



## تأثیر مصرف خاکی و محلول‌پاشی روی بر محتوای رنگدانه‌های فتوسنتزی، فلورسانس کلروفیل و عملکرد گندم در شرایط شوری خاک

حامد نریمانی<sup>۱</sup> و \*رئوف سیدشریفی<sup>۲</sup>

<sup>۱</sup> دانشجوی دکتری گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشگاه محقق اردبیلی،

آستاد گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشگاه محقق اردبیلی

تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۱۰/۱۸؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۱۰/۱۱

### چکیده

**سابقه و هدف:** شوری خاک یکی از مهم‌ترین فاکتورهای محدودکننده رشد و تولید گیاهان زراعی در مناطق خشک و نیمه‌خشک است. روی یک ریزمغذی ضروری برای انسان، دام و گیاه است که به‌عنوان بخش فلزی آنزیم‌ها و کوفاکتور تنظیم‌کننده تعداد زیادی از آنزیم‌ها عمل می‌کند. روی برای سنتز کلروفیل ضروری است و نقش مهمی در تولید زیست‌توده گیاهی بازی می‌کند. روی در گرده‌افشانی، باروری و جوانه‌زنی گیاهان نیز نقش مهمی به عهده دارد. کمبود روی به‌عنوان یک مشکل اساسی به‌خصوص در گیاهان رشد کرده در خاک‌های شور با مقادیر بالای pH شناخته می‌شود. ولی بررسی‌های اخیر نشان داده‌اند که کاربرد مقدار کمی از عناصر ریزمغذی به‌ویژه روی به‌صورت محلول‌پاشی، می‌تواند توانایی گیاهان را نسبت به تنش شوری متأثر نماید. از این‌رو هدف این آزمایش بررسی اثر مصرف خاکی و محلول‌پاشی روی بر محتوای رنگدانه‌های فتوسنتزی، فلورسانس کلروفیل و عملکرد گندم در شرایط شوری خاک بود.

**مواد و روش‌ها:** آزمایش در سال ۱۳۹۷ به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در گلخانه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه محقق اردبیلی اجرا گردید. فاکتورهای آزمایشی شوری خاک در چهار سطح (عدم اعمال شوری، شوری ۳۰، ۶۰ و ۹۰ میلی‌مولار با نمک NaCl)، مصرف خاکی و محلول‌پاشی روی در چهار سطح (شاهد یا عدم مصرف روی، مصرف خاکی سولفات روی، محلول‌پاشی نانوآکسید روی، کاربرد توام سولفات روی و نانوآکسید روی) شامل می‌شدند.

**یافته‌ها:** نتایج نشان داد که کاربرد توام سولفات روی و نانوآکسید روی در شرایط غیرشور، موجب افزایش محتوای کلروفیل a، b، کلروفیل کل، کاروتنوئید و عملکرد دانه (به‌ترتیب ۶۵/۲، ۵۲/۷۲، ۶۲، ۵۰/۴۳، ۹۹/۲۸ و ۳۴/۵۶ درصد) نسبت به شرایط عدم کاربرد روی تحت شوری ۹۰ میلی‌مولار خاک شد. هم‌چنین کاربرد توام سولفات روی و نانوآکسید روی در شرایط عدم اعمال شوری موجب افزایش فلورسانس حداکثر ( $F_m$ )، فلورسانس متغیر ( $F_v$ ) گردید. عملکرد دانه ۳۴/۵۶ درصدی در شرایط عدم کاربرد روی و شوری ۹۰ میلی‌مولار خاک در مقایسه با کاربرد توام

\* مسئول مکاتبه: raouf\_ssharifi@yahoo.com

سولفات روی و نانو اکسید روی در شرایط عدم شوری به دلیل افزایش فلورسانس حداقل ( $F_0$ ) و کاهش محتوای کلروفیل کاهش یافت.

**نتیجه گیری:** به نظر می رسد که کاربرد توأم سولفات روی و نانو اکسید روی می تواند عملکرد دانه گندم در شرایط شوری به دلیل بهبود رنگدانه های فتوسنتزی و مؤلفه های فلورسانس کلروفیل افزایش دهد.

**واژه های کلیدی:** پروتئین، تنش، روی، کاروتنوئید

### مقدمه

شوری یکی از علل عمده کاهش بهره وری محصولات کشاورزی در جهان است (۱۰). سالانه ۱۰ میلیون هکتار از زمین های کشاورزی جهان در اثر شوری حاصل از آبیاری و شوری ثانویه ناشی از فعالیت های بشر از چرخه تولید خارج و به زمین های غیرقابل کاشت تبدیل می شوند (۴۰). تنش شوری با تأثیر سوء بر فرآیند استقرار بوته، توزیع یونها، فتوسنتز، قابلیت دسترسی گیاه به آب، اختلال در فرآیندهای آنزیمی و بیوشیمیایی، در نهایت موجب کاهش رشد و عملکرد گیاهان زراعی از جمله گندم می شود (۳۲). در این راستا کاربرد عنصر روی از طریق مصرف خاکی یا محلول پاشی ضمن بهبود وضعیت رشد گیاه (۳۸) می تواند در جلوگیری از کاهش شدید این عنصر در خاک های آهکی، شور و سدیمی با pH بالا نیز مؤثر واقع شود (۱). در شرایط شوری به علت محدودیت جذب عناصر غذایی از ریشه، تغذیه برگ می تواند مفید باشد (۹) و در این راستا کاربرد عناصر غذایی به شکل نانو علاوه بر انحلال پذیری بیشتر از نفوذ پذیری بالایی در غشای سلولی برخوردار است (۲۶). در شرایط تنش شوری غلظت بالای نمک به دلیل کاهش قابلیت دسترسی گیاه به آب موجب می شود جذب و غلظت روی در بافت ها کاهش می یابد. جنک و همکاران (۲۰۰۵) بیان نمودند که کمبود روی تحت شرایط شوری به عنوان

یک فاکتور محدود کننده، اثر به مراتب بیش تری در کاهش رشد گیاه در مقایسه با سمیت NaCl دارد (۱۷).

عنصر روی به عنوان یک ترکیب حیاتی در سنتز کلروفیل، ایندول ۳-استیک اسید و پروتئین ها نقش دارد (۲۴). کیو و همکاران (۲۰۰۹) بیان نمودند که افزودن روی می تواند از طریق کنترل کانال های عبور یون کلر و جلوگیری از جذب آن، موجب افزایش جذب یون نترات و با کم ترین آسیب به غشای پلاسمایی موجب کاهش خسارت های ناشی از تنش شوری شود (۳۳). گزارش شده است که کاربرد روی در شرایط تنش شوری موجب افزایش محتوای کلروفیل و کاروتنوئید برگ و سرعت فتوسنتز خالص در گیاهچه های سویا شد (۳۳). سیدشریفی و نامور (۲۰۱۵) پیشنهاد کرد که روی می تواند با گونه های فعال اکسیژن تولید شده توسط NADPH اکسیداز متصل به غشاء ترکیب شود و یک نقش محافظتی آنتی اکسیدانی بر علیه اکسیداسیون چندین نوع ترکیب حیاتی در سلول مانند کلروفیل، لیپید های غشاء و پروتئین ها ایفا کند و با افزایش یکپارچگی غشاء مانع خروج یون پتاسیم از سلول های محافظ روزنه شده و به افزایش هدایت روزنه ای در شرایط شوری کمک کند (۴۲). در گیاهان در صورت کمبود عنصر روی، کلروز بین رگبرگی و در پی آن لکه های سفید رنگ

کلروفیل، شاخص‌های فلورسانس کلروفیل و عملکرد دانه در شرایط تنش شوری مورد ارزیابی قرار گیرد.

### مواد و روش‌ها

به منظور بررسی تاثیر مصرف خاکی و محلول‌پاشی روی بر محتوای رنگدانه‌های فتوسنتزی، فلورسانس کلروفیل و عملکرد دانه گندم رقم زاگرس در شرایط خاک شور، آزمایشی به صورت فاکتوریل در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی و در سه تکرار در گلخانه پژوهشی دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه محقق اردبیلی در سال ۱۳۹۷ اجرا شد. فاکتورهای مورد بررسی شامل شوری خاک در چهار سطح (سطح شاهد با قابلیت هدایت الکتریکی معادل ۱/۸ دسی‌زیمنس بر متر و اعمال شوری‌های ۳۰، ۶۰ و ۹۰ میلی‌مولار در خاک به ترتیب معادل ۲/۷۶، ۵/۵۳ و ۸/۳۱ دسی‌زیمنس بر متر)، با نمک کلرید سدیم و فاکتور دوم شامل کاربرد روی در چهار سطح (شاهد یا عدم کاربرد روی، مصرف خاکی سولفات روی، محلول‌پاشی نانو اکسید روی و مصرف خاکی و محلول‌پاشی روی) بود. مشخصات فیزیکوشیمیایی خاک مورد استفاده در جدول ۱ آورده شده است. نانو اکسید روی تولید کشور چین بود که از شرکت جهان کیمیا ارومیه تهیه شد و مشخصات آن در جدول ۲ درج شده است.

نکروزه در برگ‌های مسن‌تر به وجود می‌آید که این کلروزه دلیلی بر نیاز گیاه به عنصر روی جهت بیوسنتز کلروفیل است. این تأثیر عنصر روی در بیوسنتز کلروفیل از دو روش مستقیم و غیرمستقیم است، به‌کارگیری نیتروژن باعث افزایش عنصر روی در گیاهان می‌شود. برای مثال، در گیاه کنگد به‌کار بردن عنصر روی به دو روش تغذیه برگگی و اضافه کردن به خاک موجب افزایش جذب نیتروژن می‌شود (۳۶). افزون بر این، عنصر روی در متابولیسم نیتروژن در گیاه نیز مشارکت دارد. بنابراین، افزودن عنصر روی باعث جذب بیش‌تر نیتروژن می‌شود. با توجه به این‌که نیتروژن یک بخش ضروری مولکول کلروفیل است بنابراین عنصر روی به‌طور غیرمستقیم در مقدار کلروفیل گیاه مؤثر است (۳۰). بابایی و همکاران (۲۰۱۷) گزارش کردند که در شرایط تنش شوری محلول‌پاشی روی موجب افزایش محتوای کلروفیل و عملکرد دانه شد (۴).

گسترش روزافزون شوری و نقش عنصر ریزمغذی روی در تعدیل یا کاهش بخشی از اثر تنش شوری از یک طرف و کمی بررسی‌های انجام شده در خصوص کاربرد ریزمغذی روی به‌صورت مصرف خاکی و محلول‌پاشی از سوی دیگر موجب شد تا تأثیر محلول‌پاشی و مصرف خاکی روی بر محتوای

جدول ۱- مشخصات فیزیکوشیمیایی خاک.

Table 1. Characteristics of soil physicochemical.

K (mg/kg)	P (mg/kg)	Zn (mg/kg)	N (%)	Organic carbon %	Sand %	Silt %	Clay %	Texture	Soil salinity (dS.m <sup>-1</sup> )	Saturation %	pH	مشخصه Characteristic
255	27.3	1.02	0.04	0.72	38.5	42	19	Silt	1.8	47	7.8	میزان Amount

جدول ۲- مشخصات نانو اکسید روی.

**Table 2. Characteristics of nano zinc oxide.**

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

کیفیت خوب نانوائی نیز برخوردار بوده و از میانگین عملکرد ۳۶۳۰ کیلوگرم در هکتار برخوردار است. ۳۱ عدد بذر در گلدان‌های به قطر ۳۴ سانتی‌متر برای رسیدن به تراکم ۳۵۰ بذر در مترمربع که تراکم مطلوب و توصیه شده این رقم است، کشت شدند. گلدان‌ها در شرایط گلخانه‌ای در دمای ۲۰ تا ۳۰ درجه سانتی‌گراد با طول دوره روشنایی ۱۵-۱۶ ساعت (با استفاده از ترکیبی از لامپ‌های معمولی و مهتابی) نگهداری شدند. در طول اجرای آزمایش کود خاصی به گلدان‌ها اضافه نشد. طول دوره کاشت تا برداشت حدود ۹۰ روز بود.

برای اندازه‌گیری پروتئین کل برگ از روش برادفورد (۱۹۷۶) و محتوای کلروفیل و کاروتنوئید برگ از روش آرنون (۱۹۷۶) استفاده شد (۸ و ۳). ۰/۲ گرم از بافت برگ پرچم را با استن ۸۰ درصد به تدریج له کرده تا کلروفیل وارد محلول استونی شود و در نهایت حجم محلول با استن ۸۰ درصد به حجم ۲۰ میلی‌لیتر رسانده شد. محلول حاصل به مدت ۱۰ دقیقه در ۴۰۰۰ دور سانتی‌فیوژ شد و سپس جذب نوری محلول رویی در طول موج‌های ۴۷۰، ۶۴۵ و ۶۶۳ نانومتر توسط اسپکتروفوتومتر قرائت شد. محتوای کلروفیل a، b کلروفیل کل و کاروتنوئیدها بر اساس رابطه‌های ۱ تا ۴ برآورد شدند.

کاربرد خاکی سولفات روی به میزان ۱۲۰ کیلوگرم در هکتار (۳۹) در زمان کاشت و محلول‌پاشی نانو اکسید روی به میزان یک گرم در لیتر (۴۱) طی دو نوبت در مرحله سه الی چهار برگی و قبل از ظهور برگ پرچم اعمال شد. مقدار نمک مورد نیاز برای هر یک از سطوح شوری در خاک، با استفاده از نرم‌افزار Salt calc محاسبه شد. در این نرم‌افزار به استناد هدایت الکتریکی خاک و درصد عصاره اشباع، مقدار نمک مورد نیاز برای هر کیلوگرم خاک گلدان محاسبه شده (۱۹) و در دو مرحله یعنی یک هفته بعد از کاشت و مرحله سه الی چهار برگی همراه با آب آبیاری اعمال شد. برای حفظ شوری در طول دوره رشد در زیر هر گلدان زیرگلدانی قرار داده شد تا بعد از هر سه تا چهار نوبت آبیاری دوباره نمک‌های احتمالی وارد شده به زیرگلدانی، در آب حل شده و به داخل هر گلدان برگشت داده شود. اولین آبیاری بعد از کاشت و آبیاری‌های بعدی بسته به شرایط محیطی و نیاز گیاه زراعی انجام شد. در این بررسی از گندم رقم زاگرس استفاده شد. گندم زاگرس دارای تیپ رشد بهاره، زودرس، قدرت رویش مناسب و متوسط ارتفاع بوته ۸۸ سانتی‌متر و وزن هزاردانه آن به‌طور متوسط ۳۸ گرم با رنگ دانه قهوه‌ای می‌باشد که نسبت به تنش‌های زنده و غیرزنده مقاوم بوده و از

$$a \text{ کلروفیل} = (19/3 \times A_{713} - 0/86 \times A_{740})V/100W \quad (1)$$

$$b \text{ کلروفیل} = (19/3 \times A_{740} - 3/6 \times A_{713})V/100W \quad (2)$$

$$\text{کلروفیل کل} = a \text{ کلروفیل} + b \text{ کلروفیل} \quad (3)$$

$$\text{کاروتنوئید} = (100A_{470} - 3/27C_a - 10/4C_b)/227 \quad (4)$$

### نتایج و بحث

**فلورسانس کلروفیل ( $F_v$ ,  $F_m$ ,  $F_0$ ):** بررسی روند تغییرات فلورسانس حداقل ( $F_0$ ) در پاسخ به تنش شوری و کاربرد روی در طول فصل رشد نشان داد که فلورسانس حداقل ( $F_0$ ) همواره در شرایط عدم اعمال شوری کم‌تر از شوری ۹۰ میلی‌مولار خاک بود که به‌نظر می‌رسد علت آن می‌تواند ناشی از افزایش محتوای کلروفیل (جدول ۱۰) به‌دلیل کاربرد روی باشد که موجب کاهش میزان فلورسانس حداقل شده است (جدول ۶). مقایسه میانگین‌ها نشان داد بیش‌ترین فلورسانس حداقل ( $F_m$ ) و فلورسانس متغیر ( $F_v$ ) مربوط به کاربرد توأم سولفات روی و نانوآکسید روی در عدم اعمال شوری (به‌ترتیب ۷۵۲/۳۳ و ۵۲۷/۱۸) و کم‌ترین آن‌ها (به‌ترتیب ۴۴۸ و ۱۷۴/۱) به عدم کاربرد روی در بالاترین سطح شوری در ۸۲ روز پس از کاشت مربوط می‌شد (جدول‌های ۴ و ۸)، هم‌چنین کم‌ترین فلورسانس حداقل ( $F_0$ ) مربوط به کاربرد توأم سولفات روی و نانوآکسید روی در عدم شوری خاک (۲۲۵/۱۴) و بیش‌ترین آن (۲۷۴/۲۲) به عدم کاربرد روی در شرایط شوری ۹۰ میلی‌مولار خاک در ۸۲ روز پس از کاشت بود (جدول ۶). به‌نظر می‌رسد کاربرد توأم سولفات روی و نانوآکسید روی با بهبود شرایط فتوسنتزی گیاه به‌واسطه افزایش درصد پروتئین برگ (جدول ۱۰) که منجر به حفظ کلروفیل برگ (جدول ۱۰) در شرایط تنش شوری می‌شود (۴۴)، موجب بهبود وضعیت فلورسانس کلروفیل شده

که در آن‌ها،  $V$  حجم استون استفاده شده و  $W$  وزن نمونه گیاهی استفاده شده است.

اندازه‌گیری پارامترهای فلورسانس کلروفیل برگ شامل  $F_0$  (حداقل فلورسانس از برگ سازگار شده با تاریکی)،  $F_m$  (حداکثر فلورسانس در برگ سازگار شده با تاریکی)،  $F_v$  (فلورسانس متغیر از برگ سازگار شده با تاریکی) بود. برای اندازه‌گیری فلورسانس کلروفیل برگ پرچم در مزرعه از ۶۲ روز پس از کاشت، هر چهار روز یک‌بار توسط دستگاه فلورسانس کلروفیل (مدل OS-30p، شرکت OPTI SCIENCES، آمریکا) از هر تیمار به‌طور تصادفی ۶ برگ پرچم توسعه‌یافته (در فاصله زمانی ساعت ۸-۱۰ صبح) انتخاب و بعد از ۱۵ دقیقه تاریکی توسط کلیپس‌های مخصوص، شاخص‌های  $F_0$ ،  $F_m$  و  $F_v$  اندازه‌گیری شدند (۲۳). از هر گلدان ۵ بوته به‌صورت تصادفی به‌منظور تعیین عملکرد دانه از سطح خاک برداشت شد. سپس به‌وسیله ترازو با دقت ۰/۰۰۱، دانه‌های جدا شده از سنبله توزین و میانگین داده‌های حاصل به‌عنوان ارزش آن صفت در تجزیه و تحلیل داده‌ها به‌کار گرفته شد. برای تجزیه داده‌ها و رسم نمودارها از نرم‌افزارهای SAS و Excel و مقایسه میانگین‌ها با آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد انجام شدند.

الکترون به فتوسیستم I اختلال ایجاد کرده و موجب کاهش فلورسانس متغیر شده است (۳۷). با توجه به نقش پروتئین‌های محلول در حفظ ساختار کلروفیل (۴۴)، به نظر می‌رسد کاربرد توام سولفات روی و نانوآکسید روی با افزایش سنتز پروتئین (جدول ۸) منجر به افزایش محتوای کلروفیل (جدول ۱۰) و بهبود شرایط فتوسنتزی و فلورسانس کلروفیل (جدول‌های ۴، ۶ و ۸) شده است. هم‌چنین مرادی تلاوت و همکاران (۲۰۱۵) بیان نمودند که روی با بیوسنتز رنگدانه‌های فتوسنتزی و هم‌چنین به تعویق انداختن تخریب و زوال کلروفیل موجب افزایش محتوای کلروفیل شد (۲۹)، که به نظر می‌رسد با بهبود محتوای کلروفیل (جدول ۱۰) شرایط برای عملکرد مطلوب فلورسانس کلروفیل فراهم شده است. دادخواه و همکاران (۲۰۱۵) گزارش کردند که محلول‌پاشی سولفات روی با افزایش محتوای کلروفیل برگ موجب افزایش فلورسانس حداکثر ( $F_m$ ) و فلورسانس متغیر ( $F_v$ ) برگ نخود شد (۱۳).

است. فلورسانس حداقل ( $F_0$ ) تحت تأثیر تنش‌های محیطی قرار می‌گیرد که تغییر ساختاری در مرکز واکنش اولیه فتوسیستم II به وجود می‌آورند (۶). میزان فلورسانس حداقل با افزایش سطح شوری افزایش یافت (جدول ۶)، که این امر بیانگر تخریب زنجیره انتقال الکترون فتوسیستم II در اثر کاهش ظرفیت کوئینون آ (QA) و عدم اکسیداسیون کامل آن به دلیل جریان کند الکترون در طول مسیر فتوسیستم II و در مجموع غیرفعال شدن فتوسیستم II می‌باشد (۴۵). کارایی افت غیرفتوشیمیایی فلورسانس نیز به عوامل بیرونی و درونی زیادی وابسته بوده و در تغییر  $F_m$  با فلورسانس حداکثر منعکس می‌گردد (۲۵). در بررسی بهاری ساروی و همکاران (۲۰۱۷) تنش شوری موجب کاهش فلورسانس حداکثر ( $F_m$ ) و فلورسانس متغیر ( $F_v$ ) و افزایش فلورسانس حداقل ( $F_0$ ) شد (۶). از آنجایی که فلورسانس متغیر نشانگر احیای کامل پذیرنده الکترون (Q) می‌باشد، بنابراین می‌توان استنباط نمود که تنش شوری در انتقال

جدول ۳- تجزیه واریانس اثر کاربرد روی و سطوح شوری بر فلورسانس حداکثر ( $F_m$ ) گندم.

**Table 3. Analysis of variance the effect of zins application and salinity levels on maximum fluorescence ( $F_m$ ) of wheat.**

میانگین مربعات Mean Square						درجه آزادی df	منابع تغییر S.O.V
مراحل نمونه‌برداری (روز بعد از کاشت) Sampling stages (day after sowing)							
62	66	70	74	78	82		
1423.1 <sup>ns</sup>	857568.6 <sup>**</sup>	5 <sup>ns</sup>	137 <sup>**</sup>	26.2 <sup>ns</sup>	24.1 <sup>ns</sup>	2	بلوک Block
405124.7 <sup>**</sup>	365443.6 <sup>**</sup>	397437.6 <sup>**</sup>	230267.8 <sup>**</sup>	194013.9 <sup>**</sup>	145190.3 <sup>**</sup>	3	شوری Salinity
74907.7 <sup>**</sup>	63159.1 <sup>**</sup>	69987.7 <sup>**</sup>	42529.8 <sup>**</sup>	38493.2 <sup>**</sup>	24253.1 <sup>**</sup>	3	روی Zinc
6338.7 <sup>**</sup>	2365.6 <sup>*</sup>	2412.5 <sup>**</sup>	1106.7 <sup>**</sup>	865.4 <sup>**</sup>	1066.9 <sup>**</sup>	9	شوری×روی Salinity×Zinc
1746.4	1161.8	31.9	18.2	17.6	33	30	خطا Error

<sup>ns</sup>، \* و <sup>\*\*</sup> به ترتیب غیرمعنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال پنج و یک درصد.

<sup>ns</sup>, \* and <sup>\*\*</sup> are non-significant, significant at  $P \leq 0.05$  and  $P \leq 0.01$ , respectively.

جدول ۴- مقایسه میانگین اثر روی و شوری بر فلورسانس حداکثر ( $F_m$ ) گندم.

**Table 4. Means comparison of the effects of zinc and salinity on maximum fluorescence ( $F_m$ ) of wheat.**

مراحل نمونه‌برداری (روز بعد از کاشت) Sampling stages (day after sowing)						ترکیب تیماری Treatments
62	66	70	74	78	82	
1422.33 <sup>cd</sup>	1276 <sup>cd</sup>	1121 <sup>c</sup>	913.33 <sup>e</sup>	818.33 <sup>e</sup>	684 <sup>e</sup>	S <sub>1</sub> ×Zn <sub>1</sub>
1482.67 <sup>bc</sup>	1355 <sup>ab</sup>	1191 <sup>c</sup>	956.66 <sup>e</sup>	850 <sup>c</sup>	721.33 <sup>c</sup>	S <sub>1</sub> ×Zn <sub>2</sub>
1606 <sup>a</sup>	1388 <sup>a</sup>	1222.66 <sup>b</sup>	988 <sup>b</sup>	907 <sup>b</sup>	740.33 <sup>b</sup>	S <sub>1</sub> ×Zn <sub>3</sub>
1532.67 <sup>b</sup>	1401 <sup>a</sup>	1266.66 <sup>a</sup>	1011.33 <sup>a</sup>	925 <sup>a</sup>	752.33 <sup>a</sup>	S <sub>1</sub> ×Zn <sub>4</sub>
1282 <sup>fg</sup>	1175 <sup>fg</sup>	974 <sup>i</sup>	786 <sup>i</sup>	730 <sup>h</sup>	580.33 <sup>i</sup>	S <sub>2</sub> ×Zn <sub>1</sub>
1338.33 <sup>ef</sup>	1204 <sup>ef</sup>	1031.33 <sup>g</sup>	863 <sup>g</sup>	782.33 <sup>f</sup>	632 <sup>g</sup>	S <sub>2</sub> ×Zn <sub>2</sub>
1374.33 <sup>de</sup>	1329 <sup>de</sup>	1085 <sup>f</sup>	888.33 <sup>f</sup>	789 <sup>f</sup>	662.66 <sup>f</sup>	S <sub>2</sub> ×Zn <sub>3</sub>
1463.67 <sup>bc</sup>	1321 <sup>bc</sup>	1159.66 <sup>d</sup>	932 <sup>d</sup>	842.66 <sup>d</sup>	711.66 <sup>d</sup>	S <sub>2</sub> ×Zn <sub>4</sub>
1157.67 <sup>ij</sup>	994 <sup>jk</sup>	866.33 <sup>l</sup>	684 <sup>l</sup>	620.66 <sup>l</sup>	482.33 <sup>m</sup>	S <sub>3</sub> ×Zn <sub>1</sub>
1213 <sup>hi</sup>	1033 <sup>ij</sup>	822.33 <sup>m</sup>	707.33 <sup>k</sup>	652.33 <sup>k</sup>	512 <sup>l</sup>	S <sub>3</sub> ×Zn <sub>2</sub>
1252.67 <sup>gh</sup>	1130 <sup>gh</sup>	936.66 <sup>j</sup>	760.33 <sup>j</sup>	694.33 <sup>i</sup>	561 <sup>j</sup>	S <sub>3</sub> ×Zn <sub>3</sub>
1295.67 <sup>fe</sup>	1188 <sup>ef</sup>	1004.33 <sup>h</sup>	826 <sup>h</sup>	762 <sup>g</sup>	613.33 <sup>h</sup>	S <sub>3</sub> ×Zn <sub>4</sub>
946.33 <sup>k</sup>	872 <sup>m</sup>	694 <sup>p</sup>	575 <sup>o</sup>	497 <sup>o</sup>	448 <sup>o</sup>	S <sub>4</sub> ×Zn <sub>1</sub>
1006 <sup>k</sup>	908 <sup>lm</sup>	734 <sup>o</sup>	623 <sup>n</sup>	563.66 <sup>n</sup>	452 <sup>o</sup>	S <sub>4</sub> ×Zn <sub>2</sub>
1132.67 <sup>j</sup>	955 <sup>kl</sup>	786 <sup>n</sup>	625.33 <sup>m</sup>	591 <sup>m</sup>	469.33 <sup>n</sup>	S <sub>4</sub> ×Zn <sub>3</sub>
1235.67 <sup>ghi</sup>	1082 <sup>hi</sup>	916 <sup>k</sup>	753.66 <sup>j</sup>	674.33 <sup>j</sup>	531.66 <sup>k</sup>	S <sub>4</sub> ×Zn <sub>4</sub>
69.68	56.83	9.42	7.12	7.01	9.58	LSD

S<sub>1</sub>, S<sub>2</sub>, S<sub>3</sub> و S<sub>4</sub> به ترتیب عدم شوری، شوری ۳۰، ۶۰، ۹۰ میلی‌مولار.

Zn<sub>1</sub>, Zn<sub>2</sub>, Zn<sub>3</sub> و Zn<sub>4</sub> به ترتیب عدم مصرف، مصرف سولفات روی، نانو اکسید روی، مصرف سولفات روی و نانو اکسید روی.

میانگین‌های با حروف مشابه در هر ستون اختلاف آماری معنی‌داری بر اساس آزمون LSD هم ندارند.

S<sub>1</sub>, S<sub>2</sub>, S<sub>3</sub> and S<sub>4</sub> no salinity, salinity 30, 60 and 90 mM respectively.

Zn<sub>1</sub>, Zn<sub>2</sub>, Zn<sub>3</sub> and Zn<sub>4</sub> no application, application ZnSO<sub>4</sub>, nano zinc oxide, application ZnSO<sub>4</sub> and nano zinc oxide respectively.

Means with similar letters in each column are not significantly different according by LSD test.

جدول ۵- تجزیه واریانس اثر کاربرد روی و سطوح شوری بر فلورسانس حداقل ( $F_0$ ) گندم.

**Table 5. Analysis of variance the effect of zins application and salinity levels on minimum fluorescence ( $F_0$ ) of wheat.**

میانگین مربعات Mean Square						درجه آزادی df	منابع تغییر S.O.V
مراحل نمونه‌برداری (روز بعد از کاشت) Sampling stages (day after sowing)							
62	66	70	74	78	82		
7267.3 <sup>ns</sup>	84872.9 <sup>**</sup>	89.7 <sup>**</sup>	14.4 <sup>ns</sup>	21.1 <sup>ns</sup>	19.9 <sup>ns</sup>	2	بلوک Block
59132.2 <sup>**</sup>	32153.1 <sup>**</sup>	12458.7 <sup>**</sup>	5055.6 <sup>**</sup>	1633.5 <sup>**</sup>	349.3 <sup>**</sup>	3	شوری Salinity
34349.4 <sup>**</sup>	5239.3 <sup>**</sup>	2092.56 <sup>**</sup>	521.7 <sup>**</sup>	51.2 <sup>*</sup>	150.1 <sup>**</sup>	3	روی Zinc
26072.5 <sup>**</sup>	1345.3 <sup>**</sup>	675.2 <sup>**</sup>	382.1 <sup>**</sup>	299 <sup>**</sup>	533.7 <sup>**</sup>	9	شوری×روی Salinity×Zinc
6264.2	119.9	18.5	16.2	14.3	8.5	30	خطا Error

<sup>ns</sup>، \* و \*\* به ترتیب غیرمعنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال پنج و یک درصد.

<sup>ns</sup>, \* and \*\* are non-significant, significant at P≤0.05 and P≤0.01, respectively.

جدول ۶- مقایسه میانگین اثر روی و شوری بر فلورسانس حداقل ( $F_0$ ) گندم.

**Table 6. Means comparison of the effects of zinc and salinity on minimum fluorescence ( $F_0$ ) of wheat.**

مراحل نمونه‌برداری (روز بعد از کاشت) Sampling stages (day after sowing)						ترکیب تیماری Treatments
62	66	70	74	78	82	
350.82 <sup>bcd</sup>	341.96 <sup>ef</sup>	312.35 <sup>c</sup>	269.42 <sup>gh</sup>	258.06 <sup>f</sup>	245.33 <sup>c</sup>	S <sub>1</sub> ×Zn <sub>1</sub>
289.62 <sup>ef</sup>	322.67 <sup>e</sup>	291.39 <sup>fg</sup>	274.24 <sup>fg</sup>	277.37 <sup>d</sup>	251.74 <sup>cd</sup>	S <sub>1</sub> ×Zn <sub>2</sub>
301.15 <sup>def</sup>	279.82 <sup>h</sup>	281.21 <sup>g</sup>	264.45 <sup>h</sup>	270.28 <sup>e</sup>	248.25 <sup>de</sup>	S <sub>1</sub> ×Zn <sub>3</sub>
258.5 <sup>f</sup>	251.9 <sup>i</sup>	271.51 <sup>h</sup>	246.77 <sup>i</sup>	269.17 <sup>e</sup>	225.14 <sup>h</sup>	S <sub>1</sub> ×Zn <sub>4</sub>
409.82 <sup>bcd</sup>	406.55 <sup>bc</sup>	365.57 <sup>b</sup>	302.06 <sup>cd</sup>	285.17 <sup>c</sup>	245.11 <sup>c</sup>	S <sub>2</sub> ×Zn <sub>1</sub>
377.41 <sup>bcd</sup>	377.25 <sup>d</sup>	334.47 <sup>d</sup>	292.84 <sup>e</sup>	283.21 <sup>cd</sup>	244.15 <sup>c</sup>	S <sub>2</sub> ×Zn <sub>2</sub>
733.66 <sup>a</sup>	352.04 <sup>c</sup>	334.91 <sup>d</sup>	280.71 <sup>f</sup>	266.94 <sup>c</sup>	244.5 <sup>c</sup>	S <sub>2</sub> ×Zn <sub>3</sub>
314.66 <sup>cde</sup>	327.43 <sup>fg</sup>	311.18 <sup>c</sup>	263.14 <sup>h</sup>	267.39 <sup>e</sup>	261.17 <sup>b</sup>	S <sub>2</sub> ×Zn <sub>4</sub>
445.98 <sup>bc</sup>	412.97 <sup>ab</sup>	380.01 <sup>a</sup>	304.16 <sup>bcd</sup>	295.22 <sup>b</sup>	235.53 <sup>fg</sup>	S <sub>3</sub> ×Zn <sub>1</sub>
445.99 <sup>bc</sup>	408.03 <sup>b</sup>	351.14 <sup>c</sup>	308.63 <sup>bc</sup>	292.46 <sup>b</sup>	238.58 <sup>f</sup>	S <sub>3</sub> ×Zn <sub>2</sub>
422.59 <sup>bcd</sup>	427.66 <sup>a</sup>	363.43 <sup>b</sup>	308.7 <sup>bc</sup>	296.47 <sup>b</sup>	243.85 <sup>c</sup>	S <sub>3</sub> ×Zn <sub>3</sub>
396.03 <sup>bcd</sup>	389.18 <sup>cd</sup>	349.18 <sup>c</sup>	294.42 <sup>c</sup>	282.69 <sup>cd</sup>	235.31 <sup>fg</sup>	S <sub>3</sub> ×Zn <sub>4</sub>
406.31 <sup>bcd</sup>	414.37 <sup>ab</sup>	360.4 <sup>b</sup>	309.92 <sup>b</sup>	293.38 <sup>b</sup>	274.22 <sup>a</sup>	S <sub>4</sub> ×Zn <sub>1</sub>
410.46 <sup>bcd</sup>	404.12 <sup>bc</sup>	332 <sup>d</sup>	298.61 <sup>de</sup>	283.72 <sup>c</sup>	237.89 <sup>f</sup>	S <sub>4</sub> ×Zn <sub>2</sub>
447.01 <sup>b</sup>	404.02 <sup>bc</sup>	344.54 <sup>c</sup>	305.72 <sup>bc</sup>	283.87 <sup>c</sup>	232.3 <sup>g</sup>	S <sub>4</sub> ×Zn <sub>3</sub>
432.9 <sup>bcd</sup>	409.06 <sup>b</sup>	376.18 <sup>a</sup>	320.57 <sup>a</sup>	306.57 <sup>a</sup>	254.83 <sup>c</sup>	S <sub>4</sub> ×Zn <sub>4</sub>
131.98	18.26	7.18	6.72	6.32	4.87	LSD

S<sub>1</sub>, S<sub>2</sub>, S<sub>3</sub> و S<sub>4</sub> به ترتیب عدم شوری، شوری ۳۰، ۶۰، ۹۰ میلی‌مولار.

Zn<sub>1</sub>, Zn<sub>2</sub>, Zn<sub>3</sub> و Zn<sub>4</sub> به ترتیب عدم مصرف، مصرف سولفات روی، نانو اکسید روی، مصرف سولفات روی و نانو اکسید روی.

میانگین‌های با حروف مشابه در هر ستون اختلاف آماری معنی‌داری بر اساس آزمون LSD هم ندارند.

S<sub>1</sub>, S<sub>2</sub>, S<sub>3</sub> and S<sub>4</sub> no salinity, salinity 30, 60 and 90 mM respectively.

Zn<sub>1</sub>, Zn<sub>2</sub>, Zn<sub>3</sub> and Zn<sub>4</sub> no application, application ZnSO<sub>4</sub>, nano zinc oxide, application ZnSO<sub>4</sub> and nano zinc oxide respectively.

Means with similar letters in each column are not significantly different according by LSD test.

جدول ۷- تجزیه واریانس اثر کاربرد روی و سطوح شوری بر فلورسانس متغیر ( $F_v$ ) گندم.

**Table 7. Analysis of variance the effect of zinc application and salinity levels on variable fluorescence ( $F_v$ ) of wheat.**

میانگین مربعات Mean Square						درجه آزادی df	منابع تغییر S.O.V
مراحل نمونه‌برداری (روز بعد از کاشت) Sampling stages (day after sowing)							
62	66	70	74	78	82		
3208 <sup>ns</sup>	402890.5 <sup>**</sup>	129.6 <sup>**</sup>	108.01 <sup>**</sup>	89.3 <sup>**</sup>	86.2 <sup>**</sup>	2	بلوک Block
659357.4 <sup>**</sup>	596337.6 <sup>**</sup>	533697.9 <sup>**</sup>	301918.1 <sup>**</sup>	229342.4 <sup>**</sup>	148354.6 <sup>**</sup>	3	شوری Salinity
112545 <sup>**</sup>	104698.4 <sup>**</sup>	87939.2 <sup>**</sup>	52271.6 <sup>**</sup>	39974.2 <sup>**</sup>	26737.9 <sup>**</sup>	3	روی Zinc
36620.5 <sup>**</sup>	993.9 <sup>ns</sup>	166.53 <sup>ns</sup>	795.8 <sup>*</sup>	813.7 <sup>**</sup>	461.2 <sup>**</sup>	9	شوری×روی Salinity×Zinc
7821.5	1839.1	25.96	13.8	18.9	28.8	30	خطا Error

<sup>ns</sup>، \* و \*\* به ترتیب غیرمعنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال پنج و یک درصد.

<sup>ns</sup>, \* and \*\* are non-significant, significant at P≤0.05 and P≤0.01, respectively.



جدول ۸- مقایسه میانگین اثر روی و شوری بر فلورسانس متغیر (F<sub>v</sub>) گندم.

**Table 8. Means comparison of the effects of zinc and salinity on variable fluorescence (F<sub>v</sub>) of wheat.**

مراحل نمونه برداری (روز بعد از کاشت) Sampling stages (day after sowing)						ترکیب تیماری Treatments
62	66	70	74	78	82	
1071.51 <sup>cd</sup>	934.03 <sup>cd</sup>	808.64 <sup>e</sup>	643.9 <sup>e</sup>	560.27 <sup>d</sup>	438.66 <sup>c</sup>	S <sub>1</sub> ×Zn <sub>1</sub>
1193.05 <sup>abc</sup>	1032.33 <sup>b</sup>	899.61 <sup>c</sup>	682.42 <sup>c</sup>	572.62 <sup>c</sup>	469.59 <sup>c</sup>	S <sub>1</sub> ×Zn <sub>2</sub>
1304.85 <sup>a</sup>	1108.18 <sup>a</sup>	941.45 <sup>b</sup>	723.54 <sup>b</sup>	636.71 <sup>b</sup>	492.08 <sup>b</sup>	S <sub>1</sub> ×Zn <sub>3</sub>
1274.16 <sup>ab</sup>	1149.1 <sup>a</sup>	955.15 <sup>a</sup>	764.56 <sup>a</sup>	655.82 <sup>a</sup>	527.18 <sup>a</sup>	S <sub>1</sub> ×Zn <sub>4</sub>
872.18 <sup>efg</sup>	768.45 <sup>fg</sup>	608.42 <sup>j</sup>	483.93 <sup>i</sup>	444.82 <sup>h</sup>	335.21 <sup>h</sup>	S <sub>2</sub> ×Zn <sub>1</sub>
960.92 <sup>de</sup>	826.75 <sup>ef</sup>	696.85 <sup>B</sup>	570.16 <sup>B</sup>	499.12 <sup>f</sup>	387.84 <sup>B</sup>	S <sub>2</sub> ×Zn <sub>2</sub>
640.67 <sup>ijk</sup>	88696 <sup>de</sup>	750.64 <sup>f</sup>	607.61 <sup>f</sup>	522.05 <sup>c</sup>	418.15 <sup>f</sup>	S <sub>2</sub> ×Zn <sub>3</sub>
1149.01 <sup>bc</sup>	993.87 <sup>bc</sup>	848.47 <sup>d</sup>	668.85 <sup>d</sup>	575.26 <sup>c</sup>	450.49 <sup>d</sup>	S <sub>2</sub> ×Zn <sub>4</sub>
729.68 <sup>hijk</sup>	581.03 <sup>jk</sup>	486.32 <sup>l</sup>	379.83 <sup>m</sup>	325.44 <sup>l</sup>	246.8 <sup>k</sup>	S <sub>3</sub> ×Zn <sub>1</sub>
767.01 <sup>ghij</sup>	624.97 <sup>ji</sup>	471.19 <sup>m</sup>	398.7 <sup>l</sup>	359.96 <sup>k</sup>	273.41 <sup>j</sup>	S <sub>3</sub> ×Zn <sub>2</sub>
730.07 <sup>efgh</sup>	702.33 <sup>gh</sup>	573.23 <sup>j</sup>	451.62 <sup>j</sup>	397.96 <sup>i</sup>	317.14 <sup>i</sup>	S <sub>3</sub> ×Zn <sub>3</sub>
899.64 <sup>ef</sup>	798.81 <sup>f</sup>	655.14 <sup>h</sup>	532.58 <sup>h</sup>	479.3 <sup>B</sup>	386.68 <sup>B</sup>	S <sub>3</sub> ×Zn <sub>4</sub>
540.03 <sup>k</sup>	457.63 <sup>m</sup>	333.59 <sup>p</sup>	265.07 <sup>p</sup>	203.61 <sup>o</sup>	174.1 <sup>n</sup>	S <sub>4</sub> ×Zn <sub>1</sub>
595.54 <sup>jk</sup>	503.88 <sup>lm</sup>	401.99 <sup>o</sup>	324.38 <sup>o</sup>	279.94 <sup>n</sup>	214.1 <sup>m</sup>	S <sub>4</sub> ×Zn <sub>2</sub>
685.66 <sup>hijk</sup>	550.97 <sup>kl</sup>	441.45 <sup>n</sup>	346.61 <sup>n</sup>	307.12 <sup>m</sup>	237.02 <sup>l</sup>	S <sub>4</sub> ×Zn <sub>3</sub>
802.76 <sup>fgh</sup>	672.93 <sup>hi</sup>	539.81 <sup>k</sup>	433.09 <sup>k</sup>	367.76 <sup>j</sup>	276.83 <sup>j</sup>	S <sub>4</sub> ×Zn <sub>4</sub>
147.47	71.51	8.49	6.2	7.24	8.96	LSD

S<sub>1</sub>, S<sub>2</sub>, S<sub>3</sub> و S<sub>4</sub> به ترتیب عدم شوری، شوری ۳۰، ۶۰، ۹۰ میلی مولار.

Zn<sub>1</sub>, Zn<sub>2</sub>, Zn<sub>3</sub> و Zn<sub>4</sub> به ترتیب عدم مصرف، مصرف سولفات روی، نانو اکسید روی، مصرف سولفات روی و نانو اکسید روی.

میانگین‌های با حروف مشابه در هر ستون اختلاف آماری معنی داری بر اساس آزمون LSD هم ندارند.

S<sub>1</sub>, S<sub>2</sub>, S<sub>3</sub> and S<sub>4</sub> no salinity, salinity 30, 60 and 90 mM respectively.

Zn<sub>1</sub>, Zn<sub>2</sub>, Zn<sub>3</sub> and Zn<sub>4</sub> no application, application ZnSO<sub>4</sub>, nano zinc oxide, application ZnSO<sub>4</sub> and nano zinc oxide respectively.

Means with similar letters in each column are not significantly different according by LSD test.

فتوستتزی می‌شود (۲۰). دلارزا و مایتی (۱۹۹۵) کاهش محتوای کلروفیل در شرایط شوری را به تغییر متابولیسم نیتروژن در رابطه با ساخت ترکیباتی مانند پرولین نسبت دادند که در تنظیم اسمزی به کار می‌رود (۱۴). بهاری ساروی و همکاران (۲۰۱۷) گزارش کردند تنش شوری با تخریب فتوسیستم II و کاهش فلورسانس حداکثر (F<sub>m</sub>) و فلورسانس متغیر (F<sub>v</sub>) و افزایش فلورسانس حداقل (F<sub>0</sub>) موجب کاهش محتوای کلروفیل و کاروتنوئید شد (۶). روی به طور مستقیم بر تشکیل کلروفیل موثر نیست، ولی می‌تواند بر غلظت عناصر غذایی دیگری مانند آهن و منیزیم که قسمتی از مولکول کلروفیل هستند مؤثر باشند (۲۱). در پژوهشی بر روی گلرنگ، محلول‌پاشی روی

محتوای رنگدانه‌های فتوستتزی برگ پرچم: نتایج تجزیه واریانس نشان داد که کاربرد روی، تنش شوری و اثر متقابل این دو عامل بر محتوای کلروفیل a، b، کل و کاروتنوئید در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد (جدول ۹). مقایسه میانگین‌ها نشان داد بیش‌ترین میزان کلروفیل a، b، کلروفیل کل و کاروتنوئید به کاربرد توأم سولفات روی و نانو اکسید روی در عدم اعمال شوری (به ترتیب ۵/۲۷، ۱/۶۸، ۶/۹۵ و ۰/۶۹۸ میلی‌گرم بر گرم وزن تر برگ) و کم‌ترین این مقادیر (به ترتیب ۳/۱۹، ۱/۱، ۴/۲۹ و ۰/۴۶۴ میلی‌گرم بر وزن تر برگ) به عدم کاربرد روی در شرایط شوری ۹۰ میلی‌مولار خاک مربوط می‌شد (جدول ۱۰). شوری اغلب منجر به کاهش محتوای کلروفیل و سرعت

کلات روی در شرایط تنش شوری به دلیل افزایش محتوای کلروفیل و بهبود شرایط فتوسنتزی گیاه، موجب افزایش درصد پروتئین شد (۳۵). امیری‌نژاد و همکاران (۲۰۱۵) بیان نمودند که در شرایط تنش، محلول‌پاشی روی به دلیل افزایش فتوسنتز و تحریک رشد، موجب افزایش محتوای پروتئین‌های محلول می‌شود (۲).

**وزن صددانه:** نتایج تجزیه واریانس نشان داد که کاربرد روی، تنش شوری بر وزن صددانه سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد (جدول ۹). مقایسه میانگین‌ها نشان داد بیش‌ترین وزن صددانه مربوط به کاربرد توأم سولفات روی و نانوآکسید روی (۲/۹۹۵ گرم) و کم‌ترین آن (۲/۸۰۷ گرم) به عدم کاربرد روی بود (جدول ۱۱). هم‌چنین بیش‌ترین و کم‌ترین وزن صد دانه (به ترتیب ۳/۱۱۶ و ۲/۶۹۹ گرم) به ترتیب به عدم اعمال شوری و شوری ۹۰ میلی‌مولار خاک بود (جدول ۱۱). اسماعیل‌زاده و همکاران (۲۰۱۸) بیان نمودند که تنش شوری رنگدانه‌های فتوسنتزی و سیستم محافظتی وابسته به برخی رنگدانه‌ها مانند فلاونوئیدها را متأثر ساخته و در نهایت با کاهش آسمیلات‌های درون‌سلولی، به کاهش وزن هزاردانه منجر می‌شود (۱۶). در بررسی شجاعی و مکاریان (۲۰۱۵) کاربرد نانوآکسید روی تحت شرایط تنش موجب افزایش وزن هزاردانه شد که این افزایش را به افزایش فرایندهای فتوسنتزی، تجمع کربوهیدرات و کاهش اثرات تنش نسبت دادند (۴۳). در این بررسی نیز به نظر می‌رسد کاربرد توأم نانوآکسید روی و سولفات روی با افزایش محتوای کلروفیل (جدول ۱۰) و بهبود شرایط فتوسنتزی گیاه، موجب افزایش وزن صددانه شده است.

**وزن خشک:** نتایج تجزیه واریانس نشان داد که کاربرد روی، تنش شوری بر وزن خشک سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد (جدول ۹). مقایسه میانگین‌ها

و منگنز موجب افزایش کلروفیل شد، که این امر می‌تواند به علت نقش این عناصر در متابولیسم نیتروژن و ساخت کلروفیل باشد (۳۱). خیری‌زاده آروق (۲۰۱۶) گزارش کردند که در شرایط تنش، محلول‌پاشی عنصر روی با افزایش محتوای کلروفیل و فعالیت فتوسیستم II موجب بهبود فتوسنتز و افزایش رشد گیاه شد (۲۲). به نظر می‌رسد کاربرد توأم سولفات روی و نانوآکسید روی ضمن افزایش محتوای پروتئین (جدول ۱۰) و حفظ کلروفیل برگ (جدول ۱۰) موجب دوام فتوسنتز و افزایش مقاومت به تنش می‌شود (۴۴). در بررسی رضی و همکاران (۲۰۱۴) کاربرد کلات روی در شرایط تنش شوری با افزایش محتوای پروتئین برگ موجب افزایش محتوای کلروفیل برگ شد (۳۵).

**درصد پروتئین برگ پرچم:** نتایج تجزیه واریانس نشان داد که کاربرد روی، تنش شوری و اثر این دو متقابل عامل بر پروتئین برگ پرچم در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد (جدول ۹). مقایسه میانگین‌ها نشان داد بیش‌ترین درصد پروتئین مربوط به کاربرد توأم سولفات روی و نانوآکسید روی در حالت عدم شوری خاک (۱۳/۹۷ درصد) و کم‌ترین آن (۷/۰۱ درصد) به عدم کاربرد روی در بالاترین سطح از شوری (۹۰ میلی‌مولار خاک) مربوط می‌شد (جدول ۱۰). به نظر می‌رسد کاهش محتوای پروتئین کل در شرایط تنش به دلیل واکنش پروتئین با رادیکال‌های آزاد، افزایش فعالیت آنزیم‌های تجزیه‌کننده پروتئین و کاهش سنتز پروتئین باشد (۳۴). شوری موجب کاهش سنتز پروتئین‌ها و افزایش هیدرولیز آن‌ها و در نتیجه موجب تولید آمینوآسیدها می‌شود (۲۷). روی در ساختار اسیدهای آمینه هیستیدین، گلوتامین، آسپاراژین و تریپتوفات شرکت داشته و در بیان ژن‌های سنتزکننده پروتئین تأثیر مستقیم دارد (۵) و (۱۸). رضی و همکاران (۲۰۱۴) بیان نمودند که کاربرد

کاربرد روی در شرایط شوری ۹۰ میلی مولار خاک بود (جدول ۱۰). بابایی و همکاران (۲۰۱۷) گزارش کردند که در شرایط تنش شوری محلول پاشی روی با افزایش محتوای کلروفیل a، b و کلروفیل کل و بهبود وضعیت فتوسنتزی گندم موجب افزایش عملکرد دانه گندم شد (۴). خیری زاده آروق و همکاران (۲۰۱۶) علت افزایش عملکرد دانه تریتیکاله در شرایط تنش و محلول پاشی با نانو اکسید روی را، به افزایش فعالیت آنزیم های آنتی اکسیدانی و افزایش محتوای کلروفیل نسبت دادند (۲۳). به نظر می رسد افزایش سطوح شوری با تخریب فتوسیستم II موجب کاهش محتوای کلروفیل (جدول ۱۰) و کارایی فتوشیمیایی فتوسیستم II شده و به تبع آن عملکرد دانه (جدول ۱۰) کاهش می یابد. کاربرد توأم سولفات روی و نانو اکسید روی با افزایش فلورسانس حداکثر ( $F_m$ ) و فلورسانس متغیر ( $F_v$ ) موجب افزایش و بهبود سرعت فتوسنتز شده و عملکرد دانه را افزایش داده است. طوری که کاربرد توأم سولفات روی و نانو اکسید روی با افزایش ۶۵/۲، ۵۲/۷۲، ۶۲ و ۵۰/۴۳ درصدی به ترتیب محتوای کلروفیل a، b، کلروفیل کل و کاروتنوئید و بهبود فلورسانس کلروفیل، موجب افزایش ۳۴/۵۶ درصدی عملکرد دانه نسبت به عدم کاربرد روی در شرایط شوری ۹۰ میلی مولار خاک شد. هم چنین کاربرد توأم سولفات روی و نانو اکسید روی به واسطه افزایش درصد پروتئین برگ (جدول ۱۰) و بهبود محتوای کلروفیل کل برگ (جدول ۱۰) در شرایط تنش شوری منجر به بهبود وضعیت فتوسنتزی گیاه و در نهایت افزایش عملکرد دانه شد. دادخواه و همکاران (۲۰۱۵) بیان نمودند که در شرایط تنش محلول پاشی سولفات روی با افزایش محتوای کلروفیل و فلورسانس حداکثر ( $F_m$ ) و فلورسانس متغیر ( $F_v$ ) موجب افزایش عملکرد دانه نخود شد (۱۳).

نشان داد بیشترین وزن خشک مربوط به کاربرد توأم سولفات روی و نانو اکسید روی (۴/۳۳ گرم در بوته) و کمترین آن (۳/۷ گرم در بوته) به عدم کاربرد روی بود (جدول ۱۱). هم چنین بیشترین و کمترین وزن خشک (به ترتیب ۴/۵۶۲ و ۳/۸۰۸ گرم در بوته) به ترتیب به عدم اعمال شوری و شوری ۹۰ میلی مولار مربوط می شد (جدول ۱۱). از نظر مورفولوژیکی، بارزترین نشانه آسیب شوری به گیاه، رشد کم به علت ممانعت از طول شدن سلول است (۷). پژوهشگران گزارش کرده اند که تجمع نمک و یون ها به دلیل تنش اسمتیک و خشکی منجر به کاهش جذب آب توسط بافت های گیاه و کاهش محتوای آب شده و در مجموع منجر به کاهش رشد ریشه و ساقه می شود (۱۱). کارین (۲۰۰۵) علت کاهش بیش تر زی توده با افزایش شوری را به تخریب فعالیت های بیوشیمیایی و فیزیولوژیکی تحت شرایط شوری نسبت داد (۱۲).

روی یکی از عامل های مهم تأثیرگذار در فعالیت آنزیم تریپتوفان سنتتاز و به عنوان پیش ماده تولید اکسین عمل می کند، از این رو با افزایش تولید اکسین، به دلیل گسترش رشد طولی، زیست توده کل افزایش می یابد (۲۸). در این بررسی نیز کاربرد روی موجب افزایش وزن خشک اندام هوایی شد. ال توهایمی و ال گردلی (۲۰۰۷) علت افزایش رشد با کاربرد عنصر روی را، به نقش این عنصر در ساخت اکسین طبیعی و در نتیجه فعال کردن تقسیم سلولی و جذب بهتر مواد معدنی نسبت دادند (۱۵).

**عملکرد دانه:** نتایج تجزیه واریانس نشان داد که کاربرد روی، تنش شوری و اثر متقابل این دو عامل بر عملکرد دانه سطح احتمال یک درصد معنی دار شد (جدول ۹). مقایسه میانگین ها نشان داد بیشترین عملکرد دانه مربوط به کاربرد توأم سولفات روی و نانو اکسید روی در عدم اعمال شوری (۱/۰۱۶ گرم در بوته) و کمترین آن (۰/۷۵۵ گرم در بوته) به عدم

جدول ۹- تجزیه واریانس اثر کاربرد روی و سطوح شوری بر محتوای کلروفیل، میزان پروتئین و عملکرد گندم.

**Table 9. Analysis of variance the effect of zinc application and salinity levels on chlorophyll content, protein content and yield of wheat.**

میانگین مربعات Mean Square								درجه آزادی df	منابع تغییر S.O.V
کلروفیل a Chlorophyll a	کلروفیل b Chlorophyll b	کلروفیل کل Total Chlorophyll	کاروتنوئید Carotenoid	پروتئین Protein	وزن خشک Dry Weight	وزن صدانه 100 grain Weight	عملکرد دانه Grain yield		
0.000034 <sup>ns</sup>	0.001 <sup>ns</sup>	0.0011 <sup>ns</sup>	0.21 <sup>**</sup>	1.11 <sup>ns</sup>	11.18 <sup>**</sup>	6.096 <sup>**</sup>	0.3 <sup>**</sup>	2	بلوک Block
5.77 <sup>**</sup>	0.65 <sup>**</sup>	10.15 <sup>**</sup>	0.063 <sup>**</sup>	43.34 <sup>**</sup>	1.27 <sup>**</sup>	0.41 <sup>**</sup>	0.093 <sup>**</sup>	3	شوری Salinity
1.08 <sup>**</sup>	0.14 <sup>**</sup>	1.88 <sup>**</sup>	0.015 <sup>**</sup>	21.85 <sup>**</sup>	0.25 <sup>**</sup>	0.079 <sup>**</sup>	0.02 <sup>**</sup>	3	روی Zinc
0.15 <sup>**</sup>	0.056 <sup>**</sup>	0.12 <sup>**</sup>	0.00057 <sup>**</sup>	6.31 <sup>**</sup>	0.006 <sup>ns</sup>	0.001 <sup>ns</sup>	0.0008 <sup>*</sup>	9	شوری × روی Salinity × Zinc
0.00043	0.00053	0.00074	0.00021	0.77	0.0041	0.0015	0.00031	30	خطا Error

<sup>ns</sup>، \* و \*\* به ترتیب غیرمعنی دار و معنی دار در سطح احتمال پنج و یک درصد.

<sup>ns</sup>, \* and \*\* are non-significant, significant at P≤0.05 and P≤0.01, respectively.

جدول ۱۰- مقایسه میانگین اثر روی و شوری بر محتوای کلروفیل، میزان پروتئین و عملکرد دانه گندم.

**Table 10. Means comparison of the effects of zinc and salinity on chlorophyll content, protein amount and yield of wheat.**

کلروفیل a Chlorophyll a	کلروفیل b Chlorophyll b	کلروفیل کل Total Chlorophyll	کاروتنوئید Carotenoid	پروتئین (%) Protein (%)	عملکرد دانه (گرم در بوته) Grain yield (g per plant)	ترکیب تیماری Treatments
mg/g FW						
4.97 <sup>c</sup>	1.23 <sup>c</sup>	6.2 <sup>f</sup>	0.63 <sup>c</sup>	11.15 <sup>b</sup>	0.938 <sup>de</sup>	S <sub>1</sub> × Zn <sub>1</sub>
5.16 <sup>c</sup>	1.34 <sup>d</sup>	6.51 <sup>d</sup>	0.678 <sup>ab</sup>	7.03 <sup>h</sup>	0.979 <sup>bc</sup>	S <sub>1</sub> × Zn <sub>2</sub>
5.21 <sup>b</sup>	1.64 <sup>b</sup>	6.85 <sup>b</sup>	0.683 <sup>ab</sup>	13.65 <sup>a</sup>	0.998 <sup>ab</sup>	S <sub>1</sub> × Zn <sub>3</sub>
5.27 <sup>a</sup>	1.68 <sup>a</sup>	6.95 <sup>a</sup>	0.698 <sup>a</sup>	13.97 <sup>a</sup>	1.016 <sup>a</sup>	S <sub>1</sub> × Zn <sub>4</sub>
4.38 <sup>h</sup>	1.03 <sup>g</sup>	5.41 <sup>i</sup>	0.56 <sup>ef</sup>	9.56 <sup>cde</sup>	1.062 <sup>a</sup>	S <sub>2</sub> × Zn <sub>1</sub>
4.89 <sup>f</sup>	1.01 <sup>g</sup>	5.91 <sup>g</sup>	0.58 <sup>e</sup>	10.87 <sup>bc</sup>	0.912 <sup>ef</sup>	S <sub>2</sub> × Zn <sub>2</sub>
5.08 <sup>d</sup>	1.31 <sup>d</sup>	6.39 <sup>e</sup>	0.607 <sup>cd</sup>	11.43 <sup>b</sup>	0.954 <sup>cd</sup>	S <sub>2</sub> × Zn <sub>3</sub>
5.11 <sup>d</sup>	1.5 <sup>c</sup>	6.62 <sup>c</sup>	0.667 <sup>b</sup>	13.12 <sup>a</sup>	0.981 <sup>bc</sup>	S <sub>2</sub> × Zn <sub>4</sub>
3.51 <sup>n</sup>	0.92 <sup>f</sup>	4.43 <sup>o</sup>	0.522 <sup>g</sup>	7.92 <sup>gh</sup>	0.794 <sup>jk</sup>	S <sub>3</sub> × Zn <sub>1</sub>
4.07 <sup>j</sup>	1.01 <sup>g</sup>	5.08 <sup>k</sup>	0.524 <sup>g</sup>	8.64 <sup>defg</sup>	0.817 <sup>ij</sup>	S <sub>3</sub> × Zn <sub>2</sub>
4.25 <sup>i</sup>	1.02 <sup>g</sup>	5.28 <sup>j</sup>	0.565 <sup>e</sup>	9.1 <sup>def</sup>	0.884 <sup>fg</sup>	S <sub>3</sub> × Zn <sub>3</sub>
4.61 <sup>g</sup>	1.02 <sup>g</sup>	5.64 <sup>h</sup>	0.604 <sup>d</sup>	10.02 <sup>bcd</sup>	0.888 <sup>fg</sup>	S <sub>3</sub> × Zn <sub>4</sub>
3.19 <sup>o</sup>	1.1 <sup>h</sup>	4.29 <sup>p</sup>	0.464 <sup>h</sup>	7.01 <sup>h</sup>	0.755 <sup>l</sup>	S <sub>4</sub> × Zn <sub>1</sub>
3.64 <sup>m</sup>	0.93 <sup>h</sup>	4.57 <sup>n</sup>	0.488 <sup>h</sup>	7.18 <sup>gh</sup>	0.76 <sup>l</sup>	S <sub>4</sub> × Zn <sub>2</sub>
3.71 <sup>l</sup>	0.95 <sup>h</sup>	4.67 <sup>m</sup>	0.518 <sup>g</sup>	7.55 <sup>gh</sup>	0.777 <sup>kl</sup>	S <sub>4</sub> × Zn <sub>3</sub>
3.83 <sup>k</sup>	0.95 <sup>h</sup>	4.79 <sup>l</sup>	0.538 <sup>fg</sup>	8.27 <sup>efgh</sup>	0.893 <sup>hi</sup>	S <sub>4</sub> × Zn <sub>4</sub>
0.034	0.038	0.045	0.024	1.46	0.029	LSD

S<sub>1</sub>, S<sub>2</sub>, S<sub>3</sub> و S<sub>4</sub> به ترتیب عدم شوری، شوری ۳۰، ۶۰، ۹۰ میلی مولار.

Zn<sub>1</sub>, Zn<sub>2</sub>, Zn<sub>3</sub> و Zn<sub>4</sub> به ترتیب عدم مصرف، مصرف سولفات روی، نانو اکسید روی، مصرف سولفات روی و نانو اکسید روی.

میانگین‌های با حروف مشابه در هر ستون اختلاف آماری معنی داری بر اساس آزمون LSD هم ندارند.

S<sub>1</sub>, S<sub>2</sub>, S<sub>3</sub> and S<sub>4</sub> no salinity, salinity 30, 60 and 90 mM respectively.

Zn<sub>1</sub>, Zn<sub>2</sub>, Zn<sub>3</sub> and Zn<sub>4</sub> no application, application ZnSO<sub>4</sub>, nano zinc oxide, application ZnSO<sub>4</sub> and nano zinc oxide respectively.

Means with similar letters in each column are not significantly different according by LSD test.

جدول ۱۱- مقایسه میانگین اثر روی و شوری بر وزن صددانه و وزن خشک گندم.

**Table 11. Means comparison of the effects of zinc and salinity on weight of 100 seed and dry weight of wheat.**

وزن خشک (گرم در بوته) Dry Weight (g per plant)	وزن صددانه (گرم) 100 grain Weight (g)	سطوح شوری Salinity Levels
4.562 <sup>a</sup>	3.116 <sup>a</sup>	S <sub>1</sub>
4.308 <sup>b</sup>	3.002 <sup>b</sup>	S <sub>2</sub>
4.042 <sup>c</sup>	2.817 <sup>c</sup>	S <sub>3</sub>
3.808 <sup>d</sup>	2.699 <sup>d</sup>	S <sub>4</sub>
0.0537	0.0327	LSD
وزن خشک (گرم در بوته) Dry Weight (g per plant)	وزن صددانه (گرم) Weight of 100 seed (g)	سطوح روی Zinc Levels
3.7 <sup>d</sup>	2.807 <sup>d</sup>	Zn <sub>1</sub>
4.149 <sup>e</sup>	2.885 <sup>c</sup>	Zn <sub>2</sub>
4.242 <sup>b</sup>	2.948 <sup>b</sup>	Zn <sub>3</sub>
4.336 <sup>a</sup>	2.995 <sup>a</sup>	Zn <sub>4</sub>
0.0537	0.0327	LSD

S<sub>1</sub>, S<sub>2</sub>, S<sub>3</sub> and S<sub>4</sub> به ترتیب عدم شوری، شوری ۳۰، ۶۰، ۹۰ میلی مولار.

Zn<sub>1</sub>, Zn<sub>2</sub>, Zn<sub>3</sub> and Zn<sub>4</sub> به ترتیب عدم مصرف، مصرف سولفات روی، نانو اکسید روی، مصرف سولفات روی و نانو اکسید روی.

میانگین‌های با حروف مشابه در هر ستون اختلاف آماری معنی‌داری بر اساس آزمون LSD هم ندارند.

S<sub>1</sub>, S<sub>2</sub>, S<sub>3</sub> and S<sub>4</sub> no salinity, salinity 30, 60 and 90 mM respectively.

Zn<sub>1</sub>, Zn<sub>2</sub>, Zn<sub>3</sub> and Zn<sub>4</sub> no application, application ZnSO<sub>4</sub>, nano zinc oxide, application ZnSO<sub>4</sub> and nano zinc oxide respectively.

Means with similar letters in each column are not significantly different according by LSD test.

### نتیجه‌گیری کلی

عملکرد دانه گندم نسبت به شرایط عدم کاربرد روی در شوری ۹۰ میلی مولار خاک گردید. از این رو به نظر می‌رسد به منظور بهبود عملکرد گندم در شرایط تنش شوری، استفاده از سولفات روی و محلول‌پاشی نانو اکسید روی روشی مناسب باشد.

کاربرد توأم سولفات روی و نانو اکسید روی در شرایط عدم شوری خاک با بهبود شاخص‌های فلورسانس کلروفیل، افزایش محتوای کلروفیل a، b، کلروفیل کل و کاروتنوئید و درصد پروتئین برگ در طول فصل رشد، موجب افزایش ۳۴/۵۶ درصدی

### منابع

- Alloway, B.J. 2004. Zinc in Soils and Crop Nutrition. Int. Zinc Assoc. (IZA). Belgium, 128p.
- Amirinejad, M., Gholamali, A., Baghizadeh, A., Allahdadi, I., Shahbazi, M., and Naimi, M. 2015. Effects of drought stress and foliar application of zinc and iron on some biochemical parameters of cumin. J. Agric. Crop Manage. 17: 4. 855-866. (In Persian)
- Arnon, A.N. 1967. Method of extraction of chlorophyll in the plants. Agron. J. 23: 112-121.
- Babaei, Kh., Seyed Sharifi, R., Pirzad, A.R., and Khalilzadeh, R., 2107. Effects of bio fertilizer and nano Zn-Fe oxide on physiological traits, antioxidant enzymes activity and yield of wheat (*Triticum aestivum* L.) under salinity stress. J. Plant Interact. 12: 1. 381-389.

5. Bagci, S.A., Ekiz, H., Yilmaz, A., and Cakmak, I. 2007. Effects of zinc deficiency and water stress on grain yield of field-grown Wheat cultivars in central Anatolia. *Agronomy and Crop Science*. 193: 3. 198-206.
6. Bahari Saravi, S.H., Pirdashti, H., and Yaghobian, Y. 2017. Response of chlorophyll fluorescence and physiological parameters of basil (*Ocimum basilicum* L.) to plant growth promoting rhizobacteria (PGPR) under salinity stress. *J. Plant Proc. Func.* 6: 19. 89-104. (In Persian)
7. Bandeoglu, E., Eyidogan, F., Yucel, M., and Oktem, H. 2004. Antioxidant responses of shoots and roots of lentil to NaCl-salinity stress. *Plant Growth Regulation*. 42: 69-77.
8. Bradford, M.M. 1976. A rapid and sensitive for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding. *Analytical Biochemistry*. 72: 1. 248-254.
9. Cakmak, I. 2008. Enrichment of cereal grains with zinc: agronomic or genetic biofortification? *Plant Soil*. 302: 1. 1-17.
10. Canama, T., Li, X., Holowachukb, J., Yu, M., Xia, J., Mandal, R., Krishnamurthy, R., Bouatra, S., Sinelnikov, I., Yu, B., Grenkow, L., Wishart, D.S., Steppuhn, H., Falk, K.C., Dumonceaux, T.J., and Gruber, M.Y. 2013. Differential metabolite profiles and salinity tolerance between two genetically related brown seeded and yellow-seeded Brassica carinatalines. *Plant Science*. 198: 17-26.
11. Cavalcanti, F., Lima, J.P., Silva, S., Viegas, R., and Silveria, J. 2007. Roots and leaves display contrasting oxidative response during salt stress and recovery in cowpea. *J. Plant Physiol.* 164: 591-600.
12. Craine, J.M. 2005. Reconciling plant strategy theories of Grime and Tilman. *J. Ecol.* 93: 1041-1052.
13. Dadkhah, N., Ebadi, A., Parmoon, G., Ghlipoori, E., and Jahanbakhsh, S. 2015. Effect of spraying zinc on photosynthetic pigments and grain yield of chickpea under level different irrigation. *Iran. J. Dryland Agric.* 3: 2. 141-160. (In Persian)
14. De La Rosa-Ibarra, M., and Maiti, R.K. 1995. Biochemical mechanism in glossy Sorghum lines for resistance to salinity stress. *J. Plant Physiol.* 146: 515-519.
15. El-Tohamy, W., and El-Greadly, N. 2007. Physiological responses, growth, yield and quality of snap beans in response to foliar application of yeast, vitamin E and zinc under sandy soil conditions. *Austr. J. Basic Appl. Sci.* 1: 294-299.
16. Esmaeilzadeh, V., Zahedi, H., Sharghi, Y., Modarres Sanavy, S.A.M., and Alaviasl, S.A. 2018. Interaction effect of zeolite and salt stress in reproductive stage of four canola varieties. *Environmental Stresses in Crop Sciences*. 11: 2. 393-400.
17. Genc, Y., McDonald, G.K., and Graham, R.D. 2005. The interactive effects of zinc and salt on growth of wheat. P 548-549. In: C.J. Li, (ed.), plant nutrition for food security human health and environmental protection. Tsinghua University Press, Beijing, China.
18. Grewal, H.S., and Williams, R. 2000. Zinc nutrition affects alfalfa response to water stress and excessive moisture. *Plant Nutrition*. 23: 7. 949-962.
19. Hagh Bahari, M., and Seyed Sharifi, R. 2014. Effects of seed inoculation with growth promoting bacteria (PGPR) on yield, rate and grain filing at various levels of soil salinity. *Environmental Stresses in Crop Science*. 6: 1. 65-75. (In Persian)
20. Kao, W.Y., Tsai, T.T., Tsai, H.C., and Shih, C.N. 2006. Response of three Glycine species to salt stress. *Environmental and Experimental Botany*. 56: 1. 120-125.
21. Kaya, C., and Higgs, D. 2002. Response of tomato (*Lycopersicon esculentum* L.) cultivars to foliar application of zinc when grown in sand culture at low zinc. *Scientia Horticulturae*. 93: 1. 53-64.
22. Kheirizadeh Arough, Y. 2016. Effects of nano zinc oxide foliar application, arbuscular mycorrhizal fungus and free leaving nitrogen fixing bacteria on yield and some physiological traits of

- Triticale under salinity and water limitation condition. Ph.D thesis, University of Mohaghegh Ardabili, Iran. (In Persian)
23. Kheirizadeh Arough, Y., Seyed Sharifi, R., Sedghi, M., and 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.
  24. Li, W.Y.F., Wong, F.L., Tsai, S.N., Tsai, S.N., Phang, T.H., Shao, G.H., and Lam, H.M. 2006. Tonoplast-located GmCLC1 and GmNHX1 from soybean enhance NaCl tolerance in transgenic bright yellow (by)-2 Cells. *Plant Cell Environment*. 29: 6. 1122-1137.
  25. Maxwell, K., and Johnson, G.N. 2000. Chlorophyll fluorescence--a practical guide. *J. Exper. Bot*. 51: 345. 659-668.
  26. Mazaherinia, S., Astaraei, A.R., Fotovat, A., and Monshi, A. 2010. Nano iron oxide particles efficiency on Fe, Mn, Zn and Cu concentrations in wheat plant. *World Appl. Sci. J*. 7: 1. 36-40.
  27. Melander, W., and Horvath, C. 1977. Salt effects on hydrophobic interactions in pre- cipitation and chromatography of proteins: an interpretation of the lyotropic series. *Archives of Biochemistry and Biophysics*. 183: 200-215.
  28. Misra, A., Srivastava, A., Srivastava, N., and Khan, A. 2005. Zn-acquisition and its role in growth, photosynthesis, photosynthetic pigments, and biochemical changes in essential monoterpene oil (s) of *Pelargonium graveolens*. *Photosynthetica*. 43: 153-155.
  29. Moradi Telavat, M.R., Roshan, F., and Siadat, S.A. 2015. Effect of foliar application of zinc sulfate on minerals content, seed and oil yields of two safflower cultivars (*Carthamus tinctorius* L.). *Iran. J. Crop Sci*. 17: 2. 153-164. (In Persian)
  30. Mousavi, S.R., Galavi, M., and Rezaei, M. 2013. Zinc (Zn) importance for crop production, A review. *Inter. J. Agron. Plant Prod*. 4: 1. 64-68.
  31. Movahhedi Dehnavi, M., Modarres Sanavi, A.M., Soroush-Zade, A., and Jalali, M. 2004. Changes of proline, total soluble sugars, chlorophyll (SPAD) content and chlorophyll fluorescence in safflower varieties under drought stress and foliar application of zinc and manganese. *Biaban*. 9: 1. 93-110. (In Persian)
  32. Okcu, G., Kaya, M.D., and Atak, M. 2005. Effect of salt and drought stress on germination and seedling growth of pea (*Pisum sativum*). *Turk. J. Agric*. 29: 137-243.
  33. Qu, Y.N., Zhou, Q., and Yu, B.J. 2009. Effects of Zn<sup>2+</sup> and niflumic acid on photosynthesis in Glycine soja and Glycine max seedlings under NaCl stress. *Environmental and Experimental Botany*. 65: 2. 304-309.
  34. Ramezani, M., Seghatoleslami, M., Mousavi, G., and Sayyari-Zahan, M.H. 2013. Effect of salinity and foliar application of iron and zinc on yield and water use efficiency of ajowan (*Carum copticum*). *Inter. J. Agric. Crop Sci*. 7: 421-426.
  35. Razi, S., Gholami, M., and Azizi, A. 2014. Physiological Consequences of Foliar Application of Zinc Chelate in Strawberry Cultivation under Salt Stress Condition. *Plant Production Technology*. 6: 1. 59-68. (In Persian)
  36. Saeedi, G.H. 2008. The effect of some macro and microelements on grain yield and other agronomic characters on (*Sesamum indicum* L.) in Isfahan. *J. Sci. Technol. Agric. Natur. Resour*. 45: 379-402. (In Persian)
  37. Saffari, R., Maghsoudi Mood, A.A., and Saffari, V.R. 2013. Effect of Salt Stress on Chlorophyll Fluorescence and Grain Yield of Some Sunflower (*Helianthus annuus* L.) Cultivars. *Seed and Plant Production*. 29: 1. 109-130. (In Persian)
  38. Sarkar, D., Mandal, B., and Kundu, M.C. 2007. Increasing use efficiency of boron fertilisers by rescheduling the time and methods of application for crops in India. *Plant and Soil*. 301: 1. 77-85.

39. Seilsepour, M. 2006. Study of Zinc effects on quantitative and qualitative traits of winter wheat in saline soil condition. Des. J. 11: 2.17-23.
40. Seyed Sharifi, R., and Hokmalipour, S. 2016. Agronomy under Environmental Stresses. University of Mohaghegh Ardabili. Press, 422p. (In Persian)
41. Seyed Sharifi, R., and Kamari, H. 2015. Effects of nano-zinc oxide and seed inoculation of Triticale. J. Plant Proc. Func. 4: 13. 97-112.
42. Seyed Sharifi, R., and Namvar, A. 2015. Bio Fertilizers in agronomy. University of Mohaghegh Ardabili. Press, 282p. (In Persian)
43. Shojaei, H., and Makarian, H. 2015. The effect of nano and non-nano Zinc oxide particles foliar application on yield and yield components of mungbean (*Vigna radiate*) under drought stress. Iran. J. Field Crop Res. 12: 4. 727-737. (In Persian)
44. Siosemardeh, A., Ahmadi, A., Poustini, K., and Ebrahimzadeh, H. 2003. Stomatal and Nonstomatal Limitations to Photosynthesis and Their Relationship with Drought Resistance in Wheat Cultivars. Iran. J. Agric. Sci. 34: 4. 93-106. (In Persian)
45. Zlatev, Z., and Yordanov, T. 2004. Effect of soil drought on photosynthesis and chlorophyll fluorescence in bean plants. J. Plant Physiol. 30: 3-4. 3-18.





## Effects of foliar and soil application of zinc on photosynthetic pigments, chlorophyll fluorescence and grain yield of wheat (*Triticum aestivum* L.) under soil salinity

H. Narimani<sup>1</sup> and \*R. Seyed Sharifi<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Ph.D. Student, Dept. of Agronomy and Plant Breeding, University of Mohaghegh Ardabili,

<sup>2</sup>Professor, Dept. of Agronomy and Plant Breeding, University of Mohaghegh Ardabili

Received: 01.08.2019; Accepted: 01.01.2020

### Abstract

**Background and Objectives:** Soil salinity is one of the most serious limiting factors for crop growth and production in the arid and semi-arid regions. Zinc is an essential micronutrient for humans, animals and plants, which act either as the metal component of enzymes or as a regulatory co-factor of a large number of enzymes. Zinc is required for chlorophyll synthesis and plays an important role in biomass production. Zinc is required for pollen function, fertilization and germination plays an important role. Zinc deficiency is recognized as a critical problem in plants, especially grown on saline conditions with high pH values. But, recent researches have shown that a small amount of nutrients, particularly Zn applied by foliar spraying can affect ability of plants to salinity stress. So, the aim of this study was to investigate the effects of foliar and soil application of zinc on photosynthetic pigments, chlorophyll fluorescence and grain yield of wheat under soil salinity.

**Materials and Methods:** A factorial experiment was conducted based on randomized complete block design with three replications in research greenhouse of faculty of agricultural and natural resources, University of Mohaghegh Ardabili in 2018. Factors experiment were included soil salinity in four levels (non-salinity, salinity 30, 60 and 90 mM by NaCl), foliar and soil application of zinc in four levels (without zinc as control, soil application of ZnSO<sub>4</sub>, foliar application of nano Zn oxide, both application of ZnSO<sub>4</sub> and nano Zn oxide).

**Results:** The results showed that both application ZnSO<sub>4</sub> and nano Zn oxide under non-salinity condition, increased chlorophyll a, b, total chlorophyll, carotenoid and grain yield (65.2, 52.72, 62, 50.43 and 34.56% respectively) in comparison with no application of zinc under salinity of 90 mM. Also, both application of ZnSO<sub>4</sub> and nano Zn oxide under without salinity, increased maximum fluorescence (F<sub>m</sub>) and variable fluorescence (F<sub>v</sub>). Grain yield decreased 34.56% under salinity of 90 mM and without application of zinc in comparison with both application ZnSO<sub>4</sub> and nano Zn oxide under non-salinity condition due to increasing minimum fluorescence (F<sub>0</sub>) and decreasing chlorophyll content.

**Conclusion:** It seems that both application of ZnSO<sub>4</sub> and nano zn oxide can increase grain yield of wheat under salinity stress due to improving Potosynthetic pigments and chlorophyll fluorescence components.

**Keywords:** Carotenoid, Protein, Stress, Zinc

\* Corresponding Author; Email: raouf\_ssharifi@yahoo.com

