DOI: http://dx.doi.org/10.22092/aj.2016.109216

نشریه زراعت شماره ۱۱۰، بهار ۱۳۹۵

(پژوهش و سازندگی)

بررسی عکس العمل گیاه گندم (*Triticum aestivum* L.) به مصرف عنصر روی تحت تنش شوری

- لطیفه پوراکبر، دانشیار گروه زیست شناسی، دانشکده علوم، دانشگاه ارومیه (نویسنده مسئول)
- سونیا مقسومی هولاسو، دانشجوی کارشناسی ارشد فیزیولوژی گیاهی، گروه زیست شناسی، دانشکده علوم، دانشگاه ارومیه

تاریخ دریافت: شهریورماه ماه ۱۳۹۴ تاریخ پذیرش: آبان ماه ۱۳۹۴
پست الکترونیک نویسنده مسئول: l.pourakbar@urmia.ac.ir

چکیده

به منظور بررسی اثر شوری (کلرید سدیم) و روی بر رشد، میزان رنگیزه های فتوسنتزی، محتوای سدیم، پتاسیم وکلر در گیاه گندم آزمایشی به صورت هیدروپونیک در گروه زیست شناسی دانشگاه ارومیه در سال ۱۳۹۱ ترتیب داده شد. آزمایش در قالب طرح کاملا تصادفی با ۳ سطح شوری کلرید سدیم و یک سطح روی انجام شد. دانه رست های ۱۸ روزه گندم در حضور ۰/۵ میلی مولار روی به تنهایی و در ترکیب با کلرید سدیم ۵۰ و ۱۰۰ میلی مولار کشت شدند. نتایج نشان داد که روی به تنهایی موجب زردی و مهار رشد می گردد. افزایش کلرید سدیم موجب کاهش پارامترهای رشد (وزن تر وخشک و طول)، محتوای پتاسیم، نسبت پتاسیم به سدیم و محتوای رنگیزه های فتوسنتزی (کلروفیل a، bو کاروتنوئیدها) در هر دو اندام هوایی و ریشه های گندم ۲۸ روزه گردید. با افزایش شوری میزان محتوای یون سدیم و کلر افزایش یافت. اثر متقابل روی و کلرید سدیم موجب افزایش تجمع یونهای سدیم و کلر نسبت به اعمال به تنهایی روی و کلرید سدیم گردید. نتایج نشان داد که احتمالا روی نقش موثری در سازش به شوری گندم ندارد.

کلمات کلیدی: شوری، روی، گندم، نسبت پتاسیم به سدیم، هیدروپونیک

Agronomy Journal (Pajouhesh & Sazandegi) No:110 pp: 19-18

The response of wheat (*Triticum aestivum* L.) to the consumption of zinc under salt stress

By:

- *L. Pourakbar, (Corresponding Author), Associate Professor of Urmia University*
- *S. Maghsomi, M.Sc. Student of Urmia University*

Received: August 2015 **Accepted: October 2015**

A hydroponics experiment was conducted in biology department at the Urmia University in 2012 to investigate the effect of salinity (NaCl) and zinc (Zn^{2+}) on growth, the amount of photosynthesis pigments and Na^+, K^+ and Cl^- content of wheat. A completely randomized design experiment with 3 salinity levels, and 1 levels of zinc was performed. The wheat seedlings (18-day-old) were cultivated in the presence of 0.5 mmol L^{-1} Zn^{2+} alone or combined with 50 or 100 mmol L^{-1} NaCl. The results showed that, Zn^{2+} alone induced chlorosis and inhibited growth. Increasing of NaCl level reduced the growth parameters (fresh and dry weight and length), potassium content, K^+/Na^+ ratio and photosynthetic pigments (Chl a, b and carotenoids) contents in both shoots and roots of 28-day old wheat seedlings. The Na^+ and Cl^- contents increased with increasing NaCl concentration. The combined effect of Zn^{2+} and NaCl on accumulation of Na^+ and Cl^- was more pronounced then its on both Zn^{2+} and NaCl alone. The results showed that Zn^{2+} nutrition did not improve adaptation of wheat to salt stress.

Keywords: Salinity, Zn^{2+}, Wheat, K^+/Na^+, Hydroponic.

مقدمه

شوری پس از خشکی از مهم ترین و متداول ترین تنش های محیطی است. این مشکل بیشتر در مناطق نیمه خشک و خشک با میزان بارندگی کم و تبخیر شدید رخ می دهد. شوری یک اثر نامطلوب بر تولید اکثر محصولات کشاورزی جهان دارد. وزن زیست توده و جوانه زنی بذر شدیداً تحت تاثیر تنش های غیر زیستی مثل شوری کاهش می یابد (Ashraf, 2004).

شوری معمولاً با افزایش سطوح کلرید سدیم، سولفات منیزیم و کلسیم و بیکربنات ها در خاک و آب ایجاد می شود (Mane *et al.*, 2010). برخی از علایم عمومی آسیب تنش شوری مهار رشد و توسعه، شتاب پیری و مرگ سلولی می باشد. مهار رشد اولین نتیجه تنش شوری است که منجر به علایم دیگر آسیب می شود و مرگ سلولی برنامه ریزی شده معمولاً در تنش های شدید شوری مشاهده می گردد (Zhu, 2007).

اثرات تنش شوری در گیاه به درجه ی شوری و مدت زمان تنش بستگی دارد. شوری سه اثر بالقوه روی گیاه دارد که عبارتند از: سمیت یونی خاص، پتانسیل آبی پایین و دخالت در جذب عناصر غذایی. مورد آخر به علت حضور عناصر غذایی متحرک در گیاهان ممکن است بلا فاصله اثر چشمگیری بر گیاه نداشته باشد (Flowers and Flowers, 2005).

شوری خاک یکی از تنش های غیرزیستی مهم است که بر جوانه زنی، رشد و عملکرد محصولات اثر می گذارد. این اثرات بطور عمده به علت ازدیاد یون های Na^+ و Cl^- در گیاهان می باشد (Shilpim and Narendra, 2005). در واقع به دلیل تجمع نمک در خاک تحت تنش شوری، گیاه به طور آشکار پژمرده می شود، چون نمک های خاک مانند Na^+ و Cl^- رشد و نمو طبیعی گیاه را مختل می کنند (Cavalcanti *et al.*, 2007). انباشتگی سدیم در برگ باعث آسیب به برگ و نکروزه شدن برگهای پیر می شود، غلظت بالای سدیم در بخش های هوایی مشکلات اسمزی و متابولیکی برای گیاهان ایجاد می کند (Tester and Davenport, 2003).

اولین پاسخ گیاهان به تنش شوری کاهش پتانسیل آب در گیاه است که منجر به کاهش کارآمدی استفاده از آب می شود که آن هم به نوبه خود موجب آسیب های شدید به اندام های فتوسنتزی و کاهش عملکرد گیاه می گردد (Mane *et al.*, 2010). بسیاری از فرآیندهای مورفولوژیکی و فیزیولوژیکی مهم مانند توسعه ی برگ، باز شدن روزنه ها و فتوسنتز برگ بطور مستقیم بوسیله ی کاهش تورژسانس برگ با تنش شوری و از دست دادن آب از بافتهای برگ تحت تأثیر قرار می گیرد (El-Henawy *et al.*, 2005). کاهش جذب آب، پاسخ رایج گیاهان تحت تنش شوری و خشکی است (Munns *et al.*, 2006). از طرف دیگر تحت شرایط شوری، تجمع بالای یون های سمی مثل سدیم و کلر در کلروپلاست ها رخ می دهد (Munns *et al.*, 2006). گزارش شده است که شوری انتقال الکترونی و فتوفسفریلاسیون در غشاء تیلاکوئیدی را غیر فعال می کند (Stepien and Johnson, 2009).

شوری ممکن است از طریق برهم زدن تعادل یونی و اثر روی تغذیه، رشد گیاه را محدود کند. اگر ظرفیت تبادلی بافت خاک بیش از ۴۰ تا ۵۰ درصد با سدیم اشباع شود، اختلالات تغذیه ای ایجاد می گردد. افزایش سدیم باعث کاهش کاتیون های دیگر در گیاه و بر هم زدن تعادل کاتیونی گیاه می شود. این افزایش همچنین باعث کاهش میزان کلسیم، منیزیم و پتاسیم در گیاه می گردد (Mane *et al.*, 2010).

نواحی وسیعی از زمین در نتیجه ی فعالیت های شهرنشینی، اعمال کشاورزی و صنعت با فلزات سنگین آلوده شده اند. فلزات سنگین از فرآیندهای فیزیولوژیکی مانند تنفس، فتوسنتز، طویل

شدن سلول ممانعت می کنند و بر روابط آبی و نیز تغذیه ی معدنی گیاه اثر می گذارند (Zornoza *et al*., 2002).

فلز سنگین روی نقش اساسی را در چندین عملکرد سلولی مهم مانند متابولیسم پروتئین و متابولیسم IAA ایفا می کند. بعلاوه وجود روی می تواند اثرات نامطلوب NaCl را کاهش دهد (Redondo-Go´mez *et al*., 2011). روی ترکیبی مهم از آنزیم های ضروری و یک تثبیت کننده ی ساختاری برای پروتئین ها، غشا و پروتئین های متصل به DNA است (Aravind and Prasad, 2004). روی تنها فلزی است که در هر شش گروه آنزیمی اکسیدوردوکتازها، ترانسفرازها، هیدرولاز، لیازها، ایزومرازها، لیگازها حضور دارد (Broadley *et al*., 2007).

همچنین، بررسی شاخص مقاومت به شوری در ۳۰ رقم گندم ایرانی نشان داده است که رقم چمران ببیشترین و رقم الموت کمترین شاخص مقاومت را دارند. در این بین، ارقام سرداری، الوند و روشن علی الرغم داشتن پتانسیل آب بالاتر، از لحاظ عمل کرد در بین ۳۰ رقم بررسی شده به ترتیب در رتبه ۱۷، ۲۴ و ۱۳ قرار دارند (Rajabi *et al*., 2004).

رقم الوند در اغلب مناطق سردسیر کشور سازگاری دارد و در استان های مجاور دریاچه ارومیه (آذربایجان غربی و شرقی) برای کشت قابل توصیه است. گندم الوند با میانگین عمل کرد ۶/۴ تن در هکتار نسبت به گندم نوید حدود ۹٪ برتری نشان داده است. این برتری در ارومیه معادل ۲۶٪بوده است. این گندم با ۱۲/۵ درصد پروتئین دانه از کیفیت نانوایی خوبی برخوردار بوده، برای پخت نان های ایرانی مناسب است (Bakhshayeshi Geshlagh, 2011).

باتوجه به اینکه مطالعه ی اثرات آلودگی های چندگانه فلزات سنگین و شوری در گیاهان کمتر صورت گرفته و با توجه به افزایش روزافزون شوری در استان آذربایجان غربی به ویژه شهرستان ارومیه (به علت خشک شدن دریاچه ارومیه) تحقیق جاری با هدف بررسی تغییرات رشد و رنگیزه های فتوسنتزی و تجمع عناصر معدنی در مقابل تنش شوری کلرید سدیم و فلز سنگین روی در شرایط گلخانه ای بر روی گیاه گندم رقم الوند که یکی از محصولات کشت شده در زمین های زراعی اطراف دریاچه ارومیه است، انجام شد.

مواد و روش ها

این تحقیق در سال ۱۳۹۱ در گلخانه تحقیقاتی گروه زیست شناسی دانشگاه ارومیه انجام گرفت. بذرهای گندم رقم الوند بعد از تهیه از مرکز تحقیقات کشاورزی شهر ارومیه، جهت ضد عفونی، قبل از کشت به مدت ۱۰ دقیقه در محلول هیپوکلرید سدیم ۱۰ درصد قرار گرفت و به وسیله آب مقطر کاملاً شستشو داده شدند. سپس با استفاده از یک پنس استریل ده عدد بذر که ۱۲ ساعت قبل از کشت در داخل آب مقطر قرار گرفته بودند و دوره آماس را طی کرده بودند، در داخل پتری دیش ها قرار گرفتند. بعد از عمل کشت تمامی پتری دیش ها در داخل انکوباتور ۲۵ درجه سانتی گراد به مدت سه روز قرار گرفتند. سپس دانه رستهای سه روزه به داخل گلدان های به قطر و عمق ۲۰ سانتی متر حاوی ماسه منتقل شدند. گلدان ها در اتاق کشت با دوره نوری ۱۶ ساعت روشنایی و ۸ ساعت تاریکی، شدت نوری ۱۵ Wm^{-2}، درجه حرارت ۲۷°/۲۲°C (روز/شب) و رطوبت ۸۵٪ قرار گرفتند. سه روز اول دانه رست ها با آب مقطر سپس با محلول های یک چهارم و یک دوم هوگلند به مدت ۱۲ روز آبیاری شدند. سپس گیاهان بمدت ۱۰ روز تحت آبیاری با هوگلند کامل به همراه تیمارها قرار گرفتند. اعمال تیمارها در وضعیت ۶ برگی گیاهان (۱۸ روزه) اعمال گردید. هر روز قبل از اعمال تیمارها گیاهان جهت شستشوی نمک اعمال شده از محیط کشت بطور کامل با آب مقطر آبیاری شدند و بعد از ۴ ساعت تیمارها به گیاهان اعمال گردید. آزمایش به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با ۶ تیمار و هر تیمار در ۶ تکرار انجام شد. تیمارها عبارت بودند از: الف) گیاهان شاهد (بدون کلرید سدیم و سولفات روی) ب) گیاهان تحت تیمار سولفات روی ۰/۵ میلی مولار پ)گیاهان تحت تیمار کلرید سدیم ۱۰۰ میلی مولار ت) گیاهان تحت تیمار کلرید سدیم ۱۵۰ میلی مولار ث) گیاهان تحت تیمار توأم کلرید سدیم ۱۰۰ میلی مولار و سولفات روی ۰/۵ میلی مولار ج) گیاهان تحت تیمار توأم کلرید سدیم۱۵۰ میلی مولار و سولفات روی ۰/۵ میلی مولار. پس از گذشت این مدت گیاهان ۲۸ روزه جهت انجام آزمایش ها برداشت گردیدند. پس از اندازه گیری طول ریشه و اندام هوایی با خط کش، ۳ تکرار از هر تیمار برای خشک کردن نمونه ها و جهت تعیین وزن خشک بعد از جدا کردن ریشه و اندام هوایی در پاکت های مجزا قرار داده شدند و در آون ۸۰ درجه سانتیگراد به مدت ۴۸ ساعت خشک شدند. وزن خشک با ترازویی با دقت ۰/۰۰۱ گرم اندازه گرفته شد. ۳ تکرار از هر تیمار برای استفاده در آزمایشاتی که نیاز به نمونه تر داشتند، برداشت شد و بعد از جداسازی ریشه ها از اندام هوایی، هر یک از اندام ها به طور جداگانه پس از بسته بندی مناسب در فریزر ۸۰- درجه سانتی گراد نگهداری شدند.

اندازه گیری عناصر

برای تهیه ی عصاره گیاهی جهت اندازه گیری عناصر، ۱۰۰ میلی گرم از ماده خشک پودر شده ریشه و اندام هوایی به طور جداگانه از تمام تیمارها توزین گردید و در لوله های آزمایش ریخته شد. سپس به هر یک از لوله ها ۱۰ میلی لیتر آب مقطر اضافه شد. این لوله ها به مدت یک ساعت در بن ماری جوشان حرارت داده شدند. پس از خنک شدن در دمای اتاق به مدت ۲۰ دقیقه در دور ۵۰۰۰ rpm سانتریفوژ شدند. محلول رویی به لوله آزمایش جدید منتقل و دوباره با آب مقطر به حجم ۱۰ میلی لیتر رسانده شد. این محلول به عنوان عصاره خام برای اندازه گیری میزان عناصر مورد استفاده قرار گرفت. میزان یون سدیم و پتاسیم توسط دستگاه فلم فتومتر (Flame photometer) ساخت ایران مدل فاطر ۴۰۵ و میزان کلر با استفاده از دستگاه Chloride Analyzer مدل Corning 926، اندازه گیری شد (Allen *et al*., 1985).

اندازه گیری میزان رنگیزه ها

برای اندازه گیری میزان رنگیزه ها از روش Por- (*et al*., 1989 ra) استفاده شد. یک گرم از بافت تر برگ ها توزین شد و با ۵۰ میلی لیتر استون۱۰۰٪ له گردید سپس با تنظیف صاف گردید و عصاره حاصل به مدت ۱۰ دقیقه در داخل سانتریفوژ با دور rpm ۲۵۰۰ گذاشته شد. برای تعیین میزان کلروفیل (Chl) a و b، جذب عصاره حاصل توسط دستگاه اسپکتروفتومتر به ترتیب در طول موج ۶۶۲ نانومتر و ۶۴۵ نانومتر و برای تعیین کاروتنوئید کل (C_{X+}) جذب آن در طول موج ۴۷۰ نانومتر اندازه گیری گردید. برای محاسبه مقادیر کلروفیل a، b و همچنین کاروتنوئید کل از فرمول زیر استفاده گردید (Lichtenthaler and wellburn, 1985).

$$Chl_a = 11.75\ A_{662} - 2.350\ A_{645}$$

$Chl_b = 18.61\ A_{645} - 3.960\ A_{662}$
$C_{X+C} = 1000\ A_{470} - 2.270\ Chl_a - 81.4\ Chl_b$

آنالیز آماری

برای آنالیز داده ها و رسم نمودارها از برنامه های SPSS نسخه ۱۶ و Excel نسخه ۲۰۰۷ استفاده گردید. در کلیه نمودارها بارهای عمودی نشان دهنده خطای استاندارد برای سه تکرار می باشد. مقایسه میانگین ها با استفاده از آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد انجام شد.

نتایج و بحث

وزن خشک و طول اندام هوایی و ریشه تجزیه واریانس شاخص های رشدی در گیاه گندم نشان داد که تفاوت معنی داری بین گیاهان تحت تنش شوری و روی نسبت به شاهد در طول و وزن خشک اندام هوایی و ریشه وجود داشت (جدول ۱).

مقایسه میانگین شاخص های مختلف رشد نشان داد که با افزایش مقادیر شوری از صفر به ۱۵۰ میلی مولار وزن خشک اندام هوایی ۲۶ تا ۲۸ درصد و طول اندام هوایی ۱۴ تا ۲۴ درصد، کاهش معنی دار نسبت به گیاهان شاهد داشت (شکل ۱). افزایش مقادیر شوری از صفر تا ۱۵۰ میلی مولار وزن خشک ریشه ۳۱ تا ۴۵ درصد و طول ریشه ۱۷ تا ۳۱ درصد نسبت به گیاهان شاهد کاهش معنی دار نشان داد (شکل ۲).

در تایید این مشاهدات Hernandez و همکاران (۱۹۹۹) کاهش وابسته به غلظت نمک را در رشد گیاهان نخود تحت تنش NaCl گزارش کرده اند. از نظر مورفولوژیکی بیشترین صدمه شوری به گیاه، رشد کم به علت ممانعت از طویل شدن سلول است (Bandeo-glu *et al*., 2004). محققان گزارش کرده اند که تجمع نمک و یون ها موجب تنش اسمزی و خشکی می شود که منجر به کاهش جذب آب به وسیله بافتهای گیاه می گردد کاهش محتوای آب بافت به کاهش رشد و نمو سلولی منجر شده و در نتیجه، کاهش جذب آب و پیامدهای آن یکی از مهمترین دلایل کاهش رشد ریشه و ساقه می باشد (Cavalcanti *et al*., 2007). کاهش در زیست توده با افزایش شوری به علت تخریب فعالیتهای بیوشیمیایی و فیزیولوژیکی و در نتیجه کاهش سطح و تعداد برگ ها می باشد (Dong and Dong, 2007).

مقایسه میانگین داده ها نشان داد که روی موجب کاهش معنی دار وزن خشک اندام هوایی به میزان ۱۳٪ و وزن خشک ریشه به میزان ۲۵٪، طول اندام هوایی به میزان ۱۲٪ و طول ریشه به میزان ۱۳٪ نسبت به گیاهان شاهد شد (شکل ۱ و ۲). رشد کم اندام هوایی در حضور روی می تواند به علت مداخله آن در وقایع متابولیکی خاصی باشد (Jain *et al*., 2010). روی ممکن است رشد را در تعدادی از گیاهان کاهش دهد این امر می تواند به علت ممانعت از طویل شدن و کاهش تقسیم سلول ها باشد (Jain *et al*., 2010). ممانعت از رشد به علت سمیت فلز روی منجر به کاهش در تولید زیست توده می شود (Khudsar et al., 2004). گزارش هایی وجود دارد که یون های فلز سنگین پس از ورود به گیاه تا زمان القای تشکیل فیتوکلاتین ها در اثر فیتوکلاتین سنتاز در سیتوسل سلول ها باقی می مانند و این تجمع بالای فلز در سیتوسل باعث مهار رشد گیاه می شود (Malea *et al*., 1995). علاوه بر این گزارش شده، گیاهانی که در معرض غلظت های بالای فلز روی قرار می گیرند ساختار میتوکندریایی در آن ها تخریب شده و در نتیجه فرآیندهای انرژی خواه مرتبط با رشد سلول در آنها دچار اختلال می شود (Rout and Das, 2003).

در این مطالعه تأثیر متقابل NaCl و Zn کاهش رشد را در گیاه گندم تشدید کرد، با توجه به اینکه هم شوری و هم فلز سنگین روی اثرات منفی بر تقسیم و طویل شدن سلولی دارند بنابراین اثر توأم آنها باعث کاهش شدید رشد می شود.

تاثیر اثر متقابل شوری و فلز روی بر محتوای کلروفیل a و b

نتایج تجزیه واریانس در گیاه گندم نشان داد که تفاوت معنی داری بین گیاهان تحت تنش شوری و روی نسبت به شاهد در میزان رنگیزه های کلروفیل a و b وجود دارد (جدول ۱).

مقایسه میانگین داده ها نشان داد که با افزایش شوری از ۱۰۰ میلی مولار به ۱۵۰ میلی مولار کلروفیل a، ۱۵ تا ۳۶٪ نسبت به گیاهان شاهد کاهش معنی دار یافت. کاربرد روی نیز موجب کاهش کلروفیل a به میزان ۱۱٪ نسبت به گیاهان شاهد شد. از طرف دیگر اثر توأم شوری و روی موجب کاهش معنی دار کلروفیل a به میزان ۹ تا ۲۷٪ نسبت به گیاهان تحت تیمار شوری شد (شکل ۳ الف).

با افزایش شوری از صفر تا ۱۵۰ میلی مولار میزان کلروفیل b ۱۸ تا ۳۵٪ نسبت به گیاهان شاهد کاهش معنی دار یافت. مصرف روی موجب کاهش کلروفیل b به میزان ۱۰٪ نسبت به شاهد شد. از طرف دیگر اثر توأم شوری و روی موجب کاهش معنی دار کلروفیل b به میزان ۱۶٪ نسبت به گیاهان تحت تیمار شوری شد (شکل ۳ ب).

کلروفیل متصل به غشاست و به پایداری غشا وابسته است که تحت تنش شوری به ندرت سالم باقی می ماند (Shah *et al*., 2007). کاهش در محتوای کلروفیل به علت شوری به وسیله محققان دیگر هم گزارش شده است. کاهش در محتوای کلروفیل می تواند به علت افزایش فعالیت آنزیم تجزیه کننده کلروفیل یعنی کلروفیلاز باشد (Noreen and Ashraf, 2009). تجمع بالای سدیم در بافت های گیاهی، بعنوان یکی از فاکتورهای مؤثر در کاهش رنگدانه های فتوسنتزی و سرعت فتوسنتز است (Ashraf, 2004). دلیل دیگر کاهش کلروفیل کل برگ تغییر متابولیسم نیتروژن و استفاده ی بیشتر از گلوتامات (ماده اولیه سنتز پرولین و کلروفیل) در مسیر سنتز پرولین می باشد (Rosa-Ibarra and Maiti, 1995). عقیده بر این است که کاهش در محتوای کلروفیل در گیاهان قرار گرفته در معرض فلزات سنگین احتمالاً به علت ممانعت از فعالیت آنزیم های مهم مانند δ- آمینولوولینیک اسید دهیدراتاز ((ALA-dehydratase و پروتوکلروفیلد ردوکتاز (Rosa-Ibarra and Maiti, 1995) مرتبط با بیوسنتز کلروفیل و یا اختلال در فراهمی Mg^{2+} و Fe^{2+} می باشد (Kupper *et al*., 1996). برخی معتقد هستند که کاهش محتوای کلروفیلی تحت تنش عناصر سنگین صرفاً به دلیل بازدارندگی از بیوسنتز کلروفیل تحت اثر عناصر سنگین نیست و دریافتند که عنصر مرکزی Mg موجود در ساختار کلروفیل توسط عناصری چون جیوه، کادمیوم، مس، روی و نیکل قابل جابه جایی است و این جابه جایی عمده ترین تخریب انجام شده توسط عناصر سنگین در ساختارهای کلروفیلی به شمار می آید (Kupper *et al*., 1996).

تاثیر اثر متقابل شوری و فلز روی بر محتوای کل کاروتنوئید

بر اساس جدول تجزیه واریانس تفاوت معنی دار در بین تیمارها از نظر میزان کاروتنوئیدها مشاهده گردید (جدول ۲).

مقایسه میانگین داده ها نشان داد که با افزایش شوری از صفر تا ۱۵۰ میلی مولار میزان کاروتنوئید کل ۳۲ تا ۶۹٪ نسبت به گیاهان شاهد کاهش معنی دار یافت. اعمال روی نیز موجب کاهش کاروتنوئید کل به میزان ۱۲٪ نسبت به گیاهان شاهد شد. از طرفی دیگر بررسی توأم شوری و روی موجب کاهش معنی دار کاروتنوئید کل به میزان ۴ تا ۸٪ نسبت به گیاهان تحت تیمار شوری شد (شکل ۴).

کاروتنوئیدها نیز تتراترپن هایی هستند که در پلاست بافت های گیاهی حضور داشته و در تنش های اکسیداتیو در گیاه حفاظت از بافت های فتوسنتزی بخصوص کلروفیل ها را برعهده دارند. فلزات سنگین در یک مقدار معین به عنوان عوامل تنش زای محیطی سبب القای تنش اکسیداتیو و سنتز بیشتر کاروتنوئیدها در گیاهان می شوند. در حالی که در غلظت های بالا، این فلزات از طریق تخریب و بهم ریختگی ساختار کاروتنوئیدها مقدار آن را در گیاه کاهش می دهند (Candan and Tarhan, 2003).

تاثیر اثر متقابل شوری و فلز روی بر میزان یونهای سدیم، پتاسیم، و کلر در اندام هوایی و ریشه بر اساس جدول تجزیه واریانس تفاوت معنی داری در بین تیمارها از نظر محتوای یون های سدیم، کلر، پتاسیم و نسبت پتاسیم به سدیم در اندام هوایی و ریشه گیاه گندم مشاهده گردید (جدول ۲). مقایسه میانگین داده ها نشان داد که شوری موجب افزایش یون سدیم اندام هوایی به میزان ۵ تا ۱۱ برابر و یون سدیم ریشه به میزان ۷ برابر نسبت به گیاهان شاهد شد (شکل ۵). همچنین بررسی میزان یون کلر نشان داد که یون کلر اندام هوایی به میزان ۳ تا ۴ برابر و یون کلر ریشه ۶ برابر نسبت به گیاهان شاهد افزایش معنی دار نشان داد (شکل ۶). افزایش شوری موجب کاهش یون پتاسیم اندام هوایی به میزان ۲۷ تا ۳۸٪ و کاهش یون پتاسیم ریشه به میزان ۲۷ تا ۷۷٪ نسبت به گیاهان شاهد شد (شکل ۷).

اعمال روی موجب افزایش جذب و تجمع یون سدیم و کلر در اندام هوایی (۱۰۰٪) و ریشه (۲ برابر) و کاهش تجمع یون پتاسیم اندام هوایی (۲۸٪) و ریشه (۴۱٪) نسبت به گیاهان شاهد شد (شکل ۵،۶ و ۷). اعمال توام شوری و روی موجب تشدید تجمع یون های سمی سدیم در اندام هوایی (۲۹ تا ۵۶٪) و ریشه (۱۷ تا ۵۳٪) و یون کلر اندام هوایی (۱۱ تا ۳۵٪) و ریشه (۴ تا ۷٪) و تشدید کاهش میزان یون پتاسیم اندام هوایی (۱۴ تا ۲۵٪) و ریشه (۷۰ تا ۷۴٪) نسبت به گیاهان تحت تیمار به تنهایی شوری گردید (شکل ۵،۶ و ۷).

بررسی نسبت پتاسیم به سدیم نشان داد که شوری موجب کاهش معنی دار این نسبت در اندام هوایی (۸۷ تا ۹۵٪) و ریشه (۹۳ تا ۹۷٪) نسبت به شاهد شد. اعمال فلز روی موجب کاهش این نسبت به میزان ۶۷٪ در اندام هوایی و ۸۰٪ در ریشه نسبت به شاهد گردید. اعمال توام شوری و فلز روی این نسبت را به میزان ۴۱ تا ۴۵٪ در اندام هوایی و ۸۰ تا ۸۳٪ در ریشه نسبت به اعمال به تنهایی شوری کاهش معنی دار داد (شکل ۸).

در این تحقیق مشخص شد که همراه با افزایش شوری غلظت Na^+ و Cl^- در ریشه و اندام هوایی گندم افزایش و غلظت K^+ کاهش یافت. این نتایج با یافته های El-Henawy و همکاران (۲۰۰۵) مبنی بر افزایش یون های سدیم و کلر همراه با کاهش پتاسیم مطابقت داشت. تجمع سدیم وکلر در گیاه سبب افزایش فشار اسمزی شده وگیاه از این طریق می تواند با کاهش پتانسیل اسمزی محیط ریشه مقابله نماید. از آنجا که عنصر پتاسیم یکی از عناصر ضروری برای رشد گیاه است، با افزایش شوری و یون سدیم در محیط از جذب یون پتاسیم ممانعت به عمل آمده و به دنبال آن، گیاه را با کمبود این عنصر ضروری مواجه می سازد. در یک محیط شور که غلظت سدیم زیاد است، گیاهان مقادیر زیادی از یون سدیم را به جای یون های پتاسیم و کلسیم جذب می کنند که این امر به کمبود عناصر پتاسیم و کلسیم در گیاه منجر می شود و در نهایت کاهش رشد را به دنبال دارد. به علت ساختمان مشابه سدیم و پتاسیم و رقابت سدیم برای جایگاه های اتصال پتاسیم، فرایندهای متابولیسمی وابسته به پتاسیم در سیتوپلاسم مهار می شود و این موضوع نشان می دهد که مقادیر سدیم سلولی باید در یک سطح حداقل نگه داشته شود (Yan-de *et al*., 2007). پتاسیم فراوان ترین کاتیون در بافت های گیاهی است و در واکوئل های سلولی نقش مهمی در فشار اسمزی و فشار تورژسانس ایفا می کند، بنابراین یک کاتیون ضروری برای توسعه و انبساط برگ می باشد (Ke Shi-Sheng *et al*., 2007). گسترش سلول ها در برگ ها کاملاً وابسته به محتوای K^+ آنها می باشد (Guo *et al*., 2006). اعمال فلز سنگین روی نیز موجب کاهش پتاسیم شد که احتمال داده می شود این کاهش در اثر پراکسیداسیون غشاء توسط این فلز و نشت یون پتاسیم به محیط اطراف ریشه باشد. نتایج حاصل از اعمال توام فلز سنگین روی به همراه شوری با نتایج کار محققان دیگر (Huang *et al*., 2007 و Weisany *et al*., 2011) بر روی فلزات سنگین کادمیوم با غلظت ۲ میکرو مول بر لیتر و روی با غلظت ۱۰ میلی گرم بر کیلوگرم خاک مغایرت نشان داد. مطالعاتی که قبلاً انجام شده است نشان داده است که وجود فلزات سنگینی مثل منگنز، کادمیوم با غلظت ۲ میکرو مول بر لیتر و روی با غلظت ۱۰ میلی گرم بر کیلوگرم خاک به علت حفظ استحکام ساختاری و عملکردی غشاهای سلولی ریشه، برای مقاومت گیاه در برابر سمیت NaCl ضروری است (Huang *et al*., 2007 و Weisany *et al*., 2011). احتمالاً این فلزات ورود و خروج سدیم، از ورای غشای پلاسمایی را کنترل می کنند. به درستی مشخص شده است که این عناصر ریز مغذهای ضروری برای حفظ استحکام غشاهای سلولی ریشه است بنابراین نفوذپذیری غشا را کنترل می کند (Welch *et al*., 1982). احتمال داده می شود علت مغایرت نتایج حاصل از این کار تحقیقی با مطالعات دیگر، غلظت اعمال فلز سنگین باشد که در کارهای تحقیقی ذکر شده میزان فلز سنگین بکار رفته بسیار کمتر بوده و نتایج ما نشان داد که در صورت افزایش غلظت فلز سنگین، خود فلز سنگین می تواند به عنوان یک تنش برای گیاه محسوب شده و نه تنها موجب کاهش اثرات سوء شوری نشود، بلکه موجب تشدید سمیت شوری از طریق تجمع بالای یون های سمی سدیم و کلر و کاهش یون پتاسیم در اندام هوایی گردد.

نتیجه گیری کلی

با توجه به نتایج حاصل از این تحقیق محتوای رنگیزه ای فتوسنتزی و نحوه تجمع یون های آسیب رسان سدیم و کلر و همچنین نسبت پتاسیم به سدیم که به عنوان یک فاکتور تعیین کننده در حساس و یا مقاوم بودن گیاهان در برابر تنش شوری است می توان بیان نمود که رقم الوند گندم با کاهش بیشتر مشخصه

های رشد، محتوای رنگیزه ای و نسبت پتاسیم به سدیم و تجمع بسیار بالای یون های سدیم و کلر در اندام هوایی مقاوم به شوری محسوب نمی شود. نتایج نشان داد که فلز روی در غلظت بکار گرفته شده نیز موجب محدودیت رشد در رقم مورد مطالعه گندم شد. اعمال توام شوری و فلز روی با توجه به نتایج حاصل از تجمع یون های سدیم و کلر می توان بیان نمود که نه تنها نتوانست اثر سوء تنش شوری را بهبود بخشد، بلکه موجب تشدید تنش در این رقم گندم گردید که این نشانگر آن است که فلزات سنگینی مانند روی صرفاً در غلظت های بسیار پایین توان بهبود اثرات سوء شوری را دارند.

جدول ۱: تجزیه واریانس وزن خشک اندام هوایی، طول ساقه، طول و وزن خشک ریشه، کلروفیل a، کلروفیل b و کاروتنوئیدها تحت تنش شوری و فلز روی در گندم رقم الوند.

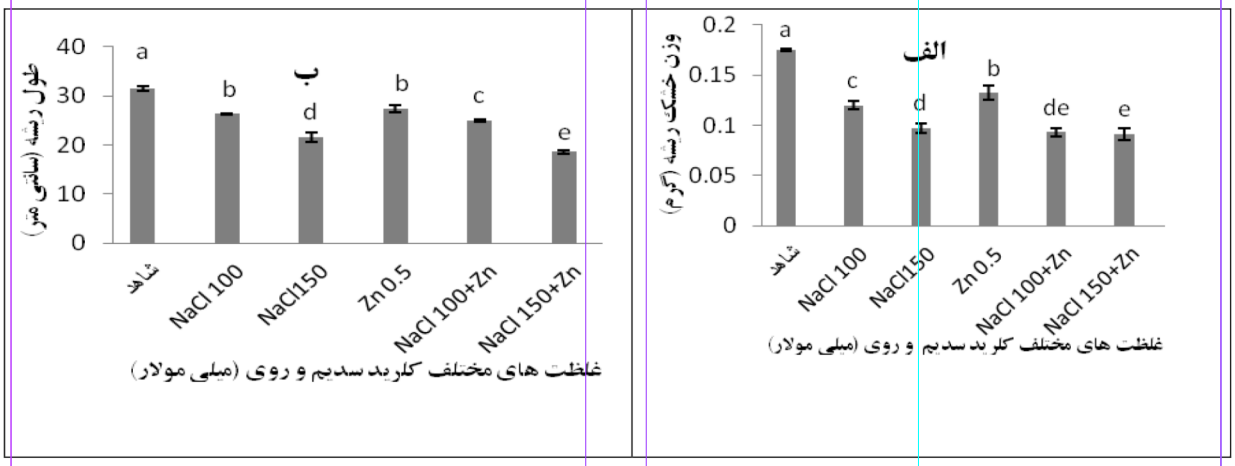
		میانگین مربعات						
منابع تغییرات	درجه آزادی	وزن خشک اندام هوایی	وزن خشک ریشه	طول ساقه	طول ریشه	aکلروفیل	bکلروفیل	کاروتنوئید کل
(a) نمک NaCl	۲	۰/۱۵*	۰/۰۰۴*	۶۸/۲۰۳*	۸۷/۵۶*	۳۳۵/۳۷*	۴۴/۴۹۴*	۲۹/۴۳۹*
(b) کاربرد فلز روی	۱	۰/۰۰۴*	۰/۰۰۰۱*	۲۰/۱۶۷*	۱۲/۵۹*	۷۲/۴۱*	۵/۷۰۱*	۰/۳۳۱*
(a*b)اثر متقابل	۲	۰/۰۰۰۳*	۰/۰۰۰۱۱*	۰/۳۶۳*	۲/۲۳*	۲۴/۴۴۱*	۳/۵۳۳*	۰/۲۳۴*
اشتباه آزمایش	۱۲	۰/۰۰۰۷	۰/۰۰۰۹	۱/۰۹	۰/۰۰۸۴	۱۲/۴۳	۱/۷۱	۰/۳۱۹
٪ ضریب تغییرات		۱۱/۱۰	۸/۸۱	۹/۶۴	۱۰/۱۲	۷/۳۳	۸/۰۶	۱۴/۲۸

* معنی دار در سطح احتمال ۵ درصد.

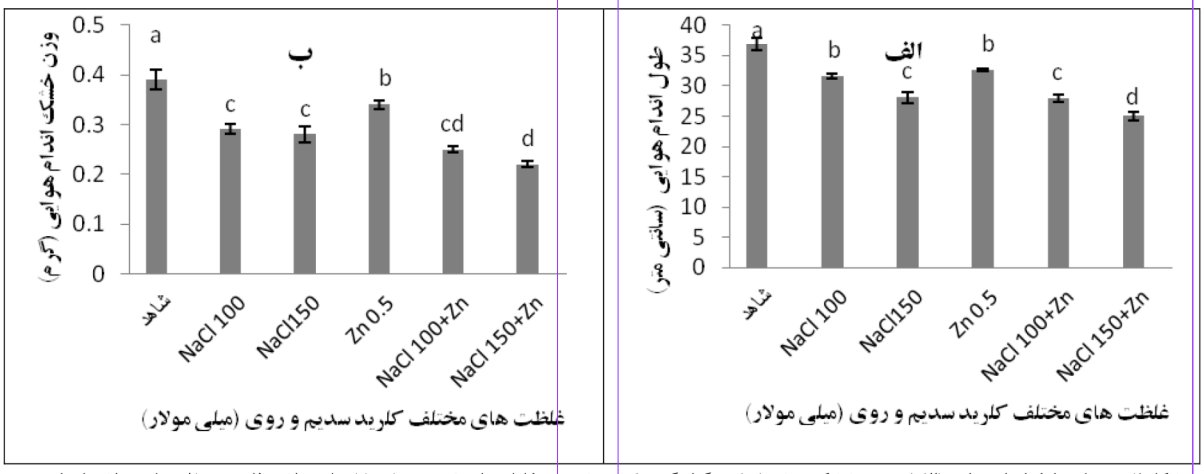
جدول ۲: تجزیه واریانس یون سدیم، پتاسیم، کلر و نسبت پتاسیم به سدیم در اندام هوایی و ریشه تحت تنش شوری و فلز روی در گندم رقم الوند.

		میانگین مربعات							
منابع تغییرات	درجه آزادی	محتوای سدیم اندام هوایی	محتوای سدیم ریشه	محتوای کلر اندام هوایی	محتوای کلر ریشه	محتوای پتاسیم اندام هوایی	محتوای پتاسیم ریشه	نسبت K^+/Na^+ اندام هوایی	نسبت K^+/Na^+ ریشه
NaCl (a)نمک	۲	۵۸۵۹/۸۹*	۴۴۹۳/۸۴*	۴۲۷۳/۴۵*	۴۲۲/۸۵۴*	۲۹۳/۸۱*	۳۷۵/۶۱*	۹۵/۵۸*	۱۰۲/۷۳*
(b)کاربرد فلز روی	۱	۳۵۷/۰۶۸*	۱۷۳/۹۱۱*	۵۶۸/۲۹*	۹۳/۳۲*	۱۲۴/۲۹۳*	۱۲۳/۸۷*	۱۷/۰۵۳*	۲۷/۲۰۸*
(a*b)اثر متقابل	۲	۱۰۸/۰۹۹*	۱۶/۷۳۲*	۳۱۱/۳۰۴*	۱۶/۵۷۴*	۲۲/۳۹*	۱۴/۰۰۵*	۲۲/۳۹۱*	۴۶/۸۸۹*
اشتباه آزمایش	۱۲	۲۶/۶۰۴	۱۵/۸۰۸	۱۴/۳۹	۱/۷۴	۸/۵۱	۱/۶۴	۰/۱۱۲	۰/۷۸۱
٪ ضریب تغییرات		۹/۵۶	۱۳/۲۱	۶/۹۶	۵/۱۸	۴/۸۵	۵/۲۹	۶/۸۴	۵/۹۹

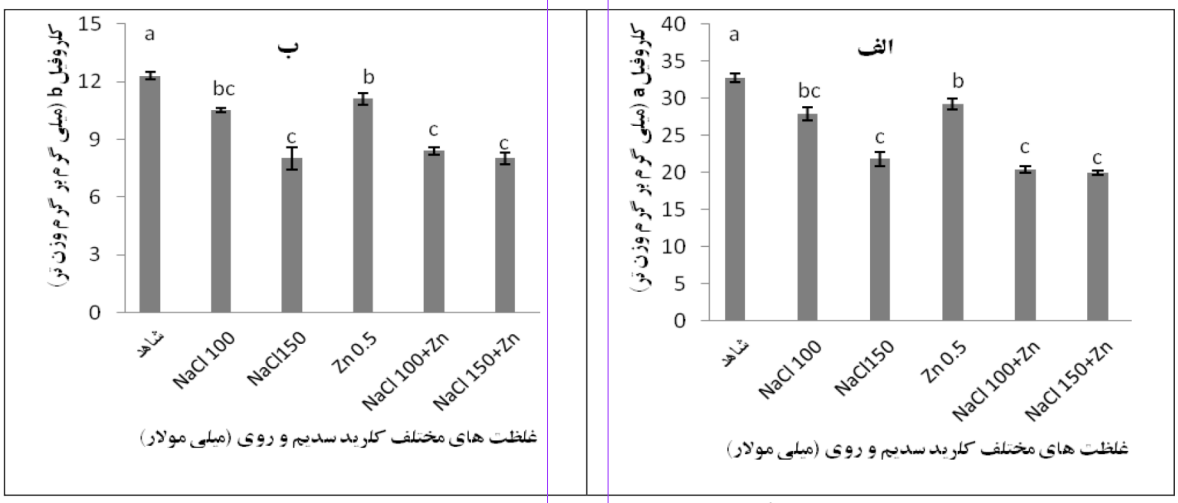
* معنی دار در سطح احتمال ۵ درصد.



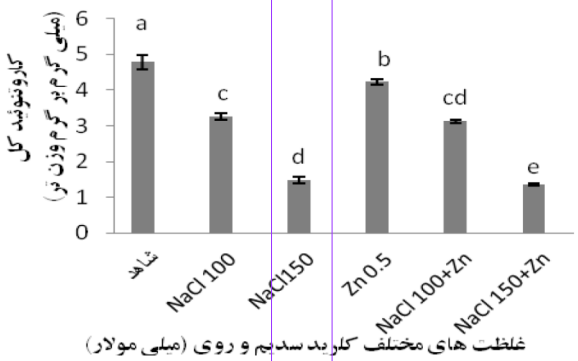
شکل ۱: تغییرات وزن خشک ریشه (الف) و طول ریشه (ب) در گیاه گندم کشت شده در غلظت‌های شوری ۱۰۰ و۱۵۰ میلی‌مولار و فلز روی ۰/۵ میلی مولار. بارهای عمودی نشانگر خطای استاندارد بوده و میزان معنی‌داری تغییرات در گروه تجربی در مقایسه با شاهد در احتمال ۰/۰۵ می باشد. در هر ستون، میانگین‌های دارای حروف متفاوت دارای تفاوت معنی دار بر اساس آزمون دانکن هستند.



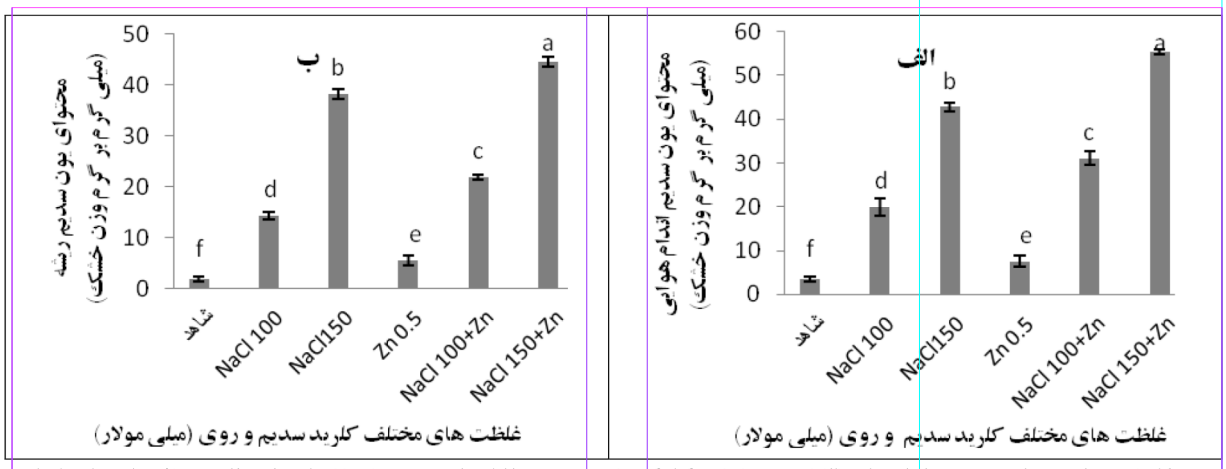
شکل ۲: تغییرات طول اندام هوایی (الف) و وزن خشک ریشه (ب) در گیاه گندم کشت شده در غلظت‌های شوری ۱۰۰ و۱۵۰ میلی‌مولار و فلز روی ۰/۵ میلی مولار. بارهای عمودی نشانگر خطای استاندارد بوده و میزان معنی‌داری تغییرات در گروه تجربی در مقایسه با شاهد در احتمال ۰/۰۵ می باشد. در هر ستون، میانگین‌های دارای حروف متفاوت دارای تفاوت معنی دار بر اساس آزمون دانکن هستند.



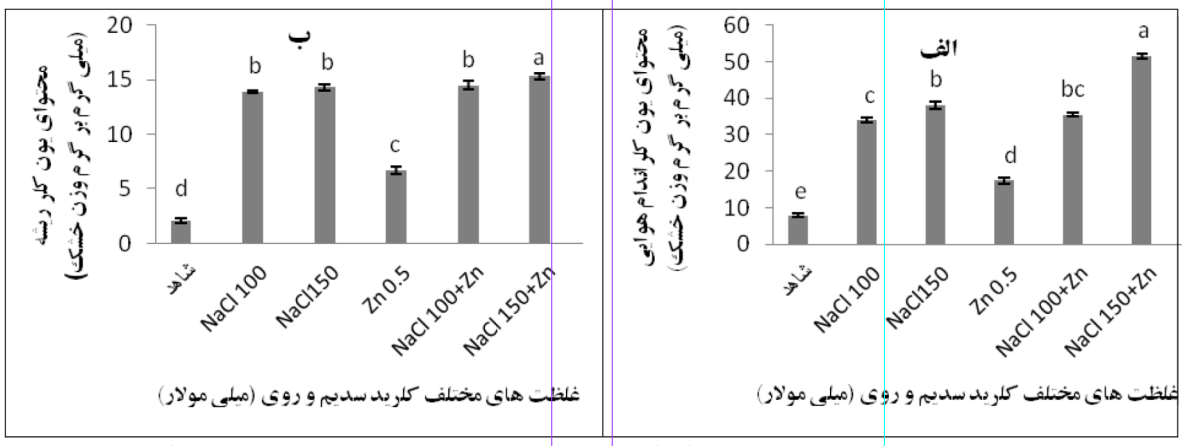
شکل ۳: تغییرات محتوای کلروفیل a (الف) و کلروفیلb (ب) در گیاه گندم کشت شده در غلظت‌های شوری ۱۰۰ و۱۵۰ میلی‌مولار و فلز روی ۰/۵ میلی مولار. بارهای عمودی نشانگر خطای استاندارد بوده و میزان معنی‌داری تغییرات در گروه تجربی در مقایسه با شاهد در احتمال ۰/۰۵ می باشد. در هر ستون، میانگین‌های دارای حروف متفاوت دارای تفاوت معنی دار بر اساس آزمون دانکن هستند.



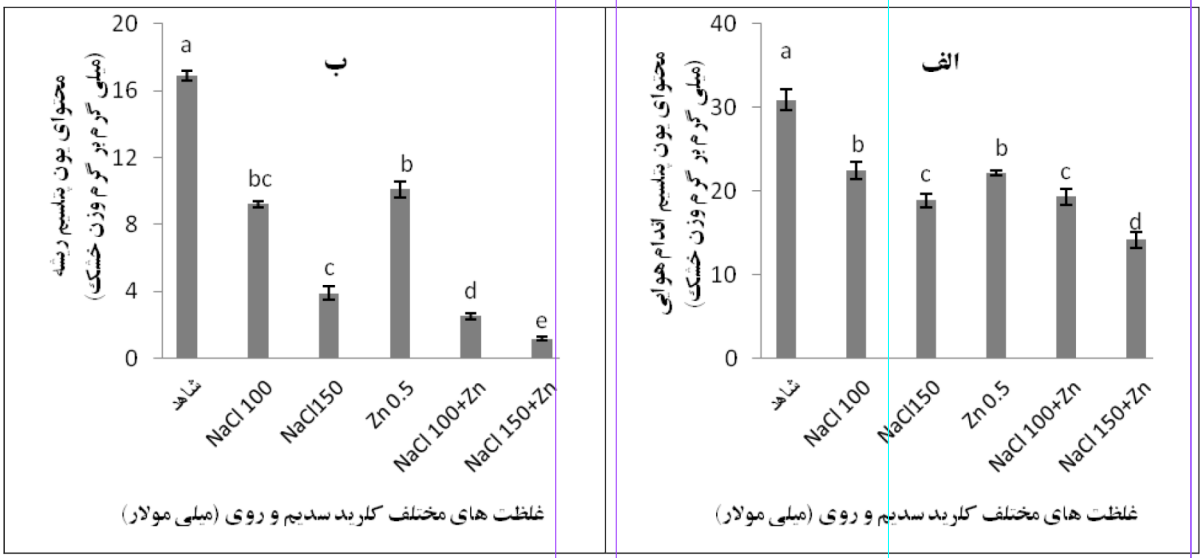
شکل ۴: تغییرات محتوای کاروتنوئید کل در گیاه گندم کشت شده در غلظت‌های شوری ۱۰۰ و۱۵۰ میلی‌مولار و فلز روی ۰/۵ میلی مولار. بارهای عمودی نشانگر خطای استاندارد بوده و میزان معنی‌داری تغییرات در گروه تجربی در مقایسه با شاهد در احتمال ۰/۰۵ می باشد. در هر ستون، میانگین‌های دارای حروف متفاوت دارای تفاوت معنی دار بر اساس آزمون دانکن هستند.



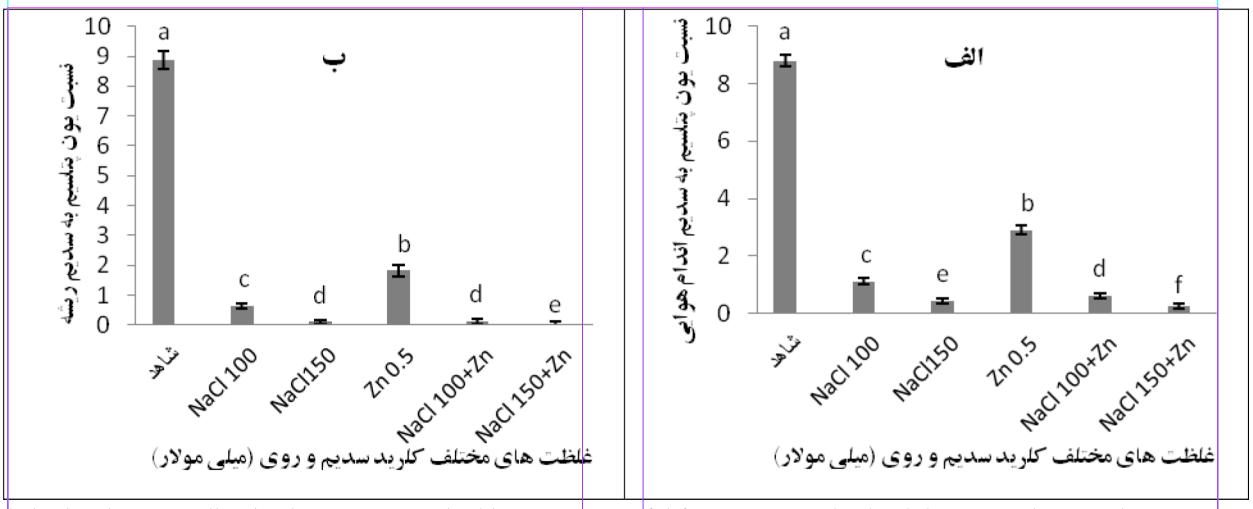
شکل ۵: تغییرات محتوای یون سدیم اندام هوایی (الف) و ریشه (ب) در گیاه گندم کشت شده در غلظت‌های شوری ۱۰۰ و۱۵۰ میلی‌مولار و فلز روی ۰/۵ میلی مولار. بارهای عمودی نشانگر خطای استاندارد بوده و میزان معنی‌داری تغییرات در گروه تجربی در مقایسه با شاهد در احتمال ۰/۰۵ می باشد. در هر ستون، میانگین‌های دارای حروف متفاوت دارای تفاوت معنی دار بر اساس آزمون دانکن هستند.



شکل ۶: تغییرات محتوای یون کلر اندام هوایی (الف) و ریشه (ب) در گیاه گندم کشت شده در غلظت‌های شوری ۱۰۰ و۱۵۰ میلی‌مولار و فلز روی ۰/۵ میلی مولار. بارهای عمودی نشانگر خطای استاندارد بوده و میزان معنی‌داری تغییرات در گروه تجربی در مقایسه با شاهد در احتمال ۰/۰۵ می باشد. در هر ستون، میانگین‌های دارای حروف متفاوت دارای تفاوت معنی دار بر اساس آزمون دانکن هستند.



شکل۷: تغییرات محتوای یون پتاسیم اندام هوایی (الف) و ریشه (ب) در گیاه گندم کشت شده در غلظت‌های شوری ۱۰۰ و۱۵۰ میلی‌مولار و فلز روی ۰/۵ میلی مولار. بارهای عمودی نشانگر خطای استاندارد بوده و میزان معنی‌داری تغییرات در گروه تجربی در مقایسه با شاهد در احتمال ۰/۰۵ می باشد. در هر ستون، میانگین‌های دارای حروف متفاوت دارای تفاوت معنی دار بر اساس آزمون دانکن هستند.



شکل ۸: تغییرات نسبت پتاسیم به سدیم اندام هوایی (الف) و ریشه (ب) در گیاه گندم کشت شده در غلظت‌های شوری ۱۰۰ و۱۵۰ میلی‌مولار و فلز روی ۰/۵ میلی مولار. بارهای عمودی نشانگر انحراف استاندارد (SE $\pm$) بوده و میزان معنی‌داری تغییرات در گروه تجربی در مقایسه با شاهد در احتمال ۰/۰۵ می باشد. در هر ستون، میانگین‌های دارای حروف متفاوت دارای تفاوت معنی دار با استفاده از آزمون دانکن هستند.

منابع مورد استفاده

1. Allen, S.K., Dobrenz, A.K. Schonhorst, M.H. and Stoner, J.E. (1985). Heritability of NaCl tolerance in germinating alfalfa seeds. Journal of Agronomy, 77: 90-96.
2. Aravind, P. and Prasad, M.N.V. (2004). Zinc protects chloroplasts and associated photochemical functions in cadmium exposed *Ceratophyllum demersum* L., a freshwater macrophyte. Plant Science, 166: 1321-1327.
3. Ashraf, M. (2004). Some important physiological selection criteria for salt tolerance in plants. *Flora*, 199: 361-376.
4. Bakhshayeshi Geshlagh, M. (2011). **Study of adaptability and grain yield stability of wheat cultivars in cold and moderate-cold climate of Iran.** Journal of Crops Improvement, 13 (2): 92-96.
5. Bandeoglu, E., Eyidogan, F., Yucel, M. and Avni Oktem, H. (2004). Antioxidant responses of shoots and roots of lentil to NaCl-salinity stress. Plant Growth Regulation, 42: 69-77.
6. Broadley, M.R., White, P.J., Hammond, J.P., Zelko, I. and Lux, A. (2007). Zinc in plants. New Phytologist, 173:677–702.
7. Candan, N. and Tarhan, L. (2003). Change in chlorophyll carotenoid contents, antioxidant enzyme activities and lipid peroxidation levels in Zn stressed Mentha pulegium. Plant Biology, 27:21- 30.
8. 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. Journal of Plant Physiology,. 164: 591-600.
9. Dong, Y., Ji, T. and Dong, S. (2007). Stress responses to rapid temperature changes of the juvenile sea cucumber (*Apostichopus aponicas* Selenka). Journal of Ocean University of Chin, 6: 275-280.
10. El-Hendawy, S.E., Hu, Y. and Schmidhalter, U. (2005). Growth, ion content, gas exchange, and water relations of wheat genotypes differing in salt tolerances. Australian Journal of Agricultural Research, 56:123-134.
11. Flowers, T.J. and Flowers, S.A.M. (2005). Why does salinity pose such a difficult problem for plant breeders? Agricultural Water Management, 78: 15-24.
12. Guo, Y., Sun, X.Z., Song, X L., Wang, Q.C. and Chen, S.Y. (2006). Effects of potassium nutrition on growth and leaf physiological characteristics at seedling stage of cotton. Plant Nutrition and Fertilizer Science, 12: 363-368.
13. Hernandez, J.A., Campillo, A., Jimenez, A. and Alarcon, J.J.F. (1999). Responses of antioxidant systems and leaf water relations to NaCl stress in pea plants. New Phytolology, 141: 241-251.
14. Huang, Y.Z., Wei, K., Yang, J., Dai, F. and Zhang, G.P.)۲۰۰۷). Interaction of salinity and cadmium stresses on mineral nutrients, sodium, and cadmium accumulation in four barley genotypes. Journal of Zhejiang University Science, ۴۸۵-۴۷۶ :(۷)8 .
15. Jain, R., Srivastava, S., Solomon, S., Shrivastava, A. K. and Chandra, A. (2010). Impact of excess zinc on growth parameters, cell division, nutrient accumulation, photosynthetic pigments and oxidative stress of sugarcane (*Saccharum* spp.). Acta Physiology Plant, 32: 979–986.
16. Ke Shi-Sheng, W.S., Xiong, Z.T., Chen, S.J. and Chen, J.J. (2007). Effects of copper and mineral nutrition on growth, copper accumulation and mineral element uptake in two *Rumex aponicas* populations from a copper mine and an uncontaminated field sites. Environmental and Experimental Botany, 59: 59-67.
17. Khudsar, T., Mahmooduzzafar, A., Iqbal, M. and Sairam, R. K. (2004). Zinc-induced changes in morpho-physiological and biochemical parameters in *Artemisia.* Annual Biology Plant, 48 (2): 255-260.
18. Kupper, H., Kiipper, F. and Spiller, M. (1996). Environmental relevance of heavy metal substituted chlorophylls using the example of water plants. Journal of Experimental Botany, 47: 259-266.
19. Lichtenthaler, H.K. and Wellburn, A.R. (1985). Deter-

mination of total carotenoids and chlorophylls a and b of leaf in different solvents. Biochemical Society Transactions, 11591-11592.
20. Malea, P., Kevrekidis, T. and Haritonidis, S. (1995). The short term uptake of zinc and cell mortality of the sea grass *Halophylla stipulecea*. Plant Science, 43: 21-30.
21. Mane, A.V., Karadge, B.A. and Samant, J.S. (2010). Salinity induced changes in photosynthetic pigments and polyphenols of *Cymbopogon Nardus* (L.) Rendle. Journal of Chemical and Pharmaceutical Research, 2: 338-347.
22. Munns, R.M., James, R.A. and Lauchli, A. (2006). Approaches to increasing the salt tolerance of wheat and other cereals. Journal of Experimental Botany, 57, 1025– 1043.
23. Noreen, Z. and Ashraf, M. (2009). Changes in antioxidant enzymes and some key metabolites in some genetically diverse cultivars of radish (*Raphanus sativus* L.). Environmental and Experimental Botany, 67(2): 395-402.
24. Porra, R.J., Thompson, A. and Friedelman P.E. (1989). Determination of accurate extraction and simultaneously equation for assaying chlorophyll a and b extracted with different solvents: verification of the concentration of chlorophyll standards by atomic absorption spectroscopy. Biochimica et Biophysica Acta, 975: 384-394.
25. Rajabi, R., Poustini, K., Jahanipour, P. and Ahmadi, A. (2004). Effect of salinity on yield and some physiological characteristic of 30 wheat (*Triticum aestium* L.) cultivars. Journal of Agriculture Science, 12: 153-163.
26. Redondo-Go´mez, S., Andrades-Moreno, L., Mateos-Naranjo, E., Parra, R., Valera-Burgos, J. and Aroca, R. (2011). Synergic effect of salinity and zinc stress on growth and photosynthetic responses of the cordgrass. *Spartina densiflora*. Journal of Experimental Botany, 1-10.
27. Rosa- Ibarra, M.D.L. and Maiti, R.K. (1995). Biochemical mechanism in glossy sorghum lines for resistance to salinity stress. Journal of Plant physiology, 146: 515-519.
28. Rout, D. and Das, P. (2003). Effect of metal toxicity on plant growth and metabolism. Agronomy and Soil Science, 23: 3-11.
29. Shah, S.T., Zamir, R., Ahmad, J., Ali, H. and Lutfullah, G. (2007). *In vitro* regeneration of plantlets from seedlings explants of guava (*Psidium guajava* L.) cv. Safeda. Pakistan Journal of Botany, 40: 1195-1200.
30. Shilpim, M. and Narendra, T. (2005). Cold, salinity and drought stresses: an overview. Archives Biochemistry Biophysics, 444: 139-158.
31. Stepien, P. and Johnson, G.N. (2009). Contrasting responses of photosynthesis to salt stress in the glycophyta *Arabidopsis* and the halophyte *Thellungiella*: role of the plastid terminal oxidase as an alternative electron sink. Plant physiology, 149: 1154-1165.
32. Tester, M. and Davenport, R. (2003). Na tolerance and Na transport in higher plants. Annales of Botany, 91(5): 503–507.
33. Weisany, W., Sohrabi, Y., Heidari, G., Siosemardeh, A. and Golzani, K.G. (2011). Physiological responses of soybean (Glycine max L.) to zinc application under salinity stress. Australian Journal of Crop Science, 5(11), 1441-1447.
34. Welch, R.M., Webb, M.J. and Lonegaran, J.F. (1982). *Zinc in membrane function and its role in phosphorus toxicity*. In: Proc. 9th International Plant Nutrition. Coll. (ed. A. Scaife), Commonw. Agric. Bur., Farnham Royal. Bucks., *UK*, pp.710-715.
35. Yan-de, J., Zhen-Li, H.E. and Xiao-e, Y. (2007). Role of soil rhizobacteria in phytoremediation of heavy metal contaminated soils. Journal of Zhejiang University Science, 8: 192-207.
36. Zhu, J.K. (2007). Plant salt stress. Encyclopedia of Life Sciences. John Wiley and Suns Ltd, 1-3.
37. Zornoza, P., Vazquez, S., Esteban, E., Fernandez-Pascual, M. and Carpena, R. (2002). Cadmium stress in nodulated white lupin: strategies to avoid toxicity. Plant Physiology and Biochemistry, 40: 103-107.