

اثر محلول‌پاشی عناصر ریزمغذی روی، بُر و مس بر شاخص‌های رشد و عملکرد ذرت شیرین

اعظم محمدی لیمایی، مجید مجیدیان* و غلامرضا محسن‌آبادی

گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده علوم کشاورزی، دانشگاه گیلان، رشت

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۰۸/۱۴، تاریخ پذیرش نهایی: ۱۳۹۷/۰۹/۱۷)

چکیده

به منظور بررسی اثر محلول‌پاشی عناصر ریزمغذی روی، بُر و مس به صورت انفرادی و ترکیبی بر شاخص‌های رشد و عملکرد ذرت شیرین (*Zea mays L. var. Samyra*) آزمایشی به صورت طرح بلوک‌های کاملاً تصادفی با سه تکرار در بهار سال ۱۳۹۴ در مزرعه تحقیقاتی دانشکده علوم کشاورزی دانشگاه گیلان اجرا شد. تیمارهای محلول‌پاشی شامل: شاهد، روی (غلظت دو در هزار سولفات روی)، بُر (غلظت دو در هزار بوریک اسید)، مس (غلظت یک در هزار سولفات مس)، روی (غلظت دو در هزار سولفات روی) + بُر (غلظت دو در هزار بوریک اسید) + مس (غلظت یک در هزار سولفات مس) + روی (غلظت دو در هزار سولفات روی) + بُر (غلظت دو در هزار بوریک اسید) + مس (غلظت یک در هزار سولفات مس) و روی (غلظت دو در هزار سولفات روی) + بُر (غلظت دو در هزار بوریک اسید) + مس (غلظت یک در هزار سولفات مس) بود. نتایج نشان داد که محلول‌پاشی ریزمغذی‌ها در افزایش سرعت رشد گیاه، شاخص سطح برگ و وزن خشک کل مؤثر بود و در کلیه این صفات تیمار محلول‌پاشی توأم سه عنصر ریزمغذی نسبت به سایر تیمارها برتری داشت، به طوریکه حداکثر سرعت رشد محصول، شاخص سطح برگ و وزن خشک کل در این تیمار به ترتیب با میزان ۴۹/۲، ۴۸/۵ و ۴۳/۷ درصد نسبت به تیمار شاهد افزایش یافت. در این تحقیق بیشترین عملکرد علوفه خشک و عملکرد دانه در تیمار کاربرد همزمان روی + بُر + مس به ترتیب با ۲۲۸۶ و ۲۱۹۴ کیلوگرم در هکتار بدست آمد. همچنین بیشترین عملکرد دانه کنسروی با مقدار ۶۴۵۴ کیلوگرم در هکتار از این تیمار بدست آمد. با توجه به نتایج به دست آمده از این آزمایش به نظر می‌رسد که محلول‌پاشی عناصر ریزمغذی روی، بُر و مس روش مفیدی جهت افزایش عملکرد دانه ذرت شیرین در شرایط مشابه این آزمایش باشد.

واژه‌های کلیدی: سرعت رشد گیاه، شاخص سطح برگ، عملکرد دانه، عملکرد دانه کنسروی

به زودرس بودن برای تناوب بسیار مناسب است و در برداشت زود هنگام به عنوان علوفه سبز مورد استفاده قرار می‌گیرد (Oktem *et al.*, 2004). ذرت شیرین یک گیاه گرسنگی و نیمه گرسنگی است که به دلیل تنوع رویشی گسترده، میزان عملکرد بالا، بازار پسندی و وجود برخی از ترکیبات غذایی با ارزش در آن یک ماده غذایی با ارزش و مهم در تغذیه انسان

مقدمه ذرت شیرین (*Zea mays L. Saccharata*) یکی از محبوب‌ترین سبزیجات در کشورهایی مانند آمریکا و کانادا است. علاقه به آن در هندستان و دیگر کشورهای آسیایی رو به افزایش است (Chaudhary *et al.*, 2014). ذرت شیرین برای مصرف انسان به صورت تازه یا محصول فرآوری شده تولید می‌شود. با توجه

همکاران (۲۰۰۶) کاربرد بُر بطور معنی داری عملکرد گیاه کوشاد (*Gentiana lutea*) را بهبود بخشید. در این بررسی نشان داده شد که کاربرد کافی ریزمغذی ها توانست عملکرد گیاهان دارویی چینی را افزایش دهد. نتایج تحقیقات نشان داد تیمار کاربرد توأم بُر و روی در گیاه ارزن معمولی بیشترین وزن خشک شاخصاره ها را با ۱۶/۵ درصد افزایش نسبت به شاهد تولید کرد (ژادحسینی و همکاران، ۱۳۹۰). در یک بررسی کاربرد خاکی بُر به میزان ۱۰ کیلوگرم در هکتار موجب افزایش وزن خشک شاخصاره ها و طول خوش در گیاه ارزن معمولی شد در حالیکه عملکرد دانه و وزن هزار دانه با کاربرد بُر به ترتیب ۲۰/۲ و ۱۳/۸ درصد کاهش داشتند. کاهش عملکرد ناشی از غلظت های بالای بُر در گیاهان مختلف گزارش شده است (ژادحسینی و همکاران، ۱۳۹۰). در آزمایشی یافته ها نشان داد که کاربرد تا ۲۵۰ میلی گرم در کیلوگرم مس در رشد ذرت بی تأثیر بود، میزان مس بیشتر از ۲۵۰ میلی گرم در کیلوگرم در خاک سبب افزایش غلظت مس و کاهش رشد در ذرت شد (Ippolito *et al.*, 2010). کاربرد خاکی مس بر عملکرد دانه و وزن هزار دانه گندم اثر معنی داری نشان داد و سبب بهبود این صفات شد و تأثیر معنی داری بر تعداد دانه در سنبله گیاه گندم نشان نداد (بوربوری و همکاران، ۱۳۹۰). در آزمایشی نتایج نشان داد که محلول پاشی توأم عناصر روی، آهن، منگنز و مس اثر معنی داری بر طول پانیکول، تعداد دانه در پانیکول، عملکرد دانه و عملکرد زیستی گیاه سورگوم دانه ای داشت و سبب بهبود این صفات شد اما بر وزن هزار دانه و شاخص برد ایجاد اثر معنی داری نداشت (رسایی فر و همکاران، ۱۳۸۹). علاوه بر مصرف نامتعادل کودها و تمرکز اشتباه بر مصرف بی رویه کودهای نیتروژن و فسفر در کشور به دلایل متعددی از جمله: آهکی بودن خاک ها، بی کربناته بودن آب آبیاری، پائین بودن مواد آلی در خاک های زراعی، حاکمیت تنفس کم آبی در مزارع کشور و عدم رواج مصرف کودهای ریزمغذی خاک های زراعی کشور ما با کمبود شدید ریزمغذی ها به ویژه روی (Zn)، آهن (Fe) و بور (B) مواجه است. این آزمایش با هدف مقایسه شاخص های رشد و عملکرد گیاه ذرت شیرین

در جهان محسوب می گردد (حقیقی و همکاران، ۱۳۹۳). بنابراین ضروری است که عملکرد و کیفیت این گیاه افزایش یابد. از جمله راهکارهای افزایش عملکرد کمی و کیفی آن استفاده از عناصر کم مصرف ضروری است (Shoja *et al.*, 2018). ریزمغذی ها عناصری ضروری برای رشد گیاه هستند اما در مقادیر بسیار کمتری نسبت به مواد مغذی اولیه مانند نیتروژن، فسفر، گوگرد و پتاسیم مورد نیاز هستند (Hansch and Mendel, 2009). محلول پاشی عناصری مثل بُر، مس، منگنز و روی در شرایط خاک های ایران از مصرف آنها به خاک به خاطر برطرف نمودن سریع کمبود، آسان تربودن اجرای آن، کاهش سمیت ناشی از تجمع این عناصر در خاک و جلوگیری از تثبیت مناسب تر است (ملکوتی و طهرانی، ۱۳۷۸). عناصر ریزمغذی روی و مس برای گیاهان، انسان و حیواناتی که از گیاهان تغذیه می کنند ضروری است. افزایش غلظت ریزمغذی ها در گیاهان زراعی اصلی تا حد زیادی تغذیه انسان در مقیاس جهانی را بهبود می بخشد (Waters and Sankaran, 2011). در آزمایشی با کاربرد کود روی، غلظت روی دانه و عملکرد ذرت به ترتیب ۶۷ و ۲۹ درصد افزایش یافت (Manzeke *et al.*, 2014). در نتایج یک مطالعه نشان داده شد که کاربرد برگی و خاکی روی تأثیر معنی داری روی زیست توده و عملکرد دانه ذرت و گندم نداشت (Wang *et al.*, 2012). در پژوهشی که در یک محیط معتدل و مرتبط طی چندین سال انجام شد مشاهده شد که با محلول پاشی روی در مرحله هشت برگی ذرت، طی یکی از سال ها بدون محلول پاشی، عملکرد گیاه ۱۰ درصد کاهش یافت. در این تحقیق نتایج آزمایش خاک نشان داده بود که خاک دارای مقادیر کافی از عناصر روی، منیزیم و منگنز بوده است و در هیچ سال نشانه ای از کمبود ریزمغذی ها در خاک مشاهده نشد. نتایج این آزمایش نشان داد که پاسخ عملکرد ذرت به ریزمغذی های به مکان یا فصل خاص است (Subedi and Ma, 2009). براساس یک بررسی کاربرد برگی بُر در مراحل اولیه رشد ذرت (۴ تا ۶ برگی) برای عملکردهای بالا بیشتر سودمند بود (Cai-Lian, 2014). در مطالعه Kaur and Nelson, 2014 و

پشتلهایی با فاصله ۷۵ سانتی‌متری انجام شد. نقشه طرح در کرت‌هایی با ابعاد 4×5 متر پیاده شد. فاصله بین کرت‌ها ۸۵ سانتی‌متر و فاصله بین بلوک‌ها سه متر در نظر گرفته شد. هر کرت شامل پنج ردیف کشت بود. بذرها با فاصله ۲۰ سانتی‌متر و در عمق چهار سانتی‌متری در وسط پشتلهای با دست کشت شدند. در هر محل دو بذر قرار داده شد. کشت در تاریخ دوازدهم خرداد انجام شد. بلافارسله پس از کشت آبیاری انجام شد. سه روز پس از کشت آبیاری مجدداً تکرار شد. پس از سبزشدن بوتهای آبیاری هر هفت روز یک بار انجام شد. کود ۱۰۰ نیتروژن از منبع اوره (حاوی ۴۶ درصد نیتروژن) به میزان ۱ کیلوگرم در هکتار در سه مرحله دو برجی، شش برجی و ظهور گل تاجی استفاده شد. فسفر به میزان ۳۰ کیلوگرم در هکتار (از منبع سوپرفسفات تریپل) و پتاسیم به میزان ۱۲۵ کیلوگرم در هکتار (از منبع سولفات پتاسیم) استفاده شد. برای محلول‌پاشی عناصر روی، بُر و مس به ترتیب از منابع سولفات روی (حاوی ۲۳ درصد روی)، بوریک اسید (حاوی ۱۷ درصد بُر) و سولفات مس (حاوی ۲۵ درصد مس) استفاده شد. محلول‌پاشی در دو مرحله رشد رویشی (۶-۸ برجی) و زایشی (ظهور گل تاجی) انجام شد. محلول‌پاشی سولفات روی و بوریک اسید با غلظت دو در ۱۰۰۰ و محلول‌پاشی مس با غلظت یک در هزار انجام شد (ملکوتی و غیبی، ۱۳۷۹). برداشت ۸۱ روز پس از کشت انجام شد. تعداد ۱۰ بوته با حذف اثر حاشیه از سه ردیف میانی و از وسط هر کرت برداشت شدند و صفات تعداد دانه در ردیف، تعداد ردیف دانه در بلال، تعداد دانه در بلال، وزن هزار دانه، وزن خشک ساقه، وزن خشک برگ، عملکرد دانه، شاخص برداشت دانه از میانگین ۱۰ بوته محاسبه شد.

سطح برگ از دستگاه سطح برگ سنج (Delta-T Leaf area meter) محاسبه شد.

سرعت رشد گیاه (Crop growth rate)، تغییرات ماده خشک گیاه نسبت به زمان است که با استفاده از رابطه زیر محاسبه شد (Jolliffe *et al.*, 1982).

$$CGR = \frac{dw}{dt} = e(b+2c.GDD.TDM)$$

dw تغییرات وزن خشک گیاه و dt تغییرات زمان، b و c

در تیمارهای مختلف محلول‌پاشی عناصر ریز-مغذی روی، بُر و مس در شرایط اقلیمی استان گیلان انجام شد.

مواد و روش‌ها

این پژوهش در بهار سال ۱۳۹۴ در مزرعه پژوهشی دانشکده علوم کشاورزی دانشگاه گیلان واقع در رشت انجام شد. براساس تقسیمات آب و هوایی، گیلان جز مناطق نیمه‌مدیترانه‌ای گرم است که تابستانهای گرم و زمستانهای ملایم دارد (صدرزاده، ۱۳۸۱). قبل از شروع آزمایش از عمق ۰-۳۰ سانتی‌متری خاک مزرعه جهت تعیین برخی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک نمونه‌برداری شد (جدول ۱).

کیفیت شیمیایی آب آبیاری مورد استفاده در پژوهش عبارتند از: شوری ۰/۷۱۹ دسی‌زیمنس بر متر، اسیدیته ۰/۲۷، سدیم ۲/۳۷ میلی‌اکی والان بر لیتر، کلسیم ۲/۲ میلی‌اکی والان بر لیتر، منیزیم ۳/۴ میلی‌اکی والان بر لیتر، کربنات ۱/۱۱ میلی‌اکی والان بر لیتر، آهن کل ۴/۱۱، نسبت جذب سدیم ۱/۴۱۶ جذر میلی‌اکی والان بر لیتر، درصد سدیم قابل تبادل ۰/۲۷۴ درصد، نیترات ۰/۳۶۵۷ میلی‌گرم بر لیتر، فسفات ۰/۸۸۲ میلی‌گرم بر لیتر، سولفات ۶/۷۲ میلی‌گرم بر لیتر. در این آزمایش از بذر ذرت شیرین هیبرید سمیرا (Zea mays L. var. Samyra) استفاده شد. آزمایش به صورت طرح بلوک‌های کاملاً تصادفی با سه تکرار و هشت تیمار اجرا شد. تیمارهای محلول‌پاشی شامل: شاهد (محلول‌پاشی با آب)، محلول‌پاشی روی، محلول‌پاشی بُر، محلول‌پاشی مس، محلول‌پاشی روی + بُر، محلول‌پاشی روی + مس، محلول‌پاشی بُر + مس و محلول‌پاشی روی + بُر + مس بود. قبل از محلول‌پاشی pH محلول‌ها اندازه‌گیری شد. برای محلول‌پاشی بُر pH ۷/۰۲ بود. محلول‌پاشی روی pH ۶/۸ و محلول‌پاشی مس pH ۶/۱ بود. محلول‌پاشی ترکیبی به صورت جداگانه انجام شد بدین گونه که یک محلول در صبح زود و دیگری در عصر انجام گردید و برای محلول سه گانه اولین محلول‌پاشی در صبح زود، دومی در عصر و سومین محلول‌پاشی فردا آن روز صبح انجام شد. چند روز قبل از کشت عملیات شخم و ایجاد جوی و

جدول ۱- برخی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی عمق ۰-۳۰ سانتی‌متری خاک محل اجرای آزمایش

ویژگی	واحد	مقدار
رس	درصد	۳۷
سیلت	درصد	۵۰
شن	درصد	۱۳
بافت خاک	-	سیلتی کلی لوم
قابلیت هدایت الکتریکی	دسی‌زیمنس بر متر	۰/۶۲
اسیدیته	درصد	۷/۰۳
کربن آلی	درصد	۱/۷۶
نیتروژن کل	درصد	۰/۱۳
فسفر قابل جذب	میلی‌گرم بر کیلوگرم	۴۰
پتاسیم قابل جذب	میلی‌گرم بر کیلوگرم	۲۰۰
مس	میلی‌گرم بر کیلوگرم	۲
روی	میلی‌گرم بر کیلوگرم	۱/۵۲
بر	میلی‌گرم بر کیلوگرم	۰/۰۲

دومین مرحله نمونه‌برداری و کمترین مقادیر سرعت رشد در اولین نمونه‌برداری مشاهده شد. سلیمانی و همکاران (۱۳۹۰) به نتایجی مشابه این آزمایش دست یافته‌اند. آنها مشاهده نمودند که محلول‌پاشی عناصر ریز‌معدنی آهن، روی، مس و منگنز به صورت انفرادی و ترکیبی باعث افزایش معنی‌دار سرعت رشد گیاه ذرت علوفه‌ای شد. عزیزی و همکاران (۱۳۹۰) نیز گزارش کردند که محلول‌پاشی عناصر روی و بُر سبب افزایش معنی‌دار سرعت رشد گیاه کلزا شد که با نتایج این آزمایش مطابقت دارد.

در اولین نمونه‌برداری (۵۵ روز بعد از کشت) که سه روز پس از اولین مرحله محلول‌پاشی صورت گرفت سرعت رشد پایین بود در این مرحله بوته‌ها در مراحل پایانی رشد رویشی بودند (شکل ۱). ذرت گیاهی است که در ماه اول پس از سبزشدن دارای رشد آهسته است (حق‌بین و همکاران، ۱۳۹۳). از طرفی کمبودن سرعت رشد طی این مرحله می‌تواند به میزان بارندگی در طول این دوره نیز مربوط باشد. با توجه به بارندگی منطقه مشاهده می‌شود که میزان بارندگی در خرداد ماه بسیار پایین بود، میزان بارش در تیر ماه افزایش یافت اما این

ضرایب رگرسیونی، GDD مجموع روز- درجه رشد و TDW مجموع ماده خشک هستند که با رابطه زیر محاسبه شد.

$$CGR = e^{(a+b.GDD+c.GDD^2)}$$

تجزیه و تحلیل نتایج صفات (شاخص سطح برگ، سرعت رشد گیاه، عملکرد دانه خشک، عملکرد علوفه خشک، وزن هزار دانه، عملکرد دانه کنسروی، تعداد دانه در بلال، تعداد دانه در ردیف بلال و شاخص برداشت) مورد مطالعه با نرم‌افزار SAS نسخه ۹/۱ انجام شد و برای مقایسه میانگین از آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد استفاده شد. نمودارها با استفاده از نرم‌افزار Excel رسم شدند.

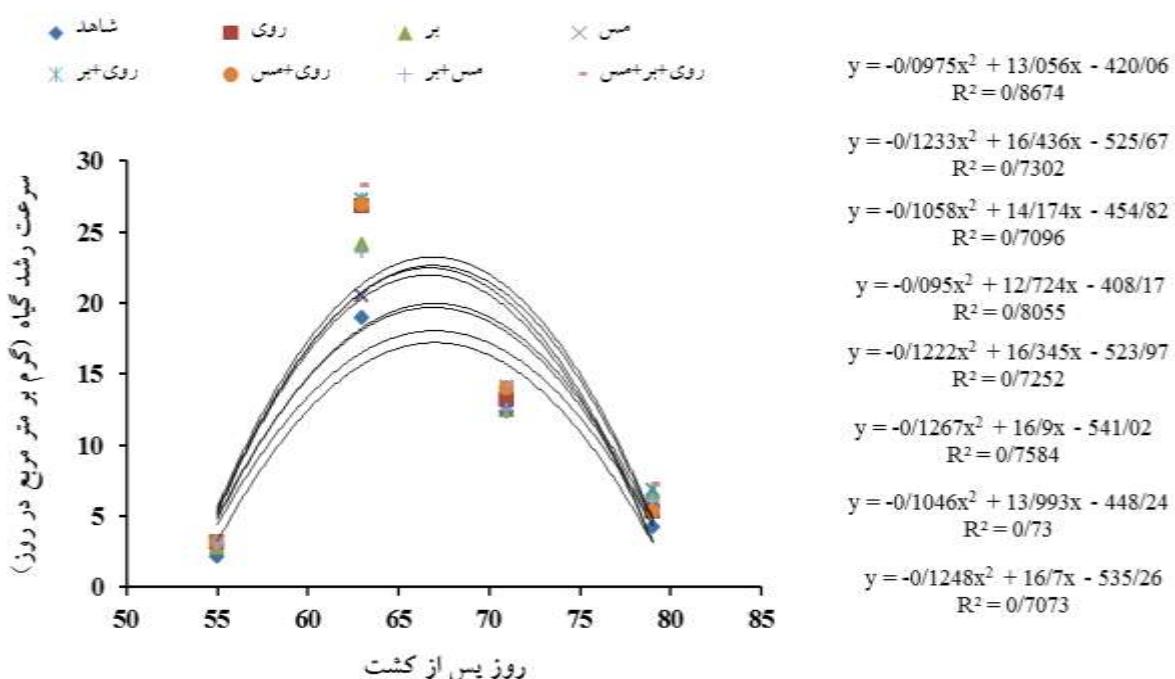
نتایج و بحث

سرعت رشد گیاه (CGR): با توجه به نتایج تجزیه واریانس (جدول ۲) اثر تیمارهای محلول‌پاشی بر سرعت رشد گیاه در سطح یک درصد معنی‌دار شد. بیشترین و کمترین سرعت رشد گیاه (شکل ۱) در هر چهار مرحله نمونه‌برداری به ترتیب مربوط به تیمار محلول‌پاشی ترکیبی سه عنصر ریز‌معدنی و تیمار شاهد بود. بیشترین سرعت رشد گیاه (شکل ۱) در

جدول ۲- تجزیه واریانس حداکثر وزن خشک کل، شاخص سطح برگ و سرعت رشد گیاه تحت تأثیر تیمارهای آزمایش

منابع تغییرات	درجه آزادی	وزن خشک کل	حداکثر شاخص سطح برگ	میانگین مربعات
تکرار	۲	۹۸/۶۹*	۰/۰۰۰۲ns	۰/۵۳*
تیمار	۷	۹۳۱۰/۲۱**	۰/۰۹۹**	۳۴/۴۶**
خطا	۱۴	۵۸۴/۷۹	۰/۰۲	۰/۸۱
ضریب تغییرات (درصد)	۴/۷۱	۹/۱۸	۰/۰۰۰۲ns	۳/۶۶

ns، * و ** معنی دار در سطح احتمال یک و پنج درصد و عدم نفاوت معنی دار



شکل ۱- تأثیر تیمارهای محلول-پاشی بر سرعت رشد گیاه ذرت شیرین طی مراحل رشد

خشک در واحد سطح نیز افزایش یافت و به دنبال آن سرعت رشد گیاه نیز افزایش یافت و به حداکثر مقدار خود رسید. با توجه به اینکه عناصر روی، بُر و مس در افزایش سطح برگ نقش دارند (خلدبرین و اسلامزاده، ۱۳۸۱) بنابراین با محلول-پاشی این عناصر سرعت رشد نیز افزایش یافت. بعد از تیمار سه گانه بیشترین سرعت رشد گیاه برای تیمار روی + بُر و سپس تیمار روی بود. در این تحقیق عنصر روی تأثیر زیادی بر سرعت رشد گیاه داشت. در سومین و چهارمین مرحله نمونهبرداری (شکل ۱) سرعت رشد کاهش یافت، در اواسط مرحله رشد گیاه به تدریج با سایه‌اندازی اندام‌های فوکانی بر

بارش در اواخر تیر ماه رخ داد که فاصله زمانی چندانی با اولین مرحله نمونهبرداری نداشت. در دومین مرحله نمونهبرداری سرعت رشد گیاه (شکل ۱) بطور چشمگیری افزایش یافت و در تیمار محلول-پاشی ترکیبی سه عنصر ریز-مغذی بیشترین افزایش سرعت رشد گیاه با مقدار ۴۹/۲ درصد در مقایسه با شاهد مشاهده شد. نمونهبرداری دوم مدتی پس از دومین محلول-پاشی ریز-مغذی‌ها صورت گرفت و بوته‌ها در مرحله زایشی بودند. بیشترین شاخص سطح برگ نیز در این مرحله مشاهده شد. با افزایش شاخص سطح برگ و درنتیجه بهره‌گیری بهتر از تشعشعات خورشیدی میزان تولید ماده

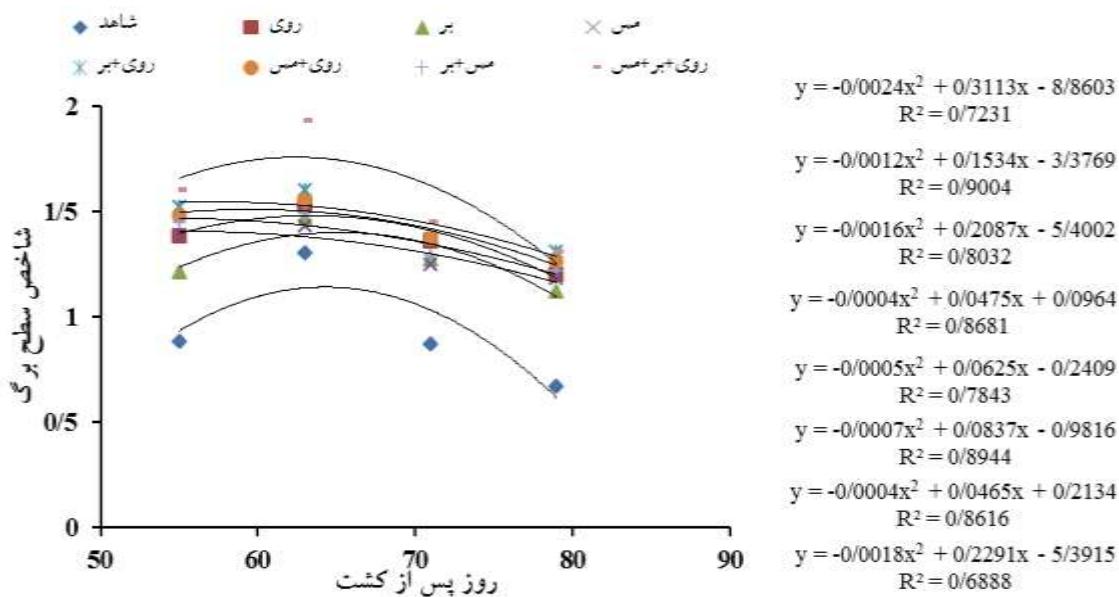
تولید هورمون اکسین و بهدبال آن طویل شدن سلول‌ها سطح برگ افزایش یافت. در یک بررسی کسرایی (۱۳۷۲) بیان نمود مس در عمل فتوستز و تشکیل کلروفیل نقش دارد، بنابراین مس از این طریق توانست شاخص سطح برگ ذرت شیرین را بهبود بخشد. بُر بطور عمدۀ برای طویل شدن سلول و نه برای تقسیم سلول لازم است. به هر حال، بیشتر یافته‌های آزمایشگاهی اخیر گویای لزوم بُر برای تقسیم سلول نیز هستند (خلدبرین و اسلامزاده، ۱۳۸۱). بنابراین با مصرف بُر و تقسیم و طویل شدن سلول‌ها شاخص سطح برگ افزایش یافت.

شاخص سطح برگ از نمونه‌برداری اول تا نمونه‌برداری دوم روند افزایشی داشت و ۶۳ روز پس از کشت که مدتی پس از دومین مرحله محلول‌پاشی بود به حداقل مقدار خود رسید که مصادف با مرحله رشد زایشی گیاه بود (شکل ۲). در مراحل بعدی نمونه‌برداری شاخص سطح برگ به تدریج کاهش یافت. در این مراحل با افزایش سایه‌اندازی برگ‌های بالایی و پیری برگ‌های پایینی گیاه همچنین به تدریج با پرشدن دانه‌ها و انتقال ذخایر غذایی به دانه‌ها برگ‌های پایینی به تدریج خشک شدند و شاخص سطح برگ کاهش یافت. سلیمانی و همکاران (۱۳۹۰) گزارش کردند که محلول‌پاشی عناصر ریزمغذی سبب افزایش معنی‌دار شاخص سطح برگ ذرت علوفه‌ای شد. بررسی غفاری و همکاران (۱۳۸۹) که در آن محلول‌پاشی عناصر ریزمغذی آهن، روی و کود کامل میکرو روی ذرت دانه‌ای انجام شد، نشان داد که محلول‌پاشی کود کامل ریزمغذی در افزایش شاخص سطح برگ مؤثرتر بود که با نتایج این آزمایش مطابقت دارد. فتحی و قلی‌زاده (۱۳۸۸) نیز به نتایجی مشابه این آزمایش دست یافتند این محققان نشان دادند که کاربرد عناصر روی، مس و آهن اثر معنی‌داری بر افزایش شاخص سطح برگ گیاه جو داشت. بیشترین شاخص سطح برگ از کاربرد ترکیبی روی، مس و آهن به دست آمد. با توجه به اینکه اثر محلول‌پاشی ریزمغذی‌ها بر تعداد برگ در بوته معنی‌دار نبود (داده‌ها گزارش نشده است)، افزایش شاخص سطح برگ در اثر محلول‌پاشی ریزمغذی‌ها ناشی از افزایش سطح برگ بوته‌ها بود. این عناصر با توجه به نقشی که

روی برگ‌ها پیری و ریزش برگ‌ها و کاهش قدرت فتوستزی گیاه سرعت رشد گیاه نیز کاهش یافت. در هر چهار مرحله نمونه‌برداری سرعت رشد گیاه در تیمارهایی که با عناصر ریزمغذی محلول‌پاشی شدند در مقایسه با شاهد مقادیر بیشتری را نشان داد (شکل ۱). علت افزایش سرعت رشد را می‌توان این طور بیان نمود که با مصرف ریزمغذی‌ها با توجه به نقش این عناصر در فتوستز سطح برگ و کارایی برگ‌های گیاه افزایش یافت از این رو توانایی گیاه برای تبدیل انرژی خورشیدی به مواد فتوستزی بالا رفت. بهدبال افزایش توان فتوستزی گیاه تولید ماده خشک در واحد سطح افزایش یافت و موجب افزایش سرعت رشد گیاه شد.

نتایج آزمایش دهقانی‌تفتی و همکاران نشان داد که محلول‌پاشی عناصر ریزمغذی توانست شاخص سطح برگ و سرعت رشد گیاه کدوی پوست کاغذی را افزایش دهد (دهقانی‌تفتی و همکاران، ۱۳۹۴) یافته‌های این تحقیق با نتایج پژوهشگران مطابقت دارد.

شاخص سطح برگ (LAI): محلول‌پاشی اثر معنی‌داری بر شاخص سطح برگ ذرت شیرین داشت (جدول ۲). در تمامی مراحل رشد بیشترین شاخص سطح برگ مربوط به تیمار محلول‌پاشی ترکیبی سه عنصر روی، بُر و مس بود. در طی این مراحل کمترین شاخص سطح برگ از شاهد به دست آمد (شکل ۲). بالاترین شاخص سطح برگ (شکل ۲) در تمامی تیمارها مربوط به مرحله دوم نمونه‌برداری و کمترین آن متعلق به آخرین نمونه‌برداری بود. بعد از تیمار سه گانه بیشترین سرعت رشد گیاه برای تیمار روی + بُر و سپس تیمار روی + مس بود و کمترین تأثیر بعد از شاهد تیمار بُر بود. در این تحقیق عنصر روی تأثیر زیادی بر شاخص سطح برگ گیاه داشت. عنصر روی با تأثیر بر آنزیم‌ها در تشکیل کلروفیل شرکت داشته و تسریع در تشکیل هورمون نمو مانند تریپتوфан به عنوان ماده اولیه اکسین‌ها از اعمال این عنصر است (کسرایی، ۱۳۷۲). اکسین طویل شدن سلولی را تحریک می‌کند (کوچکی و سرمدی، ۱۳۸۸) بنابراین با محلول‌پاشی کود روی و افزایش میزان کلروفیل فتوستز گیاه افزایش یافت و علاوه بر آن با



شکل ۲- تأثیر تیمارهای محلول‌پاشی بر شاخص سطح برگ گیاه ذرت شیرین طی مراحل رشد

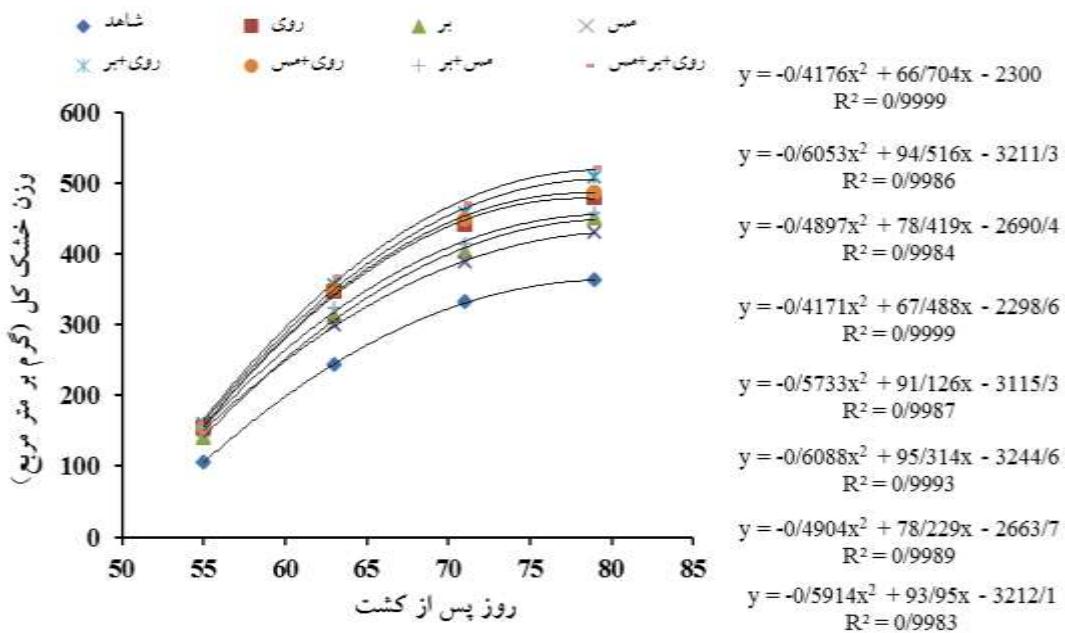
کمترین تأثیر بعد از شاهد تیمار مس بود. در این تحقیق عناصر روی و بُر تأثیر زیادی بر وزن خشک کل گیاه ذرت شیرین داشت.

سلیمانی و همکاران (۱۳۹۰) در یک بررسی مشاهده نمودند که محلول‌پاشی عناصر روی، منگنز، آهن و مس اثر معنی‌داری بر وزن خشک کل در متر مربع ذرت علوفه‌ای داشت. در آزمایش دیگری نوروزیان (۱۳۸۹) محلول‌پاشی روی و بُر را بر افزایش وزن خشک کل گیاه کلزای پاییزه مؤثر اعلام نمود. در بررسی غفاری و همکاران (۱۳۸۹) که در آن محلول‌پاشی عناصر ریزمغذی آهن، روی و کود کامل میکرو روی ذرت دانه‌ای انجام شد نتایج نشان داد که محلول‌پاشی کود کامل ریزمغذی در افزایش وزن خشک کل مؤثرتر بود که با نتایج این آزمایش مطابقت دارد.

بطور کلی می‌توان گفت که در کلیه تیمارها سرعت تجمع ماده خشک در ۵۵ روز پس از کشت پایین بود ولی با گذشت زمان و محلول‌پاشی ریزمغذی‌ها بر اثر گسترش پوشش گیاهی و افزایش سطح برگ، میزان فتوستتر پوشش گیاهی افزایش یافت و شبیب منحنی تجمع ماده خشک شدت بیشتری گرفت. با توجه به اینکه برداشت در پایان مرحله خمیری نرم دانه انجام شد و در این مرحله بوته‌ها هنوز سبز بودند ماده خشک

در گیاه ایفا می‌کنند توانستند شاخص سطح برگ ذرت شیرین را بهبود بخسند که در ادامه به برخی از این نقش‌ها اشاره خواهد شد.

وزن خشک کل: تأثیر محلول‌پاشی عناصر ریزمغذی در سطح یک درصد بر وزن خشک کل معنی‌دار بود (جدول ۲). با توجه به شکل ۳، بیشترین وزن خشک کل در مراحل مورد بررسی مربوط به تیمار محلول‌پاشی روی + بُر + مس بود و شاهد در هر چهار مرحله نمونه‌برداری کمترین وزن خشک کل را داشت. با توجه به شکل ۳ کمترین وزن خشک کل در تمامی تیمارها از اولین نمونه‌برداری به دست آمد و بیشترین وزن خشک کل نیز در مرحله چهارم نمونه‌برداری مشاهده شد. در اولین نمونه‌برداری که مدتی پس از اولین محلول‌پاشی صورت گرفت ماده خشک تولیدی در واحد سطح پایین بود، نمونه‌برداری دوم ۶۳ روز پس از کشت و مدتی پس از دومین مرحله محلول‌پاشی انجام شد و ماده خشک تولیدی در فاصله این دو نمونه‌برداری در تیمارهای محلول‌پاشی با شبیب نسبتاً زیادی افزایش یافت اما در مراحل بعدی افزایش وزن خشک با شبیب کمتری رخ داد که ناشی از کاهش سرعت رشد در این مراحل بود (شکل ۳). بعد از تیمار سه‌گانه بیشترین سرعت رشد گیاه برای تیمار روی + بُر، روی + مس و روی بود و



شکل ۳- تأثیر تیمارهای محلولپاشی بر وزن خشک کل گیاه ذرت شیرین طی مراحل رشد

آزمایش بیشترین وزن خشک دانه در بوته در تیمار مصرف خاکی به همراه محلولپاشی در سه مرحله ذکر شده با میزان ۱۳۸ گرم، بدون اختلاف معنی دار نسبت به تیمار محلولپاشی در هر سه مرحله به دست آمد. در پژوهش دیگری میرطالبی و همکاران (۱۳۹۱) اثر سولفات روی بر رشد و نمو ارقام گندم شمال فارس را مورد مطالعه قرار دادند. سه سطح کودی صفر، ۳۰، و ۶۰ کیلوگرم در هکتار سولفات روی استفاده شد و نتایج نشان داد که اثر روی بر عملکرد دانه گندم در هر دو سطح کودی معنی دار بود و بیشترین عملکرد دانه با مصرف ۶۰ کیلوگرم در هکتار سولفات روی به دست آمد. مطالعه‌ای در پاکستان روی گیاه ذرت درخاکی که از نظر روی دچار کمبود بود انجام شد نتایج نشان داد که مصرف کود روی با میزان ۲/۷۵ کیلوگرم در هکتار و همچنین پرایمینگ بذر با روی یک درصد سبب افزایش معنی دار عملکرد دانه شد (Harris *et al.*, 2007). در آزمایش انجام شده توسط Akhtar و Chaudhry (۲۰۱۲) که در اسلام‌آباد پاکستان و بدون آبیاری در منطقه نیمه‌مرطوب تا مرطوب با متوسط بارندگی ۱۵۰۰-۵۱۷ میلی‌متر انجام شد مشاهدات نشان داد که استفاده از کود روی با مقدار هشت کیلوگرم در هکتار توانست عملکرد دانه را از

کل همچنان در حال افزایش بود و به مقدار ثابتی نرسید. با توجه به اینکه عناصر ریزمغذی مورد استفاده در افزایش شاخص سطح برگ و فتوسترن نقش داشتند به دنبال آن با تولید کربوهیدرات‌های بیشتر ماده خشک تولیدی گیاه نیز افزایش یافت.

عملکرد دانه: مقایسه میانگین‌ها نشان داد که بالاترین عملکرد دانه (جدول ۳) با مقدار ۲۱۹۴ کیلوگرم در هکتار به دست آمد که متعلق به تیمار محلولپاشی روی + بُر + مس بود که با شاهد اختلاف معنی داری داشت. در شاهد کمترین عملکرد دانه (جدول ۳) مشاهده شد که مقدار آن ۱۴۶۷ کیلوگرم در هکتار بود. با توجه به اینکه ذرت از جمله گیاهان حساس به کمبود روی است، در مطالعات بسیاری تأثیر روی بر عملکرد دانه مورد بررسی قرار گرفته است. محمودی و یارنیا (۱۳۹۱) گزارش کردند که محلولپاشی روی زمانی که در سه مرحله شش تا هشت برگی، ظهور تاسل و پرشدن دانه انجام شد سبب افزایش معنی دار عملکرد دانه خشک در ذرت شیرین شد، علاوه بر این در تیمار کاربرد خاکی و همچنین کاربرد خاکی روی به همراه محلولپاشی در سه مرحله تأثیر معنی دار بر عملکرد دانه ذرت شیرین مشاهده شد. در این

جدول ۳- جدول مقایسه میانگین عملکرد و اجزای عملکرد در تیمارهای محلول‌پاشی

صفات									
تیمار ریز-مغذی	تعداد دانه در ردیف بالا	تعداد دانه در بالا	وزن هزاردانه (گرم)	برداشت دانه شاخص	عملکرد دانه خشک	عملکرد دانه خشک	عملکرد علوفه خشک	کنسروی	عملکرد دانه
شاهد	۲۴ ^c	۳۳۱/۲ ^d	۹۵/۸ ^c	۳۴/۵ ^b	۱۴۶۷/۶ ^d	۲۱۸۶/۶ ^d	۱۸۲۶/۶ ^d	۴۵۸۶ ^c	۴۵۸۶
روی	۲۹/۲ ^{abc}	۴۱۴/۶ ^{bc}	۱۲۵/۸ ^{ab}	۳۴/۷ ^b	۱۸۰۹/۴ ^{bc}	۲۱۸۴ ^{ab}	۲۱۸۴ ^{ab}	۵۴۸۳ ^b	۵۴۸۳ ^b
بُر	۲۷/۸ ^{bc}	۳۹۴/۷ ^{cd}	۱۲۳/۱ ^b	۳۵/۹ ^b	۱۷۶۱/۳ ^c	۲۰۷۸/۶ ^{bc}	۲۰۷۸/۶ ^{bc}	۵۳۳۷ ^b	۵۳۳۷ ^b
مس	۲۷/۴ ^{bc}	۳۸۳/۶ ^{cd}	۱۲۲/۲ ^b	۳۵/۸ ^b	۱۶۷۹/۵ ^c	۱۹۹۲ ^{dc}	۱۹۹۲ ^{dc}	۵۲۹۱ ^b	۵۲۹۱ ^b
روی + بُر	۳۲/۴ ^{ab}	۴۷۳/۱ ^{ab}	۱۲۶/۳ ^{ab}	۳۷/۱ ^b	۱۹۹۶/۸ ^{ab}	۲۲۴۸/۲ ^{ab}	۲۲۴۸/۲ ^{ab}	۵۸۷۵ ^{ab}	۵۸۷۵ ^{ab}
روی + مس	۳۰/۲ ^{ab}	۴۳۴/۸ ^{abc}	۱۲۶/۲ ^{ab}	۳۴/۹ ^b	۱۸۵۰/۹ ^{bc}	۲۲۱۰/۹ ^{ab}	۲۲۱۰/۹ ^{ab}	۵۶۰۸ ^b	۵۶۰۸ ^b
مس + بُر	۲۹/۲ ^{abc}	۴۱۴/۶ ^{bc}	۱۲۳/۷ ^b	۳۶/۱ ^b	۱۷۹۴/۶ ^{bc}	۲۱۲۲ ^{abc}	۲۱۲۲ ^{abc}	۵۴۳۸ ^b	۵۴۳۸ ^b
روی + بُر + مس	۳۳/۴ ^a	۴۸۷/۶ ^a	۱۳۲/۱ ^a	۳۹/۹ ^a	۲۱۹۴/۵ ^a	۲۲۸۶/۶ ^a	۲۲۸۶/۶ ^a	۶۴۵۴ ^a	۶۴۵۴ ^a

وجود حداقل یک حروف‌های مشابه نشان‌دهنده عدم تفاوت معنی‌دار بین میانگین‌ها است.

می‌ماند تا کشف شود (Dell and Huang, 1997). بنابراین کاهش ظرفیت فتوستتری گیاه می‌تواند منجر به تولید کمتر مواد فتوستتری شود و در این شرایط با انتقال ذخایر اندک کربوهیدراتی موجود به دانه عملکرد دانه کمتری نیز تولید خواهد شد. در بررسی‌های Dell و Huang (1997) همچنین بیان شده است که کمبود بُر بر روی رشد ریشه اثر می‌گذارد. آنها عنوان نمودند بازداری رشد اولیه ریشه، در مقایسه با رشد شاخصاره، نسبت شاخصاره به ریشه را افزایش می‌دهد. فرض شده است که این کمبود ممکن است حساسیت گیاهان به تنفس‌های محیطی مانند کمبود مرزی دیگر مواد مغذی و کمبود آب در خاک را افزایش دهد (Dell and Huang, 1997). با توجه به اینکه ذرت شیرین به آب فراوان نیاز دارد و در مطالعات بسیاری نیز اثر آبیاری و کمبود آن در ذرت شیرین موردن بررسی قرار گرفته است در صورت کاهش رشد ریشه در اثر کمبود بُر علاوه بر این‌که ممکن است مواد مغذی کمتری جذب شود و گیاه از نظر سایر عناصر نیز فقیر شود ممکن است ریشه‌های گیاه آب کمتری از خاک جذب نماید.

Dell و Huang (1997) بیان نمودند که تولید مثل جنسی نسبت به رشد رویشی، اغلب به کمبود بُر خاک حساس‌تر است و مشخص شده است. کاهش عملکرد دانه بدون وجود

۲/۵۱ به ۲/۲۳ تن در هکتار افزایش دهد. در گیاهان آنزیم‌های حاوی و یا فعال شده توسط روی درگیر در متابولیسم کربوهیدرات، تولید پروتئین، نگهداری از یکپارچگی غشاء سلولی، تنظیم تولید اکسین و تشکیل گرده هستند (Marschner, 1995). موارد ذکر شده می‌تواند از جمله عوامل مؤثر بر افزایش عملکرد دانه در اثر محلول‌پاشی روی باشد. در یک بررسی Alloway (۲۰۰۹) بیان کرد که در خاک‌های حاشیه‌ای دارای کمبود روی، عملکرد می‌تواند کاهش یابد. Tahir و همکاران (۲۰۱۲) در آزمایشی اثر محلول‌پاشی بُر بر رشد، عملکرد و کیفیت ذرت را مورد مطالعه قرار دادند. در آزمایش آنها محلول‌پاشی ۲۰ روز پس از سبزشدن و با سه مقدار متفاوت انجام شد. نتایج نشان داد که محلول‌پاشی با هر سه مقدار ۰/۱۵، ۰/۳ و ۰/۴۵ کیلوگرم در هکتار بطور معنی‌داری سبب افزایش عملکرد دانه در ذرت شد و بیشترین عملکرد دانه ۷۱۴۵ کیلوگرم در هکتار بود که از محلول‌پاشی با میزان ۰/۳ کیلوگرم در هکتار بُر به دست آمد. در این آزمایش کمترین مقدار عملکرد دانه از شاهد حاصل شد. در مورد اثر بُر بر فتوستتری بیان شده است که منع گسترش برگ با کم شدن بُر بطور غیرمستقیم ظرفیت فتوستتری گیاهان را کاهش می‌دهد هر چند نقش دقیق بُر در فتوستتر باقی

به دست آمد که متعلق به شاهد بود. آنها در رابطه با علت احتمالی افزایش عملکرد بیشتر در تیمار محلولپاشی توأم عناصر بیان کردند که افزایش عملکرد دانه می‌تواند ناشی از افزایش طول پانیکول، قطر پانیکول، تعداد دانه در پانیکول و وزن هزار دانه باشد آنها همچنین براساس اظهارات ضیائیان (۱۳۸۲) و ملکوتی (۱۳۹۷) بیان کردند که عناصر ریزمغذی با افزایش میزان فتوستتر و بهبود دوام سطح برگ باعث افزایش عملکرد دانه و عملکرد زیستی می‌شوند. این نتایج آزمایش ما را رأیید می‌کند در آزمایش ما نیز بیشترین عملکرد دانه از محلولپاشی توأم سه عنصر و کمترین آن از شاهد به دست آمد.

محلولپاشی سه عنصر ریزمغذی با توجه به نقش آنها در فتوستتر سبب افزایش شاخص سطح برگ و بهدلیل آن افزایش ماده خشک تولیدی در واحد سطح و افزایش سرعت رشد محصول شد. مجموعه عوامل بیان شده سبب شد تا مواد کربوهیدراتی بیشتری نیز تولید شود و با انتقال این مواد به دانه عملکرد دانه بیشتری نیز به دست آمد. علاوه بر آن عنصر روی افزایش تولید ماده خشک گیاهی شوند. در نهایت مجموعه این عوامل باعث افزایش عملکرد دانه خشک ذرت شیرین شد. به علاوه با توجه به نقش عناصر روی، بُر و مس در تشکیل دانه‌ها، تعداد دانه‌ها در بلال افزایش یافت همچنین محلولپاشی توانست در افزایش وزن هزار دانه نیز مؤثر باشد. لذا به نظر می‌رسد عوامل بیان شده در افزایش عملکرد دانه خشک ذرت شیرین نقش داشتند.

تعداد دانه در ردیف بلال: در تیمار محلولپاشی روی + بُر + مس بیشترین تعداد دانه در بلال با مقدار $\frac{33}{4}$ مشاهده شد (جدول ۳). کمترین تعداد دانه در ردیف ۲۴ بود که از شاهد به دست آمد و از نظر آماری اختلاف معنی‌داری با تیمار محلولپاشی توأم سه عنصر نشان داد (جدول ۳). نتایج نشان داد که بین تیمارهای محلولپاشی مس + بُر، روی + مس، روی + بُر و روی اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد اما این تیمارها

نشانه‌های روشن در طول رشد رویشی پیشین می‌تواند اتفاق بیفتد. در گل‌ها، بُر کمباروری گل نر را در درجه اول با آسیب رساندن میکروسپوروزنیسیس و رشد لوله گرده کاهش می‌دهد. اثرات پس از لقاح شامل اختلال تکامل جنین، یا تشکیل جنین ناقص و یا آسیب‌دیده و میوه ناقص است. در پژوهش Lordkaew و همکاران (۲۰۱۱) یافته‌ها نشان داد که کمبود بُر عملکرد دانه ذرت را کاهش داد در حالیکه یک اثر غیرقابل مشاهده بر وزن خشک رویشی نشان داد که نتایج آزمایش ما را تأیید می‌کند در آزمایش ما نیز اثر بُر بر عملکرد دانه معنی‌دار گردید. در آزمایشی که توسط بوربوری و همکاران (۱۳۹۰) در گلخانه انجام شد نتایج نشان داد که محلولپاشی روی به همراه مس با غلظت دو در هزار از منبع کلات روی و مس توانست عملکرد دانه گندم را بطور معنی‌داری افزایش دهد.

در آزمایش دیگری کریمی و همکاران (۱۳۹۱) گزارش کردند که محلولپاشی مس اثر معنی‌داری بر عملکرد دانه ذرت دانه‌ای ۷۰۴ داشت و سبب افزایش عملکرد دانه شد. در آزمایشی که روی گیاه ذرت شیرین انجام شد تیمار محلولپاشی عناصر ریزمغذی بر صفت عملکرد دانه معنی‌دار بود. تیمار محلولپاشی توأم عناصر روی + منگنز بهتر از مصرف تکی آنها بود به طوریکه در عملکرد دانه بیشترین میزان با 110.68 کیلوگرم در هکتار از تیمار محلولپاشی روی + منگنز به دست آمد (حسین‌نژاد و همکاران، ۱۳۹۲). در بررسی دیگری Yosefi و همکاران (۲۰۱۱) اثر کاربرد برگی محلول ریزمغذی‌ها (آهن، روی، منگنز و مس) را بر عملکرد و اجزای عملکرد ذرت مورد بررسی قرار دادند و گزارش نمودند که محلولپاشی توانست باعث افزایش معنی‌دار عملکرد دانه شود. در پژوهش انجام شده توسط رسایی‌فر و همکاران (۱۳۸۹) اثر محلولپاشی آهن، روی، منگنز و مس بر عملکرد و اجزای عملکرد سورگوم دانه‌ای مورد بررسی قرار گرفت و محلولپاشی بر افزایش عملکرد دانه مؤثر بود و اثر آن در سطح یک درصد معنی‌دار بود. بیشترین عملکرد دانه با مقدار 14.16 تن در هکتار از محلولپاشی روی + آهن + منگنز + مس به دست آمد و پایین‌ترین عملکرد دانه 9.289 تن در هکتار

خاکی روی به همراه محلول‌پاشی آن در سه مرحله شش تا هشت برگی، ظهرور تاسل و پرشدن دانه‌ها و محلول‌پاشی روی در هر سه مرحله افزایش معنی‌داری در تعداد دانه تولیدی در بالا ذرت شیرین داشتند. در این دو تیمار تعداد دانه در بالا به ترتیب ۶۵۰ و ۶۴۲ عدد به دست آمد.

اثر کمبود بُر در کاهش و یا حتی تشکیل نشدن دانه و میوه، کاملاً شناخته شده است (خلدبرین و اسلام‌زاده، ۱۳۸۱). عنصر روی توسط آنزیم کربنیک آنهیدراز در تشکیل کلروفیل و غیره شرکت داشته و تسریع در تشکیل هورمون نمو مانند ترپیوفان به عنوان ماده اولیه اکسین‌ها از اعمال این عنصر است (کسرایی، ۱۳۷۲). در برگ‌هایی که به کمبود روی مبتلا هستند، کاهش شدید در فعالیت آنزیم کربنیک آنهیدراز دیده می‌شود (خلدبرین و اسلام‌زاده، ۱۳۸۱). مس در فتوسترن نقش دارد بدین صورت که بخشی از آنزیم پلاستوسیانین کلروفیل‌است، در فعالیت‌های فتوسترنی گیاه شرکت می‌کند میزان تولید شیره پرورده را در گیاه بالا می‌برند و چنانچه میزان صادرات فتوسترنی به اندام‌های گیاهی در مرحله گلدهی به خوبی صورت پذیرد، باعث افزایش تعداد دانه در گیاه می‌شود. علت بالابودن تعداد دانه در گیاه را شاید بتوان در عدم وجود محدودیت منبع در شرایط مصرف کودهای ریزمغذی دانست (ملکوتی و طهرانی، ۱۳۸۷). بهبود شاخص‌های رشد از جمله شاخص سطح برگ و سرعت رشد محصول در اثر محلول‌پاشی ریزمغذی‌ها نیز می‌تواند با افزایش تولیدات فتوسترنی و انتقال این مواد به بالا در افزایش تعداد دانه در بالا مؤثر باشد.

عملکرد دانه کنسروی: بیشترین و کمترین عملکرد دانه کنسروی به ترتیب در تیمار محلول‌پاشی ترکیبی سه عنصر و شاهد با مقادیر ۶۴۵۴ و ۴۵۸۶ کیلوگرم در هکتار به دست آمد (جدول ۳). با توجه به جدول ۳ کلیه تیمارهای محلول‌پاشی با تیمار شاهد اختلاف معنی‌داری نشان دادند. محمودی و یارنیا (۱۳۹۱) مشاهده نمودند که کاربرد خاکی و محلول‌پاشی روی

با تیمارهای محلول‌پاشی مس، بُر و شاهد اختلاف معنی‌داری داشتند (جدول ۳). گودرزی و همکاران (۱۳۹۳) در نتایج پژوهش خود که روی گیاه ذرت سینگل کراس ۲۶۰ انجام دادند بیان نمودند که محلول‌پاشی چهار در هزار سولفات روی اثر معنی‌داری بر تعداد دانه در ردیف نداشت اما محلول‌پاشی هشت در هزار سولفات روی توانست اثر معنی‌داری بر تعداد دانه در ردیف داشته باشد. از علل احتمالی برتری تیمار محلول‌پاشی سه عنصر می‌توان به موارد زیر اشاره کرد. ضیائیان (۱۳۸۲) بیان کرد که کمبود روی می‌تواند موجب کچلی بالا و پرنشدن انتهای آن گردد. خلدبرین و اسلام‌زاده (۱۳۸۱) اشاره نمودند که با توجه به نقش مس در فتوسترن پایین‌ترین میزان قندهای حل‌شدنی هنگام رشد رویشی قابل انتظار است. اندکبودن میزان قندها در انتهای ساقه‌ها و نبود نشاسته در دانه‌های گرده گیاهانی که کمبود مس دارند مسئول پایین‌بودن میزان باروری است. ضیائیان (۱۳۸۲) بیان نمود در اثر کمبود بُر نظم و ترتیب دانه‌ها بر روی بالاها بهم‌خورده و حالت بد شکلی به بالا می‌دهد به طوریکه بعضی از قسمت‌های بالا از دانه خالی است.

تعداد دانه در بالا: بیشترین تعداد دانه در بالا (جدول ۳) از تیمار محلول‌پاشی توأم سه عنصر ریزمغذی به دست آمد که مقدار آن ۴۸۷/۶ بود. از شاهد میانگین تعداد دانه ۳۳۱/۲ به دست آمد که کمترین تعداد دانه در بالا در میان تیمارهای محلول‌پاشی بود (جدول ۳). با توجه به جدول ۳ اختلاف معنی‌داری بین تیمارهای محلول‌پاشی روی + بُر + مس، روی + مس، روی + بُر دیده نشد. Tahir و همکاران (۲۰۱۲) در آزمایشی که در آن اثر محلول‌پاشی بُر بر رشد، عملکرد و کیفیت ذرت مورد بررسی قرار گرفت مشاهده کردند که محلول‌پاشی بُر به میزان ۳/۰ کیلوگرم در هکتار موجب افزایش تعداد دانه در چوب بالا شد. صالحی و همکاران (۱۳۹۱) گزارش نمودند که استفاده از کود سولفات روی در شرایط تنش خشکی در ذرت سینگل کراس ۷۰۴ بطور معنی‌داری تعداد دانه در بالا را افزایش داد. در آزمایش دیگری محمودی و یارنیا (۱۳۹۱) در نتایج آزمایش خود بیان نمودند که مصرف

کمترین آن در تیمار شاهد مشاهده شد که با نتایج این آزمایش مطابقت داشت.

ایزدی خرامه و همکاران (۱۳۹۱) نیز گزارش کردند که کاربرد خاکی ۸۰ کیلوگرم سولفات روی توانست اثر معنی‌داری بر وزن هزار دانه گندم داشته باشد و سبب بهبود این صفت شد. در نتایج یک بررسی دیده شد که استفاده از عناصر ریزمغذی در هر دو روش مصرف کاربرد خاکی و کاربرد به صورت محلول‌پاشی توانست اثر معنی‌داری بر صفت وزن هزار دانه ذرت دانه‌ای در سطح یک درصد داشته باشد و بیشترین وزن هزار دانه از محلول‌پاشی توأم آهن، روی و منگنز به دست آمد (طاهر و همکاران، ۱۳۸۷). مبصر (۱۳۹۲) نیز اثر مثبت روی بر وزن هزار دانه برنج را گزارش کردند و علت این امر را این گونه بیان نمودند عنصر روی در تولید کلروفیل و در ساختمان آنزیم کربنیک آنهیدراز در کلروپلاست نقش اساسی دارد بنابراین در تولید کربوهیدرات‌ها درنتیجه افزایش وزن دانه بسیار مهم است. اما گودرزی و همکاران (۱۳۹۳) مشاهده نمودند که محلول‌پاشی سولفات روی با دو غلظت چهار و هشت در هزار اثر معنی‌داری بر وزن هزار دانه ذرت سینگل کراس ۲۶۰ نداشت. در آزمایشی که در آن اثر محلول‌پاشی عناصر ریزمغذی روی گیاه گلنگ مورد بررسی قرار گرفت نتایج نشان داد که تأثیر محلول‌پاشی روی و بُر به تنها ی و همراه با هم بر وزن هزار دانه معنی‌دار بود (کمرکی و گلویی، ۱۳۹۱). نتایج پژوهشی نشان داد که محلول‌پاشی سولفات روی اثر معنی‌داری بر وزن صد دانه ذرت شیرین واریته چلنجر نشان داد (Yarnia and Khasragi, 2014) و مجیدیان (۱۳۹۳) گزارش نمود که استفاده از عناصر روی، بُر و گوگرد به همراه هم نسبت به مصرف انفرادی آنها در افزایش وزن هزار دانه کلزا مؤثرتر بود. در آزمایشی که در آن کود روی و بُر به صورت کاربرد خاکی و محلول‌پاشی مورد استفاده قرار گرفتند نتایج نشان داد که اثر کاربرد روی و بُر به تنها ی و وزن هزار دانه ذرت معنی‌دار نشد اما کاربرد روی و بُر به همراه هم سبب افزایش معنی‌دار وزن هزار دانه ذرت شد (Mohseni and Haddadi, 2014).

اثر معنی‌داری بر عملکرد دانه تر ذرت شیرین داشت و سبب افزایش وزن دانه تر شد. آنها بیان کردند که تأمین این عنصر ریزمغذی برای گیاه ذرت شیرین توانایی تولید دانه را در آن به میزان قابل توجهی افزایش می‌دهد. در پژوهشی نتایج نشان داد که محلول‌پاشی عناصر ریزمغذی آهن، روی و منگنز از مصرف خاکی آنها در افزایش عملکرد دانه ذرت شیرین مؤثرتر بود (متاعی و همکاران، ۱۳۹۳). عواملی که در بخش وزن خشک دانه بیان شد در افزایش عملکرد دانه کنسروی نیز مؤثر بودند.

وزن هزار دانه: وزن هزار دانه تحت تأثیر محلول‌پاشی عناصر ریزمغذی قرار گرفت و اثر تیمار بر آن معنی‌دار شد. در سطح تیماری که در آن هر سه عنصر ریزمغذی محلول‌پاشی شد بالاترین وزن هزار دانه با مقدار ۱۳۲/۱۳ گرم به دست آمد و کمترین میزان وزن هزار دانه ۹۵/۸۱ گرم بود که از شاهد به دست آمد (جدول ۳). با توجه به جدول ۳ تیمارهایی که در آنها محلول‌پاشی روی + بُر + مس، روی + بُر و روی انجام شد از نظر وزن هزار دانه اختلاف معنی‌داری با یکدیگر نداشتند. شاهد با کلیه تیمارها اختلاف معنی‌داری نشان داد (جدول ۳). قطاوی و همکاران (۱۳۹۱) گزارش کردند که اثر محلول‌پاشی سولفات روی بر وزن هزار دانه ذرت دانه‌ای معنی‌دار نبود. در آزمایش دیگری که توسط نژادحسینی و همکاران (۱۳۹۰) انجام شد نتایج نشان داد که استفاده از کود روی و بُر به تنها ی و همراه با هم اثر معنی‌داری بر وزن هزار دانه ارزن معمولی نداشت. این در حالی است که نتایج بسیاری از پژوهش‌ها نیز با نتایج این آزمایش مطابقت دارد. Ranjbar و Bahmaniar (۲۰۰۷) گزارش نمودند که اثر کاربرد کود روی سبب افزایش معنی‌دار وزن هزار دانه گندم شد. در آزمایش رسایی‌فر و همکاران (۱۳۸۹) که در آن تأثیر محلول‌پاشی آهن، روی، منگنز و مس بر عملکرد و اجزای عملکرد سورگوم دانه‌ای مورد بررسی قرار گرفت مشاهده شد که محلول‌پاشی روی + آهن، روی + آهن + منگنز و روی + آهن + منگنز + مس تأثیر معنی‌داری بر وزن هزار دانه سورگوم دانه‌ای داشت و بیشترین وزن هزار دانه از محلول‌پاشی توأم چهار عنصر و

توسط Akhtar و Chaudhry (۲۰۱۲) که در اسلام‌آباد پاکستان و بدون آبیاری در منطقه نیمه‌مرطوب تا مرطوب با متوسط بارندگی ۵۱۷-۱۵۵۰ میلی‌متر انجام شد مشاهدات نشان داد که استفاده از کود روی با مقدار ۸ کیلوگرم در هکتار توانست عملکرد کاه ذرت را از ۴/۵۸ در تیمار شاهد به ۵/۰۷ تن در هکتار افزایش دهد. خلیلی‌ محله و رشدی (۱۳۸۷) در نتایج پژوهش خود مشاهده کردند که محلول‌پاشی روی، آهن و منگنز اثر معنی‌داری بر عملکرد علوفه خشک ذرت سیلوبی ۷۰۴ داشت. در این بررسی بیشترین عملکرد علوفه خشک با مقدار ۱۸/۲ تن در هکتار از تیماری گزارش شد که در آن هر سه عنصر ریز-مغذی مورد استفاده قرار گرفتند و کمترین مقدار آن ۱۲/۹۴ تن در هکتار بود که از تیمار شاهد به‌دست آمد. آنها در مورد علل افزایش ماده خشک در حضور ریز-مغذی‌ها به مواردی از جمله بیوستر اکسین در حضور عنصر روی، افزایش غلظت کلروفیل، افزایش فعالیت فسفوanol پیروات کربوکسیلاز و ریبولوز بی‌فسفات کربوکسیلاز و کاهش تجمع سدیم در بافت‌های گیاهی و همچنین افزایش کارایی جذب نیتروژن و فسفر در حضور عنصر روی اشاره کردند. نبوی‌مقدم و همکاران (۱۳۹۲) گزارش کردند که مصرف عناصر ریز-مغذی اثر معنی‌داری بر عملکرد علوفه خشک ذرت علوفه‌ای سینگل کراس ۷۰۴ داشت. آنها بیان نمودند علت افزایش عملکرد علوفه در افزایش فتوستتر است که درنتیجه باعث می‌شود میزان کربوکسیدرات‌های محلول به میزان زیادی افزایش یابد که افزایش کربوکسیدرات‌های محلول باعث بالارفتن عملکرد می‌شود. با توجه به اینکه محلول‌پاشی عناصر ریز-مغذی توانست شاخص‌های رشد، از جمله شاخص سطح برگ، ماده خشک تولیدی در واحد سطح و سرعت رشد محصول را بهبود بخشد افزایش عملکرد علوفه را می‌توان به این عوامل نیز مربوط دانست.

نتیجه‌گیری

با بررسی صفات عملکرد علوفه و عملکرد دانه در تیمارهای محلول‌پاشی مشاهده شد که محلول‌پاشی ریز-مغذی‌ها توانست

احتمالی افزایش وزن هزار دانه می‌توان گفت عناصر ریز-مغذی مورد استفاده با افزایش شاخص‌های رشد مانند شاخص سطح برگ و سرعت رشد محصول و به‌دنبال آن افزایش میزان فتوستتر و تولید کربوکسیدرات‌های بیشتر و انتقال مواد فتوستتری به دانه باعث افزایش وزن هزار دانه ذرت شیرین شدند.

عملکرد علوفه خشک: بالاترین مقدار عملکرد علوفه خشک (جدول ۳) از تیمار محلول‌پاشی سه عنصر ریز-مغذی به‌دست آمد که مقدار آن ۲۲۸۶/۶۷ کیلوگرم در هکتار بود. کمترین میزان عملکرد علوفه خشک ۱۸۲۶/۶۷ کیلوگرم در هکتار بود (جدول ۳) که در شاهد مشاهده شد. شاهد از نظر آماری (جدول ۳) اختلاف معنی‌داری با تیمار محلول‌پاشی روی + بُر + مس نشان داد. تیمارهای محلول‌پاشی ترکیبی سه عنصر با تیمارهای محلول‌پاشی ترکیبی مس و بُر، روی و مس، روی و بُر و تیمار روی اختلاف معنی‌داری نشان ندادند (جدول ۳).

در مورد اثر محلول‌پاشی عناصر ریز-مغذی بر عملکرد علوفه خشک گزارش‌هایی وجود دارد که نتایج آزمایش ما را تأیید می‌کند در این رابطه پای‌گذار و همکاران (۱۳۸۸) اثر محلول‌پاشی روی و منگنز را بر ارزن مرواریدی در شرایط تنش خشکی مورد بررسی قرار دادند. آنها گزارش کردند که اثر محلول‌پاشی روی بر عملکرد علوفه خشک معنی‌دار بود و توانست عملکرد علوفه خشک را افزایش دهد میانگین عملکرد علوفه در این تیمار ۸۴۱۷ کیلوگرم در هکتار به‌دست آمد. تأثیر محلول‌پاشی توأم روی و منگنز نیز سبب افزایش معنی‌دار عملکرد علوفه خشک ارزن شد و نسبت به محلول‌پاشی انفرادی روی سبب افزایش عملکرد بیشتری شد و تفاوت معنی‌داری با آن نشان داد. در آزمایش دیگری سودانی (۱۳۹۲) تأثیر محلول‌پاشی روی و آهن بر گیاه یونجه را مورد مطالعه قرار داد و گزارش نمود که محلول‌پاشی اثر معنی‌داری بر عملکرد علوفه خشک یونجه یکساله دارد و بیشترین مقدار عملکرد در شرایط طبیعی و گلخانه‌ای از تیمار ترکیب آهن و روی با غلظت سه در هزار به‌دست آمد. در آزمایش انجام شده

شیرین تولید بلال و دانه است بنابراین محلول پاشی ریزمغذی‌ها می‌تواند راه مناسبی برای رسیدن به عملکرد دانه بالاتر باشد.

عملکرد دانه و بلال را به میزان بیشتری نسبت به عملکرد علوفه بهبود بخشد با توجه به اینکه هدف اصلی از کشت ذرت مختلف کاشت. مجله اکوفیزیولوژی گیاهی ۱: ۴۶-۳۷.

منابع

- ایزدی خرامه، ه.، بلوچی، ح. ر. و شبانی، س. (۱۳۹۱) اثر مصرف خاکی آهن و سولفات روی بر عملکرد دانه گندم در تاریخ‌های مختلف کاشت. مجله اکوفیزیولوژی گیاهی ۱: ۴۶-۳۷.
- بوربوری، م. ر.، ارادتمند اصلی، د. و طهرانی، م. م. (۱۳۹۰) بررسی تأثیر مصرف دو ریزمغذی روی، مس به دو روش بذرپاشی و محلول پاشی در افزایش عملکرد و اجزا عملکرد در گندم. فصلنامه علمی-پژوهشی گیاه و زیست‌بوم ۲۹: ۱۰۲-۸۷.
- پایگذار، ی.، قبری، ا.، حیدری، م. و توسلی، ا. (۱۳۸۸) اثر محلول پاشی عناصر کم‌صرف بر خصوصیات کمی و کیفی ارزن مرواریدی رقم نوتريفید (*Pennisetum glaucum*) تحت تنش خشکی. مجله علمی - پژوهشی دانشگاه آزاد اسلامی واحد تبریز ۱: ۷۹-۶۷.
- حسین‌نژاد، م.، شیرانی‌راد، ا. ح.، سیف‌زاده، س. و ولد‌آبادی، ع. (۱۳۹۲) بررسی اثر کاربرد زئولیت و محلول پاشی با عناصر روی و منگنز بر صفات کمی ذرت شیرین در مقادیر مختلف نیتروژن. دوین همایش ملی توسعه پایدار کشاورزی و محیط زیست سالم، همدان، ایران.
- حق‌بین، ف.، خاوری خراسانی، س. و حکیم عطار، ب. (۱۳۹۳) زراعت و فرآوری صنعتی ذرت شیرین و بلال کوچک. چاپ اول، انتشارات تحقیقات آموزش کشاورزی و منابع طبیعی (تاک) سرو، تهران.
- خلدبرین، ب. و اسلام‌زاده، ط. (۱۳۸۱) تغذیه معدنی گیاهان عالی. جلد ۲، انتشارات دانشگاه شیراز، شیراز.
- خلیلی‌محله، ح. و رشدی، م. (۱۳۸۷) اثر محلول پاشی عناصر کم‌صرف بر خصوصیات کمی و کیفی ذرت سیلوی ۷۰۴ در خوی. مجله نهال و بذر ۲: ۲۹۲-۲۸۱.
- دهقانی‌تفتی، ا. ر.، دادی، ا.، نجفی، ف. و کیانمهر، م. ح. (۱۳۹۴) اثر کاربرد تلفیقی کود دامی و اوره و محلول پاشی عناصر کم‌صرف بر شاخص‌های رشد و فیزیولوژیک گیاه دارویی کدوی پوست کاغذی (*Cucurbita pepo* var. *stryaca*). نشریه پژوهش‌های تولید گیاهی ۴: ۶۵-۴۹.
- رسایی‌فر، م.، مرادی‌اقدم، ا.، حاجی‌حسنی‌اصل، ن. و حسینی، ن. (۱۳۸۹) تأثیر محلول پاشی آهن، روی، منگنز و مس بر عملکرد و اجزای عملکرد سورگوم دانه‌ای. مجله پژوهش‌های بهزیستی ۴: ۳۵۳-۳۴۱.
- سلیمانی، ع.، فیروزی، م. و نارنجانی، ل. (۱۳۹۰) تأثیر محلول پاشی عناصر کم‌صرف بر برخی از شاخص‌های فیزیولوژیکی مؤثر بر رشد و عملکرد ماده خشک گیاه ذرت علوفه‌ای. نشریه پژوهش‌های زراعی ایران ۳: ۳۴۷-۳۴۰.
- سودانی، ف. (۱۳۹۲) تأثیر محلول پاشی آهن و روی بر خصوصیات کمی و کیفی یونجه یک ساله (*Medicago scutellata*) در منطقه کرج. پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران.
- صالحی، ر.، ملکی، ع. و دهقان‌زاده، ح. (۱۳۹۱) تأثیر پتاس و روی بر عملکرد و اجزای عملکرد و اجزای عملکرد ذرت سینگل کراس ۷۰۴ تحت تنش قطع آبیاری. مجله تولید گیاهان زراعی در شرایط تنش‌های محیطی ۳: ۷۰-۵۹.
- صدرزاده، س. م. (۱۳۸۱) بررسی اثر کود ازت و پتاسیم بر عملکرد، اجزای عملکرد و شاخص‌های رشد برنج رقم خزر. پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه گیلان، رشت، ایران.
- ضیائیان، ع. (۱۳۸۲) استفاده از عناصر کم‌صرف در کشاورزی. نشر آموزش کشاورزی، کرج.

- طاهر، م.، رشدی، م.، خلیلی محله، ج.، خوارزمی، ک. و حاجی حسنی اصل، ن. (۱۳۸۷) تأثیر روش‌های مختلف مصرف عناصر ریز-مغذی بر عملکرد و اجزای عملکرد ذرت دانه‌ای در شهرستان خوی. مجله پژوهش در علوم زراعی ۱: ۸۴-۷۲.
- عزیزی، خ.، نوروزیان، ع.، حیدری، س. و یعقوبی، م. (۱۳۹۰) بررسی تأثیر محلول‌پاشی عناصر روی و بور بر عملکرد دانه، اجزای عملکرد، برخی شاخص‌های رشد، میزان روغن و پروتئین بذر کلزا (*Brassica napus L.*) در شرایط اقلیمی خرم‌آباد. مجله دانش زراعت ۵: ۱۶-۱.
- غفاری، م.، اکبری، غ.، پناهی، م. و محمدزاده، آ. (۱۳۸۹) واکنش برخی شاخص‌های فیزیولوژیک رشد ذرت دانه‌ای به کاربرد خاک مصرف و محلول‌پاشی عناصر ریز-مغذی آهن، روی و کود کامل میکرو. پنجمین همایش ملی ایده‌های نو در کشاورزی، خوارسگان، اصفهان، ایران.
- فتحی، ق. و عنایت قلی‌زاده، م. (۱۳۸۸) تأثیر کودهای کم مصرف آهن، روی و مس بر رشد و عملکرد ارقام جو در شرایط آب و هوایی خوزستان. فصلنامه علمی تخصصی فیزیولوژی گیاهان زراعی ۱: ۴۱-۲۸.
- قطاوی، ح.، معافپوریان، غ. و بحرانی، ع. (۱۳۹۱) تأثیر محلول‌پاشی سولفات روی و دور آبیاری بر عملکرد، اجزای عملکرد و میزان پروتئین ذرت دانه‌ای. مجله اکوفیزیولوژی گیاهی ۱: ۴۸-۳۷.
- کریمی، ز.، ناصرالله‌زاده اصل، ع.، جلیلی، ف. و لیلو، ر. (۱۳۹۱) تأثیر کود زیستی فسفات بارور-۲ و محلول‌پاشی عناصر ریز-مغذی بر عملکرد و اجزای عملکرد ذرت دانه‌ای ۷۰۴. مجله پژوهش در علوم زراعی ۱۵: ۴۳-۳۳.
- کسرایی، ر. (۱۳۷۲) چکیده‌ای درباره علم تغذیه گیاهی. انتشارات دانشگاه تبریز، تبریز.
- کوچکی، ع. و سرمانی، غ. (۱۳۸۸) فیزیولوژی گیاهان زراعی. انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد، مشهد.
- کمرکی، ح. و گلوی، م. (۱۳۹۱) ارزیابی محلول‌پاشی عناصر ریز-مغذی آهن، بُر و روی بر ویژگی‌های کمی و کیفی گلنگ. نشریه بوم شناسی کشاورزی ۳: ۶۰-۲۰.
- گودرزی، ح.، کسرایی، پ. و زند، ب. (۱۳۹۳) تأثیر غلظت‌های مختلف ریز-مغذی‌های آهن و روی بر عملکرد و اجزای عملکرد ذرت سینگل کراس. ۲۶۰. مجله پژوهش‌های بهزیستی ۱: ۶۱-۴۹.
- مبصر، ح. ر. (۱۳۹۲) اثرات مصرف و عدم مصرف عناصر ریز-مغذی مس و روی بر عملکرد و اجزای عملکرد دانه برنج (*Oryza sativa L.*) رقم طارم محلی. نشریه تولید گیاهان زراعی در شرایط تنش‌های محیطی (علوم زراعی) ۱: ۹-۱.
- متاعی، س.، امیرنیا، ر.، تاجبخش، م.، عبدالله مندولکانی، ب. (۱۳۹۳) تأثیر عناصر آهن، روی و منگنز و روش مصرف آنها بر فنولوژی، عملکرد و کیفیت دانه ذرت شیرین. مجله تولید و فرآوری محصولات زراعی و باگی ۱۱: ۲۳۹-۲۳۱.
- مجیدیان، م. (۱۳۹۳) تأثیر روی، بُر و گوگرد بر میزان روغن دانه، عملکرد و فعالیت برخی آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی در کلزا. نشریه پژوهش‌های تولید گیاهی ۳: ۱۵۲-۱۳۵.
- محمودی، ج. و یارنیا، م. (۱۳۹۱) اثر مقادیر مختلف مصرف خاکی و محلول‌پاشی سولفات روی بر صفات مرتبط با دانه در ذرت شیرین. مجله علمی - پژوهشی اکوفیزیولوژی گیاهان زراعی ۴: ۴۲۹-۴۴۲.
- ملکوتی، م. ج. و طهرانی، م. م. (۱۳۷۸) نقش ریز-مغذی‌ها در افزایش عملکرد و بهبود کیفیت محصولات کشاورزی (عناصر خرد با تأثیر کلان). انتشارات دانشگاه تربیت مدرس، تهران.
- ملکوتی، م. ج. و غیبی، م. ن. (۱۳۷۹) تعیین حد بحرانی عناصر غذایی مؤثر در خاک، گیاه و میوه در راستای افزایش عملکرد کمی و کیفی محصولات استراتژیک کشور. نشر آموزش کشاورزی.

- ملکوتی، م. ج. (۱۳۹۷) مصرف بهینه‌ی کود برای تولید محصولات کشاورزی سالم؛ تعیین مقدار، نوع و زمان مصرف کودها برای دستیابی به خودکفایی نسبی، امنیت غذایی و افزایش درآمد کشاورزان. انتشارات مبلغان، تهران، ایران.
- میرطالبی، س. ح.، خواجه‌پور، م. ر.، حسینی س. م. و سلیمانی، ع. (۱۳۹۱) بررسی اثر سولفات روی بر رشد و نمو ارقام گندم شمال فارس. مجله اکوفیزیولوژی گیاهی ۲: ۶۰-۴۷.
- نبوی‌مقدم، ر.، صابری، م. ح و سیاری، م. ح. (۱۳۹۲) تأثیر مصرف خاکی سولفات آهن و منگنز بر ویژگی‌های کمی و کیفی ذرت علوفه‌ای سینگل کراس ۷۰۴. مجله بهزیارت کشاورزی ۲: ۸۶-۷۵.
- نژادحسینی، ط.، آستانایی، ع.، خراسانی، ر. و امامی، ح. (۱۳۹۰) بررسی دو نوع کود آلی همراه با عناصر بُر و روی بر عملکرد، اجزای عملکرد و غلظت عناصر غذایی در دانه ارزن معمولی. نشریه پژوهش‌های زراعی ایران ۱: ۷۷-۷۰.
- نوروزیان، ع. (۱۳۸۹) مطالعه تأثیر کاربرد عناصر ریزمغذی (روی و بُر) بر عملکرد کمی، کیفی و خصوصیات رشد کلزای پاییزه در شرایط اقلیمی خرم‌آباد. پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه لرستان، خرم‌آباد، ایران.
- Akhtar, M. E. and Chaudhry, A. N. (2012) Impact of integrated nutrient management on yield and nutrient uptake by maize under rain-fed conditions. *Pakistan Journal of Nutrition* 1: 27-33.
- Alloway, B. (2009) Soil factors associated with zinc deficiency in crops and humans. *Environmental Geochemistry and Health* 5: 537-548.
- Cai-Lian, Y., Sheng-Guo, L., Xian-Long, P. and Yuan-Ying, L. (2006) Effects of boron, zinc, and iron on the gentiopicroside content and yield of gentian. *Pedosphere* 2: 210-214.
- Chaudhary, D. P., Kumar, S. and Singh, S. (2014) Maize: Nutrition Dynamics and Novel Use. Springer Publication, New York.
- Dell, B. and Huang, L. (1997) Physiological response of plants to low boron. *Plant and Soil* 1: 103-120.
- Ippolito, J. A., Ducey, T. and Tarkalson, D. (2010) Copper impacts on corn, soil extractability, and the soil bacterial community. *Soil Science* 12: 586-592.
- Jolliffe, P. A., Eaton, G. W. and Doust, J. L. (1982) Sequential analysis of plant growth. *New Phytologist* 92: 287-296.
- Khasragi, Y. S. and Yarnia, M. (2014) Effect of zinc sulfate application in different growth stages on yield and yield components of sweet corn (var. Challenger). *International Journal of Biosciences (IJB)* 12: 258-265.
- Lordkaew, S., Dell, B., Jamjod, S. and Rerkasem, B. (2011) Boron deficiency in maize. *Plant and Soil* 1-2: 207-220.
- Oktem, A., Oktem, A. G. and Coskun, Y. (2004) Determination of sowing dates of sweet corn (*Zea mays* L. saccharata Sturt.) under Sanliurfa conditions. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry* 2: 83-91.
- Hänsch, R. and Mendel, R. R. (2009) Physiological functions of mineral micronutrients (Cu, Zn, Mn, Fe, Ni, Mo, B, Cl). *Current Opinion in Plant Biology* 3: 259-266.
- Harris, D., Rashid, A., Miraj, G., Arif, M. and Shah, H. (2007) 'On-farm' seed priming with zinc sulphate solution-A cost-effective way to increase the maize yields of resource-poor farmers. *Field Crops Research* 2: 119-127.
- Kaur, G. and Nelson, K. A. (2014) Effect of foliar boron fertilization of fine textured soils on corn yields. *Agronomy* 1: 1-18.
- Manzeke, G. M., Mtambanengwe, F., Nezomba, H. and Mapfumo, P. (2014) Zinc fertilization influence on maize productivity and grain nutritional quality under integrated soil fertility management in Zimbabwe. *Field Crops Research* 128-136.
- Marschner, H. (1995) Mineral Nutrition of Higher Plants. 2nd Ed. Academic Press, Great Britain.
- Mohseni, M. and Haddadib, M. H. (2014) Investigating the effects of boron and zinc on corn seed set in Mazandaran Iran. *International Journal of Plant, Animal and Environmental Sciences* 5: 219-223.
- Ranjbar, G. and Bahmaniar, M. (2007) Effects of soil and foliar application of Zn fertilizer on yield and growth characteristics of bread wheat (*Triticum aestivum* L.) cultivars. *Asian Journal of Plant Sciences* 6: 1000-1005.
- Shoja, T., Majidian, M. and Rabiee, M. (2018) Effects of zinc, boron and sulfur on grain yield, activity of some antioxidant enzymes and fatty acid composition of rapeseed (*Brassica napus* L.). *Acta Agriculturae Slovenica* 111: 73-84.
- Subedi, K. and Ma, B. (2009) Assessment of some major yield-limiting factors on maize production in a humid temperate environment. *Field Crops Research* 1: 21-26.
- Tahir, M., Ali, A., Khalid, F., Naeem, M., Fiaz, N. and Waseem, M. (2012) Effect of foliar applied boron application on growth, yield and quality of maize (*Zea Mays* L.). *Pakistan Jouurnal of Scientific and industrial Research* 3: 117-121.

- Wang, J., Mao, H., Zhao, H., Huang, D. and Wang, Z. (2012) Different increases in maize and wheat grain zinc concentrations caused by soil and foliar applications of zinc in Loess Plateau, China. *Field Crops Research* 89-96.
- Waters, B. M. and Sankaran, R. P. (2011) Moving micronutrients from the soil to the seeds: genes and physiological processes from a biofortification perspective. *Plant Science* 4: 562-574.
- Yosefi, K., Galavi, M., Ramrodi, M. and Mousavi, S. R. (2011) Effect of bio-phosphate and chemical phosphorus fertilizer accompanied with micronutrient foliar application on growth, yield and yield components of maize (Single Cross 704). *Australian Journal of Crop Science* 2: 175-180.

Effects of foliar application of zinc, boron and copper micronutrients on growth indices and yield of sweet corn

Azam Mohammadi Limaei, Majid Majidian* and Gholam reza Mohsenabadi

Agronomy, Department of Agronomy and Plant Breeding, Faculty of Agricultural Sciences,
University of Guilan, Rasht, Iran
(Received: 05/11/2017, Accepted: 08/12/2018)

Abstract

In order to investigate the effects of foliar application of micronutrients, zinc, boron and copper both individually and in combination on growth indicators and yield of sweet corn (*Zea mays* L. var. Samyra), this experiment was conducted in randomized complete block design with three replications in research farm of the Faculty of Agricultural Sciences, University of Guilan Iran in Spring 2015. Foliar treatments included: control, zinc (concentration 2 parts per thousand from zinc sulphate), boron (concentration 2 parts per thousand from boric acid), copper (concentration 1 parts per thousand from copper sulphate), zinc + born, zinc + copper, boron + copper, and zinc + boron + copper. The results showed that foliar application of micronutrients was effective in increasing crop growth rate, leaf area index and total dry weight and in all of traits combined three elements foliar micronutrient treatment was superior compared to the other treatments, Such that it increased the maximum crop growth rate, leaf area index and total dry weight in this treatment by 49.2, 48.5 and 43.7%, respectively. In this study, the highest dry forage yield and grain yield were 2286 and 2194 kg ha⁻¹ respectively, also maximum grain yield canned was obtained 6454 kg ha⁻¹ from three treatments of foliar micronutrient. According to the results of this experiment it seemed that foliar application of micronutrients, zinc, boron and copper was a useful approach for increasing sweet corn seed yield in conditions similar to this experiment.

Key word: Crop growth rate, Micronutrient, Sweet corn, Spray