرعه از اعماق ۳۰-صفر سانتی‌متری تهیه و به آزمایشگاه ارسال گردید. پس از تجزیه، وضعیت فیزیکی و شیمیایی خاک به شرح جدول ۱ تعیین شد. پس از رسیدگی فیزیولوژیک، عملیات برداشت آغاز و پس از حذف ردیف‌های کناری هر کرت، تعداد ۵ نمونه از ردیف میانی با حذف ۰/۵ متر از حاشیه‌ها برداشت و به تفکیک هر کرت جهت اندازه گیری‌های لازم به آزمایشگاه منتقل گردید. برداشت نهایی از مساحتی معادل یک متر مربع از بوته‌های موجود در ردیف دوم کاشت از هر کرت انجام گردید. سپس دانه‌ها از بلال جدا شده و وزن دانه‌ها در بوته‌های یک مترمربع اندازه‌گیری شد. برای اندازه‌گیری کربوهیدرات‌های محلول عصاره دانه استخراج شد. ۰/۱ میلی‌لیتر عصاره الکلی با ۳ میلی‌لیتر آنترون تازه تهیه شده (۱۵۰ میلی‌گرم آنترون+ ۱۰۰ میلی‌لیتر سولفوریک اسید ۷۲ ٪) مخلوط گردید. این محلول ده دقیقه در حمام آب جوش قرار داده شد تا واکنش انجام و رنگی شود. سپس میزان جذب آن با اسپکتروفتومتر در طول موج ۶۲۵ نانومتر قرائت و مقدار قندهای محلول محاسبه شد. برای تجزیه گیاه، یک گرم ماده خشک دانه در دمای ۵۵۰ درجه سلسیوس خاکستر شده و ۵ میلی‌لیتر کلریدریک اسید ۲ نرمال به آن افزوده شده و نمونه حل شده از کاغذ صافی واتمن ۴۲ عبور داده و حجم محلول صاف شده با آب مقطر، به ۲۵ میلی‌لیتر رسانیده شد. غلظت عناصر با استفاده از دستگاه جذب اتمی اندازه‌گیری گردید. برای برآورد هزینه اعمال تیمارها و سود حاصله از اعمال تیمارها بر اساس تولید گیاه، هزینه‌های مرتبط با تهیه و مصرف کودهای آهن و روی، هزینه کارگری، هزینه سم‌پاش موتوری بر اساس دفعات محلول‌پاشی محاسبه شد.

قبل از تجزیه آماری، آزمون نرمال بودن داده‌ها انجام و سپس تجزیه و تحلیل آماری داده‌های به‌دست 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 نرم افزار Excel استفاده گردید.

نتایج و بحث

با توجه به نتایج حاصل از این مطالعه، در بین صفات تعداد دانه در بلال و وزن صد دانه، در تیمار کاربرد توام آهن و روی با غلظت ۵ در هزار بیشترین تعداد دانه در بلال و در تیمارهای کاربرد توام آهن و روی با غلظت ۲/۵ در هزار و کاربرد جداگانه آهن و روی با غلظت ۲/۵ در هزار بیشترین وزن صد دانه به‌دست آمد (جدول ۳). روی و آهن از اجزای اصلی آنزیم‌ها در گیاهان هستند و کمبود هر یک باعث کاهش رشد گیاهان می‌شود. کمبود هر یک از عناصر غذایی، اثر مثبت عناصر غذایی دیگر را کاهش خواهد داد (Heidarian *et al*., 2011). بنابراین، کاربرد توام کودها باعث رشد بهتر گیاهان می‌شود. تداخل مثبت این دو کود در سایر تحقیقات نیز به اثبات رسیده است. فیزیولوژیست‌ها بر این باورند که هر یک از کودهای آهن و روی، با افزایش رشد ریشه‌ها، می‌توانند جذب عنصر دیگر را افزایش دهند که در این شرایط بر میزان تاثیر کودها در رشد گیاهان افزوده می‌شود. کود روی افزایش رشد ریشه‌های گیاهان را باعث می‌گردد (Stravinskiene and Racaite, 2014؛ Genc *et al*., 2007). بی شک افزایش رشد ریشه‌ها میزان

جذب آب و مواد غذایی توسط گیاهان و در نتیجه رشد بخش‌های مختلف گیاهان را افزایش خواهد داد. در این مطالعه، کاربرد آهن و روی مؤثرترین تیمار کودی از نظر تعداد دانه بود. حیدریان و همکاران (Heidarian *et al*., 2011) گزارش نمودند که روی و آهن نقش مهمی را در فتوسنتز و تخصیص مواد فتوسنتزی به بخش‌های مختلف گیاهان بر عهده دارند. بر اساس گزارش این پژوهشگران نیز کاربرد آهن و روی به‌صورت توام نقش مثبت بیشتری را نسبت به کاربرد هر یک به تنهایی بر تولید ماده خشک در گیاهان دارد. باتال و تیلکلیاوغلو (Battal and Tüleklüoúlu, 2001) اظهار داشتند که کاربرد کود آهن میزان سنتز سیتوکینین را در گیاهان افزایش می‌دهد. لذا کاربرد این کود با افزایش میزان فعالیت هورمون‌ها بر تعداد گل تولید شده تاثیر می‌گذارد.

با توجه به نتایج حاصل از تجزیه واریانس صفات، اثر زمان کاربرد کود در تمامی صفات مورد مطالعه معنی‌دار بود. اثر زمان کاربرد کود بر میزان آهن دانه بسته به نوع کود متفاوت بود، ولی در صفات طول بلال، قطر بلال، تعداد دانه در بلال، وزن صد دانه و عملکرد دانه، غلظت پروتئین، کربوهیدرات‌های محلول و آهن و روی دانه اثر زمان کاربرد کود مستقل از نوع کود بود (جدول ۲). در این بررسی در اغلب صفات مورد بررسی، مصرف خاکی کودها مؤثرترین تیمار بوده و صفات طول بلال، قطر بلال، تعداد دانه در بلال و عملکرد دانه خشک را به‌ترتیب به‌میزان ۱۸/۲، ۱۷/۲، ۱۰/۷ و ۱۹/۶ درصد افزایش داد. در بین این صفات، در صفات طول بلال، تعداد دانه در بلال و عملکرد دانه خشک حتی یک بار محلول‌پاشی در مرحله رشد رویشی نیز افزایش مشابهی همچون مصرف خاکی کودها را نسبت به شاهد باعث شد، اما در صفات ارتفاع بوته، وزن خشک برگ و قطر بلال حداقل ۲ بار محلول‌پاشی در دو مرحله ۶-۸ برگی و ظهور گل‌آذین نر جهت اثر بخشی مشابه با مصرف خاکی کودها لازم بود (جدول ۴). نتایج این بررسی نشان داد که در تعدادی از صفات تنها محلول‌پاشی کودها در یک مرحله نمی‌تواند کارآیی مصرف خاکی کود را داشته باشد و محلول‌پاشی کودها در سه مرحله و حداقل در دو مرحله رشد رویشی و آغاز گلدهی جهت افزایش صفات مشابه با مصرف خاکی کودهای آهن و روی لازم است. محققان دیگر نیز گزارش نموده‌اند که محلول‌پاشی کودها تنها در یک مرحله نمی‌تواند از کارآیی کافی در افزایش رشد گیاهان برخوردار باشد (Ehsanollah *et al*., 2015). این نتایج نشان می‌دهد که مرحله رشد رویشی ضروری‌ترین زمان از نظر پاسخ به کودهای کم‌مصرف آهن و روی از نظر رشد بوته و بلال به شمار می‌رود، اما جهت تکمیل اثر محلول‌پاشی مرحله رشد رویشی، نیاز به محلول‌پاشی در آغاز مرحله رشد زایشی نیز است. آدولوجو و عبدالمالیک (Aduloju and Abdulmalik, 2013) در بررسی که انجام دادند، مشاهده کردند که کاربرد کود کم‌مصرف روی همراه با کود شیمیایی نیتروژنه افزایش بیشتری را در رشد ذرت باعث می‌شود، چرا که اغلب اثرمتقابل مثبت بین کودها وجود دارد و کاربرد یکی از کودها می‌تواند جذب، انتقال و اسیمیلاسیون کودهای دیگر را به‌طور مثبت تحت تاثیر قرار دهد (Kow and Nabwami, 2015). نتایج این بررسی نشان می‌دهد که زمان کاربرد کودها در تاثیر آنها نقش مهمی دارد، چرا که رشد بلال‌ها در مرحله پر شدن دانه متوقف می‌شود و بنابراین محلول‌پاشی کودها در این مرحله تاثیری بر قطر بلال‌های ذرت نخواهد داشت. اما در این

بررسی، کودهای آهن و روی تاثیر مثبتی بر ارتفاع بوته‌های ذرت داشت. دو کود آهن و روی با تاثیری که بر رشد برگ‌ها و میزان فتوسنتز برگ‌ها دارند، باعث افزایش میزان اسیمیلات‌های تولیدی و انتقال آن به ساقه‌ها می‌شوند (Nawaz *et al*., 2015). از سوی دیگر هر دو کود میزان تولید جیبرلین را که در رشد ساقه‌ها نقش مهمی دارد، افزایش می‌دهد و از این طریق رشد بوته‌ها را افزایش می‌دهد (Mollasadeghi *et al*., 2015؛ Moghadam *et al*., 2013). مثنی و خلیلوند بهروزیار (Mosanna and Khalilvand Behrozyar, 2015) نیز در بررسی مشابهی افزایش ۱۸/۵ درصدی ارتفاع بوته‌های ذرت را با کاربرد کود نانو روی گزارش نمودند.

رشد بلال‌های ذرت حاصل تولید فرآورده‌های فتوسنتری در برگ‌های ذرت و برگ‌های روی بلال و انتقال آنها به بلال‌ها است. بررسی‌ها نشان داده که عنصر روی میزان فتوسنتز گیاه و انتقال اسیمیلات‌ها به بخش‌های زایشی و همچنین قدرت مخزن را افزایش می‌دهد (Grezebisz *et al*., 2008). سجادی‌خسرقی و یارنیا (Sajjadi Khasragi and Yarnia, 2014) نیز بیان نمودند که محلول‌پاشی عنصر روی در مرحله ظهور گل‌آذین نر رشد بلال‌ها را افزایش می‌دهد. پوتراسیزکی و گرسبسز (Potarzycki and Grzebisz, 2009) تاثیر محلول‌پاشی بوته‌های ذرت با غلظت‌های مختلف کود روی را مورد مطالعه قرار داده و مشاهده نمودند که کاربرد کود روی طول بلال‌های ذرت را به میزان ۹/۴ درصد افزایش می‌دهد. قزوینه و یوسفی (Ghazvineh and Yousefi. 2012) نیز افزایش طول بلال‌های ذرت را با کاربرد کود آهن گزارش نمودند. این پژوهشگران مشاهده نمودند که کاربرد کود آهن به میزان ۱۳ درصد بر طول بلال‌های ذرت افزود. احسان‌الله و همکاران (Ehsanullah *et al*., 2015) نشان دادند که کاربرد کود روی باعث افزایش معنی‌دار تعداد دانه در بلال ذرت می‌شود.

در تیمارهای مصرف خاکی کودها، محلول‌پاشی در دو مرحله رشد رویشی و ظهور گل‌آذین نر و محلول‌پاشی در سه مرحله رشد رویشی، ظهور گل‌آذین نر و پر شدن دانه، وزن صد دانه ذرت در مقایسه با شاهد به‌ترتیب ۵، ۶ و ۶ درصد کمتر بود. سایر تیمارهای مورد مطالعه تاثیری بر وزن صد دانه ذرت نداشت (جدول ۴). کاهش وزن صد دانه تحت تاثیر کاربرد کود می‌تواند ناشی از افزایش تعداد دانه‌ها باشد. چراکه در شرایط محدودیت تولید اسیمیلات‌ها، با افزایش تعداد دانه، اسیمیلات‌های موجود برای پرکردن هر دانه کاسته شده و از وزن دانه‌ها نیز کاسته می‌شود (Felekari *et al*., 2014). با توجه به نتایج به دست آمده از این بررسی از نظر عملکرد خشک دانه، کارآیی محلول‌پاشی حتی در صورت محلول‌پاشی تنها در مرحله رشد رویشی، معادل مصرف خاکی کودهای میکرو بود. صفیان و همکاران (Safyan *et al*., 2012) نیز افزایش معنی‌دار عملکرد دانه ذرت را با کاربرد کودهای آهن و روی گزارش نمودند. همچنین، موسوی فیض‌آبادی و همکاران (Mosavi feyzabadi *et al*., 2013) و طاریق و همکاران (Tariq *et al*., 2014) نیز افزایش معنی‌دار عملکرد دانه ذرت را با کاربرد کود روی مشاهده نمودند. این پژوهشگران مشاهده نمودند که کاربرد کود روی هر دو جزء اصلی عملکرد دانه ذرت، یعنی تعداد دانه و وزن صد دانه ذرت را افزایش می‌دهد. طاهری اشترینانی و فتحی (Taheri Oshtryani and Fathi, 2016) بیان کردند که محلول‌پاشی

سالیسیلیک اسید ومیکوریزا می‌تواند عملکرد دانه را از طریق تولید بوته‌های قوی‌تر گیاهی و بهبود اجزای عملکرد، افزایش دهد. در این بررسی بیشترین درصد پروتئین در دانه‌های ذرت در تیمار محلول‌پاشی در دو مرحله رشد رویشی و ظهور گل‌آذین نر با ۱۲/۴ درصد به‌دست آمد. کمترین آن نیز با ۱۲/۲ درصد مربوط به تیمار شاهد و محلول‌پاشی در مرحله پر شدن دانه بود. تیمارهای مصرف خاکی کودها، محلول‌پاشی در مرحله رشد رویشی، محلول‌پاشی در دو مرحله رشد رویشی و ظهور گل‌آذین نر و محلول‌پاشی در سه مرحله رشد رویشی، ظهور گل‌آذین نر و پر شدن دانه درصد پروتئین دانه‌های ذرت را به ترتیب ۱۱، ۹، ۱۸ و ۱۵ درصد افزایش داد (جدول ۴). نریمانی و همکاران (Narimani *et al*, 2010) طی بررسی که انجام دادند، مشاهده کردند که کاربرد آهن و روی افزایش معنی‌داری را در درصد پروتئین دانه‌های ذرت باعث می‌شود. این پژوهشگران مشاهده نمودند که کاربرد توام کودهای آهن و روی افزایش بیشتری را در درصد پروتئین باعث می‌گردد. مقایسه میانگین‌های محتوای کربوهیدرات‌های محلول تحت تاثیر نوع کود، حاکی از اثر بیشتر کاربرد توام کودها در مقایسه با کاربرد هر یک به تنهایی است. به‌طوری‌که، بیشترین محتوای کربوهیدرات‌های محلول با ۱۶/۱ درصد در تیمار کاربرد توام آهن و روی با غلظت ۵ در هزار مشاهده شد، ولی کمترین آن با ۱۳/۹ درصد در تیمار کاربرد روی با غلظت ۲/۵ در هزار به‌دست آمد (جدول ۳). در این بررسی در بین تیمارهای مورد بررسی محلول‌پاشی در مرحله رشد رویشی، محلول‌پاشی در مرحله ظهور گل‌آذین نر و محلول‌پاشی در مرحله پرشدن دانه تاثیر معنی‌داری بر محتوای کربو هیدرات‌های محلول ذرت نداشتند، ولی تیمارهای مصرف خاکی کودها، محلول‌پاشی در دو مرحله رشد رویشی و ظهور گل‌آذین نر و محلول‌پاشی در سه مرحله رشد رویشی، ظهور گل‌آذین نر و پرشدن دانه افزایش معنی‌دار و مشابهی را از نظر آماری در این صفت باعث گردیدند. این سه تیمار به‌ترتیب ۲۴، ۲۳ و ۲۱ درصد بر محتوای کربوهیدرات‌های محلول در برگ‌های ذرت افزودند. لذا، با توجه به نتایج به دست آمده از این بررسی، محلول‌پاشی در دو مرحله رویشی و آغاز مرحله زایشی (ظهور گل‌آذین نر) نیز کارآیی مشابهی از نظر محتوای کربوهیدرات‌های محلول با مصرف خاکی این کودها خواهد داشت (جدول ۴). بررسی‌ها نشان داده است که کاربرد کود روی باعث افزایش میزان کربوهیدرات‌های محلول می‌شود، که از دلایل مهم آن افزایش میزان فتوسنتز برگ‌ها در اثر کاربرد کود روی است که نتایج مشابهی توسط کرام و همکاران (Keram *et al*., 2012) در گندم گزارش شده است. بیشترین غلظت عنصر روی در دانه مربوط به تیمار کاربرد روی با غلظت ۵ در هزار بود. در این تیمار غلظت روی ۲۸/۹ میلی‌گرم در کیلوگرم به دست آمد. کمترین غلظت روی نیز با ۱۴/۸ و ۱۴/۶ میلی‌گرم در کیلوگرم در تیمارهای کاربرد آهن با غلظت ۲/۵ در هزار و کاربرد آهن با غلظت ۵ در هزار به‌دست آمد. لذا تیمارهای کودی افزایش قابل ملاحظه‌ای را در غلظت روی دانه‌های ذرت باعث شد (جدول ۳). در این مطالعه تمامی تیمارهای مورد بررسی به‌غیر از محلول‌پاشی در مرحله رشد رویشی افزایش معنی‌دار و مشابهی را در غلظت روی در دانه‌های ذرت باعث شد. تیمارهای مصرف خاکی کودها، محلول‌پاشی در مرحله ظهور گل‌آذین نر، محلول‌پاشی در دو

مرحله رشد رویشی و ظهور گل‌آذین نر، محلول‌پاشی در مرحله پرشدن دانه و محلول‌پاشی در سه مرحله رشد رویشی، ظهور گل‌آذین نر و پر شدن دانه، غلظت روی در دانه‌های ذرت را به ترتیب ۳۶، ۴۵، ۴۶، ۴۴ و ۴۶ درصد افزایش داد (جدول ۴). در این مطالعه بیشترین غلظت آهن دانه‌های ذرت با ۴۴/۵ میلی‌گرم در کیلوگرم در تیمار کاربرد توام آهن و روی با غلظت ۵ در هزار همراه با محلول‌پاشی در دو مرحله رشد رویشی و ظهور گل‌آذین نر به‌دست آمد. پس از این تیمار، بیشترین غلظت آهن دانه به‌ترتیب متعلق به کاربرد آهن با غلظت ۵ در هزار همراه با محلول‌پاشی در سه مرحله رشد رویشی، ظهور گل‌آذین نر و پرشدن دانه و کاربرد توام آهن و روی با غلظت ۲/۵ در هزار همراه با مصرف خاکی کودها بود. در این بررسی هیچکدام از تیمارهای کودی روی تاثیر معنی‌داری بر محتوای آهن دانه‌های ذرت نداشتند. در صورت کاربرد آهن با مقدار کاربرد کم نیز تنها تیمار مصرف خاکی کودها صفت مورد بحث را افزایش داد، با این وجود در مقدار مصرف بالا یا کاربرد آهن با غلظت ۵ در هزار محلول‌پاشی حتی در یک مرحله آغاز ظهور گل‌آذین نر نیز افزایش معنی‌دار این صفت را باعث گردید. در شرایط کاربرد توام کودها نیز نتایج مشابهی به دست آمد (جدول ۵).

کارآیی مصرف کود و سود حاصل از آن

با توجه به‌نتایج به‌دست آمده از این بررسی در صورت کاربرد آهن به تنهایی، بیشترین کارآیی مصرف کود در صورت محلول‌پاشی آهن با غلظت ۵ در هزار به‌دست آمد. پس از این تیمار نیز بیشترین میزان کارآیی مصرف آهن متعلق به تیمار کاربرد خاکی ۱۰ کیلوگرم در هکتار آهن بود. اما در صورت کاربرد کود روی بیشترین کارآیی مصرف کود در صورت محلول‌پاشی بوته‌های ذرت با غلظت ۲/۵ در هزار روی و پس از آن کاربرد ۵ کیلوگرم در هکتار روی به‌صورت مصرف خاکی به‌دست آمد. در صورت کاربرد توام کودها نیز بیشترین کارآیی مصرف کود با کاربرد خاکی آهن و روی به مقدار ۵ کیلوگرم در هکتار به دست آمد. این تیمار بیشترین کارآیی مصرف کود را در بین تیمارهای کودی داشت (جدول ۶).

در این بررسی در بین تیمارهای مورد بررسی تنها ۳ تیمار دارای سود بیشتری نسبت به عدم کاربرد کودها داشتند که شامل کاربرد خاکی ۵ و ۱۰ کیلوگرم در هکتار آهن و محلول‌پاشی آهن و روی در دو مرحله رویشی و آغاز مرحله زایشی با غلظت ۵ در هزار بود که در این بین تیمار کاربرد خاکی ۱۰ کیلوگرم در هکتار آهن از نظر سود حاصله اختلاف چندانی با تیمار شاهد نداشتند. لذا، تنها در دو تیمار کاربرد خاکی ۵ کیلوگرم در هکتار آهن و محلول‌پاشی آهن و روی در دو مرحله رویشی و آغاز مرحله زایشی با غلظت ۵ در هزار، افزایش سود به‌ترتیب معادل با ۳/۳۴۸/۵۰۰ و ۲/۷۱۲/۹۸۰ ریال درآمد خالص در هکتار حاصل گردید.

نتیجه‌گیری کلی

با توجه به نتایج این بررسی، مصرف خاکی کودها از مؤثرترین تیمارها جهت بهبود تیمارهای مورد بررسی بود. اما در اغلب صفات و از جمله تعداد دانه در بلال، وزن صد دانه، عملکرد دانه، درصد پروتئین و کربوهیدرات‌های محلول، مصرف محلول‌پاشی در هر سه مرحله از کارآیی مشابهی با مصرف خاکی کودها برخوردار بود و حتی در اغلب این صفات محلول پاشی در دو مرحله رشد رویشی و تاسل‌دهی نیز توانست اثری مشابه با مصرف خاکی کودها و محلول‌پاشی در هر سه مرحله

داشته باشد. در صورت کاربرد توام کودها نیز بیشترین کارآیی مصرف کود با کاربرد خاکی آهن و روی به مقدار ۵ کیلوگرم در هکتار به‌دست آمد. این تیمار بیشترین کارآیی مصرف کود را در بین تیمارهای کودی داشت. تنها در دو تیمار کاربرد خاکی ۵ کیلوگرم در هکتار آهن و محلول‌پاشی آهن و روی در دو مرحله رویشی و آغاز مرحله زایشی با غلظت ۵ در هزار، سود مناسبی ناشی از عملیات اجرا شده حاصل گردید.

جدول ۱- نتیجه‌ی آزمون تجزیه خاک

Table 1- soil analysis variance of traits

بافت خاک Soil texture	رس Clay (٪)	سیلت silt (٪)	شن sand (٪)	روی قابل‌جذب Zn	آهن قابل‌جذب Fe	پتاسیم قابل جذب K	فسفر قابل جذب P	نیتروژن کل T.N (%)	کربن آلی (%)O.C	درصد مواد خنثی شونده TNV	pH گل اشباع pH	هدایت الکتریکی EC (dS/m)
				(mg/kg)								
لوم شنی Sandy lomy	12	21	67	0.52	2.21	194	53.22	0.215	2.24	17.25	7.87	1.84

جدول ۲- تجزیه واریانس صفات مورد بررسی در ذرت شیرین

Table 2- Analysis of variance of traits in sweet maize

منابع تغییر S.O.V.	درجه آزادی df	طول بلال Cob length	قطر بلال Cob diameter	تعداد دانه در بلال Number of grain per cob	وزن صد دانه 100 grain weight	عملکرد دانه Grain yield	درصد پروتئین Protein content	کربوهیدرات محلول دانه Carbohydrate content	غلظت آهن روی در دانه Grain zinc content	غلظت روی در دانه Grain Fe content
تکرار rep	2	36.26	0.135	112.06	1.03	4437.63	1.441	7.732	71.964 ^{ns}	99.117 ^{ns}
نوع کود Fertilizer type	5	7.89	1.593	1167.865**	4.327*	11376.5	4.338	13.640*	837.044**	790.257**
خطای اصلی Main error	10	14.153	0.587	103.317	1.128	8067.087	2.418	3.019	48.446	46.647
زمان کاربرد Time of application	6	91.356**	3.767**	2655.335**	12.798**	60875.608**	13.472**	41.362**	261.712**	183.388**
نوع×زمان کاربرد کود application time×Type	30	10.526	0.348	200.597	2.615	7359.418	2.309	6.092	51.899 ^{ns}	68.719**
خطای فرعی Sub error	72	16.308	0.268	132.868	2.299	7984.446	2.097	4.322	33.515	28.813
ضریب تغییرات (درصد) c.v (%)		12.09	8.07	4.12	6.15	13.17	10.92	13.81	25.97	22.2

** و * به ترتیب نشان دهنده معنی داری در سطح احتمال یک و ۵ درصد

جدول ۳- مقایسه میانگین‌های صفات تحت تاثیر نوع کود

Table 3- Mean comparision of traits under fertilizer type effect

نوع کود fertilizer type	تعداد دانه در بلال grain number per cob	وزن صد دانه 100 grain weight	کربوهیدرات محلول دانه carbohydrate content	غلظت روی دانه Grain zinc content (mg/kg.dw)
کاربرد آهن با غلظت ۲/۵ در هزار یا ۱۵ کیلوگرم در هکتار application of iron fertilizer in 2.5/100 concentration or 15kg/ha	277.7 c	25.16 a	14.40 bc	14.87 d
کاربرد آهن با غلظت ۵ در هزار یا ۳۰ کیلوگرم در هکتار application of iron fertilizer in 5/100 concentration or 15kg/ha	279.3 bc	24.48 ab	15.45 ab	14.62 d
کاربرد روی با غلظت ۲/۵ در هزار یا ۱۵ کیلوگرم در هکتار application of zinc fertilizer in 2.5/100 concentration or 15kg/ha	269.2 d	24.95 a	13.94 c	22.94 c
کاربرد روی با غلظت ۵ در هزار یا ۳۰ کیلوگرم در هکتار application of zinc fertiliz er in 5/100 concentration or 15kg/ha	285.3 ab	24.47 ab	15.47 ab	28.91 a
کاربرد آهن و روی با غلظت ۲/۵ در هزار یا ۱۵ کیلوگرم در هکتار application of iron and zinc fertilizer in 2.5/100 concentration or 15kg/ha	275.4 cd	24.92 a	14.92 abc	23.90 bc
کاربرد آهن و روی با غلظت ۵ در هزار یا ۳۰ کیلوگرم در هکتار application of iron and zinc fertilizer in 5/100 concentration or 15kg/ha	290.4 a	23.91 b	16.17 a	28.50 ab

جدول ۴- مقایسه میانگین‌های صفات تحت تاثیر زمان کاربرد کود

Table 4- Mean comparision of traits under time of fertilizer application effect

زمان کاربرد کود time of fertilizer application	طول بلال cob length (cm)	قطر بلال cob diameter (cm)	تعداد دانه در بلال number of grain per cob	وزن صد دانه 100 grain weight (g)
شاهدcontrol	30.11 c	5.839 c	261.8 c	25.26 a
خاک مصرفsoil application	35.62 a	6.817 ab	289.4 a	23.97 b
محلول‌پاشی در مرحله ۶-۸ برگی foliar application in growth stage	33.53 ab	6.494 b	283.4 a	24.71 ab
محلول‌پاشی در مرحله ظهور گل‌آذین نر foliar application in tasseling	33.03 ab	6.078 c	275.6 b	25.46 a
محلول‌پاشی در دو مرحله ۶-۸ برگی و ظهور گل‌آذین نر foliar application in 6-8 leaf stage and tasseling	35.49 a	6.989 a	289.8 a	23.62 b
محلول‌پاشی در مرحله پر شدن دانه foliar application in grain filling	30.83 bc	5.967 c	265.5 c	25.68 a
محلول‌پاشی در هر سه مرحله ۶-۸ برگی و آغاز تشکیل تاسل و پر شدن دانه foliar application in 6-8 leaf stage, tasseling and grain filling	35.29 a	6.750 ab	291.3 a	23.85 b

ادامه جدول ۴

Table 4- Continued

زمان کاربرد کود time of fertilizer application	وزن صد دانه 100 grain weight (gr)	عملکرد دانه خشک grain yield (gr/m2)	درصد پروتئین Protein content (%)	کربوهیدرات محلول دانه Carbohydrate content (%)	غلظت روی دانه Grain zinc content (mg/kgdw)
شاهدcontrol	25.26 a	605.8 c	12.26 d	13.52 bc	19.10 d
خاک مصرفsoil application	23.97 b	724.5 ab	13.59 abc	16.80 a	25.97 ab
محلول‌پاشی در مرحله ۶-۸ برگی foliar application in growth stage	24.71 ab	680.0 ab	13.38 bc	14.82 b	20.36 cd
محلول‌پاشی در مرحله ظهور گل‌آذین نر foliar application in tasseling	25.46 a	662.4 bc	12.86 cd	14.07 bc	20.47 cd
محلول‌پاشی در دو مرحله ۶-۸ برگی و ظهور گل‌آذین نر foliar application in 6-8 leaf stage and tasseling	23.62 b	734.4 a	14.46 a	16.61 a	28.43 a
محلول‌پاشی در مرحله پر شدن دانه foliar application in grain filling	25.68 a	603.4 c	12.21 d	13.24 c	18.16 d
محلول‌پاشی در هر سه مرحله ۶-۸ برگی و آغاز تشکیل گل‌آذین نر و پر شدن دانه foliar application in 6-8 leaf stage, tasseling and grain filling	23.85 b	740.6 a	14.06 ab	16.35 a	23.56 bc

جدول ۵- مقایسه میانگین‌های صفات تحت تاثیر نوع کود و زمان کاربرد کود

Table 5- Mean comparision of traits under fertilizer type and time of fertilizer application effect

نوع کود Fertilizer type	زمان کاربرد کود Time of fertilizer application	غلظت آهن Grain Fe content (mg/kg.dw)
کاربرد آهن با غلظت ۲/۵ در هزار یا ۱۵ کیلوگرم در هکتار Application of iron fertilizer in 2.5/100 concentration or 15kg/ha	شاهدcontrol	19.37 i-n
	خاک مصرفsoil application	27.13 c-j
	محلول‌پاشی در مرحله ۶-۸ برگیFoliar application in growth stage	19.20 i-n
	محلول‌پاشی در مرحله ظهور گل‌آذین نر Foliar application in tasseling	26.63 d-k
	محلول‌پاشی در هر دو مرحله Foliar application in 2 stage	20.07 i-n
	محلول‌پاشی در مرحله پر شدن دانهFoliar application in grain filling	19.87 i-n
	محلول‌پاشی در هر سه مرحله Foliar application in 3 stages	20.37 i-n
کاربرد آهن با غلظت ۵ در هزار یا ۳۰ کیلوگرم در هکتار Application of iron fertilizer in 5/100 concentration or 15kg/ha	شاهدcontrol	20.27 i-n
	خاک مصرفsoil application	35.13 b-d
	محلول‌پاشی در مرحله ۶-۸ برگیFoliar application in growth stage	29.03 c-i
	محلول‌پاشی در مرحله ظهور گل‌آذین نر Foliar application in tasseling	31.57 b-h
	محلول‌پاشی در هر دو مرحله Foliar application in 2 stage	34.90 b-d
	محلول‌پاشی در مرحله پر شدن دانهFoliar application in grain filling	20.43 i-n
	محلول‌پاشی در هر سه مرحله Foliar application in 3 stages	41.43 ab
کاربرد روی با غلظت ۲/۵ در هزار یا ۱۵ کیلوگرم در هکتار Application of zinc fertilizer in 2.5/100 concentration or 15kg/ha	شاهدcontrol	15.67 l-n
	خاک مصرفsoil application	18.97 i-n
	محلول‌پاشی در مرحله ۶-۸ برگیFoliar application in growth stage	20.27 i-n
	محلول‌پاشی در مرحله ظهور گل‌آذین نر Foliar application in tasseling	15.33 mn
	محلول‌پاشی در هر دو مرحله Foliar application in 2 stage	17.97 j-n
	محلول‌پاشی در مرحله پر شدن دانهFoliar application in grain filling	15.10 mn
	محلول‌پاشی در هر سه مرحله Foliar application in 3 stages	20.90 i-n
کاربرد روی با غلظت ۵ در هزار یا ۳۰ کیلوگرم در هکتار Application of zinc fertilizer in 5/100 concentration or 15kg/ha	شاهدcontrol	17.80 j-n
	خاک مصرفsoil application	16.27 k-n
	محلول‌پاشی در مرحله ۶-۸ برگیFoliar application in growth stage	18.90 i-n
	محلول‌پاشی در مرحله ظهور گل‌آذین نر Foliar application in tasseling	17.30 j-n
	محلول‌پاشی در هر دو مرحله Foliar application in 2 stage	17.00 j-n
	محلول‌پاشی در مرحله پر شدن دانهFoliar application in grain filling	12.50 n
	محلول‌پاشی در هر سه مرحله Foliar application in 3 stages	20.07 i-n
کاربرد آهن و روی با غلظت ۲/۵ در هزار یا ۱۵ کیلوگرم در هکتار Application of iron and zinc fertilizer in 2.5/100 concentration or 15kg/ha	شاهدcontrol	23.50 f-m
	خاک مصرفsoil application	36.93 a-c
	محلول‌پاشی در مرحله ۶-۸ برگیFoliar application in growth stage	24.57 e-m
	محلول‌پاشی در مرحله ظهور گل‌آذین نر Foliar application in tasseling	23.77 e-m
	محلول‌پاشی در هر دو مرحله Foliar application in 2 stage	32.87 b-g
	محلول‌پاشی در مرحله پر شدن دانهFoliar application in grain filling	26.10 d-l
	محلول‌پاشی در هر سه مرحله Foliar application in 3 stages	23.27 g-m
کاربرد آهن و روی با غلظت ۵ در هزار یا ۳۰ کیلوگرم در هکتار Application of iron and zinc fertilizer in 5/100 concentration or 15kg/ha	شاهدcontrol	22.13 h-n
	خاک مصرفsoil application	23.67 e-m
	محلول‌پاشی در مرحله ۶-۸ برگیFoliar application in growth stage	33.97 b-e
	محلول‌پاشی در مرحله ظهور گل‌آذین نر Foliar application in tasseling	33.73 b-f
	محلول‌پاشی در هر دو مرحله Foliar application in 2 stage	44.57 a
	محلول‌پاشی در مرحله پر شدن دانهFoliar application in grain filling	25.27 d-m
	محلول‌پاشی در هر سه مرحله Foliar application in 3 stages	31.80 b-h

جدول ۶- کارآیی مصرف کود و سود حاصل از تیمارهای مورد بررسی

Table 6- Fertilizer use efficiency and profit obtaind traits surveyed

نوع کود Fertilizer type	زمان کاربرد کود Time of fertilizer application	کارآیی مصرف کودها FUE	برآورد هزینه Cost Estimation (تومان در هکتار)	سود Profit (تومان)
کاربرد آهن با غلظت ۲/۵ در هزار یا ۱۵ کیلوگرم در هکتار Application of iron fertilizer in 2.5/100 concentration or 15kg/ha	شاهد control		3550000	1494322
	خاک مصرف soil application	2.382	4350000	815066
	محلول‌پاشی در مرحله ۶-۸ برگی Foliar application in growth stage	6.351	4350000	974618
	محلول‌پاشی در مرحله ظهور گل‌آذین نر Foliar application in tasseling	-3.801	4350000	566472
	محلول‌پاشی در هر دو مرحله Foliar application in 2 stage	-9.667	4550000	130656
	محلول‌پاشی در مرحله پر شدن دانه Foliar application in grain filling	-8.237	4350000	388128
	محلول‌پاشی در هر سه مرحله Foliar application in 3 stages	3.371	4750000	454790
کاربرد آهن با غلظت ۵ در هزار یا ۳۰ کیلوگرم در هکتار Application of iron fertilizer in 5/100 concentration or 15kg/ha	شاهد control		3550000	1494322
	خاک مصرف soil application	11.633	4950000	885657
	محلول‌پاشی در مرحله ۶-۸ برگی Foliar application in growth stage	14.05	4950000	1080385
	محلول‌پاشی در مرحله ظهور گل‌آذین نر Foliar application in tasseling	6.398	4950000	464733
	محلول‌پاشی در هر دو مرحله Foliar application in 2 stage	16.883	5150000	1107700
	محلول‌پاشی در مرحله پر شدن دانه Foliar application in grain filling	-0.485	4950000	-88787
	محلول‌پاشی در هر سه مرحله Foliar application in 3 stages	4.254	5350000	-107641
کاربرد روی با غلظت ۲/۵ در هزار یا ۱۵ کیلوگرم در هکتار Application of zinc fertilizer in 2.5/100 concentration or 15kg/ha	شاهد control		3550000	1494322
	خاک مصرف soil application	10.480	4050000	1151448
	محلول‌پاشی در مرحله ۶-۸ برگی Foliar application in growth stage	17.028	4050000	1414707
	محلول‌پاشی در مرحله ظهور گل‌آذین نر Foliar application in tasseling	-2.948	4050000	611632
	محلول‌پاشی در هر دو مرحله Foliar application in 2 stage	6.844	4250000	805303
	محلول‌پاشی در مرحله پر شدن دانه Foliar application in grain filling	-0.030	4050000	728922
	محلول‌پاشی در هر سه مرحله Foliar application in 3 stages	26.470	4450000	1394247
کاربرد روی با غلظت ۵ در هزار یا ۳۰ کیلوگرم در هکتار Application of zinc fertilizer in 5/100 concentration or 15kg/ha	شاهد control		3550000	1494322
	خاک مصرف soil application	11.3126	4350000	1829172
	محلول‌پاشی در مرحله ۶-۸ برگی Foliar application in growth stage	2.873	4350000	1150643
	محلول‌پاشی در مرحله ظهور گل‌آذین نر Foliar application in tasseling	-4.256	4350000	577429
	محلول‌پاشی در هر دو مرحله Foliar application in 2 stage	0.601	4550000	768037
	محلول‌پاشی در مرحله پر شدن دانه Foliar application in grain filling	-4.372	4350000	568088
	محلول‌پاشی در هر سه مرحله Foliar application in 3 stages	9.325	4750000	1269383
کاربرد آهن و روی با غلظت ۲/۵ در هزار یا ۱۵ کیلوگرم در هکتار Application of iron and zinc fertilizer in 2.5/100 concentration or 15kg/ha	شاهد control		3550000	1494322
	خاک مصرف soil application	21.271	4200000	1501028
	محلول‌پاشی در مرحله ۶-۸ برگی Foliar application in growth stage	-1.073	4200000	602767
	محلول‌پاشی در مرحله ظهور گل‌آذین نر Foliar application in tasseling	15.130	4200000	1254169
	محلول‌پاشی در هر دو مرحله Foliar application in 2 stage	-0.436	4400000	428364
	محلول‌پاشی در مرحله پر شدن دانه Foliar application in grain filling	7.536	4200000	948870
	محلول‌پاشی در هر سه مرحله Foliar application in 3 stages	0.515	4600000	266645
کاربرد آهن و روی با غلظت ۵ در هزار یا ۳۰ کیلوگرم در هکتار Application of iron and zinc fertilizer in 5/100 concentration or 15kg/ha	شاهد control		3550000	1494322
	خاک مصرف soil application	-5.884	4650000	277602
	محلول‌پاشی در مرحله ۶-۸ برگی Foliar application in growth stage	4.087	4650000	1079335
	محلول‌پاشی در مرحله ظهور گل‌آذین نر Foliar application in tasseling	-3.733	4650000	450525
	محلول‌پاشی در هر دو مرحله Foliar application in 2 stage	15.111	4850000	1765620
	محلول‌پاشی در مرحله پر شدن دانه Foliar application in grain filling	-1.778	4650000	607676
	محلول‌پاشی در هر سه مرحله Foliar application in 3 stages	6.941	5050000	908753

References منابع مورد استفاده

- Aduloju, M.O., and T.O.Abdulmalik. 2013. Effect of zinc and N-P-K application on phosphorus and zinc uptake by maize (*Zea mays* L.) on an alfisol. *Global Science Research Journals*. 2 (4): 496-499.
- Afshar, I., A. Rahimi Haghighi, and M. Shirazi. 2014. Comparison the effects of spraying different amounts of nano zincoxide and zinc oxide on, wheat. *International Journal of Plant, Animal and Environmental Sciences.* 4: 633-641.
- Battal, P., and B. Tüleklüoúlu. 2001. The Effects of different mineral nutrients on the levels of cytokinins in maize (*Zea mays* L.). *Turkish Journal of Botany.* 25:123-130.
- Ehsanullah, F., A. Tariq, M.A. Randhawa, S.A. Anjum, and M. Nadeem. 2015. Exploring the role of zinc in maize (*Zea Mays* L.) through soil and foliar application. *Universal Journal of Agricultural Research*. 3(3): 69-75.
- Fageria, N.K., M.P. Barbosa Filho, A. Moreira, and C. M. Guimaraes. 2009. Foliar fertilization of crop plants. *Journal of Plant Nutrition*. 32: 1044–1064.
- Felekari, H., M. Eghbal Ghobadi, M. Ghobadi, S. Jalali Honarmand, and M. Saeidi. 2014. The effect of post anthesis source and sink limitation in wheat cultivars under moderate condition. *International Journal of Biosciences*. 5: 52-59.
- Genc, Y., C.Y. Huang, and P. Langridge. 2007. A study of the role of root morphological traits in growth of barley in zinc-deficient soil. *Journal of Experimental Botany*. 58: 2775–2784.
- Ghazvineh, S., and M. Yousefi. 2012. Study the effect of micronutrient application on yield and yield components of maize. *American-Eurasian Journal of Agriculture and Environment Science*. 12 (2): 144-147.
- Głowacka, A. 2013. Uptake of Cu, Zn, Fe and Mn by maize in the strip cropping system. *Plant Soil Environment*. 59: 322-328.
- Grezebisz, W., M. Wronska, J. B. Diatta, and P. Dullin. 2008. Effect of zinc foliar application at an early stage of maize growth on patterns of nutrients and dry matter accumulation by the canopy. *Journal of Elementol*. 13:17-28.
- Heidarian, A.R., H. Kord, K. Mostafavi, A. Parviz Lak, and F. Amini Mashhadi. 2011. Investigating Fe and Zn foliar application on yield and its components of soybean (*Glycine max* (L) Merr.) at different growth stages. *Journal of Agricultural Biotechnology and Sustainable Development*. 3(9):189 -197.
- 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.
- Jamshidzadeh, M.A., H. Reza Mobasser, and H. Reza Ganjali. 2014. Effect of times and foliar concentration of iron on grain yield, diameter of cob, plant height and dry weight of corn. *International Journal of Biosciences*. 5: 139-143.
- Keram, K.S., B.L. Sharma, and S.D. Sawarkar. 2012. Impact of Zn application on yield, quality, and nutrients uptake and soil fertility in a medium deep black soil (vertisol). *International Journal of Science, Environment and Technology*. 1:563-571.
- Kow, N., and J. Nabwami. 2015. A review of effects of nutrient elements on crop quality. *African Journal of Food, Agriculture, Nutrition and Development*. 15: 9776-9781.

- Moghadam, H.R.T., H. Zahedi, and A. Ashkiani. 2013. Effect of zinc foliar application on auxin and gibberellin hormones and catalase and superoxide dismutase enzyme activity of corn (*Zea mays* L.) under water stress. *Maydica*. 58: 218-223.
- Mollasadeghi, V., S. Elyasi, and B. Mirzamasoumzadeh. 2015. Role of and reason for deficiency of Iron in maize. *Research Journal of Fisheries and Hydrobiology*. 10(11): 11-14.
- Mosanna, R., and E. Khalilvand Behrozyar. 2015. Morpho- physiological response of maize (*Zea mays* L.) to zinc nano-chelate foliar and soil application at different growth stages. *Journal on New Biological Reports*. 4(1): 46 – 50.
- Mosavi feyzabadi, S.H., F. Vazin, and M. Hassanzadeh delouei. 2013. Effects of nitrogen and zinc spray on yield of corn (*Zea Mays* L.) in drought stress. *Cercetări Agronomice în Moldova.* 3(155): 29-38.
- Narimani, H., M. Mehdi Rahimi, A. Ahmadikhah, and B. Vaezi. 2010. Study on the effects of foliar spray of micronutrient on yield and yield components of durum wheat. *Archives of Applied Science Research*. 2(6):168-176.
- Nasiri, Y., and N. Najafi. 2015. Effects of soil and foliar applications of iron and zinc on flowering and essential oil of chamomile at greenhouse conditions. *Acta Agriculturae Slovenica*. 105: 33 - 41.
- Nawaz, M., N. Iqbal, M. Usman Saleem, and M. Muhammad Ashraf. 2015. Effect of $ZnSO_4$ mixed with different fertilizers on paddy yield of fine grain rice. *Applied Sciences and Business Economics.* 2: 8-17.
- 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.
- Razzaq, M.R., F. Muhammad Anjum, and M. Issa Khan. 2012. Effect of extruder variables on chemical characteristics of maize (*Zea mays* L.) extrudates. *Pakistan Journal of Food Sciences*. 22(2):108-116.
- Safyan, N., M. Reza Naderi darbaghshahi, and B. Bahari. 2012. The effect of microelements spraying on growth, qualitative and quantitative grain corn in Iran. *International Research Journal of Applied and Basic Sciences*. 3: 2780-2784.
- Sajjadi Khasragi, Y., and M. Yarnia. 2014. Effect of zinc sulfate application in different growth stages on yield and yield components of sweet corn (Var. Chalenger). *International Journal of Biosciences*. 5: 258-265.
- Stravinskiene, V., and M. Racaite. 2014. Impact of cadmium and zinc on the growth of winter clower (*Trifolium repens* L.) shoots and Roots. *Polish Journal of Environmental Studies.* 23: 1355-1359.
- Taheri Oshtryani., F., and A. Fathi.2016. Effect of mycorrhiza and phosphorus with salicylic acid on some of the corn traits. *Journal of Crop Ecophysiology*. 3(39): 657-668.(In Persian).
- Tariq, M., M. Sharif, Z. Shah, and R. Khan. 2007. Effect of foliar application of micronutrients on the yield and quality of sweet orange (*Citrus sinensis* L.). *Pakistan Journal of Biological Science.* 10(11): 1823- 1828.
- Zare, K., F. Vazin, and M. Hassanzadeh delouei. 2013. Effects of potassium and iron on yield of corn (*Zea mays* L.) in drought stress. *Cercetări Agronomice în Moldova.* 8: 45-57.

Evaluation of Micronutrient Application at Different Growth Stages on Yield and Yield Components and Grain Quality of Sweet Corn

Afsaneh Yousefpour[1]*, and Elnaz Farajzadeh Memari Tabrizi[2]

Received: November 2017 , Revised: 22 January 2018, Accepted: 29 August 2018

Abstract

This study aimed to investigate the impact of micro fertilizer application (Iron and zinc alone or together as foliar application in 2.5 and 5 per thousand concentration or soil application in 15 or 30 $kg.ha^{-1}$) and the fertilizers application time (control, soil application of fertilizers, spraying at vegetative growth stage, spraying in tassel stage, spraying in two phases of growth and tasseling stage, spraying in grain filling stage and spraying in three stages of growth, tasseling and grain filling) on growth and yield of maize (*Zea mays convar. saccharata* var. rugosa). The experiment was conducted in Islamic Azad University, Tabriz Branch during 2016 growing season as split plot using a randomized complete block design with three replications. According to the results of the study fertilizer treatments had statistically similar effects on seed of dry yield. All four treatments, soil application of fertilizers, spraying at vegetative growth stage, spraying at two stages of vegetative stage and tasseling and spraying at three stages of vegetative stage, tasseling and grain filling increased this trait similarly and increased seed dry yield by 20, 12, 21 and 22 percent which could be only due to increasing number of seeds produced. According to the survey results in just two treatments, soil application of 5 $kg.ha^{-1}$ iron and foliar application of iron and zinc in the vegetative and early reproductive stage at a concentration of 5 per thousand, an increase of optimal gains, respectively 334850 and 271298 tomans net income per hectare, obtained.

Key words: Fertilizer, Microfertilizer, Spraying, Sweet corn, Yield.

1- Assistant Prof., Faculty of Agriculture, Tabriz Branch, Islamic Azad University, Tabriz, Iran.
2- Assistant Prof., Department of Agronomy, Malekan Branch, Islamic Azad University, Malekan, Iran.
* *Corresponding Author: a.yousefpour@iaut.ac.ir*