

## تأثیر کاربرد کودهای گوگرد و روی بر عملکرد و اجزای عملکرد ذرت (*Zea mays* L.) تحت سطوح مختلف آبیاری

### Effect of Sulfur and Zinc Fertilizers Application on Yield, and Yield Component of Corn (*Zea mays* L.) Under Different Irrigation Levels

یوسف سهرابی<sup>۱\*</sup> و امیر احمدی<sup>۲</sup>

تاریخ دریافت: ۹۱/۴/۱۳

تاریخ پذیرش: ۹۱/۸/۱۹

#### چکیده

به منظور بررسی تأثیر کاربرد کودهای گوگرد و روی، بر عملکرد و اجزای عملکرد ذرت تحت سطوح مختلف آبیاری، در بهار سال ۱۳۸۹، آزمایشی در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه کردستان به صورت اسپلیت فاکتوریل در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی در چهار تکرار به اجرا درآمد. سه سطح آبیاری شامل آبیاری کامل (۲- بار)، تنش ملایم خشکی (۷- بار) و تنش شدید خشکی (۱۲- بار) به عنوان سطوح فاکتور اصلی در نظر گرفته شدند. کود گوگرد در دو سطح صفر (شاهد) و ۳۰ کیلوگرم در هکتار و کود روی در دو سطح صفر (شاهد) و یک کیلوگرم در هکتار به صورت فاکتوریل در کرت‌های فرعی قرار گرفتند. صفات مورد اندازه‌گیری عبارت بودند از: تعداد بلال در مترمربع، تعداد ردیف دانه در بلال، تعداد دانه در ردیف، تعداد دانه در بلال، وزن بلال، وزن چوب بلال، وزن دانه‌های هر بلال، وزن هزار دانه، عملکرد دانه، عملکرد ماده خشک و شاخص برداشت. نتایج نشان داد تنش خشکی باعث کاهش مقادیر کلیه صفات مورد بررسی گردید. اثر توأم سطوح آبیاری و کود گوگرد، صفات تعداد ردیف در بلال، تعداد دانه در ردیف، عملکرد دانه و عملکرد ماده خشک را به طور معنی‌داری تحت تأثیر قرار داد. اثر متقابل کودهای گوگرد و روی نیز بر تعداد ردیف دانه در بلال و تعداد دانه در ردیف، معنی‌دار بود. کاربرد کود گوگرد در شرایط آبیاری کامل باعث افزایش عملکرد دانه و ماده خشک گردید و گوگرد اثرات تنش شدید خشکی روی عملکرد ذرت را نیز کاهش داد. کود روی در شرایط آبیاری کامل باعث افزایش مقادیر برخی از صفات گردید اما در اکثر صفات مورد مطالعه، نقشی در کاهش اثرات تنش خشکی نداشت.

**واژه‌های کلیدی:** آبیاری کامل، تنش خشکی، عملکرد ذرت، کودهای گوگرد و روی

۱. استادیار گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه کردستان، سنندج

۲. دانشجوی کارشناسی ارشد زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه کردستان، سنندج

Email: yousef.sohrab@yahoo.com

\*: نویسنده مسئول

غلات جزء مهم‌ترین گیاهان غذایی کره‌زمین و تأمین کننده ۷۰ درصد غذای مردم محسوب می‌گردند و به‌طور کلی، ۷۵ درصد کل انرژی و نیمی از پروتئین مورد نیاز بشر از غلات تأمین می‌شود (امام، ۱۳۸۶). در میان غلات، ذرت (*Zea mays*) یکی از گیاهان با ارزش زراعی است که تنوع، سازگاری بالا و ارزش غذایی فراوان، آن را در ردیف مهم‌ترین گیاهان زراعی جهان قرار داده است (نورمحمدی و همکاران، ۱۳۷۶).

کمر بند کشت ذرت در دنیا به‌دلیل ویژگی‌های خاص این گیاه، یعنی چهار کر بنه بودن و به‌ویژه گرماسپسندی آن تطابق نزدیکی با مناطق خشک و نیمه‌خشک دارد. در مناطق خشک و نیمه‌خشک، تأمین شرایط ایده‌آل جهت تولید عملکرد زیاد این گیاه، در حضور رطوبت کافی امکان پذیر می‌باشد. کشور ایران با داشتن تنوع آب و هوایی مناسب، از جمله مناطق مستعد تولید ذرت می‌باشد و این درحالی است که دو سوم زمین‌های کشاورزی ایران در مناطق نیمه‌خشک قرار دارند که عملاً با تنش خشکی مواجه هستند (ساکینژاد، ۱۳۸۲). خشکی مانند سایر تنش‌های محیطی اثر زیان‌باری بر عملکرد گیاهان زراعی دارد و کمبود آب یکی از عوامل مهم کاهش عملکرد در بسیاری از مناطق دنیا محسوب می‌شود (بروس<sup>۱</sup> و همکاران، ۲۰۰۲) و یکی از دلایل کاهش راندمان تولید محصول در ایران نیز، بروز تنش خشکی در طی مراحل مختلف رشد، در زراعت دیم و کشت‌های آبی است. در گیاه ذرت، تولید ماده خشک با کاهش آب مصرفی، نقصان می‌یابد ولی کاهش عملکرد دانه در اثر کمبود آب، بیش از کاهش ماده خشک تولیدی است (کاکس و جالیف<sup>۲</sup>، ۱۹۸۸). همچنین تنش خشکی جذب عناصر غذایی از جمله نیتروژن را کاهش می‌دهد و از این طریق به‌صورت غیرمستقیم بر رشد گیاه تأثیر می‌گذارد. در شرایط عدم وجود آب کافی، تولید عملکرد بالا در نتیجه کاربرد کودها امکان پذیر نیست (ریچ<sup>۳</sup>، ۲۰۰۲).

تنش خشکی، عملکرد ذرت و سایر گیاهان زراعی را عمدتاً به شیوه‌های زیر کاهش می‌دهد: (۱) کاهش جذب تشعشعات فعال فتوسنتزی توسط پوشش گیاهی، (۲) کاهش کارایی مصرف نور و (۳) کاهش شاخص برداشت (هیوگ و داویس<sup>۴</sup>، ۲۰۰۳). خشکی در مرحله پر شدن دانه، مخصوصاً اگر با افزایش دما همراه باشد، موجب تسریع در پیری برگ‌ها، کاهش طول

دوره پر شدن دانه، کاهش میانگین وزن دانه‌ها و افت عملکرد می‌شود (سانتواری<sup>۵</sup> و همکاران، ۲۰۰۲). این فرآیند به دلیل کاهش انتقال مواد فتوسنتزی به دانه‌های در حال توسعه صورت می‌پذیرد (فتیحی و مک دونالد<sup>۶</sup>، ۱۳۷۶). خشکی در طول تشکیل گلچه‌ها، باعث کاهش تعداد بذر سالم می‌گردد (کوچکی، ۱۳۸۳).

تغذیه مناسب گیاهی در بالا بردن سطح تحمل گیاهان در مقابل انواع تنش‌ها نقش بسزایی دارد (سپهری و همکاران، ۱۳۸۱). عنصر گوگرد در کنار نیتروژن، فسفر و پتاسیم یکی از عناصر پر مصرف است (جارون<sup>۷</sup> و همکاران، ۲۰۰۸). ذرت مقادیر مقادیر زیادی گوگرد جذب می‌کند که به لحاظ مقداری، کمتر از فسفر است. وقتی در خاک، کمبود گوگرد وجود داشته باشد علی‌رغم وجود کافی مواد مغذی دیگر، گیاه نمی‌تواند پتانسیل واقعی عملکرد خود را نشان دهد (رشید<sup>۸</sup> و همکاران، ۲۰۰۴). گوگرد باعث افزایش جذب مواد مغذی، افزایش رشد گیاه، عملکرد دانه، چوب بلال (رشید و همکاران، ۲۰۰۴)، سختی دانه و کاهش اندازه دانه (جارون و همکاران، ۲۰۰۸) در ذرت می‌شود. این عنصر، روی سنتز آنزیم‌ها، کلروفیل، پروتئین، ویتامین‌های بیوتین و تیامین و فرآیند فعال‌شدن فرودوکسین در فتوسنتز، اثرات تحریک‌کنندگی دارد (بروس و همکاران، ۲۰۰۲). استفاده از گوگرد یکی از روش‌های افزایش حلالیت عناصر تثبیت‌شده در خاک‌های قلیایی محسوب می‌شود (بشارتی و همکاران، ۱۳۸۵). وانی<sup>۹</sup> و همکاران (۲۰۰۱) طی آزمایشی روی گیاه آفتابگردان، گزارش کردند که کاربرد ۳۰ کیلوگرم گوگرد در هکتار، سبب افزایش معنی‌داری در عملکرد دانه و محتوای پروتئین می‌شود. توگای<sup>۱۰</sup> و همکاران (۲۰۰۸) گزارش کردند که کاربرد گوگرد در گیاه ذرت باعث افزایش وزن خشک بوته، بهبود جذب فسفر و همچنین افزایش مواد مغذی و غلظت کلروفیل شده است. بهارات و پونگوتهای<sup>۱۱</sup> (۲۰۰۸). در بررسی دیگری نشان دادند که کاربرد گوگرد، اثر معنی‌داری بر ارتفاع گیاه و طول برگ ذرت ندارد. رشید و همکاران (۲۰۰۴) نیز گزارش کرده‌اند که مصرف گوگرد تأثیری بر عملکرد ذرت و سویا ندارد.

5. Santvari et al.

6. Macdonald

7. Jarvan et al.

8. Rasheed et al.

9. Wani et al.

10. Togay et al.

11. Bharat and Poongothai

1. Bruce et al.

2. Cox and Julliff

3. Ridge

4. Hugh and Davis

پیدا کرده است ولی در شرایط تنش خشکی، استفاده از روی، تأثیری بر عملکرد نداشته است (وانگ و یین<sup>۸</sup>، ۲۰۰۷).

با توجه به اهمیت ذرت و افزایش سطح زیر کشت این محصول در کشور و همچنین محدودیت منابع آبی در ایران و اهمیت صرفه‌جویی در مصرف آب (کم آبیاری) این تحقیق با هدف ارزیابی اثرات کاربرد کودهای گوگرد و روی در کاهش تأثیر تنش خشکی بر عملکرد و اجزای عملکرد ذرت، اجرا گردید.

### مواد و روش‌ها

این تحقیق در سال زراعی ۱۳۸۸-۸۹ در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه کردستان انجام شد. بر اساس میانگین داده‌های هواشناسی (دوره ۱۲ ساله) میزان نزولات سالیانه در منطقه، ۴۹۲/۱ میلی‌متر در سال می‌باشد. به‌منظور اجرای آزمایش، کرت‌های آزمایشی به‌مساحت حدود ۱۸/۷۵ مترمربع در نظر گرفته شدند که شامل پنج خط کاشت به طول پنج متر، با فاصله خطوط ۷۵ سانتی‌متر و فاصله بذرها روی خطوط کاشت ۲۰ سانتی‌متر بودند. کشت در ۲۰ خرداد ماه ۱۳۸۹ به صورت کپه‌ای (سه عدد بذر) انجام گرفت و پس از استقرار کامل گیاه، بوته‌های اضافه تنک شدند. بذور مورد استفاده، از مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر کرج تهیه گردید. نتایج تجزیه خاک مزرعه محل انجام آزمایش در جدول (۱) آمده است.

این آزمایش به‌صورت اسپلیت پلات فاکتوریل در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با چهار تکرار اجرا شد. برای کشت در این آزمایش از ذرت دانه‌ای رقم سینگل کراس ۷۰۴ استفاده گردید. در این آزمایش سطوح آبیاری به‌عنوان فاکتور اصلی و مصرف کودهای گوگرد و روی به‌عنوان فاکتور فرعی در نظر گرفته شدند. فاکتور اصلی در سه سطح، اعمال گردید که عبارت بودند از: (۱) آبیاری کامل (بعد از آبیاری زمانی که پتانسیل آب و خاک به حدود ۲- بار رسید، آبیاری بعدی صورت گرفت)، (۲) تنش ملایم خشکی (بعد از آبیاری کامل، زمانی که پتانسیل آب و خاک به ۷- بار رسید آبیاری بعدی انجام گرفت) و (۳) تنش شدید خشکی (بعد از آبیاری کامل، زمانی که پتانسیل آب و خاک به ۱۲- بار رسید آبیاری بعدی صورت گرفت) بود و سطوح فاکتورهای کودی شامل: الف) کود گوگرد در دو سطح (۱- شاهد بدون کود، ۲- مصرف ۳۰ کیلوگرم گوگرد خالص به صورت خاکی در هکتار)، ب) کود روی

عناصر ریزمغذی نیز در تغذیه گیاه و تولید محصول آن نقش بسزایی دارند (عبدل هادی<sup>۱</sup>، ۲۰۰۷). تقریباً ۷۰ سال پیش، عنصر روی به‌عنوان یک عنصر اساسی برای رشد گیاه شناخته شده است و بعد از آن، مطالعه دیگری نشان داد که کمبود روی یک مشکل مهم تغذیه‌ای برای محصولات است (طاهیر<sup>۲</sup> و همکاران، ۲۰۰۹). روی یک عنصر کم مصرف است که کمبود آن مخصوصاً در خاک‌های مناطق خشک دنیا، به‌طور وسیعی مشاهده می‌گردد. حدود ۵۰ درصد از خاک‌های دنیا که در زراعت غلات مورد استفاده قرار می‌گیرد فاقد مقدار کافی روی برای مصرف گیاهان هستند (سانجای و سینگ<sup>۳</sup>، ۲۰۰۴). اثر کمبود روی و دیگر عناصر کم‌مصرف در خاک، در کاهش محصولات کشاورزی، مخصوصاً در غلاتی همچون ذرت، چشم‌گیر است. بی‌دلیل نیست که حدود ۴۰ درصد از مردم جهان که غذای اصلی آنها را غلات تشکیل می‌دهد (گندم، برنج و ذرت ۹۰ درصد غذای آنان را شامل می‌شود)، از کمبود عناصر ریزمغذی مخصوصاً روی (گرسنگی پنهان) رنج می‌برند (رفیعی و همکاران، ۱۳۸۳).

روی در اکثر فعالیت‌های گیاه مثل تشکیل هورمون‌ها، فعالیت‌های تنظیم آب و نشاسته در غلات، فتوسنتز، باروری و تولید بذر، سنتز سیتوکروم‌ها و نوکلئوتیدها، متابولیسم اکسین، تولید کلروفیل و فعالیت آنزیم‌ها شرکت دارد (ایچاوری<sup>۴</sup> و همکاران، ۲۰۰۸). مشارکت در ترکیب برخی آنزیم‌ها مثل دهیدروژناز، پروتئیناز، پپتیداز و فسفوهیدرولاز، سنتز پروتئین‌ها، متابولیسم DNA و RNA و دفاع در برابر بیماری‌ها از وظایف دیگر روی است (پراساد<sup>۵</sup>، ۱۹۸۴). همچنین روی علاوه بر شرکت در ساختار چندین آنزیم کلیدی، تنظیم‌کننده فعالیت کربنیک آنیدراز می‌باشد که در گیاهان تنظیم‌کننده تبدیل دی اکسیدکربن به گونه‌های فعال بیوکربنات، جهت تثبیت نشاسته است (ایچاوری و همکاران، ۲۰۰۸؛ ماتیوس نارانجو<sup>۶</sup> و همکاران، همکاران، ۲۰۰۸؛ طاهیر و همکاران، ۲۰۰۹). کاربرد کود روی در شرایط آبیاری کامل، نسبت به شرایط تنش خشکی اثر بیشتری بر افزایش عملکرد گیاه ذرت داشته است تا حدی که در شرایط تنش، تأثیری بر افزایش عملکرد نشان نداد (وانگ<sup>۷</sup> و همکاران، ۲۰۰۹). گزارش شده است که عملکرد برخی از محصولات زراعی مانند ذرت با کاربرد روی در شرایط آبیاری کافی افزایش

1. Abdl-hady
2. Tahir *et al.*
3. Sanjay and Singh
4. Echavarrri *et al.*
5. Prasad
6. Mateos Naranjo
7. Wang *et al.*

در دو سطح (۱- شاهد بدون کود، ۲- مصرف یک کیلوگرم کود روی به صورت محلول پاشی برگی) بودند که به صورت فاکتوریل در کرت‌های فرعی قرار گرفتند.

برای تعیین میزان رطوبت خاک مزرعه، ابتدا منحنی رطوبتی خاک توسط دستگاه Pressure Plate تعیین گردید و سپس با استفاده از روش وزنی، پتانسیل آب و خاک تعیین شد و زمان آبیاری تیمارهای شاهد و تحت تنش خشکی مشخص گردید (شکل ۱). جهت جلوگیری از اثرات سطوح آبیاری و کودها روی یکدیگر فاصله بین کرت‌ها و بلوک‌ها دو متر و فاصله بین کرت‌های فرعی (تیماری کودی) یک و نیم متر در نظر گرفته شد. زمان مصرف کودهای گوگرد و روی به این صورت بود که کود گوگرد قبل از کاشت با خاک دارای رطوبت کافی مخلوط گردید و محلول پاشی روی در مرحله شش برگی و چهارده برگی با غلظت ۲ در هزار انجام گرفت.

با توجه به اینکه هر واحد آزمایشی شامل پنج ردیف کاشت بود، نیم متر از حاشیه‌ها به عنوان اثر حاشیه‌ای، حذف شد و به منظور اندازه‌گیری عملکرد، چهار مترمربع از هر کرت آزمایشی در ۲۸ مهرماه برداشت شد. سپس بوته‌ها، خشک شده و عملکرد ماده خشک آنها بر حسب گرم در مترمربع تعیین گردید. از کل بلال‌های هر کرت به منظور اندازه‌گیری صفات تعداد بلال (بلال در مترمربع)، تعداد ردیف دانه در بلال، تعداد دانه در ردیف، تعداد دانه در بلال، وزن بلال (گرم)، وزن چوب بلال (گرم)، وزن دانه‌های هر بلال (گرم)، عملکرد دانه (گرم در مترمربع) اندازه‌گیری شد. برای اندازه‌گیری وزن هزار دانه، چهار نمونه ۵۰۰ تایی از بذره‌ای به دست آمده از هر کرت، استفاده گردید. شاخص برداشت نیز از نسبت عملکرد دانه به عملکرد ماده خشک به دست آمد.

تجزیه و تحلیل داده‌ها، بر اساس مدل آماری طرح مورد استفاده و به کمک نرم‌افزار آماری SAS انجام شد. مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد انجام گرفت. برای رسم نمودارها از نرم‌افزار Excel استفاده گردید.

## نتایج و بحث

### تعداد بلال در مترمربع

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر کود گوگرد و اثر توأم سطوح آبیاری و کود گوگرد بر صفت تعداد بلال در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار است (جدول ۲). مقایسه میانگین اثر توأم سطوح آبیاری و کود گوگرد بر تعداد بلال (جدول ۳)

نشان می‌دهد که آبیاری کامل و مصرف ۳۰ کیلوگرم گوگرد در هکتار در مقایسه با سایر تیمارها به طور معنی‌داری تعداد بلال در مترمربع را افزایش داد. به طوری که باعث افزایش ۶/۹۵ درصدی تعداد بلال نسبت به سایر تیمارها به استثنای تیمار تنش ملایم خشکی در کنار مصرف ۳۰ کیلوگرم گوگرد در هکتار، گردید. به نظر می‌رسد که افزایش تعداد بلال در تیمار آبیاری کامل و مصرف ۳۰ کیلوگرم گوگرد، در اثر کاهش pH خاک و افزایش جذب مواد مغذی از جمله فسفر و دیگر ریز مغذی‌ها در نتیجه مصرف کود گوگرد در خاک، حاصل شده باشد. تعداد بلال، صفتی است که کمتر تحت تأثیر نهاده‌ها قرار می‌گیرد. اما گوگرد با کاهش pH، موجب حلالیت فسفر و ریز مغذی‌ها در محلول خاک شده و گیاه توانایی جذب مواد مغذی بیشتری را خواهد داشت و با افزایش جذب مواد مغذی، مواد فتوسنتزی بیشتری تولید شده و گیاه مخازن بیشتری را می‌تواند تغذیه نماید و جوانه‌های بلال بیشتری را به بلال تبدیل کند (بهارات و یونگوتای، ۲۰۰۸).

### تعداد ردیف دانه در بلال

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثر توأم سطوح مختلف آبیاری و کود گوگرد بر صفت تعداد ردیف در بلال در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد (جدول ۲). مقایسه میانگین داده‌های سطوح مختلف آبیاری و کود گوگرد (جدول ۳) نشان می‌دهد که بیشترین تعداد ردیف دانه در بلال، مربوط به تیمار تنش ملایم خشکی و مصرف ۳۰ کیلوگرم کود گوگرد در هکتار می‌باشد و بعد از آن مصرف و عدم مصرف گوگرد در شرایط آبیاری کامل و همچنین مصرف گوگرد در شرایط تنش شدید خشکی باعث افزایش بیشتر تعداد ردیف دانه در بلال در مقایسه با سایر تیمارها شده است. گوگرد با فراهم کردن مواد مغذی و افزایش جذب این عناصر از خاک باعث افزایش تولید مواد فتوسنتزی در گیاه شده و تعداد ردیف را در بلال افزایش می‌دهد (کوچک زاده و همکاران، ۱۳۸۰). همچنین نتایج تجزیه واریانس داده‌ها حاکی از آن است که اثر توأم کود گوگرد و کود روی، صفت تعداد ردیف دانه در بلال را به طور معنی‌داری تحت تأثیر قرار داد (جدول ۲). مقایسه میانگین تیمارها نشان می‌دهد که تیمار مصرف ۳۰ کیلوگرم گوگرد و عدم مصرف روی، بیشترین تعداد ردیف دانه در بلال را با میانگین ۱۴/۷۶ و تیمار عدم مصرف گوگرد و روی، کمترین تعداد ردیف دانه در بلال را با میانگین ۱۳/۷۶ تولید کردند (شکل ۲A). مصرف کود روی به تنهایی باعث افزایش تعداد

ناشی از کمبود مواد پرورده است، تعداد دانه در ردیف بلال را کاهش می‌دهد. همچنین، نتایج تجزیه واریانس بیانگر آن است که اثر توأم سطوح آبیاری و کود روی نیز در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شده است (جدول ۲). مقایسه میانگین تیمارها نشان می‌دهد که بیشترین تعداد دانه در ردیف با میانگین ۴۴/۴، در تیمار آبیاری کامل و مصرف یک کیلوگرم روی و کمترین تعداد دانه در ردیف با میانگین ۲۶/۳۹ در تیمار تنش شدید خشکی و مصرف یک کیلوگرم روی به‌دست آمد (جدول ۴). این نتیجه نشان می‌دهد که در شرایط تنش شدید خشکی، کود روی نه‌تنها باعث کاهش اثرات تنش خشکی نشده است بلکه آن را افزایش داده است که به‌نظر می‌رسد در شرایط تنش شدید، محلول پاشی روی، باعث اختلال در کار روزنه‌ها، اختلال در فتوسنتز گیاه و تشدید اثرات تنش خشکی و در نهایت کاهش ۳۹/۴۳ درصدی تعداد دانه در ردیف شده است (بهارات و پونگوتای، ۲۰۰۸). نتایج نشان می‌دهد که اثر توأم کود گوگرد و کود روی نیز بر تعداد دانه در ردیف در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شده است (جدول ۲). مقایسات میانگین داده‌ها بیانگر آن است که تیمار شاهد (بدون مصرف کود) با میانگین ۳۰/۸۹، کمترین تعداد دانه در ردیف و تیمار مصرف ۳۰ کیلوگرم گوگرد و عدم مصرف روی با میانگین ۳۸/۷۱، بیشترین تعداد دانه در ردیف را داشتند (شکل ۲B). تعداد دانه در ردیف بلال، تحت تیمار مصرف گوگرد و روی با میانگین ۳۷/۵۵ نسبت به تیمار مصرف کود گوگرد و عدم مصرف کود روی، ۳ درصد کاهش داشته است (شکل ۲B). کود روی باعث کاهش فعالیت گوگرد در گیاه شده است و با کاهش اثر گوگرد در گیاه، جذب مواد مغذی توسط گیاه و به تبع آن، تعداد دانه در ردیف کاهش پیدا کرده است (رستگار و قاسم زاده گنجه ای، ۱۳۸۸).

ردیف دانه در بلال شده است اما مصرف کود روی همراه گوگرد باعث کاهش ۲/۷۱ درصدی تعداد ردیف دانه در بلال نسبت به مصرف کود گوگرد به‌تنهایی شده است (شکل ۲A). این نتیجه می‌تواند به دلیل کاهش جذب و مصرف گوگرد در گیاه در نتیجه محلول پاشی روی باشد. گزارش شده است که کود روی باعث کاهش فعالیت گوگرد در گیاه می‌شود (رستگار و قاسم زاده گنجه ای، ۱۳۸۸).

### تعداد دانه در ردیف

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان می‌دهد که اثر توأم سطوح مختلف آبیاری و کود گوگرد بر صفت تعداد دانه در ردیف در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار گردید (جدول ۲). مقایسه میانگین سطوح مختلف آبیاری و کود گوگرد (جدول ۳) نشان می‌دهد که بیشترین تعداد دانه در ردیف به گیاهان تحت تیمار آبیاری کامل و مصرف ۳۰ کیلوگرم کود گوگرد در هکتار تعلق داشت. با افزایش شدت تنش خشکی تعداد دانه در ردیف کاهش پیدا کرد. به‌طوری‌که کمترین تعداد دانه در ردیف در شرایط تنش شدید خشکی به‌دست آمد. مصرف کود گوگرد در سطوح مختلف آبیاری باعث افزایش و بهبود تعداد دانه در ردیف گردید. گوگرد در تشکیل کلروفیل، ویتامین‌های تیامین، بیوتین، فرودوکسین، گلوتامین و کوآنزیم آ دخالت داشته و باعث افزایش مقاومت گیاه به امراض و خشکی می‌شود (صالح و ملکوتی، ۱۳۸۴). علاوه بر این، گوگرد در خاک‌های آهکی باعث کاهش pH خاک می‌شود. بدین‌ترتیب حلالیت عناصری مثل فسفر، آهن، منگنز، روی و مس افزایش می‌یابد. از سوی دیگر اسیدی کردن خاک باعث افزایش فسفر قابل تبادل خاک می‌شود. در واقع تری‌فسفات کلسیم در اثر اسید سولفوریک، تبدیل به دی‌کلسیم‌فسفات و مونوکلسیم‌فسفات می‌شود که محلول تر هستند (کوچک‌زاده و همکاران، ۱۳۸۰). ساکی نژاد و بخشنده (۱۳۸۲) گزارش کردند تنش خشکی باعث کاهش عملکرد بیولوژیک، عملکرد دانه، شاخص برداشت، وزن هزار دانه و تعداد ردیف در بلال گردید. هدرلی<sup>۱</sup> و همکاران (۱۹۹۰) علت اصلی کاهش تعداد دانه در ردیف را کاهش طول و ضخامت بلال در اثر بروز خشکی دانسته‌اند. ستر<sup>۲</sup> و همکاران (۲۰۰۱) نشان دادند، بروز تنش خشکی در مرحله گرده افشانی، از طریق کاهش فتوسنتز برگ‌ها فرآیند دانه بندی در ذرت را تحت تأثیر قرار می‌دهد و به‌دلیل افزایش تولید دانه‌های گرده عقیم که

1. Heatherly et al.  
2. Setter et al.

جدول ۱: برخی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک مزرعه

Table 1: Some physical and chemical characteristics of farm soil

| بافت خاک<br>Soil texture | عمق<br>(cm) | EC<br>(ds/m) | pH  | نیتروژن<br>N<br>(%) | فسفر<br>P<br>(ppm) | پتاسیم<br>K<br>(ppm) | گوگرد<br>S<br>(ppm) | روی<br>Zn<br>(ppm) | آهن<br>Fe<br>(ppm) | مس<br>Cu<br>(ppm) |
|--------------------------|-------------|--------------|-----|---------------------|--------------------|----------------------|---------------------|--------------------|--------------------|-------------------|
| لومی شنی<br>sandy loam   | 0-30        | 0.6          | 7.9 | 0.21                | 5.14               | 82.95                | 8.3                 | 5.56               | 12.19              | 2.3               |

## تعداد دانه در بلال

اثر کود گوگرد بر تعداد دانه در بلال در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد (جدول ۲). به‌طوری‌که، بیشترین تعداد دانه در بلال با میانگین ۵۴۰/۶۰ در نتیجه مصرف کود گوگرد به دست آمد که نسبت به شرایط عدم مصرف این کود، افزایش ۱۱/۷۶ درصدی را نشان داد (شکل ۳). همچنین، نتایج نشان می‌دهد که اثر متقابل سطوح آبیاری و کود روی از نظر صفت تعداد دانه در بلال در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار گردید (جدول ۲). مقایسه میانگین داده‌ها بیانگر آن است که گیاهان تحت تیمار آبیاری کامل و مصرف روی با میانگین ۶۳۱/۸۳، بیشترین و گیاهان تیمار شده توسط کود روی و تحت شرایط تنش شدید خشکی، با میانگین ۳۲۷/۲۹، کمترین تعداد دانه در بلال را دارا بودند (جدول ۴). بنابراین، به‌طوری‌که مشاهده می‌شود تنش خشکی باعث کاهش تعداد دانه در بلال گردید. تنش خشکی در مرحله رویشی، متورم شدن دانه و مرحله پر شدن دانه، باعث کاهش جذب آب و مواد مغذی می‌شود. شاسلر و وست‌گیت<sup>۱</sup> (۱۹۹۱) گزارش کردند که تعداد دانه در بلال حساس‌ترین جزء عملکرد به کمبود آب است. تنش آب در زمان گلدهی می‌تواند به خروج کاکل‌ها از غلاف بلال صدمه زده و باعث خشکی آنها شود و در نتیجه تعداد دانه‌های تشکیل شده در بلال را کاهش دهد. کمبود آب در مرحله گلدهی باعث تأخیر در ظهور گل تاجی و ابریشم شده و منجر به افزایش فاصله بین ۵۰ درصد گرده‌افشانی و ۵۰ درصد ظهور کاکل می‌گردد و در نهایت موجب می‌شود انتشار و دریافت دانه گرده تقریباً یا کلاً انجام نشود. ابریشم‌های ظاهر شده، ممکن است در اثر کمبود آب و درجه حرارت بالا خشکیده شوند و در نتیجه، پذیرش دانه گرده و به دنبال آن جوانه‌زدن و رشد لوله گرده در کلاله و داخل تخمک‌ها تحت تأثیر قرار گرفته، باروری به‌خوبی صورت نگیرد و در نهایت تعداد دانه در بلال کاهش یابد (واسون<sup>۲</sup> و همکاران،

۲۰۰۰). مصرف کود روی در تیمارهای آبیاری کامل و تنش ملایم خشکی باعث افزایش تعداد دانه در بلال نسبت به عدم مصرف آن شد (جدول ۴). مصرف کود روی باعث افزایش فعالیت آنزیم و تولید پروتئین شده و در نهایت با اثر بر تولید بیشتر اسیمیلات‌ها (داده‌ها ارائه نشده)، باعث افزایش عملکرد دانه و تعداد دانه شده است. نتایج به دست آمده با تحقیقات موحدی دهنوی و مدرس ثانوی (۱۳۸۵) و همچنین زیانیان و رجایی<sup>۳</sup> (۲۰۰۹) هماهنگی دارد.

## وزن بلال

بررسی نتایج تجزیه واریانس صفت وزن بلال نشان داد بین سطوح کود گوگرد در سطح احتمال یک درصد، اختلاف معنی‌داری وجود داشت (جدول ۲). مقایسه میانگین داده‌های مربوط به اثر مصرف کود گوگرد بر وزن بلال نشان می‌دهد که مصرف گوگرد باعث افزایش ۲۸/۱۳ درصدی وزن بلال نسبت به شاهد بدون کود شده است (شکل ۴A). گوگرد برای تنظیم تعدادی از اعمال حیاتی گیاه از جمله ساختن اسیدهای آمینه-ای مانند سیستئین و متیونین که عوامل سازنده پروتئین می‌باشد و همچنین برای فعال کردن دیاستازهای که در تجزیه پروتئین مؤثر هستند و تشکیل گلوئیدهای چرب که در گیاهانی مانند پیاز و سیر یافت می‌شوند، مورد نیاز می‌باشد (رنگل<sup>۴</sup>، ۱۹۹۵). از طرف دیگر، مصرف گوگرد به‌صورت خاکی، به‌دلیل کاهش pH خاک، دسترسی گیاه به عناصر غذایی از جمله فسفر و عناصر میکرو را افزایش می‌دهد و افزایش حلالیت این عناصر و دسترسی بیشتر گیاه به این عناصر موجب تولید مواد فتوسنتزی بیشتر در گیاه شده و مواد فتوسنتزی بیشتری به سمت بلال جریان پیدا می‌کند و وزن بلال افزایش می‌یابد (کوچک زاده و همکاران، ۱۳۸۰). همچنین، تجزیه واریانس داده‌ها حاکی از آن بود که اثر متقابل سطوح مختلف آبیاری و کود روی بر صفت وزن بلال در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار گردید (جدول ۲). مقایسه میانگین داده‌ها حاکی از آن است که بیشترین وزن بلال در شرایط آبیاری کامل و عدم مصرف کود روی (با متوسط ۱۸۶/۸۵ گرم) و کمترین وزن بلال

3. Ziaeyan and Rajaie  
1. Rengel

1. Schussler and Westgate  
2. Wasson et al.

گرم در بلال و کمترین وزن دانه‌های بلال نیز به تیمار تنش شدید خشکی با میانگین ۶۶/۶۶ گرم در بلال تعلق داشت. این نتایج نشان می‌دهد که تنش شدید خشکی، ۵۸/۳ درصد وزن دانه‌های بلال را کاهش داد (شکل ۵A). تنش خشکی موجب کاهش سطح برگ، تسریع در پیری برگ‌ها، کاهش فتوسنتز و کاهش جذب عناصر معدنی توسط گیاه و همچنین کاهش طول دوره پر شدن دانه و در نتیجه کاهش مقدار و سرعت انتقال مواد فتوسنتزی به دانه‌ها می‌گردد که نهایتاً، کاهش میانگین وزن دانه‌ها و افت عملکرد را به دنبال دارد (وو/تر<sup>۲</sup> و همکاران، ۱۹۸۷). اثر کود گوگرد بر وزن دانه‌های بلال در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار گردید (جدول ۲). بیشترین وزن دانه‌های هر بلال، مربوط به مصرف ۳۰ کیلوگرم کود گوگرد با میانگین ۱۳۱/۳۴ گرم در هر بلال و کمترین وزن دانه‌های هر بلال نیز مربوط به تیمار عدم مصرف گوگرد با میانگین ۹۵/۸۴ گرم در هر بلال بود که نشان می‌دهد گوگرد باعث افزایش ۲۷ درصدی وزن دانه‌های هر بلال شد (شکل ۵B). استفاده از گوگرد یکی از روش‌های افزایش حلالیت عناصر تثبیت‌شده در خاک‌های قلیایی محسوب می‌شود (بشارتی و همکاران، ۱۳۸۵). کود گوگرد با کاهش pH خاک و افزایش جذب مواد مغذی از جمله فسفر و ریزمغذی‌ها، باعث تبدیل فرم تثبیت‌شده این عناصر به فرم قابل جذب می‌شود (کوچک‌زاده و همکاران، ۱۳۸۰) و گیاه با افزایش جذب مواد غذایی، عملکرد و وزن دانه بیشتری را خواهد داشت. در این آزمایش نیز به دلیل افزایش جذب مواد مغذی و تولید مواد فتوسنتزی بیشتر در نتیجه مصرف گوگرد، دانه‌ها به عنوان مقصد قوی مواد فتوسنتزی دارای وزن بیشتری گردیده‌اند.

### وزن هزار دانه

اثر سطوح آبیاری در سطح احتمال پنج درصد و کود گوگرد و کود روی در سطح احتمال یک درصد بر وزن هزار دانه معنی‌دار شد (جدول ۲). بیشترین و کمترین وزن هزار دانه به ترتیب به تیمار آبیاری کامل با میانگین ۲۵۷/۴۰ و تیمار تنش خشکی شدید با میانگین ۱۸۸/۲۳ گرم مربوط بود (شکل ۶A). با بروز تنش خشکی، وزن هزار دانه کاهش پیدا کرد و این کاهش در تیمار تنش شدید خشکی نسبت به آبیاری کامل کاملاً معنی‌دار بود. در حقیقت، وزن هزار دانه به دلیل کاهش جذب عناصر غذایی از خاک، کاهش سطح برگ، کاهش فتوسنتز و در نتیجه، کمبود ذخایر غذایی در منابع ثانویه، کاهش یافت. پژوهش‌های متعددی نشان داده است که تنش خشکی از طریق کاهش سطح برگ‌ها و اختلال در روند جذب و انتقال عناصر غذایی، عرضه مواد پروده را کاهش داده و موجب تغییر در اجزای عملکرد، کاهش وزن هزار دانه و کاهش عملکرد

در شرایط تنش شدید خشکی و مصرف کود روی (با متوسط ۷۱/۳۱ گرم) حاصل شد (جدول ۴). نتایج نشان داد که وزن بلال تحت تأثیر محلول‌پاشی روی قرار نگرفت. در حالت کلی با کاهش میزان آبیاری و شدت گرفتن تنش خشکی وزن بلال به طور قابل توجهی کاهش یافت. سپهری و همکاران (۱۳۸۱) در بررسی اثر تنش‌های رطوبتی بر صفات مختلف ذرت از جمله تغییرات وزن بلال به نتایج مشابهی اشاره کرده‌اند.

### وزن چوب بلال

بررسی نتایج تجزیه واریانس صفت وزن چوب بلال نشان داد که سطوح مختلف کود گوگرد در سطح احتمال یک درصد، تأثیر معنی‌داری بر وزن چوب بلال دارد (جدول ۲). با توجه به مقایسه میانگین داده‌های مربوط به سطوح کاربرد کود گوگرد، مشاهده شد تیمار مصرف گوگرد با میانگین ۲۰/۳۸ گرم، بیشترین و تیمار عدم مصرف گوگرد با میانگین ۱۷/۱۳ گرم کمترین وزن چوب بلال را به خود اختصاص دادند (شکل ۴B)، که می‌تواند به دلیل کاهش pH خاک در نتیجه مصرف گوگرد و افزایش قابلیت دسترسی گیاه به عناصر غذایی خاک بوده باشد (کوچک‌زاده و همکاران، ۱۳۸۰). اثر توأم سطوح مختلف آبیاری و کود روی نیز، وزن چوب بلال را به طور معنی‌داری در سطح احتمال پنج درصد تحت تأثیر قرار داد (جدول ۲). نتایج حاصل از مقایسه میانگین داده‌ها حاکی از آن است که تیمار تنش شدید خشکی در شرایط مصرف یا عدم مصرف کود روی در مقایسه با شاهد (آبیاری کامل و عدم مصرف روی) وزن چوب بلال را به طور معنی‌داری کاهش داد (جدول ۴). ویلیامز<sup>۱</sup> (۲۰۰۲) طی بررسی‌های خود در مورد اثرات تنش‌های مختلف رطوبتی بر اجزای عملکرد ذرت، تغییرات مشابهی را در وزن چوب بلال گزارش کرد. نتایج نشان می‌دهد که مصرف کود روی، تنها در شرایط تنش ملایم خشکی باعث کاهش اثرات تنش خشکی بر وزن چوب بلال شد و در شرایط تنش شدید خشکی اثر معنی‌داری نشان نداد. به نظر می‌رسد که در شرایط تنش ملایم خشکی، گیاه با مصرف کود روی و افزایش فعالیت آنزیم‌هایی از جمله فسفاتازها، الکل دی‌هیدروژناز، دیمیدین کیناز، کربوکسی‌پپتیداز، DNA و RNA پلیمراز توانسته مواد فتوسنتزی بیشتری را تولید کند و در نتیجه آن وزن چوب بلال افزایش یابد (پرساد، ۱۹۸۴).

### وزن دانه‌های هر بلال

سطوح مختلف آبیاری، وزن دانه‌های هر بلال را به طور معنی‌داری در سطح احتمال پنج درصد تحت تأثیر قرار دادند (جدول ۲). مقایسه میانگین داده‌ها نشان می‌دهد که بیشترین وزن دانه‌های بلال به تیمار آبیاری کامل با میانگین ۱۵۹/۶۸

تأثیر کاربرد کودهای گوگرد و روی بر عملکرد و اجزای عملکرد...

دانه می‌شود. فردریک<sup>۱</sup> و همکاران (1990) اعلام نمودند که بیشترین اثر تنش خشکی بر وزن هزار دانه، در طی پر شدن دانه دیده می‌شود. وقتی که گیاه در معرض تنش خشکی قرار می‌گیرد، برای این که از اثرات تنش خشکی فرار کند اقدام به کوتاه کردن چرخه زندگی خود می‌کند، بنابراین به دلیل کوتاه‌تر شدن طول دوره پر شدن دانه، وزن نهایی دانه‌ها کم می‌شود. کاکیر<sup>۲</sup> (2004) و آسبورن<sup>۳</sup> و همکاران (2002) نیز کاهش معنی‌دار وزن دانه‌ها را در اثر تنش کمبود آب گزارش کرده‌اند. مقایسه میانگین اثر سطوح کاربرد کود گوگرد بر وزن هزار دانه نشان می‌دهد که مصرف گوگرد با میانگین ۲۴۷/۶۱ گرم، باعث افزایش ۱۳/۴ درصدی وزن هزار دانه در مقایسه با عدم مصرف آن گردیده است (شکل ۶B). پونیا<sup>۴</sup> (2000) گزارش کرد که گوگرد به دلیل فراهم کردن شرایط اسیدی در خاک و افزایش جذب مواد مغذی توسط گیاه آفتابگردان، باعث افزایش معنی دار در وزن خشک، ارتفاع گیاه، قطر طبق و تعداد و وزن دانه‌ها می‌شود. مقایسه میانگین سطوح کود روی بر وزن هزار دانه نشان می‌دهد که مصرف روی (۲۴۲/۶۴ گرم) در مقایسه با تیمار عدم مصرف کود روی (۲۱۹/۴۲ گرم) وزن هزار دانه را ۹/۵ درصد افزایش داد (شکل ۶C). افزایش وزن هزار دانه می‌تواند به دلیل افزایش مواد فتوسنتزی وارد شده به دانه و در نتیجه، افزایش مقدار کل نشاسته و پروتئین دانه، تحت تأثیر مصرف روی باشد (لوپز پریرا<sup>۵</sup> و همکاران، 1999).

### عملکرد دانه

بررسی نتایج تجزیه واریانس داده‌ها بیانگر آن است که اثر متقابل سطوح مختلف آبیاری و کود گوگرد به‌طور معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد عملکرد دانه را تحت تأثیر قرار داد (جدول ۲). حداکثر عملکرد دانه به میزان ۱۳۰۵/۲۱ گرم در مترمربع در شرایط آبیاری کامل و مصرف کود گوگرد و حداقل آن به میزان ۳۶۰/۷۲ گرم در مترمربع در شرایط تنش شدید خشکی توأم با عدم مصرف گوگرد حاصل گردید (جدول ۳). کاهش عملکرد در تیمار تنش شدید را می‌توان به کاهش تعداد دانه در بلال و وزن هزار دانه نسبت داد. دلیل کاهش تعداد دانه در بلال ممکن است به علت کاهش تعداد سلول‌های آندوسپرمی تولید شده در مرحله پر شدن دانه باشد. زیرا که بیشترین اثر تنش خشکی روی وزن دانه، در مدت پر شدن دانه می‌باشد و تنش‌هایی که بعد از کاکل‌دهی به وقوع می‌پیوندند باعث کوچک شدن دانه‌ها می‌شود. از طرف دیگر عدم نمو دانه پس از گرده

افشانی و باروری را می‌توان از دلایل کاهش عملکرد دانه ذکر کرد. ساکی نژاد و بخشنده (۱۳۸۸) نیز گزارش کردند تنش خشکی باعث کاهش عملکرد بیولوژیک، عملکرد دانه، شاخص برداشت، وزن هزار دانه و تعداد ردیف در بلال گردید. افزایش عملکرد دانه در اثر متقابل سطوح آبیاری و کود گوگرد به دلیل افزایش تعداد ردیف و تعداد دانه در ردیف بلال بوده است. نتایج این تحقیق با نتایج گزارش شده توسط سپهری و همکاران (۱۳۸۱) مطابقت دارد. همچنین نتایج، حاکی از آن بود که مصرف گوگرد در شرایط تنش شدید خشکی باعث افزایش ۵/۳۸ درصدی عملکرد دانه در مقایسه با شرایط عدم مصرف آن گردیده است (جدول ۳). این افزایش عملکرد حاصل از مصرف گوگرد به دلیل افزایش تعداد ردیف در بلال، تعداد دانه در ردیف و وزن هزار دانه بوده است که آن هم با جذب مواد مغذی بیشتر در نتیجه مصرف گوگرد و قوی بودن بلال به‌عنوان مقصد اصلی مواد فتوسنتزی می‌تواند در ارتباط باشد.

1. Ferdrick *et al.*
2. Cakir
3. Osborne
4. Poonia
5. López Pereira *et al.*

جدول ۲: تجزیه واریانس مقادیر صفات تعداد بلال در مترمربع، تعداد ردیف دانه در بلال، تعداد دانه در ردیف، تعداد دانه در بلال، وزن بلال، وزن چوب بلال، وزن دانه‌های هر بلال، وزن هزار دانه، عملکرد

دانه، عملکرد ماده خشک و شاخص برداشت ذرت در شرایط کاربرد کود گوگرد و روی، تحت سطوح مختلف آبیاری

Table 2: Analysis of Variance for number of ears m<sup>-2</sup>, number of grain row per ear, number of grains per row, number of grains per ear, ear weight, weight of ear cob, grains weight per ear, seed thousand weight, grain yield, dry matter yield and harvest index of corn under application of sulfur and zinc fertilizers and different levels of irrigation

| MS                                                             |      |                                |                             |                          |                        |                      |                        |                        |                          |                          |                      |
|----------------------------------------------------------------|------|--------------------------------|-----------------------------|--------------------------|------------------------|----------------------|------------------------|------------------------|--------------------------|--------------------------|----------------------|
| منابع تغییر                                                    | درجه | تعداد بلال                     | تعداد ردیف دانه             | تعداد دانه در            | وزن                    | وزن چوب              | وزن دانه های           | وزن هزار دانه          | عملکرد دانه              | عملکرد ماده              | شاخص برداشت          |
| Source of variation                                            | df   | number of ears m <sup>-2</sup> | number of grain row per ear | number of grains per row | ear weight             | weight of ear cob    | grains weight per ear  | seed thousand weight   | grain yield              | dry matter yield         | harvest index        |
| تکرار<br>Block                                                 | 3    | 0.08 <sup>n.s</sup>            | 0.11 <sup>n.s</sup>         | 1.44 <sup>n.s</sup>      | 47.4314 <sup>n.s</sup> | 57.05 <sup>n.s</sup> | 2253.60 <sup>n.s</sup> | 210.78 <sup>n.s</sup>  | 158138.27 <sup>n.s</sup> | 566396.14 <sup>n.s</sup> | 5.44 <sup>n.s</sup>  |
| سطوح آبیاری<br>Irrigation levels                               | 2    | 0.31 <sup>n.s</sup>            | 1.21 <sup>**</sup>          | 1174.14 <sup>**</sup>    | 43979.18 <sup>*</sup>  | 443.56 <sup>*</sup>  | 34617.73 <sup>*</sup>  | 22379.15 <sup>*</sup>  | 1680312 <sup>*</sup>     | 3831190.74 <sup>**</sup> | 629.32 <sup>*</sup>  |
| خطای a<br>Error (a)                                            | 6    | 0.09                           | 0.15                        | 0.53                     | 4968.21                | 59.99                | 3693.28                | 5430.47                | 204787.53                | 297462.71                | 155.13               |
| کود گوگرد<br>Sulfur fertilizer                                 | 1    | 0.57 <sup>**</sup>             | 0.09 <sup>n.s</sup>         | 438.24 <sup>**</sup>     | 22077.61 <sup>**</sup> | 126.46 <sup>**</sup> | 15124.29 <sup>**</sup> | 13193.93 <sup>**</sup> | 818633.8 <sup>**</sup>   | 1982833.09 <sup>**</sup> | 277.82 <sup>**</sup> |
| کود روی<br>Zinc fertilizer                                     | 1    | 0.04 <sup>n.s</sup>            | 0.03 <sup>n.s</sup>         | 4.57 <sup>**</sup>       | 61.23 <sup>n.s</sup>   | 5.08 <sup>n.s</sup>  | 393.60 <sup>n.s</sup>  | 6469.74 <sup>**</sup>  | 5329.44 <sup>n.s</sup>   | 364.74 <sup>n.s</sup>    | 31.30 <sup>n.s</sup> |
| سطوح آبیاری × گوگرد<br>Irrigation levels × Sulfur              | 2    | 0.32 <sup>**</sup>             | 0.59 <sup>**</sup>          | 8.94 <sup>**</sup>       | 914.34 <sup>n.s</sup>  | 9.90 <sup>n.s</sup>  | 1254.35 <sup>n.s</sup> | 849.78 <sup>n.s</sup>  | 91100.60 <sup>**</sup>   | 250940.30 <sup>**</sup>  | 14.89 <sup>n.s</sup> |
| سطوح آبیاری × روی<br>Irrigation levels × Zinc                  | 2    | 0.01 <sup>n.s</sup>            | 0.13 <sup>n.s</sup>         | 9.14 <sup>**</sup>       | 985.25 <sup>*</sup>    | 19.36 <sup>*</sup>   | 69.40 <sup>n.s</sup>   | 1038.35 <sup>n.s</sup> | 9363.64 <sup>n.s</sup>   | 28432.20 <sup>n.s</sup>  | 21.64 <sup>n.s</sup> |
| گوگرد × روی<br>Sulfur × Zinc                                   | 1    | 0.04 <sup>n.s</sup>            | 1.55 <sup>**</sup>          | 37.89 <sup>**</sup>      | 883.80 <sup>n.s</sup>  | 34.86 <sup>n.s</sup> | 93.28 <sup>n.s</sup>   | 263.76 <sup>n.s</sup>  | 5155.04 <sup>n.s</sup>   | 56297.82 <sup>n.s</sup>  | 1.27 <sup>n.s</sup>  |
| سطوح آبیاری × گوگرد × روی<br>Irrigation levels × Sulfur × Zinc | 2    | 0.01 <sup>n.s</sup>            | 0.05 <sup>n.s</sup>         | 0.06 <sup>n.s</sup>      | 374.26 <sup>n.s</sup>  | 3.32 <sup>n.s</sup>  | 146.03 <sup>n.s</sup>  | 192.06 <sup>n.s</sup>  | 371.10 <sup>n.s</sup>    | 7964.65 <sup>n.s</sup>   | 0.16 <sup>n.s</sup>  |
| خطای b<br>Error (b)                                            | 27   | 0.05                           | 0.10                        | 0.31                     | 285.91                 | 4.75                 | 379.53                 | 795.57                 | 21949.81                 | 36336.48                 | 19.70                |
| CV                                                             |      | 3.4                            | 2.2                         | 1.58                     | 12.90                  | 11.62                | 17.15                  | 12.20                  | 19.55                    | 12.08                    | 9.70                 |

n.s, \* and \*\* significant at P < 0.05 and P < 0.01, respectively

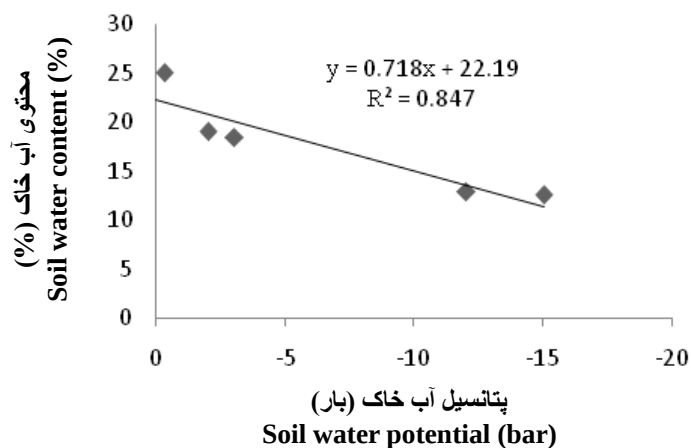
n.s, \* و \*\* به ترتیب غیرمعنی دار و معنی دار در سطح احتمال ۰.۵٪ و ۰.۱٪

جدول ۳: مقایسه میانگین اثرات متقابل سطوح آبیاری و کود گوگرد بر صفات مورد بررسی

Table 3: Statistical comparison of means for interaction effect between irrigation levels and sulfur fertilizer on studied characteristics

| عملکرد ماده خشک (g/m <sup>2</sup> )<br>dry matter yield | عملکرد دانه (g/m <sup>2</sup> )<br>grain yield | تعداد دانه در ردیف<br>number of grain per row | تعداد ردیف دانه در بلال<br>number of grain row per ear | تعداد بلال در مترمربع<br>number of ears m <sup>-2</sup> | کود گوگرد<br>sulfur fertilizer            | سطوح آبیاری<br>irrigation levels                    |
|---------------------------------------------------------|------------------------------------------------|-----------------------------------------------|--------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------|-------------------------------------------|-----------------------------------------------------|
| 1734.07 <sup>b</sup>                                    | 870.70 <sup>b</sup>                            | 40.24 <sup>b</sup>                            | 14.23 <sup>b</sup>                                     | 6.7 <sup>c</sup>                                        | عدم مصرف<br>non consumption               | آبیاری کامل<br>۲- بار<br>normal irrigation          |
| 2426.05 <sup>a</sup>                                    | 1305.21 <sup>a</sup>                           | 47.73 <sup>a</sup>                            | 14.52 <sup>b</sup>                                     | 7.2 <sup>a</sup>                                        | مصرف (30 kg/ha)<br>consumption (30 kg/ha) | -2 bar                                              |
| 1400.13 <sup>c</sup>                                    | 650.72 <sup>c</sup>                            | 31.29 <sup>d</sup>                            | 13.83 <sup>c</sup>                                     | 6.7 <sup>c</sup>                                        | عدم مصرف<br>non consumption               | تنش ملایم خشکی<br>۷- بار<br>moderate drought stress |
| 1704.01 <sup>b</sup>                                    | 840.89 <sup>b</sup>                            | 37.51 <sup>c</sup>                            | 14.86 <sup>a</sup>                                     | 6.8 <sup>b</sup>                                        | مصرف (30 kg/ha)<br>consumption (30 kg/ha) | -7 bar                                              |
| 990.62 <sup>d</sup>                                     | 360.72 <sup>d</sup>                            | 24.63 <sup>f</sup>                            | 13.47 <sup>d</sup>                                     | 6.7 <sup>c</sup>                                        | عدم مصرف<br>non consumption               | تنش شدید خشکی<br>۱۲- بار<br>severe drought stress   |
| 1214.25 <sup>c</sup>                                    | 519.61 <sup>c</sup>                            | 29.15 <sup>e</sup>                            | 14.30 <sup>b</sup>                                     | 6.7 <sup>c</sup>                                        | مصرف (30 kg/ha)<br>consumption (30 kg/ha) | -12 bar                                             |

میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک در هر ستون، فاقد اختلاف آماری معنی دار در سطح ۵٪ می‌باشند

Means with one common letter in each column have no significant difference ( $P \leq 0.05$ )

شکل ۱: منحنی رطوبتی خاک مزرعه مورد آزمایش

Fig 1: Soil moisture curve of experimental farm

جدول ۴: مقایسه میانگین اثرات متقابل سطوح آبیاری و کود روی بر صفات مورد بررسی

Table 4: Statistical comparison of means for interaction effect between irrigation levels and zinc fertilizer on studied characteristics

| وزن چوب بلال (g)<br>weight of ear cob | وزن بلال (g)<br>weight of ear | تعداد دانه<br>در بلال<br>number of<br>grain per ear | تعداد دانه<br>در ردیف<br>number of<br>grain per row | کود روی<br>zinc fertilizer                 | سطوح آبیاری<br>irrigation levels  |
|---------------------------------------|-------------------------------|-----------------------------------------------------|-----------------------------------------------------|--------------------------------------------|-----------------------------------|
| 24.48 <sup>a</sup>                    | 186.85 <sup>a</sup>           | 621.23 <sup>a</sup>                                 | 43.57 <sup>b</sup>                                  | عدم مصرف<br>non<br>consumption             | آبیاری کامل<br>۲- بار             |
| 24.46 <sup>a</sup>                    | 181.73 <sup>a</sup>           | 631.83 <sup>a</sup>                                 | 44.40 <sup>a</sup>                                  | مصرف (1 kg/ha)<br>consumption<br>(1 kg/ha) | normal irrigation<br>-2 bar       |
| 16.14 <sup>c</sup>                    | 121.98 <sup>b</sup>           | 455.60 <sup>c</sup>                                 | 33.44 <sup>d</sup>                                  | عدم مصرف<br>non<br>consumption             | تنش ملایم خشکی<br>۷- بار          |
| 19.25 <sup>b</sup>                    | 136.65 <sup>b</sup>           | 520.71 <sup>b</sup>                                 | 35.45 <sup>e</sup>                                  | مصرف (1 kg/ha)<br>consumption<br>(1 kg/ha) | moderate drought stress<br>-7 bar |
| 14.67 <sup>c</sup>                    | 87.64 <sup>c</sup>            | 398.92 <sup>c</sup>                                 | 27.38 <sup>e</sup>                                  | عدم مصرف<br>non<br>consumption             | تنش شدید خشکی<br>۱۲- بار          |
| 13.54 <sup>c</sup>                    | 71.31 <sup>c</sup>            | 327.29 <sup>d</sup>                                 | 26.39 <sup>f</sup>                                  | مصرف (1 kg/ha)<br>consumption<br>(1 kg/ha) | severe drought stress<br>-12 bar  |

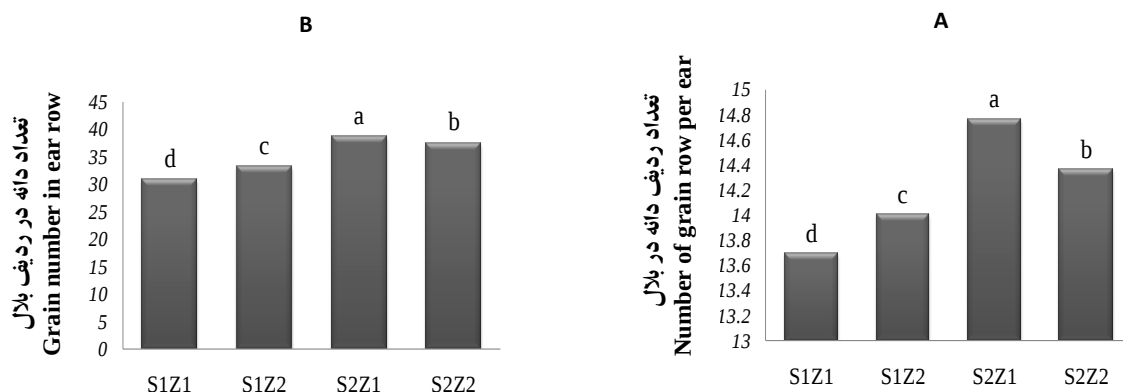
میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک در هر ستون، فاقد اختلاف آماری معنی دار در سطح ۵٪ می‌باشند

Means with one common letter in each column have no significant difference ( $P \leq 0.05$ )

#### عملکرد ماده خشک

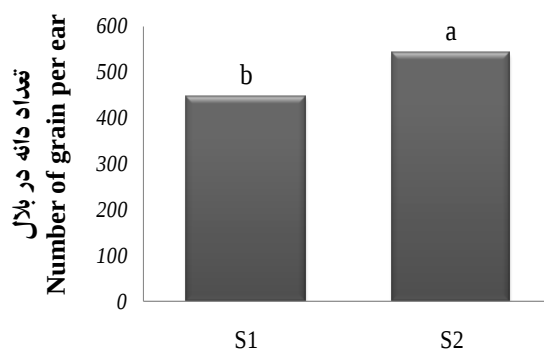
اثر متقابل سطوح مختلف آبیاری و کود گوگرد بر عملکرد ماده خشک گیاه ذرت در سطح احتمال یک درصد، معنی‌دار گردید (جدول ۲). تیمار آبیاری کامل و مصرف کود گوگرد با میانگین ۲۴۲۶/۰۵ گرم در مترمربع و تیمار تنش شدید خشکی توأم با عدم مصرف کود گوگرد با میانگین ۹۹۰/۶۲ گرم در مترمربع به ترتیب بیشترین و کمترین عملکرد ماده خشک را به خود اختصاص دادند (جدول ۳). افزایش بیوماس گیاهان در شرایط آبیاری کامل و مصرف کود گوگرد به دلیل گسترش بیشتر و تداوم بهتر سطح برگ بود که موجب ایجاد منبع

فیزیولوژیکی قوی و کافی جهت استفاده هرچه بیشتر از نور دریافتی و تولید مناسب ماده خشک گردید. آسپورن و همکاران (۲۰۰۲) بیان نمودند که تنش خشکی، منجر به کوچک شدن برگ‌ها گردیده و شاخص سطح برگ و میزان جذب نور توسط گیاه را در دوره رسیدن محصول کاهش داد. در تنش شدید، روزنه‌ها بسته شده و این امر جذب دی‌اکسیدکربن و تولید ماده خشک را کاهش داد و تداوم تنش کاهش شدید میزان فتوسنتز را به دنبال داشت. نتایج این آزمایش با یافته‌های شیرینی (۱۳۷۹) مطابقت دارد.



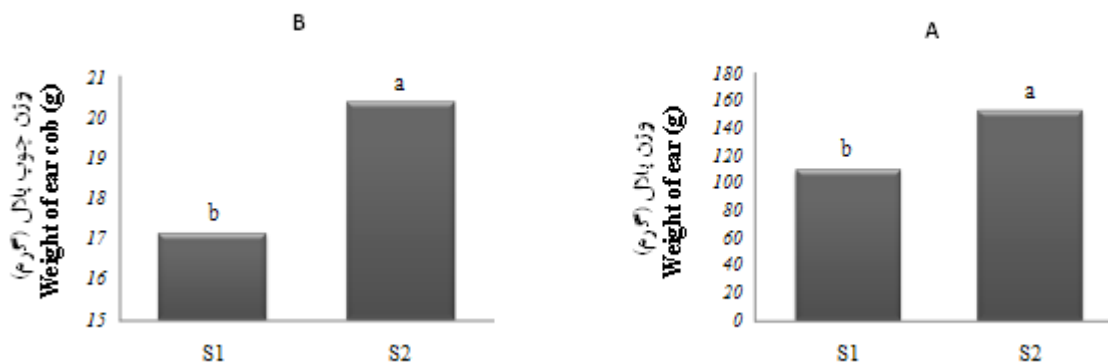
شکل ۲: مقایسه میانگین اثر متقابل کود گوگرد (S1: عدم مصرف گوگرد و S2: مصرف ۳۰ کیلوگرم گوگرد) و کود روی (Z1: عدم مصرف روی و Z2: مصرف یک کیلوگرم روی)، بر تعداد ردیف دانه در بلال (A) و تعداد دانه در ردیف بلال ذرت (B)

Fig 2: Means comparison of sulfur fertilizer (S1: non-consumption of sulfur and S2: consume 30 kg of sulfur) and zinc fertilizer (Z1: non-consumption and Z2: consume 1 kg of zinc) interaction on the number of grain row per ear (A) and grain number in row of corn ear (B)



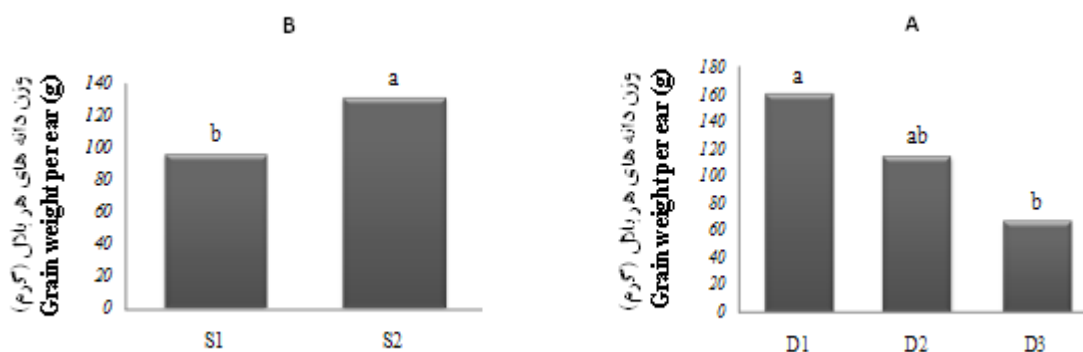
شکل ۳: مقایسه میانگین اثر کود گوگرد (S1: عدم مصرف گوگرد، S2: مصرف ۳۰ کیلوگرم گوگرد) بر تعداد دانه در بلال ذرت

Fig 3: Means comparison for the effect of sulfur fertilizer (S1: non-consumption of sulfur and S2: consume 30 kg of sulfur) on grain number per corn ear



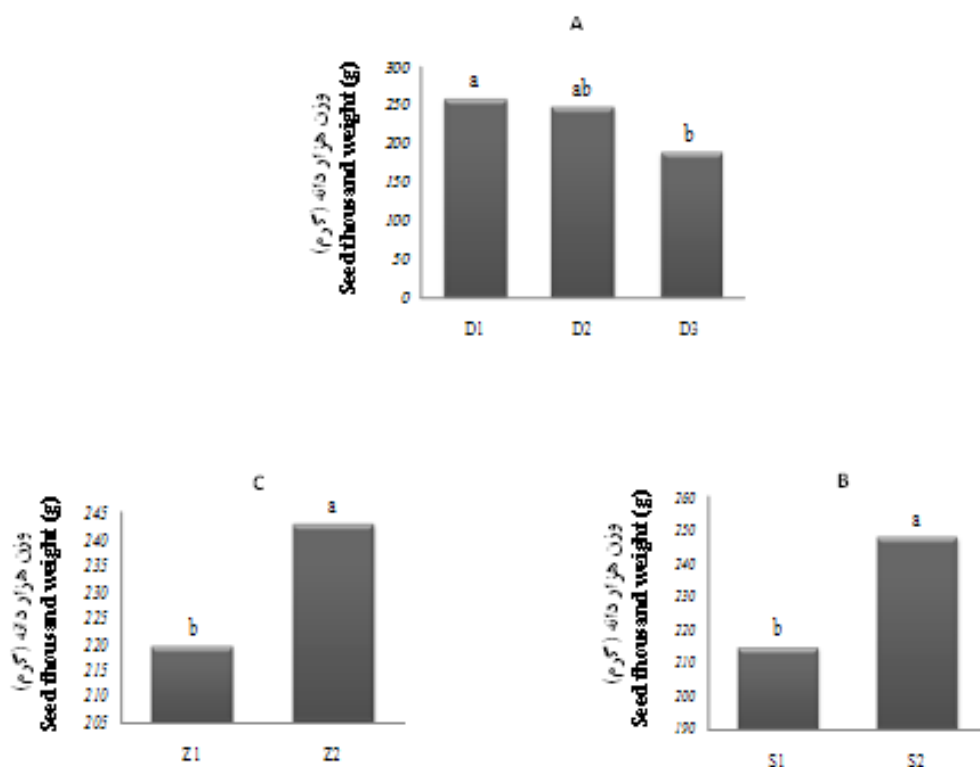
شکل ۴: مقایسه میانگین اثر کود گوگرد (S1: عدم مصرف گوگرد، S2: مصرف ۳۰ کیلوگرم گوگرد) بر وزن بلال (A) و وزن چوب بلال ذرت (B)

Fig 4: Means comparison for the effect of sulfur fertilizer (S1: non-consumption of sulfur and S2: consume 30 kg of sulfur) on ear weight (A) and ear cob weight of corn (B)



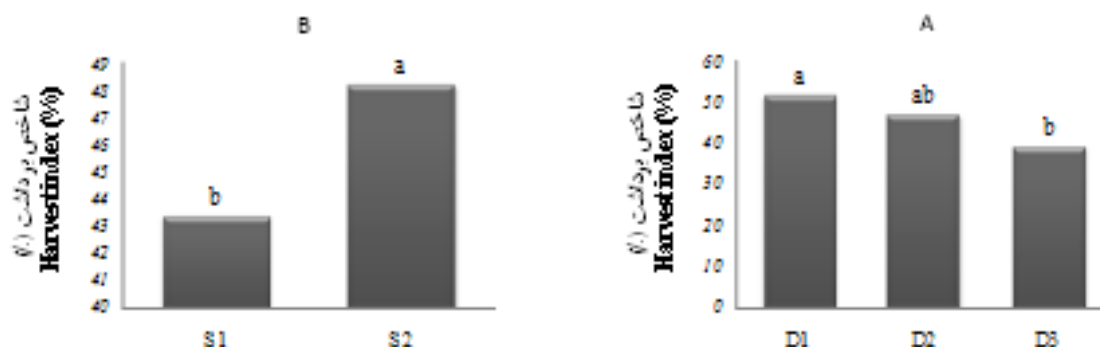
شکل ۵: مقایسه میانگین اثرات سطوح آبیاری (D1: آبیاری کامل، D2: آبیاری در ۷- بار و D3: آبیاری در ۱۲- بار) (A) و کود گوگرد (S1: عدم مصرف گوگرد، S2: مصرف ۳۰ کیلوگرم گوگرد) (B) بر وزن دانه‌های هر بلال ذرت

Fig 5: Means comparison of the effects of irrigation levels (D1: full irrigation, D2: irrigation in -7 bar and D3: irrigation in the -12 bar) (A) and sulfur fertilizer (S1: non-consumption of sulfur and S2: consume 30 kg of sulfur) (B) on grain weight per ear of corn



شکل ۶: مقایسه میانگین اثرات سطوح آبیاری (D1: آبیاری کامل، D2: آبیاری در ۷- بار و D3: آبیاری در ۱۲- بار) (A)، کود گوگرد (S1: عدم مصرف گوگرد، S2: مصرف ۳۰ کیلوگرم گوگرد) (B) و کود روی (Z1: عدم مصرف روی، Z2: مصرف یک کیلوگرم روی) (C) بر وزن هزار دانه ذرت

Fig 6: Comparison of means for effects of irrigation levels (D1: full irrigation, D2: irrigation in -7 bar and D3: irrigation in the -12 bar) (A), sulfur fertilizer (S1: non-consumption of sulfur and S2: consume 30 kg of sulfur) (B) and zinc fertilizer (Z1: non-consumption and Z2: consume 1 kg of zinc) (C) on seed thousand weight of corn



شکل ۷: مقایسه میانگین اثر سطوح آبیاری (D1: آبیاری کامل، D2: آبیاری در ۷- بار و D3: آبیاری در ۱۲- بار) (A) و کود گوگرد (S1: عدم مصرف گوگرد، S2: مصرف ۳۰ کیلوگرم گوگرد) (B) بر شاخص برداشت ذرت

Fig 7: Comparison of means for effects of irrigation levels (D1: full irrigation, D2: irrigation in -7 bar and D3: irrigation in the -12 bar) (A) and sulfur fertilizer (S1: non-consumption of sulfur and S2: consume 30 kg of sulfur) (B) on harvest index of corn

## نتیجه گیری

به طور کلی، نتایج این تحقیق نشان داد هم در شرایط مطلوب آبیاری و هم در شرایط تنش خشکی، کود گوگرد باعث افزایش مقادیر صفات مرتبط با عملکرد ذرت گردید. مصرف گوگرد در خاک از طریق افزایش قابلیت جذب عناصر غذایی باعث افزایش بیشتر جذب و انتقال مواد مغذی به گیاه گردید و صدمات تنش شدید خشکی را کاهش داد. از نتایج چنین استنباط می شود که مصرف کود گوگرد در شرایط کمبود آب تا حدودی می تواند از شدت تنش بکاهد و باعث بهبود عملکرد دانه ذرت گردد. بنابراین، احتمالاً می تواند به عنوان یک راهکار در کاهش اثرات تنش خشکی در مناطقی که با کمبود آب مواجه هستند مورد استفاده قرار گیرد تا از این طریق بتوان بخشی از کاهش عملکرد ناشی از خشکی را جبران نمود و به این ترتیب می توان با صرفه جویی و کاهش مصرف آب در واحد سطح از طریق کم آبیاری، مساحت بیشتری از اراضی زراعی را زیر کشت برد. مصرف کود روی در کاهش اثرات تنش شدید خشکی اثر کمتری نسبت به گوگرد داشت.

## شاخص برداشت

تأثیر سطوح آبیاری و کود گوگرد بر شاخص برداشت به ترتیب در سطح احتمال پنج درصد و یک درصد، معنی دار شد (جدول ۲). بروز تنش خشکی باعث کاهش شاخص برداشت شد به طوری که کمترین شاخص برداشت در شرایط تنش شدید خشکی مشاهده گردید (شکل ۷A). در این تحقیق، تنش ناشی از کمبود آب، عملکرد دانه را به میزان بیشتری نسبت به عملکرد بیولوژیک کاهش داد که در نتیجه آن شاخص برداشت به طور معنی داری کاهش یافت. این یافته با نتایج پندی<sup>۱</sup> و همکاران (2000) مبنی بر حساسیت بیشتر رشد زایشی نسبت به شرایط نامطلوب در مقایسه با رشد رویشی مطابقت دارد. ستر (1990) اظهار داشت که کمبود آب از جمله عوامل محدودکننده رشد و نمو گیاه می باشد که علاوه بر کاهش مادهی خشک تولیدی، موجب اختلال در تسهیم کربوهیدرات ها به دانه و در نتیجه کاهش شاخص برداشت می شود. مقایسه میانگین اثر سطوح کود گوگرد نشان می دهد که مصرف کود گوگرد باعث افزایش ۱۱/۱ درصدی شاخص برداشت نسبت به عدم مصرف آن شده است (شکل ۷B). مصرف کود گوگرد باعث افزایش حلالیت عناصر در خاک شده و با افزایش جذب عناصر غذایی توسط گیاه، مواد پرورده بیشتری به دانه ها رسیده و شاخص برداشت افزایش پیدا کرده است (کوچک زاده و همکاران، ۱۳۸۰). مصرف گوگرد باعث افزایش تعداد ردیف در بلال، تعداد دانه در ردیف، وزن هزار دانه و تعداد دانه در بلال شده است. این امر نشان می دهد در رقابت برای جذب مواد فتوسنتزی، مخازن زایشی، قویتر بوده و در نتیجه، شاخص برداشت افزایش یافته است.

1. pandey et al.

- امام، ی. ۱۳۸۶. زراعت غلات. انتشارات دانشگاه شیراز. ۱۹۰ صفحه.
- بشارتی، ح.، خاوازی، ک. و نورقلی پور، ف. ۱۳۸۵. بررسی کارآیی گوگرد و مایه تلقیح باکتری‌های جنس تیوباسیلوس بر جذب عناصر غذایی و عملکرد ذرت در یک خاک آهکی. مجله علوم خاک و آب، شماره ۲۰: ۲۴۹-۲۶۲.
- رستگار، ج. و قاسم‌زاده گنجه‌ای، م. ۱۳۸۸. تأثیر گوگرد و دفعات محلول‌پاشی با کود کامل میکرو بر عملکرد و کیفیت دو رقم پیاز. مجله به زراعی نهال و بذر، جلد ۲. شماره ۱: ۱-۱۳.
- رفیعی، م.، نادیان، ح.، نورمحمدی، ق. و کریمی، م. ۱۳۸۳. اثرات تنش خشکی و مقادیر روی و فسفر بر غلظت و کل جذب عناصر در ذرت. مجله علوم کشاورزی ایران، جلد ۳۵، شماره ۱: ۲۴۳-۲۳۵.
- ساکی‌نژاد، ط. ۱۳۸۲. مطالعه اثر تنش آب بر روند جذب عناصر ازت، فسفر، پتاسیم و سدیم در دوره‌های مختلف رشد، با توجه به خصوصیات مرفولوژیک و فیزیولوژیک گیاه ذرت در شرایط آب و هوایی اهواز. پایان‌نامه دوره دکتری فیزیولوژی گیاهان زراعی. واحد علوم و تحقیقات اهواز، ۲۸۸ صفحه.
- ساکی‌نژاد، ط. و بخشنده، ع. ۱۳۸۸. اثر رژیم‌های آبیاری بر روند انتقال و انباشت عناصر غذایی در ریشه ذرت. فصلنامه علمی تخصصی فیزیولوژی گیاهان زراعی. دانشگاه آزاد اسلامی واحد اهواز، سال اول، شماره ۱: ۲۷-۱۷.
- سپهری، ع.، مدرس‌ثانوی، س. ع. م.، قره‌یاضی، ب. و امینی، ی. ۱۳۸۱. تأثیر تنش آب و مقادیر مختلف نیتروژن بر مراحل رشد و نمو، عملکرد و اجزای عملکرد ذرت. مجله علوم زراعی ایران، جلد ۴، شماره ۳: ۱۹۵-۱۸۴.
- شیری، م. ر. ۱۳۷۹. بررسی عملکرد و اجزای عملکرد در ارقام گندم تحت تنش خشکی. پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد اردبیل، ۱۴۳ صفحه.
- صالح، ج. و ملکوتی، م. ج. ۱۳۸۴. جایگاه گوگرد در افزایش عملکرد کمی و کیفی محصولات کشاورزی. مؤسسه تحقیقات خاک و آب، نشریه فنی شماره ۴۴۷، ۲۶ صفحه.
- فتحی، ق. ا. و مک‌دونالد، گ. ک. ۱۳۷۶. مقاومت شش رقم جو از نظر قابلیت انتقال تحت شرایط خشکی طی دوره پرشدن دانه در گلخانه. مجله علوم کشاورزی جلد ۲۰، شماره‌های ۱ و ۲: ۷۳-۶۱.
- کوچک‌زاده، ی.، ملکوتی، م. ج. و خاوازی، ک. ۱۳۸۰. بررسی نقش گوگرد، تیوباسیلوس، حل‌کننده‌های فسفات و مواد آلی در تأمین فسفر مورد نیاز ذرت از خاک فسفات. مجله خاک و آب، جلد ۱۲، شماره ۱۴، ویژه‌نامه مصرف بهینه کود: ۲۵۰-۲۴۳.
- کوچکی، ع. ۱۳۸۳. زراعت در مناطق خشک. نشر جهاد دانشگاهی مشهد، ۲۰۲ صفحه.
- موحدی‌دهنوی، م. و مدرس‌ثانوی، س. ع. م. ۱۳۸۵. اثر محلول‌پاشی عناصر کم مصرف روی و منگنز بر عملکرد و اجزاء عملکرد سه رقم گلرنگ پاییزه تحت تنش خشکی در منطقه اصفهان. مجله علوم کشاورزی و منابع طبیعی. جلد ۱۳، ویژه‌نامه زراعت و اصلاح نباتات: ۶۲-۵۵.
- نورمحمدی، ق.، سیادت، ع. و کاشانی، ع. ۱۳۷۶. زراعت غلات، انتشارات دانشگاه شهید چمران اهواز، ۳۹۴ صفحه.
- Abdl-hady, B. A. 2007. Effect of zinc application on growth and nutrient uptake of barley plant irrigated with saline water. *Journal Applied science Research*, 3(6): 431-436.
- Bharath, C. and Poongothai, S. 2008. Direct and residual effect of Sulfur on growth, nutrient uptake, yield and its use efficiency in maize and subsequent green gram. *Journal of Agriculture and Biology Science*, 4(5): 368-372.
- Bruce, W. B., Edmeades, G. O. and Barker, T. C. 2002. Molecular and physiological approaches to maize improvement for drought tolerance. *Journal of Experimental Botany*, 53: 13-25.
- Cakir, R. 2004. Effect of water stress at different development stage on vegetative and reproductive growth of corn. *Field Crops Research*, 86: 95-113.
- Cox, W. J. and Julliff, G. D. 1988. Growth and yield of sunflower and soybean under soil deficits. *Agronomy Journal*, 78: 226-230.
- Echavarri, B., Sorino, M., Cistue, L., Valles, M. P. and Castillo, M. 2008. Zinc sulphate improved microspore embryogenesis in barley. *Plant Cell Tissue Organic Cultivar*, 93: 295-301.
- Fredrick, J. R., Below, F. E. and Hesketh, J. D. 1990. Carbohydrate, nitrogen and dry matter accumulation and partitioning of maize hybrids under drought stress. *Annals of Botany*, 66: 407-415.
- Heatherly, L. G., Wasley, R. A. and Elmore, C. D. 1990. Corn, Sorghom and Soybean response to irrigation in the Mississippi river alluvial plain. *Crop Science*, 30: 666-672.
- Hugh, J. E. and Davis, R. F. 2003. Effect of drought stress on leaf and whole canopy radiation use efficiency and yield of maize. *Agronomy Journal*, 95: 688-696.

- Jarvan, M., Edesi, L., Adamson, A., Lukme, L. and Akk, A. 2008. The effect of Sulphur fertilization on yield, quality of protein and baking properties of winter wheat. *Agronomy Research*, 6(2): 459-469.
- López Pereira, M., Trápani, N. and Sadras, V. O. 1999. Genetic improvement of sunflower in Argentina between 1930 and 1995 II. Phenological development, growth and source-sink relationship. *Field Crops Research*, 63(3): 247-254.
- Mateos Naranjo, E., Redendo, S., Gomez, J., Cambrolle, T., Luque, M. and Figueroa, E. 2008. Growth and photosynthetic responses to zinc stress of an invasive cordgrass, *spartina densiflora*. *Plant Biology*, 10: 754-762.
- Osborne, S. L., Scheppers, J. S., Francis, D. D. and Schlemmer, M. R. 2002. Use of spectral addition season biomass and grain yield in nitrogen and water-stressed corn. *Crop Science*, 42: 165-171.
- Ouattar, S., Jones, R. J. and Crookston, R. K. 1987. Effect of water deficit during filling on the pattern of maize kernel growth and development. *Crop Science*, 27: 726-730.
- Pandey, R. K., Marineville, J. W. and Adum, A. 2000. Deficit irrigation and nitrogen effect on maize in sahelian environment. I. Grain yield components. *Agricultural Water Management*, 46: 1-13.
- poonia, K. L. 2000. Effect of planting geometry, nitrogen and sulfur on growth and yield of sunflower (*Helianthus annuus* L.). *Journal of Ecophysiology*, 3: 59-71.
- Prasad, A. S. 1984. Discovery and importance of zinc in human nutrition. *Feed Processing*, 43: 2829-2834.
- Rasheed, M., Hakoomat, A. and Mahmood, T. 2004. Impact of nitrogen and sulfur application on growth and yield of maize (*Zea mays* L.) crop. *Journal of Research Science*, 15(2): 153-157.
- Rengel, Z. 1995. Sulfhydryl groups in root-cell plasma membranes of wheat genotypes differing in Zn efficiency. *Physiologia Plantarum*, 95: 604-612.
- Ridge, I. 2002. Water and transport in plant. In: I, Ridge, (ed.), *Plants*. Oxford university. press. 105-165.
- Sanjay, A. and Singh, M. 2004. Interaction effect of zinc and nitrogen on growth and yield of barley (*Hordeum vulgare* L.) on typic ustipsamments. *Asian Journal of plant Sciences*, 3(1): 101-103.
- Santvari, F., Royo, C. and Romagosa, I. 2002. Pattern of grain filling of spring and winter hexaploid triticales. *European Journal of Agronomy*, 16: 219-230.
- Schussler, J. R. and Westgate, M. E. 1991. Maize kernel set at low water potential: I. sensitivity to reduced assimilates during early Kernel growth. *Crop Science*, 31: 1189-1195.
- Setter, T. L. 1990. Transport/harvest index: Photosynthetic partitioning in stressed plants. P. 17-36. *Stress responses in plant: Adaptation and accumulation mechanism*. Wiley-Liss, Inc. New York. 14853.
- Setter, T. L., Brian, A., Lannigan, F. and Melkonian, J. 2001. Loss of kernel set due to water deficit and shade in maize: carbohydrate supplies abscise acid and cytokinins. *Crop Science*, 41: 1530-1540.
- Tahir, M., Fiaz, N., Nadeem, M. A., Khalid, F. and Ali, M. 2009. Effect of different chelated zinc sources on the growth and yield of maize (*Zea mays* L.). *Soil Environment Journal*, 28(2): 179-183.
- Togay, N., Togay, Y., Çimrin, K. M. and Turan, M. 2008. Effects of Rhizobium inoculation, sulfur and phosphorus applications on yield, yield components and nutrient uptakes of chickpea (*Cicer arietinum* L.). *African Journal of Biotechnology*, 7(6): 776-782.
- Wasson, J., Reese, J., Schumacher, and Wicks, T. E. 2000. Maize water content and solute potential at three stages of development. *University of Illinois. Department of Crop Science, Maydica*, 45(1):67-72.
- Wang, H. and Yin, J. J. 2007. Effects of zinc deficiency and drought on plant growth and metabolism of reactive oxygen species in maize (*Zea mays* L.). *Agricultural Sciences in China*, 6(8): 988-995.
- Wang, H., Liu, R. L. and Jin, J. Y. 2009. Effects of zinc and soil moisture on photosynthetic rate and chlorophyll fluorescence parameters of maize. *Biologia Plantarum*, 53(1): 191-194.
- Wani, M. A., Agha, F. A., Malik, M. A. and Rather, Z. A. 2001. Response of sunflower to sulphur application under Kashmir conditions. *Applied Biological Research*, 3: 19-22.
- Williams, D. M. 2002. Drought strategies for corn and grain sorghum. *Crop Science*, 19: 75-78.
- Ziaeyan A. H. and Rajaie, M. 2009. Combined effect of zinc and boron on yield and nutrients accumulation in corn. *Plant Production*, 3: 1735-8043.

## Effect of Sulfur and Zinc Fertilizers Application on Yield, and Yield Component of Corn (*Zea mays* L.) Under Different Irrigation Levels

Sohrabi<sup>1\*</sup>, Y. and Ahmadi<sup>2</sup>, A.

### Abstract

In order to study the effect of zinc and sulphur fertilizers application on yield and yield component of corn under different irrigation levels an experiment was conducted in the experimental farm of agricultural faculty, university of Kurdistan in the growing season of 2010. The experiment was arranged in split-plot factorial based on a randomized complete block with four replications. Three irrigation levels consisted of full irrigation (-2 bar), moderate drought stress (-7 bar) and severe drought stress (-12 bar) that was considered as main plots. Two sulphur fertilizer levels included application of zero (control) and 30 kg/ha with two zinc fertilizer levels consisted of application of zero (control) and 1 kg/ha which were allocated to sub plots. The measured traits were: number of ears m<sup>-2</sup>, number of grain row per ear, number of grains per row, number of grains per ear, ear weight, weight of ear cob, grains weight per ear, seed thousand weight, grain yield, dry matter yield and harvest index of corn. Results showed that drought stress decreased amounts of all studied properties. The number of row per ear, number of grains per row, grain and dry matter yield characteristics were significantly affected by interaction of irrigation levels × sulphur fertilizer interaction. Interaction between zinc and sulphur fertilizers noticeably was significant on traits of number of grain row per ear and number of grains per row. The application of sulphur fertilizer under full-irrigation condition increased grain and dry matter yield and also reduced the effects of severe drought stress on corn yield. The zinc fertilizer application under well-irrigated condition caused to increase in amounts of some properties, but in the major studied traits had not any role in reducing the effect of drought stress.

**Keywords:** Full irrigation, Drought stress, Corn yield, Sulphur and Zinc fertilizers.

---

1. Assistant Professor, Department of Agronomy, University of Kurdistan, Kurdistan, Sanandaj

2. MSc. Student, Department of Agronomy, University of Kurdistan, Kurdistan, Sanandaj

\*: Corresponding author      Email: yousef.sohrab@yahoo.com