نشریه تولید گیاهان زراعی
جلد هفتم، شماره چهارم، زمستان ۹۳
٤١-٦٠
http://ejcp.gau.ac.ir

تأثیر شوری آب آبیاری و محلول‌پاشی کودهای نانو و کلات روی بر مؤلفه‌های فتوسنتزی ژنوتیپ‌های جو

*مهرداد محلوجی[۱]، رئوف سیدشریفی[۲]، محمد صدقی[۲]، محمدرضا سبزعلیان[۳] و محمدرضا کمالی[۴]

[۱،۲]دانشجوی دکتری و دانشیار گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشگاه محقق اردبیلی، [۳]دانشیار گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشگاه صنعتی اصفهان، [٤]دانشیار مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر کرج

تاریخ دریافت: ۹۳/۲/۲۷ ؛ تاریخ پذیرش: ۹۳/۵/٦

چکیده

به‌منظور بررسی تأثیر شوری آب آبیاری و محلول‌پاشی کودهای نانو و کلات روی بر مؤلفه‌های فتوسنتزی ژنوتیپ‌های جو، آزمایشی در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با توزیع بلوک‌های خرد شده با سه تکرار در ایستگاه تحقیقات شوری رودشت اصفهان انجام شد. فاکتورها شامل کیفیت آب آبیاری در سه سطح (آبیاری با شوری کم به‌عنوان شاهد، آبیاری با شوری متوسط و آبیاری با شوری زیاد)، محلول‌پاشی کود روی (مصرف نانواکسید روی، کلات روی، مخلوط و عدم محلول‌پاشی به‌عنوان شاهد) و ژنوتیپ‌های مختلف جو (شامل ژنوتیپ نیمه‌حساس موروکو، نیمه‌متحمل نصرت و ژنوتیپ ٤ متحمل به شوری) بودند. با افزایش شوری آب آبیاری، مقاومت روزنه‌ای افزایش و هدایت روزنه‌ای و میزان CO_2 زیر روزنه‌ای کاهش یافت که این کاهش در ژنوتیپ متحمل‌تر به شوری کمتر بود. علاوه‌بر این، میزان هدایت روزنه‌ای، هدایت مزوفیلی و کارایی مصرف آب در ژنوتیپ متحمل‌تر بیش‌تر بود. حداکثر سرعت فتوسنتزی، هدایت مزوفیلی و کارایی مصرف آب لحظه‌ای و حداقل تعرق و میزان CO_2 زیر روزنه‌ای در ژنوتیپ ٤ متحمل به شوری به‌دست آمد. تیمار کودی بدون روی (شاهد آب) حداقل سرعت فتوسنتزی و حداکثر میزان CO_2 زیر روزنه‌ای را داشت. در تیمارهای حاوی روی هدایت مزوفیلی بیش از تیمار بدون مصرف روی (شاهد) بود. تیمار کودی نانو روی حداکثر و کلات روی حداقل هدایت روزنه‌ای را داشتند. هدایت مزوفیلی با سرعت فتوسنتزی همبستگی مثبت و معنی‌دار و با صفت میزان CO_2 زیر روزنه‌ای، همبستگی منفی و معنی‌داری داشت.

واژه‌های کلیدی: تعرق، فتوسنتز، نانو اکسید روی

*مسئول مکاتبه: mmahlooji2000@yahoo.com

مقدمه

جو از غلات مقاوم به خشکی، شوری و کم توقع در برابر عملیات زراعی است و یکی از چهار غله مهم جهان محسوب می‌شود که در تغذیه دام اهمیت زیادی دارد. شور شدن خاک از مشکلات اساسی و رو به افزایش در بسیاری از نقاط جهان به‌خصوص در مناطق خشک و نیمه‌خشک است. نمک‌های محلول در آب آبیاری، کودهای شیمیایی مصرفی در کشاورزی (الکارکی، ٢٠٠٦) پایین بودن مقدار بارش و دمای بالا در مناطق خشک و نیمه‌خشک و بهره‌برداری زیاد از منابع آب قابل دسترس (موک و ایشلی، ٢٠٠٦) علل عمده شور شدن خاک ذکر شده است. در دهه‌های اخیر کاهش مصرف کودهای شیمیایی به‌عنوان یک اصل در برنامه‌های زراعی کشورهای توسعه یافته قرار گرفته است (کالایسی و همکاران، ١٩٩٩). استفاده از نانو کودها روشی در کاهش میزان مصرف کود در واحد سطح است. هیو و اشمیتلر (٢٠٠١) گزارش نمودند که با مصرف عناصر ریز مغذی قدرت تحمل گندم به شرایط شور افزایش یافت. از بین عناصر کم مصرف، کمبود روی بیشترین مشکل را برای تولید محصول ایجاد می‌نماید (چاکماک و همکاران، ١٩٩٩). شوری به‌دلیل افزایش فشار اسمزی و با کاهش میزان رطوبت در دسترس گیاه موجب کاهش تحرک عناصر روی و آهن در محلول خاک شده و با توجه به محدودیت رشد ریشه، گیاه به‌طور مضاعف با کمبود این عناصر مواجه می‌گردد که با محلول پاشی، کمبود این عناصر در گیاه می‌تواند جبران شود (چاکماک، ٢٠٠٨). خوش‌گفتارمنش (٢٠٠٥) در بررسی تأثیر روی بر کارایی برخی ارقام گندم در شرایط شوری خاک، دریافت که کاربرد روی سبب افزایش عملکرد دانه در کلیه ارقام گندم گردید. شریفی و همکاران (٢٠٠٩) در بررسی تأثیر جذب آهن و روی در ژنوتیپ‌های بهاره گندم دریافتند که میانگین عملکرد دانه ژنوتیپ‌ها با مصرف کود روی، افزایش یافت. فتحی (٢٠١٢) در شرایط تنش شوری اظهار داشت که محلول پاشی اکسیدآهن و روی به فرم نانو ذرات در مقایسه با فرم معمول آن‌ها تأثیر مثبتی بر برخی از خصوصیات رشدی گندم و ذرت داشت. غفاری و رزمجو (٢٠١٣) گزارش نمودند که کاربرد کود به فرم نانو در مقایسه با فرم معمولی تأثیر بیشتری بر عملکرد دانه گندم داشت.

تنش شوری با ایجاد تنش ثانویه خشکی، منجر به بسته شدن روزنه‌ها در گیاه می‌گردد. بسته شدن روزنه‌ها در شرایط شوری واکنشی برای مقابله با اتلاف بیش‌تر آب و کاهش پتانسیل آب در بافت‌های تحت شوری است که در بسیاری از گیاهان دیده می‌شود (تاتینی و همکاران، ١٩٩٩). بسته شدن روزنه‌ها در شرایط تنش گرچه به‌منظور کاهش هدر رفت آب صورت می‌گیرد، اما به واسطه جلوگیری

از ورود CO_2 می‌تواند فتوسنتز را به کم‌تر از نقطه جبرانی کاهش دهد (اشرف و هریس، ۲۰۰٤). کاهش در فتوسنتز در محیط‌های شور تنها به‌علت بسته شدن روزنه‌ها نیست که منجربه کاهش غلظت داخلی دی‌اکسید کربن می‌شود، بلکه فاکتورها و عوامل غیر روزنه‌ای در اغلب موارد میزان فتوسنتز گیاهان رشد یافته در محیط‌های شور را تحت تأثیر قرار می‌دهند (دنپاکیم و محمدالیاس، ۲۰۱۰). کاهش مقدار کلروفیل کاهش موجب فعالیت فتوسنتزی، جذب CO_2 و ظرفیت فتوسنتزی می‌گردد. عوامل غیر روزنه‌ای سبب افزایش مقاومت نفوذ CO_2 در فاز مایع از دیواره مزوفیل به محل احیای CO_2 در کلروپلاست شده و کارآیی ریبولوز بی فسفات کربوکسیلاز-اکسیژناز را کاهش می‌دهد (دسنیق و کاناگاراج، ۲۰۰۷).

بارسا و بارسا (۱۹۹۷) گزارش کردند که در شرایط شوری، افزایش مقاومت روزنه‌ای یک راهکار مناسب دفاعی برای بقای گیاه است. در شرایط شوری به‌علت کاهش هدایت روزنه‌ای (مونس، ۲۰۰۲ و فلکساس و همکاران، ۲۰۰۸) و محدودیت دسترسی به CO_2 برای واکنش‌های کربوکسیلاسیون، میزان فتوسنتز کاهش می‌یابد (بروگنلی و بورکمن، ۱۹۹۲). مشعوف و همکاران (۲۰۰٤) در جو، حق بهاری و سید شریفی (۲۰۱٤) در گندم، ثابت تیموری و همکاران (۲۰۰۹) در کنجد، توران و همکاران (۲۰۰۹) در بررسی گیاه ذرت نیز کاهش هدایت روزنه‌ای را با افزایش شوری گزارش کردند. دلانی و ورما (۱۹۹۳) نیز بیان نمودند که عامل کاهش میزان فتوسنتز جو در شرایط شور، افزایش مقاومت روزنه‌ای یا کاهش هدایت روزنه‌ای می‌باشد. پژوهش‌گران گزارش کرده‌اند که بین رقم‌های مختلف گیاهی از نظر تحمل به سطوح مختلف شوری در مراحل مختلف رشد تفاوت‌هایی وجود دارد (دمیر و ازترک، ۲۰۰۳).

با توجه به کاهش روزافزون منابع آب شیرین از یک سو و بالا رفتن مصارف آب شیرین از سوی دیگر، دسترسی به آب با کیفیت مناسب برای کشاورزی بسیار محدود شده است. بدیهی است که در چنین شرایطی استفاده از آب‌های با کیفیت نامناسب برای تولید محصولات کشاورزی امری اجتناب ناپذیر است. لذا هدف از این تحقیق، ارزیابی تأثیر شوری ناشی از استفاده آب‌های با کیفیت نامناسب و مصرف کود روی بر مؤلفه‌های فتوسنتزی و عملکرد دانه ژنوتیپ‌های مختلف جو بود.

مواد و روش‌ها

آزمایش در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با توزیع بلوک‌های خرد شده با سه تکرار در ایستگاه تحقیقات شوری و زهکشی رودشت اصفهان در سال زراعی ٩٢-١٣٩١ انجام شد. ایستگاه مذکور در ٥٢ درجه و ٩ دقیقه طول شرقی و ٣٢ درجه و ٣٠ دقیقه عرض شمالی و در شمال رودخانه زاینده رود واقع شده است. متوسط بلندمدت دمای سالیانه این منطقه حدود ١٤/٨ درجه سانتی‌گراد و متوسط بارندگی سالیانه ٦٧/٥ میلی‌متر و جزء مناطق خشک طبقه بندی می‌شود. خصوصیات خاک و آب محل اجرای آزمایش در جداول (١) و (٢) نشان داده شده است.

جدول ١- نتایج تجزیه خاک قبل از کاشت در ایستگاه تحقیقات رودشت اصفهان.

مشخصه	عمق (سانتی‌متر)	EC (دسی زیمنس بر متر)	pH	ازت کل (درصد)	کربن آلی (درصد)	فسفر قابل جذب (میلی‌گرم ب کیلوگرم)	پتاسیم قابل جذب (میلی‌گرم ب کیلوگرم)	مس قابل جذب (میلی‌گرم ب کیلوگرم)	روی قابل جذب (میلی‌گرم ب کیلوگرم)	منگنز قابل جذب (میلی‌گرم ب کیلوگرم)	آهن قابل جذب (میلی‌گرم ب کیلوگرم)	کلسیم+ منیزیم (میلی‌اکی‌والان بر متر)	سدیم (میلی‌اکی‌والان بر متر)
میزان	٣٠-٠	١٣	٧/٧	٠/٠٥	٠/٤٧	١١/٨	٣٤٠	٢/٣٨	١/٧٢	٦/٤٨	٥/٥٤	٦٠	٧٩/١

جدول ٢- نتایج تجزیه آب در سه سطح کیفیت آب آبیاری.

مشخصه	ECe (دسی زیمنس بر متر)	pH	کربنات	بیکربنات	کلرید	سولفات	مجموع آنیون	کلسیم + منیزیم	سدیم	مجموع کاتیون	سختی کل
			(میلی‌اکی‌والان بر لیتر)								
تیمار ١	٠/٤	٧/٧	٠	٢/٠٠	١/٤٠	٠/٨	٤/٢	٢/٦	١/٥	٤/١	١٣٠
تیمار ٢	٩/٧	٨/١	٠	٥/٧٠	٦٠/٠٠	٢٦/٩	٩٢/٦	٤٤	٤٧/٨	٩١/٨	٢٢٠٠
تیمار ٣	١٧/٨	٧/٦	٠	٦/٤٠	١١١/٠٠	٥٤/٩	١٧٢/٣	٧٢	٩٩/٣	١٧١/٣	٣٦٠٠

خاک محل اجرای آزمایش دارای بافت سیلتی لومی بوده و وزن مخصوص ظاهری خاک ١/٢٥ گرم بر سانتی‌متر مکعب، اسیدیته خاک ٧/٧ و هدایت الکتریکی خاک ایستگاه حدود ٨-١٠ دسی‌زیمنس بر متر است. زمین به نحوی انتخاب گردید که میزان عنصر روی قابل دسترس از ٠/٨ میلی‌گرم در کیلوگرم کمتر باشد. کاشت توسط ردیف کار مخصوص کاشت غلات در کرت‌هایی شامل ٦ ردیف ٤ متری با فواصل بین ردیف ٢٠ سانتی‌متر و با تراکم ٤٠٠ بذر در مترمربع در ٢٥ آبان ماه

انجام شد. عامل اصلی (عمودی) نوار شامل کیفیت آب آبیاری در سه سطح: آب آبیاری حداکثر تا ۲ دسی‌زیمنس برمتر تا پایان فصل رشد به‌عنوان شاهد، آب آبیاری با شوری متوسط بر اساس عرف محل معادل ۱۰ دسی زیمنس برمتر و آب آبیاری با شوری زیاد یا معادل ۱۸ دسی زیمنس بر متر بود. عامل محلول پاشی کود روی (Zinc) به‌صورت افقی و شامل مصرف نانواکسید روی (۱۰۰ گرم در هکتار Nano Zinc Oxide)، کلات روی (۱ کیلوگرم در هکتار Zn-EDTA)، مخلوط کلات روی و نانو اکسید روی (Zn-EDTA+Nano ZnO) و عدم محلول پاشی روی (مصرف آب) به‌عنوان شاهد بود. سه ژنوتیپ جو (نیمه حساس موروکو، نیمه متحمل نصرت و متحمل به شوری شماره ٤) به‌صورت عمودی در داخل کرت‌های اصلی خرد شدند. از مرحله سه برگی با فاصله ۷ روز و در ۳ نوبت محلول پاشی انجام گردید (فتحی، ۲۰۱۲). کلات روی، تولید شرکت تریدکورپ اسپانیا و دارای ١٤ درصد عنصر روی بود. نانواکسید روی، تولید شرکت نوترینو چین با خلوص ۹۹ درصد و متوسط قطر ذرات کمتر از ۳۰ نانومتر و سطح ویژه مخصوص بیش از ۳۰ مترمربع بر گرم استفاده شد. به‌دلیل حلال نبودن اکسید روی در آب، ابتدا نانواکسید روی در آب دی یونیزه به‌صورت معلق در آمده و با استفاده از لرزش و ارتعاشات دستگاه اولتراسونیک (۱۰۰ وات و ٤٠ کیلو هرتز به‌مدت ۳۰ دقیقه) این مواد پخش شده و محلول گردید (پرساد و همکاران، ۲۰۱۲). بر اساس توصیه آزمایشگاهی، کود سرک ازته به‌میزان ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار در سه نوبت مصرف و مبارزه با علف‌های هرز پهن برگ با علف‌کش توفوردی انجام شد. آبیاری به‌صورت کرتی پس از تلفیق آب چاه و زهکش و رسیدن به هدایت‌الکتریکی مورد نظر انجام شد. به‌منظور ارزیابی دقیق‌تر پارامترهای فتوسنتزی برگ در ابتدای پر شدن دانه، شاخص‌های مربوط به تبادلات گازی شامل سرعت فتوسنتز، میزان تعرق، میزان CO_2 زیر روزنه‌ای، هدایت روزنه‌ای، هدایت مزوفیلی ظاهری (نسبت فتوسنتز به CO_2 زیر روزنه) و کارایی مصرف آب لحظه‌ای (نسبت فتوسنتز به تعرق) با استفاده از دستگاه (Model: LCA4, USA) IRGA اندازه‌گیری شد. اندازه‌گیری‌ها روی برگ پرچم در ساعت ۱۰ صبح تا ١٤ انجام گردید (یانگ و همکاران، ۲۰۰۰). برگ پرچم در اتاقک دستگاه قرار داده شد و پس از ثابت شدن پارامترها اعداد مؤلفه‌های فتوسنتزی یادداشت شد (فیشر و همکاران، ۱۹۹۸). تجزیه و تحلیل داده‌ها با استفاده از نرم‌افزارهای SAS و در صورت معنی‌دار بودن اثر بر هم‌کنش (متقابل)، برش‌دهی انجام شد و مقایسه میانگین‌ها توسط آزمون Lsmeans در سطح احتمال ۵ درصد انجام شد.

نتایج و بحث

CO_2 زیر روزنه‌ای و هدایت روزنه‌ای: نتایج تجزیه واریانس نشان داد که تأثیر سطوح کود روی و ژنوتیپ بر CO_2 زیر روزنه‌ای معنی‌دار بود (جدول ٣). استفاده از کود روی، میزان CO_2 زیر روزنه‌ای را کاهش داد و بیش‌ترین میزان CO_2 زیر روزنه‌ای را تیمار بدون مصرف کود (شاهد آب) داشت. ژنوتیپ ٤ متحمل به شوری، حداقل میزان CO_2 زیر روزنه‌ای را به خود اختصاص داد (جدول ٤). بین CO_2 زیر روزنه‌ای، میزان تعرق (r^2=٠/٣١) و هدایت روزنه‌ای (r^2=٠/٢١) همبستگی مثبت و معنی‌دار و هدایت مزوفیلی (r^2= -٠/٦٧) و کارایی مصرف آب لحظه‌ای (r^2=-٠/٢٦) همبستگی منفی و معنی‌داری وجود داشت (جدول ٥).

اثر شوری آب آبیاری، برهم‌کنش شوری آب آبیاری × کود روی، شوری آب آبیاری × ژنوتیپ، کود روی × ژنوتیپ و شوری آب آبیاری×ژنوتیپ×کود روی، بر هدایت روزنه‌ای در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار گردید (جدول ٣). با افزایش شوری آب آبیاری، هدایت روزنه‌ای کاهش یافت. برهم‌کنش شوری آب آبیاری×کود روی بر هدایت روزنه‌ای نشان داد که در سطح حداقل و متوسط شوری، حداکثر هدایت روزنه‌ای و در سطح زیاد شوری حداقل هدایت روزنه‌ای را کود کلاته داشت (جدول ٦). برهم‌کنش شوری آب آبیاری × ژنوتیپ نشان داد که ژنوتیپ موروکو در سطح حداقل شوری، بیش‌ترین هدایت روزنه‌ای (٠/٥٧ میلی‌مول CO_2 بر مترمربع بر ثانیه) را داشته و با افزایش شوری هدایت روزنه ای آن کاهش یافت، ولی ژنوتیپ های متحمل و نیمه متحمل به شوری با افزایش شوری آب آبیاری، هدایت روزنه‌ای بیش‌تری نسبت به ژنوتیپ نیمه‌حساس به شوری (موروکو) را داشتند (جدول ٧). برهم‌کنش کود روی× ژنوتیپ نشان داد که در تیمار عدم مصرف کود روی (شاهد)، ژنوتیپ ٤ متحمل به شوری دارای بیش‌ترین هدایت روزنه‌ای بوده و با مصرف نانو روی هدایت روزنه‌ای این ژنوتیپ کاهش یافت و بر عکس آن ژنوتیپ نیمه‌حساس به شوری موروکو در تیمار عدم کودی حداقل هدایت روزنه‌ای و در تیمار نانو روی مصرفی دارای حداکثر هدایت روزنه‌ای بود (جدول ٨). مقایسه میانگین برهم‌کنش شوری آب آبیاری× ژنوتیپ×کود روی، (جدول ٩) نشان داد که در سطح حداقل شوری آب آبیاری در تیمارهای مختلف کود روی، تفاوت معنی‌داری در هدایت روزنه‌ای ژنوتیپ‌ها مشاهده شد ولی در سطح شوری متوسط و زیاد تفاوتی مشاهده نشد. در سطح حداقل تیمار شوری آب، در تیمار کودی نانو روی و مخلوط کلات و نانو روی، ژنوتیپ موروکو و در تیمار کودی کلات روی و شاهد آب، ژنوتیپ ٤ متحمل به شوری، دارای بیشترین

هدایت روزنه‌ای بود. هدایت روزنه‌ای با تعرق، CO_2 زیر روزنه‌ای و عملکرد دانه همبستگی مثبت و معنی‌داری وجود داشت (جدول ۵).

اولین واکنش گیاه به تنش محدود کردن هدایت روزنه‌ای و کاهش انتشار CO_2 به درون کلروپلاست می‌باشد و عامل کاهش میزان فتوسنتز جو در شرایط شور، افزایش مقاومت روزنه‌ای یا کاهش هدایت روزنه‌ای می‌باشد. تنش شوری باعث عدم انتقال الکترون فتوسنتزی، کاهش هدایت روزنه‌ای و افزایش تولید انواع اکسیژن فعال شده که باعث آسیب اکسیداسیونی به فتوسیستم‌ها می‌گردد. می‌توان چنین بیان کرد که در شرایط بدون تنش فضای روزنه‌ای کاملاً باز بوده و هیچ نوع رابطه معنی‌داری بین سرعت فتوسنتز و میزان هدایت روزنه‌ای وجود ندارد، ولی با افزایش تنش و به‌دنبال آن با افزایش مقاومت روزنه‌ای ارتباط این دو بیش‌تر و معنی‌دارتر می‌شود. افزایش مقاومت روزنه‌ای در شرایط تنش توسط پژوهش‌گران دیگر نیز گزارش شده است (فلکساس و همکاران، ۲۰۰۸؛ اشرف و هریس، ۲۰۰٤؛ دلانی و ورما، ۱۹۹۳؛ توران و همکاران، ۲۰۰۹ و مونس، ۲۰۰۲). نتایج آزمایش بر اکوتیپ‌های گندم دیم سرداری نیز نشان داد که تنش خشکی میزان CO_2 زیر روزنه‌ای را کاهش داد (سی و سه مرده و همکاران، ۲۰۱۲) همچنین کاهش هدایت روزنه‌ای در گیاه کوشیا (معصومی و همکاران، ۲۰۱۲) و نخود (زارع مهرجردی و همکاران، ۲۰۱۳) را سبب گردید. تنش شوری، سبب کاهش هدایت روزنه‌ای و افزایش مقاومت روزنه‌ای در گندم (صالحی و همکاران، ۲۰۰۳) نیز گردید.

هدایت مزوفیلی و کارایی مصرف آب لحظه‌ای: نتایج نشان داد که اثر ژنوتیپ و برهم‌کنش شوری آب آبیاری × کود روی، کود روی × ژنوتیپ و شوری آب آبیاری × ژنوتیپ × کود روی، بر هدایت مزوفیلی معنی‌داری بود (جدول ۳). ژنوتیپ ٤ متحمل به شوری دارای بیش‌ترین هدایت مزوفیلی بود (جدول ٤). برهم‌کنش شوری آب آبیاری × کود روی نشان داد که در سطح متوسط شوری آب آبیاری، کود کلاته بیش‌ترین هدایت مزوفیلی را داشت (جدول ٦). برهم‌کنش شوری آب آبیاری × ژنوتیپ نشان داد که ژنوتیپ ٤ متحمل به شوری، بیش‌ترین هدایت مزوفیلی را در تمامی سطوح شوری آب آبیاری داشت (جدول ۷). برهم‌کنش کود روی × ژنوتیپ نشان داد که در تمامی سطوح کودی، ژنوتیپ ٤ متحمل به شوری دارای بیش‌ترین هدایت مزوفیلی بود (جدول ۸). مقایسه میانگین برهم‌کنش شوری آب آبیاری × ژنوتیپ × کود روی، (جدول ۹) نشان داد که در سطح حداقل شوری آب آبیاری در تیمارهای مختلف کود روی، تفاوت معنی‌داری در هدایت مزوفیلی ژنوتیپ‌ها مشاهده

نشد ولی در سطح شوری متوسط و زیاد این تفاوت مشاهده شد. در سطح متوسط تیمار شوری آب، در تیمار کودی کلات روی، ژنوتیپ موروکو دارای حداقل هدایت مزوفیلی (٠/١٢٤)، و ژنوتیپ ٤ متحمل به شوری، دارای بیشترین هدایت مزوفیلی (٠/٢٨٩) بود و سایر تیمارهای کودی روی (نانو، مخلوط و شاهد) هدایت مزوفیلی ژنوتیپ‌ها تفاوتی نداشتند ولی ژنوتیپ نیمه‌متحمل به شوری نصرت و ژنوتیپ ٤ متحمل به شوری هدایت مزوفیلی بالاتری نسبت به ژنوتیپ نیمه‌حساس موروکو داشت. در سطح زیاد شوری، حداقل هدایت مزوفیلی در کلیه سطوح کود روی متعلق به ژنوتیپ نیمه‌حساس به شوری موروکو بود و حداکثر به ژنوتیپ ٤ متحمل به شوری است. هدایت مزوفیلی با سرعت فتوسنتز (r^2=٠/٧٢) و کارایی آب لحظه‌ای (r^2=٠/٥٢) همبستگی مثبت و معنی‌دار و با CO_2 زیر روزنه‌ای (r^2=-٠/٦٧) همبستگی منفی و معنی‌داری وجود داشت (جدول ٥).

نتایج نشان داد که اثر کود روی، ژنوتیپ و برهم‌کنش شوری آب آبیاری × کود روی، شوری آب آبیاری × ژنوتیپ و شوری آب آبیاری × ژنوتیپ × کود روی، بر کارایی مصرف آب لحظه‌ای معنی‌دار شد. نانو روی و کلات روی بیش‌ترین کارایی مصرف آب لحظه‌ای را داشت. ژنوتیپ ٤ متحمل به شوری نیز دارای بیش‌ترین کارایی مصرف آب لحظه‌ای بود. برهم‌کنش شوری آب آبیاری × کود روی نشان داد که در سطح حداقل و متوسط شوری آب آبیاری، کود کلاته بیش‌ترین کارایی مصرف آب لحظه‌ای را داشت (جدول ٥). برهم‌کنش شوری آب آبیاری × ژنوتیپ نشان داد که ژنوتیپ ٤ متحمل به شوری، بیش‌ترین کارایی مصرف آب لحظه‌ای را در تمامی سطوح شوری آب آبیاری داشت (جدول ٦). برهم‌کنش کود روی×ژنوتیپ نشان داد که در تمامی سطوح کودی، ژنوتیپ ٤ متحمل به شوری دارای بیش‌ترین کارایی مصرف آب لحظه‌ای بود (جدول ٧). مقایسه میانگین برهم‌کنش شوری آب آبیاری×ژنوتیپ×کود روی، (جدول ٩) نشان داد که در سطح حداقل شوری آب آبیاری، کاربرد کلات روی بیشترین کارایی مصرف آب لحظه‌ای (٤/٧٤) را در ژنوتیپ موروکو ایجاد نمود ولی کاربرد کود مخلوط و شاهد آب بیشترین کارایی را در ژنوتیپ ٤ متحمل به شوری داشت. نانو روی در این سطح کیفیت آب بر ژنوتیپ‌ها تأثیری نداشت. در سطح متوسط تیمار شوری آب، در تیمار کودی کلات روی، ژنوتیپ موروکو حداقل کارایی مصرف آب لحظه‌ای را داشته، و ژنوتیپ ٤ متحمل به شوری، دارای بیشترین کارایی مصرف آب لحظه‌ای بود. سایر تیمارهای کودی روی (نانو، مخلوط و شاهد)، برکارایی مصرف آب لحظه‌ای ژنوتیپ‌ها تأثیری نداشتند ولی ژنوتیپ نیمه‌متحمل به شوری نصرت و ژنوتیپ ٤ متحمل به شوری کارایی مصرف آب لحظه‌ای بالاتری نسبت به ژنوتیپ نیمه‌حساس

موروکو داشت. در سطح زیاد شوری، حداقل کارایی مصرف آب لحظه‌ای در کلیه سطوح کود روی متعلق به ژنوتیپ نیمه‌حساس به شوری موروکو و حداکثر متعلق به ژنوتیپ ٤ متحمل به شوری بود. کارایی مصرف آب لحظه‌ای با سرعت فتوسنتز (r^2=۰/٤۹)، و هدایت مزوفیلی (r^2=۰/۵۲) همبستگی مثبت و معنی‌دار و با CO_2 زیر روزنه‌ای (r^2=-۰/۲٦) و تعرق (r^2=-۰/٦۲) همبستگی منفی و معنی‌داری داشت.

کاهش کارایی مصرف آب با افزایش میزان تنش می‌تواند ناشی از کاهش میزان CO_2 زیر روزنه‌ای باشد که بیش‌تر متأثر از عوامل غیر روزنه‌ای است تا عوامل روزنه‌ای (فلکساس و همکاران، ۲۰۰۸). تحت تأثیر شوری عوامل غیرروزنه‌ای مثل کارایی RUBP کربوکسیلاز، تولید مجدد روبیسکو، هدایت مزوفیلی و مقدار کلروفیل کاهش می‌یابند (کاردوویلا و همکاران، ۱۹۹۵). همچنین تنش خشکی، کارایی مصرف آب و میزان CO_2 زیر روزنه‌ای در اکوتیپ‌های گندم دیم سرداری (سی و سه مرده و همکاران، ۲۰۱۲) را کاهش داده است.

میزان تعرق، سرعت فتوسنتز و عملکرد دانه: نتایج نشان داد که اثر شوری آب آبیاری، ژنوتیپ، برهم‌کنش شوری آب آبیاری × کود روی، شوری آب آبیاری× ژنوتیپ، کود روی × ژنوتیپ و شوری آب آبیاری×ژنوتیپ×کود روی، بر میزان تعرق معنی‌دار گردید (جدول ۳). با افزایش شوری آب آبیاری، میزان تعرق کاهش یافته و ژنوتیپ متحمل به شوری دارای کم‌ترین میزان تعرق بود (جدول ٤). برهم‌کنش شوری آب آبیاری×کود روی نشان داد که در سطح حداقل شوری، کلات روی و در سطح متوسط شوری شاهد آب (بدون کود روی) حداقل تعرق را داشت (جدول ٦). برهم‌کنش شوری آب آبیاری × ژنوتیپ نشان داد که در تمامی سطوح شوری، ژنوتیپ ٤ متحمل به شوری دارای کم‌ترین میزان تعرق بود (جدول ۷). برهم‌کنش کود روی × ژنوتیپ نشان داد که در تمامی سطوح کود روی (به‌جز کلات روی)، ژنوتیپ ٤ متحمل به شوری دارای کم‌ترین میزان تعرق را داشت (جدول ۸). مقایسه میانگین برهم‌کنش شوری آب آبیاری × ژنوتیپ × کود روی نشان داد (جدول ۹) که در سطح حداقل شوری، بیش‌ترین تعرق را رقم موروکو در تیمار کودی مخلوط (۱٦/۸۲ میلی‌مول بر مترمربع بر ثانیه) و حداقل تعرق در تیمار کود کلاته (٦/٤٤ میلی‌مول بر مترمربع بر ثانیه) در این رقم به‌دست آمد. در سطح متوسط شوری آب آبیاری، حداقل تعرق را ژنوتیپ ٤ متحمل به شوری و در تیمار کودی شاهد آب (۷/۲۳) و حداکثر تعرق را ژنوتیپ‌های موروکو و نصرت در تیمار کودی نانو روی (۱۳/۵) داشتند. در سطح زیاد شوری، حداقل تعرق در تیمار کود کلاته و در ژنوتیپ ٤ متحمل

به شوری بود و بیشترین تعرق را ژنوتیپ نصرت و در تیمار کودی شاهد محلول‌پاشی آب داشت. بین میزان تعرق، سرعت فتوسنتز (r^2=٠/٤٩)، CO_2 زیر روزنه‌ای (r^2=٠/٣١)، هدایت روزنه‌ای (r^2=٠/٢١) و کارایی مصرف آب لحظه‌ای (r^2= -٠/٦٢) همبستگی معنی‌داری وجود داشت (جدول ٥).

نتایج تجزیه نشان داد که اثر شوری آب آبیاری، ژنوتیپ، برهم‌کنش شوری آب آبیاری × کود روی، شوری آب آبیاری × ژنوتیپ و شوری آب آبیاری × ژنوتیپ × کود روی، بر سرعت فتوسنتز معنی‌دار گردید (جدول ٣). با افزایش شوری آب آبیاری، سرعت فتوسنتز کاهش یافته و ژنوتیپ متحمل به شوری دارای بیش‌ترین میزان فتوسنتز بود (جدول ٤). برهم‌کنش شوری آب آبیاری × کود روی نشان داد که در سطح متوسط شوری، کلات روی حداکثر فتوسنتز را داشت (جدول ٦). برهم‌کنش شوری آب آبیاری × ژنوتیپ نشان داد که در سطوح حداقل، متوسط و حداکثر شوری، به‌ترتیب ژنوتیپ‌های موروکو، نصرت و ٤ متحمل به شوری دارای بیش‌ترین میزان فتوسنتز بودند (جدول ٧). مقایسه میانگین برهم‌کنش شوری آب آبیاری × ژنوتیپ × کود روی نشان داد (جدول ٩) که در سطح حداقل شوری آب آبیاری، سرعت فتوسنتز در تیمارهای مختلف کود روی تفاوت معنی‌داری نداشته و در سطح شوری متوسط، فقط در تیمار کود روی کلاته تفاوت مشاهده گردیده به‌طوری که در این سطح کودی، ژنوتیپ نیمه‌حساس موروکو، حداقل سرعت فتوسنتز (٢١/٨٣ میکرومول فوتون بر مترمربع بر ثانیه) و دو ژنوتیپ نیمه‌متحمل و متحمل به شوری دارای حداکثر فتوسنتز (٣٩) بودند. در سطح شوری زیاد نیز ژنوتیپ موروکو، در تیمار کود روی کلاته (١٦/٩١) و شاهد آب (١٠/٩٦)، حداقل سرعت فتوسنتز را داشت. بین سرعت فتوسنتز و تعرق (r^2=٠/٢٩)، هدایت مزوفیلی (r^2=٠/٧٢)، کارایی مصرف آب لحظه‌ای (r^2=٠/٤٩) و عملکرد دانه (r^2=٠/٢٧) همبستگی مثبت و معنی‌داری وجود داشت (جدول ٥).

نتایج تجزیه نشان داد که اثر شوری آب آبیاری، ژنوتیپ، برهم‌کنش شوری آب آبیاری × کود روی، شوری آب آبیاری × ژنوتیپ و شوری آب آبیاری × ژنوتیپ × کود روی، بر عملکرد دانه معنی‌دار گردید (جدول ٣). با افزایش شوری آب آبیاری، عملکرد دانه کاهش یافته و ژنوتیپ متحمل به شوری دارای بیش‌ترین میزان دانه بود (جدول ٤). برهم‌کنش شوری آب آبیاری × کود روی نشان داد که در سطح حداقل شوری، کلات روی حداکثر عملکرد را داشت (جدول ٥). برهم‌کنش شوری آب آبیاری × ژنوتیپ نشان داد که در سطح حداقل شوری، ژنوتیپ نصرت و در سطوح متوسط و حداکثر شوری، ژنوتیپ ٤ متحمل به شوری دارای بیش‌ترین میزان عملکرد دانه بودند (جدول ٦).

مقایسه میانگین برهم‌کنش شوری آب آبیاری × ژنوتیپ × کود روی نشان داد (جدول ۹) که در سطح حداکثر شوری آب آبیاری، عملکرد دانه در تیمارهای مختلف کود روی تفاوت معنی‌داری نداشته ولی بیشترین عملکرد در ژنوتیپ ٤ متحمل به شوری و در تیمار کودی بدون روی (شاهد آب) به‌دست آمد. در سطح شوری متوسط، در تیمار کود نانو روی و شاهد بدون کود (آب)، ژنوتیپ ٤ متحمل به شوری و در تیمار کلات روی، ژنوتیپ نصرت و در تیمار کودی مخلوط، دو ژنوتیپ ٤ متحمل به شوری و نصرت، بیش‌ترین عملکرد دانه را داشتند. در سطح حداقل شوری، تفاوت عملکرد دانه در دو تیمار کودی نانو روی و مخلوط کودی معنی‌دار بود و ژنوتیپ نیمه متحمل نصرت بیش‌ترین دانه را تولید نموده و در هر حال حداکثر تولید دانه متعلق به ژنوتیپ نصرت به‌همراه مصرف نانو روی به‌دست آمد. نتایج این آزمایش نشان می‌دهد که در اراضی شوری که امکان استفاده از آب تا کیفیت ۲ دسی‌زیمنس بر متر وجود دارد ژنوتیپ نیمه‌متحمل به شوری نصرت به‌همراه تیمار کودی نانو روی بهترین گزینه است همچنین در صورتی که کیفیت آب نامطلوب باشد و شوری آن تا ۱۰ دسی‌زیمنس بر متر باشد، دادن کود روی و استفاده از ژنوتیپ ٤ متحمل به شوری و نیمه‌متحمل به شوری نصرت تولید بیش‌تری را خواهد داشت ولی ژنوتیپ نصرت به کلات روی و ژنوتیپ ٤ متحمل به شوری به نانو روی و مخلوط کلات و نانو روی بهتر جواب می‌دهد. در سطح شوری زیاد و آب بسیار نامطلوب تا ۱۸ دسی‌زیمنس بر متر، ژنوتیپ ٤ متحمل به شوری عملکرد دانه بالاتری را داشت و دادن کود روی در این سطح شوری مؤثر نبود. بین عملکرد دانه و تعرق (r^2=۰/۲۷)، هدایت روزنه‌ای (r^2=۰/٤۸)، سرعت فتوسنتز (r^2=۰/۲۷) همبستگی مثبت و معنی‌داری وجود داشت (جدول ۵).

کرنیک و مساکی (۱۹۹٦) نیز گزارش نمودند، کاهش در فتوسنتز به‌خاطر تنش شوری می‌تواند به‌خاطر هدایت روزنه‌ای پایین‌تر، کاهش در جذب کربن و متابولیسم آن، کاهش توانایی فتوشیمیایی یا ترکیبی از همه این فاکتورها باشد. یکی از اثرات شوری در گیاه، کاهش مقدار کلروفیل است که موجب کاهش فعالیت فتوسنتزی، جذب CO_2 و ظرفیت فتوسنتزی می‌گردد. شایان ذکر است که فتوسنتز یک مسیر کلیدی در فیزیولوژی گیاهان است و به‌شدت تحت تأثیر شوری قرار می‌گیرد. بسته شدن روزنه‌ها در شرایط تنش گرچه به‌منظور کاهش تعرق صورت می‌گیرد، اما به واسطه جلوگیری از ورود دی‌اکسیدکربن می‌تواند فتوسنتز را به کم‌تر از نقطه جبرانی کاهش دهد. کاهش شدت فتوسنتز ناشی از تنش شوری به‌دلیل عوامل متعددی مانند دهیدراسیون غشاء سلول و در نتیجه کاهش نفوذپذیری CO_2، سمیت ناشی از نمک، کاهش میزان CO_2 به‌دلیل بسته شدن روزنه‌ها، تسریع در

فرآیند پیری در نتیجه نمک، تغییر فعالیت آنزیم‌ها به‌دلیل تغییرات ساختاری در سیتوپلاسم و بازخورد منفی به‌دلیل کاهش فعالیت منبع می‌باشد (جوادی‌پور و همکاران، ٢٠١٣). نتایج سایر محققین نیز نشان داد که شوری، در گیاه توتون سبب کاهش ٣٩ درصدی در شدت تثبیت خالص CO_2 (حاجی بلند و ابراهیمی، ٢٠١٢) و در شرایط شور و تنش خشکی در گیاه کوشیا نیز کاهش فتوسنتز و تعرق را سبب گردید (معصومی و همکاران، ٢٠١٢). تنش خشکی در گندم دیم سرداری (سی و سه مرده و همکاران، ٢٠١٢)، گندم نان (جباری و همکاران، ٢٠٠٩) و نخود (زارع مهرجردی و همکاران، ٢٠١٣)، و تنش شوری در کنجد (بذر افشان، ٢٠١١)، گلرنگ (جوادی‌پور، ٢٠١٣) و سویا (ویسانی و همکاران، ٢٠١١) نیز کاهش فتوسنتزی و تعرق را به‌همراه داشت.

جدول ٣- میانگین مربعات به‌دست آمده از تجزیه واریانس شوری تأثیر شوری آب آبیاری و محلول‌پاشی کودهای نانو و کلات روی بر مؤلفه‌های فتوسنتزی ژنوتیپ‌های جو.

منابع تغییر	درجه آزادی	CO_2 زیر روزنه‌ای	هدایت روزنه‌ای	هدایت مزوفیلی	کارایی مصرف آب لحظه‌ای	تعرق	سرعت فتوسنتز	عملکرد دانه
تکرار	٢	٣٧١/٥٩	٠/٠٠١	٠/٠٠١	٠/٠٣	٢/٧٥	٢/٩٢	١٩٨٣٥٢/٥٠
کیفیت آب	٢	٢٨١٩/٤٤	٠/٢٨٥**	٠/٠٠٣	١/٣٨	٨٢/١١**	٢٢٢/٤٠*	١٤٤٣٣٩٦٧٢/٣٠**
خطا	٤	٩١٩/٥٨	٠/٠١٢	٠/٠٠٢	٠/٣١	٣/١٠	١٣/٣٦	٣٠٤٣٦٧/٣٠
کود روی	٣	٩٦٢/٩٢*	٠/٠٢٠	٠/٠٠٥	٣/٤٣*	٢١/٠٠	٦٧/٣٩	٢٨٨١٣٣/١٠
خطا	٦	١١٢/٩٦	٠/٠٠٨	٠/٠٠١	٠/٣٨	٤/٨٥	١٨/٨٧	٣٣٧٥٢٣/٠٠
کودروی× کیفیت‌آب	٦	٢٢٥/٣٨	٠/٠٩٧**	٠/٠٠٣*	١/٤٧**	٢٣/١٥**	٧٨/١٧**	١٠٨٨٤٧٩/٦٠*
خطا	١٢	٥١٤/٣٠	٠/٠٠٩	٠/٠٠١	٠/٨٢	٢/٧١	١٣/٩٠	٣٣٨٢٣٧/٦٠
ژنوتیپ	٢	١٩٢١٨/٧٧**	٠/٠٠١	٠/٠٥٠**	٤/٦٣**	٢٦/٠٦**	١٣٥/٤٦**	٣٧٧٧٨٧١/٨٠**
ژنوتیپ×کیفیت آب	٤	٢٠٧/٢٣	٠/٠٢٨**	٠/٠٠٧**	٠/٩٨*	٨/٣٤**	١٦١/٤٥**	٧٣٧٨٣٧/١٠**
ژنوتیپ× کود روی	٦	٥٩١/٠٩	٠/٠٢٨**	٠/٠٠٢	٠/٦٣	٩/٧١**	٣٢/٧٢	١٩٤٠٤٤/٤٠
ژنوتیپ×کیفیت آب× کودروی	١٢	١٢٠/٢٣	٠/٠١٦**	٠/٠٠٣ *	١/٥٨**	١١/٨٢**	٤٢/٨٣*	٣٥٢٤٠٩/٤٠*
خطا	٤٨	٥٥٨/٤٩	٠/٠٠٥	٠/٠٠١	٠/٣١	١/٤٦	١٨/٤٧	١٣٨٥٦٦/٠٠

*، ** به‌ترتیب معنی‌دار در سطح ٥، ١ درصد.

جدول ٤- مقایسه میانگین تأثیر شوری آب آبیاری و محلول‌پاشی کودهای نانو و کلات روی بر مؤلفه‌های فتوسنتزی ژنوتیپ‌های جو.

تیمار	CO_2 زیر روزنه‌ای (میکرولیتر بر لیتر)	هدایت روزنه‌ای (میلی‌مول CO_2 بر مترمربع بر ثانیه)	هدایت مزوفیلی (میلی‌مول CO_2 بر مترمربع بر ثانیه)	کارایی مصرف آب لحظه‌ای (میکرومول CO_2 بر میلی‌مول H_2O)	تعرق (میلی‌مول بر مترمربع بر ثانیه)	سرعت فتوسنتز (میکرومول فوتون بر مترمربع بر ثانیه)	عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار)
کیفیت آب (دسی‌زیمنس بر متر)							
۲	۱٦۹/٦٥^{a}	۰/٥۰^{a}	۰/۱٦^{a}	۲/۹۲^{a}	۱۰/۰٥^{a}	۲٦/۷۸^{a}	٦۰۰٦/۳۰^{a}
۱۰	۱٦۲/۸۰^{a}	۰/۳۹^{b}	۰/۱۸^{a}	۲/٥۹^{a}	۱۱/۱۲^{a}	۲۸/۱۰^{a}	٤٥۹۲/۲۰^{b}
۱۸	۱٥۲/۰۹^{a}	۰/۳۳^{b}	۰/۱٦^{a}	۲/۹٤^{a}	۸/۱٤^{b}	۲۳/۲۹^{b}	۲۰٥٤/٤۰^{c}
LSD 5%	۱۹/۸٤	۰/۰۷	۰/۰۳	۰/۳٦	۱/۱٥	۳/۳۹	۳٦۱/۰٤
کود:							
نانو روی	۱٥۸/۹٦^{b}	۰/٤٥^{a}	۰/۱۸^{a}	۲/۹٦^{ab}	۹/۹۲^{ab}	۲۷/٦۰^{a}	٤۱٦۳/۳۰^{a}
کلات روی	۱٥۸/٦۷^{b}	۰/۳۸^{b}	۰/۱۸^{a}	۳/۲٥^{a}	۸/۷۲^{b}	۲٦/۸٥^{ab}	٤۳٦٥/۱۰^{a}
نانو+کلات روی	۱٥۷/٦۷^{b}	۰/٤۰^{ab}	۰/۱۷^{ab}	۲/٤۹^{c}	۱۰/۸٥^{a}	۲٥/۸۱^{ab}	٤۲۰۹/۸۰^{a}
شاهد (آب)	۱۷۰/٤٥^{a}	۰/٤۱^{ab}	۰/۱٥^{b}	۲/٥٦^{bc}	۹/٥۸^{ab}	۲۳/۹٦^{b}	٤۱۳۲/٤۰^{a}
LSD 5%	۷/۰۸	۰/۰٦	۰/۰۲	۰/٤۱	۱/٤۷	۲/۸۹	۳۸٦/۹
ژنوتیپ:							
موروکو	۱۸۳/۲۷^{a}	۰/٤۱^{a}	۰/۱۳^{c}	۲/٥۳^{b}	۱۰/۰۲^{a}	۲۳/۸۳^{b}	۳۸٤۳/٥۹^{b}
نصرت	۱٦٤/۰۱^{b}	۰/٤۰^{a}	۰/۱۷^{b}	۲/٦۹^{b}	۱۰/٤۷^{a}	۲٦/۹۱^{a}	٤٤۰۲/٦۷^{a}
٤ شور	۱۳۷/۲٦^{c}	۰/٤۰^{a}	۰/۲۰^{a}	۳/۲۲^{a}	۸/۸۲^{b}	۲۷/٤۲^{a}	٤٤۰٦/٦۸^{a}
LSD 5%	۱۱/۲	۰/۰٤	۰/۰۲	۰/۲٦	۰/٥۷	۲/۰٤	۱۷٦/٤۱

در هر ستون حداقل یک حرف مشترک نشان‌دهنده نبود تفاوت آماری در سطح احتمال ٥ درصد بر اساس آزمون LSD می‌باشد.

جدول ٥- ضرایب همبستگی پیرسون بین صفات مورد ارزیابی در ژنوتیپ‌های جو.

صفات مورد ارزیابی	۱	۲	۳	٤	٥	٦	۷
۱- CO_2 زیر روزنه‌ای	۱						
۲- هدایت روزنه‌ای	۰/۲۱**	۱					
۳- هدایت مزوفیلی	-۰/٦۷**	-۰/۰٦^{ns}	۱				
٤- کارایی مصرف آب لحظه‌ای	-۰/۲٦**	-۰/۰۲^{ns}	۰/٥۲**	۱			
٥- تعرق	۰/۳۱**	۰/۲۱*	۰/۰۱^{ns}	-۰/٦۲**	۱		
٦- سرعت فتوسنتز	-۰/۰۳^{ns}	۰/۱٥^{ns}	۰/۷۲**	۰/٤۹**	۰/۲۹**	۱	
۷- عملکرد دانه	۰/۱۳^{ns}	۰/٤۸**	۰/۰۹^{ns}	۰/۰۱^{ns}	۰/۲۷**	۰/۲۷**	۱

*، ** و ns به‌ترتیب معنی‌دار در سطح ٥، ۱ درصد و غیر معنی‌دار.

جدول ٦- مقایسه میانگین برهم‌کنش کیفیت آب و کود روی بر پارامترهای فتوسنتزی اندازه‌گیری شده در جو.

کیفیت آب (دسی زیمنس بر متر)	کود	CO_2 زیر روزنه‌ای (میکرو لیتر بر لیتر)	هدایت روزنه‌ای (میلی مول CO_2 بر مترمربع بر ثانیه)	هدایت مزوفیلی (میلی مول CO_2 بر مترمربع بر ثانیه)	کارایی مصرف آب لحظه‌ای (میکرومول CO_2 برمیلی مول H_2O)	تعرق (میلی مول بر مترمربع بر ثانیه)	سرعت فتوسنتز (میکرومول فوتون بر مترمربع بر ثانیه)	عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار)
٢	نانو روی	١٦٨/٨٢^{a}	٠/٤٣^{c}	٠/١٧^{a}	٣/١٠^{b}	٩/٣٢^{a}	٢٧/٧٧^{a}	٥٨٤٠/٩٧^{b}
	کلات روی	١٦٤/٨٧^{a}	٠/٦٢^{a}	٠/١٦^{a}	٣/٦٠^{a}	٧/٩٨^{b}	٢٥/٧٣^{a}	٦٤٤٥/١٤^{a}
	مخلوط	١٦٦/١٢^{a}	٠/٤١^{c}	٠/١٦^{a}	٢/١٥^{b}	١٣/١٠^{a}	٢٦/٠٤^{a}	٥٩١٩/٤٤^{ab}
	شاهد	١٧٨/٧٨^{a}	٠/٥٥^{b}	٠/١٦^{a}	٢/٩١^{b}	٩/٨٠^{a}	٢٧/٥٦^{a}	٥٨١٩/٤٤^{b}
١٠	نانو روی	١٦٠/٧٣^{a}	٠/٥٠^{bc}	٠/١٨^{b}	٢/٢٦^{c}	١٢/٧٨^{a}	٢٨/٧١^{b}	٤٦٠٠/١١^{ab}
	کلات روی	١٦٥/٣٠^{a}	٠/٢٧^{a}	٠/٢١^{a}	٣/٠٦^{a}	١١/٣٦^{b}	٣٣/٣٥^{a}	٤٦٨٥/١٧^{ab}
	مخلوط	١٥٢/٣٤^{a}	٠/٤٤^{c}	٠/١٨^{c}	٢/٦٦^{b}	١٠/٣٥^{c}	٢٧/٢٢^{c}	٤٩٣٨/٤٦^{a}
	شاهد	١٧٢/٨٢^{a}	٠/٣٦^{bf}	٠/١٣^{c}	٢/٣٨^{bc}	٩/٩٩^{d}	٢٣/١٢^{c}	٤١٤٥/٢٥^{b}
١٨	نانو روی	١٤٧/٣٣^{a}	٠/٤١^{a}	٠/١٨^{a}	٣/٥٣^{a}	٧/٦٧^{a}	٢٦/٣٣^{a}	٢٠٤٨/٨٩^{ab}
	کلات روی	١٤٥/٨٣^{a}	٠/٢٥^{b}	٠/١٥^{a}	٣/١٨^{a}	٦/٨٢^{a}	٢١/٤٦^{a}	١٩٦٤/٨٩^{ab}
	مخلوط	١٥٥/٤٤^{a}	٠/٣٤^{a}	٠/١٦^{a}	٢/٦٥^{a}	٩/١١^{a}	٢٤/١٧^{a}	١٧٧١/٥٥^{b}
	شاهد	١٥٩/٧٤^{a}	٠/٣٠^{a}	٠/١٥^{a}	٢/٤٠^{a}	٨/٩٦^{a}	٢١/١٩^{a}	٢٤٣٢/٤٤^{a}

در هر ستون در هر سطح کیفیت آب حداقل یک حرف مشترک نشان‌دهنده نبود تفاوت آماری در سطح احتمال ٥ درصد بر اساس آزمون Lsmeans می‌باشد.

جدول ٧- مقایسه میانگین برهم‌کنش ژنوتیپ و شوری آب بر پارامترهای فتوسنتزی اندازه‌گیری شده در جو.

کیفیت آب (دسی زیمنس بر متر)	ژنوتیپ	CO_2 زیر روزنه‌ای (میکرو لیتر بر لیتر)	هدایت روزنه‌ای (میلی مول CO_2 بر مترمربع بر ثانیه)	هدایت مزوفیلی (میلی مول CO_2 بر مترمربع بر ثانیه)	کارایی مصرف آب لحظه‌ای (میکرومول CO_2 بر میلی مول H_2O)	تعرق (میلی مول بر مترمربع بر ثانیه)	سرعت فتوسنتز (میکرومول فوتون بر مترمربع بر ثانیه)	عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار)
٢	موروکو	١٩٢/٢٥^{a}	٠/٥٧^{a}	٠/١٥^{b}	٢/٩٩^{ab}	١١/٣٠^{a}	٢٩/١٤^{a}	٥٥٢٣/٤٤^{c}
	نصرت	١٧٣/٤٤^{a}	٠/٤٩^{b}	٠/١٥^{b}	٢/٦٠^{b}	١٠/٢٤^{b}	٢٤/٩١^{b}	٦٤٩٤/٧٩^{a}
	٤ شور	١٤٣/٢٥^{b}	٠/٤٥^{b}	٠/١٨^{a}	٣/١٤^{a}	٨/٦٠^{c}	٢٦/٢٧^{ab}	٦٠٠٠/٥٢^{b}
١٠	موروکو	١٧٩/٩١^{a}	٠/٣٨^{a}	٠/١٣^{b}	٢/١٩^{b}	١١/٢٣^{b}	٢٣/٩٣^{b}	٤١٧٣/٦٨^{c}
	نصرت	١٦٥/٦٤^{a}	٠/٣٨^{a}	٠/١٩^{a}	٢/٦٠^{ab}	١٢/٠٧^{a}	٣١/٣٢^{a}	٤٦٤٤/٢٢^{b}
	٤ شور	١٤٢/٨٥^{b}	٠/٤١^{a}	٠/٢١^{a}	٢/٩٨^{a}	١٠/٠٦^{c}	٢٩/٠٥^{a}	٤٩٥٨/٨٤^{a}
١٨	موروکو	١٧٧/٦٥^{a}	٠/٢٩^{a}	٠/١٠^{c}	٢/٤٢^{b}	٧/٥٢^{b}	١٨/٤٢^{b}	١٨٣٣/٦٧^{b}
	نصرت	١٥٢/٩٣^{b}	٠/٣٤^{a}	٠/١٦^{b}	٢/٨٧^{b}	٩/٠٩^{a}	٢٤/٥٠^{a}	٢٠٦٩/٠٠^{ab}
	٤ شور	١٢٥/٦٨^{c}	٠/٣٥^{a}	٠/٢٢^{a}	٣/٥٣^{a}	٧/٨٠^{b}	٢٦/٩٤^{a}	٢٢٦٠/٦٧^{a}

در هر ستون و هر سطح کیفیت آب حداقل یک حرف مشترک نشان‌دهنده نبود تفاوت آماری در سطح احتمال ٥ درصد بر اساس آزمون Lsmeans می‌باشد.

جدول ۸- مقایسه میانگین برهم‌کنش ژنوتیپ و کود روی بر پارامترهای فتوسنتزی اندازه‌گیری شده در جو.

کود	ژنوتیپ	CO_2زیر روزنه‌ای (میکرو لیتر بر لیتر)	هدایت روزنه‌ای CO_2بر (میلی‌مول مترمربع بر ثانیه)	هدایت مزوفیلی CO_2بر (میلی‌مول مترمربع بر ثانیه)	کارایی مصرف آب (میکرومول CO_2بر میلی‌مول H_2O)	تعرق (میلی‌مول بر مترمربع بر ثانیه)	سرعت فتوسنتز (میکرومول فوتون بر مترمربع بر ثانیه)	عملکرد دانه (کیلو گرم در هکتار)
نانو روی	موروکو	۱۸۱/۱۴^{a}	۰/۵۱^{a}	۰/۱۵^{b}	۲/۴۹^{b}	۱۱/۰۷^{a}	۲۶/۵۴^{a}	۳۷۰۳/۶۰^{b}
	نصرت ۴	۱۵۹/۸۹^{a}	۰/۴۵^{ab}	۰/۱۸^{a}	۳/۰۳^{a}	۱۰/۰۹^{a}	۲۸/۷۲^{a}	۴۴۸۶/۶۱^{a}
	شور	۱۳۵/۸۵^{b}	۰/۳۸^{b}	۰/۲۱^{a}	۳/۳۷^{a}	۸/۶۱^{b}	۲۷/۵۵^{a}	۴۲۹۹/۷۶^{c}
کلات روی	موروکو	۱۸۳/۱۳^{a}	۰/۳۵^{a}	۰/۱۲^{b}	۳/۰۸^{a}	۸/۱۸^{b}	۲۲/۵۳^{b}	۴۰۵۹/۶۷^{b}
	نصرت ۴	۱۵۹/۱۴^{b}	۰/۳۹^{a}	۰/۱۹^{a}	۳/۲۴^{a}	۹/۳۲^{a}	۲۹/۶۰^{a}	۴۵۳۲/۵۷^{a}
	شور	۱۳۳/۷۲^{c}	۰/۴۱^{a}	۰/۲۱^{a}	۳/۴۳^{a}	۸/۶۵^{ab}	۲۸/۴۱^{a}	۴۵۰۲/۹۶^{ab}
مخلوط	موروکو	۱۸۰/۰۴^{a}	۰/۴۵^{a}	۰/۱۴^{b}	۲/۳۶^{a}	۱۱/۶۳^{a}	۲۵/۵۰^{a}	۳۷۳۷/۲۹^{b}
	نصرت ۴	۱۵۱/۸۸^{b}	۰/۳۶^{b}	۰/۱۶^{ab}	۲/۳۶^{a}	۱۰/۷۷^{ab}	۲۴/۴۷^{a}	۴۴۹۴/۴۴^{a}
	شور	۱۴۱/۹۹^{b}	۰/۳۸^{ab}	۰/۱۹^{a}	۲/۷۴^{a}	۱۰/۱۵^{b}	۲۷/۴۶^{a}	۴۳۹۷/۷۲^{a}
شاهد (آب)	موروکو	۱۸۸/۷۵^{a}	۰/۳۵^{b}	۰/۱۱^{b}	۲/۲۱^{b}	۹/۲۰^{b}	۲۰/۷۶^{b}	۳۸۷۳/۸۲^{b}
	نصرت ۴	۱۸۵/۱۱^{a}	۰/۴۲^{b}	۰/۱۴^{b}	۲/۱۵^{b}	۱۱/۶۷^{a}	۲۴/۸۴^{b}	۴۰۹۷/۰۵^{ab}
	شور	۱۳۷/۴۸^{b}	۰/۴۴^{a}	۰/۲۰^{a}	۳/۳۴^{a}	۷/۸۷^{c}	۲۶/۲۶^{a}	۴۴۲۶/۲۶^{a}

در هر ستون و هر سطح کود حداقل یک حرف مشترک نشان‌دهنده نبود تفاوت آماری در سطح احتمال ۵ درصد بر اساس آزمون Lsmeans می‌باشد.

جدول ۹- مقایسه میانگین برهم‌کنش کیفیت آب آبیاری (تنش شوری)، کود و ژنوتیپ بر پارامترهای فتوسنتزی اندازه‌گیری شده در جو.

کیفیت آب(دسی زیمنس بر متر)	کود	ژنوتیپ	زیر روزنه‌ایCO_2 (میکرولیتر بر لیتر)	هدایت روزنه‌ای CO_2 بر (میلی‌مول مترمربع بر ثانیه)	هدایت مزوفیلی CO_2 بر (میلی‌مول مترمربع بر ثانیه)	کارایی مصرف آب (میکرومول CO_2 بر H_2O ۱۰۰)	تعرق (میلی‌مول بر مترمربع بر ثانیه)	سرعت فتوسنتز (میکرومول فوتون بر مترمربع بر ثانیه)	عملکرد دانه (کیلو گرم در هکتار)
۲	نانو روی	موروکو	۱۹۱/۸۳^{a}	۰/۶۱۰^{a}	۰/۱۵۸^{a}	۲/۷۸۳^{a}	۱۱/۲۹^{a}	۳۰/۳۲^{a}	۵۲۶۲/۵۰^{b}
		نصرت ۴	۱۷۳/۳۰^{ab}	/۴۷۷^{b}	۰/۱۵۵^{a}	۲/۸۳۵^{a}	۹/۴۰^{a}	۲۶/۳۳^{a}	۶۹۰۰/۰۰^{a}
		شور	۱۴۱/۳۳^{b}	۰/۲۱۷^{c}	۰/۱۸۹^{a}	۳/۶۸۲^{a}	۷/۲۶^{b}	۲۶/۶۷^{a}	۵۳۶۰/۴۲^{b}
	کلات روی	موروکو	۱۸۹/۱۰^{a}	۰/۵۶۳^{b}	۰/۱۵۴^{a}	۴/۷۳۶^{a}	۶/۴۴^{b}	۲۸/۸۵^{a}	۶۲۱۸/۷۵^{a}
		نصرت ۴	۱۶۴/۱۷^{ab}	۰/۶۳۷^{ab}	۰/۱۶^{a}	۳/۴۳۸^{b}	۷/۲۲^{b}	۲۴/۶۷^{a}	۶۵۰۰/۰۰^{a}
		شور	۱۴۱/۳۳^{b}	۰/۶۶۳^{a}	۰/۱۶۷^{a}	۲/۳۲۵^{c}	۱۰/۲۷^{a}	۲۳/۶۷^{a}	۶۶۱۶/۶۷^{a}
	مخلوط	موروکو	۱۹۲/۷۳^{a}	۰/۵۹۰^{a}	۰/۱۴۷^{a}	۱/۷۱۷^{b}	۱۶/۸۲^{a}	۲۸/۲۵^{a}	۵۰۷۹/۱۷^{c}
		نصرت ۴	۱۵۹/۶۳^{ab}	۰/۲۹۷^{b}	۰/۱۳۷^{a}	۱/۷۸۲^{b}	۱۳/۰۴^{b}	۲۲/۰۳^{a}	۶۷۲۹/۱۷^{a}
		شور	۱۴۶/۰۰^{b}	۰/۳۴۰^{b}	۰/۱۹۵^{a}	۲/۹۴۸^{a}	۹/۴۴^{c}	۲۷/۸۴^{a}	۵۹۵۰/۰۰^{b}

ادامه جدول ٩-

١٠	شاهد (آب)	موروکو	١٩٥/٣٣^{a}	٠/٥١٠^{a}	٠/١٤٩^{a}	٢/٧٤١^{ab}	١٠/٦٤^{a}	٢٩/١٦^{a}	٥٥٣٣/٣٣^{a}
		نصرت	١٩٦/٦٧^{a}	٠/٥٦٣^{a}	٠/١٣٦^{a}	٢/٣٥٤^{b}	١١/٣١^{a}	٢٦/٦١^{a}	٥٨٥٠/٠٠^{a}
		٤ شور	١٤٤/٣٣^{b}	٠/٥٩٠^{a}	٠/١٨٩^{a}	٣/٦٢٣^{a}	٧/٤٥^{b}	٢٦/٩٣^{a}	٦٠٧٥/٠٠^{a}
	نانو روی	موروکو	١٨٣/٦٠^{a}	٠/٥٣٣^{a}	٠/١٤٧^{a}	٢/٠٠٢^{a}	١٣/٤٩^{a}	٢٧/٠٠^{a}	٤٠٨٠/٢٩^{b}
		نصرت	١٥٩/٧٠^{ab}	٠/٤٥٣a	٠/٢٠٣^{a}	٢/٤٠٨^{a}	١٣/٥٣^{a}	٣٢/٤٧^{a}	٤٤٩٨/٥٠^{b}
		٤ شور	١٣٩/٩٠^{b}	٠/٥٠٣^{a}	٠/٢٠١^{a}	٢/٣٦٤^{a}	١١/٣٣^{b}	٢٦/٦٧^{a}	٥٢٢١/٥٤^{a}
	کلات روی	موروکو	١٨٠/٠٠^{a}	٠/٢٥٠^{a}	٠/١٢٤^{c}	١/٩٣٧^{c}	١١/٤٨^{ab}	٢١/٨٣^{b}	٤٢٩٣/٥٨^{b}
		نصرت	١٧٤/٣٣^{a}	٠/٢٦٣^{a}	٠/٢٢٣^{b}	٣/٠٦٩^{b}	١٢/٩٣^{a}	٣٩/٠٠^{a}	٥٠١١/٠٤^{a}
		٤ شور	١٤١/٥٧^{a}	٠/٣٠٣^{a}	٠/٢٨٩^{a}	٤/١٩٠^{a}	٩/٦٦^{b}	٣٩/٢٢^{a}	٤٧٥٠/٨٧^{ab}
	مخلوط	موروکو	١٦٤/٤٧^{a}	٠/٤٢٧^{a}	٠/١٥٠^{a}	٢/٧٥٧^{a}	٩/٠٢^{b}	٢٤/٧٣^{a}	٤٤٥٢/٧١^{b}
		نصرت	١٤٦/٥٣^{a}	٠/٤٣٣^{a}	٠/٢٠٠^{a}	٢/٧١٧^{a}	١٠/٤٠^{b}	٢٨/٣٩^{a}	٥٠٨٠/٨٣^{a}
		٤ شور	١٤٥/٧٣^{a}	٠/٤٥٣^{a}	٠/١٩٦^{a}	٢/٥٠٣^{a}	١١/٦٢^{a}	٢٨/٥٣^{a}	٥٢٨١/٨٣^{a}
	شاهد (آب)	موروکو	١٩١/٢٧^{a}	٠/٣١٧^{a}	٠/١١٦^{a}	٢/٠٥٣^{a}	١٠/٩٤^{a}	٢٢/١٧^{a}	٣٨٦٨/١٢^{b}
		نصرت	١٨٢/٠٠^{ab}	٠/٣٧٠^{a}	٠/١٤٠^{a}	٢/٢٢٢^{a}	١١/٤٢^{a}	٢٥/٤٠^{a}	٣٩٨٦/٥٠^{ab}
		٤ شور	١٤٥/٢٠^{b}	٠/٤٠٠^{a}	٠/١٥٠^{a}	٢/٨٦٨^{a}	٧/٦٢^{b}	٢١/٧٨^{a}	٤٥٨١/١٢^{a}
١٨	نانو روی	موروکو	١٦٨/٠٠^{a}	٠/٣٨٠^{a}	٠/١٣٤^{b}	٢/٦٩٣^{b}	٨/٤٣^{a}	٢٢/٣٠^{a}	١٧٦٨/٠٠^{a}
		نصرت	١٤٦/٦٧^{ab}	٠/٤٢٠^{a}	٠/١٨٦^{ab}	٣/٨٣٦^{a}	٧/٣٦^{a}	٢٧/٣٥^{a}	٢٠٦١/٣٣^{a}
		٤ شور	١٢٧/٣٣^{b}	٠/٤٣٠^{a}	٠/٢٣١^{a}	٤/٠٦٧^{a}	٧/٢٣^{a}	٢٩/٣٣^{a}	٢٣١٧/٣٣^{a}
	کلات روی	موروکو	١٨٠/٣٠^{a}	٠/٢٢٧^{a}	٠/٠٩٤^{b}	٢/٥٥٩^{b}	٦/٦١^{a}	١٦/٩١^{b}	١٦٦٦/٦٧^{a}
		نصرت	١٣٩/٩٣^{b}	٠/٢٧٠^{a}	٠/١٨٣^{a}	٣/٢١٥^{ab}	٧/٨٣^{a}	٢٥/١٤^{a}	٢٠٨٦/٦٧^{a}
		٤ شور	١١٨/٢٧^{b}	٠/٢٧٠^{a}	٠/١٨٩^{a}	٣/٧٧٨^{a}	٦/٠٢^{a}	٢٢/٣٣^{a}	٢١٤١/٣٣^{a}
	مخلوط	موروکو	١٨٢/٦٣^{a}	٠/٣٣٣^{a}	٠/١٢٩^{b}	٢/٦٠٤^{a}	٩/٠٤^{a}	٢٣/٥٢^{a}	١٦٨٠/٠٠^{a}
		نصرت	١٤٩/٤٧^{ab}	٠/٣٤٧^{a}	٠/١٥٤^{ab}	٢/٥٨٧^{a}	٨/٨٩^{a}	٢٣/٠٠^{a}	١٦٧٣/٣٣^{a}
		٤ شور	١٣٤/٢٣^{b}	٠/٣٥٧^{a}	٠/١٩٤^{a}	٢/٧٧٢^{a}	٩/٣٩^{a}	٢٦/٠٠^{a}	١٩٦١/٣٣^{a}
	شاهد (آب)	موروکو	١٧٩/٦٧^{a}	٠/٢٤٠^{a}	٠/٠٦١^{c}	١/٨٣١^{b}	٦/٠٢^{c}	١٠/٩٦^{c}	٢٢٢٠/٠٠^{a}
		نصرت	١٧٦/٦٧^{ab}	٠/٣٣٣^{a}	٠/١٣٢^{b}	١/٨٦٤^{b}	١٢/٢٩^{a}	٢٢/٥٢^{b}	٢٤٥٤/٦٧^{a}
		٤ شور	١٢٢/٩٠^{b}	٠/٣٤٣^{a}	٠/٢٦٤^{a}	٣/٥١٩^{a}	٨/٥٦^{b}	٣٠/٠٨^{a}	٢٦٢٢/٦٧^{a}

در هر ستون و هر سطح کودی حداقل یک حرف مشترک نشان‌دهنده نبود تفاوت آماری در سطح احتمال ٥ درصد بر اساس آزمون Lsmeans می‌باشد.

نتیجه‌گیری کلی

مولفه‌های فتوسنتزی نظیر مقاومت روزنه‌ای، هدایت مزوفیلی، CO_2 زیر روزنه‌ای، کارایی مصرف آب و سرعت فتوسنتز تحت تاثیر کیفیت آب آبیاری و محلول‌پاشی با کود روی قرار گرفتند و واکنش ژنوتیپ‌های مورد بررسی از این نظر متفاوت بود. با افزایش شوری آب آبیاری گرچه مقاومت

روزنه‌ای افزایش و CO_2 زیر روزنه‌ای کاهش یافت ولی این کاهش در ژنوتیپ متحمل به شوری کمتر بود. در ضمن محلول پاشی با روی توانست سرعت فتوسنتز را حتی در شرایط کیفیت پایین آب آبیاری بهبود بخشد. از این رو به نظر می‌رسد در شرایط پایین‌بودن کیفیت آب آبیاری به منظور بهبود مولفه‌های فتوسنتزی بهتر است ضمن به کارگیری ژنوتیپ‌های متحمل به شوری، از محلول پاشی کودهای حاوی روی نیز استفاده شود.

منابع

1.Al-Karaki, G.N. 2006. Nursery inoculation of tomato with arbuscular mycorrhizal fungi and subsequent performance under irrigation with saline water. Scientia Hort., 109: 1–7.

2.Ashraf, M., and Harris, P.J.C. 2004. Potential biochemical indicators of salinity tolerance in plants. Plant Sci., 166: 3-16.

3.Basra, A.S., and Basra, P.K. 1997. Mechanisms of Environmental Stress Resistance in Plants. Hardwood Academic Publishers. Pp: 83-111.

4.Bazrafshan, A.H. 2011. Evaluation of interrelations of some antioxidants and physiological characteristics of sesame genotypes under a saline hydroponic culture. M.Sc. Agronomy, Isfahan University of Technology.

5.Brognoli, E., and Bjorkman, D. 1992. Growth of cotton under continous salinity stress. Influence of allocation pattern, stomatal and non stomatal components of photosynthesis and dissipation of excess light energy. Planta. 187:335-347.

6.Cakmak, I. 2008. Enrichment of cereal grains with zinc: agronomic or genetic biofortification. J. Plant and Soil., 302: 1-17.

7.Cakmak, I., Kalacyi, M., Ekiz, H., Braun, H.J., Klinic, Y., and Yilmaz, A. 1999. Zinc deficiency as a practical problem in plant and human nutrition in Turkey: A NATO-science for stability project. Field Crops Res., 60: 175-188.

8.Cordovilla, M.P., Ocana, A., Ligero, F., and Liuch, C. 1995. Salinity effects on growth analysis and nutrient composition in four grain legumes-rhizobium symbiosis. J. Plant Nut., 18:1596-1609.

9.Cornic, C., and Massacci, A. 1996. Leaf photosynthesis under drought stress. In Photosynthesis and Environment. Ed. Baker, N.R. Kluwer Academic Publish. Pp: 347-366.

10.Demir, M., and Ozturk, A. 2003. Effects of different soil salinity levels on germination and seedling growth of Safflower (*Carthamus tinctorius* L.). Turk. J. Agric. For., 27: 224-227.

11.Desingh, R., and Kanagaraj, G. 2007. Influence of salinity stress on photosynthesis and antioxidative systems in two cotton varieties. Gen. Appl. Plant Physiol., 33: 221-234.

12.Delauney, A.J., and Verma. D.S. 1993. Proline biosynthesis and osmoregulation in plants. Plant J., 4: 215-223.
13.Dhanapackiam, S., and Muhammad Ilyas. M.H. 2010. Effect of salinity on chlorophyll and carbohydrate contents of *Sesbania grandiflora* seedlings. Indian J. Sci. Technol., 3: 64-66.
14.Fathi. A. 2012. Effects of foliar application of nano-sized Iron and Zinc oxides on the response of wheat and corn cultivars to salinity. M.Sc. Agronomy, Isfahan University of Technology.
15.Fischer, R.A., Rees, D.K., Sayre, D., Lu, Z.M., Condon, A.G., and Larque Saavedra, A. 1998. Wheat yield progress associated with higher stomatal conductance and photosynthetic rate, and cooler canopies. Crop Sci., 38: 1467-1475.
16.Flexas, J., Ribas-Carbo, M., Diaz-Espejo, A., Galmes, J., and Medrano, H. 2008. Mesophyll conductance to CO2: current knowledge and future prospects. Plant. Cell Environ., 31: 602-621.
17.Ghafari, H., and Razmjoo, J. 2013. Effect of Foliar Application of Nano-iron Oxidase, iron chelate and iron sulphate rates on yield and quality of wheat. Inter. J. Agron. Plant Prod., 4: 2997-3003.
18.Haghbahari, M., and Sedsharifi, R. 2014. Influence of soil salinity and seed inoculation with plant growth promoting rhizobacteria (PGPR) on sodium and potassium rates, stomatal conductance and yield of wheat (*Triticum aestivum* L.). Environmetal stresses in crop Sci., 6: 25-75.
19.Haji Boland, R., and Ebrahimi, N. 2012. Effect of exin poly amins on growth, photosynthesis and metabolism of phenol in tobacco plants under salinity stress. J. Plant Biol., 3:13-26.
20.Hu, Y., and Schmidhalter, U. 2001. Effects of salinity and macronutrient levels on micronutrients in wheat. J. Plant Nut., 24: 273-281.
21.Javadipour, Z., Movahhedi Dehnavi, M., and Balouchi, H.R. 2013. Evaluation of photosynthesis parameters and chlorophyll content and fluorescence of safflower cultivars under slaine condition. EJCP. 6:29-50.
22.Jabbari, F., Ahmady, A., Poustini, K., Alizadeh, H., Sharifzadeh, F., and Ranjbar, M. 2009. Relative water content and gas exchange parameters of seven wheat genotypes differing in drought resistance. Iran. J. Field Crop Sci., 40: 197-208.
23.Kalayci, M., Torun, B., Eker, S., Aydin, M., Ozturk, L., and Cakmak, I. 1999. Grain yield, zinc efficiency and zinc concentration of wheat cultivation grown in a zinc-deficient calcareous soil in field and greenhouse. Field crops Res., 63: 87-98.
24.Khoshgoftarmanesh, A.H. 2005. The study-the efficiency of some wheat varieties in soil salinity and its correlation with zinc and cadmium species in the soil solution. Soil science Ph.D. thesis. Isfahan University of Technology. 180p.
25.Mashouf, M., Esmaeili Azadgoleh, M., Babaeian Jelodar, N., and Kafi, M. 2004. Photosynthetic response and stomatal conductance of two barley cultivars under salinty stress. Iran. J. Field Crops Res., 1: 43-51.

26.Masomi, A., Kafi, M., Nabati, J., Khazaei, H.R., Davari, K., and Zarehmehrjredi, M. 2012. Effects of water stress on water status and electrolyte leakage of leaf photosynthesis and chlorophyll fluorescence of two masses in Shur Coscia (Kochia scoparia) in salt conditions. Iran. J. Field Crops Res., (3): 476-484.
27.Mouk, B.O., and Ishii, T. 2006. Effect of arbuscular mycorrhizal fungi on tree growth and nutrient uptake of *Sclerocarya birrea* under water stress, salt stress and flooding. J. Japan. Soc. Hort. Sci., 75: 26–31.
28.Munns, R. 2002. Comparative physiology of salt and water stress. Plant Cell Environ., 25: 239-25.
29.Prasad, T.N., Sudhakar, P., Sreenivasulu, Y., Latha, P., Munaswamy, V., Raja Reddy, K., Sreeprasad, T.S., and Sajanlal, P.R. 2012. Effect of nanoscale zinc-oxide particles on the germination, growth and yield of peanut. J. Plant Nut., 35: 905–927.
30.Sabet Teimouri, M., Khazaie, H.R., Nassiri Mahallati, M., and Nezami, A. 2009. Effect of salinity on seed yield and yield components of individual plants, morphological haracteristics and leaf chlorophyll content of sesame (Sesamum indicum L.). Environ. Stress. Agric. Sci., 2:119-130.
31.Salehi, M., Nassiri Mahallati, M., Koocheki, A. 2003. Leaf nitrogen and SPAD reading as indicator for drought stress in wheat. Iranian J. Field Crops Res., 1: 199-204.
32.Sharifi, H.R., Khoshgoftarmansh, A.H., and Afuni, D. 2009. The efficiency of absorption of iron and zinc in spring wheat genotypes. Final report of SPII. 47p.
33.Siosemardeh, A., Khaledvandy, M., Bahramnezhad, B., and Rohi, E. 2012. Effects of drought stress on gas exchange and chlorophyll content of soluble proteins in the wheat Sardari ecotypes. Iran. J. Crop Sci., 43: 573-588.
34.Tattini, M., Marzi, L., Tafani, R., and Traversi, M.L. 1999. A review on salinity-induced changes in leaf gas exchange parameters of olive plants. Acta Hort., 474: 415-418.
35.Turan, M.A., Awad Alkarim, A.H., Taban, N., and Taban, S. 2009. Effect of salt stress on growth, stomatal resistance, proline and chlorophyll concentrations on maize plant. J. Aferi. Agric. Res., 4: 893-897.
36.Weisany, W., Sohrabi, Y., Heidari, G., Siosemardeh, A., and Ghassemi-Golezani, K. 2011. Physiological responses of soybean (*Glycine max* L.) to zinc application under salinity stress. Aust. J. Crop Sci., 11: 1441-1447.
37.Yang, J., Zhang, J., Huang, Z., Zhu, Q., and Wang, L. 2000. Remobilization of carbon reserves is improved by controlled soil drying during grain filling of wheat. Crop Sci., 40: 1645-1655.
38.Zarehmehrjerdy, M., Bagheri, A.R., Bahrami, A.R., Nabati, J., and Masomi, A. 2013. Effect of drought stress on photosynthetic characteristics of active phenolic compounds and radical scavenging capacity of different genotypes of chickpea in hydroponic. Sci. Technol. Green. Cul., 12: 59-76. (In Persian)

EJCP., Vol. 7 (4): 41-60
http://ejcp.gau.ac.ir

Effect of water salinity and nano and chelated zinc foliar application on photosynthesis parameters of barley genotypes

M. Mahlooji[*1], R. Seyed Sharifi[2], M. Sedghi[2], M.R. Sabzaliyan[3] and M.R. Kamali[4]

[1,2]Ph.D. Student and Associate Prof., Dept. of Agronomy and Plant Breeding, Mohaghegh Ardabil University, [3]Associate Prof., Dept. of Agronomy and Plant Breeding, Esfahan University of Technology, [4]Assistant Prof., Dept. of Cereal Research, Seed and Plant Improvement, Karaj, Iran

Received: 17-5-2014 ; Accepted: 28-7-2014

Abstract

In this experiment, the effects of irrigation water salinity and Zinc fertilizer applications were evaluated. The experiment was conducated in a strip split block design in 3 replications to find out photosynthesis parameters of leaf barley genotypes in Esfahan (Rodasht) drainage and salinity research station. Three water irrigation quality including w1=control, 1-2 ds/m (low salinity), W2=10 ds/m (common salinity in the region), W3=18 ds/m(high salinity) were evaluated in vertical factors. The horizontal factors were foliar spraying including (Nano zinc-oxide, Chelated zinc, mixture of nano and chelated and water spraing as a control). Three different barley including (Moroco as a moderate semi sensitive, Nosrat asa moderate tolerant and Line No.4 as a tolerant) genotypes spilted within vertical factors. While salinity increased the salinity, the stomatal resistance increased and Stomatal conductance and CO_2 decreased. Tolerant genotype had higher stomatal conductance, mesophyll conductance and water use efficiency. Line.4 had relative superiority in terms of photosynthetic rate, stomatal mesophyll and water use efficiency. It had the lowest transpiration and sub-stumatal CO_2. Zinc treatments had the minimum photosynthetic rate and the highest ub-st0matal CO_2. Spraying zinc treatment had higher mesophyll conductance than control. There was a positive and siginicant corroleation between mesophyll conductance and photosynthesis rate and a signicant negative corroleation between mesophyll conductance and sub-stomatal CO_2. The maximum and minimum of stomatal conductance were gained at nano and chelated treatments, respectively.

Keywords: Transpiration, Photosynthesis, Nano zinc oxid

*Corresponding author: mmahlooji2000@yahoo.com