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: ۱۳۹٦/۰۸/۱٤، تاریخ پذیرش نهایی: ۱۳۹۷/۰۹/۱۷)

چکیده

به‌منظور بررسی اثر محلول‌پاشی عناصر ریزمغذی روی، بُر و مس به‌صورت انفرادی و ترکیبی بر شاخص‌های رشد و عملکرد ذرت شیرین (*Zea mays* L. var. Samyra) آزمایشی به‌صورت طرح بلوک‌های کاملاً تصادفی با سه تکرار در بهار سال ۱۳۹٤ 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)، 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 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 به‌ترتیب با میزان ٤۹/۲، ٤۸/۵ و ٤۳/۷ درصد نسبت به تیمار شاهد افزایش یافت.در این تحقیق بیشترین عملکرد علوفه خشک و عملکرد دانه در تیمار کاربرد همزمان روی + بُر + مس به‌ترتیب با ۲۲۸٦ و ۲۱۹٤ کیلوگرم در هکتار به‌دست آمد. همچنین بیشترین عملکرد دانه کنسروی با مقدار ٦٤۵٤ کیلوگرم در هکتار از این تیمار به‌دست آمد. با توجه به نتایج به دست‌آمده از این آزمایش به‌نظر 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

مقدمه

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 به‌صورت تازه یا محصول فرآوری‌شده تولید می‌شود. با توجه به زودرس‌بودن برای تناوب بسیار مناسب است و در برداشت زود هنگام به‌عنوان علوفه سبز مورد استفاده قرار می‌گیرد (Oktem *et al*., 2004). ذرت شیرین یک گیاه گرمسیری و نیمه‌گرمسیری است که به‌دلیل تنوع رویشی 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

*نویسنده مسؤل، نشانی پست الکترونیکی: ma_majidian@guilan.ac.ir

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-17]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1398.8.33.3.3]

در جهان محسوب می‌گردد (حق‌بین 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 به‌ترتیب ٦٧ و ٢٩ 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 (٤ تا ٦ برگی) برای عملکردهای بالا بیشتر سودمند بود (Kaur and Nelson, 2014). در مطالعه Cai-Lian و همکاران (٢٠٠٦) 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 ١٦/٥ 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 به‌ترتیب 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

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-17]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1398.8.33.3.3]

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 ۱۳۹٤ 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 ۳۰-۰ 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 ۳/٤ میلی‌اکی والان بر لیتر، کربنات ۱/۱۱ میلی‌اکی والان بر لیتر، آهن کل ٤۱/۱۱، نسبت جذب سدیم ۱/٤۱٦ جذر میلی‌اکی والان بر لیتر، درصد سدیم قابل تبادل ۰/۸۸۲ درصد، نیترات ۰/۳٦٥۷ میلی‌گرم بر لیتر، فسفات ۰/۲۷٤ میلی‌گرم بر لیتر، سولفات ٦۷/۲ میلی‌گرم بر لیتر. در این آزمایش از بذر ذرت شیرین هیبرید سمیرا (*Zea mays L. var.* Samyra) استفاده شد. آزمایش به‌صورت 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 ٦/۸ و محلول‌پاشی مس pH ٦/۱ بود. محلول‌پاشی ترکیبی به‌صورت 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 ٤×۵ 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 سبزشدن بوته‌ها آبیاری هر هفت روز یک بار انجام شد. کود نیتروژن از منبع اوره (حاوی ٤٦ 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 به‌ترتیب 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 (۸-٦ 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 (ملکوتی 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

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-17]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1398.8.33.3.3]

جدول ۱- برخی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی عمق ۳۰-۰ 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		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

ضرایب رگرسیونی، GDD مجموع روز- درجه رشد وTDW 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 به‌ترتیب مربوط به تیمار محلول‌پاشی ترکیبی سه عنصر ریزمغذی و تیمار شاهد بود. بیشترین سرعت رشد گیاه (شکل ۱) در 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 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

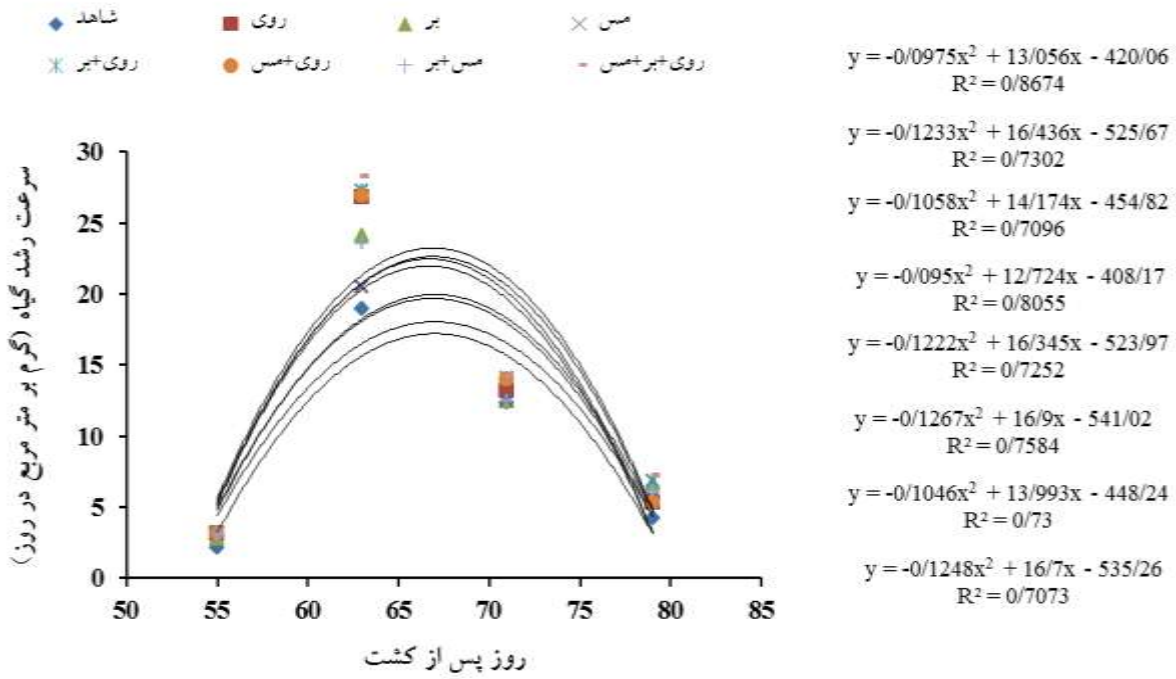
[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-17]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1398.8.33.3.3]

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

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات		
		وزن خشک کل	حداکثر شاخص سطح برگ	حداکثر سرعت رشد گیاه
تکرار	۲	۹۸/۶۹ *	۰/۰۰۲ ns	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	۳/۶۶

****، * و ns معنی‌دار در سطح احتمال یک و پنج درصد و عدم‌نفاوت معنی‌دار**



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

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 محلول‌پاشی ترکیبی سه عنصر ریزمغذی بیشترین افزایش سرعت رشد گیاه با مقدار ۴۹/۲ درصد در مقایسه با شاهد مشاهده شد. نمونه‌برداری دوم مدتی پس از دومین محلول‌پاشی ریزمغذی‌ها 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 خشک در واحد سطح نیز افزایش یافت و به‌دنبال 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 محلول‌پاشی این عناصر سرعت رشد نیز افزایش یافت. بعد از تیمار سه‌گانه 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 به‌تدریج با سایه‌اندازی اندام‌های فوقانی بر

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-17]
[DOR: 20.1001.1.23222727.1398.8.33.3.3]

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. به‌دنبال افزایش توان فتوسنتزی گیاه تولید ماده خشک در واحد سطح افزایش یافت و موجب افزایش سرعت رشد گیاه شد.

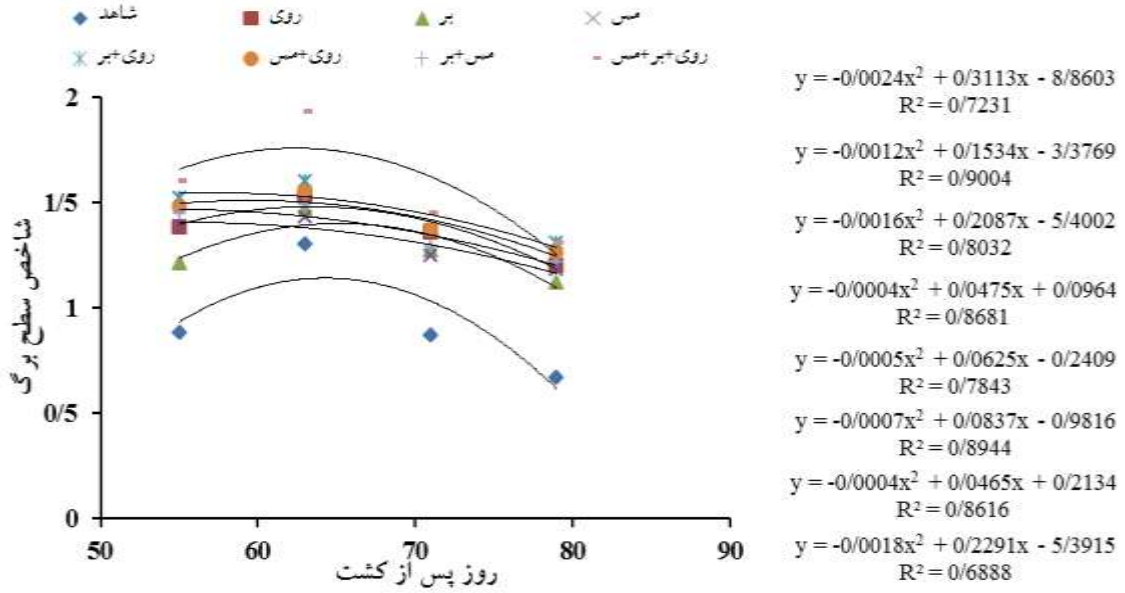
نتایج آزمایش دهقانی‌تفتی و همکاران نشان داد که محلول‌پاشی عناصر ریزمغذی توانست شاخص سطح برگ و سرعت رشد گیاه کدوی پوست کاغذی را افزایش دهد (دهقانی‌تفتی و همکاران، ۱۳۹٤) یافته‌های این تحقیق با نتایج پژوهشگران مطابقت دارد.

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 به‌دست 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 به‌عنوان ماده اولیه اکسین‌ها از اعمال این عنصر است (کسرایی، ۱۳۷۲). اکسین طویل‌شدن 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 به‌دنبال آن طویل‌شدن سلول‌ها سطح برگ افزایش یافت. در یک بررسی کسرایی (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 طویل‌شدن 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 طویل‌شدن سلول‌ها شاخص سطح برگ افزایش یافت.

شاخص سطح برگ از نمونه‌برداری اول تا نمونه‌برداری دوم روند افزایشی داشت و ٦۳ 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 به‌تدریج با پرشدن دانه‌ها و انتقال ذخایر غذایی به دانه‌ها برگ‌های پایینی به‌تدریج 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 به‌دست 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

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-17]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1398.8.33.3.3]



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

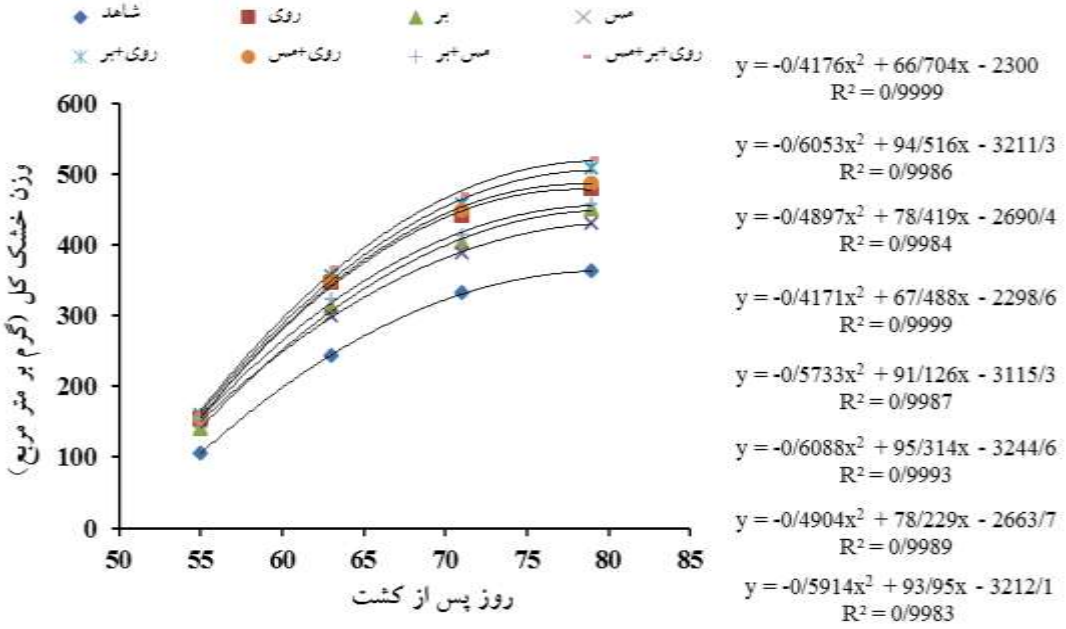
در گیاه ایفا می‌کنند توانستند شاخص سطح برگ ذرت شیرین را بهبود بخشند که در ادامه به برخی از این نقش‌ها اشاره خواهد شد.

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 به‌دست 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 نمونه‌بردرای در تیمارهای محلول‌پاشی 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 سه‌گانه بیشترین سرعت رشد گیاه برای تیمار روی + بُر، روی + مس و روی بود و 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 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 بوته‌ها هنوز سبز بودند ماده خشک

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-17]
[DOR: 20.1001.1.23222727.1398.8.33.3.3]



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

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 ۲۱۹٤ کیلوگرم در هکتار به‌دست آمد که متعلق به تیمار محلول‌پاشی روی + بُر + مس بود که با شاهد اختلاف معنی‌داری داشت. در شاهد کمترین عملکرد دانه (جدول ۳) مشاهده شد که مقدار آن ۱٤٦۷ 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 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 ٦۰ 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 ٦۰ 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 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 هشت کیلوگرم در هکتار توانست عملکرد دانه را از

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-17]
[DOR: 20.1001.1.23222727.1398.8.33.3.3]

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

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

وجود حداقل یک حروف‌های مشابه نشان‌دهنده عدم‌تفاوت معنی‌دار بین میانگین‌ها است.

۲/۵۱ به ۳/۲۳ تن در هکتار افزایش دهد. در گیاهان آنزیم‌های حاوی و یا فعال‌شده توسط روی درگیر در متابولیسم کربوهیدرات، تولید پروتئین، نگهداری از یکپارچگی غشای سلولی، تنظیم تولید اکسین و تشکیل گرده هستند (Marschner, 1995). موارد ذکرشده 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 به‌دست 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 کم‌شدن بُر بطور غیرمستقیم ظرفیت فتوسنتزی گیاهان را کاهش می‌دهد هر چند نقش دقیق بُر در فتوسنتز باقی می‌ماند تا کشف شود (Dell and Huang, 1997). بنابراین کاهش ظرفیت فتوسنتزی گیاه می‌تواند 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 بررسی‌های Dell و Huang (۱۹۹۷) همچنین بیان شده است که کمبود بُر بر روی رشد ریشه اثر می‌گذارد. آنها عنوان نمودند بازداری رشد اولیه ریشه، در مقایسه با رشد شاخساره، نسبت شاخساره به ریشه را افزایش می‌دهد. فرض شده است که این کمبود ممکن است حساسیت گیاهان به تنش‌های 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 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 (۱۹۹۷) 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

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-17]
[DOR: 20.1001.1.23222727.1398.8.33.3.3]

نشانه‌های روشن در طول رشد رویشی پیشین می‌تواند اتفاق بیفتد. در گل‌ها، بُر کم‌باروری گل نر را در درجه اول با آسیب رساندن میکروسپوروژنزسیس 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 ۷۰٤ 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 ۱۱۰٦۸ 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 ۱٤/۱٦ تن در هکتار از محلول‌پاشی روی + آهن + منگنز + مس به‌دست آمد و پایین‌ترین عملکرد دانه ۹/۲۸۹ تن در هکتار 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 افزیش 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 ۳۳/٤ مشاهده شد (جدول ۳). کمترین تعداد دانه در ردیف ۲٤ 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

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-17]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1398.8.33.3.3]

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 ۲٦۰ 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 معنی–داری 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 بلال و پرنشدن انتهای آن گردد. خلدبرین و اسلام‌زاده (۱۳۸۱) اشاره نمودند که با توجه به نقش مس در فتوسنتز پایین‌تربودن 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 بلال‌ها بهم‌خورده و حالت بد شکلی به بلال می‌دهد به طوریکه بعضی از قسمت‌های بلال از دانه خالی است.

تعداد دانه در بلال: بیشترین تعداد دانه در بلال (جدول ۳) از تیمار محلول‌پاشی توأم سه عنصر ریزمغذی به‌دست آمد که مقدار آن ٤٨٧/٦ بود. از شاهد میانگین تعداد دانه ۳۳۱/۲ به‌دست آمد که کمترین تعداد دانه در بلال 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 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 کراس۷۰٤ بطور معنی‌داری تعداد دانه در بلال را افزایش داد. در آزمایش دیگری محمودی و یارنیا (۱۳۹۱) در نتایج آزمایش خود بیان نمودند که مصرف خاکی روی به همراه محلول‌پاشی آن در سه مرحله شش تا هشت برگی، ظهور تاسل و پرشدن دانه‌ها و محلول‌پاشی روی در هر سه مرحله افزایش معنی‌داری در تعداد دانه تولیدی در بلال ذرت شیرین داشتند. در این دو تیمار تعداد دانه در بلال به‌ترتیب ٦٥۰ و ٦٤۲ عدد به‌دست آمد.

اثر کمبود بُر در کاهش و یا حتی تشکیل‌نشدن 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 به‌عنوان 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 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 بالابودن تعداد دانه در گیاه را شاید بتوان در عدم‌وجود 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 فتوسنتزی و انتقال این مواد به بلال در افزایش تعداد دانه در بلال مؤثر باشد.

عملکرد دانه کنسروی: بیشترین و کمترین عملکرد دانه کنسروی به‌ترتیب در تیمار محلول‌پاشی ترکیبی سه عنصر و شاهد با مقادیر ٦٤٥٤ و ٤٥٨٦ کیلوگرم در هکتار به‌دست 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

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-17]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1398.8.33.3.3]

اثر معنی‌داری بر عملکرد دانه تر ذرت شیرین داشت و سبب افزایش وزن دانه تر شد. آنها بیان کردند که تأمین این عنصر ریزمغذی بـرای 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 به‌دست آمد و کمترین میزان وزن هزار دانه ۹۵/۸۱ گرم بود که از شاهد به‌دست آمد (جدول ۳). با توجه به جدول ۳ تیمارهایی که در آنها محلول‌پاشی روی + بُر + مس، روی + 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 تنهایی 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 کمترین آن در تیمار شاهد مشاهده شد که با نتایج این آزمایش مطابقت داشت.

ایزدی‌خرامه 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 به‌دست 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 عنـصر روی در تولیـد کلروفیـل و در سـاختمان آنـزیم 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 گلرنگ مورد بررسی قرار گرفت نتایج نشان داد که تأثیر محلول‌پاشی روی و بُر به تنهایی و همراه با هم بر وزن هزار دانه معنی‌دار بود (کمرکی و گلوی، 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). 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 تنهایی بر 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). بطور کلی در مورد علت

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-17]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1398.8.33.3.3]

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 فتوسنتز و تولید کربوهیدارات‌های بیشتر و انتقال مواد فتوسنتزی 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 ۲۲۸٦/٦۷ کیلوگرم در هکتار بود. کمترین میزان عملکرد علوفه خشک ۱۸۲٦/٦۷ 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 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 ۸٤۱۷ 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 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 ٤/۵۸ 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 ۷۰٤ داشت. در این بررسی بیشترین عملکرد علوفه خشک با مقدار۱۸/۲ تن در هکتار از تیماری گزارش شد که در آن هر سه عنصر ریزمغذی مورد استفاده قرار گرفتند و کمترین مقدار آن ۱۲/۹٤ تن در هکتار بود که از تیمار شاهد به‌دست آمد. آنها در مورد علل افزایش ماده خشک در حضور ریزمغذی‌ها به مواردی از جمله بیوسنتز اکسین در حضور عنصر روی، افزایش غلظت کلروفیل، افزایش فعالیت فسفوانول 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 ریزمغذی اثر معنی‌داری بر عملکرد علوفه خشک ذرت علوفه‌ای سینگل کراس ۷۰٤ داشت. آنها بیان نمودند علت افزایش عملکرد علوفه در افزایش فتوسنتز است که درنتیجه 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

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-17]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1398.8.33.3.3]

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: ٤٦-۳۷.

بوربوری، م. ر.، ارادتمند اصلی، د. و طهرانی، م. م. (۱۳۹۰) بررسی تأثیر مصرف دو ریزمغذی روی، مس به دو روش بذرپاشی 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 glacum*) تحت تنش خشکی. مجله علمی - پژوهشی دانشگاه آزاد اسلامی واحد تبریز ۱۰: ۷۹-٦۷.

حسین‌نژاد، م.، شیرانی‌راد، ا. ح.، سیف‌زاده، س. و ولدآبادی، ع. (۱۳۹۲) بررسی اثر کاربرد زئولیت 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.

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) 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 ۷۰٤ در خوی. مجله نهال و بذر ۲: ۲۹۲-۲۸۱.

دهقانی‌تفتی، ا. ر.، دادی، ا.، نجفی، ف. و کیانمهر، م. ح. (۱۳۹٤) 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 ٤: ٦۵-٤۹.

رسایی‌فر، م.، مرادی اقدم، ا.، حاجی حسنی اصل، ن. و حسینی، ن. (۱۳۸۹) تأثیر محلول‌پاشی آهن، روی، منگنز و مس بر عملکرد و اجزای عملکرد سورگوم دانه‌ای. مجله پژوهش‌های به‌زراعی ٤: ۳۵۳-۳٤۱.

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: ۳٤۷-۳٤۰.

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 ۷۰٤ تحت تنش قطع آبیاری. مجله تولید گیاهان زراعی در شرایط تنش‌های محیطی۳: 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.

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-17]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1398.8.33.3.3]

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: ۸٤-۷۲.

عزیزی، خ.، نوروزیان، ع.، حیدری، س. و یعقوبی، م. (۱۳۹۰) بررسی تأثیر محلول‌پاشی عناصر روی و بور برعملکرد دانه، اجزای عملکرد، برخی شاخص‌های رشد، میزان روغن و پروتئین بذر کلزا (*Brassica napus* L.) در شرایط اقلیمی خرم‌آباد. مجله دانش زراعت ۵: ۱٦-۱.

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 کم‌مصرف آهن، روی و مس بر رشد و عملکرد ارقام جو در شرایط آب و هوایی خوزستان. فصلنامه علمی تخصصی فیزیولوژی گیاهان زراعی ۱: ٤۱-۲۸.

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 اکوفیزیولوزی گیاهی ۱: ٤۸-۳۷.

کریمی،ز.، نصرالله‌زاده اصل، ع.، جلیلی، ف. ولیلو، ر. (۱۳۹۱) تأثیر کود زیستی فسفات بارور- ۲ و محلول‌پاشی عناصر ریزمغذی بر عملکرد و اجزای عمکرد ذرت دانه‌ای ۷۰٤. مجله پژوهش در علوم زراعی ۱۵: ٤۳-۳۳.

کسرایی، 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 بوم شناسی کشاورزی ۳: ۲۰٦-۲۰۱.

گودرزی، ح.، کسرایی، پ. و زند، ب. (۱۳۹۳) تأثیر غلظت‌های مختلف ریزمغذی‌های آهن و روی بر عملکرد و اجزای عملکرد ذرت سینگل کراس۲٦۰. مجله پژوهش‌های به‌زراعی ۱: ٦۱-٤۹.

مبصر، ح. ر. (۱۳۹۲) اثرات مصرف و عدم‌مصرف 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: ۹-۱.

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 ٤٤۲: ٤-٤۲۹.

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.

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-17]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1398.8.33.3.3]

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: ٦۰-٤۷.

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 ۷۰٤. مجله به‌زراعی کشاورزی ۲: ۸٦-۷۵.

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 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 differentgrowth 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 Sanlıurfa 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) Investigatingthe 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., Fiaze, N. and Waseem, M. (2012) Effect of foliar applied boron application on growth, yield and quality of maiz (*Zea Mays* L.). Pakistan Jouurnal of Scientific and industrial Research 3: 117-121.

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-17]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1398.8.33.3.3]

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.

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-17]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1398.8.33.3.3]

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 2194kg 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

Corresponding author, Email: ma_majidian@guilan.ac.ir

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-17]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1398.8.33.3.3]