نشریه پژوهشهای زراعی ایران
جلد ۱۳، شماره ۲ ، تابستان ۱۳۹۴، ص. ۴۱۰-۳۹۹

Iranian Journal of Field Crops Research
Vol. 13, No. 2, Summer. 2015, p. 399-410

تأثیر تنش شوری و تغذیه برگی با نانو اکسید روی بر عملکرد و برخی خصوصیات مورفوفیزیولوژیکی جو (*Hordeum vulgare* L.)

رئوف سید شریفی[۱*]- حسین کمری[۲]- قاسم نجفی[۳]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۳/۰۳/۱۷
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۳/۰۸/۰۷

چکیده

به‌منظور بررسی تأثیر تنش شوری و محلول‌پاشی با نانو اکسید روی بر عملکرد تک بوته و برخی خصوصیات مورفوفیزیولوژیک جو، آزمایشی با سه تکرار در شرایط کنترل به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی در سال ۱۳۹۲ اجرا شد. فاکتورهای مورد بررسی شامل چهار سطح شوری (صفر، ۲۵، ۵۰ و ۷۵ میلی‌مولار در خاک با استفاده از نمک NaCl) و چهار سطح محلول‌پاشی با نانو اکسید روی (صفر، ۰/۲۵، ۰/۵ و ۰/۷۵ گرم در لیتر) بودند. نتایج نشان داد با افزایش تنش شوری عملکرد، طول دوره پر شدن دانه، محتوای کلروفیل و هدایت روزنه‌ای کاهش یافت و عکس این حالت در محلول‌پاشی با نانو اکسید روی به‌دست آمد. با افزایش شوری خاک و عدم محلول‌پاشی، انتقال ماده خشک به دانه افزایش یافت. طوری‌که بیش‌ترین انتقال ماده خشک از ساقه و اندام هوایی به دانه (به‌ترتیب ۰/۴۴۵ و ۰/۱۹۹ گرم در بوته) در شوری ۷۵ میلی‌مولار و در تیمار عدم محلول‌پاشی نانو اکسید روی به‌دست آمد. مقایسه میانگین‌ها نشان داد بالاترین عملکرد تک بوته (۱/۲۲ گرم)، طول دوره پر شدن دانه (۳۰/۶۷ روز)، حداکثر وزن دانه (۰/۰۲۴۴)، محتوای کلروفیل (۵۳/۲) و هدایت روزنه‌ای (۲۳/۷ میلی‌مول در متر مربع در ثانیه) در محلول‌پاشی ۰/۷۵ گرم در لیتر نانو اکسید روی و عدم اعمال شوری و کمترین آنها در عدم محلول‌پاشی و بالاترین سطح شوری به‌دست آمد. به‌طور کلی نتایج نشان داد که به‌منظور افزایش عملکرد در شرایط شور محلول‌پاشی ۰/۷۵ گرم در لیتر نانو اکسید روی مفید است.

واژه‌های کلیدی: دوره پر شدن دانه، شاخص‌های رشد، کلرید سدیم، نانو ذرات

مقدمه

جو (*Hordeum vulgare* L.) یکی از مهم‌ترین گیاهان تیره غلات، در اقلیم‌هایی که تابستان خشک و طولانی داشته و از زمستان‌های سرد و مرطوب برخوردارند عملکرد نسبتاً مطلوبی دارد. عملکرد این گیاه به‌دلیل مقاوم بودن به خشکی و برخورداری از ماده خشک بالا، در شرایط نامناسب بیشتر از گندم است. افزایش روز افزون جمعیت ایجاب می‌کند که میزان تولید محصولات کشاورزی افزایش یابد. شوری آب و خاک از مهم‌ترین موانع افزایش عملکرد گیاهان به‌ویژه در مناطق خشک و نیمه خشک می‌باشد. حدود ۲۰ درصد کل اراضی کشور (۳۴ میلیون هکتار) تحت تأثیر شوری قرار دارد (۲۰). شوری در اثر غلظت بیش از حد یون‌های سدیم و کلر با ایجاد تنش اسمزی و کاهش جذب عناصر غذایی مورد نیاز گیاه، افزایش سطح هورمون اتیلن در گیاه، موجب کاهش رشد ریشه و گیاه می‌شود (۳۰). روی، عنصری ریز مغذی است که در مقادیر بسیار کم برای انجام فعالیت‌های فیزیولوژیک مثل فتوسنتز و سنتز پروتئین نیاز است (۲۷). کمبود آن در مناطق خشک و نیمه‌خشک، خاک‌های شنی و فرسایش یافته و به‌خصوص در خاک‌های آهکی، خاک‌های سدیمی و غرقابی شیوع بیش‌تری دارد (۴۲). کشت مداوم، مصرف همه ساله و بیش از نیاز کودهای فسفره، آبشویی و سایر شرایط حاکم بر خاک‌های آهکی از جمله وجود مقادیر زیاد کربنات کلسیم، pH قلیایی و عدم مصرف کودهای حاوی عناصر ریز مغذی و کودهای آلی موجب کاهش ذخیره این عنصر در خاک و در نتیجه کاهش عملکرد شده است. خوشگفتارمنش و همکاران (۲۵) گزارش دادند که روی نقش مهمی در بهبود عملکرد و کیفیت گندم (*Triticum aestivum* L.) در شرایط شور دارد. برخی معتقدند که افزایش غلظت روی اثر منفی NaCl را با محدود نمودن جذب سدیم و کلر در گیاه کاهش می‌دهد (۹). عبدالهادی (۸) گزارش کرد محلول‌پاشی با سولفات روی

۱- دانشیار دانشکده علوم کشاورزی دانشگاه محقق اردبیلی
(*- نویسنده مسئول: Email:Raouf_ssharifi@Yahoo.com)
۲ و ۳- دانشجویان کارشناسی ارشد علوم و تکنولوزی بذر دانشکده علوم کشاورزی دانشگاه محقق اردبیلی

در شرایط شوری، موجب بهبود عملکرد دانه جو شد.

دوره پر شدن دانه، دوره‌ای بین گلدهی و رسیدگی فیزیولوژیک است. در غلات این دوره به‌طور معنی‌داری به‌وسیله عوامل محیطی تحت تأثیر قرار می‌گیرد (۴۷). ماس و گریو (۲۹) اظهار داشتند تنش‌های محیطی با کاهش طول دوره پر شدن دانه، به‌طور معنی‌داری وزن نهایی دانه را کاهش می‌دهند. پسرکلی (۳۵) بیان داشت که تنش شوری موجب کاهش طول دوره و افزایش سرعت پر شدن دانه گردید و علت را به اختلال در فرآیند فتوسنتز در اثر سمیت یونی و کاهش سطح فتوسنتزی در اثر تنش اسمزی ناشی از تنش شوری نسبت داد. نیاز گیاهان به روی با اینکه اندک است ولی اگر مقدار کافی از این عنصر در دسترس نباشد گیاهان از تنش‌های فیزیولوژیکی حاصل از ناکارایی سیستم‌های متعدد آنزیمی و دیگر اعمال متابولیکی مرتبط با روی متأثر خواهند شد (۲). محمد و همکاران (۳۲) اعلام کردند که در اثر محلول‌پاشی عنصر روی به‌دلیل افزایش مقدار کل کربوهیدرات، نشاسته و پروتئین ساخته شده توسط گیاه، وزن دانه، سرعت و طول دوره پر شدن دانه افزایش یافته و در مجموع موجب افزایش عملکرد دانه می‌گردند.

در مرحله خوشه‌دهی و گرده‌افشانی، مواد فتوسنتزی تولیدی گیاه بیش‌تر از نیاز گیاه بوده و این مواد مازاد به ساقه منتقل شده و به‌صورت انواع کربوهیدرات ذخیره می‌شود (۱۵)، زمانی‌که گیاه وارد مرحله پر شدن دانه می‌شود، کربوهیدرات‌های ذخیره‌ای به دانه‌های در حال پر شدن منتقل شده و این مواد فتوسنتزی ذخیره شده نقش مهمی را در پر کردن دانه‌ها ایفا می‌کنند (۱۰). به نظر می‌رسد در شرایط مطلوب به‌دلیل افزایش فتوسنتز جاری، تعادل منبع و مخزن تا حدود زیادی حفظ شده و مواد تولیدی منبع می‌تواند در مخزن مورد استفاده قرار گیرد ولی زمانی‌که گیاه در شرایط شوری قرار گیرد و یا دسترسی به منابع غذایی مانند روی کاهش یابد، گیاه به نوعی در شرایط تنش قرار گرفته و تعادل منبع و مخزن به هم می‌خورد، در چنین شرایطی قدرت مخزن (فعالیت مخزن× اندازه آن= قدرت مخزن) بیش‌تر از منبع بوده و به‌دلیل روابط فیزیولوژیکی موجود بین منبع و مخزن (ظرفیت بالای مخزن موجب فعالیت بیش‌تر منبع می‌شود)، منبع میزان انتقال ماده‌ی خشک را افزایش می‌دهد تا شاید بتواند بخشی از نیاز شدید مخازن (دانه‌ها) را برآورده نماید (۴ و ۵).

مقاومت روزنه‌ای در برابر عبور CO_2 یا به‌عبارتی همان کاهش هدایت روزنه‌ای ناشی از بسته شدن نسبی روزنه‌ها می‌باشد که در جهت جلوگیری از هدر رفت آب به وقوع می‌پیوندد (۴۱). روی نقش مهمی در تنظیم میزان باز بودن روزنه‌ها به‌دلیل نگهداری عنصر پتاسیم در سلول‌های محافظ روزنه دارد. کاهش فعالیت آنزیم کربنیک آنهیدراز ناشی از کمبود روی می‌تواند به بسته شدن روزنه‌ها و کاهش میزان فتوسنتز خالص منجر شود (۴۶). این عنصر در بیوسنتز کلروفیل مورد نیاز است و با تولید هورمون ایندول استیک اسید ضمن جلوگیری از تخریب کلروفیل منجر به افزایش کلروفیل‌های a و b شده و از این طریق به افزایش فتوسنتز و عملکرد دانه منجر می‌شود (۲۴). بررسی‌های وانخاده (۴۴) نشان داد که محتوای کلروفیل برگ و وزن خشک گیاه در تیمارهای حاوی روی افزایش یافت. آسک و همکاران (۱۱) گزارش کردند که افزایش غلظت یون‌های سمی از جمله یون سدیم در بافت برگی در اثر افزایش شوری محیط، موجب تخریب کلروفیل گردید. رائو و رائو (۳۷) گزارش کردند که شوری ۸ دسی زیمنس بر متر، مقدار کلروفیل و کارتنوئید را کاهش داد و کاهش مقدار کلروفیل تحت شرایط شوری با فعالیت بیش‌تر آنزیم کلروفیلاز ارتباط داشت. تنش شوری همچنین موجب بسته شدن روزنه‌ها شده که در نتیجه نسبت CO_2 به O_2 را در برگ‌ها کاهش داده و از تثبیت CO_2 ممانعت می‌کند (۲۸). بیش‌ترین تأثیر شوری بر روی گیاهان ممانعت از رشد آن‌هاست. نتایج حاصل از تحقیقات نشان داده‌اند که تحت تنش شوری، هدایت روزنه‌ای داخل سلول تا حدود ۳۰ درصد کاهش می‌یابد (۱۷).

با توجه به اینکه شوری از مهم‌ترین و متداول‌ترین تنش‌های محیطی در سطح جهان و ازجمله ایران است (۴۰) و پیش‌بینی می‌شود که افزایش خاک‌های شور، منجر به کاهش ۲۵٪ از اراضی قابل کشت در ۲۵ سال آینده شود (۲۶)، به نظر می‌رسد یکی از راه‌کارهای مناسب در جهت کاهش یا تعدیل اثر شوری بر عملکرد، محلول‌پاشی با عنصر ریز مغذی روی باشد. در این راستا پژوهش حاضر با هدف بررسی تأثیر سطوح مختلف محلول‌پاشی نانو اکسید روی در شرایط شوری خاک بر عملکرد، سرعت و طول دوره پر شدن دانه و برخی خصوصیات مورفوفیزیولوژیک جو اجرا گردید.

مواد و روش‌ها

به‌منظور بررسی اثر محلول‌پاشی نانو اکسید روی بر عملکرد و برخی خصوصیات مورفوفیزیولوژیک جو در شرایط شوری، آزمایشی در گلخانه دانشکده کشاورزی دانشگاه محقق اردبیلی به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار اجرا شد. فاکتورهای مورد بررسی شامل چهار سطح محلول‌پاشی نانو اکسید روی (صفر، ۰/۲۵، ۰/۵ و ۰/۷۵ گرم در لیتر) و چهار سطح شوری (عدم اعمال شوری به‌عنوان شاهد و اعمال شوری‌های ۲۵، ۵۰ و ۷۵ میلی‌مولار از نمک NaCl در محلول آب آبیاری) بود. نانو اکسید روی تولید کشور چین بود که از شرکت نوترینو تهیه شد و مشخصات آن در جدول ۱ درج شده است.

با استفاده از نمک NaCl و نرم افزار Salt Calc مقدار نمک مورد نیاز برای هر یک از سطوح شوری در خاک، در دو نوبت (مرحله بعد از کاشت و مرحله ۳-۴ برگی) همراه آب آبیاری اعمال گردید. برای حفظ شوری در طول دوره رشد در زیر هر گلدان زیر گلدانی قرار داده

شده بود تا بعد از هر سه تا چهار نوبت آبیاری، نمک‌های احتمالی وارد شده به زیر گلدانی دوباره در آب حل شده و به داخل هر گلدان برگشت داده شد. آبیاری بر اساس شرایط محیطی و نیاز گیاه زراعی انجام شد. رقم جو مورد استفاده LB-IRAN بود.

جدول ۱- مشخصات نانو اکسید روی مورد استفاده

وزن	۱۰۰ گرم
خلوص	۹۹ درصد
میانگین اندازه ذرات	کم‌تر از ۳۰ نانومتر
سطح ویژه ذرات	بیش‌تر از ۳۰ متر مربع در هر گرم
رنگ	سفید و به صورت پودر

این رقم پا کوتاه با تیپ رشدی بهاره و مناسب مناطق سرد و سرد معتدل است که از شرکت کشت و صنعت مغان تهیه شد. پس از تهیه خاک یک دست، ۱۵ کیلوگرم خاک به هر گلدان اضافه شده و تمامی گلدان‌های به قطر ۳۶ سانتی‌متری، تا ارتفاع ۴۰ سانتی‌متری از خاک پر شدند و به این ترتیب حجم یکسانی از خاک درون گلدان‌ها ریخته شد. سپس براساس مساحت هر گلدان که معادل ۱۰۰۰ سانتی‌متر مربع بود ۴۰ عدد بذر در هر گلدان برای اعمال تراکم ۴۰۰ بذر در متر مربع که تراکم مطلوب و توصیه شده برای این رقم است، کشت گردید. البته تراکم نهایی بیش از ۴۰ بوته در متر مربع بود که این ناشی از وجود پنجه‌های تولیدی بود. محلول‌پاشی در دو مرحله از دوره رشد رویشی (مرحله ۳ تا ۴ برگی و مرحله قبل از ظهور سنبله) انجام شد. گلدان‌ها در شرایط گلخانه‌ای در دمای ۲۰ تا۳۰ درجه سانتی‌گراد با طول دوره روشنایی ۱۵- ۱۶ ساعت (با استفاده از ترکیبی از لامپ‌های معمولی و مهتابی) و رطوبت نسبی ۵±۶۵ درصد نگهداری شدند، مشخصات فیزیکوشیمیایی خاک مورد استفاده در جدول ۲ آورده شده است.

میزان کلروفیل و هدایت روزنه‌ای برگ پرچم در تیمارهای مختلف از ۶۰ روز بعد از کاشت هر چهار روز یک بار توسط دستگاه کلروفیل‌متر (SPAD-502 مینولتای ژاپن) و پرومتر (PROMETR دیکاگن آمریکا) اندازه‌گیری شد.

به‌منظور ارزیابی تأثیر سطوح مختلف شوری و محلول‌پاشی نانو اکسید روی بر سرعت پر شدن دانه جو، نمونه‌برداری از هشت روز بعد از خوشه‌دهی در فواصل زمانی هر چهار روز یک بار انجام شد. در این مرحله ۱۶ بوته به ظاهر یکنواخت و مشابه انتخاب گردید. هر بار دو خوشه از هر گلدان انتخاب و بعد از انتقال به آزمایشگاه دانه‌ها از خوشه جدا شده و به مدت دو ساعت در آون الکتریکی تهویه‌دار در دمای ۱۳۰ درجه سانتی‌گراد قرار گرفتند. سپس وزن خشک تک بذر از محاسبه وزن خشک کل به تعداد بذر برآورد گردید (۳۹). به‌منظور برآورد، تجزیه و تحلیل و تفسیر پارامترهای مربوط به پر شدن دانه از یک مدل رگرسیون خطی (دو تکه‌ای) براساس رویه DUD و دستورالعمل Proc Nlin نرم افزار SAS به‌صورت زیر استفاده گردید.

$$GW=\begin{cases} a+bt_0 & t<t_0 \\ a+bt & t>t_0 \end{cases} \quad (1)$$

در این رابطه GW وزن دانه، t زمان و b سرعت پر شدن دانه است، t_0 پایان دوره پر شدن دانه و a عرض از مبدأ است. این مدل تغییرات وزن دانه نسبت به زمان را به دو مرحله تفکیک می‌کند: مرحله اول که در حقیقت مرحله خطی پر شدن دانه است، وزن دانه تا رسیدن به حداکثر مقادیر خود در زمان t_0 که در حقیقت زمان رسیدگی وزنی است، به‌صورت خطی افزایش پیدا می‌کند. شیب خط رگرسیون در این مرحله ($t < t_0$) سرعت پر شدن دانه را نشان می‌دهد. با برازش این مدل بر کلیه داده‌ها ابتدا دو پارامتر مهم پر شدن دانه یعنی سرعت پر شدن دانه (b) و زمان رسیدگی وزنی (t_0) به‌دست آمده و سپس مقدار عددی t_0 در قسمت دوم رابطه (۱) قرار داده شد و GW که وزن دانه است محاسبه گردید. برای تعیین دوره مؤثر پر شدن دانه از رابطه (۲) استفاده شد (۱۹):

$$EFP=MGW/GFR \quad (2)$$

در این رابطه EFP دوره مؤثر پر شدن دانه، MGW حداکثر وزن دانه و GFR سرعت پر شدن دانه است. به‌منظور بررسی میزان انتقال مجدد مواد از اندام‌های رویشی به دانه، در هر گلدان ۱۲ بوته مشابه و یکنواخت از یک هفته قبل از پر شدن دانه تا رسیدگی فیزیولوژیک علامت‌گذاری شد و هر چهار روز یک بار برداشت نمونه انجام گرفت. بوته‌های برداشت شده به ساقه، برگ، سنبله و دانه تفکیک شده و پس از خشک کردن (قرار دادن در آون با دمای ۷۵ درجه سانتی‌گراد به مدت ۷۲ ساعت یا بیش‌تر تا زمان تثبیت وزن خشک نهایی)، میزان انتقال ماده خشک، سهم فرآیند انتقال مجدد و میزان مشارکت ذخایر ساقه در عملکرد دانه از طریق روابط (۳) تا (۶) برآورد گردید (۱۲).

جدول ۲- مشخصات فیزیکوشیمیایی خاک مورد استفاده

مشخصه	pH	درصد اشباع	آهک (٪)	رس (٪)	سیلت (٪)	شن (٪)	بافت	کربن آلی (٪)	نیتروژن (٪)	فسفر ($mg\ kg^{-1}$)	پتاسیم ($mg\ kg^{-1}$)
مقدار	۷/۸	۴۷	۱۵	۲۳	۴۲	۳۵	سیلتی لومی	۰/۶۲	۰/۰۶۲	۲۹/۸۲	۲۱۲

در این روابط کاهش ناشی از تنفس در نظر گرفته نشده است و فرض شده است که تنفس برای شرایط محیطی مورد استفاده در این بررسی یکسان است. اهدائی و ونیز (۱۸) هم در بررسی‌های مربوط به تنوع ژنتیکی انتقال مجدد در گندم، چنین فرضی را به‌کار برده‌اند.

وزن خشک اندام هوایی (به جز دانه) در مرحله رسیدگی – حداکثر ماده خشک اندام هوایی در برداشت اول = انتقال ماده خشک (گرم در بوته) (۳)

۱۰۰× عملکرد دانه / وزن اندام هوایی (به جز دانه) در رسیدگی – حداکثر وزن اندام هوایی در برداشت اول=سهم فرایند انتقال مجدد در عملکرد دانه تک بوته (۴)

وزن خشک ساقه (به جز دانه) در رسیدگی فیزیولوژیک – حداکثر وزن خشک ساقه در برداشت اول = میزان انتقال مجدد از ساقه (گرم در بوته) (۵)

۱۰۰ × عملکرد دانه / انتقال مجدد مواد ذخیره‌ای از ساقه به دانه =درصد سهم ذخایر ساقه در عملکرد دانه تک بوته (۶)

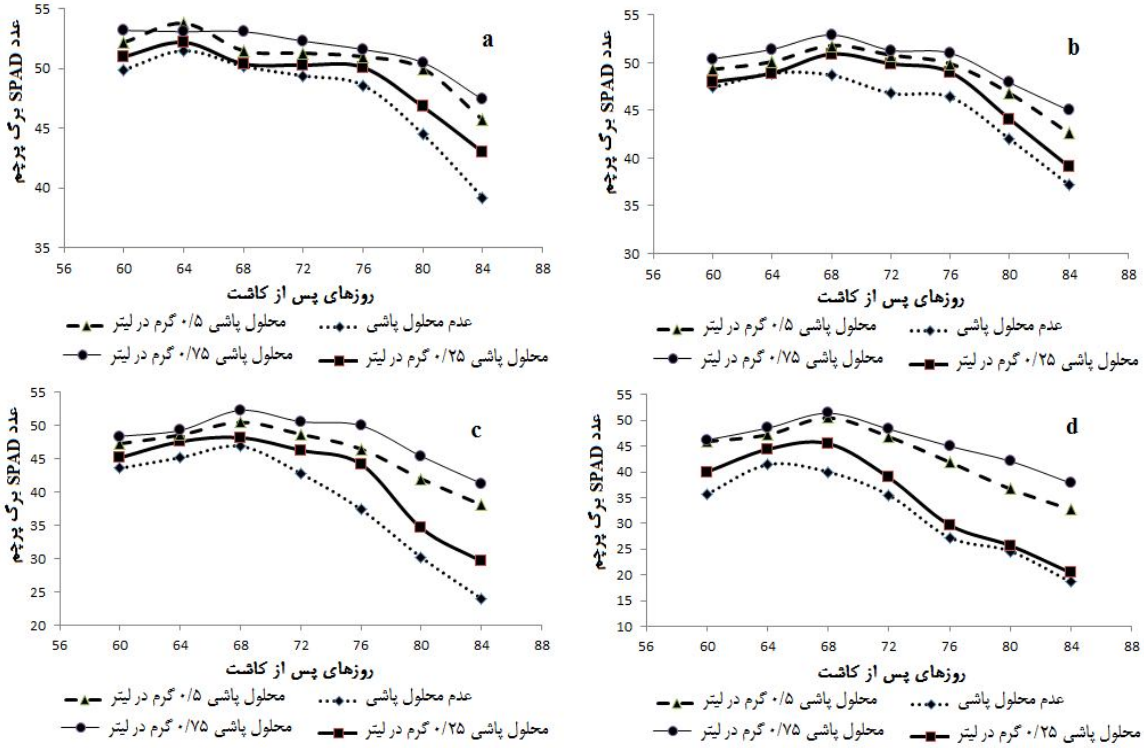
برای تعیین عملکرد تک بوته و اجزای عملکرد ۱۰ بوته از هر گلدان از سطح خاک کف بر شد و سپس ارتفاع گیاه، طول سنبله، تعداد دانه در سنبله، وزن صد دانه، عملکرد تک بوته در بوته‌های انتخابی اندازه‌گیری و میانگین آن‌ها به‌عنوان ارزش آن صفت در جدول تجزیه واریانس منظور گردید. برای تجزیه و تحلیل داده‌ها و رسم نمودارها از نرم افزارهای SAS و Excel و برای مقایسه میانگین ها از آزمون LSD استفاده شد.

نتایج و بحث

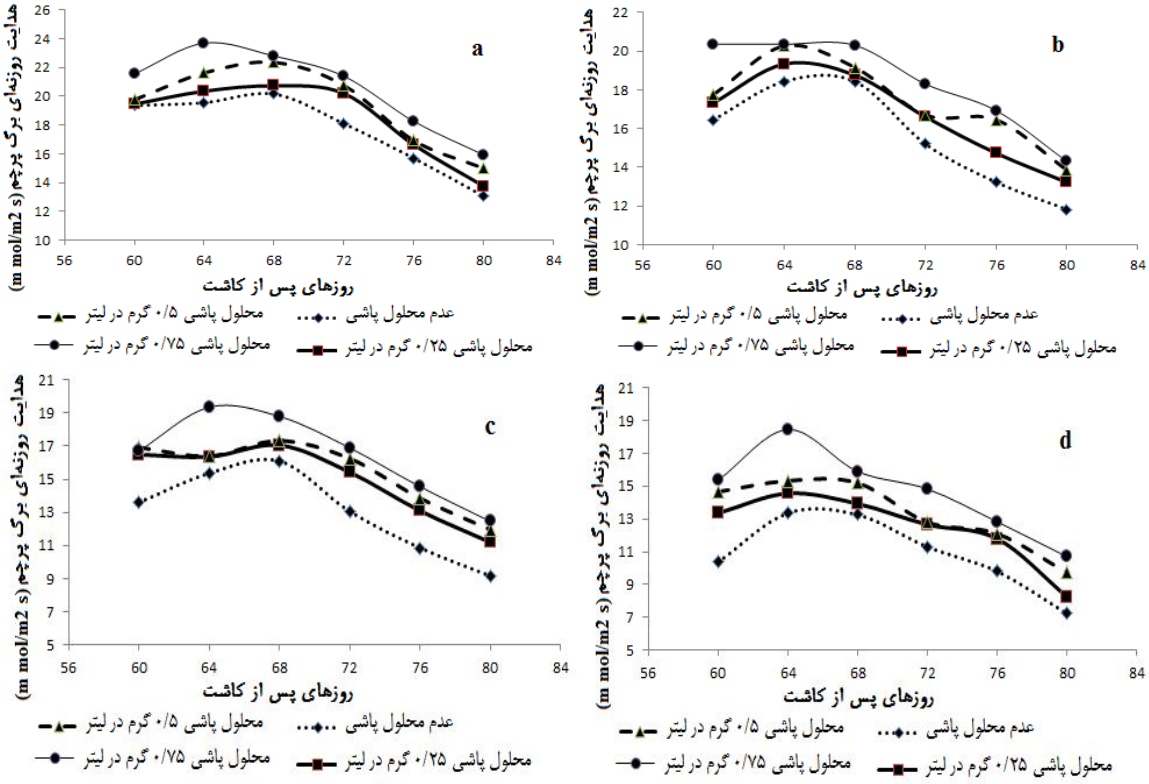
کلروفیل و هدایت روزنه‌ای: بررسی روند تغییرات کلروفیل و هدایت روزنه‌ای در بین تیمارهای مورد بررسی نشان داد که کلروفیل و هدایت روزنه‌ای برگ پرچم در طول دوره رشد گیاه با گذشت زمان از روند کاهشی برخوردار بودند (شکل‌های ۱ و ۲). بررسی‌های انجام شده توسط روشنفکر دزفولی و همکاران (۳) نشان داد که روند تغییرات کلروفیل و هدایت روزنه‌ای در طول دوره‌ی رشد گیاه با افزایش دما به‌طور همزمان کاهش می‌یابد، طوری‌که بیش‌ترین مقدار کلروفیل (۵۳/۲) و هدایت روزنه‌ای (۲۳/۷ میلی‌مول در متر مربع در ثانیه) در روزهای آغازین پس از گل‌دهی به ثبت رسید و به‌تدریج با کاهش غلظت کلروفیل به‌دلیل افزایش مقاومت روزنه‌ای، میزان هدایت روزنه‌ای کاهش یافت. عدم اعمال شوری × بالاترین سطوح نانو اکسید روی بالاترین اعداد کلروفیل‌متر و پرومتر را نشان داد و کمترین آنها در بالاترین میزان شوری و عدم محلول‌پاشی نانو اکسید روی مشاهده شد (شکل‌های ۱ و ۲). کاهش ۴۴/۸ درصدی در هدایت روزنه‌ای و کاهش ۲۹/۱ درصدی در محتوای کلروفیل در بالاترین سطح شوری و عدم کاربرد نانواکسید روی در مقایسه با عدم اعمال شوری در بالاترین سطح از مصرف نانواکسید روی مشاهده گردید. کاهش میزان کلروفیل با مشاهدات سایر محققین مبنی بر این که تحت تنش‌های شوری و کمبود آب، میزان تولید گونه‌های اکسیژن فعال در گیاه افزایش یافته و این مولکول‌ها موجب تجزیه ماکرومولکول‌ها و مولکول‌هایی از قبیل کلروفیل می‌شوند مطابقت دارد (۳۱). همچنین کاهش در محتوای کلروفیل می‌تواند به‌دلیل کاهش در محتوای پتاسیم باشد (۳۳). در مقادیر بالای شوری، یون‌های پتاسیم کاهش و توسط یون سدیم جایگزین می‌شود که این عمل علاوه بر به هم زدن تعادل یونی موجب تغییر تورژسانس سلول‌های محافظ، اختلال در متابولیسم سلولی، بسته شدن روزنه‌ها، کاهش پتانسیل آب در محیط ریشه و در نهایت به کاهش عملکرد منجر می‌شود (۶). روی، نقش مهمی در تنظیم میزان باز بودن روزنه‌ها به‌دلیل نگهداری عنصر پتاسیم در سلول‌های محافظ روزنه دارد و کاهش فعالیت آنزیم کربنیک آنهیدراز ناشی از کمبود روی نیز می‌تواند به بسته شدن روزنه‌ها و کاهش میزان فتوسنتز خالص منجر شود (۴۶). مشاهدات ملکوتی و تهرانی (۷) نشان داد که در شرایط کمبود روی به‌دلیل کاهش تعداد رنگدانه‌های فتوسنتزی و مقدار کلروفیل برگ‌ها، عملکرد دانه کاهش می‌یابد.

براساس نتایج جدول تجزیه واریانس تأثیر شوری، محلول‌پاشی نانو اکسید روی و اثر ترکیب این دو عامل بر سرعت و طول دوره مؤثر پر شدن دانه، انتقال ماده خشک از اندام هوایی و ساقه به دانه، ارتفاع بوته، طول سنبله، تعداد دانه در سنبله، وزن صد دانه و عملکرد تک بوته معنی‌دار گردید (جدول ۳).

سرعت و دوره پر شدن دانه: براساس نتایج مشخص گردید که با افزایش میزان شوری، سرعت و طول دوره پر شدن دانه در تمامی تیمارهای مورد بررسی کاهش یافت (جدول ۴). همچنین محلول‌پاشی نانو اکسید روی، اثر نامساعد تنش شوری را تعدیل نموده و در سطوح مختلف شوری، محلول‌پاشی از نظر سرعت و دوره مؤثر پر شدن دانه با تیمار عدم محلول‌پاشی نانو اکسید روی اختلاف آماری معنی‌داری داشت. محلول‌پاشی با نانو اکسید روی در شرایط شوری منجر به افزایش سرعت و طول دوره پر شدن دانه در مقایسه با تیمار شاهد شد. به نظر می‌رسد روی با تعدیل اثر ناشی از تنش شوری، موجب افزایش سرعت و طول دوره پر شدن دانه شده است.



شکل ۱- روند تغییرات کلروفیل برگ پرچم جو در حالت عدم اعمال شوری (a)، شوری ۲۵ میلی‌مولار (b)، شوری ۵۰ میلی‌مولار (c) و شوری ۷۵ میلی‌مولار (d) در سطوح مختلف محلول‌پاشی با نانو اکسید روی



شکل ۲- روند تغییرات هدایت روزنه‌ای برگ پرچم جو در حالت عدم اعمال شوری (a)، شوری ۲۵ میلی‌مولار (b)، شوری ۵۰ میلی‌مولار (c) و شوری ۷۵ میلی‌مولار (d) در سطوح مختلف محلول‌پاشی با نانو اکسید روی

تأثیر سطوح مختلف شوری و محلول‌پاشی نانو اکسید روی بر سرعت و طول دوره پر شدن دانه جو در شکل ۳ و معادلات رگرسیونی برازش شده برای هر ترکیب تیماری در جدول ۴ آورده شده است. بررسی روند تغییرات سرعت پر شدن دانه در محلول‌پاشی نانو اکسید روی در سطح ثابت از شوری، نشان داد که الگوی نمو بذر در کلیه ترکیب‌های تیماری مشابه است بدین ترتیب که ابتدا وزن دانه به‌صورت خطی افزایش یافت و به حداکثر خود رسید (رسیدگی وزنی)، پس از این مرحله، وزن دانه از تغییرات چندانی برخوردار نبود و به‌صورت یک خط افقی در آمد. براساس نتایج به‌دست آمده مشخص گردید که بین سطوح مختلف محلول‌پاشی نانو اکسید روی در سطح ثابتی از شوری، از نظر دوره مؤثر پر شدن، حداکثر وزن دانه و طول دوره پر شدن دانه تفاوت‌های وجود داشت. به‌عبارتی شیب خطی برازش شده برای ترکیبات تیماری مختلف یکسان نبود (جدول ۴). در سطح ثابت از کلیه سطوح شوری، حداکثر وزن تک بذر به محلول‌پاشی ۰/۷۵ گرم در لیتر نانو اکسید روی و حداقل وزن آن به حالت عدم محلول‌پاشی مربوط می‌شد. حداکثر وزن تک بذر (۰/۰۲۴۴ گرم) در ترکیب تیماری عدم اعمال شوری × محلول‌پاشی ۰/۷۵ گرم در لیتر نانو اکسید روی و حداقل آن (۰/۰۱۱۶ گرم) در بالاترین سطح از شوری × عدم محلول‌پاشی برآورد گردید (جدول ۴). با افزایش شوری، وزن تک بذر جو کاهش یافته و با کاهش آن افزایش یافت. به‌نظر می‌رسد محلول‌پاشی نانو اکسید روی با افزایش کلروفیل (شکل ۱) و کاهش مقاومت روزنه‌ای (شکل ۲) میزان آسیمیلاسیون را افزایش داده و موجب بالا رفتن نقل و انتقال مواد به دانه شده و پر شدن دانه افزایش می‌یابد. نتایج نشان داد که طول دوره و دوره مؤثر پر شدن دانه با افزایش سطح شوری کاهش و با محلول‌پاشی نانو اکسید روی افزایش یافت (جدول ۴). حداکثر طول دوره و دوره مؤثر پر شدن دانه (به‌ترتیب ۳۰/۶۷، ۲۶/۴ روز) به ترکیب تیماری عدم اعمال شوری × محلول‌پاشی ۰/۷۵ گرم در لیتر نانو اکسید روی و حداقل طول این دوره (۲۶/۵۵، ۲۱/۷ روز) به ترکیب تیماری شوری ۷۵ میلی‌مولار × عدم محلول‌پاشی تعلق داشت. به‌عبارتی کاهش ۴/۱۲ روز یا ۱۳/۴۳درصدی در طول دوره پر شدن دانه و کاهش ۴/۷ روز یا ۱۷/۸ درصدی در دوره مؤثر پر شدن دانه در بالاترین سطح شوری و عدم کاربرد نانواکسید روی در مقایسه با شاهد یا عدم اعمال شوری در بالاترین سطح از مصرف نانواکسید روی مشاهده گردید. دوره پر شدن دانه مرحله اصلی تشکیل عملکرد دانه است و طولانی‌تر بودن این دوره امکان انتقال مواد فتوسنتزی بیش‌تر از مبدأ به مقصد و در نتیجه افزایش عملکرد دانه را فراهم می‌سازد (۲۲). کاهش وزن دانه در شرایط شور با کاهش طول دوره پر شدن دانه قابل توجیه است. پوستینی (۳۶) همبستگی معنی‌دار مشاهده شده بین وزن خشک دانه و طول دوره پر شدن دانه گندم (*Triticum aestivum* L.) را در شرایط شور، به اهمیت و نقش مؤثر دوام پر شدن دانه در تحمل به شوری نسبت داد.

جدول ۳- تجزیه واریانس تأثیر شوری و نانو اکسید روی بر سرعت و طول دوره پر شدن دانه، عملکرد و برخی صفات مرتبط با عملکرد جو

منابع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات												
		سرعت پر شدن دانه	دوره مؤثر پر شدن دانه	طول دوره پر شدن	حداکثر وزن دانه	میزان انتقال مجدد از کل اندام هوایی	درصد سهم فرآیند انتقال مجدد در عملکرد دانه	میزان انتقال مجدد از ساقه	درصد مشارکت ذخایر ساقه در عملکرد دانه	ارتفاع بوته	طول سنبله	تعداد دانه در سنبله	وزن صد دانه	عملکرد تک بوته
تکرار	۲	۳/۷۸۴ **	۳۱/۳۸ **	۱۰/۸۷ **	۰/۰۰۰۰۴۶ **	۰/۰۰۱۲۹ ns		۰/۰۰۱۶۳ ns	۱۹/۱۹ ns	۷۳۴۱ ns	۰/۰۰۲ **	۶۳۲/۲۷ **	۰/۰۷۵ ns	۰/۰۰۰۸ ns
شوری	۳	۳/۲۶۸ **	۷/۴۸ **	۱۱/۷۷ **	۰/۰۰۰۱۳۶ **	۰/۱۵۸۰ **	۱۳۳۰/۴۶ **	۰/۰۴۷۶ **	۱۰۱۳/۶۲ **	۲۳۲۲۸ **	۰/۰۵۴ **	۶۳۲/۶۹ **	۲/۰۴۷ **	۰/۰۸۲ **
روی	۳	۱/۰۶۸ **	۱۲/۳۳ **	۲/۴۶ **	۰/۰۰۰۰۵۳ **	۰/۱۳۳۳ **	۱۲۸۶/۶۳ **	۰/۰۳۵۰ **	۸۳۲/۱۸۸ **	۶۳۲۱۱ **	۳/۴۸ **	۳۳۹/۳۰ **	۱/۴۵۴ **	۰/۱۰۷ **
روی×شوری	۹	۶/۸۷۵ **	۰/۳۰۱ **	۰/۵۰۲ **	۰/۰۰۰۰۰۴ **	۰/۰۰۰۱۰۸ ns	۱۴/۸۴ ns	۰/۰۰۰۳۹۶ ns	۳/۲۳ ns	۳۳۰/۸ **	۰/۰۴۳ ns	۶/۹۷ **	۰/۱۲۲ **	۰/۰۱۰۶ *
خطا	۳۰	۱/۲۱۱	۰/۰۵۵	۰/۰۱۱	۰/۰۰۰۰۰۱	۰/۰۰۰۲۱۳	۱۴/۷۶	۰/۰۰۰۲۴۱	۲۸/۱	۴/۰۲	۰/۰۱۰۸	۱/۴۲	۰/۰۴۱	۰/۰۰۳۱
ضریب تغییرات	-	۴/۵۲	۱/۰۶۱	۲/۴۰۵	۲/۰۸۴	۱۷۴۰	۱۲/۴۳	۲۱/۰۸	۳۳۷۱	۵/۴۳	۵/۴۳	۵	۶/۰۶	۵/۹۵

ns، *، ** به‌ترتیب غیر معنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال پنج و یک درصد

میانگین مربعات

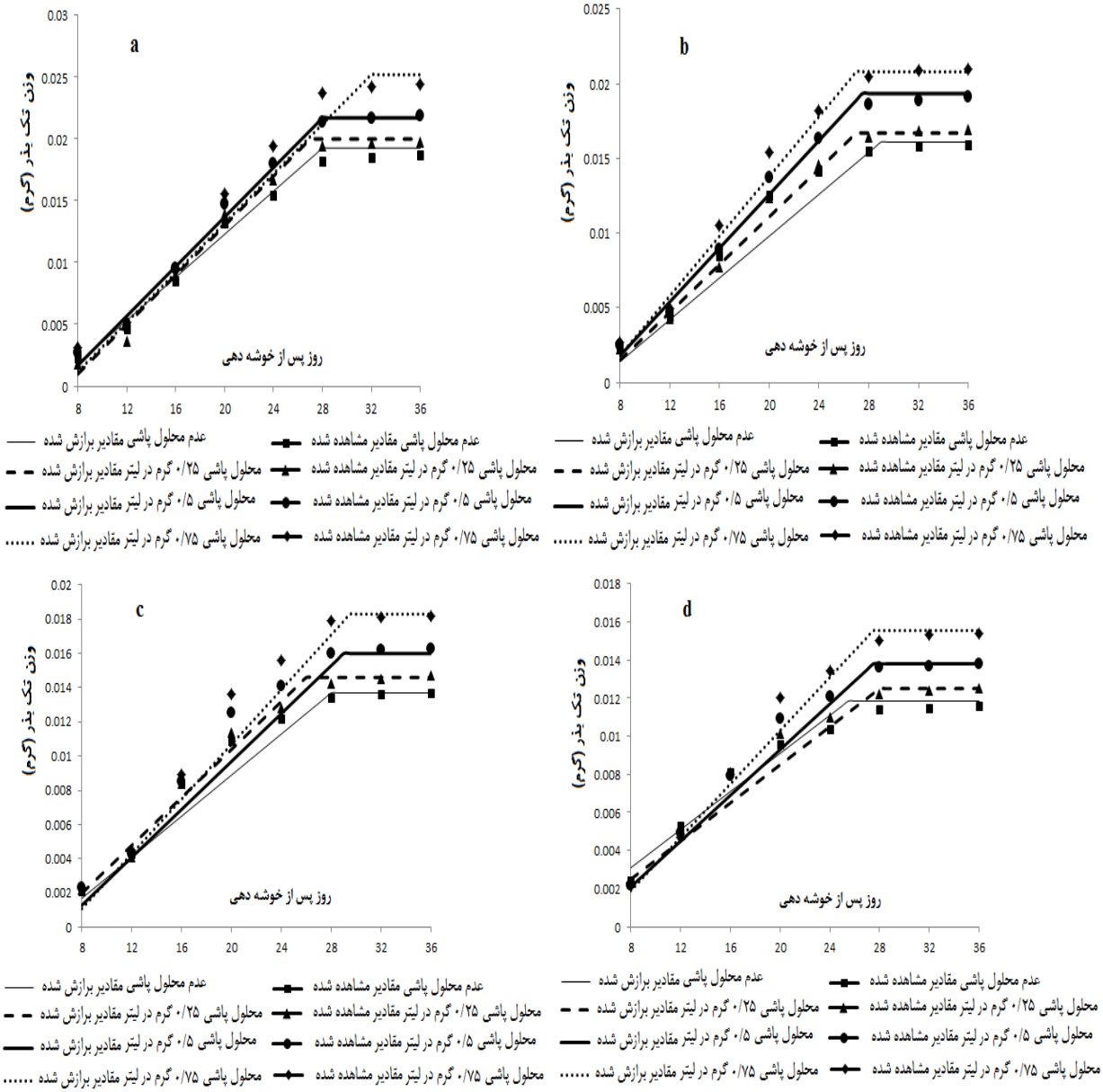
فرانکوئیس و همکاران (۲۱) اظهار داشتند که شوری وزن دانه را از طریق کوتاهی دوره پر شدن دانه و تسریع در بلوغ دانه‌ها کاهش می‌دهد. مانس و جیمز (۳۴) اظهار داشتند که در شرایط شوری طول دوره رشد رویشی و زایشی ژنوتیپ‌های گندم تحت تنش شوری کاهش یافته که این کاهش موجب زودرسی آن می‌شود. اگرچه نیاز گیاهان به روی اندک است ولی اگر مقدار کافی از این عنصر در دسترس نباشد گیاهان از تنش‌های فیزیولوژیکی حاصل از ناکارایی سیستم‌های متعدد آنزیمی و دیگر اعمال متابولیکی مرتبط با روی متأثر خواهند شد (۲). محمد و همکاران (۳۲) گزارش کردند که کاربرد روی به طرق مختلف به‌خصوص به روش محلول‌پاشی، عملکرد را نسبت به شاهد افزایش داد. این محققین اعلام کردند که در اثر مصرف این عنصر مقدار کل کربوهیدرات، نشاسته و پروتئین ساخته شده توسط گیاه افزایش می‌یابد و با افزایش کربوهیدرات سرعت و طول دوره پر شدن دانه افزایش و در نتیجه وزن هزار دانه بالا می‌رود که این عوامل در نهایت موجب افزایش عملکرد دانه می‌گردند. دولین و ویتان (۱۶) نیز چنین اظهار داشتند که با توجه به نقش اساسی این عنصر در گیاه که به‌طور مستقیم در بیوسنتز مواد رشد همانند اکسین دخالت دارد. بنابراین می‌تواند با تولید مواد خشک بیش‌تر در مخازن (دانه‌ها)، موجب افزایش بیش از حد انتظار عملکرد شوند.

انتقال ماده‌ی خشک: مقایسه میانگین‌ها نشان داد که با افزایش روی، انتقال مجدد از کل اندام هوایی و ساقه در عملکرد دانه کاهش یافت. طوری‌که کمترین مقادیر آنها (به‌ترتیب ۰/۱۹۴ و ۰/۱۷۱ گرم از بوته) به محلول‌پاشی ۰/۷۵ گرم در لیتر نانو اکسید روی و بیش‌ترین آنها (۰/۴۴۵ و ۰/۲۹۵ گرم از بوته) به عدم محلول‌پاشی نانو اکسید روی تعلق داشت. همچنین مقایسه میانگین‌ها نشان داد کمترین سهم فرآیند انتقال مجدد و مشارکت ذخایر ساقه در عملکرد دانه (به‌ترتیب ۱۸/۴۲ و ۱۷/۰۴درصد) در محلول‌پاشی ۰/۷۵ گرم در لیتر نانو اکسید روی به‌دست آمد. روند مشابهی نیز در حالت اعمال شوری نسبت به عدم اعمال شوری به‌دست آمد. بدین ترتیب که حداکثر انتقال مجدد از کل اندام هوایی و ساقه (۰/۴۶۶ و ۰/۳۱۳ گرم در بوته) در بالاترین سطح از شوری و حداقل این مقادیر (۰/۱۹۹ و ۰/۱۶۸ گرم در بوته) در عدم اعمال شوری به‌دست آمد.

ضمن آنکه بیش‌ترین سهم فرآیند انتقال مجدد از اندام هوایی و مشارکت ذخایر ساقه در عملکرد دانه (به‌ترتیب ۴۲/۱۳ و ۳۳/۲ درصد) در بالاترین سطح از شوری خاک و کمترین این مقادیر (به‌ترتیب ۱۸/۸۶ و ۱۵ درصد) در پایین‌ترین سطح از شوری خاک به‌دست آمد (جدول ۵). بدیهی است که میزان انتقال ماده خشک و سهم این فرآیند در عملکرد دانه، بیش‌تر تحت تأثیر روابط منبع و مخزن و شرایط محیطی قرار می‌گیرد (۴). به نظر می‌رسد در شرایط مطلوب و دسترسی به منابع کافی، چون فتوسنتز جاری به‌دلیل افزایش میزان کلروفیل برگ (شکل ۱) افزایش می‌یابد در نتیجه تعادل منبع و مخزن تا حدود زیادی حفظ شده و مواد تولیدی منبع می‌تواند در مخزن مورد استفاده قرار گیرد ولی زمانی‌که گیاه در شرایط شوری قرار گیرد و یا دسترسی به منابع غذایی مانند روی کاهش یابد گیاه به نوعی در شرایط تنش قرار گرفته و تعادل منبع و مخزن به هم می‌خورد در چنین شرایطی قدرت مخزن (فعالیت مخزن × اندازه آن= قدرت مخزن) بیش‌تر از منبع بوده و به‌دلیل روابط فیزیولوژیکی موجود بین منبع و مخزن (ظرفیت بالای مخزن موجب فعالیت بیش‌تر منبع می‌شود)، منبع میزان انتقال ماده‌ی خشک را افزایش می‌دهد تا شاید بتواند بخشی از نیاز شدید مخازن (دانه‌ها) را برآورده نماید (۵). اعتقاد بر این است که کربوهیدرات‌های موجود در ساقه که قبل و بعد از گرده‌افشانی موجود هستند ۱۰ تا ۳۰ درصد وزن خشک خود را به دانه می‌فرستند و در بعضی از غلات وقتی در معرض تنش‌های محیطی قرار می‌گیرند ممکن است این انتقال به بیش از ۷۰ درصد برسد (۴۵).

ارتفاع بوته: مقایسه میانگین‌ها نشان داد بیش‌ترین ارتفاع بوته (۵۶/۵۳ سانتی‌متر) در ترکیب تیماری عدم اعمال شوری × محلول‌پاشی ۰/۷۵ گرم در لیتر نانو اکسید روی و کمترین آن (۲۹/۳ سانتی‌متر) در بالاترین سطح شوری و عدم محلول‌پاشی به‌دست آمد که از کاهش ۴۸ درصدی در ارتفاع بوته در مقایسه با شاهد برخوردار بود (جدول ۶). زهیر و همکاران (۴۹) نشان دادند که تنش شوری موجب کاهش معنی‌دار ارتفاع بوته گندم شد. بررسی براون و همکاران (۱۳) نشان داد که مصرف روی در گندم موجب افزایش ارتفاع بوته، تعداد پنجه و تسریع در رسیدگی گردید.

طول سنبله: نتایج نشان داد که طول سنبله تحت تأثیر شوری و محلول‌پاشی نانو اکسید روی قرار گرفت. طوری‌که کمترین مقدار آن (۵/۵۵ سانتی‌متر) در شوری ۷۵ میلی‌مولار و بیش‌ترین آن (۶/۱۸ سانتی‌متر) در حالت عدم شوری مشاهده شد. همچنین با افزایش سطوح محلول‌پاشی طول صفت مورد نظر نیز افزایش یافت، بیش‌ترین مقدار آن (۶/۵۵ سانتی‌متر) در محلول‌پاشی ۰/۷۵ گرم در لیتر و کمترین آن به حالت عدم محلول‌پاشی تعلق داشت (جدول ۵). ماس و گریو (۲۹) اظهار داشتند که تنش شوری با تغییر در ظرفیت نهایی سنبله، موجب کاهش معنی‌داری در طول سنبله، تعداد سنبله در واحد سطح و نیز تعداد دانه در سنبله گردید. نتایج بررسی همانترانجان وگرای (۲۴) نشان داد که مصرف آهن و روی موجب افزایش معنی‌داری در تعداد خوشه در متر مربع، طول خوشه و وزن هزار دانه شد.



شکل ۳- روند تغییرات سرعت و طول دوره پر شدن دانه در سطوح مختلف محلول‌پاشی نانو اکسید روی در عدم اعمال شوری (a)، شوری ۲۵ میلی‌مولار (b)، شوری ۵۰ میلی‌مولار (c) و شوری ۷۵ میلی‌مولار (d)

تعداد دانه در سنبله و وزن صد دانه: مقایسه میانگین اثر ترکیب تیماری محلول‌پاشی نانو اکسید روی در سطوح مختلف شوری نشان داد که بیش‌ترین تعداد دانه در سنبله (۳۷/۵) و وزن صد دانه (۴/۰۱ گرم) در ترکیب تیماری محلول‌پاشی ۰/۷۵ گرم در لیتر نانو اکسید روی× عدم اعمال شوری و کمترین آنها (به‌ترتیب معادل ۱۶/۴۶ و ۲/۱۵ گرم) در عدم محلول‌پاشی × شوری ۷۵ میلی‌مولار به‌دست آمد (جدول ۶). رانگل و گراهام (۳۸) اعلام نمود که با تأمین عنصر روی همراه با سایر عناصر مورد نیاز گندم، تعداد دانه در سنبله و در نتیجه عملکرد دانه افزایش می‌یابد. نتایج تحقیقات همانترانجان و گرای (۲۴) نشان داد که مصرف آهن و روی موجب افزایش معنی‌داری در تعداد خوشه در متر مربع، طول خوشه و وزن هزار دانه شد. این محققین اعلام نمودند که در اثر مصرف این عناصر مقدار کل کربوهیدرات، نشاسته و پروتئین دانه افزایش می‌یابد و با افزایش کربوهیدرات وزن هزار دانه و تعداد دانه در خوشه بالا می‌رود که این عوامل موجب افزایش عملکرد دانه می‌گردند. اسماعیلی و بابائیان (۱) دلیل اصلی کاهش تعداد سنبله در هر گیاه و وزن دانه در هر سنبله را به کاهش طول دوره پر شدن دانه نسبت دادند. به نظر می رسد در این بررسی نیز کاهش طول دوره و دوره مؤثر پر شدن دانه (جدول ۴) به‌واسطه شوری، با کاهش وزن تک بذر منجر به کاهش وزن صد

دانه شده است.

عملکرد تک بوته: با افزایش سطوح شوری عملکرد دانه کاهش و با محلول‌پاشی نانو اکسیدروی افزایش یافت. مقایسه میانگین‌ها نشان داد بیش‌ترین عملکرد دانه (۱/۲۲گرم در بوته) در محلول‌پاشی ۰/۷۵ گرم در لیتر × عدم اعمال شوری و کمترین آن (۰/۷۵۵ گرم در بوته) در حالت عدم محلول‌پاشی در بالاترین سطح از شوری (۷۵ میلی‌مولار) برآورد گردید (جدول۶). به‌عبارتی کاهش ۳۸/۱۱ درصدی در عملکرد دانه در بالاترین سطح شوری و عدم کاربرد نانواکسید روی در مقایسه با شاهد یا عدم اعمال شوری در بالاترین سطح از مصرف نانواکسید روی مشاهده گردید.

عملکرد دانه همانند وزن خشک کل گیاه در محیط شور کاهش می‌یابد (۳۵). شوری با اثر بر مریستم انتهایی ساقه جو و تعداد برگ و سنبلچه در سنبله موجب کاهش عملکرد می‌شود (۲۳). فرانکوئیس و همکاران (۲۱) در یک آزمایش مزرعه‌ای دو ساله در زمینه اثر شوری بر رشد و اجزای عملکرد گندم در سه دوره مختلف فنولوژیک (اعمال شوری در تمام فصل رشد، قبل از تمایز سنبلچه انتهایی و بعد از تمایز سنبلچه انتهایی) اظهار داشتند اعمال تنش شوری قبل از تمایز سنبلچه انتهایی، تعداد سنبلچه در سنبله و تعداد پنجه را کاهش داد. در صورتی‌که، اعمال تنش شوری بعد از تمایز سنبلچه انتهایی فقط به‌طور معنی‌داری تعداد دانه و وزن دانه را کاهش داد. چاکماک (۱۴) معتقد است کمبود روی موجب اختلال در متابولیسم سلولی می‌شود که مسئول خسارت به پروتئین‌های غشاء، محتوای کلروفیل، اسیدهای نوکلئیک و آنزیم‌هاست و همین امر در نهایت منجر به ممانعت از رشد و عملکرد گیاه می‌گردد. یلماز و همکاران (۴۸) نشان دادند که مصرف روی موجب افزایش معنی‌داری در عملکرد دانه و اجزا آن از جمله تعداد خوشه در متر مربع، تعداد دانه در خوشه و وزن هزار دانه می‌شود. تاندون (۴۳) افزایش عملکرد گندم بر اثر مصرف روی، را در مقایسه با عدم مصرف آن ۸۶۰ کیلوگرم در هکتار گزارش کرد. به نظر می‌رسد که بخشی از کاهش عملکرد در شرایط تنش شوری با کاهش محتوای کلروفیل و هدایت روزنه‌ای مرتبط باشد (شکل‌های ۱ و ۲) و در این راستا ملکوتی و تهرانی (۷) دلیل اصلی کاهش عملکرد دانه در شرایط کمبود روی را به کاهش تعداد رنگدانه‌های فتوسنتزی و مقدار کلروفیل برگ‌ها نسبت دادند.

جدول ٤- تأثیر سطوح مختلف شوری و محلول‌پاشی نانو اکسید روی بر وزن تک بذر، دوره مؤثر، سرعت و طول دوره پر شدن دانه

شوری (mM)	محلول‌پاشی نانو اکسید روی	سرعت پر شدن دانه ($g\ day^{-1}$)	دوره مؤثر پر شدن دانه (day)	طول دوره پرشدن دانه (day)	حداکثر وزن دانه (g)	معادله برازش شده
صفر	عدم محلول‌پاشی	۰/۰۰۰۸ c	۲۴ e	۲۹/۰۲ c	۰/۰۱۸۷ ef	Y= -.0017+.0006X
	۰/۲۵ گرم در لیتر	۰/۰۰۱۰ a	۲۴/۷۵ d	۲۸/۵۴ d	۰/۰۱۹۷ d	Y= -.0027+.0007X
	۰/۵ گرم در لیتر	۰/۰۰۱۰ a	۲۵ bcd	۲۹/۵۷ b	۰/۰۲۱۹ b	Y= -.0026+.0008X
	۰/۷۵ گرم در لیتر	۰/۰۰۱۰ a	۲۶/۴ a	۳۰/۶۷ a	۰/۰۲۴۴ a	Y= -.0034+.0009X
۲۵	عدم محلول‌پاشی	۰/۰۰۰۷ d	۲۳ g	۲۷/۳۳ h	۰/۰۱۵۹ hi	Y= -.0003+.0005X
	۰/۲۵ گرم در لیتر	۰/۰۰۰۸ c	۲۴/۷۲ d	۲۸/۲۸ e	۰/۰۱۶۹ g	Y= -.0013+.0006X
	۰/۵ گرم در لیتر	۰/۰۰۰۹ b	۲۴/۸۳ cd	۲۸/۵۴ d	۰/۰۱۹۱ e	Y= -.0015+.0007X
	۰/۷۵ گرم در لیتر	۰/۰۰۱۰ a	۲۵/۲۸ b	۲۸/۰۸ f	۰/۰۲۱ c	Y= -.0015+.0007X
۵۰	عدم محلول‌پاشی	۰/۰۰۰۶ e	۲۳ g	۲۶/۹۳ i	۰/۰۱۳۷ k	Y=.0004+.0004X
	۰/۲۵ گرم در لیتر	۰/۰۰۰۷ d	۲۳/۴۹ f	۲۷/۳۸ h	۰/۰۱۴۷ j	Y= -.0005+.0005X
	۰/۵ گرم در لیتر	۰/۰۰۰۷ d	۲۳/۹ e	۲۷/۸۴ g	۰/۰۱۶۳ h	Y= -.0006+.0005X
	۰/۷۵ گرم در لیتر	۰/۰۰۰۸ c	۲۵/۲ bc	۲۸/۱۸ ef	۰/۰۱۸۲ f	Y= -.0013+.0006X
۷۵	عدم محلول‌پاشی	۰/۰۰۰۵ f	۲۱/۷ h	۲۶/۵۵ j	۰/۰۱۱۶ m	Y= .0018+.0003X
	۰/۲۵ گرم در لیتر	۰/۰۰۰۵ f	۲۳/۱۲ fg	۲۷/۰۱ i	۰/۰۱۲۵ l	Y= .0013+.0004X
	۰/۵ گرم در لیتر	۰/۰۰۰۶ e	۲۳/۲۲ fg	۲۷/۴۵ h	۰/۰۱۳۸ k	Y= .0005+.0004X
	۰/۷۵ گرم در لیتر	۰/۰۰۰۷ d	۲۴/۷۱ d	۲۷/۶۹ g	۰/۰۱۵۴ i	Y= -.0002+.0005X

میانگین‌های با حروف مشابه در هر ستون اختلاف آماری معنی‌داری با هم ندارند

جدول ۵- مقایسه میانگین اثر اصلی تنش شوری و مقادیر روی بر عملکرد و انتقال مجدد ماده خشک جو

		میزان انتقال مجدد از کل اندام هوایی ($g\ plant^{-1}$)	درصد سهم فرایند انتقال مجدد در عملکرد دانه	میزان انتقال مجدد از ساقه ($g\ plant^{-1}$)	درصد مشارکت ذخایر ساقه در عملکرد دانه	طول سنبله (cm)
مقادیر نانو اکسید روی ($g\ l^{-1}$)	عدم محلول پاشی	۰/۴۴۵ a	۴۲/۰۹ a	۰/۲۹۵ a	۳۵/۸۹ a	۵/۱۴ d
	۰/۲۵	۰/۳۶۷ b	۳۶/۰۱ b	۰/۲۵۵ a	۲۹/۴۵ b	۵/۵۹ c
	۰/۵	۰/۲۷۹ c	۲۷/۰۷ c	۰/۲۰۹ b	۲۱/۷۳ c	۶/۱ b
	۰/۷۵	۰/۱۹۴ d	۱۸/۴۲ d	۰/۱۷۱ b	۱۷/۰۴ c	۶/۵۵ a
شوری (mM)	عدم اعمال شوری	۰/۱۹۹ d	۱۸/۸۶ d	۰/۱۶۸ c	۱۵ c	۶/۱۸ a
	۲۵	۰/۲۶۷ c	۲۶/۹ c	۰/۲۰۱ c	۲۱/۳۹ c	۶ a
	۵۰	۰/۳۵۴ b	۳۵/۶۹ b	۰/۲۴۸ b	۲۷/۵۱ b	۵/۶۵ b
	۷۵	۰/۴۶۶ a	۴۲/۱۳ a	۰/۳۱۳ a	۳۳/۲ a	۵/۵۵ b

میانگین‌های با حروف مشابه در هر ستون اختلاف آماری معنی‌داری با هم ندارند.

جدول ٦- مقایسه میانگین اثر ترکیب تیماری صفات مورد ارزیابی تحت سطوح مختلف شوری و محلول‌پاشی نانو اکسید روی

ترکیب تیماری	ارتفاع بوته (cm)	تعداد دانه در سنبله	وزن صد دانه (g)	عملکرد تک بوته (g)
عدم شوری × عدم محلول‌پاشی	۳۶/۴۶ def	۲۰/۶۳ hi	۳/۴۸ cde	۰/۸۶۳ g
عدم شوری × محلول‌پاشی با ۰/۲۵ گرم در لیتر	۳۹/۶۶ cd	۲۲/۳۳ fgh	۳/۵۷ bcd	۰/۹۸۱ cde
عدم شوری × محلول‌پاشی با ۰/۵ گرم در لیتر	۴۰/۵۶ bc	۲۷/۲۶ cd	۳/۸۹ ab	۱/۰۵ bc
عدم شوری × محلول‌پاشی با ۰/۷۵ گرم در لیتر	۵۶/۵۳ a	۳۷/۵ a	۴/۰۱ a	۱/۲۲ a
شوری ۲۵ میلی‌مولار × عدم محلول‌پاشی	۳۳/۴۶ fgh	۱۸/۶۳ jk	۳/۲۷ de	۰/۸۷۷ fg
شوری ۲۵ میلی‌مولار × محلول‌پاشی با ۰/۲۵ گرم در لیتر	۳۵/۳ efg	۲۱/۱۶ ghi	۳/۲۸ de	۰/۹۲۲ efg
شوری ۲۵ میلی‌مولار × محلول‌پاشی با ۰/۵ گرم در لیتر	۳۹/۵۶ cd	۲۶/۲۳ de	۳/۶ bcd	۱/۰۲ bcd
شوری ۲۵ میلی‌مولار × محلول‌پاشی با ۰/۷۵ گرم در لیتر	۴۳/۷ b	۳۰/۵ b	۳/۹۱ ab	۱/۰۸ b
شوری ۵۰ میلی‌مولار × عدم محلول‌پاشی	۳۲/۷۳ gh	۱۷/۴۳ kl	۳/۲ e	۰/۸۵۵ gh
شوری ۵۰ میلی‌مولار × محلول‌پاشی با ۰/۲۵ گرم در لیتر	۳۴/۶ efgh	۲۰/۵۳ hij	۳/۲۳ e	۰/۹۰۲ efg
شوری ۵۰ میلی‌مولار × محلول‌پاشی با ۰/۵ گرم در لیتر	۳۷/۳۶ cde	۲۴/۲۶ ef	۳/۴۲ cde	۰/۹۴۳ defg
شوری ۵۰ میلی‌مولار × محلول‌پاشی با ۰/۷۵ گرم در لیتر	۳۷/۸ cde	۲۸/۳۳ c	۳/۶۳ bc	۰/۹۶۷ cdef
شوری ۷۵ میلی‌مولار × عدم محلول‌پاشی	۲۹/۳ i	۱۶/۴۶ l	۲/۱۵ f	۰/۷۵۵ i
شوری ۷۵ میلی‌مولار × محلول‌پاشی با ۰/۲۵ گرم در لیتر	۳۱/۶ hi	۱۹/۲۳ ijk	۲/۲۷ f	۰/۷۶۸ hi
شوری ۷۵ میلی‌مولار × محلول‌پاشی با ۰/۵ گرم در لیتر	۳۴/۵۳ efgh	۲۲/۶۳ fg	۳/۲۸ de	۰/۹۰۵ efg
شوری ۷۵ میلی‌مولار × محلول پاشی با ۰/۷۵ گرم در لیتر	۳۷/۳۶ cde	۲۸/۲۳ c	۳/۴ cde	۰/۹۲۶ efg
$LSD_{\%5}$	۳/۳۴	۱/۹۹	۰/۳۳۸	۰/۰۹۳۴

میانگین‌های با حروف مشابه در هر ستون اختلاف آماری معنی‌داری با هم ندارند.

نتیجه‌گیری

با افزایش سطوح شوری عملکرد، اجـزای عملکـرد دانـه و طـول دوره پر شدن دانه کاهش یافت. محلول‌پاشی بـا نـانو اکسـید روی در مقایسه با عدم محلول‌پاشی منجر به افزایش طـول دوره پـر شـدن و عملکرد دانه گردید. به نظر می‌رسد محلول‌پاشی بـا نـانو اکسـید روی

می‌تواند به دلیل افزایش محتوای کلروفیل، هدایت روزنه‌ای و فتوسنتز جاری ضمن کاهش یا تعدیل اثر شوری در بهبود عملکرد و طول دوره پر شدن دانه حتی در شرایط تنش شوری مؤثر عمل نماید.

منابع

۱- اسماعیلی، م. و ن. ا. بابائیان. ۱۳۷۸. واکنش فتوسنتزی و هدایت روزنه‌ای دو رقم جو و دو رقم گندم تحت تنش شوری. ششمین کنگره زراعت و آبیاری. بابلسر. صفحه ۲۸۴-۲۷۳.

۲- بایبوردی، ا. ۱۳۸۵. نقش ریز مغذی روی در تغذیه گیاهی. انتشارات پریور. ۱۷۹ صفحه.

۳- روشنفکر دزفولی، ح.، م. نبی‌پور، ف. مرادی، و م. مسکرباشی. ۱۳۹۰. تأثیر دما بر هدایت روزنه‌ای و غلظت کلروفیل در گندم. تولیدات گیاهی (مجله علمی کشاورزی) ۵۲:۲-۳۹.

۴- سید شریفی، ر. و ح. نظرلی. ۱۳۹۲. تأثیر پرایمینگ بذر با باکتری‌های محرک رشد PGPR بر عملکرد دانه، کارایی مصرف کود و انتقال مجدد ماده خشک آفتاب گردان در سطوح مختلف کود نیتروژنه. نشریه دانش کشاورزی و تولید پایدار ۲۳ (۳): ۴۵-۲۷.

۵- عباس‌پور، س. ۱۳۹۱. تأثیر پیش تیمار بذر با باکتری‌های محرک رشد PGPR و مقادیر مختلف کود نیتروژن بر عملکرد و برخی خصوصیات زراعی تریتیکاله. پایان‌نامه کارشناسی‌ارشد، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران.

۶- کوچکی، ع. و م. نصیری محلاتی. ۱۳۷۳. اکولوژی گیاهان زراعی. انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد. صفحه ۲۹۱.

۷- ملکوتی، م. ج. و م. م. طهرانی. ۱۳۷۷. نقش ریز مغذی‌ها در افزایش عملکرد و بهبود کیفیت محصولات کشاورزی. انتشارات دانشگاه تربیت مدرس، شماره‌ی ۴۳، تهران. ایران.

8- Abd El-Hady, B. A. 2007. Effect of Zinc application on growth and nutrient uptake of barley plant irrigated with saline water. Journal of Applied Sciences Research 3 (6): 431-436.

9- Alpaslan, M., A. Inal, A. Gunes, Y. Cikili, and H. Ozcan. 1999. Effect of zinc treatment on the alleviation of sodium and chloride injury in tomato *(Lycopersiconesculentum* L. *Mill. c.v.lale)* grown under salinity. Turkish Journal of Botany 23:1-6.

10- Aruna Geetha, S., and T. M. Thiyarajan. 2003. Remobilization of nitrogen in ricegenotypes. Crop Research 25: 406-409.

11- Asch, F., M. Dingkuhn, and K. Droffling. 2000. Salinity increases CO_2 assimilation but reduces growth in field growth irrigated rice. Plant and Soil 218: 1-10.

12- Barnett, K. H., and P. B. Pearce. 1983. Source- Sink ratio alteration and its effect on physiological parameters in maize. Crop Science 23: 294-299.

13- Brown, P. H., I. Cakmak, and Q. Zhang. 1993. Form and function of zinc in plants. Pp 93-106. In: Robinson, A.O., (Ed), Zinc in Soil and Plants. Kluwer Academic publisher, Dordrecht, The Netherlands.

14- Cakmak, I. 2000. Possible roles of zinc in protecting plant cells from damage by reactive oxygen species. Journal of Phytology 146: 185-205.

15- Chaturvedi, G. S., and P. C. Ram. 1996. Carbohydrate status of rain fed low land rice in relation to submergences drought and shade tolerance. In: Proceeding of the International Conference on Stress Physiology of Rice, India, NewDelhi, 103-122.

16- Devlin, R. M., and F. H. Withan. 1983. Plant physiology. 4th Ed. Wadsworth Publishing Company. A division of wadsworth. Inc. Belmont, California.

17- Downton, W. J. S., W. J. R. Grant, and S. P. Robinson. 1985. Photosynthesis and stomata response of spinach leuves to salt stress. Plant Physiology 77: 85-88.

18- Ehdaie, B., and G. Wanies. 1996. Genetic variation for contribution of pre anthesis assimilates to grain yield in spring wheat. Journal of Genetic and Breeding 50: 47-56.

19- Ellis, R.H., and C. Pieta-Filho.1992. The development of seed quality in spring and winter cultivars of barley and wheat. Seed Science Research 2: 19-25.

20- FAO (Food and Agriculture Organization).2005.Statistics: FAOSTAT agriculture, Retrieved. From http://faoorg/crop/statistics.

21- Francois, L. E., C. Grieve, E. V. Mass, and S. M. Lesch. 1994. Time of salt stress affects growth and yield components of irrigated wheat. Agronomy Journal 86: 100-107.

22- Grant, R. F. 1989. Simulation of maize phenology. Agronomy Journal 81: 451-457.

23- Grive, G. E. 1993. Leaf and spikelet primordia protein synthesis in barley roots. Plant Physiology 183: 517-524.

24- Hemantaranjan, A., and O. K. Grag. 1988. Iron and zinc fertilization with reference to the grain quality of wheat (*Triticum aestivum* L.). Journal of Plant Nutrition 11: 1439-1450.

25- Khoshgoftarmanesh, A. H., B. Jaaferi, and H. Shriatmadari. 2002. Effect of salinity on Cd and Zn availability. 17th World Congress of Soil Science, Thailand.
26- Mahajan, S., and N. Tuteja.2005.Cold, salinity and drought stresses: an overview. Archives of Biochemistry and Biophysics 444: 139-158.
27- Marschner, H. 1995. Mineral nutrition of higher plants. 2nd ed. Academic Press, Boston, USA. 889 pp.
28- Martin, L. H., and W. H. Leonard. 1954. Principles of field crop production. The Macmillan Co, New York. Pp: 331-396.
29- Mass E. V., and C. M. Grieve. 1990. Spike and leaf development in salt stressed wheat. Crop Science 30: 1309-13.
30- Mayak, S., T.Tirosh, and B. R. Glick. 2004. Plant growth promoting bacteria confer resistance in tomato plants salt stress. Plant Physiology and Biochemistry 42: 565-572.
31- Milligan, A., S. Talber, and M. Gates. 2005. Salinity level and salt priming effects on Amaranth and Teff plant growth. Plant Physiology 124: 1-15.
32- Mohamad, W., M. Ighbal, and S. M. Shal. 1990. Effect of mode of application to zine and iron on yield of wheat. Journal of Agriculture 6: 615- 618.
33- Munns, R. 1993. Physiological process limiting plant growth in saline soil: some dogmas and hypotheses. Plant Cell and Environment 16: 15-24.
34- Munns, R., and A. James. 2003. Screening methods for salinity tolerance: a case study with tetraploid wheat. Plant Soil 253: 201-218.
35- Pessarakli, M. 1999. Hand book of plant and crop stress. Marcel dekker. Inc. New York, 1056 p.
36- Poustini, K. 1998. Response of physiological two wheat cultivars to salinity stress. Journal Agriculture Science 16 (2): 65-67.
37- Rao, G. G., and G. R. Rao. 1981. Pigment composition and chlorophyllase activity in pigeon pea (*Cajanus indicus spring*) and Gingelley (*Sesamum indicum* L.) under NaCl salinity. Indian Journal Experimetal Biology 19: 768-770.
38- Rengel, Z., and R. D. Graham. 1995. Importance of seed Zn content for wheat growth on Zn-deficient soil (II: Grain Yield). Journal Plant and Soil 173: 267-274.
39- Rondanini, D., R. Savin, and A. J. Hall. 2004. Dynamic of fruit growth and oil quality of sunflower (*Helianthus annus* L.) exposed to brief interval of high temperature during grain filling. Field Crop Research 83: 79-90.
40- Sadat Noori, S. A., and T. M. C. Neily. 2000. Assessment of variability in salt tolerance based on seedling growth of *Triticum aestivum*. Resourses and Crop Evalution 47: 285-291.
41- Sulinlftn, M. S., H. G. Shalahl, and W. F. Canii. 1994. Interaction or snlinit, nitrogen, arid phosphorus fertilization on wheat. Journal of Plant Nutrition 17: 1163-1173.
42- Takker, P. N., and C. D. Walker. 1993. The distribution and correction of zinc deficiency. In: Robson, A.D. (ed). Zinc in soil and plants. Kluwer. Academic Publisher, Dordrech, The Nether lands, Pp: 151-166.
43- Tandon, H. L. S. 1995. Micronutrients in soils, Crops and fertilizers. A source book–cum– Directery. Fertilizer Development and consumtion Organisation, New Dehli, India.
44- Vankhadeh, S. 2002. Response of sunflower to applied Zn, Fe, P, N. Pakistan Journal of Botany 1: 143-144.
45- Wang, Z. M., S. A. Wang, and B. A. Su. 1995. Accumulation and remobilization of stem reserves in wheat. CAB Abstract.
46- Welch, R. M. 1995. Micronutrient Nutrition of Plants. Critical Reviews in Plant Sciences 14: 49-82.
47- Wiegand, C. L., and J. A. Cuellar. 1981. Duration af grains filling and kernel weight as affected by temperature. Crop Science 21: 95-101.
48- Yilmaz, A., H. Ekiz, B. Torun, I. Guttekin, S. Karanlik, S. A. Baggi, and I. Cakmak. 1997. Effect of different zinc application methods on grain yield and zinc concentration in wheat cultivars grown on zinc deficient calcarcous soils. Journal of Plant Nutrition 20: 461-471.
49- Zahir, Z. A., U. Ghoni, M. Naveed, S. M. Nadeem, and H. N. Asghar. 2009. Comporative effectivness of pseudomonas and serratia sp. Containing ACC-diaminase for improving growth and yield of wheat (*Triticum aestivum* L.) under salt-stressed conditions. Journal of Microbiology 191 (5): 415-424.