

## اثر محلول پاشی 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 محلول پاشی 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 محلول پاشی 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)، روی (غلظت دو در هزار سولفات روی) + مس (غلظت یک در هزار سولفات مس)، 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 محلول پاشی ریزمغذی‌ها در افزایش سرعت رشد گیاه، شاخص سطح برگ و وزن خشک کل مؤثر بود و در کلیه این صفات تیمار محلول پاشی 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 به دست آمد. همچنین بیشترین عملکرد دانه کنسروی با مقدار ۶۴۵۴ کیلوگرم در هکتار از این تیمار به دست آمد. با توجه به نتایج به دست آمده از این آزمایش به نظر می‌رسد که محلول پاشی 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

### مقدمه

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 گرمسیری و نیمه‌گرمسیری است که به دلیل تنوع روشی گسترده، میزان عملکرد بالا، بازارپسندی و وجود برخی از ترکیبات غذایی با ارزش در آن یک ماده غذایی با ارزش و مهم در تغذیه انسان

ذرت شیرین (*Zea mays* L. *Saccharata*) یکی از محبوب‌ترین سبزیجات در کشورهایی مانند آمریکا و کانادا است. علاقه به آن در هندوستان 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 معنی‌داری عملکرد گیاه کوشاد (*Gentiana lutea*) را بهبود بخشید. در این بررسی نشان داده شد که کاربرد کافی ریزمغذی‌ها 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 شاخساره‌ها را با ۱۶/۵ درصد افزایش نسبت به شاهد تولید کرد (نژادحسینی و همکاران، ۱۳۹۰). در یک بررسی کاربرد خاکی بُر به میزان ۱۰ کیلوگرم در هکتار موجب افزایش وزن خشک شاخساره‌ها و طول خوشه 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 غلظت‌های بالای بُر در گیاهان مختلف گزارش شده است (نژادحسینی و همکاران، ۱۳۹۰). در آزمایشی یافته‌ها نشان داد که کاربرد تا ۲۵۰ میلی‌گرم در کیلوگرم مس در رشد ذرت بی‌تأثیر بود، میزان مس بیشتر از ۲۵۰ میلی‌گرم 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 معنی‌داری نشان داد و سبب بهبود این صفات شد و تأثیر معنی‌داری بر تعداد دانه در سنبله گیاه گندم نشان نداد (بوربوری و همکاران، ۱۳۹۰). در آزمایشی نتایج نشان داد که محلول‌پاشی توأم عناصر روی، آهن، منگنز و مس اثر معنی‌داری بر طول پانیکول، تعداد دانه در پانیکول، عملکرد دانه و عملکرد زیستی گیاه سورگوم دانه‌ای داشت و سبب بهبود این صفات شد اما بر وزن هزار دانه و شاخص برداشت اثر معنی‌داری نداشت (رسایی‌فر و همکاران، ۱۳۸۹). علاوه بر مصرف نامتعادل کودها و تمرکز اشتباه بر مصرف بی‌رویه کودهای نیتروژن و فسفر در کشور به دلایل متعددی از جمله: آهکی‌بودن خاک‌ها، بی‌کربناته‌بودن آب آبیاری، پائین‌بودن مواد آلی در خاک‌های زراعی، حاکمیت تنش کم‌آبی در مزارع کشور و عدم‌رواج مصرف کودهای ریزمغذی خاک‌های زراعی کشور ما با کمبود شدید ریزمغذی‌ها به‌ویژه روی (Zn)، آهن (Fe) و بور (B) مواجه است. این آزمایش با هدف مقایسه شاخص‌های رشد و عملکرد گیاه ذرت شیرین

در جهان محسوب می‌گردد (حقیقین 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 کم‌مصرف ضروری است (Shoja et al., 2018). ریزمغذی‌ها 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). محلول‌پاشی عناصری مثل بُر، مس، منگنز و روی در شرایط خاک‌های ایران از مصرف آنها به خاک به خاطر برطرف‌نمودن سریع کمبود، آسان‌تربودن اجرای آن، کاهش سمیت ناشی از تجمع این عناصر در خاک و جلوگیری از تثبیت مناسب‌تر است (ملکوتی و طهرانی، ۱۳۷۸). عناصر ریزمغذی روی و مس برای گیاهان، انسان و حیواناتی که از گیاهان تغذیه می‌کنند ضروری است. افزایش غلظت ریزمغذی‌ها در گیاهان زراعی اصلی تا حد زیادی تغذیه انسان در مقیاس جهانی را بهبود می‌بخشد (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 معنی‌داری روی زیست توده و عملکرد دانه ذرت و گندم نداشت (Wang et al., 2012). در پژوهشی که در یک محیط معتدل و مرطوب طی چندین سال انجام شد مشاهده شد که با محلول‌پاشی روی در مرحله هشت برگی ذرت، طی یکی از سال‌ها بدون محلول‌پاشی، 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 نشانه‌ای از کمبود ریزمغذی‌ها در خاک مشاهده نشد. نتایج این آزمایش نشان داد که پاسخ عملکرد ذرت به ریزمغذی‌ها 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 (Kaur and Nelson, 2014). در مطالعه Cai-Lian و

در تیمارهای مختلف محلول‌پاشی عناصر ریزمغذی 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 ۷/۲۷، 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 ۴۱/۱۱، نسبت جذب سدیم ۱/۴۱۶ جذر میلی‌اکی والان بر لیتر، درصد سدیم قابل تبادل ۰/۸۸۲ درصد، نترات ۰/۳۶۵۷ میلی‌گرم بر لیتر، فسفات ۰/۲۷۴ میلی‌گرم بر لیتر، سولفات ۶۷/۲ 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، 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

پشته‌هایی با فاصله ۷۵ سانتی‌متری انجام شد. نقشه طرح در کرت‌هایی با ابعاد ۴×۵ 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 پشته‌ها با دست کشت شدند. در هر محل دو بذر قرار داده شد. کشت در تاریخ دوازدهم خرداد انجام شد. بلافاصله پس از کشت آبیاری انجام شد. سه روز پس از کشت آبیاری مجدداً تکرار شد. پس از سبز شدن بوته‌ها آبیاری هر هفت روز یک بار انجام شد. کود نیتروژن از منبع اوره (حاوی ۴۶ درصد نیتروژن) به میزان ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار در سه مرحله دو برگی، شش برگی 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 (۸-۶ برگی) 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 (ملکوئی و غیبی، ۱۳۷۹). برداشت ۸۱ روز پس از کشت انجام شد. تعداد ۱۰ بوته با حذف اثر حاشیه از سه ریف 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

جدول ۱- برخی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی عمق ۳۰-۰ سانتی متری 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
اسیدینه		۷/۰۳
کربن آلی	درصد	۱/۷۶
نیترژن 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 یافتند. آنها مشاهده نمودند که محلول‌پاشی عناصر ریزمغذی 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 سبز شدن دارای رشد آهسته است (حقیقین 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 رگرسیون، 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.

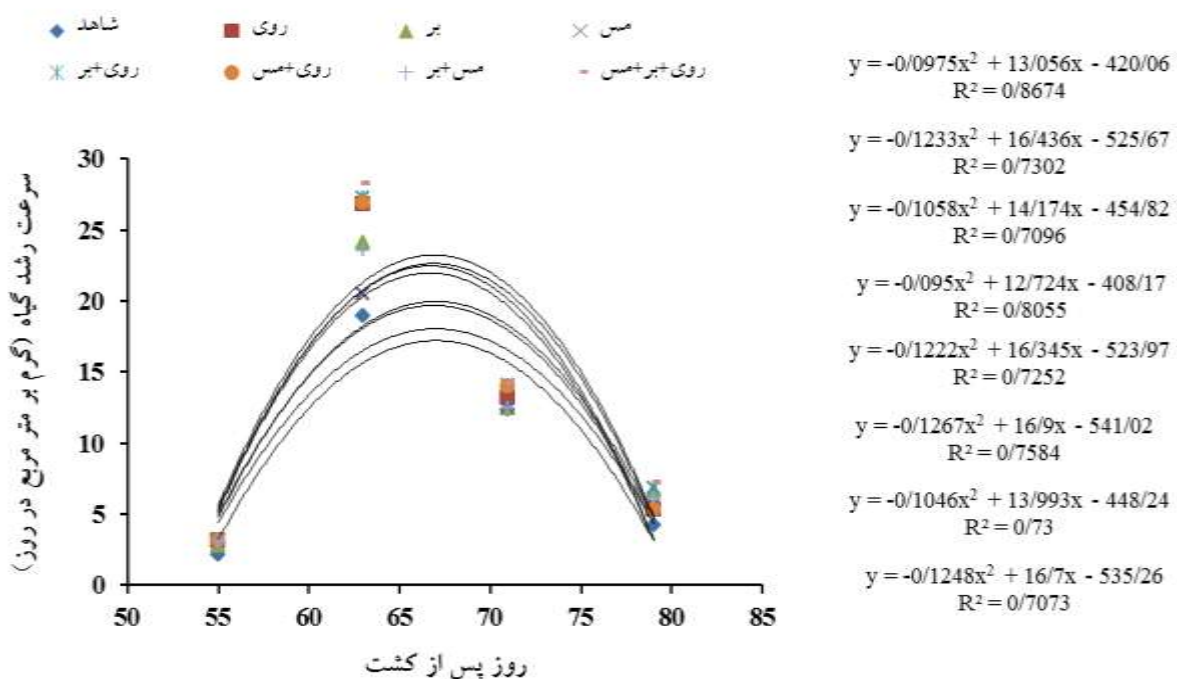
### نتایج و بحث

**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 ریزمغذی 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

میانگین مربعات			درجه آزادی	منابع تغییرات
حداکثر سرعت رشد گیاه	حداکثر شاخص سطح برگ	وزن خشک کل		
۰/۵۳*	۰/۰۰۲ <sup>ns</sup>	۹۸/۶۹*	۲	تکرار
۳۴/۴۶**	۰/۰۹۹**	۹۳۱۰/۲۱**	۷	تیمار
۰/۸۱	۰/۰۲	۵۸۴/۷۹	۱۴	خطا
۳/۶۶	۹/۱۸	۴/۷۱		ضریب تغییرات (درصد)

\*\*\*, \* و ns معنی دار در سطح احتمال یک و پنج درصد و عدم تفاوت 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 نمونه برداری (شکل ۱) سرعت رشد کاهش یافت، در اواسط مرحله رشد گیاه به تدریج با سایه اندازی اندام های فوقانی بر

بارش در اواخر تیر ماه رخ داد که فاصله زمانی چندانی با اولین مرحله نمونه برداری نداشت. در دومین مرحله نمونه برداری سرعت رشد گیاه (شکل ۱) بطور چشم گیری 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. نمونه برداری دوم مدتی پس از دومین محلول پاشی ریز مغذی ها صورت گرفت و بوته ها در مرحله زایشی بودند. بیشترین شاخص سطح برگ نیز در این مرحله مشاهده شد. با افزایش شاخص سطح برگ و در نتیجه بهره گیری بهتر از تشعشعات خورشیدی میزان تولید ماده

روی برگ‌ها پیری و ریزش برگ‌ها و کاهش قدرت فتوسنتزی 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 فتوسنتز سطح برگ و کارایی برگ‌های گیاه افزایش یافت از این رو توانایی گیاه برای تبدیل انرژی خورشیدی به مواد فتوسنتزی بالا رفت. به دنبال افزایش توان فتوسنتزی گیاه تولید ماده خشک در واحد سطح افزایش یافت و موجب افزایش سرعت رشد گیاه شد.

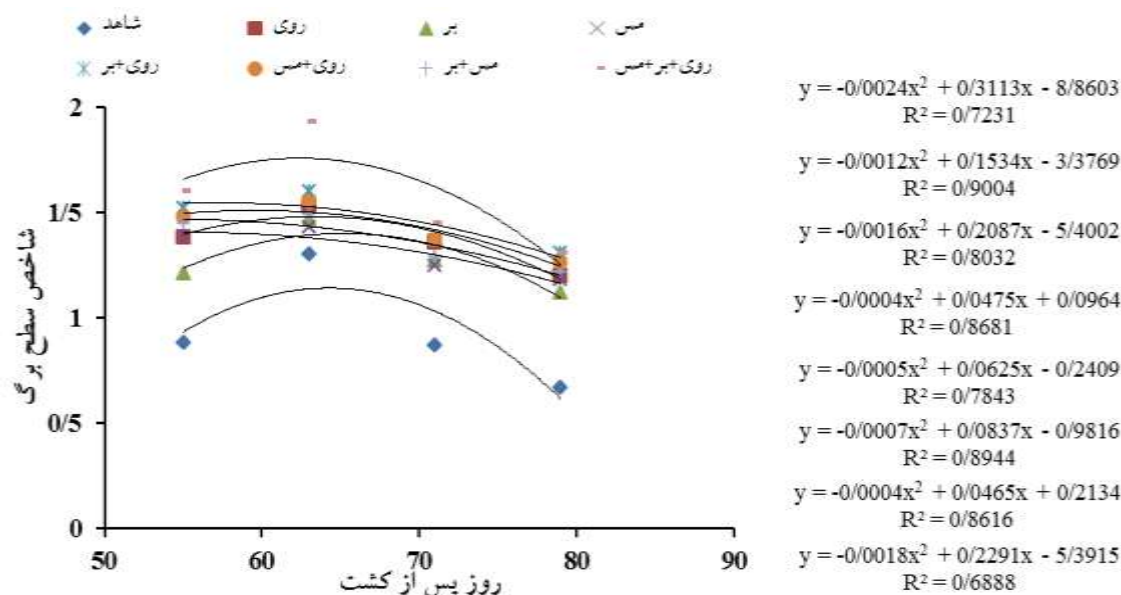
نتایج آزمایش دهقانی تفتی و همکاران نشان داد که محلول‌پاشی عناصر ریزمغذی توانست شاخص سطح برگ و سرعت رشد گیاه کدوی پوست کاغذی را افزایش دهد (دهقانی تفتی و همکاران، ۱۳۹۴) یافته‌های این تحقیق با نتایج پژوهشگران مطابقت دارد.

#### 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 تریپتوفان به عنوان ماده اولیه اکسین‌ها از اعمال این عنصر است (کسرایبی، ۱۳۷۲). اکسین طولی‌شدن سلولی را تحریک می‌کند (کوچکی و سرمدنیا، ۱۳۸۸) بنابراین با محلول‌پاشی کود روی و افزایش میزان کلروفیل فتوسنتز گیاه افزایش یافت و علاوه بر آن با

تولید هورمون اکسین و به دنبال آن طولی‌شدن سلول‌ها سطح برگ افزایش یافت. در یک بررسی کسرایبی (۱۳۷۲) بیان نمود مس در عمل فتوسنتز و تشکیل کلروفیل نقش دارد، بنابراین مس از این طریق توانست شاخص سطح برگ ذرت شیرین را بهبود بخشد. بُر بطور عمده برای طولی‌شدن 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 طولی‌شدن 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 حداکثر 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



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

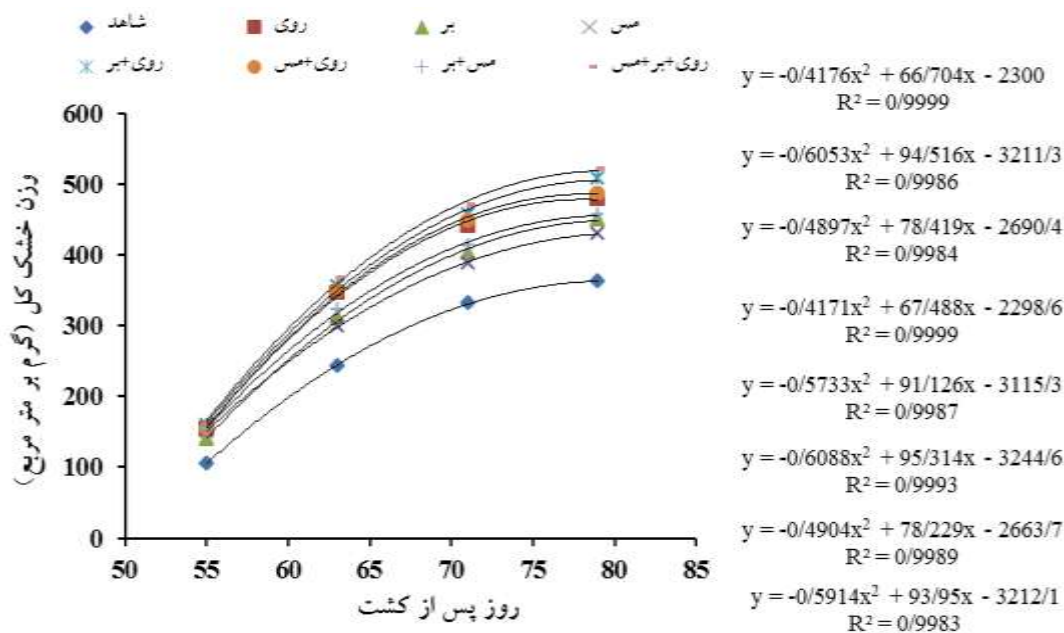
کمترین تأثیر بعد از شاهد تیمار مس بود. در این تحقیق عناصر روی و بُر تأثیر زیادی بر وزن خشک کل گیاه ذرت شیرین داشت.

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

بطور کلی می توان گفت که در کلیه تیمارها سرعت تجمع ماده خشک در ۵۵ روز پس از کشت پایین بود ولی با گذشت زمان و محلول پاشی ریزمغذی ها بر اثر گسترش پوشش گیاهی و افزایش سطح برگ، میزان فتوسنتز پوشش گیاهی افزایش یافت و شیب منحنی تجمع ماده خشک شدت بیشتری گرفت. با توجه به اینکه برداشت در پایان مرحله خمیری نرم دانه انجام شد و در این مرحله بوته ها هنوز سبز بودند ماده خشک

در گیاه ایفا می کنند توانستند شاخص سطح برگ ذرت شیرین را بهبود بخشند که در ادامه به برخی از این نقش ها اشاره خواهد شد.

**وزن خشک کل:** تأثیر محلول پاشی عناصر ریزمغذی در سطح یک درصد بر وزن خشک کل معنی دار بود (جدول ۲). با توجه به شکل ۳، بیشترین وزن خشک کل در مراحل مورد بررسی مربوط به تیمار محلول پاشی روی + بُر + مس بود و شاهد در هر چهار مرحله نمونه برداری کمترین وزن خشک کل را داشت. با توجه به شکل ۳ کمترین وزن خشک کل در تمامی تیمارها از اولین نمونه برداری به دست آمد و بیشترین وزن خشک کل نیز در مرحله چهارم نمونه برداری مشاهده شد. در اولین نمونه برداری که مدتی پس از اولین محلول پاشی صورت گرفت ماده خشک تولیدی در واحد سطح پایین بود، نمونه برداری دوم ۶۳ روز پس از کشت و مدتی پس از دومین مرحله محلول پاشی انجام شد و ماده خشک تولیدی در فاصله این دو نمونه برداری در تیمارهای محلول پاشی با شیب نسبتاً زیادی افزایش یافت اما در مراحل بعدی افزایش وزن خشک با شیب کمتری رخ داد که ناشی از کاهش سرعت رشد در این مراحل بود (شکل ۳). بعد از تیمار سه گانه 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 ذکرشده با میزان ۱۳۸ گرم، بدون اختلاف معنی‌دار نسبت به تیمار محلول‌پاشی در هر سه مرحله به‌دست 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 معنی‌دار بود و بیشترین عملکرد دانه با مصرف ۶۰ کیلوگرم در هکتار سولفات روی به‌دست 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 معنی‌دار عملکرد دانه شد (Harris et al., 2007). در آزمایش انجام‌شده توسط Chaudhry و Akhtar (۲۰۱۲) که در اسلام‌آباد پاکستان و بدون آبیاری در منطقه نیمه‌مرطوب تا مرطوب با متوسط بارندگی ۱۵۵۰-۵۱۷ 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 فتوسنتز نقش داشتند به‌دنبال 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 به‌دست آمد که متعلق به تیمار محلول‌پاشی روی + بر + مس بود که با شاهد اختلاف معنی‌داری 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 پرشدن‌دانه انجام شد سبب افزایش معنی‌دار 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 معنی‌دار بر عملکرد دانه ذرت شیرین مشاهده شد. در این



جدول ۳- جدول مقایسه میانگین عملکرد و اجزای عملکرد در تیمارهای محلول پاشی

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

وجود حداقل یک حروفهای مشابه نشان دهنده عدم تفاوت معنی دار بین میانگین ها است.

می ماند تا کشف شود (Dell and Huang, 1997). بنابراین کاهش ظرفیت فتوسنتزی گیاه می تواند منجر به تولید کمتر مواد فتوسنتزی شود و در این شرایط با انتقال ذخایر اندک کربوهیدراتی موجود به دانه عملکرد دانه کمتری نیز تولید خواهد شد. در بررسی های Dell و Huang (۱۹۹۷) همچنین بیان شده است که کمبود بُر بر روی رشد ریشه اثر می گذارد. آنها عنوان نمودند بازدارنده رشد اولیه ریشه، در مقایسه با رشد شاخساره، نسبت شاخساره به ریشه را افزایش می دهد. فرض شده است که این کمبود ممکن است حساسیت گیاهان به تنش های 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 مورد بررسی قرار گرفته است در صورت کاهش رشد ریشه در اثر کمبود بُر علاوه بر این که ممکن است مواد مغذی کمتری جذب شود و گیاه از نظر سایر عناصر نیز فقیر شود ممکن است ریشه های گیاه آب کمتری از خاک جذب نماید.

Dell و Huang (۱۹۹۷) بیان نمودند که تولید مثل جنسی نسبت به رشد رویشی، اغلب به کمبود بُر خاک حساس تر است و مشخص شده است. کاهش عملکرد دانه بدون وجود

۲/۵۱ به ۳/۲۳ تن در هکتار افزایش دهد. در گیاهان آنزیم های حاوی و یا فعال شده توسط روی درگیر در متابولیسم کربوهیدرات، تولید پروتئین، نگهداری از یکپارچگی غشای سلولی، تنظیم تولید اکسین و تشکیل گرده هستند (Marschner, 1995). موارد ذکر شده می تواند از جمله عوامل مؤثر بر افزایش عملکرد دانه در اثر محلول پاشی روی باشد.

در یک بررسی Alloway (۲۰۰۹) بیان کرد که در خاک های حاشیه ای دارای کمبود روی، عملکرد می تواند کاهش یابد. Tahir و همکاران (۲۰۱۲) در آزمایشی اثر محلول پاشی بُر بر رشد، عملکرد و کیفیت ذرت را مورد مطالعه قرار دادند. در آزمایش آنها محلول پاشی ۲۰ روز پس از سبز شدن و با سه مقدار متفاوت انجام شد. نتایج نشان داد که محلول پاشی با هر سه مقدار ۰/۱۵، ۰/۳ و ۰/۴۵ کیلوگرم در هکتار بطور معنی داری سبب افزایش عملکرد دانه در ذرت شد و بیشترین عملکرد دانه ۷۱۴۵ کیلوگرم در هکتار بود که از محلول پاشی 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 فتوسنتز بیان شده است که منع گسترش برگ با کم شدن بُر بطور غیرمستقیم ظرفیت فتوسنتزی گیاهان را کاهش می دهد هر چند نقش دقیق بُر در فتوسنتز باقی

به‌دست 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 فتوسنتز و بهبود دوام سطح برگ باعث افزایش عملکرد دانه و عملکرد زیستی می‌شوند. این نتایج، نتایج آزمایش ما را تأیید می‌کند در آزمایش ما نیز بیشترین عملکرد دانه از محلول‌پاشی توأم سه عنصر و کمترین آن از شاهد به‌دست آمد.

محلول‌پاشی سه عنصر ریزمغذی با توجه به نقش آنها در فتوسنتز سبب افزایش شاخص سطح برگ و به‌دنبال آن افزایش ماده خشک تولیدی در واحد سطح و افزایش سرعت رشد محصول شد. مجموعه عوامل بیان‌شده سبب شد تا مواد کربوهیدراتی بیشتری نیز تولید شود و با انتقال این مواد به دانه عملکرد دانه بیشتری نیز به‌دست آمد. علاوه بر آن عنصر روی بطور خاص با افزایش میزان تولید هورمون اکسین توانستند بسیاری از صفات گیاه ذرت شیرین را بهبود بخشند و سبب 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 به‌نظر می‌رسد عوامل بیان‌شده 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 به‌دست 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 گل‌نر را در درجه اول با آسیب رساندن میکروسپوروزنسیس و رشد لوله‌گرده 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 ۱۱۰۶۸ کیلوگرم در هکتار از تیمار محلول‌پاشی روی + منگنز به‌دست آمد (حسین‌نژاد و همکاران، ۱۳۹۲). در بررسی دیگری Yosefi و همکاران (۲۰۱۱) اثر کاربرد برگی مخلوط 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 انجام‌شده 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  $\frac{14}{16}$  تن در هکتار از محلول‌پاشی روی + آهن + منگنز + مس به‌دست آمد و پایین‌ترین عملکرد دانه  $\frac{9}{289}$  تن در هکتار

خاکی روی به همراه محلول پاشی آن در سه مرحله شش تا هشت برگگی، ظهور تاسل و پرشدن دانه‌ها و محلول پاشی روی در هر سه مرحله افزایش معنی داری در تعداد دانه تولیدی در بلال ذرت شیرین داشتند. در این دو تیمار تعداد دانه در بلال 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 تریپتوفان به عنوان ماده اولیه اکسین‌ها از اعمال این عنصر است (کسرای، ۱۳۷۲). در برگ‌هایی که به کمبود روی مبتلا هستند، کاهش شدید در فعالیت آنزیم کربنیک آنهیدراز دیده می‌شود (خلدبرین و اسلامزاده، ۱۳۸۱). مس در فتوسنتز نقش دارد بدین صورت که بخشی از آنزیم پلاستوسیانین کلروپلاست، در سیستم انتقال الکترون بین سیستم نوری I و II را تشکیل می‌دهد (کوچکی و سرمدنیا، ۱۳۸۸). عناصری که در فعالیت‌های فتوسنتزی گیاه شرکت می‌کنند میزان تولید شیره پرورده را در گیاه بالا می‌برند و چنانچه میزان صادرات فتوسنتزی به اندام‌های گیاهی در مرحله گلدهی به خوبی صورت پذیرد، باعث افزایش تعداد دانه در گیاه می‌شود. علت بالا بودن 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 محلول پاشی ریزمغذی‌ها نیز می‌تواند با افزایش تولیدات فتوسنتزی و انتقال این مواد به بلال در افزایش تعداد دانه در بلال مؤثر باشد.

**عملکرد دانه کنسروی:** بیشترین و کمترین عملکرد دانه کنسروی به ترتیب در تیمار محلول پاشی 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 محلول پاشی با تیمار شاهد اختلاف معنی داری نشان دادند. محمودی و یارنیا (۱۳۹۱) مشاهده نمودند که کاربرد خاکی و محلول پاشی روی

با تیمارهای محلول پاشی مس، بُر و شاهد اختلاف معنی داری داشتند (جدول ۳). گودرزی و همکاران (۱۳۹۳) در نتایج پژوهش خود که روی گیاه ذرت سینگل کراس ۲۶۰ انجام دادند بیان نمودند که محلول پاشی چهار در هزار سولفات روی اثر معنی داری بر تعداد دانه در ردیف نداشت اما محلول پاشی هشت در هزار سولفات روی توانست اثر معنی داری بر تعداد دانه در ردیف داشته باشد. از علل احتمالی برتری تیمار محلول پاشی سه عنصر می‌توان به موارد زیر اشاره کرد. ضیائیان (۱۳۸۲) بیان کرد که کمبود روی می‌تواند موجب کچلی بلال و پر نشدن انتهای آن گردد. خلدبرین و اسلامزاده (۱۳۸۱) اشاره نمودند که با توجه به نقش مس در فتوسنتز پایین تر بودن میزان قندهای حل شدنی هنگام رشد رویشی قابل انتظار است. اندک بودن میزان قندها در انتهای ساقه‌ها و نبود نشاسته در دانه‌های گرده گیاهانی که کمبود مس دارند مسئول پایین بودن میزان باروری است. ضیائیان (۱۳۸۲) بیان نمود در اثر کمبود بُر نظم و ترتیب دانه‌ها بر روی بلال‌ها بهم خورده و حالت بد شکلی به بلال می‌دهد به طوری که بعضی از قسمت‌های بلال از دانه خالی است.

**تعداد دانه در بلال:** بیشترین تعداد دانه در بلال (جدول ۳) از تیمار محلول پاشی 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 بلال در میان تیمارهای محلول پاشی بود (جدول ۳). با توجه به جدول ۳ اختلاف معنی داری بین تیمارهای محلول پاشی روی + بُر + مس، روی + مس، روی + بُر دیده نشد. Tahir و همکاران (۲۰۱۲) در آزمایشی که در آن اثر محلول پاشی بُر بر رشد، عملکرد و کیفیت ذرت مورد بررسی قرار گرفت مشاهده کردند که محلول پاشی بُر به میزان ۰/۳ کیلوگرم در هکتار موجب افزایش تعداد دانه در چوب بلال شد. صالحی و همکاران (۱۳۹۱) گزارش نمودند که استفاده از کود سولفات روی در شرایط تنش خشکی در ذرت سینگل کراس ۷۰۴ بطور معنی داری تعداد دانه در بلال 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 معنی داری 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 محلول پاشی توانست اثر معنی داری بر صفت وزن هزار دانه ذرت دانه‌ای در سطح یک درصد داشته باشد و بیشترین وزن هزار دانه از محلول پاشی 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 در نتیجه افزایش وزن دانه بسیار مهم است. اما گودرزی و همکاران (۱۳۹۳) مشاهده نمودند که محلول پاشی سولفات روی با دو غلظت چهار و هشت در هزار اثر معنی داری بر وزن هزار دانه ذرت سینگل کراس ۲۶۰ نداشت. در آزمایشی که در آن اثر محلول پاشی عناصر ریزمغذی روی گیاه گلرنگ مورد بررسی قرار گرفت نتایج نشان داد که تأثیر محلول پاشی روی و بُر به تنهایی و همراه با هم بر وزن هزار دانه معنی دار بود (کمرکی و گلوی، ۱۳۹۱). نتایج پژوهشی نشان داد که محلول پاشی سولفات روی اثر معنی داری بر وزن صد دانه ذرت شیرین واریته چلنجر نشان داد (Yarnia and Khasragi, 2014). 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 محلول پاشی مورد استفاده قرار گرفتند نتایج نشان داد که اثر کاربرد روی و بُر به تنهایی بر وزن هزار دانه ذرت معنی دار نشد اما کاربرد روی و بُر به همراه هم سبب افزایش معنی دار وزن هزار دانه ذرت شد (Mohseni and Haddadi, 2014). بطور کلی در مورد علت

اثر معنی داری 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 محلول پاشی 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 محلول پاشی عناصر ریزمغذی قرار گرفت و اثر تیمار بر آن معنی دار شد. در سطح تیماری که در آن هر سه عنصر ریزمغذی محلول پاشی 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 محلول پاشی روی + بُر + مس، روی + مس، روی + بُر و روی انجام شد از نظر وزن هزار دانه اختلاف معنی داری با یکدیگر نداشتند. شاهد با کلیه تیمارها اختلاف معنی داری نشان داد (جدول ۳). قطاوی و همکاران (۱۳۹۱) گزارش کردند که اثر محلول پاشی سولفات روی بر وزن هزار دانه ذرت دانه‌ای معنی دار نبود. در آزمایش دیگری که توسط نژادحسینی و همکاران (۱۳۹۰) انجام شد نتایج نشان داد که استفاده از کود روی و بُر به تنهایی و همراه با هم اثر معنی داری 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 معنی دار وزن هزار دانه گندم شد. در آزمایش رسایی فر و همکاران (۱۳۸۹) که در آن تأثیر محلول پاشی آهن، روی، منگنز و مس بر عملکرد و اجزای عملکرد سورگوم دانه‌ای مورد بررسی قرار گرفت مشاهده شد که محلول پاشی روی + آهن، روی + آهن + منگنز و روی + آهن + منگنز + مس تأثیر معنی داری بر وزن هزار دانه سورگوم دانه‌ای داشت و بیشترین وزن هزار دانه از محلول پاشی توأم چهار عنصر و

توسط Akhtar و Chaudhry (۲۰۱۲) که در اسلام‌آباد پاکستان و بدون آبیاری در منطقه نیمه‌مرطوب تا مرطوب با متوسط بارندگی ۱۵۵۰-۵۱۷ 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. خلیلی‌محله و رشدی (۱۳۸۷) در نتایج پژوهش خود مشاهده کردند که محلول‌پاشی روی، آهن و منگنز اثر معنی‌داری بر عملکرد علوفه خشک ذرت سیلویی 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 ریزمغذی 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 ریزمغذی‌ها به مواردی از جمله بیوستز اکسین در حضور عنصر روی، افزایش غلظت کلروفیل، افزایش فعالیت فسفوانول پیرووات 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 ریزمغذی اثر معنی‌داری بر عملکرد علوفه خشک ذرت علوفه‌ای سینگل کراس ۷۰۴ داشت. آنها بیان نمودند علت افزایش عملکرد علوفه در افزایش فتوستز است که در نتیجه باعث می‌شود میزان کربوهیدرات‌های محلول به میزان زیادی افزایش یابد که افزایش کربوهیدرات‌های محلول باعث بالارفتن عملکرد می‌شود. با توجه به اینکه محلول‌پاشی عناصر ریزمغذی 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 ریزمغذی‌ها توانست

احتمالی افزایش وزن هزار دانه می‌توان گفت عناصر ریزمغذی مورد استفاده با افزایش شاخص‌های رشد مانند شاخص سطح برگ و سرعت رشد محصول و به‌دنبال آن افزایش میزان فتوستز و تولید کربوهیدرات‌های بیشتر و انتقال مواد فتوستزی 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 ریزمغذی 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 مس و بُر، روی و مس، روی و بُر و تیمار روی اختلاف معنی‌داری نشان ندادند (جدول ۳).

در مورد اثر محلول‌پاشی عناصر ریزمغذی 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 انجام‌شده

عملکرد دانه و بلال را به میزان بیشتری نسبت به عملکرد علوفه بهبود بخشد با توجه به اینکه هدف اصلی از کشت ذرت شیرین تولید بلال و دانه است بنابراین محلول‌پاشی ریزمغذی‌ها می‌تواند راه مناسبی برای رسیدن به عملکرد دانه بالاتر باشد.

## منابع

- ایزدی‌خرامه، 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 بذریاشی و محلول‌پاشی در افزایش عملکرد و اجزا عملکرد در گندم. فصلنامه علمی- پژوهشی گیاه و زیست‌بوم ۲۹: ۱۰۲-۸۷.
- پای‌گذار، ی.، قنبری، ا.، حیدری، م. و توسلی، ا. (۱۳۸۸) اثر محلول‌پاشی عناصر کم‌مصرف بر خصوصیات کمی و کیفی ارزن مرواریدی رقم نوتریفید (*Pennisetum glaucum*) تحت تنش خشکی. مجله علمی - پژوهشی دانشگاه آزاد اسلامی واحد تبریز ۱۰: ۷۹-۶۷.
- حسین‌نژاد، م.، شیرانی‌راد، ا. ح.، سیف‌زاده، س. و ولدآبادی، ع. (۱۳۹۲) بررسی اثر کاربرد ژئولیت و محلول‌پاشی با عناصر روی و منگنز بر صفات کمی ذرت شیرین در مقادیر مختلف نیتروژن. دومین همایش ملی توسعه پایدار کشاورزی و محیط زیست سالم، همدان، ایران.
- حقیقین، 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) سروا، تهران.
- خلدبرین، ب. و اسلام‌زاده، ط. (۱۳۸۱) تغذیه معدنی گیاهان عالی. جلد ۲، انتشارات دانشگاه شیراز، شیراز.
- خلیلی‌محله، ح. و رشدی، م. (۱۳۸۷) اثر محلول‌پاشی عناصر کم‌مصرف بر خصوصیات کمی و کیفی ذرت سیلویی 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 محلول‌پاشی عناصر کم‌مصرف بر شاخص‌های رشد و فیزیولوژیک گیاه دارویی کدوی پوست کاغذی (*Cucurbita pepo* var. *stryaca*). نشریه پژوهش‌های تولید گیاهی ۴: ۶۵-۴۹.
- رسایی‌فر، م.، مرادی‌اقدام، ا.، حاجی‌حسنی‌اصل، ن. و حسینی، ن. (۱۳۸۹) تأثیر محلول‌پاشی آهن، روی، منگنز و مس بر عملکرد و اجزای عملکرد سورگوم دانه‌ای. مجله پژوهش‌های به‌زراعی ۴: ۳۵۳-۳۴۱.
- سلیمانی، ع.، فیروزی، م. و نارنجانی، ل. (۱۳۹۰) تأثیر محلول‌پاشی عناصر کم‌مصرف 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 محلول‌پاشی 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 کم‌مصرف در کشاورزی. نشر آموزش کشاورزی، کرج.

- طاهر، م.، رشدی، م.، خلیلی‌محله، ج.، خوارزمی، ک. و حاجی حسنی اصل، ن. (۱۳۸۷) تأثیر روش‌های مختلف مصرف عناصر ریزمغذی بر عملکرد و اجزای عملکرد ذرت دانه‌ای در شهرستان خوی. مجله پژوهش در علوم زراعی ۱: ۷۲-۸۴.
- 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 ریزمغذی آهن، روی و کود کامل میکرو. پنجمین همایش ملی ایده‌های نو در کشاورزی، خوراسگان، 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: ۲۸-۴۱.
- 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: ۳۷-۴۸.
- کریمی، ز.، نصرالله‌زاده اصل، ع.، جلیلی، ف. و لیلو، ر. (۱۳۹۱) تأثیر کود زیستی فسفات بارور- ۲ و محلول‌پاشی عناصر ریزمغذی بر عملکرد و اجزای عملکرد ذرت دانه‌ای ۷۰۴. مجله پژوهش در علوم زراعی ۱۵: ۳۳-۴۳.
- کسرابی، ر. (۱۳۷۲) چکیده‌ای درباره علم تغذیه گیاهی. انتشارات دانشگاه تبریز، تبریز.
- کوچکی، ع. و سرمدنیا، غ. (۱۳۸۸) فیزیولوژی گیاهان زراعی. انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد، مشهد.
- کمرکی، ح. و گلوی، م. (۱۳۹۱) ارزیابی محلول‌پاشی عناصر ریزمغذی آهن، بُر و روی بر ویژگی‌های کمی و کیفی گلرنگ. نشریه بوم‌شناسی کشاورزی ۳: ۲۰۶-۲۰۱.
- گودرزی، ح.، کسرابی، پ. و زند، ب. (۱۳۹۳) تأثیر غلظت‌های مختلف ریزمغذی‌های آهن و روی بر عملکرد و اجزای عملکرد ذرت سینگل کراس ۲۶۰. مجله پژوهش‌های به‌زراعی ۱: ۴۹-۶۱.
- مبصر، ح. ر. (۱۳۹۲) اثرات مصرف و عدم مصرف عناصر ریزمغذی 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: ۱-۹.
- متاعی، س.، امیرنیا، ر.، تاجبخش، م.، عبدالهی 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 باغی 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 ۴۴۲: ۴-۲۹.
- ملکوتی، م. ج. و طهرانی، م. م. (۱۳۷۸) نقش ریزمغذی‌ها 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 بهینه 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.، خواجه پور، 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.
- نبوی مقدم، 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 به‌زراعی کشاورزی ۲: ۸۶-۷۵.
- نژادحسینی، ط.، آستارایی، 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 *(Brassica napus cv. Okapi)* 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 gentiopicoside 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. Chalenger). *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*. 2<sup>nd</sup> 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., Naem, M., Fiaze, N. and Waseem, M. (2012) Effect of foliar applied boron application on growth, yield and quality of maize (*Zea Mays L.*). *Pakistan Journal 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 Limaiei, 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 + boron, 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<sup>-1</sup> respectively, also maximum grain yield canned was obtained 6454 kg ha<sup>-1</sup> 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