

تأثیر نانو اکسید روی و شوری خاک بر میزان مشارکت ذخایر ساقه در عملکرد دانه، سرعت ظهور برگ و برخی شاخص‌های رشدی جو (*Hordeum vulgare* L.)

رئوف سید شریفی^{۱*}، حسین کمری^۲، قاسم نجفی^۲

۱. استاد دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه محقق اردبیلی.

۲. دانشجویان کارشناسی ارشد علوم و تکنولوژی بذر دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه محقق اردبیلی.

تاریخ دریافت: ۹۳/۰۶/۱۰؛ تاریخ پذیرش: ۹۵/۱۲/۲۴

چکیده

به منظور بررسی اثرات محلول پاشی با نانو اکسید روی بر میزان مشارکت ذخایر ساقه در عملکرد دانه، سرعت ظهور برگ و برخی شاخص‌های رشدی جو در سطوح مختلف شوری خاک، آزمایشی با سه تکرار در گلخانه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه محقق اردبیلی به صورت فاکتوریل در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی در سال ۱۳۹۲ اجرا گردید. فاکتورهای مورد بررسی شامل چهار سطح شوری (عدم اعمال شوری به عنوان شاهد و اعمال شوری ۲۵، ۵۰ و ۷۵ میلی مولار در خاک با استفاده از نمک NaCl) و تغذیه برگ با نانو اکسید روی (صفر، ۰/۲۵، ۰/۵ و ۰/۷۵ گرم در لیتر) بودند. نتایج نشان داد با افزایش شوری خاک عملکرد، سرعت ظهور برگ و برخی شاخص‌های رشدی جو کاهش یافت و عکس این حالت در تغذیه برگ با نانو اکسید روی به دست آمد. بیشترین انتقال ماده خشک از ساقه و اندام هوایی به دانه در شوری ۷۵ میلی مولار و عدم تغذیه برگ با نانو اکسید روی به دست آمد. مقایسه میانگین‌ها نشان داد بالاترین عملکرد (۱/۲۲ گرم در بوته)، سرعت ظهور برگ (۰/۴۶۶ برگ در روز) و شاخص‌های رشدی در سطح شاهد به همراه تغذیه برگ ۰/۷۵ گرم در لیتر نانو اکسید روی و کمترین آن‌ها در عدم تغذیه برگ × شوری ۷۵ میلی مولار در خاک به دست آمد. به نظر می‌رسد به منظور افزایش عملکرد و برخی شاخص‌های رشدی جو از قبیل ماده خشک کل، سرعت رشد محصول و سرعت رشد نسبی در شرایط شوری خاک می‌توان پیشنهاد کرد که تغذیه برگ با ۰/۷۵ گرم در لیتر نانو اکسید روی به کار برده شود.

واژه‌های کلیدی: انتقال ماده خشک، جو، شوری، فیلوکرون.

مقدمه

شوری آب و خاک از مهم‌ترین موانع افزایش عملکرد گیاهان به‌ویژه در مناطق خشک و نیمه‌خشک می‌باشد که می‌تواند موجب تغییر در الگوی رشد و کاهش عملکرد در بسیاری از گیاهان زراعی شود (Zahran, 1999). شوری در اثر غلظت بیش‌ازحد یون‌های سدیم و کلر با ایجاد تنش اسمزی، کاهش جذب عناصر غذایی و افزایش سطح هورمون اتیلن در گیاه، موجب کاهش رشد ریشه و وزن خشک کل گیاه می‌شود (Mayak et al., 2004). کافی (Kafi, 1996) گزارش کرد که سطح برگ، طول سنبله و تجمع ماده خشک در ارقام گندم به‌واسطه شوری کاهش می‌یابد. ماس و گریو

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. روی عنصری ریزمغذی است که در مقادیر بسیار کم برای انجام فعالیت‌های فیزیولوژیک مورد نیاز است (Marschner, 1995). کمبود آن در مناطق خشک و نیمه خشک، خاک‌های شنی، آهکی، سدیمی و غرقابی شیوع بیش‌تری دارد (Takker and Walker, 1993). کشت مداوم، مصرف همه‌ساله و بیش از نیاز کودهای فسفره،

شوری از مهم‌ترین و متداول‌ترین تنش‌های محیطی در سطح جهان و از جمله ایران است (Sadat Noori and Neily, 2000) و پیش‌بینی می‌شود که افزایش خاک‌های شور، منجر به کاهش ۲۵٪ از اراضی قابل‌کشت در ۲۵ سال آینده شود (Mahajan and Tuteja, 2005)، به نظر می‌رسد یکی از راهکارهای مناسب در جهت کاهش یا تعدیل اثر شوری بر عملکرد، تغذیه برگ‌ها با ریزمغذی روی باشد. در این راستا پژوهش حاضر باهدف بررسی تأثیر سطوح مختلف تغذیه برگ‌ها با نانو اکسید روی در شرایط شوری خاک بر عملکرد، سرعت ظهور برگ و برخی شاخص‌های رشدی جو اجرا گردید.

مواد و روش‌ها

به‌منظور بررسی اثر شوری خاک و تغذیه برگ‌ها با نانو اکسید روی بر میزان مشارکت ذخایر ساقه در عملکرد دانه، سرعت ظهور برگ و برخی شاخص‌های رشدی جو، آزمایشی در گلخانه دانشکده علوم کشاورزی دانشگاه محقق اردبیلی به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار اجرا شد. فاکتورهای موردبررسی شامل چهار سطح تغذیه با نانو اکسید روی (شاهد یا عدم مصرف، 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 میلی مولار از نمک NaCl در خاک) 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 نرم‌افزار Salt Calc مقدار نمک موردنیاز 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 زیرگلدانی قرار داده شد تا بعد از هر سه تا چهار نوبت آبیاری، نمک‌های احتمالی وارد شده به زیرگلدانی دوباره در آب حل شده و به داخل هر گلدان برگشت داده شود. رقم جو مورداستفاده LB-IRAN بود. این رقم پاکوتاه و برخوردار از تیپ رشدی بهاره، مناسب کاشت برای مناطق سرد و سرد معتدل است که از شرکت کشت و صنعت مغان تهیه شد. پس از تهیه خاک یکدست، ۱۵ کیلوگرم خاک به هر گلدان اضافه شده و تمامی گلدان‌ها تا ارتفاع ۴۰ سانتی‌متری از خاک پر شدند و به‌این‌ترتیب حجم یکسانی از خاک درون گلدان‌ها ریخته شد. سپس بر اساس مساحت هر گلدان ۴۰

آبشویی و سایر شرایط حاکم بر خاک‌های آهکی از جمله وجود مقادیر زیاد کربنات کلسیم، pH قلیایی و عدم مصرف کودهای حاوی عناصر ریزمغذی و کودهای آلی موجب کاهش ذخیره این عنصر در خاک و در نتیجه کاهش عملکرد شده است. بررسی‌های وانخاده (Vankhadeh, 2002) نشان داد که محتوای کلروفیل برگ و وزن خشک گیاه در تیمارهای حاوی روی افزایش یافت. ضیائیان و ملکوتی (Zeyaeyan and Malakote, 2000) در بررسی تأثیر مقادیر مختلف روی (صفر، ۲، ۵ و ۱۰ کیلوگرم روی در هکتار به‌صورت سولفات روی) بر تجمع ماده خشک و غلظت این عنصر در بذر گندم، گزارش کردند که با افزایش مصرف روی، عملکرد ماده خشک و غلظت روی در بذر افزایش یافت. خوشگفتارمنش و همکاران (Khoshgoftarmanesh et al., 2002) گزارش دادند که روی نقش مهمی در بهبود عملکرد و کیفیت بذر گندم 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 (Abd El-Hady, Alpaslan et al., 1999). عبدالهادی (2007) گزارش کرد محلول‌پاشی با سولفات روی در شرایط شوری موجب بهبود عملکرد جو شد.

ظهور برگ در گسترش سطح برگ، انباشتگی ماده خشک و عملکرد دانه اهمیت دارد (McMaster, 1997). فیلوکرون یا فاصله‌ی زمانی بین ظهور نوک دو برگ متوالی (Emam and Nicneghad, 1997)، تحت تأثیر عوامل متعددی نظیر شوری، عرض جغرافیایی و فصل رشدی قرار می‌گیرد (Frank and Bauer, 1995). تولنار و همکاران (Tollenaar et al., 1979) فیلوکرون را به‌صورت عکس سرعت ظهور برگ تعریف کردند. رانا و راوسون (Rana and Rawson, 1999) گزارش کردند که شوری به‌طور معنی‌داری سرعت ظهور برگ گندم و جو را کاهش داد.

در مرحله ظهور سنبله و گرده‌افشانی غلات، مواد فتوسنتزی تولیدی گیاه بیش‌تر از نیاز گیاه بوده و این مواد مازاد به ساقه منتقل شده و به‌صورت انواع کربوهیدرات ذخیره می‌شود (Chaturvedi and Ram, 1996)، زمانی که گیاه وارد مرحله پر شدن دانه می‌شود، کربوهیدرات‌های ذخیره‌ای به دانه‌های در حال پر شدن منتقل شده و این مواد فتوسنتزی ذخیره‌شده نقش مهمی را در پر کردن دانه‌ها به‌خصوص در شرایط تنش ایفا می‌کنند (Aruna, Geetha and Thiyarajan, 2003). با توجه به اینکه

سانتی‌گراد با طول دوره روشنایی ۱۴ تا ۱۵ ساعت (با استفاده از ترکیبی از لامپ‌های معمولی و مهتابی) و رطوبت نسبی 70 ± 5 درصد نگهداری شدند، مشخصات فیزیکی و شیمیایی خاک مورد استفاده در جدول ۲ آورده شده است.

عدد بذر در هر گلدان برای اعمال تراکم ۴۰۰ بذر در مترمربع که تراکم مطلوب و توصیه شده برای این رقم است، کشت گردید. تغذیه برگ در دو مرحله از دوره رشد رویشی (مرحله ۳ تا ۴ برگگی و مرحله قبل از ظهور سنبله) انجام شد. گلدان‌ها در شرایط گلخانه‌ای در دمای ۲۰ تا ۲۸ درجه

جدول ۱. مشخصات نانو اکسید روی.

Table 1. Characteristics of nano zinc oxide.

Weight	وزن	100 gr
Purity	خلوص	99%
Average Particle Size	میانگین اندازه ذرات	< 30 nm
Specific Surface Area	سطح ویژه ذرات	> 30 m ² /gr
Appearance	رنگ	Red powder

جدول ۲. مشخصات فیزیکی و شیمیایی خاک.

Table 2. Characteristics of soil physicochemical.

پتاسیم	فسفر	نیتروژن	کربن آلی	بافت	شن	سیلت	رس	آهک	درصد اشباع	pH	صفت
K (mg/kg)	P (mg/kg)	N %	Organic carbon%	Texture	Sand %	Silt %	Clay %	Lime %	Saturation %		Characteristic
212	29.82	0.06	0.62	Silt loam	35	42	23	15	47	7.8	Amount

ترازوی دیجیتالی با دقت یک‌هزارم گرم توزین شدند. سپس وزن خشک کل، سرعت رشد محصول و سرعت رشد نسبی با استفاده از روابط ۱ تا ۳ و به شرح زیر برآورد شدند.

$$TDM = e^{(a + bt + ct^2 + dt^3)} \quad [1]$$

$$CGR = (b + 2ct + 3dt^2) e^{(a + bt + ct^2 + dt^3)} \quad [2]$$

$$RGR = b + 2ct + 3dt^2 \quad [3]$$

در این روابط t_1 و t_2 به ترتیب زمان نمونه‌برداری اولیه و ثانویه و a ، b ، c و d ضرایب معادله است (Seyed Sharifi and Haydari Siahkhalaki, 2015).

به منظور بررسی میزان انتقال مجدد مواد از اندام‌های رویشی به دانه، در هر گلدان ۱۲ بوته مشابه و یکنواخت از

برای اندازه‌گیری فیلوکرون، از مرحله سه برگگی به بعد (زیرا تا مرحله سه برگگی ظهور برگ‌ها بیش‌تر تابع دمای خاک است)، هر ۴ روز یک‌بار تعداد برگ‌های موجود در سه بوته شمارش شد البته هر برگ زمانی در شمارش منظور می‌گردد که حداقل یک سانتی‌متر طول داشت (Rafiae and Karimi, 1998). لازم به ذکر است که سه بوته انتخابی با نخ رنگی علامت‌گذاری شده بود و برگ‌های هر بوته بعد از شمارش با ماژیک رنگی علامت‌گذاری می‌شد تا مجدداً مورد شمارش واقع نشود. وارینگتون و کانماسو (Warrington and Kanemasu, 1983) نیز سرعت ظهور برگ را عکس فیلوکرون یا مدت‌زمان لازم بین ظهور نوک برگ‌های متوالی تعیین کردند.

جهت بررسی روند رشد از ۳۰ روز بعد از کاشت و در فواصل زمانی هر ۱۰ روز یک‌بار نمونه‌برداری به روش تخریبی صورت گرفت. در هر مرحله دو بوته برداشت و پس از قرار دادن در دمای ۷۵ درجه سانتی‌گراد به مدت ۷۲ ساعت و یا بیش‌تر (تا زمان تثبیت وزن خشک نهایی) با

1. TDM=Total Dry Matter

2. CGR=Crop Growth Rate

3. RGR=Relative Growth Rate

ارزش آن صفت در جدول تجزیه واریانس منظور گردید. برای تجزیه و تحلیل داده‌ها و رسم نمودارها از نرم‌افزارهای SAS و Excel استفاده شد.

نتایج و بحث

فیلوکرون و سرعت ظهور برگ

بر اساس نتایج جدول تجزیه واریانس (جدول‌های ۳ و ۴) و مقایسه میانگین‌ها در هر یک از مراحل نمونه‌برداری مشخص گردید که با افزایش سطوح شوری و کاهش مقادیر نانو اکسید روی، فیلوکرون افزایش و سرعت ظهور برگ کاهش یافت، به طوری که بیش‌ترین فیلوکرون (۷/۰۴ روز) در مرحله نهایی نمونه‌برداری در ترکیب تیماری شوری ۷۵ میلی مولار × عدم تغذیه برگ و بیش‌ترین سرعت ظهور برگ (۰/۴۶۶ روز) در مراحل اولیه نمونه‌برداری در ترکیب تیماری عدم اعمال شوری × تغذیه برگی ۰/۷۵ گرم در لیتر نانو اکسید روی به دست آمد (جدول ۵). کم‌ترین سرعت ظهور برگ در تمامی مراحل نمونه‌برداری به شوری ۷۵ میلی مولار و عدم تغذیه برگ نانو اکسید روی و بیش‌ترین آن به عدم اعمال شوری و بالاترین سطح تغذیه برگی تعلق داشت. گریو و همکاران (Grieve et al., 1993) در گندم و رانا و راوسون (Rana and Rawson, 1999) در گندم و جو افزایش فیلوکرون و کاهش سرعت ظهور برگ را به واسطه شوری گزارش کردند. نتایج مشابهی نیز توسط رفیعی و کریمی (Rafiae and Karimi, 1998) در چغندر قند تحت تنش شوری گزارش شده است. تالیسنیک و همکاران (Taleisnik et al., 2009) اظهار داشتند که با افزایش شوری، فیلوکرون افزایش و شاخص سطح برگ به دلیل کاهش سرعت ظهور برگ کاهش یافت. سید شریفی و نظری (Seyed Sharifi and Nazarli, 2016) نیز دلیل اصلی افزایش فیلوکرون جو را در شرایط شوری آب آبیاری به کاهش شاخص سطح برگ و سرعت ظهور برگ نسبت دادند. بررسی روند تغییرات فیلوکرون در مراحل مختلف نمونه‌برداری نشان داد که در مراحل نهایی نمونه‌برداری سرعت ظهور برگ‌ها کاهش و فیلوکرون افزایش یافت (شکل ۱). ووس و همکاران (Vos et al., 2005) اظهار داشتند که در مراحل اولیه رشد، اغلب برگ‌ها قادر به دریافت نور کامل هستند در نتیجه سرعت جذب خالص به حداکثر می‌رسد، پس از آن به دلیل افزایش سطح برگ و سایه‌اندازی برگ‌های بالایی روی برگ‌های پایینی (Thomison and Jordan,

یک هفته بعد از ظهور سنبله تا رسیدگی فیزیولوژیک علامت‌گذاری شده و هر چهار روز یک‌بار برداشت نمونه انجام گرفت. بوته‌های برداشت‌شده 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 فرایند انتقال مجدد و میزان مشارکت ذخایر ساقه در عملکرد دانه از طریق روابط ۴ تا ۷ برآورد گردید (Barnett and Pearce, 1983). در این روابط کاهش ناشی از تنفس در نظر گرفته نشده و فرض شده است که تنفس برای شرایط محیطی مورد استفاده در این بررسی یکسان است. اهدائی و ونیز (Ehdaie and Wanies, 1996) هم در بررسی‌های مربوط به تنوع ژنتیکی انتقال مجدد در گندم، چنین فرضی را به کار برده‌اند.

= ماده خشک انتقال یافته (گرم در بوته)
وزن خشک اندام هوایی (به جز دانه) در مرحله رسیدگی - حداکثر
وزن خشک اندام هوایی در برداشت اول [۴]

= سهم فرایند انتقال مجدد در عملکرد دانه (درصد)
۱۰۰ × عملکرد دانه / وزن اندام هوایی (به جز دانه) در رسیدگی -
حداکثر وزن اندام هوایی در برداشت اول [۵]

= میزان انتقال مجدد از ساقه (گرم در بوته)
وزن خشک ساقه در رسیدگی فیزیولوژیک - حداکثر وزن خشک
ساقه در برداشت اول [۶]

= سهم ذخایر ساقه در عملکرد دانه (درصد)
۱۰۰ × عملکرد دانه / انتقال مجدد مواد ذخیره‌ای از ساقه به دانه
[۷]

به منظور تعیین وزن و حجم ریشه در مرحله رسیدگی، ریشه‌ها به طور کامل جدا شده و پس از شستشو، وزن و حجم آن‌ها تعیین شد. حجم ریشه با استفاده از حجم مشخصی از آب در استوانه مدرج اندازه‌گیری شد، به طوری که اختلاف حجم ایجادشده پس از ورود ریشه‌ها در آب استوانه مدرج به عنوان حجم ریشه منظور گردید. برای تعیین عملکرد و اجزای عملکرد ۱۰ بوته از هر گلدان از سطح خاک کف بر شد و سپس ارتفاع بوته، طول سنبله، تعداد دانه در سنبله، وزن صد دانه، عملکرد تک بوته در بوته‌های انتخابی اندازه‌گیری شد و میانگین آن‌ها به عنوان

میزان فتوسنتز کاهش و در نتیجه سرعت رشد کم تر می شود از این رو در مراحل نهایی نمونه برداری، سرعت ظهور برگ ها کاهش و فیلوکرون افزایش می یابد. ریزمغذی روی در شرایط شوری به دلیل افزایش فعالیت آنزیم های

آنتی اکسیدانی، تجمع پرولین و قندهای محلول، افزایش محتوای کلروفیل نقش اساسی در بهبود رشدی گیاه دارد (Kheirizadeh Arough et al., 2016).

جدول ۳. تجزیه واریانس اثر شوری خاک در نانو اکسید روی بر سرعت ظهور برگ جو در مراحل مختلف رشدی.

Table 3. Variance analysis of the effect of soil salinity × nano zinc oxide on leaf appearance rate of barley in different growth stages.

S.O.V	منابع تغییر	درجه آزادی df	M.S		میانگین مربعات			
			Sampling stages مراحل نمونه برداری					
			First اول	Second دوم	Third سوم	Fourth چهارم	Fifth پنجم	Sixth ششم
Replication	تکرار	2	0.0052**	0.00423*	0.004**	0.0039	0.0031**	0.002**
Salinity	شوری	3	0.004**	0.0032**	0.003**	0.0027**	0.0021**	0.0018
Zinc	روی	3	0.008**	0.0077**	0.0071**	0.005**	0.0042**	0.0034**
Zinc* Salinity	روی*شوری	9	0.071**	0.059**	0.043**	0.008**	.0033**	0.0013**
Error	خطا	30	0.00019	0.000051	.00042	0.00012	0.00021	0.00011
	ضریب تغییرات C.V		3.4	2.6	4.2	5.23	6.23	4.23

ns, * and ** are non-significant and significant at 5% and 1% probability levels, respectively.

جدول ۴. تجزیه واریانس اثر شوری خاک در نانو اکسید روی بر فیلوکرون جو در مراحل مختلف رشدی.

Table 4. Variance analysis of the effect of soil salinity × nano zinc oxide on phyllochron of barley in different growth stages.

S.O.V	منابع تغییر	درجه آزادی df	M.S		میانگین مربعات			
			Sampling stages مراحل نمونه برداری					
			First اول	Second دوم	Third سوم	Fourth چهارم	Fifth پنجم	Sixth ششم
Replication	تکرار	2	2.267**	1.67**	1.041**	0.842**	0.0742**	0.55**
Salinity	شوری	3	1.21**	0.94**	0.88**	0.62**	0.44**	0.38**
Zinc	روی	3	1.65**	0.39**	0.22**	0.43**	0.38**	0.59**
Zinc* Salinity	روی*شوری	9	0.65**	1.22	1.06	0.82	0.764	0.43
Error	خطا	30	0.067	0.018	0.033	0.014	0.002	0.004
	ضریب تغییرات C.V		2.45	2.3	4.1	1.9	2.8	4.9

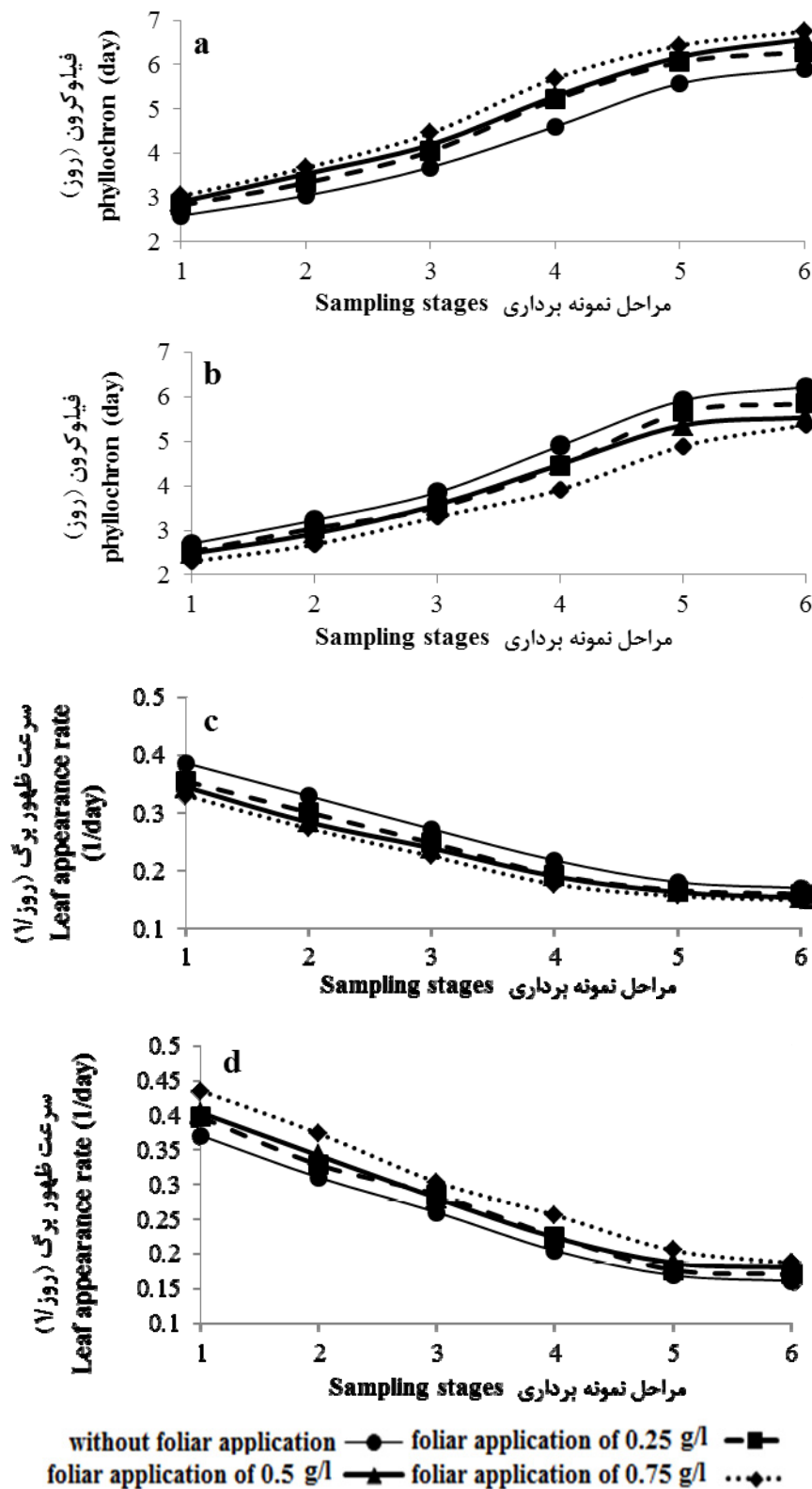
ns, * and ** are non-significant and significant at 5% and 1% probability levels, respectively.

جدول ۵. مقایسه میانگین اثر شوری خاک در تغذیه برگی با نانو اکسید روی بر فیلوکرون و (سرعت ظهور برگ) چو در مراحل مختلف رشدی. جدول ۵. مقایسه میانگین اثر شوری خاک در تغذیه برگی با نانو اکسید روی بر فیلوکرون و (سرعت ظهور برگ) چو در مراحل مختلف رشدی.

		مراحل نمونه‌برداری					
		اول	دوم	سوم	چهارم	پنجم	ششم
تغذیه برگی با نانو اکسید روی	شوری خاک	First فیلوکرون (سرعت ظهور)	Second فیلوکرون (سرعت ظهور)	Third فیلوکرون (سرعت ظهور)	Fourth فیلوکرون (سرعت ظهور)	Fifth فیلوکرون (سرعت ظهور)	Sixth فیلوکرون (سرعت ظهور)
without foliar application	0	(0.401 ^e) 2.51 ^g	(0.326 ^e) 3.08 ^e	(0.275 ^e) 3.66 ^h	(0.223 ^f) 4.51 ^f	(0.181 ^{de}) 5.54 ^f	(0.165 ^f) 6.1 ^e
foliar application of 0.25 g l ⁻¹		(0.435 ^e) 2.31 ⁱ	(0.366 ^e) 2.75 ^g	(0.295 ^{cd}) 3.41 ^{ij}	(0.251 ^e) 4 ^h	(0.193 ^e) 5.2 ^g	(0.176 ^d) 5.7 ^g
foliar application of 0.5 g l ⁻¹		(0.447 ^b) 2.25 ^j	(0.401 ^b) 2.51 ^h	(0.326 ^a) 3.08 ⁱ	(0.275 ^b) 3.66 ⁱ	(0.223 ^b) 4.51 ^h	(0.193 ^b) 5.2 ⁱ
foliar application of 0.75 g l ⁻¹		(0.466 ^a) 2.16 ^k	(0.419 ^a) 2.4 ^j	(0.328 ^a) 3.06 ⁱ	(0.287 ^a) 3.5 ^j	(0.233 ^a) 4.31 ⁱ	(0.223 ^a) 4.51 ^j
without foliar application	25	(0.366 ^g) 2.75 ^e	(0.295 ^f) 3.41 ^d	(0.251 ^g) 4 ^f	(0.193 ^h) 5.2 ^d	(0.161 ^{hi}) 6.24 ^{bc}	(0.155 ^g) 6.46 ^d
foliar application of 0.25 g l ⁻¹		(0.388 ^f) 2.59 ^f	(0.326 ^e) 3.08 ^e	(0.289 ^h) 3.48 ⁱ	(0.229 ^e) 4.38 ^f	(0.177 ^{de}) 5.66 ^e	(0.168 ^e) 5.97 ^f
foliar application of 0.5 g l ⁻¹		(0.41 ^e) 2.45 ^h	(0.34 ^d) 2.96 ^f	(0.296 ^e) 3.39 ^j	(0.242 ^d) 4.15 ^g	(0.183 ^d) 5.48 ^f	(0.178 ^d) 5.64 ^g
foliar application of 0.75 g l ⁻¹		(0.437 ^e) 2.3 ^{ij}	(0.364 ^e) 2.76 ^g	(0.317 ^b) 3.17 ^k	(0.246 ^{cd}) 4.09 ^{gh}	(0.191 ^e) 5.27 ^g	(0.188 ^e) 5.33 ^h
without foliar application	50	(0.328 ^h) 3.06 ^b	(0.277 ^{gh}) 3.63 ^{bc}	(0.236 ^f) 4.25 ^{cd}	(0.177 ^{jk}) 5.66 ^b	(0.161 ^{hi}) 6.24 ^{bc}	(0.15 ^h) 6.68 ^c
foliar application of 0.25 g l ⁻¹		(0.349 ^h) 2.88 ^d	(0.292 ^f) 3.44 ^d	(0.244 ^h) 4.12 ^e	(0.187 ⁱ) 5.38 ^c	(0.16 ^{hi}) 6.28 ^{bc}	(0.157 ^g) 6.38 ^d
foliar application of 0.5 g l ⁻¹		(0.367 ^g) 2.74 ^e	(0.319 ^e) 3.15 ^e	(0.254 ^g) 3.95 ^f	(0.204 ^g) 4.93 ^e	(0.168 ^g) 5.98 ^d	(0.163 ^f) 6.15 ^e
foliar application of 0.75 g l ⁻¹		(0.385 ^f) 2.61 ^f	(0.322 ^e) 3.12 ^e	(0.26 ^f) 3.86 ^g	(0.206 ^g) 4.87 ^e	(0.176 ^f) 5.71 ^e	(0.17 ^e) 5.92 ^f
without foliar application	75	(0.306 ^b) 3.28 ^a	(0.251 ⁱ) 4.01 ^a	(0.207 ^k) 4.85 ^a	(0.174 ^k) 5.76 ^{ab}	(0.151 ^j) 6.66 ^a	(0.143 ^j) 7.04 ^a
foliar application of 0.25 g l ⁻¹		(0.33 ^j) 3.05 ^b	(0.273 ^h) 3.68 ^b	(0.227 ⁱ) 4.42 ^b	(0.171 ^k) 5.86 ^a	(0.153 ^j) 6.57 ^a	(0.147 ^h) 6.83 ^b
foliar application of 0.5 g l ⁻¹		(0.341 ⁱ) 2.95 ^c	(0.281 ^g) 3.57 ^c	(0.233 ^{ij}) 4.32 ^c	(0.177 ^{jk}) 5.68 ^b	(0.158 ^j) 6.34 ^b	(0.15 ^h) 6.68 ^c
foliar application of 0.75 g l ⁻¹		(0.35 ^h) 2.87 ^d	(0.291 ^f) 3.45 ^d	(0.239 ^{hi}) 4.21 ^d	(0.183 ^{ij}) 5.49 ^c	(0.162 ^h) 6.18 ^c	(0.156 ^g) 6.42 ^d
LSD _{0.05}		(0.008) 0.055	0.074 (0.0079)	0.088 (0.0063)	(0.0061) 0.131	(0.004) 0.114	(0.0035) 0.111

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

Means with similar letters in each column are not significantly different.



شکل ۱. روند تغییرات فیلوکرون (a, b) و سرعت ظهور برگ (c و d) در سطوح مختلف شوری خاک در تغذیه برگ با نانو اکسید روی.

Fig. 1. Variation trend of phyllochron (a, b) and leaf appearance rate (c, d) of barley in various levels of soil salinity × foliar application of Nano-Zinc-Oxide.

اثر شوری منجر به کاهش فتوسنتز و رشد گیاه می‌شود (Kafi and Stewart, 1998). عبید و همکاران (Abid et al., 2001) اظهار داشتند که شوری به دلیل کاهش فتوسنتز، منجر به کاهش تجمع ماده خشک گیاه می‌شود. در کل با افزایش میزان شوری، وزن خشک کل در تمامی ترکیبات تیماری کاهش یافت. به نظر می‌رسد کاهش میزان فتوسنتز و اثر سمیت یونی بر رشد گیاه از دلایل اصلی این کاهش باشد ولی تغذیه برگ با نانو اکسید روی با تعدیل اثر تنش شوری، منجر به بهبود رشد گیاه و کاهش کمتر ماده خشک شد که با گزارش چاکماک (Cakmak, 2000) مطابقت داشت.

سرعت رشد محصول

بررسی روند تغییرات سرعت رشد گیاه نشان داد که در تمام ترکیبات تیماری سرعت رشد گیاه در مراحل اولیه آهسته بود، از ۳۰ تا ۵۰ روز پس از کاشت افزایش قابل توجهی یافته و پس از آن روند نزولی داشت. با توجه به نمودارهای CGR (شکل ۳) معلوم می‌شود تغذیه برگ با نانو اکسید روی منجر به بهبود سرعت رشد محصول شد. به نظر می‌رسد این افزایش می‌تواند ناشی از تسریع فعالیت فتوسنتزی و پاسخ مثبت سرعت رشد محصول به این ریزمغذی باشد. در این بین ترکیب تیماری عدم اعمال شوری × تغذیه برگی ۰/۷۵ گرم در لیتر نانو اکسید روی دارای بیشترین مقدار CGR و ترکیب تیماری شوری ۷۵ میلی مولار × عدم تغذیه برگی دارای کمترین مقدار بودند (شکل ۳).

مونز و همکاران (Munns et al., 2006) دلیل اصلی کاهش سرعت رشد محصول در شرایط شوری را به کاهش محتوای نسبی آب، کاهش سطح برگ و فتوسنتزی جاری نسبت دادند. ابراهیمیان و بایوردی (Ebrahimian and Bybordi, 2011) دلیل افزایش ماده خشک کل به واسطه ریزمغذی روی را به افزایش شاخص سطح برگ و بهبود فتوسنتز نسبت دادند. از آنجایی که سرعت رشد محصول مشتقی از تجمع ماده خشک می‌باشد از این رو به نظر می‌رسد که بهبود تجمع ماده خشک کل به واسطه ریزمغذی روی، می‌تواند به افزایش سرعت رشد محصول منجر شود.

نتایج حاصل از تأثیر شوری خاک در محلول‌پاشی با نانو اکسید روی بر برخی از شاخص‌های رشدی در شکل‌های ۲ تا ۴ آورده شده است.

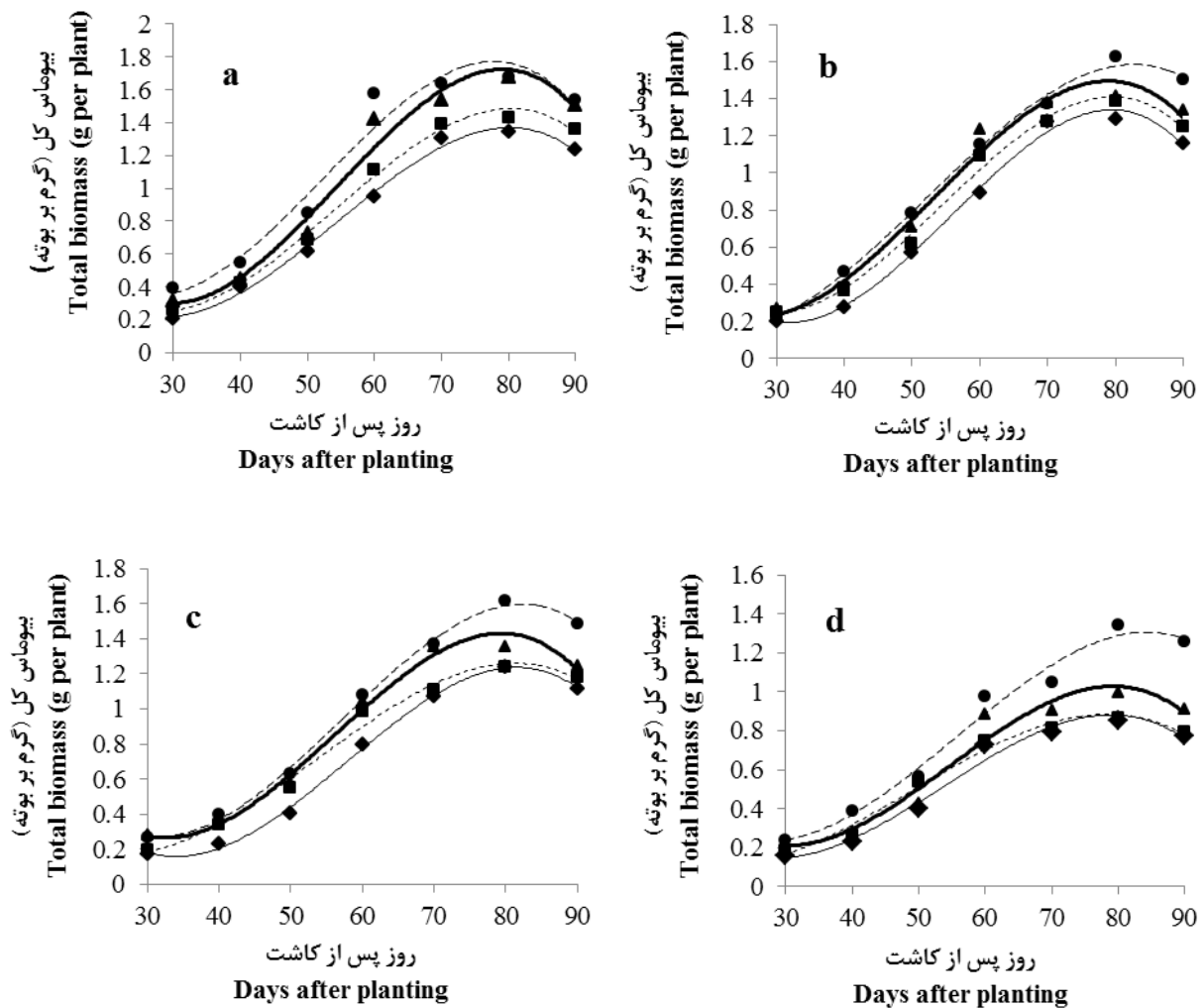
ماده خشک کل

روند تغییرات ماده خشک در ابتدای فصل رشد در تمامی تیمارهای موردبررسی از الگوی نسبتاً یکسانی پیروی کرد. طوری که در کلیه ترکیبات تیماری، تغییرات ماده خشک کل در ابتدا کند و در ادامه فصل رشد با افزایش سطح برگ و فتوسنتز گیاه، از الگوی یکسانی پیروی نکرد و شیب منحنی تجمع ماده خشک شدت بیشتری به خود گرفت و در ۷۰ تا ۸۰ روز بعد از کاشت به حداکثر خود رسید، سپس در انتهای دوره رشد از روند کاهشی برخوردار گردید. به نظر می‌رسد این کاهش در نتیجه افزایش سن گیاه، پیری برگ‌ها، افزایش فیلولوکرون و کاهش سرعت ظهور برگ (شکل ۱) و عدم توانایی آن‌ها در ساخت مواد فتوسنتزی و در نهایت با ریزش آن‌ها همراه باشد.

کافی و همکاران (Kafi et al, 2011) اظهار داشتند که اعمال تنش شوری به دلیل کاهش پتانسیل آب در محیط ریشه، عامل اصلی کاهش تجمع ماده خشک در گیاه می‌باشد و به تدریج با افزایش تجمع املاح در اندام‌های گیاهی خسارت ناشی از سمیت یون‌ها نیز افزایش یافته و در نهایت موجب کاهش رشد می‌گردد.

ابراهیمیان و بایوردی (Ebrahimian and Bybordi, 2011) اظهار داشتند که خسارت ناشی از شوری می‌تواند موجب تخریب کلروفیل و رنگ‌پریدگی و کلروزه شدن برگ‌ها شود. این تغییرات به همراه کاهش سطح برگ و ریزش آن موجب کاهش پتانسیل فتوسنتزی گیاه در شرایط شور و در نتیجه کاهش رشد و تجمع ماده خشک در گیاه می‌شود. در کل در حالت عدم اعمال شوری و تغذیه برگی با نانو اکسید روی، میزان تجمع ماده خشک نسبت به حالت اعمال شوری و عدم تغذیه برگی روند افزایشی نشان داد (شکل ۲).

آسک و همکاران (Asch et al., 2000) اظهار داشتند که با گذشت زمان به دلیل افزایش تجمع املاح در اندام‌های گیاهی و خسارت ناشی از سمیت یون‌ها، تجمع ماده خشک در گیاه کاهش می‌یابد. ضمن آن که کاهش سطح برگ در



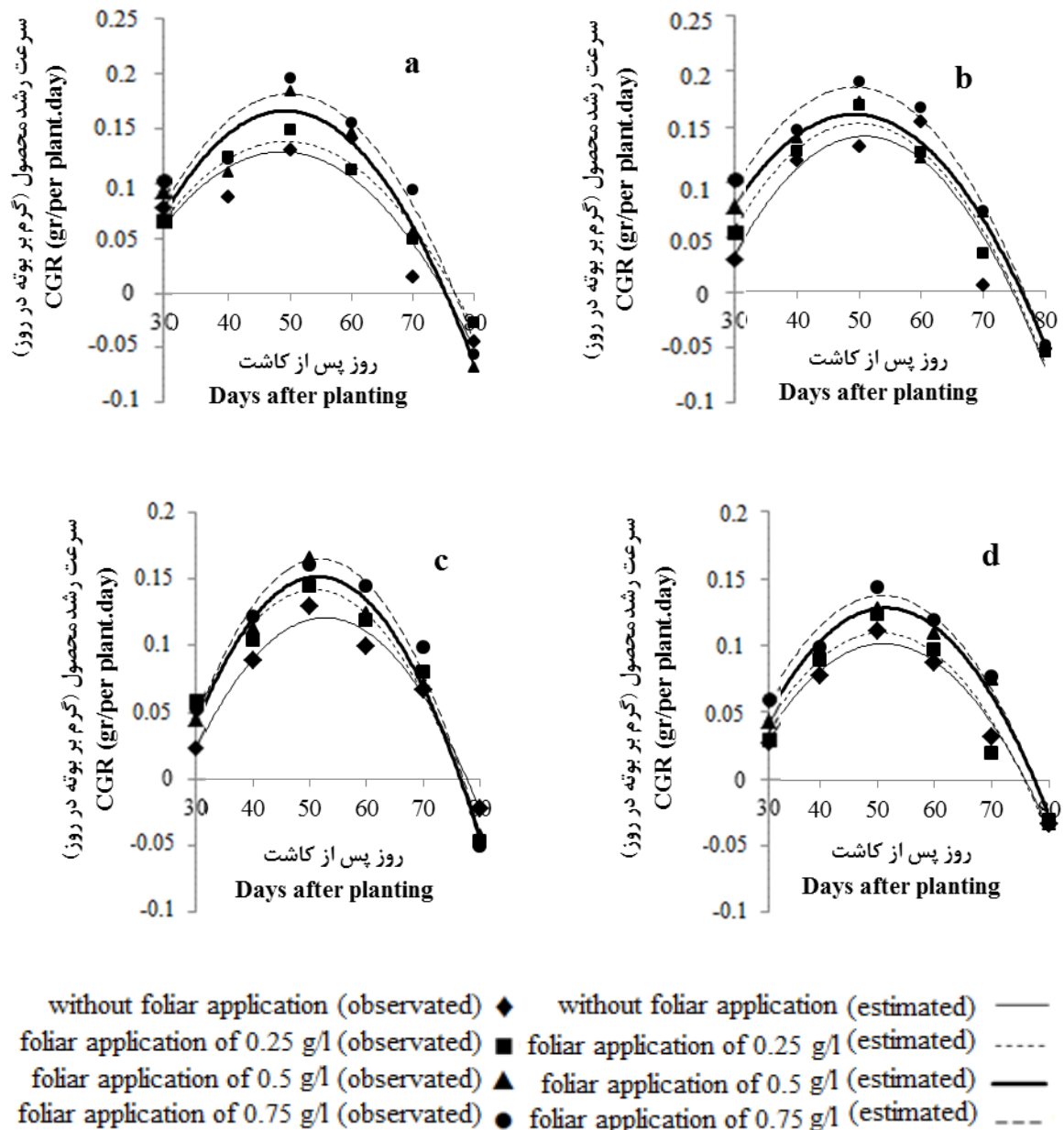
without foliar application (observed) ◆ without foliar application (estimated) —
 foliar application of 0.25 g/l (observed) ■ foliar application of 0.25 g/l (estimated) - - -
 foliar application of 0.5 g/l (observed) ▲ foliar application of 0.5 g/l (estimated) —
 foliar application of 0.75 g/l (observed) ● foliar application of 0.75 g/l (estimated) - - -

شکل ۲. روند تغییرات بیوماس کل جو در حالت عدم اعمال شوری در خاک (a)، شوری ۲۵ میلی مولار (b)، ۵۰ میلی مولار (c) و ۷۵ میلی مولار (d) در سطوح مختلف تغذیه برگ با نانو اکسید روی.

Fig. 2. Variation trend of total biomass in without soil salinity (a), salinity of 25 Mm (b), 50 Mm (c) and 75 Mm (d) in various levels of foliar application with Nano- Zinc- Oxide.

نیز می‌تواند با کاهش فعالیت فتوسنتزی، سرعت ظهور و ریزش برگ‌ها مرتبط باشد. چنین روندی در تغییرات CGR با نتایج بررسی دیگر محققان نیز مشابهت داشت (Lebaschy et al., 1993; Karimi and Siddique, 1991).

براون و همکاران (Brown et al., 1993) اظهار داشتند که مصرف روی در گندم منجر به تسریع در سرعت رشد گیاه می‌گردد. سلیمانی و همکاران (Soleymani et al., 2011) نشان دادند که محلول‌پاشی روی در ذرت موجب افزایش کلیه شاخص‌های رشدی در طول دوره رشد این گیاه شد. کاهش سرعت رشد محصول تا مرحله برداشت



شکل ۳. روند تغییرات سرعت رشد محصول جو در حالت عدم اعمال شوری در خاک (a)، شوری ۲۵ میلی مولار (b)، ۵۰ میلی مولار (c) و ۷۵ میلی مولار (d) در سطوح مختلف تغذیه برگ‌گی با نانو اکسید روی.

Fig. 3. Variation trend of crop growth rate in without soil salinity (a), salinity of 25 Mm (b), 50 Mm (c) and 75 Mm (d) in various levels of foliar application with Nano- Zinc- Oxide.

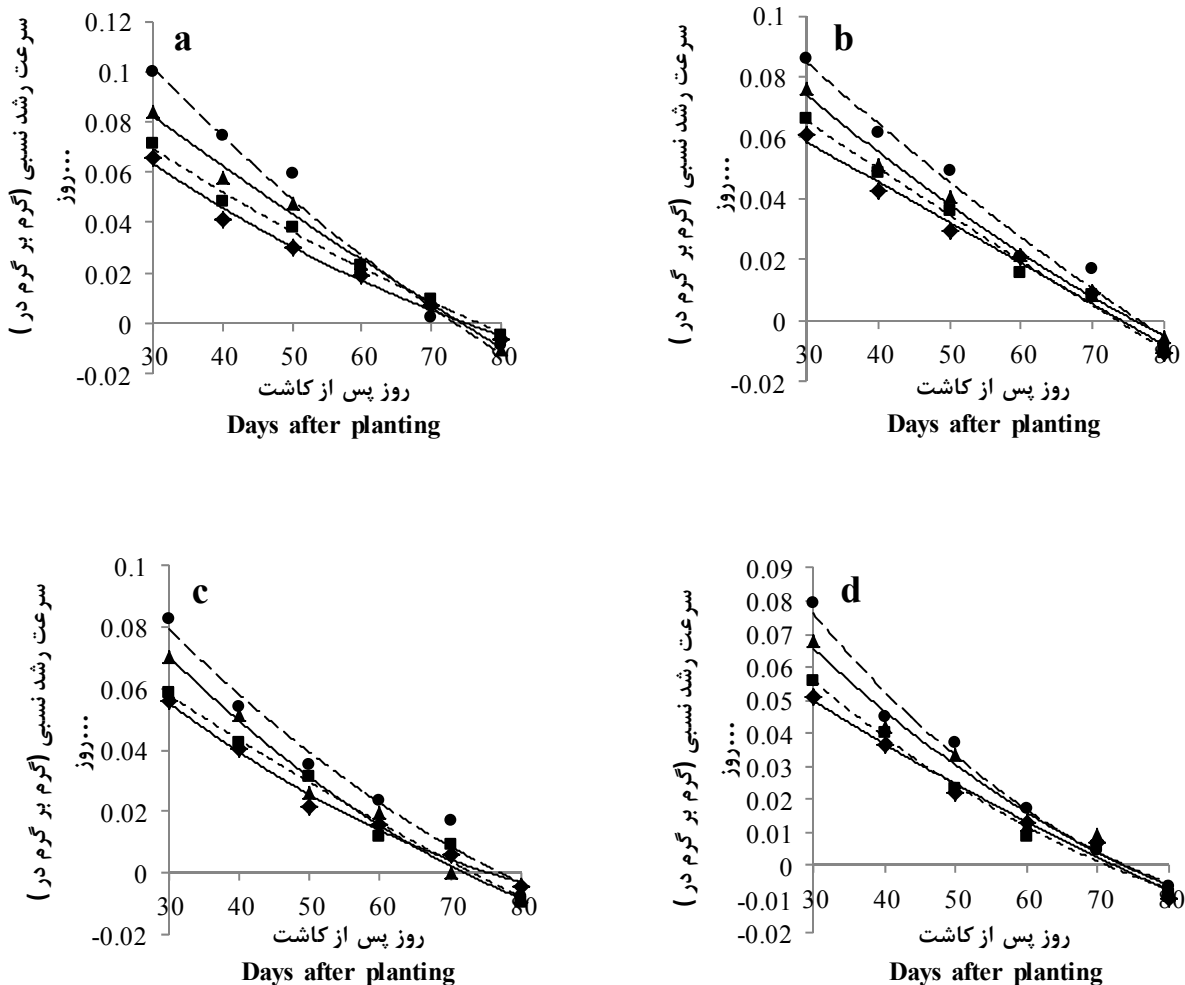
بافت‌های ساختاری گیاه باشد که جزو بافت‌های فعال متابولیکی نمی‌باشند و چنین بافت‌هایی سهمی در میزان رشد ندارند. در ضمن در سایه قرار گرفتن و افزایش سن برگه‌ای تحتانی گیاه نیز دلیل دیگری بر کاهش سرعت رشد نسبی با گذشت زمان است. بیش‌ترین سرعت رشد نسبی به ترکیب تیماری عدم اعمال شوری × تغذیه برگ‌گی با ۰/۷۵ گرم

سرعت رشد نسبی

بررسی روند تغییر سرعت رشد نسبی در سطوح مختلف شوری و تغذیه برگ‌گی با نانو اکسید روی نشان داد که RGR با افزایش سن گیاه به‌طور مداوم کاهش‌یافته و در انتهای فصل به کم‌ترین میزان خود می‌رسد (شکل ۴). به نظر می‌رسد با گذشت زمان کاهش RGR به دلیل افزوده شدن

بیشتر بود که با یافته‌های عبید و همکاران (Abid et al., 2001) مطابقت داشت. آن‌ها دلیل بیشتر شیب منحنی‌های سرعت رشد نسبی در شرایط تنش شوری را به اثر مخرب شوری بر سیستم فتوسنتزی گیاه و کاهش بیوماس کل در واحد سطح نسبت دادند.

در لیتر نانو اکسید روی و کم‌ترین آن به شوری ۷۵ میلی مولار × عدم تغذیه برگگی تعلق داشت (شکل ۴). به بیانی دیگر شیب کاهش سرعت رشد نسبی در بالاترین سطح شوری و عدم کاربرد نانو اکسید روی نسبت به تیمار شاهد (عدم اعمال شوری و کاربرد مقادیر بالای نانو اکسید روی)



without foliar application (observed) ◆ without foliar application (estimated) —
 foliar application of 0.25 g/l (observed) ■ foliar application of 0.25 g/l (estimated) - - -
 foliar application of 0.5 g/l (observed) ▲ foliar application of 0.5 g/l (estimated) —
 foliar application of 0.75 g/l (observed) ● foliar application of 0.75 g/l (estimated) - - -

شکل ۴. روند تغییرات سرعت رشد نسبی جو در حالت عدم اعمال شوری در خاک (a)، شوری ۲۵ میلی مولار (b)، ۵۰ میلی مولار (c) و ۷۵ میلی مولار (d) در سطوح مختلف تغذیه برگگی با نانو اکسید روی

Fig. 4. Variation trend of relative growth rate in without soil salinity (a), salinity of 25 Mm (b), 50 Mm (c) and 75 Mm (d) in various levels of foliar application with Nano- Zinc- Oxide.

شرایطی قدرت مخزن (فعالیت مخزن \times اندازه آن = قدرت مخزن) بیش‌تر از منبع بوده (Khalilzadeh et al., 2017) و به دلیل 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 (Abasspour, 2011). 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 (Wang et al., 1995).

ارتفاع بوته

بیش‌ترین ارتفاع بوته (۵۶/۵۳ سانتی‌متر) در ترکیب تیماری عدم اعمال شوری \times تغذیه برگگی ۰/۷۵ گرم در لیتر نانو اکسید روی و کم‌ترین آن (۲۹/۳ سانتی‌متر) در بالاترین سطح شوری و عدم تغذیه برگگی به دست آمد (جدول ۶). زهیر و همکاران (Zahir et al., 2009) نشان دادند که تنش شوری موجب کاهش معنی‌دار ارتفاع بوته گندم شد. مونز و همکاران (Munns et al., 2006) دلیل اصلی کاهش رشد در شرایط شوری را، به کاهش محتوای نسبی آب و کاهش سطح برگ و فتوسنتزی جاری نسبت دادند. خیری زاده و همکاران (Kheirizadeh Arough et al., 2016) افزایش فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی، تجمع پرولین و قندهای محلول، افزایش محتوای کلروفیل را از دلایل اصلی رشد بهتر اندام‌های هوایی تریپتیکاله عنوان کردند.

طول سنبله

نتایج نشان داد کم‌ترین طول سنبله (۵/۵۵ سانتی‌متر) در شوری ۷۵ میلی مولار و بیش‌ترین آن (۶/۱۸ سانتی‌متر) در حالت عدم اعمال شوری مشاهده شد. همچنین با افزایش سطوح نانو اکسید روی طول سنبله افزایش یافت، بیش‌ترین مقدار آن (۶/۵۵ سانتی‌متر) در تغذیه برگگی ۰/۷۵ گرم در لیتر و کم‌ترین آن به حالت عدم تغذیه برگگی تعلق داشت (جدول ۷).

نتایج جدول تجزیه واریانس نشان داد تأثیر شوری، تغذیه برگگی نانو اکسید روی و اثر ترکیب تیماری این دو عامل بر انتقال ماده خشک از اندام هوایی و ساقه به دانه، ارتفاع بوته، طول سنبله، تعداد دانه در سنبله، وزن صد دانه، عملکرد تک بوته، وزن و حجم ریشه معنی‌دار شد (جدول ۶).

انتقال ماده‌ی خشک

مقایسه میانگین‌ها نشان داد که با مصرف روی، انتقال مجدد از کل اندام هوایی و ساقه در عملکرد دانه کاهش یافت، به طوری که کم‌ترین مقادیر آن‌ها (به ترتیب 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 کاربرد نانو اکسید روی تعلق داشت. همچنین کم‌ترین سهم فرایند انتقال مجدد و مشارکت ذخایر ساقه در عملکرد دانه (به ترتیب ۱۸/۴۲ و ۱۷/۰۴ درصد) در تغذیه برگگی ۰/۷۵ گرم در لیتر نانو اکسید روی به دست آمد.

روند مشابهی نیز در حالت اعمال شوری نسبت به عدم اعمال شوری به دست 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 به دست آمد. ضمن آنکه بیش‌ترین سهم فرایند انتقال مجدد از اندام هوایی و مشارکت ذخایر ساقه در عملکرد دانه (به ترتیب ۴۲/۱۳ و ۳۳/۲ درصد) در بالاترین سطح از شوری خاک و کم‌ترین این مقادیر (به ترتیب ۱۸/۸۶ و ۱۵ درصد) در پایین‌ترین سطح از شوری خاک به دست آمد (جدول ۷). بدیهی است که میزان انتقال ماده خشک و سهم این فرایند در عملکرد دانه، بیش‌تر تحت تأثیر روابط منبع و مخزن و شرایط محیطی قرار می‌گیرد (Seyed Sharifi and Nazarly, 2011). به نظر می‌رسد در شرایط مطلوب و دسترسی به منابع کافی، چون فتوسنتز جاری به دلیل افزایش سرعت ظهور 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 (Seyed Sharifi and Haydari Siahkhalaki, 2015). ولی زمانی که گیاه در شرایط شوری قرار گیرد و یا به دلیل عدم دسترسی به منابع غذایی مانند روی در شرایط تنش قرار گیرد تعادل منبع و مخزن به هم‌خورده و در چنین

جدول ۶. تجزیه واریانس تأثیر شوری و نانو اکسید روی بر عملکرد دانه و برخی صفات جو.

Table 6. Analysis of variance of the effects of salinity and nano-zinc oxide on yield and some traits of barley.

منابع تغییر S.O.V	درجه آزادی df	M.S				
		انتقال مجدد از اندام هوایی Remobilization from air parts	سهم فرایند انتقال مجدد در عملکرد دانه Contribution of dry matter remobilization in grain yield	انتقال مجدد از ساقه Remobiliza tion from stem	مشارکت ذخایر ساقه در عملکرد دانه Contribution of stem reserves at grain yield	ارتفاع بوته Plant height
تکرار Replication	2	0.00129 ^{ns}	37.78 ^{ns}	0.00163 ^{ns}	19.19 ^{ns}	7.741 ^{ns}
شوری Salinity	3	0.159 ^{**}	1240.46 ^{**}	0.0476 ^{**}	1013.62 ^{**}	223.98 ^{**}
روی Zinc	3	0.1423 ^{**}	1286.63 ^{**}	0.035 ^{**}	832.88 ^{**}	263.11 ^{**}
روی*شوری Zinc*Salinity	9	0.00108 ^{ns}	14.84 ^{ns}	0.00064 ^{ns}	3.22 ^{ns}	32.08 ^{**}
خطا Error	30	0.00313	14.76	0.00241	38.11	4.02
ضریب تغییر C.V (%)	-	17.4	12.43	21.08	23.71	5.34

Table 6. Continued

جدول ۶. ادامه

منابع تغییر S.O.V	درجه آزادی df	M.S					
		طول سنبله Spike length	تعداد دانه در سنبله Number of grain per spike	وزن صد دانه Grain 100 weight	عملکرد تک بوته Grain yield per plant	وزن خشک ریشه Root dry weight	حجم ریشه Root volume
تکرار Replication	2	1.003 ^{**}	63.27 ^{**}	0.075 ^{ns}	0.0008 ^{ns}	0.00316 [*]	0.0134 ^{**}
شوری Salinity	3	1.054 ^{**}	63.69 ^{**}	2.037 ^{**}	0.082 ^{**}	0.16 ^{**}	0.565 ^{**}
روی Zinc	3	4.48 ^{**}	379.3 ^{**}	1.454 ^{**}	0.107 ^{**}	0.1272 ^{**}	0.467 ^{**}
روی*شوری Zinc*Salinity	9	0.043 ^{ns}	6.97 ^{**}	0.142 ^{**}	0.0068 [*]	0.00317 ^{**}	0.0044 [*]
خطا Error	30	0.1008	1.42	0.041	0.0031	0.00087	0.0017
ضریب تغییر C.V (%)	-	5.43	5	6.06	5.95	7.55	5.39

ns, * و ** به ترتیب غیر معنی دار و معنی دار در سطح احتمال پنج و یک درصد.

ns, * and ** were non-significant and significant at 5% and 1% probability levels, respectively.

خیری زاده و همکاران (Kheirizadeh Arough et al., 2016) نشان داد که مصرف روی موجب افزایش معنی داری در عملکرد و اجزای عملکرد تریبتیکاله شد.

ماس و گریو (Mass and Grieve, 1990) اظهار داشتند که تنش شوری با تغییر در ظرفیت نهایی سنبله، موجب کاهش معنی داری در طول سنبله، تعداد سنبله در واحد سطح و نیز تعداد دانه در سنبله شد. نتایج بررسی های

تعداد دانه در سنبله و وزن صد دانه

مقایسه میانگین‌ها نشان داد که بیش‌ترین تعداد دانه در سنبله (۳۷/۵) و وزن صد دانه (۴/۰۱ گرم) در تغذیه برگ‌ی ۰/۷۵ گرم در لیتر نانو اکسید روی × عدم اعمال شوری و کم‌ترین آن‌ها (به ترتیب معادل ۱۶/۴۶ و ۲/۱۵ گرم) در عدم تغذیه برگ‌ی × شوری ۷۵ میلی مولار به دست آمد (جدول ۸). رانگل و گراهام (Rengel and Graham, 1995) اعلام نمود که با تأمین عنصر روی همراه با سایر عناصر موردنیاز گندم، تعداد دانه در سنبله و در نتیجه عملکرد دانه افزایش می‌یابد. نتایج تحقیقات همانترانجان و گراگ (Hemantaranjan and Grag, 1988) نشان داد که

مصرف آهن و روی موجب افزایش معنی‌داری در تعداد سنبله در مترمربع، طول سنبله و وزن هزار دانه شد. این محققین اعلام نمودند که در اثر مصرف این عناصر به دلیل افزایش مقدار کل کربوهیدرات، نشاسته و پروتئین دانه، وزن هزار دانه و تعداد دانه در سنبله بالا رفته و موجب افزایش عملکرد دانه می‌شوند. همچنین شوری طول دوره پر شدن دانه، ارتفاع و تعداد برگ به‌ویژه در ارقام حساس جو را کاهش می‌دهد که کاهش عملکرد، نتیجه کاهش تعداد سنبله در هر گیاه و وزن دانه در هر سنبله خواهد بود (Esmaeli and Babaeyan, 1999).

جدول ۷. مقایسه میانگین اثر شوری خاک و مقادیر نانو اکسید روی بر طول سنبله و انتقال مجدد ماده خشک جو.

Table 7. Mean comparison the effects of salinity soil and Nano- Zinc- Oxide rates on spike length and dry matter remobilization of barley.

	میزان انتقال		مشارکت ذخایر		طول سنبله (سانتی‌متر)
	مجدد از کل اندام هوایی (گرم از بوته)	سهم فرایند انتقال مجدد در عملکرد دانه (%)	انتقال مجدد از ساقه (گرم از بوته)	ساقه در عملکرد دانه (درصد)	
	Remobilization from shoot (g/ per plant)	Contribution of dry matter remobilization in grain yield (%)	Remobilization from stem (g/ per plant)	Contribution of stem reserves to grain yield (%)	Ear length (cm)
مقادیر نانو اکسید روی (گرم در لیتر) nano zinc oxide rates (gr/lit)					
0	0.445 ^a	42.09 ^a	0.295 ^a	35.89 ^a	5.14 ^d
0.25	0.367 ^b	36.01 ^b	0.255 ^a	29.45 ^b	5.59 ^c
0.5	0.279 ^c	27.07 ^c	0.209 ^b	21.73 ^c	6.1 ^b
0.75	0.194 ^d	18.42 ^d	0.171 ^b	17.04 ^c	6.55 ^a
شوری (میلی مولار) Salinity (Mm)					
0	0.199 ^d	18.86 ^d	0.168 ^c	15 ^c	6.18 ^a
25	0.267 ^c	26.9 ^c	0.201 ^c	21.39 ^c	6 ^a
50	0.354 ^b	35.69 ^b	0.248 ^b	27.51 ^b	5.65 ^b
75	0.466 ^a	42.13 ^a	0.313 ^a	33.2 ^a	5.55 ^b

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

Means with similar letters in each column are not significantly different.

عملکرد تک بوته

۰/۷۵ گرم در لیتر × عدم اعمال شوری و کم‌ترین آن (۰/۷۵۵ گرم در بوته) در حالت عدم تغذیه برگ‌ی در بالاترین سطح از شوری (۷۵ میلی مولار) برآورد شد (جدول ۸). عملکرد دانه همانند وزن خشک کل در محیط شور کاهش

با افزایش سطوح شوری عملکرد دانه کاهش و با تغذیه برگ‌ی نانو اکسید روی افزایش یافت. مقایسه میانگین‌ها نشان داد بیش‌ترین عملکرد دانه (۱/۲۲ گرم در بوته) در تغذیه برگ‌ی

دانه را کاهش داد. چاکماک (Cakmak, 2000) معتقد است کمبود روی به دلیل اختلال در متابولیسم سلولی، خسارت به پروتئین‌های غشاء، محتوای کلروفیل و آنزیم‌ها در نهایت منجر به ممانعت از رشد گیاه می‌گردد. یلماز و همکاران (Yilmaz et al., 1997) نشان دادند که مصرف روی موجب افزایش معنی‌داری در عملکرد و اجزا آن از جمله تعداد سنبله در مترمربع، تعداد دانه در سنبله و وزن هزار دانه می‌شود. تاندون (Tandon, 1995) افزایش عملکرد گندم بر اثر مصرف روی را در مقایسه با شاهد ۸۶۰ کیلوگرم در هکتار گزارش کرد.

می‌یابد (Kheirizadeh Arough et al., 2016) شوری با اثر بر مریستم انتهایی ساقه جو ضمن کاهش ارتفاع بوته، به کاهش سرعت ظهور و سطح برگ منجر شده و در نهایت منجر به کاهش تعداد سنبلچه در سنبله و عملکرد دانه می‌شود (Grive, 1993). فرانکوئیس و همکاران (Francois et al., 1994) در یک آزمایش مزرعه‌ای دوساله در مورد اثر شوری بر رشد و اجزای عملکرد گندم در سه دوره مختلف فنولوژیک اظهار داشتند اعمال تنش شوری قبل از تمایز سنبلچه انتهایی، تعداد سنبلچه در سنبله و تعداد پنجه را کاهش داد. در صورتی که اعمال تنش شوری بعد از تمایز سنبلچه انتهایی فقط به‌طور معنی‌داری تعداد دانه و وزن

جدول ۸. مقایسه میانگین اثر ترکیب تیماری سطوح مختلف شوری در تغذیه برگي نانو اکسید روی بر برخی صفات زراعی.

Table 8. Mean comparison of different levels of salinity × foliar application with nano zinc oxide on some agronomic traits.

تغذیه برگي (گرم در لیتر) Foliar application (g/l)	شوری (میلی مولار) Salinity (Mm)	ارتفاع بوته** Plant height (cm)	تعداد دانه در سنبله** Number of grain per spike	وزن صد دانه** 100 Grains weight (gr)	عملکرد تک بوته* Grian yield per plant (gr)	وزن خشک ریشه** Root dry weight (gr)	حجم ریشه* Root volume (cm ³)
Non-sprayed	0	36.46 ^{def}	20.63 ^{hi}	3.48 ^{cde}	0.863 ^g	0.355 ^{ef}	0.743 ^{ef}
	0.25	39.66 ^{cd}	22.33 ^{fgh}	3.57 ^{bcd}	0.981 ^{cde}	0.447 ^d	0.901 ^d
	0.5	40.56 ^{bc}	27.26 ^{cd}	3.89 ^{ab}	1.05 ^{bc}	0.577 ^b	1.08 ^{bc}
	0.75	56.53 ^a	37.5 ^a	4.01 ^a	1.22 ^a	0.665 ^a	1.24 ^a
Non-sprayed	25	33.46 ^{fgh}	18.63 ^{jk}	3.27 ^{de}	0.877 ^{fg}	0.314 ^{fg}	0.623 ^g
	0.25	35.3 ^{efg}	21.16 ^{ghi}	3.28 ^{de}	0.922 ^{efg}	0.393 ^e	0.788 ^e
	0.5	39.56 ^{cd}	26.23 ^{de}	3.6 ^{bcd}	1.02 ^{bcd}	0.504 ^c	1.03 ^c
	0.75	43.7 ^b	30.5 ^b	3.91 ^{ab}	1.08 ^b	0.585 ^b	1.11 ^b
Non-sprayed	50	32.73 ^{gh}	17.43 ^{kl}	3.2 ^e	0.855 ^{gh}	0.256 ^{hi}	0.513 ^h
	0.25	34.6 ^{efgh}	20.53 ^{hij}	3.23 ^e	0.902 ^{efg}	0.315 ^{fg}	0.635 ^g
	0.5	37.36 ^{cde}	24.26 ^{ef}	3.42 ^{cde}	0.943 ^{defg}	0.386 ^e	0.779 ^{ef}
	0.75	37.8 ^{cde}	28.33 ^c	3.63 ^{bc}	0.967 ^{cdef}	0.466 ^{cd}	0.933 ^d
Non-sprayed	75	29.3 ⁱ	16.46 ^l	2.15 ^f	0.755 ⁱ	0.176 ^j	0.32 ^j
	0.25	31.6 ^{hi}	19.23 ^{ijk}	2.27 ^f	0.768 ^{hi}	0.216 ^{ij}	0.425 ⁱ
	0.5	34.53 ^{efgh}	22.63 ^{fg}	3.28 ^{de}	0.905 ^{efg}	0.266 ^{gh}	0.532 ^h
	0.75	37.36 ^{cde}	28.23 ^c	3.4 ^{cde}	0.926 ^{efg}	0.326 ^f	0.718 ^f
LSD%5		3.34	1.99	0.338	0.0934	0.049	0.0698

میانگین‌های با حروف مشابه در هر ستون اختلاف آماری معنی‌داری با هم در سطح احتمال یک (***) و پنج درصد (*) ندارند.

Means with similar letters in each column are not significantly different at 5% and 1% probability levels.

داشتند که در شرایط شوری ریزمغذی روی به دلیل افزایش فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی، تجمع پرولین و قندهای محلول، افزایش محتوای کلروفیل ضمن تعدیل اثرات ناشی از تنش شوری، موجب حفظ محتوای نسبی آب درون گیاهی و رشد بهتر ریشه و اندام‌های هوایی می‌گردد.

نتیجه‌گیری

با افزایش سطوح شوری عملکرد و اجزای عملکرد دانه و شاخص‌های رشدی جو کاهش یافت. تغذیه برگی با نانو اکسید روی در مقایسه با عدم تغذیه برگی منجر به بهبود شاخص‌های رشدی و عملکرد دانه شد. به نظر می‌رسد تغذیه برگی با نانو اکسید روی می‌تواند ضمن تسریع در سرعت ظهور برگ و کاهش یا تعدیل اثر شوری در بهبود عملکرد و برخی از شاخص‌های رشدی جو حتی در شرایط تنش شوری مؤثر باشد.

وزن و حجم ریشه

وزن و حجم ریشه با افزایش شوری خاک در تمامی ترکیبات تیماری کاهش یافت که با نتایج گزارش شده توسط دیگر محققان مطابقت داشت (Borzoei et al., 2010; Gramer et al., 1994). بیش‌ترین وزن و حجم ریشه (به ترتیب ۰/۶۶۵ گرم و ۱/۲۴ سانتی‌متر مکعب) در ترکیب تیماری عدم اعمال شوری × تغذیه برگی ۰/۷۵ گرم در لیتر نانو اکسید روی و کم‌ترین آن‌ها (۰/۱۷۶ گرم و ۰/۳۲ سانتی‌متر مکعب) در بالاترین سطح شوری و عدم تغذیه برگی به دست آمد (جدول ۸).

روی برای حفظ تمامیت غشای سلول‌های ریشه ضروری است (Kheirizadeh Arough et al., 2016). آلپسلان و همکاران (Alpaslan et al., 1999) گزارش کردند در شرایط تنش شوری، عنصر روی می‌تواند اثر منفی کلرید سدیم را به واسطه‌ی جلوگیری از جذب و یا انتقال سدیم و کلر کاهش و موجب رشد ریشه و گیاه شود. خیری زاده و همکاران (Kheirizadeh Arough et al., 2016) اظهار

منابع

- Abasspour, S., 2011. Effects of seed inoculation with plant growth promoting rhizobacteria (PGPR) on grain yield and some agronomic characteristics of triticale. MSc thesis. University of Mohaghegh Ardabili. Ardabil Iran. [In Persian with English Summary].
- 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.
- Abid, M.A., Qayyum, A., Dasti, A., Abdulwajid, R., 2001. Effect of salinity and SAR of irrigation water on yield, physiological growth parameters of Maize (*Zea mays* L.) and properties of the soil. Journal of Research (Science), Bahauddin Zakariya University, Multan, Pakistan. 12(1), 26-33.
- Alpaslan, M., Inal, A., Gunes, A., Cikili, Y., Ozcan, H., 1999. Effect of zinc treatment on the alleviation of sodium and chloride injury in tomato (*Lycopersicon esculentum* L. Mill. c.v.lale) grown under salinity. Turkish Journal of Botany. 23, 1-6.
- Aruna Geetha, S., Thiyarajan, T.M., 2003. Remobilization of nitrogen in rice genotypes. Crop Research. 25, 406-409.
- Asch, F., Dingkuhn, M., Droffling, K., 2000. Salinity increases CO₂ assimilation but reduces growth in field growth irrigated rice. Plant and Soil. 218, 1-10.
- Barnett, K.H., Pearce, P.B., 1983. Source- Sink ratio alteration and its effect on physiological parameters in maize. Crop Science. 23, 294-299.
- Borzoei, A., Kafe, M., Khazaei, H.R., Mosavi Shalmane, A., 2010. Effects of irrigation water salinity on root traits of two wheat cultivars and its relationship with grain yield in green house condition. Journal of Science and Technology of Greenhouse Culture. 2, 28-39. [In Persian with English Summary].
- Brown, P. H., Cakmak, I., Zhang, Q., 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.
- Cakmak, I. 2000. Possible roles of zinc in protecting plant cells from damage by reactive oxygen species. *New Physiology*. 146: 185-205.
- Chaturvedi, G.S., Ram, P.C., 1996. Carbohydrate status of rain fed low land rice in relation to submergence drought and shade tolerance. In: Proceeding of the International Conference on Stress Physiology of Rice, India, New Delhi. 103-122.
- Ebrahimian, E., Bybordi, A., 2011. Exogenous silicium and zinc increase antioxidant enzyme activity and alleviate salt stress in leaves of sunflower. *Journal of Food, Agriculture and Environment*. 9(1), 422-427.
- Ehdaie, B., Wanies, G., 1996. Genetic variation for contribution of pre anthesis assimilates to grain yield in spring wheat. *Journal of Genetic and Breeding*. 50, 47-56.
- Emam, Y., Nicneghad, M., 1997. Introduce to Plant Physiology. 572 PP. Shiraz University press [In Persian].
- Esmali, M., Babaeyan, N.A., 1999. Photosynthesis and stomata conductance responses of two barley cultivars under salinity stress. Proceedings of 6th Iranian Congress of Crop Production and Plant Breeding, 3-6 Sep. Babolsar, Iran. [In Persian].
- Francois, L.E., Grieve, C., Mass, E.V., Lesch, S.M., 1994. Time of salt stress affects growth and yield components of irrigated wheat. *Journal of Agronomy*. 86, 100-107.
- Frank, A.B., Bauer, A., 1995. Phyllochron differences in wheat, barley and forage grasses. *Crop Science*. 35, 19-23.
- Gramer, G.R., Alberico, G.J., Schmidt, C., 1994. Salt tolerance is not associated with the sodium accumulation of two maize hybrids. *Australian Journal of Plant Physiology*. 21(5), 675-682.
- Grive, G.E., 1993. Leaf and spikelet primordia protein synthesis in barley roots. *Plant Physiology*. 183, 517-524.
- Hemantaranjan, A., Grag, O.K., 1988. Iron and zinc fertilization with reference to the grain quality of wheat (*Triticum aestivum* L.). *Journal of Plant Nutrition*. 11, 1439-1450.
- Kafi, M., Bageri, A., Nabati, J., Zare Mehjerdi, M., Mansouri, A., 2011. Effects of salinity on some physiological variables of 11 chickpea genotypes under hydroponic conditions. *Journal of Science and Technology of Greenhouse*. 1 (4): 55-70.
- Kafi, M., Stewart, D.A. 1998. Effect of salinity on growth and yield of nine types of wheat. *Journal of Agricultural and Food Science*. 12(1), 77-85.
- Karimi, M.M., Siddique, K.H., 1991. Crop growth and relative growth rates of old and modern wheat cultivars. *Australian Journal of Agricultural Research*. 42, 13-20.
- Khalilzadeh, R., Seyed Sharifi, R., Kheirizadeh Arough, Y., 2017. Study of dry matter mobilization and grain filling period of wheat (*Triticum aestivum* L.) by application of cycocel and bio fertilizer under water deficit condition. *Journal of Cercetări Agronomice în Moldova*. In press
- Kheirizadeh Arough, Y., Seyed Sharifi, R., Sedghi, M., Barmaki, M., 2016. Effect of zinc and bio fertilizers on antioxidant enzymes activity, chlorophyll content, soluble sugars and proline in *Triticale* under salinity condition. *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca*, 44(1), 116-124.
- Khoshgoftarmanesh, A.H., Jaaferi, B., Shriatmadari, H., 2002. Effect of salinity on Cd and Zn availability. 17th World Congress of Soil Science, 14-21 August, Thailand.
- Lebaschy, M., Rezaei, A., Karimi, M., 1993. Study of physiological indices of oat (*Avena Sativa* L.) and barley (*Hordeum Vulgaris* L.). Pajohesh and Sazandegi. 24, 46-51. [In Persian with English Summary].
- Mahajan, S., Tuteja, N., 2005. Cold salinity and drought stresses: an overview. *Archives of Biochemistry and Biophysics*. 444, 139-158.
- Marschner, H., 1995. Mineral nutrition of higher plants. 2nd ed. Academic Press, Boston, USA. 889 pp.
- Mass, E.V., Grieve, C.M. 1990. Spike and leaf development in salt stressed wheat. *Crop Science*. 30, 1309-13.
- Mayak, S., Tirosh, T., Glick, B.R., 2004. Plant growth promoting bacteria confer resistance

- in tomato plants salt stress. *Plant Physiology and Biochemistry*. 42, 565-572.
- Mc Master, G.S., 1997. Phenology, development and growth of the wheat shoot apex, a review. *Advance Agronomy*. 59, 63-118.
- Munns, R., James, R.A., Lauchi, A., 2006. Approaches to increasing the salt tolerance of wheat and pother cereals. *Journal of Experimental Botany*. 57, 1025-1043.
- Rafiaie, F., Karimi, M., 1998. Effect salinity on phylochron and leaf appearance rate of suger beet. *Proceedings of 5th Iranian Congress of Crop Production and Plant Breeding*, 4-7 Sep. Esfahan, Iran. [In Persian].
- Rana, M., Rawson, H., 1999. Effect of salinity on salt accumulation and reproductive development in the apical meristem of wheat and barley. *Australian Journal of Plant Physiology*. 26(5), 459 – 464.
- Rengel, Z., Graham, R.D., 1995. Importance of seed Zn content for wheat growth on Zn-deficient soil (II: Grain Yield). *Journal Plant and Soil*. 173, 267-274.
- Sadat Noori, S.A., Neily, T.M.C., 2000. Assessment of variability in salt tolerance based on seedling growth of *Triticum aestivum*. *Resources and Crop Evalution*. 47, 285-291.
- Seyed Sharifi, R., Haydari Siahkhalaki, M., 2015. Effects of bio fertilizers on growth indices and contribution of dry matter remobilization in wheat grain yield. *Journal of Plant Researches (Iranian Journal of Biology)*. 28(2), 327-343. [In Persian with English Summary].
- Seyed Sharifi, R., Nazarli, H., 2016. Influence of salinity levels of irrigation water with NaCl on phyllochron and leaf appearance rate of barley (*Hordeum vuulgare* L.) cultivars. *Journal of Environmental Stresses in Crop Sciences*. 8(2), 297-306.
- Seyed Sharifi, R., Nazarly, H. 2011. Effects of seed priming with plant growth promoting rhizobacteria (PGPR) on grain yield, fertilizer use efficiency and dry matter remobilization of sunflower (*Helianthus annus* L.) with various levels of nitrogen fertilizer. *Sustainable Agriculture*. 23(3), 27-45. [In Persian with English Summary].
- Soleymani, A., Firozi, M., Narenjani, L., 2011. Effects of foliar application with microelement on some growth indices and total dry matter in fodder corn. *Iranian Journal of Field Crops Research*. 9(3), 340-347. [In Persian with English Summary].
- Takker, P.N., Walker, C.D., 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.
- Taleisnik, E., Rodríguez, A.A., Bustos, D., Erdei, K., Ortega, L., Senn, M., 2009. Leaf expansion in grasses under salt stress. *Journal of Plant Physiology*. 166(11), 1123-40.
- Tandon, H.L.S., 1995. *Micronutrients in soils, crops and fertilizers. A source book-cum-Directery*. Fertilizer Development and Consumption Organisation, New Dehli, India.
- Thomison, P.R., Jordan, D.M., 1995. Plant population effects in corn hybrids differing in ear growth habitat and prolificacy. *Journal of Production Agriculture*. 8, 394-400.
- Tollenaar, M., Daynard, T.B. Hunter, R.B., 1979. The effect of temperature on rate of leaf appearance and flowering date in maize. *Crop Science*. 19, 363-366.
- Vankhadeh, S., 2002. Response of sunflower to applied Zn, Fe, P, N. *Revista Cientifica UDO Agricola*. 1, 143-144.
- Vos, J., Van Der Putten, P.E.L., Birch, C.J. 2005. Effect of nitrogen supply on leaf appearance, leaf growth, leaf nitrogen economy and photosynthetic capacity in maize (*Zea mays* L.). *Field Crops Research*. 93, 64-73.
- Wang, Z.M., Wang, S.A., Su, B.A., 1995. Accumulation and remobilization of stem reserves in wheat. *CAB Abstract*.
- Warrington, I.J., Kanemasu, E.T., 1983. Corn growth response to temperature and photoperiod. II: Leaf initiation and leaf appearance rates. *Agronomy Journal*. 75, 755 – 761.
- Yilmaz, A., Ekiz, H., Torun, B., Guttekin, I., Karanlik, S., Baggi, S.A., Cakmak, I., 1997. Effect of different zinc application methods on grain yield and zinc concentration in wheat cultivars grown on zinc deficient calcareous soils. *Journal of Plant Nutrition*. 20, 461-471.
- Zahir, Z.A., Ghoni, U., Naveed, M., Nadeem, S. M., Asghar, H.N., 2009. Comporative

- effectiveness 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.
- Zahran, H., 1999. Rhizobiumlegom symbiosis and nitrogen fixation under sever condition and in arid climat. Microbiology and Moleculy Biology Reviews. 63(4):968-989.
- Zeyaeyan, A., Malakote, M.J., 2000. Effects of zinc application on growth and yield of wheat in Calcareous soils. Soil and Plant. 2, 99-110. [In Persian with English Summary].