

## واکنش عملکرد و اجزای عملکرد ذرت به شیوه کاربرد کودهای فسفات و سولفات روی تحت تنش رطوبتی

محمدعلی ابوطالبیان<sup>۱\*</sup> و نوشین فخمی پایدار<sup>۲</sup>

۱ و ۲. استادیار و دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی،

دانشگاه بوعلی سینا، همدان

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۴/۳/۷ - تاریخ تصویب: ۱۳۹۴/۶/۱۸)

### چکیده

به منظور بررسی تأثیر شیوه کاربرد کودهای فسفات و سولفات روی بر عملکرد و اجزای عملکرد ذرت تحت تنش رطوبتی، آزمایشی به صورت اسپلیت پلات فاکتوریل در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در مزرعه پژوهشی دانشگاه بوعلی سینا همدان در بهار و تابستان ۱۳۹۳ انجام گرفت. عامل تنش رطوبتی در کرت‌های اصلی شامل سه سطح آبیاری پس از ۶۰، ۹۰ و ۱۲۰ میلی‌متر تبخیر تجمعی از تشت تبخیر کلاس A و در کرت‌های فرعی دو عامل شیوه کاربرد کود سولفات روی در سه سطح (بدون کاربرد، محلول‌پاشی، کاربرد خاکی به صورت پخش) و عامل شیوه کاربرد کود فسفات با دو سطح (کاربرد پخش و کاربرد نواری) به صورت فاکتوریل قرار داده شدند. نتایج به دست آمده از تجزیه واریانس نشان داد، با افزایش شدت تنش از ۶۰ به ۹۰ و ۱۲۰ میلی‌متر تبخیر عملکرد دانه به ترتیب به میزان ۲۸ و ۵۴ درصد کاهش یافت. محلول‌پاشی سولفات روی در شرایط بدون تنش، نسبت به بدون کاربرد و کاربرد خاکی سولفات روی باعث افزایش معنی‌دار شمار ردیف دانه در بلال، عملکرد زیست‌توده (بیولوژیک)، طول و قطر بلال شد. بنا بر نتایج کاربرد نواری کود فسفات در شرایط تنش شدید رطوبت و بدون کاربرد سولفات روی سبب افزایش معنی‌دار شمار دانه در ردیف بلال و وزن صد دانه شد. بیشترین شاخص برداشت از تیمار بدون تنش رطوبت به همراه محلول‌پاشی سولفات روی به میزان ۴۷/۵۶ درصد به دست آمد.

**واژه‌های کلیدی:** تبخیر، شاخص برداشت، عملکرد زیست‌توده، کاربرد نواری، محلول‌پاشی.

### مقدمه

تولید جهانی ذرت ۱ میلیارد تن و سطح زیر کشت آن ۱۸۴ میلیون هکتار با میانگین عملکردی برابر ۵/۵۲ تن در هکتار بوده است. ذرت از نظر تولید پس از گندم و برنج در رتبه سوم قرار دارد. در این میان سهم تولید ایران ۲/۵۴ میلیون تن با سطح زیر کشت ۴۲۵ هزار هکتار بوده است (FAO, 2013). خشکی به عنوان مهم‌ترین عامل محدودکننده غیرزنده رشد و تولید گیاهان زراعی به شمار می‌آید (Xiong et al., 2002).

در شرایط تنش رطوبتی قابلیت دسترسی به عناصر غذایی جذب و انتقال عناصر دچار اختلال می‌شود (Lauer, 2003). میزان عناصر غذایی موجود در خاک برای جذب ریشه و انتقال عناصر غذایی از ریشه به ساقه به دلیل کمبود رطوبت خاک کاهش می‌یابد و باعث کاهش نسبت تعرق، انتقال فعال و نفوذپذیری غشاء می‌شود، بنابراین کاهش دسترسی به عناصر غذایی یکی از مهم‌ترین عامل‌های محدودیت رشد گیاه در شرایط تنش به شمار می‌آید (Rafiei et al.,

کربوهیدرات‌ها ضروری است. بیشتر آنزیم‌هایی که در سوخت‌وساز کربوهیدرات‌ها نقش دارند، به‌واسطهٔ عنصر روی فعال می‌شوند ( Alloway, 1995; Marschner, 2004). اگرچه نیاز گیاهان به روی اندک است ولی اگر میزان کافی این عنصر در دسترس نباشد گیاهان از تنش‌های فیزیولوژیکی ناشی از ناکارایی سامانه‌های مختلف آنزیمی و دیگر اعمال سوخت‌وسازی مرتبط با روی رنج خواهند برد (Baybordi, 2006). محلول‌پاشی عناصر، یک روش مؤثر برای افزایش غلظت روی در دانه است. تأمین این عنصر به‌ویژه در شرایط تنش خشکی نقش ویژه‌ای در حفاظت گیاه در برابر تنش ایجاد می‌کند و روشی مناسب در جهت ارتقاء عملکرد کمی و کیفی بذر به شمار می‌آید (Cakmak, 2009). با کاهش میزان رطوبت خاک تحرک عنصر روی در محلول خاک کاهش یافته و با توجه به محدودیت رشد ریشه، گیاه به‌طور مضاعفی با کمبود این عنصر روبه‌رو خواهد شد ( Hammantaranjan, 1996; Bagci et al., 2007). از آنجاکه روی عنصری است که درون گیاه قادر به انتقال دوباره نیست، لذا محلول‌پاشی آن مناسب‌تر است (Vitosh et al., 1994). تغذیهٔ مطلوب گیاهی به‌ویژه تأمین عنصر روی می‌تواند به‌عنوان روشی مؤثر در تواناسازی گیاهان در برابر تنش خشکی به شمار آید (Dehghanian & Madandust, 2000). گزارش شده که روش کاربرد نیتروژن و فسفر در زراعت گندم دیم به‌صورت نواری نسبت به روش پخش در سطح، برتری دارد (Ihsan et al., 2007). با توجه به اهمیت عنصر پرمصرف فسفر و عنصر کم‌مصرف روی در تولید ذرت و اهمیت آبیاری درکشت گیاهان تابستانه این تحقیق برای تعیین واکنش عملکرد و برخی از ویژگی‌های زراعی ذرت به شیوه کاربرد کودهای فسفات و سولفات روی در شرایط کمبود رطوبت در خاک طراحی و انجام شده است.

### مواد و روش‌ها

در سال زراعی ۱۳۹۳ آزمایشی در مزرعهٔ آموزشی-پژوهشی دانشکدهٔ کشاورزی دانشگاه بوعلی‌سینا همدان با مختصات طول جغرافیایی ۴۸ درجه و ۳۱ دقیقه شرقی، عرض جغرافیایی ۳۵ درجه و ۱ دقیقه

(2000). Hugh & Davids (2003) نتیجه گرفتند، تنش خشکی ملایم و شدید عملکرد دانهٔ ذرت (هیبرید) ذرت موردبررسی را به ترتیب ۶۳ و ۸۵ درصد کاهش داد. در میان عناصر غذایی، عناصری که تحرک کمی در خاک دارند و اغلب از راه انتشار به سطح ریشه می‌رسند، حساسیت بیشتری به کمبود رطوبتی دارند که در میان عناصر پرمصرف (ماکرو) می‌توان به فسفر و در عناصر کم‌مصرف (میکرو) می‌توان به روی اشاره کرد (Marschner, 1995). فسفر یکی از عناصر پرمصرف و مهم در گیاه به شمار می‌رود که نقش کلیدی را در گیاه، مانند شرکت در واکنش‌های نقل‌وانتقال انرژی، فرآیندهای سوخت‌وسازی (متابولیسمی) گیاه، نورساخت (فتوسنتز)، تقسیم یاخته‌ای، شرکت در ساختار فسفولیپیدهای غشاء یاخته‌های گیاهی، تبدیل قند به نشاسته، انتقال ویژگی‌های ژنتیکی و توسعهٔ قسمت‌های زایشی گیاه ایفا می‌کند ( Kim et al., 1989; Verma & Abidi, 2011; Tariq et al., 2009). اگر میزان فسفر قابل‌استفادهٔ خاک پایین باشد، کاربرد فسفر به‌صورت نواری نسبت به روش پخش در سطح ارجح‌تر است. برتر بودن روش نواری را می‌توان به کاهش تثبیت کود فسفر به دلیل تماس کمتر با ذرات خاک، تأثیر هم‌افزایی نیتروژن بر جذب بیشتر فسفر به دلیل تأثیر آن بر رشد بیشتر ریشه و در نتیجه بالا رفتن توان گیاه در جذب فسفر مرتبط دانست ( Hagin & Toker, 1982). با توجه به تثبیت سریع فسفر در خاک‌ها به‌ویژه در خاک‌های سنگین و آهکی بهتر است کاربرد کود فسفر به‌صورت نواری پیشنهاد شود ( Mirza Shahi, 2011). همچنین گزارش شده است، کاربرد نواری کود فسفر از راه نزدیک کردن کود به بوته احتمال تماس ریشه با آن را افزایش می‌دهد ( Aref, 2009). از بین عناصر کم‌مصرف کمبود روی بیشترین مشکل را برای محصول ایجاد می‌کند ( Cakmak et al., 1999). عنصر روی، از جمله عناصر ضروری برای رشد گیاه است که در تشکیل اسید ایندول استیک دخالت و رشد گیاه را تنظیم می‌کند، افزون بر این روی باعث فعال شدن بسیاری از آنزیم‌هایی می‌شود که برای ساخت سبزینه (سنتز کلروفیل) و تشکیل

(FAO600) به‌شمار می‌آید. ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش در جدول ۱ آمده است. عملیات آماده‌سازی زمین شامل شخم عمیق، دو دیسک عمود بر هم بود. بذرها پس از ضدعفونی با قارچ‌کش کاربوکسین‌تیرام به‌صورت دستی روی پشته‌هایی با فاصله ۷۵ سانتی‌متر در تاریخ ۱۵ خرداد کشت شدند. هر کرت شامل ۶ ردیف کاشت به طول ۶ متر، با فاصله بذرها ۱۸ سانتی‌متر و با تراکم ۷۵۰۰۰ بوته در هکتار در نظر گرفته شد. در پایان فصل رشد (پانزدهم مهرماه)، برداشت ۲ مترمربع از ردیف‌های درونی هر کرت، به روش دستی و با احتساب ۰٫۵ متر حاشیه از بالا و پایین کرت‌ها انجام گرفت و عملکرد دانه نیز بر پایه ۱۴ درصد رطوبت تعیین شد. پس از برداشت، صفاتی مانند شمار ردیف دانه در بلال، شمار دانه در ردیف بلال، شمار دانه در بلال، طول و قطر بلال وزن صدانه، عملکرد دانه، عملکرد زیست‌توده (بیولوژیک) و شاخص برداشت اندازه‌گیری و محاسبه شدند. برای برآورد اجزاء عملکرد از میانگین ده بوته در هر کرت استفاده شد. در نهایت پس از کنترل عادی (نرمال) بودن باقیمانده‌ها، اطلاعات به‌دست‌آمده با نرم‌افزار SAS تجزیه شد. مقایسه میانگین‌ها با استفاده از MSTATC و آزمون حداقل اختلاف معنادار (LSD) در سطح احتمال ۵ درصد انجام شد. نمودارها نیز با استفاده از نرم‌افزار Excel ترسیم شدند.

شمالی و ارتفاع ۱۶۹۰ متر از سطح دریا انجام شد. منطقه تحقیق از نظر اقلیمی جزء مناطق نیمه‌خشک و سرد، با میانگین بارندگی سالیانه ۳۳۳ میلی‌متر و میانگین دمای ۲۴ درجه سلسیوس در گرم‌ترین ماه سال بر پایه آمار هواشناسی ۵۵ ساله است. آزمایش به‌صورت اسپلیت پلات فاکتوریل، با سه تکرار انجام شد که در آن عامل تنش رطوبتی در کرت‌های اصلی، شامل سه سطح آبیاری پس از ۶۰، ۹۰ و ۱۲۰ میلی‌متر تبخیر تجمعی از تشت تبخیر کلاس A (که به ترتیب به‌عنوان آبیاری مطلوب، تنش ملایم و تنش شدید خشکی در نظر گرفته شد) و در کرت‌های فرعی دو عامل کود سولفات روی در سه سطح (بدون کاربرد، محلول‌پاشی و کاربرد خاک‌پخش) و عامل کود فسفات در دو سطح (خاک‌پخش و کاربرد نواری) به‌صورت فاکتوریل قرار داده شدند. از کود سولفات روی در حالت کاربرد خاک‌پخش به میزان ۵۰ کیلوگرم در هکتار استفاده شد. زمان محلول‌پاشی در دو مرحله چهار تا شش برگی و پیش از ظهور گل‌آذین‌ها تنظیم شد. محلول‌پاشی با نسبت ۵ در هزار سولفات روی به میزان ۲۵۰ لیتر در هکتار انجام شد. همچنین به‌منظور تأمین فسفر، از کود سوپر فسفات تریپل به میزان ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار استفاده شد. در این بررسی از ذرت سینگل کراس NS640 استفاده شد که مبدأ آن کشور صربستان بوده و از رقم‌های میان‌رس

جدول ۱. ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش

Table 1. Physical and chemical properties of the soil in the experimental site

Organic matter (%)	EC (dS/m)	pH	Zn (ppm)	Total N (%)	K (ppm)	P (ppm)	Soil texture	Sand (%)	Silt (%)	Clay (%)
1.38	0.35	7.47	0.88	0.13	270	2	Loam	35	48	17

آبیاری ۶۰ میلی‌متر و محلول‌پاشی سولفات روی بود که تفاوت معنی‌داری با بدون کاربرد سولفات روی داشت به‌طوری‌که موجب افزایش ۲۵ درصدی این صفت نسبت به بدون کاربرد سولفات روی شد و کمترین آن مربوط به تیمار دور آبیاری پس از ۱۲۰ میلی‌متر تبخیر و بدون کاربرد سولفات روی بود، که البته همین سطح تنش رطوبت در حالت کاربرد خاکی تفاوتی نشان نداد (شکل ۱). چنین به نظر می‌رسد در

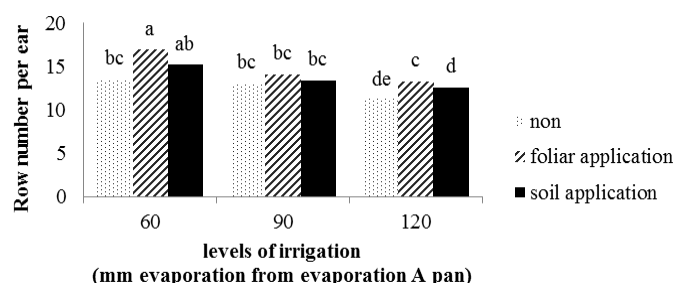
## نتایج و بحث

### شمار ردیف دانه در بلال

نتایج نشان داد اثرگذاری‌های اصلی تنش و سولفات روی در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار شد و از بین اثرگذاری‌های متقابل، تأثیر دوگانه تنش «شیوه، کاربرد سولفات روی در سطح احتمال ۵ درصد بر صفت یادشده معنی‌دار شد (جدول ۲). بیشترین شمار ردیف در بلال مربوط به تیمار دور

است (Hammantaranjan, 1996). محلول پاشی سولفات روی در تنش شدید، نسبت به بدون کاربرد و کاربرد خاکی سولفات روی، شمار ردیف دانه در بلال را به ترتیب حدود ۱۶ و ۵ درصد افزایش داد (شکل ۱).

شرایط کمبود رطوبت کاربرد خاکی با بدون کاربرد سولفات روی تفاوتی ندارد چراکه به دلیل محدودیت رشد ریشه جذب روی نیز کاهش می‌یابد ولی با انجام محلول پاشی کمبود این عنصر در گیاه قابل جبران



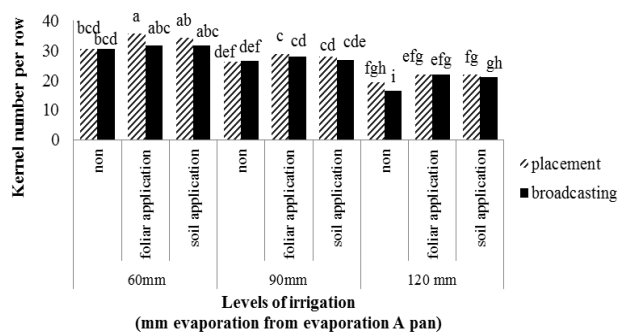
شکل ۱. تأثیر تنش رطوبتی و شیوه کاربرد سولفات روی بر شمار ردیف دانه در بلال ( $LSD_{0.05}=2.80$ )  
Figure 1. The effect of water stress and application method of zinc sulfate on row number per ear

سولفات روی تفاوت شایان توجهی بین شیوه کاربرد کود فسفات رخ داده است به طوری که کاربرد نواری شمار دانه در ردیف بلال را ۱۶ درصد بیش از کاربرد پخش افزایش داده است. همچنین در همین سطح تنش و تیمار بدون کاربرد و کاربرد خاکی سولفات روی، بین شیوه کاربرد فسفات تفاوت معنی داری نشان داد.

گزارش شده است که با طولانی شدن فاصله بین گرده افشانی و کاکل دهی شمار دانه در ردیف‌های بلال کاهش می‌یابد و خود این فاصله گرده افشانی تا کاکل دهی نیز به شدت تحت تأثیر تنش خشکی قرار گرفته و طولانی می‌شود (Westage & Boyer, 1998). بنابراین به نظر می‌رسد در تیمارهای آبیاری پس از ۱۲۰ میلی‌متر تبخیر تنش خشکی موجب افزایش شمار فاصله زمانی گشته و در نهایت منجر به کاهش شمار دانه در ردیف و طول بلال شده است.

#### شمار دانه در ردیف بلال

نتایج نشان داد اثرگذاری‌های اصلی تنش و سولفات روی در سطح احتمال ۱ درصد و فسفات در سطح احتمال ۵ درصد معنی دار شد. از بین اثرگذاری‌های متقابل نیز تأثیر سه گانه تنش، شیوه کاربرد سولفات روی و شیوه کاربرد فسفات بر صفت فوق معنی دار شد (جدول ۲). بیشترین شمار دانه در ردیف بلال مربوط به تیمار دور آبیاری پس از ۶۰ میلی‌متر تبخیر، محلول پاشی سولفات روی و کاربرد نواری فسفات بود که تفاوت معنی داری با تیمار بدون کاربرد سولفات روی و کاربرد نواری فسفات داشت و کمترین میانگین به دست آمده مربوط به تیمار دور آبیاری پس از ۱۲۰ میلی‌متر تبخیر، بدون کاربرد سولفات روی و کاربرد پخش فسفات بود. در شکل ۲ همچنین مشهود است که در شرایط تنش شدید رطوبت و حالت بدون کاربرد

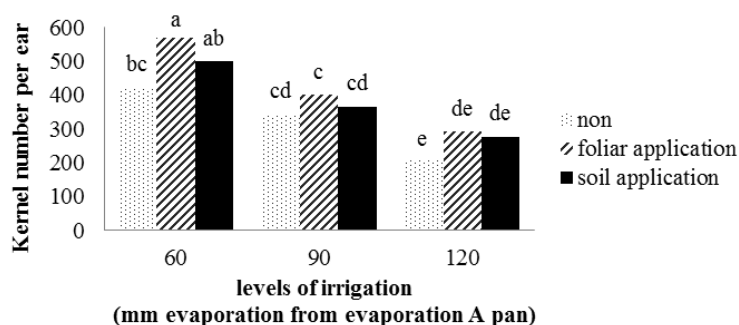


شکل ۲. تأثیر تنش رطوبتی و شیوه کاربرد فسفات و سولفات روی بر شمار دانه در ردیف بلال ( $LSD_{0.05}=4.46$ )  
Figure 2. The effect of water stress, application method of phosphate and zinc sulfate on kernel number per row

سوختوساز و رشد اندام‌های زایشی و یاخته‌های انتهایی (مریستمی) دارد. روی در رشد ریشه نقش دارد که باعث افزایش جذب عناصر غذایی بیشتر از خاک و در نتیجه افزایش رشد رویشی و زایشی در ذرت می‌شود و در نتیجه کاربرد این عنصر باعث افزایش شمار دانه در بلال می‌شود (Bukvic *et al.*, 2003). کمبود روی، تشکیل دانه و قدرت حیات آن را کاهش می‌دهد. آسیب به ساختمان گرده و تشکیل میوه حتی هنگامی که گیاهان در هنگام گلدھی از دریافت روی محروم شوند، نیز مشاهده می‌شود. اما این میزان، کمتر از حالتی است که گیاهان از آغاز روی کمتری دریافت می‌کنند. رفع کمبود روی در آغاز گلدھی، شدت اثرگذاری‌های کمبود روی را بر باروری دانه گرده و تولید دانه کاهش می‌دهد و باعث افزایش شمار دانه در بوته، وزن هزارانه و قدرت حیات بذر می‌شود (Pandey *et al.*, 2006). در اثر کمبود روی تشکیل اندام‌های نر و دانه گرده آسیب‌دیده، عمل گرده‌افشانی مختل و در نتیجه عملکرد به شدت پایین می‌آید، که علت این امر کاهش میزان اسید ایندول استیک عنوان شده است (Brown *et al.*, 1993). روی با افزایش میزان تنظیم‌کننده‌های رشد، کمک به سوختوساز مواد و تأثیر بر واکنش‌های انتقال الکترون در چرخه کربس (Krebs cycle) باعث افزایش شمار و وزن دانه و در نهایت عملکرد می‌شود (Malakouti, 2007).

### شمار دانه در بلال

نتایج به دست آمده از تجزیه واریانس مربوط به شمار دانه در بلال نشان داد که اثرگذاری‌های اصلی تنش رطوبتی، شیوه کاربرد فسفر و سولفات روی در سطح احتمال ۱ درصد بر صفت یادشده معنی‌دار شد. از بین اثرگذاری‌های متقابل نیز، تأثیر دوگانه تنش × شیوه کاربرد فسفات و تنش × شیوه کاربرد سولفات روی در سطح احتمال ۵ درصد معنی‌دار شد (جدول ۲). در مورد اثرگذاری‌های متقابل تنش رطوبتی × شیوه کاربرد سولفات روی، بیشترین شمار دانه بلال از تیمار دور آبیاری پس از ۶۰ میلی‌متر تبخیر و محلول‌پاشی سولفات روی به دست آمد ولی از نظر آماری بین این تیمار و کاربرد خاکی در این سطح آبیاری اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد و کمترین میزان، مربوط به هر دو شیوه کاربرد سولفات روی و همچنین بدون کاربرد آن در دور آبیاری پس از ۱۲۰ میلی‌متر تبخیر بوده است (شکل ۳). در شرایط بدون کاربرد روی بین سطوح تنش ۶۰ و ۹۰ میلی‌متر تبخیر تفاوتی وجود ندارد اما با کاربرد روی به صورت محلول‌پاشی و حتی خاکی بین سطوح یادشده تفاوت‌ها معنی‌دار شده است. در تیمار محلول‌پاشی حتی بین سطوح ۹۰ و ۱۲۰ میلی‌متر تبخیر نیز تفاوت وجود دارد. روی با شرکت در ساخت آنزیم‌ها، تأثیر شایان توجهی در



شکل ۳. تأثیر تنش رطوبتی و شیوه کاربرد سولفات روی بر شمار دانه بلال (LSD<sub>0.05</sub>=95.93)

Figure 3. The effect of water stress and application method of zinc sulfate on kernel number per ear

میلی‌متر تبخیر و کاربرد پخش فسفات به دست آمد. کاربرد نواری فسفات در شرایط بدون تنش رطوبتی شمار دانه در بلال را به میزان ۱۳ درصد نسبت به حالت کاربرد پخش فسفات افزایش داد (شکل ۴).

همچنین در مورد اثرگذاری‌های متقابل تنش رطوبتی در شیوه کاربرد فسفات بیشترین شمار دانه در بلال از تیمار دور آبیاری پس از ۶۰ میلی‌متر و کاربرد نواری فسفات و کمترین آن از تیمار دور آبیاری ۱۲۰

اشاره کرد (Ohashi *et al.*, 2009). همچنین در شرایط تنش کم آبی، کمبود آب در مرحله زایشی با کاهش قدرت مقصد در جذب مواد نورساختی موجب کاهش شمار گلچه‌های بارور می‌شود (Kafi *et al.*, 2000). شمار دانه در بلال در موقع گرده‌افشانی تعیین می‌شود و ناکافی بودن مواد نورساختی برای رشد همه یاخته‌های جنینی، تأثیر منفی بر شمار دانه در بلال می‌گذارد (Ludlow & Muchow, 1990).

دلیل این نیز به حرکت انتشاری فسفر در خاک برمی‌گردد که وجود رطوبت بیشتر سبب ایجاد تفاوت در شیوه کاربرد می‌شود ولی کمبود رطوبت به دلیل گستردگی کم ریشه، تفاوت در شیوه کاربرد را از بین می‌برد (Bhadoria *et al.*, 1991).

گزارش شده است از دلایل کاهش شمار دانه به‌هنگام تنش کم آبی، می‌توان به کاهش شمار گل و کم شدن شمار گل‌هایی که به دانه تبدیل می‌شوند

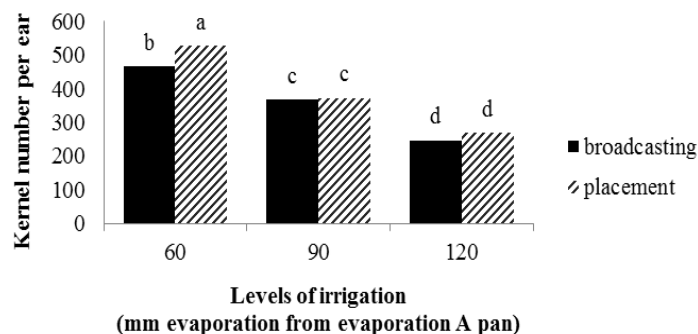
جدول ۲. تجزیه واریانس صفات مورد ارزیابی تحت تیمارهای به‌کاررفته روی ذرت

Table 2. Analysis of variance for different characteristics of corn affected by treatments

S.O.V	df	Mean Squares								
		Row number per ear	Kernel number per row	Kernel number per ear	Ear Length	Ear Diameter	100 Kernel weight	Grain Yield	Biological Yield	Harvest Index
Block	2	4.88 <sup>ns</sup>	11.18 <sup>ns</sup>	5034.94*	6.33*	0.177 <sup>ns</sup>	10.25 <sup>ns</sup>	81015.2 <sup>ns</sup>	5248356.9 <sup>ns</sup>	38.03 <sup>ns</sup>
Stress(S)	2	37.82**	641.59**	256831.63**	189.37**	15.76**	255.46**	84194059.6**	137152767**	906.16**
Main Error	4	4.20	28.90	4659.01	0.54	0.04	2.53	1268959.7	507728.9	63.95
Phosphate(P)	1	3.05 <sup>ns</sup>	12.13*	11910.56**	18.96**	1.87**	14.31*	2590770**	8567353.4**	6.32 <sup>ns</sup>
Zinc(Zn)	2	18.15**	47.49**	42747.92**	23.04**	1.34*	89.72**	3620278.7**	40968333.1**	23.92 <sup>ns</sup>
S × P	2	0.63 <sup>ns</sup>	6.19 <sup>ns</sup>	3772.61*	0.97 <sup>ns</sup>	0.10 <sup>ns</sup>	8.00 <sup>ns</sup>	133879.2 <sup>ns</sup>	346280.1 <sup>ns</sup>	18.04 <sup>ns</sup>
S × Zn	4	2.41*	2.56 <sup>ns</sup>	3693.30*	1.30 <sup>ns</sup>	0.05 <sup>ns</sup>	2.12 <sup>ns</sup>	193923.1 <sup>ns</sup>	3016085.5*	42.28*
P × Zn	2	0.15 <sup>ns</sup>	0.06 <sup>ns</sup>	1438.01 <sup>ns</sup>	4.45*	0.31	1.00 <sup>ns</sup>	69055.9 <sup>ns</sup>	262635.2 <sup>ns</sup>	4.08 <sup>ns</sup>
S × P × Zn	4	0.23 <sup>ns</sup>	6.55*	2862.64 <sup>ns</sup>	1.36 <sup>ns</sup>	0.091 <sup>ns</sup>	8.96*	617022.0 <sup>ns</sup>	133138.0 <sup>ns</sup>	31.16 <sup>ns</sup>
Error 2	30	0.94	2.39	1103.08	1.27	0.088	3.16	231544.6	1121736.0	16.06
C.V. (%)		7.08	5.79	8.84	6.40	6.84	5.83	7.22	6.00	10.72

ns, \*, \*\* به ترتیب غیرمعنی‌دار، معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد.

ns, \*, \*\* are insignificant, significant at probability levels of 5 and 1 percent, respectively.



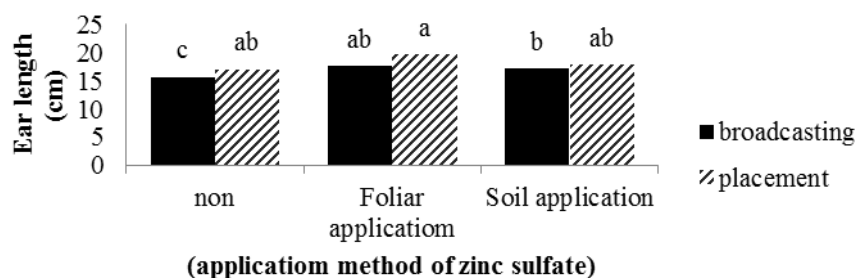
شکل ۴. تأثیر تنش رطوبتی و شیوه کاربرد فسفات بر شمار دانه بلال (LSD<sub>0.05</sub>=95.93)

Figure 4. The effect of water stress and application method of phosphate on kernel number per ear

کاربرد نواری فسفات و محلول‌پاشی سولفات روی با طول ۱۹/۶۶ سانتی‌متر بود و کمترین میانگین مربوط به تیمار کاربرد پخش فسفات و بدون کاربرد سولفات روی با طول بلال ۱۵/۷۰ سانتی‌متر به‌دست آمد. محلول‌پاشی سولفات روی در حالت کاربرد نواری فسفات، طول بلال را نسبت به کاربرد پخش فسفات حدود ۲۵ درصد افزایش داد (شکل ۵). این نتایج با نتایج به‌دست آمده در مورد شمار دانه در بلال هماهنگی دارد.

### طول و قطر بلال

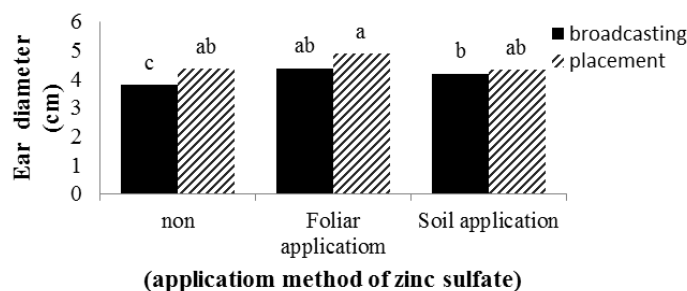
نتایج نشان داد، اثرگذاری‌های اصلی تنش، شیوه کاربرد کودهای فسفات و سولفات روی بر طول بلال و اثرگذاری‌های اصلی تنش بر صفت قطر بلال در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار شد. همچنین از بین اثرگذاری‌های متقابل نیز، تأثیر شیوه کاربرد کودهای فسفات×سولفات روی در سطح احتمال ۵ درصد بر صفات طول و قطر بلال معنی‌دار شده است (جدول ۲). بیشترین میانگین طول بلال مربوط به تیمار



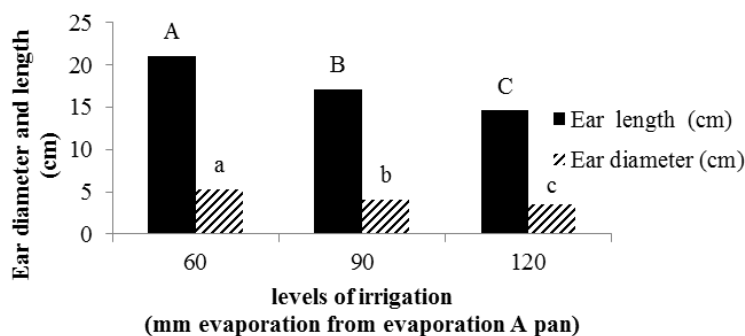
شکل ۵. تأثیر شیوه کاربرد فسفات و سولفات روی بر طول بلال (LSD<sub>0.05</sub>=3.25)  
 Figure 5. The effect of application method of phosphate and zinc sulfate on ear length

سانتی‌متر پس از ۱۲۰ میلی‌متر تبخیر به دست آمد. همچنین تنش شدید رطوبتی قطر بلال را نسبت به شرایط بدون تنش ۵۲ درصد کاهش داد (شکل ۷). Classen & Shaw (1970) در بررسی‌های خود در زمینه تأثیر تنش خشکی بر کاهش قطر بلال به نتایج همسانی دست یافتند.

در حالت کاربرد نواری فسفات، محلول‌پاشی سولفات روی قطر بلال را نسبت به تیمار کاربرد پخش فسفات در حالت بدون کاربرد سولفات روی حدود ۲۸ درصد افزایش داد (شکل ۶). بیشترین طول بلال مربوط به تیمار دور آبیاری پس از ۶۰ میلی‌متر تبخیر ۲۱/۰۷ سانتی‌متر تبخیر و کمترین طول بلال، ۱۴/۶۳



شکل ۶. تأثیر شیوه کاربرد فسفات و سولفات روی بر قطر بلال (LSD<sub>0.05</sub>=0.856)  
 Figure 6. The effect of application method of phosphate and zinc sulfate on ear diameter



شکل ۷. تأثیر تنش رطوبتی بر طول (LSD<sub>0.05</sub>=3.25) و قطر بلال (LSD<sub>0.05</sub>=0.856)  
 Figure 7. The effect of water stress on ear length and ear diameter

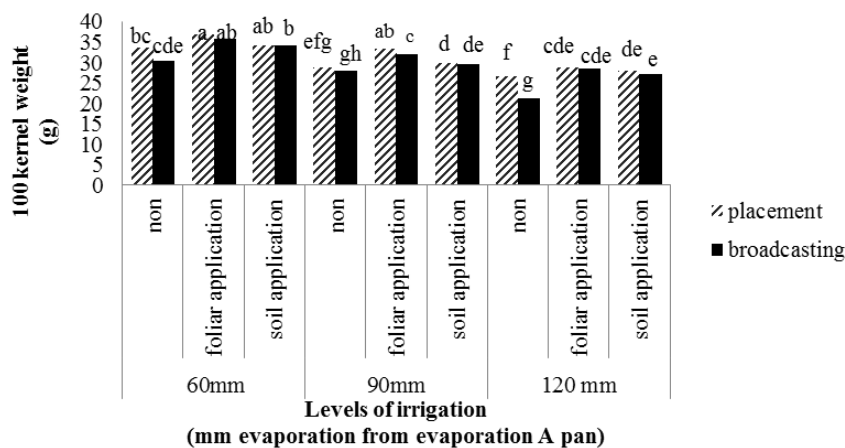
شیوه کاربرد سولفات روی در سطح احتمال ۱ درصد و تأثیر اصلی شیوه کاربرد کود فسفات در سطح احتمال ۵درصد معنی‌دار شد. از بین اثرگذاری‌های متقابل نیز، اثر

**وزن صددانه**

نتایج به‌دست‌آمده از تجزیه واریانس مربوط به وزن صددانه نشان داد که اثرگذاری‌های اصلی تنش رطوبتی و

سولفات روی، وزن صددانه را نسبت به کاربرد خاکی و بدون کاربرد سولفات روی افزایش داد که میزان این افزایش در تنش شدید رطوبت نسبت به بدون کاربرد روی و تیمار پخش فسفات به ۳۷ درصد رسید (شکل ۸). افزایش وزن دانه می‌تواند به علت بیشتر بودن طول دوره پرشدن دانه و همچنین دوام سطح برگ باشد (Lopez Pereira *et al.*, 2008). در این حالت ممکن است تأمین بهتر عنصر روی در حضور فسفر سبب افزایش طول دوره پرشدن دانه و کارایی نوساخت شده باشد. (Mohammad *et al.*, 2006) گزارش دادند در تأثیر محلول‌پاشی گندم با عناصر کم‌مصرف (ریزمغذی) وزن هزاردانه در مقایسه با شاهد ۲۸/۸ درصد افزایش داشته است.

سه‌گانه تنش، شیوه‌های کاربرد فسفات و سولفات روی در سطح احتمال ۵ درصد معنی‌دار شد (جدول ۲). بیشترین وزن صددانه از تیمار ۶۰ میلی‌متر تبخیر، محلول‌پاشی سولفات روی و کاربرد نواری فسفات و کمترین میزان مربوط به تیمار دور آبیاری ۱۲۰ میلی‌متر تبخیر، بدون کاربرد سولفات روی و کاربرد پخش فسفات به دست آمد. به نظر می‌رسد تنش خشکی در تیمارهای ۱۲۰ میلی‌متر تبخیر روی انتقال جاری و دوباره مواد نوساختی به دانه‌ها تأثیر منفی گذاشته و همین مسئله منجر به چروکیدگی و کاهش وزن صددانه شده است (Roshdi *et al.*, 2006). صرف نظر از شیوه کاربرد فسفات در هر دو سطح تنش رطوبتی (۹۰ و ۱۲۰ میلی‌متر تبخیر)، محلول‌پاشی



شکل ۸. تأثیر تنش رطوبتی و شیوه کاربرد فسفات و سولفات روی بر وزن صددانه (LSD<sub>0.05</sub>=5.13)

Figure 8. The effect of water stress, application method of phosphate and zinc sulfate on 100 kernel weight

کاهش شمار دانه در بلال و وزن صددانه بوده است که می‌تواند ناشی از کاهش نوساخت جاری و طول دوره پر شدن دانه باشد (Majidian *et al.*, 2008). مهم‌ترین جزء عملکرد دانه، شمار دانه است که در اثر اعمال تنش در مرحله رویشی و پر شدن دانه‌ها موجب کاهش عملکرد می‌شود (Cakir, 2004). در کاربرد نواری فسفات میانگین عملکرد ۶۸۷۶/۶ کیلوگرم و در کاربرد پخش فسفات میانگین عملکرد ۶۴۳۸/۵ کیلوگرم در هکتار به دست آمد. در شیوه کاربرد سولفات روی، بیشترین و کمترین میانگین مربوط به حالت محلول‌پاشی و بدون کاربرد سولفات روی با میانگین ۷۱۴۱/۴ و ۶۲۵۵/۸ کیلوگرم در هکتار به

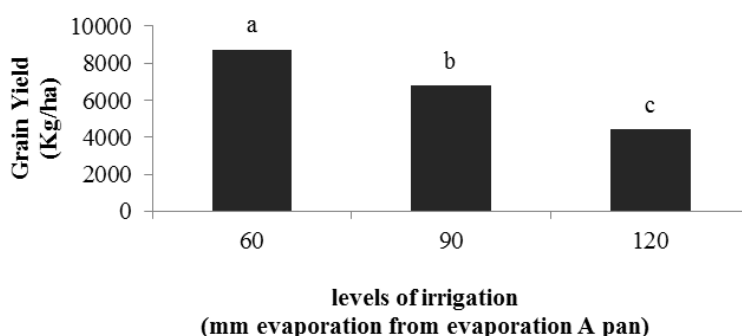
#### عملکرد دانه

نتایج به دست آمده از تجزیه واریانس مربوط به عملکرد دانه نشان داد که اثرگذاری‌های اصلی تنش رطوبتی، شیوه کاربرد فسفر و سولفات روی در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار بودند (جدول ۲). در مورد اثرگذاری‌های اصلی مربوط به سطوح تنش، بیشترین و کمترین میانگین مربوط به تیمار دور آبیاری پس از ۶۰ و ۱۲۰ میلی‌متر تبخیر، به ترتیب به میزان ۸۷۳۷/۳ و ۴۴۲۰/۴ کیلوگرم در هکتار بود (شکل ۹). با افزایش شدت تنش از ۶۰ به ۹۰ میلی‌متر تبخیر، عملکرد دانه به میزان ۲۸ درصد و در ۱۲۰ میلی‌متر تبخیر این کاهش به ۵۴ درصد رسید. علت کاهش عملکرد



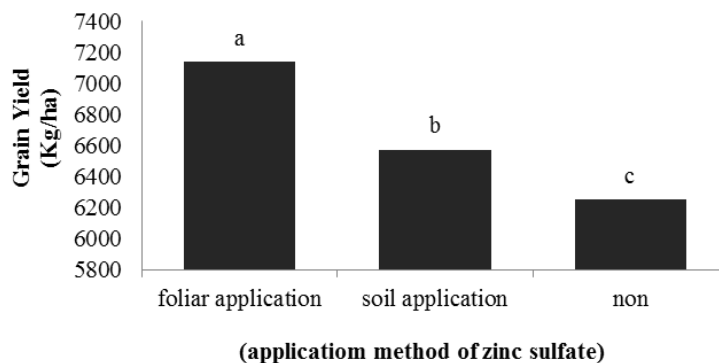
گندم (۵۰۰ کیلوگرم در هکتار)، غلظت روی در دانه و کلس آن نیز بیش از دو برابر افزایش یافت (Malakouti, 1990). کاهش شدید عملکرد و اجزای آن در تیمار تنش شدید را می‌توان به علت کاهش شدید نورساخت و توقف سبزینه‌سازی، کاهش فعالیت آنزیم‌های احیاکننده نیترات و افزایش آنزیم‌های هیدرولیزکننده مانند آمیلاز دانست (Hekmat Shoar, 1994). بروز تنش کم‌آبی در مراحل مختلف نمو به‌ویژه مرحله زایشی به علت کاهش طول دوره نورساختی و انتقال مواد حاصل از نورساخت جاری به دانه است که این امر ناشی از پیری زودرس برگ‌ها و کاهش سطح برگ و نیز کاهش سهم انتقال مجدد مواد ذخیره‌شده در ساقه به دانه بوده و موجب کاهش عملکرد به سبب کاهش وزن دانه‌ها می‌شود (Goksoy *et al.*, 2004). نتایج تحقیقات نشان داده کاربرد روی می‌تواند عملکرد ذرت را به اندازه ۵۰ درصد افزایش دهد (Manojlovis, 1983; Hosseini, 2004; Brennan, 2007).

دست آمد (شکل ۱۰). محلول‌پاشی سولفات روی نیز عملکرد دانه را نسبت به بدون کاربرد سولفات روی به میزان ۱۴ درصد افزایش داد. Berenger & Faci (2001) بیان داشتند با محلول‌پاشی عناصری از جمله روی و آهن که نقش مهمی در کاتالیزور فرآیندهای سوخت‌وسازی و حفظ آماس یاخته‌ای در گیاه بر عهده دارند، گیاه عناصر موردنیاز خود برای افزایش اسمولیت‌ها را بهتر و راحت‌تر در اختیار دارد. بدین ترتیب یاخته به فعالیت‌های حیاتی خود ادامه می‌دهد و در نهایت عملکرد شایان پذیرش‌تری در این شرایط تولید می‌کند. پس برای جبران دست‌کم برخی از اثرگذاری‌های زیانبار تنش و کمک به گیاه در جهت بازگشت به شرایط رشد طبیعی محلول‌پاشی چنین عناصری می‌تواند در مقاومت به خشکی گیاه مؤثر بوده و ایفای نقش کند. نتایج تحقیقات کاربرد ریزمغذی‌ها در استان‌های مختلف کشور نشان داد که با کاربرد سولفات روی، افزون بر افزایش شایان‌توجه عملکرد



شکل ۹. تأثیر سطوح تنش رطوبتی بر عملکرد دانه (LSD<sub>0.05</sub>=1390)

Figure 9. The effect of water stress on grain yield



شکل ۱۰. تأثیر شیوه کاربرد سولفات روی بر عملکرد دانه (LSD<sub>0.05</sub>=1390)

Figure 10. The effect of application method of zinc sulfate on grain yield

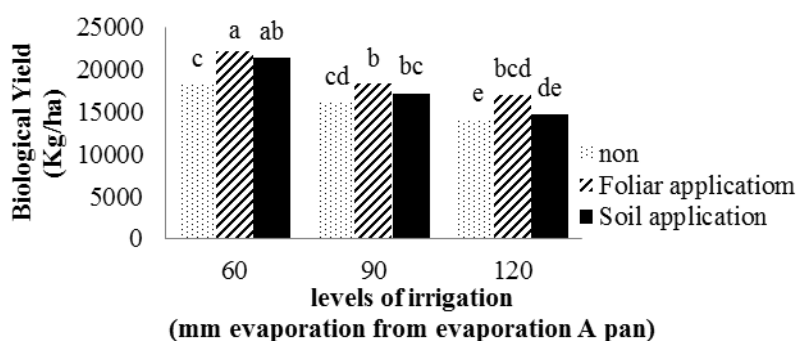
## عملکرد زیست توده

نتایج به دست آمده از تجزیه واریانس نشان داد که در صفت عملکرد زیست توده (بیولوژیک)، اثرگذاری‌های اصلی تنش رطوبتی، شیوه‌های کاربرد کودفسفات و سولفات روی در سطح احتمال ۱ درصد و از بین اثرگذاری‌های متقابل نیز، تأثیر تنش × شیوه کاربرد روی در سطح احتمال ۵ درصد معنی دار شد (جدول ۲). بیشترین و کمترین میزان عملکرد زیست توده نیز با میانگین ۲۲۱۱۰/۸۳ کیلوگرم در هکتار مربوط به تیمار دور آبیاری ۶۰ میلی‌متر تبخیر و محلول پاشی سولفات روی و کمترین میزان مربوط به تیمار دور آبیاری پس از ۱۲۰ میلی‌متر تبخیر و بدون کاربرد سولفات روی با میانگین ۱۳۹۸۴/۶۶ کیلوگرم در هکتار به دست آمد، در حالت بدون تنش رطوبت (آبیاری پس از ۶۰ میلی‌متر تبخیر) و تنش میانگین (آبیاری پس از ۹۰ میلی‌متر تبخیر) محلول پاشی روی تأثیر شایان توجهی بر عملکرد زیست توده داشت (شکل ۱۱). به طوری که در نبود تنش رطوبت، محلول پاشی روی این صفت را نسبت به حالت بدون کاربرد روی ۲۲ درصد و در شرایط تنش میانگین رطوبت، محلول پاشی روی عملکرد زیست توده را نسبت به حالت بدون کاربرد و کاربرد خاکی روی به ترتیب حدود ۱۵ و ۹ درصد افزایش داد. در مورد تیمار شیوه کاربرد فسفات، در کاربرد نواری فسفات، میزان عملکرد زیست توده با میانگین ۱۸۰۳۷/۱ و در کاربرد پخش فسفات با میانگین ۱۷۲۴۰/۵ کیلوگرم در هکتار به دست آمد که نشان از جذب بهتر فسفات در کاربرد

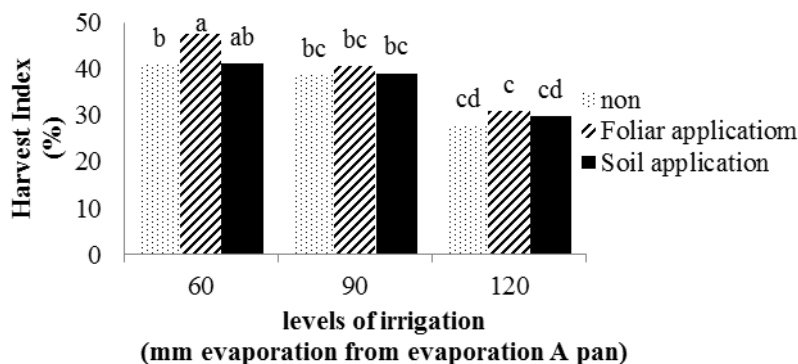
نواری دارد (Eghball *et al.*, 1990). گزارش شده است عملکرد زیست توده ذرت با کاربرد محلول روی نسبت به تیمار شاهد افزایش یافت که علت این امر را افزایش غلظت سبزینه، افزایش فعالیت آنزیم‌های فسفوانول-پیروات کربوکسیلاز و ریبولوزی فسفات کربوکسیلاز و کاهش تجمع سدیم در بافت‌های گیاهی عنوان کردند (Romheld & Marschner, 1991).

## شاخص برداشت

نتایج نشان داد که تأثیر اصلی تنش رطوبت در سطح احتمال ۱ درصد و در بین اثرگذاری‌های متقابل، تأثیر تنش رطوبت × شیوه کاربرد سولفات روی در سطح احتمال ۵ درصد معنی دار شد (جدول ۲). بیشترین شاخص برداشت از تیمار دور آبیاری ۶۰ میلی‌متر تبخیر و محلول پاشی سولفات روی با میانگین ۴۷/۵۶ درصد و کمترین شاخص برداشت از تیمار دور آبیاری پس از ۱۲۰ میلی‌متر تبخیر و بدون کاربرد سولفات روی با میانگین ۲۷/۷۳ درصد به دست آمد (شکل ۱۲). محلول پاشی سولفات روی در تیمار بدون تنش رطوبتی شاخص برداشت را نسبت به شرایط بدون کاربرد سولفات روی و کاربرد خاکی آن به ترتیب حدود ۱۶ و ۱۵ درصد افزایش داد. در شرایط کم‌آبی گیاه برای انتقال دوباره در هنگام پر شدن دانه با مشکل روبه‌رو شده و در نهایت جابجایی مواد از دیگر بخش‌ها به دانه و پر شدن دانه به خوبی صورت نگرفته و عملکرد دانه کمتر می‌شود که در این صورت شاخص برداشت کاهش خواهد یافت (Costa *et al.*, 1988).



شکل ۱۱. تأثیر شیوه کاربرد سولفات روی و تنش رطوبتی بر عملکرد زیست توده (LSD<sub>0.05</sub>=3059)  
Figure 11. The effect of water stress and application method of zinc sulfate on biological yield



شکل ۱۲. تأثیر تنش رطوبتی و شیوه کاربرد سولفات روی بر شاخص برداشت (LSD<sub>0.05</sub>=11.57)  
Figure 12. The effect of water stress and application method of zinc sulfate on harvest index

افزون بر صفات یادشده با طول بلال نیز همبستگی مثبت و معنی‌دار نشان داد (جدول ۳). با توجه به جدول ۳ نیز مشاهده می‌شود که بین عملکرد دانه و وزن صدانه همچنین شمار دانه در بلال همبستگی مثبت و معنی‌دار وجود دارد. در بررسی رگه خویش‌آمیخته (لاین اینبرد) ذرت و دورگ‌های آن مشاهده شد که عملکرد دانه در بوته همبستگی معنی‌داری با شمار دانه و وزن صدانه دارد (Viola et al., 2003).

### همبستگی بین صفات

شمار دانه در ردیف بلال، با وزن صدانه و شمار دانه همبستگی مثبت و معنی‌دار در سطح احتمال ۱ درصد نشان داد. Mosavi (2012) نیز چنین نتیجه‌ای را در پژوهش خود به دست آورد. شمار دانه در بلال نیز با وزن صدانه در سطح احتمال ۱ درصد همبستگی مثبت و معنی‌دار نشان داد. طول بلال با وزن صدانه، ردیف دانه، شمار دانه، دانه در ردیف و عملکرد دانه همبستگی مثبت و معنی‌دار نشان داد. قطر بلال نیز

جدول ۳. همبستگی بین عملکرد و اجزای عملکرد ذرت تحت تأثیر تیمارهای به‌کاررفته

Table 3. Correlation between yield and yield components of corn affected by treatments

	100 kernel weight	Row number per ear	Kernel number per ear	Kernel number per row	Grain yield	Ear length	Ear diameter	Biological yield	Harvest index
100 kernel weight	1								
Row number per ear	0.0009 <sup>ns</sup>	1							
Kernel number per ear	0.687 <sup>**</sup>	-0.088 <sup>ns</sup>	1						
Kernel number per row	0.762 <sup>**</sup>	-0.368 <sup>ns</sup>	0.801 <sup>**</sup>	1					
Grain yield	0.941 <sup>**</sup>	-0.015 <sup>ns</sup>	0.807 <sup>**</sup>	0.818 <sup>**</sup>	1				
Ear length	0.908 <sup>**</sup>	0.046 <sup>ns</sup>	0.751 <sup>**</sup>	0.727 <sup>**</sup>	0.956 <sup>**</sup>	1			
Ear diameter	0.915 <sup>**</sup>	0.018 <sup>ns</sup>	0.661 <sup>**</sup>	0.664 <sup>**</sup>	0.938 <sup>**</sup>	0.972 <sup>**</sup>	1		
Biological yield	0.803 <sup>**</sup>	0.077 <sup>ns</sup>	0.676 <sup>**</sup>	0.590 <sup>**</sup>	0.871 <sup>**</sup>	0.929 <sup>**</sup>	0.903 <sup>**</sup>	1	
Harvest index	0.828 <sup>**</sup>	-0.171 <sup>ns</sup>	0.704 <sup>**</sup>	0.821 <sup>**</sup>	0.845 <sup>**</sup>	0.722 <sup>**</sup>	0.715 <sup>**</sup>	0.0601 <sup>**</sup>	1

ns, \*, \*\* به ترتیب غیرمعنی‌دار، معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد.

ns, \*, \*\* are insignificant, significant at probability levels of 5 and 1 percent, respectively.

آماس یاخته‌ای در گیاه بر عهده دارد، بنابراین با محلول‌پاشی این عنصر گیاه بهتر و آسان‌تر به فعالیت‌های حیاتی خود ادامه می‌دهد و در نهایت عملکرد شایان‌پذیرش‌تری در این شرایط تولید می‌کند. پس برای جبران دست‌کم برخی اثرگذاری‌های زیانبار تنش و کمک به گیاه در جهت بازگشت به شرایط رشد طبیعی محلول‌پاشی نسبت به کاربرد خاکی روی

### نتیجه‌گیری کلی

تنش رطوبتی باعث کاهش عملکرد دانه و اجزای عملکرد آن شد، زیرا باعث شد تا گیاه نتواند از منابع موجود به‌درستی استفاده کند. همچنین می‌توان اظهار داشت که گیاه در رویارویی با تنش رطوبتی سعی در حفظ فشار اسمزی خود دارد از طرفی روی نیز نقش مهمی در کاتالیزوری فرآیندهای سوخت‌وسازی و حفظ

هدررفت ناشی از تثبیت فسفر در خاک، نسبت به روش پخش سطحی کارایی مطلوبتری داشت. بهطور کلی استفاده از کود سولفات روی در حالت محلولپاشی و کاربرد نواری کود فسفات باعث افزایش عملکرد ذرت و اجزای آن شد. البته این تیمارها در بودن تنش رطوبت تأثیر بهتری بر صفات موردبررسی داشتند.

می‌تواند در مقاومت به خشکی گیاه مؤثر بوده و ایفای نقش کند زیرا در شرایط خشکی، روی در خاک تحرک کمی دارد به همین دلیل است که بین کاربرد خاکی و بدون کاربرد سولفات روی تفاوت معنی‌داری بر صفات ملاحظه نشد. کاربرد نواری کود فسفات به دلیل مجاورت بیشتر کود با ریشه گیاه و کاهش

## REFERENCES

1. Alloway, B.J. (2004). Zinc in soils and crops nutrition. *International Zinc Association (IZA)*. Brussels, Belgium. 127 p.
2. Aref, F. (2009). Effect of zinc and boron on yield and concentration of nitrogen, phosphorous and potassium in the corn grain, *Iran Agriculture of Science*, 5(2), 134-153. (in Farsi)
3. Baybord, A. (2006). *Zinc in Soils and Crop Nutrition*. Parivar Press First Edition, P 179. (in Farsi)
4. Bagci, S.A., Ekiz, H., Yilmaz, A. & Cakmak, I. (2007). Effect of zinc deficiency and drought on grain yield of field-grown wheat cultivars in central Anatolia. *Journal of Agronomy and Crop Science*, 193, 189-206.
5. Berenger, M.J. & Faci, J.M. (2001). Sorghum yield compensation processes under different plant densities and variable water supply. *European Journal of Agronomy*, 15, 43-55.
6. Bhadoria, P.B.S., Kaselowsky, J. & Claassen, N. (1991). Soil phosphate diffusion coefficients: their dependence on phosphorus concentration and buffer power. *Soil Science Society of America Journal*, 55, 56-60.
7. Brennan, R.F. (2007). Effectiveness of zinc sulfate and zinc chelate as foliar sprays in alleviating zinc deficiency of wheat grown on zinc-deficient soils in Western Australia. *Australian Journal Experimental Agriculture*, 31, 831-834.
8. Brown, P.H., Cakmak, I. & Zhang, Q. (1993). *Form and function of zinc in plants*. In: A. D. Robson (Ed). *Zinc in Soil and Plants*. Kluwer Academic Publishers. Dordrecht, The Netherland, P: 93-106.
9. Bukvic, G., Antunovic, M., Popovic, S. & Rastija, M. (2003). Effect of P and Zn fertilization on biomass yield and its uptake by maize lines (*Zea mays* L.). *Plant Soil Environment*, 49, 505-510.
10. Cakir, R. (2004). Effect of water stress at different development stages on vegetative and reproductive growth of corn. *Field Crop Research*, 86, 95-113.
11. Cakmak, I., Kalayci, M., Ekiz, H., Braun, H.J. & Yilmaz, A. (1999). Zinc and human nutrition in Turkey: NATO. Science for Stability Project. *Field Crops Research*, 60, 175-188.
12. Cakmak, I. (2009). Enrichment of fertilizers with zinc: An excellent investment for humanity and crop production in India. *Journal of Trace Elements in Medicine and Biology*, 23, 281-298.
13. Classen, M.M. & Shaw, R.H. (1970). Water deficit effects on corn .II. Grain component. *Agronomy Journal*, 62, 652-655.
14. Costa, J.O., Ferreira, L.G.R. & Souza, F.D.E. (1988). Yield of maize under different levels of water stress. *Field Crop Research*, 91-183.
15. Dehghanian, M. & Madandust, M. (2000). Chelate effect on drought resistance in wheat. *Journal of Science and Technology of Agriculture and Natural Resources*, 12(45), 393-400. (in Farsi)
16. Eghball, B., Sander, D.H. & Skopp, J. (1990). Diffusion, adsorption and predicted longevity of banded phosphorus fertilizer in three soils. *Soil Science Society America Journal*, 54, 1161-1165.
17. FAO. (2013). Agriculture Biodiversity in FAO. From <http://www.fao.org/biodiversity>.
18. Goksoy, A.T., Demir, A.O., Turan, Z.M. & Dagustu, N. (2004). Responses of sunflower to full and limited irrigation at different growth stages. *Filed Crops Research*, 87, 167-178
19. Hagin, J. & Tucker, B. (1982). Fertilization of Dryland and Irrigated Soils. *Spring-Verlag, New York*, 188 p.
20. Hammantaranjan, A. (1996). Physiology and biochemical significance of zinc in plants. *Advancement in Micronutrient Research*, 151-178. Hamantaranjan, A. (Ed). Scientific Publishers, Jodhpur, Rajasthan, India.
21. Hekmat Shoar, H. (1994). *Plant Physiology in Difficult Conditions*. Publication Translation of. 251 pages. (in Farsi)
22. Hosseini, S.H. (2004). *Response of rice, corn, and wheat to Zn and B in a calcareous soil*, PhD. thesis, Agricultural College, Shiraz University. (in Farsi)
23. Hugh, J.E. & Davids, R.F. (2003). Effect of drought stress on leaf and whole canopy radiation use efficiency and yield of maize. *Agronomy Journal*, 95, 688-696.

24. Ihsan, M., Mahmood, A., Mian, M.A. & Cheema, N.M. (2007). Effect of different method of fertilizer application to wheat after germination under rainfed conditions. *Journal of Agriculture Research*, 45(4), 277-281.
25. Kafi, M.E., Zand, B., Kamkar, H., Sharifi, R. & Goldani, M. (2000). *Plant Physiology*, Jihad-e-Daneshgahi of Mashhad Publisher, pp: 379. (in Farsi)
26. Kim, K.K., Jordan, D.G. & MacDonald, A. (1989). Entrobacteria gglomerans, phosphate solublizing bacterial activity in soil: Effect of carbon sources. *Soil Biology and Biochemistry*, 89, 995-1003.
27. Lauer, J. (2003). What happens within the corn plant when drought occurs? *Corn Agronomist*, 10(22), 153-155.
28. Lopez Pereira, M., Berney, A., Hall, A. & Trápani, N. (2008). Contribution of pre anthesis photoassimilates to grain yield: its relationship with yield in Argentine sunflower cultivars released between 1930 and 1995. *Field Crops Research*, 105(1-2), 88-96.
29. Ludlow, M.M. & Muchow, R.C. (1990). A critical evaluation of traits for improving crop yields in water limited environmens. *Advances in Agronomy journal*, 21, 337-344.
30. Majidian, M., Ghalavand, A. & Karimian, N. (2008). Effects of water stress, nitrogen fertilizer and organic manure on chlorophyll meter readings, grain yield and yield components of corn hybrid 704. *Iranian Journal of Crop Sciences*, Page 8. (in Farsi)
31. Malakouti, M.J. (2007). Zinc is a neglected element in the life cycle of plants. *Middle Eastern and Russian Journal of Plant Science and Biotechnology*, 1(1), 1-12. (in Farsi)
32. Malakouti, M.J. (1990). *The role of micronutrients in increasing agricultural production*. Olive magazine. Special pesticide use reduction and efficient use of fertilizers. Department of Agriculture. Tehran. Iran, 16-25. (in Farsi)
33. Manojlovis, S. (1983). Possiblities of increasing the production of corn in the chernozem zone of yugoslavia (Vojodina) by zinc application. *Efficient Use of Fertilizers in Agriculture*, 331-350.
34. Marschner, H. (1995). *India Nutrition of Higher Plants*. Academic Press, London. pp. 301-306.
35. Mirza Shahi, K. (2011). Effect of phosphorus fertilizer application on yield and P uptake in the northern Khozestan. *Journal of Crop Physiology, Islamic Azad University*, 4(13), 99-114. (in Farsi)
36. Mohammad, A.M., Aslam, S.A., Rozina, G. & Sajjad, K. (2006). Response of Wheat to foliar application of nutrients. Department of Agronomy, NWFP Agricultural University, *Peshawar Pakistan. Agricultural Research institute*, Quetta Balochista Pakistan.
37. Mosavi, R. (2012). *Effects of sowing date and on farm of seed priming on germination properties and yield of Maize in Hammedan*. MSc Thesis, College of Agriculture, Bu-Ali Sina University. Hamedan, Iran. (in Farsi)
38. Ohashi, Y., Nakayama, N., Saneoka, H., Mohapatra, P.K. & Fujita, K. (2009). Differences in the responses of stem diameter and pod thickness to drought stress during the grain filling stage in soybean plants. *Acta. Physiology Plant Journal*, 31(2), 271-277.
39. Pandey, N., Pathak, G.C. & Sharma, C.P. (2006). Zinc is critically required for pollen function and fertilization in lentil. *Journal of Trace Elements in Medicine and Biology*, 20, 89-96.
40. Rafiei, M., Nadian, H., Noor Mohammadi, GH. & Karimi, M. (2000). Effect of drought stress and zinc and phosphorus concentrations and total uptake in corn. *Journal of Agricultural Science*, 35(1), 243-235. (in Farsi)
41. Romheld, V. & Marschner, H. (1991). *Function of Micronutrients in Plants*. Micronutrient in agriculture. Madison, W. I. SSSA, P. 297-328.
42. Roshdi, M., Heydari Sharifabad, H., Karimi, M., Noor Mohammadi, G. & Darvish, F.A. (2006). Survey on the impact of water deficiency over the yield of sunflower seed cultivar and its components. *Journal of Agricultural Sciences*, 12(1), 110-120. (in Farsi)
43. Tariq, M., Rozina, G., Fazal, M., Fazal, J., Zahid, H., Nadia, N., Hamayoon, Kh. & Hayatullah, Kh. (2011). Effect of different phosphorus levels on the yield and yield components of maize. *Sarhad Journal Agriculture*, 27, 165-170.
44. Verma, K.C. & Abidi, A.B. (2009). Effect of phosphorus and molybdenum on biochemical, yield and yield attributing parameters of Indian mustard (*Brassica juncea* L.). *African Journal of Basic and Applied Sciences*, 1, 67-69.
45. Viola, G., Ganesh, M., Reddy, S.S. & Kumar, C.V.S. (2003). Studies on correlation and path coefficient analysis of elite baby corn (*Zea mays* L.) lines. *Progress in Agriculture*, 182(3), 22-24.
46. Vitosh, M.L., Warncke, D.D. & Lucas, R.E. (1994). *Secondary and Micronutrients for Vegetable and Field Crops*. Extension Bulletin E-486, Michigan State University Extension Service, 18 p.
47. Westage, M.E. & Boyer, J.S. (1998). Reproduction at low silk an pollen water potentials in maize. *Corp Science*, 26, 951-956.
48. Xiong, L., Schumakher, K.S. & Zhu, J.K. (2002). Cell signaling during cold, drought and salt stress. *The Plant Cell Journal*, 14, 165-183.

## Response of yield and yield components of corn to phosphate and zinc sulfate fertilizers application methods under water stress

Mohammad Ali Aboutalebian<sup>1\*</sup> and Noushin Fakhimi Paydar<sup>2</sup>

1, 2. Assistant Professor and M.Sc. Student, Department of Agronomy and plant breeding,  
Faculty of Agriculture, Bu-Ali Sina University, Hamadan, Iran

(Received: May 28, 2015- Accepted: Sep. 9, 2015)

### ABSTRACT

To study the effects of phosphate and zinc sulfate fertilizers application methods on the yield and yield components of maize under water stress a randomized complete block with split plot factorial arrangement with three replications at research farm of the Bu Ali Sina University was conducted in 2014. Three levels of irrigation after 60, 90 and 120 mm evaporation from evaporation A pan was assigned in main plot and two factors including phosphate fertilizer application methods (broadcasting and placement) and zinc sulfate (non, foliar and soil application) were assigned in sub plots. The results showed that with increasing water stress from 60 to 90 mm evaporation of pan grain yield decreased by 28 percent, but in condition of severe water stress, (irrigation after 120 mm evaporation), grain yield decreased by 54 percent. In no stress conditions, foliar application of zinc sulfate, compared to soil application and no application increased significantly the number of grains row per ear, biological yield, corn length and its diameter. According to the results phosphate placement treatment in severe water stress and no zinc sulfate application conditions caused a significant increase in the number of grain per row and 100 grains weight. In this study the highest harvest index was obtained in no water stress plus zinc sulfate foliar application (47.56%).

**Keywords:** Biological yield, evaporation, foliar, harvest index, placement.