

تأثیر سلنیم بر وزن خشک، فعالیت آنزیم گلوتاتیون پراکسیداز و غلظت برخی عناصر کم مصرف گندم در شرایط شور

مهری صادقی^۱، امیرحسین خوشگفتارمنش^{*}^۱ و بهاره دانش بخش^۲

به ترتیب^۱ گروه خاکشناسی و^۲ مرکز پژوهشی کشت بدون خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۲/۰۵/۰۶؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۲/۱۰/۰۱)

چکیده:

سلنیم در گروه عناصر مفید برای گیاه قرار دارد اما غلظت‌های زیاد آن سمی بوده و سبب کاهش رشد گیاه می‌شود. اطلاعات کمی درباره تأثیر سلنیم بر شدت خسارت ناشی از شوری در گندم وجود دارد. از این رو پژوهش حاضر با هدف بررسی برهمکنش شوری و سلنیم بر وزن خشک ریشه و شاخساره، فعالیت آنزیم گلوتاتیون پراکسیداز و غلظت و جذب برخی عناصر کم مصرف در ریشه و شاخساره گندم انجام گرفت. در این پژوهش، دو رقم گندم با کارایی مختلف از لحاظ عناصر غذایی کم مصرف (کویر و بک کراس روشن) با چهار سطح سلنیم (۰، ۲۰، ۴۰ و ۱۵۰ میکرومولار) و دو سطح شوری (۰ و ۱۰۰ میلیمولار) تیمار شدند. نتایج نشان داد که اثر کابرد سطوح مختلف سلنیم بر وزن خشک شاخساره گندم به رقم گیاه و سطح شوری بستگی دارد. کاربرد ۲۰ میکرومولار سلنیم سبب افزایش وزن خشک شاخساره گندم بک کراس روشن در شرایط شور شد. در رقم گندم کویر سطح ۴۰ میکرومولار سلنیم عملکرد وزن خشک شاخساره را در شرایط غیرشور افزایش داد. اثر سلنیم بر فعالیت آنزیم گلوتاتیون پراکسیداز بسته به رقم گندم و غلظت سلنیم مصرفی متفاوت بود. به طور کلی مصرف سطوح ۲۰ و ۴۰ میکرومولار سلنیم در شرایط شور باعث افزایش فعالیت آنزیم گلوتاتیون پراکسیداز ریشه در هر دو رقم گندم مورد مطالعه شد. همچنین سطح ۲۰ میکرومولار سلنیم فعالیت آنزیمی شاخساره گیاه را در هر دو رقم گندم در شرایط شور افزایش داد. براساس نتایج پژوهش حاضر، تغذیه سلنیم بر عملکرد گندم به ویژه در شرایط شور، تأثیر مثبتی دارد اما این تأثیر به رقم گیاه و غلظت سلنیم مصرفی بستگی دارد.

کلمات کلیدی: آنزیم آنتی اکسیدانت، تنش غیر زیستی، عناصر غذایی مفید، غلات

مقدمه:

کمتر از ۰/۱ میلی‌گرم در کیلوگرم وزن خشک گیاه می‌باشد. البته غلظت‌های سمی سلنیم (بیش از ۲ میلی‌گرم سلنیم در کیلوگرم) نیز در برخی گیاهان رشد کرده در خاک‌های غنی از این عنصر گزارش شده است (Baker and Pilbeam, 2007).

سلنیم نقش مهمی در ساختار ترکیبات مختلف گیاهی دارد. سلنپروتئین‌های درون سلولی از جمله گلوتاتیون پراکسیدازها، تیوردوکسین ردکتاز و سلنوفسفات سنتتاز، ترکیباتی هستند که سلنیم در آنها وجود دارد. برخی از آنها نقش مهمی به عنوان آنتی اکسیدانت ایفا می‌کنند (Liu et al., 2009).

مهم‌ترین نقش

احتمال سمیت و کمبود سلنیم نیز مانند سایر عناصر، در حیوانات و انسان وجود دارد. حد کمبود و سمیت این عنصر برای دام و انسان بسیار به هم نزدیک است. در شرایط طبیعی، کمبود یا سمیت سلنیم به ندرت در انسان و دام ایجاد می‌شود، اما در شرایط کمبود آن در خاک، احتمال کمبود این عنصر در گیاه، دام و انسان در سطح محدود وجود دارد (Clark et al., 1998).

نتایج مطالعه‌ای نشان می‌دهد که در بیشتر مناطق جهان، غلظت سلنیم در خاک نسبتاً کم بوده و غلظت آن در بیشتر گیاهان

این پژوهش با هدف بررسی تأثیر سلنجی بر عملکرد وزن خشک ریشه و شاخساره و شدت خسارت اکسیداتیو ناشی از تنفس شوری در دو رقم گندم (با کارآیی مختلف از لحاظ عناصر کم مصرف) انجام شد.

مواد و روش‌ها:

این پژوهش به صورت آزمایش فاکتوریل مستقل بر پایه طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار در گلخانه تحقیقاتی مرکز پژوهشی کشت بدون خاک دانشگاه صنعتی اصفهان انجام گرفت. تیمارهای آزمایش شامل چهار سطح مختلف سلنجی (۰، ۲۰، ۴۰ و ۱۵۰ میکرومولار از منبع سلنات سدیم)، دو سطح شوری (۰ و ۱۰۰ میلی مولار کلرید سدیم) و دو رقم گندم با کارآیی مختلف از نظر عناصر کم مصرف (کویر به عنوان رقم ناکاراً و بک کراس Khoshgoftarmanesh *et al.*, 2009; ۰؛ ۲۰، ۴۰ و ۱۵۰ میکرومولار از منبع سلنات سدیم)، دو سطح شوری (۰ و ۱۰۰ میلی مولار کلرید سدیم) و دو رقم گندم با کارآیی مختلف از نظر عناصر کم مصرف (کویر به عنوان رقم ناکاراً و بک کراس Daneshbakhsh *et al.*, 2013) بود. برای تهیه بوته‌های گندم از جعبه کاشت (۷۰×۵۰ سانتی‌متر) حاوی ماسه سترون استفاده شد. ابتدا بذور ارقام مختلف گندم به طور سطحی توسط محلول هیپوکلریت سدیم یک درصد سترون شده و پس از ضدغونی شدن با محلول قارچ کش به صورت ردیفی در ماسه با فواصل یک سانتی‌متری کاشته شدند.

حدود دو هفته بعد از کاشت، بوته‌های گندم از جعبه‌های کاشت به محلول غذایی انتقال داده شدند. ترکیب محلول غذایی مورد استفاده در محیط آبکشت در جدول ۱ ارائه شده است. از غلاظت ۱/۰ میلی‌مولار (MES)-[N-morpholino]-ethanesulfonate برای بافر کردن pH محلول غذایی استفاده شد. در سیستم کاشت، از تشتهای پلی‌اتیلنی با ظرفیت ۸ لیتر به صورت واحدهای مجزای آزمایشی استفاده شد. در هر ظرف نیز ۳ تکرار که هر تکرار شامل ۹ بوته گندم بود در نظر گرفته شد. محلول غذایی تشتهای هر هفته تعویض شد.

یک هفته پس از انتقال بوته‌ها به محلول غذایی سطوح صفر و ۱۰۰ میلی‌مولار کلرید سدیم (بصورت تدریجی در مدت یک هفته) بعنوان تیمار شوری اعمال شد. سطوح مختلف سلنجی نیز طی یک هفته پس از انتقال بوته‌ها از منبع سلنات

زیستی سلنجی در ارتباط با فعالیت آنزیم گلوتاتیون پراکسیداز است. در واقع، سلنجی کوفاکتور آنزیم گلوتاتیون پراکسیداز می‌باشد (Baker and Pilbeam, 2007). این آنزیم سلول را در برابر صدمات ناشی از تنفس اکسیداتیو محافظت می‌کند. تنفس های محیطی مختلف، باعث ایجاد گونه‌های فعال اکسیژن در سلول‌های گیاه می‌شوند. از انواع مختلف این تنفس‌ها می‌توان به تغییرات دمایی، شوک مکانیکی، اشعه فرابنفش (UV)، قرار گرفتن در معرض اوزون، کمبود آب، غلظت زیاد فلزات سنگین (Boscolo *et al.*, 2003) و شوری اشاره کرد. در شرایطی که سلول‌ها تحت تنفس‌های محیطی قرار دارند تولید گونه‌های فعال اکسیژن (ROS) افزایش می‌یابد (Boscolo *et al.*, 2003).

شوری یکی از مهمترین تنفس‌های غیر زیستی در مناطق خشک و نیمه خشک بویژه مناطق مرکزی ایران است. خاک‌های تحت تأثیر شوری، حدود ۷ درصد خاک‌های دنیا را تشکیل می‌دهند (Feng *et al.*, 2002). در ایران نیز، وسعت خاک‌های شور حدود ۴۴/۵ میلیون هکتار است که در حدود ۲۷ درصد کل اراضی کشور را شامل می‌شوند (Banaei, 2000). اثرهای شوری به طور عمده شامل کاهش پتانسیل اسمزی آب در محیط خاک و احتمال وقوع سمیت یون‌های ویژه در گیاهان و جانداران است (Hajrasuliha *et al.*, 1991). شوری خاک باعث انباسته شدن یون‌های Na^+ و Cl^- در گیاه شده و از طریق اثرهای متقابل رقابتی و یا نفوذپذیری انتخابی یون‌ها در غشاء، بر جذب سایر عناصر غذایی اثر گذاشته (Grattan and Grieve, 1992) باعث کاهش رشد گیاه می‌شود. یکی دیگر از اثرهای شوری در گیاه، تولید اسیدهای چرب غیراشباع در غشاء سلولی است که به ساختمان غشاء سلولی صدمه زده و به این ترتیب موجب افزایش نفوذپذیری غشاء سلول‌های ریشه و خروج ترکیبات از ریشه گیاه می‌شود. در مقابل، تعدادی از آنزیم‌های آنتی اکسیدانت از جمله گلوتاتیون پراکسیداز سلول‌های گیاه را در برابر صدمات ناشی از گونه‌های فعال اکسیژن محافظت می‌کند (Maribel and Satoshi, 1998). در این راستا نقش سلنجی به عنوان یک عامل موثر در تولید این آنزیم و در افزایش تحمل گیاه در برابر تنفس‌های اکسیداتیو بسیار مهم و حیاتی است.

جدول ۱- ترکیب محلول غذایی محیط آبکشت برای گیاه گندم

عناصر کم مصرف	عناصر پر مصرف
۰/۱ M ZnSO ₄	۱/۵ mM NH ₄ NO ₃
۱ μM H ₃ BO ₃	۲ mM Ca(NO ₃) ₂
μM MnSO ₄ ۰/۵	۰/۱ mM KCl
μM CuSO ₄ ۰/۲	۱ mM MgSO ₄
μM (NH ₄)Mo ₇ O ₂₄ ۰/۰۲	۰/۸۸ mM K ₂ SO ₄
μM Fe EDTA ۱/۱	۰/۲۵ mM KH ₂ PO ₄
μM NiCl ₂ ۰/۱	
μM HEDTA (N-2-hydroxyethyl-ethylenediamine-N,N',N'-triacetate) ۱۰۰	
mM MES (2-[N-morpholino]-ethanesulfonate) ۱	

تعیین فعالیت آنزیم گلوتاتیون پراکسیداز(GPX): تمام

مراحل استخراج آنزیم گلوتاتیون پراکسیداز در دمای ۴ درجه سلسیوس انجام گرفت. مقدار ۰/۲ گرم از ریشه و شاخصاره تازه گیاه که در زمان برداشت در نیتروژن مایع سائیده شده و در فریزر نگهداری شده بودند، با یک میلی لیتر از بافر فسفات ۱۰۰ میلی مولار و ترایتون ۱ درصد همگن شد و به مدت یک ساعت در یخچال نگهداری شد و پس از آن به مدت ۱۵ دقیقه در دستگاه سانتریفیوژ در دمای ۴ درجه سلسیوس با دور ۱۵۰۰۰ دور در دقیقه قرار داده شد. محلول صاف رویی جهت تعیین فعالیت آنزیم جداسازی شد.

جهت تعیین فعالیت آنزیم گلوتاتیون پراکسیداز با روش نیکل و کانینگهام، ۱۰۰ میکرو لیتر از عصاره آنزیمی با ۳ میلی لیتر بافر قرائت حاوی گایاکول ۲۵ میلی مولار و آب اکسیژنه ۱۰ میلی مولار مخلوط شده و شدت جذب نمونه در طول موج ۴۷۰ نانومتر در این محلول توسط دستگاه طیف‌سنج در زمان صفر و ۷۰ ثانیه اندازه‌گیری شد(Nickel and Cunningham, 1969).

فعالیت آنزیم گلوتاتیون پراکسیداز طبق فرمول زیر محاسبه گردید:

$$A = (\Delta abs \div t) \times c \times v \times (1 \div m) \times 10^6$$

A : فعالیت آنزیم گلوتاتیون پراکسیداز (میکرومول بر دقیقه بر گرم وزن مرطوب)

Δabs : اختلاف شدت جذب نمونه در طول موج ۴۷۰ نانومتر

سدیم به محلول غذایی اضافه شد.

حدود دو ماه پس از انتقال بوتهای به محلول غذایی، گیاهان برداشت شده و با آب مقطر شسته شد. سپس ریشه و شاخصاره هر گیاه از محل طوقه جدا شد و هر کدام به طور جداگانه به پاکت‌های کاغذی منتقل شدند. سپس نمونه‌های گیاهی به مدت ۴۸ ساعت در دمای ۷۰ درجه سلسیوس در خشک‌کن تهويه‌دار خشک شدند. پس از آن وزن خشک ریشه و شاخصاره هر تیمار اندازه‌گیری شد. نمونه‌های خشک شده برای انجام آزمایش‌های مورد نظر، آسیاب شده و در ظروف پلاستیکی نگهداری شدند.

اندازه گیری غلظت و جذب آهن و روی: برای هضم نمونه‌های گیاهی، ۰/۵ گرم از بافت گیاهی پودر شده (ریشه و شاخصاره) به مدت ۱۲ ساعت در ۵ میلی لیتر اسیدنیتریک ۱۴ نرمال و ۱۰ میلی لیتر آب اکسیژنه ۳۰٪ حجمی قرار داده شد و پس از حرارت دادن به مدت دو ساعت در دمای ۱۲۰ درجه سلسیوس، محلول هضم شده از کاغذ صافی و اتمن شماره ۴۲ عبور داده شد و با آب مقطر به حجم ۵۰ میلی لیتر رسانده شد(Mengel and Kirkby, 1987). غلظت روی و آهن در عصاره‌های ریشه و شاخصاره توسط دستگاه جذب اتمی (پرکین المر مدل ۳۰۳۰) اندازه‌گیری شد و مقدار کل (جذب) آهن و روی شاخصاره از حاصل ضرب غلظت در وزن خشک شاخصاره محاسبه گردید.

عملکرد وزن خشک شاخصاره هر دو رقم گندم کویر و بک کراس روش روند مشابهی داشت، به گونه‌ای که بالاترین عملکرد در سطوح صفر و ۲۰ میکرومولار سلنیم و کمترین عملکرد در سطوح ۴۰ و ۱۵۰ میکرومولار سلنیم مشاهده شد. به طور کلی تأثیر سلنیم بر رشد ریشه در مقایسه با شاخصاره کمتر بود.

فعالیت آنزیم گلوتاتیون پراکسیداز (GPX) در ریشه: در هر دو رقم گندم، در شرایط غیرشور بیشترین فعالیت آنزیم گلوتاتیون پراکسیداز ریشه در سطوح صفر و ۱۵۰ میکرومولار سلنیم، و کمترین فعالیت آنزیم گلوتاتیون پراکسیداز ریشه در سطوح ۲۰ و ۴۰ میکرومولار سلنیم مشاهده شد (شکل ۲). این روند در شرایط شور متفاوت بود به طوری که با افزایش غلظت سلنیم محلول غذایی از صفر به ۴۰ میکرومولار، فعالیت آنزیم افزایش یافت و پس از آن در سطح ۱۵۰ میکرومولار سلنیم، فعالیت آنزیم کاهش یافت.

فعالیت آنزیم گلوتاتیون پراکسیداز (GPX) در شاخصاره: به طور کلی در هر دو رقم گندم، بیشترین فعالیت آنزیم گلوتاتیون پراکسیداز در تیمار شور مشاهده شد (شکل ۲). در رقم کویر در هر دو تیمار شوری، بیشترین فعالیت آنزیم گلوتاتیون پراکسیداز شاخصاره با افزودن ۲۰ میکرومولار سلنیم به محلول غذایی مشاهده شد (شکل ۲). در رقم بک کراس روش در شرایط غیرشور بیشترین فعالیت آنزیم گلوتاتیون پراکسیداز شاخصاره در تیمار ۴۰ و ۱۵۰ میکرومولار سلنیم بود، ولی در شرایط شور بیشترین فعالیت آنزیم در سطح ۲۰ میکرومولار سلنیم مشاهده شد.

غلظت آهن ریشه: در رقم کویر، غلظت آهن ریشه در تیمار ۱۵۰ میکرو مولار سلنیم و ۱۰۰ میلی مولار شوری به طور معنی‌داری بیشتر از سایر تیمارها بود (جدول ۲). در این رقم گندم غلظت آهن ریشه در شرایط شور، در تمامی سطوح سلنیم به طور معنی‌داری بیشتر از تیمار بدون سلنیم بود. در شرایط غیر شور در این رقم گندم، بیشترین غلظت آهن در سطح ۲۰ میکرومولار سلنیم مشاهده شد. در رقم گندم بک کراس روش، با افزایش غلظت سلنیم در تیمار غیر شور

در زمان‌های صفر و ۷۰ ثانیه

t: زمان قرائت جذب دوم بر حسب دقیقه

c: ضریب تصحیح آنزیم گلوتاتیون پراکسیداز ($26/6 \times 10000$)

v: حجم کوئت بر حسب لیتر

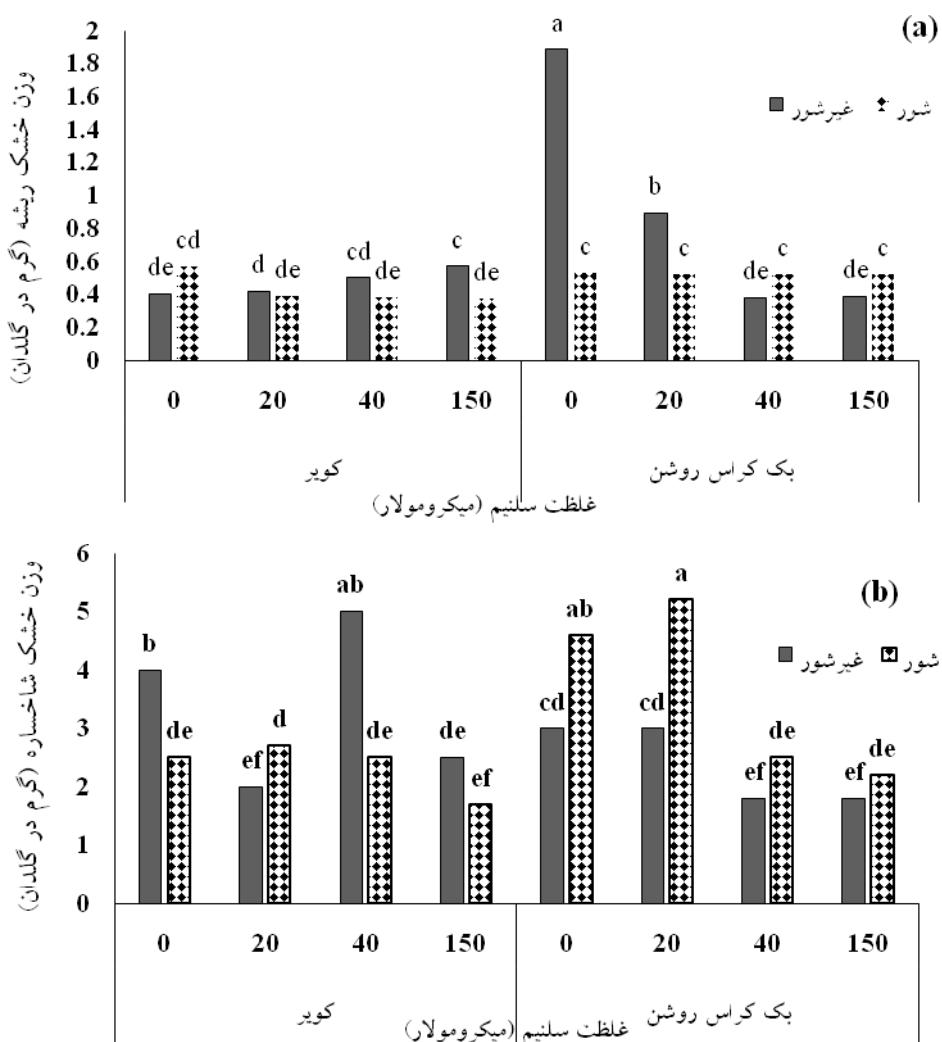
m: وزن ریشه بر حسب گرم.

تجزیه آماری نتایج حاصل شده با استفاده از نرم افزار Microsoft SAS (SAS, 1988) و رسم شکل‌ها با office Excel 2007 انجام شد.

نتایج:

وزن خشک ریشه: تأثیر سلنیم بر وزن خشک ریشه بسته به رقم گندم، تیمار شوری و سطح سلنیم مصرفی متفاوت بود (شکل ۱). در رقم کویر تأثیر سلنیم بر عملکرد وزن خشک ریشه در شرایط شور و غیرشور متفاوت بود، به گونه‌ای که در شرایط غیر شور با افزایش غلظت سلنیم محلول غذایی، عملکرد وزن خشک ریشه افزایش یافت در حالی که در شرایط شور کاربرد سلنیم، سبب کاهش عملکرد وزن خشک ریشه شد. در رقم بک کراس روش در شرایط شور تفاوت معنی‌داری بین سطوح سلنیم از نظر عملکرد وزن خشک ریشه مشاهده نشد. در شرایط غیرشور، برخلاف رقم کویر، عملکرد وزن خشک ریشه در سطوح صفر و ۲۰ میکرومولار به طور معنی‌داری بیشتر از سطوح ۴۰ و ۱۵۰ میکرومولار سلنیم بود.

عملکرد وزن خشک شاخصاره: تأثیر سلنیم بر عملکرد شاخصاره بسته به رقم گندم و تیمار شوری متفاوت بود (شکل ۱). در رقم گندم کویر، بیشترین عملکرد وزن خشک شاخصاره در شرایط غیر شور و مربوط به سطح ۴۰ میکرومولار سلنیم بود، در حالی که در شرایط شور سطح ۱۵۰ میکرومولار سلنیم کمترین وزن خشک شاخصاره را داشت. در رقم بک کراس روش در هر دو سطح شوری، عملکرد وزن خشک شاخصاره در سطوح صفر و ۲۰ میکرومولار سلنیم نسبت به سایر سطوح سلنیم مصرفی (۴۰ و ۱۵۰ میکرو مولار) بیشتر بود. در شرایط شور تأثیر کاربرد مختلف سطوح مختلف سلنیم بر

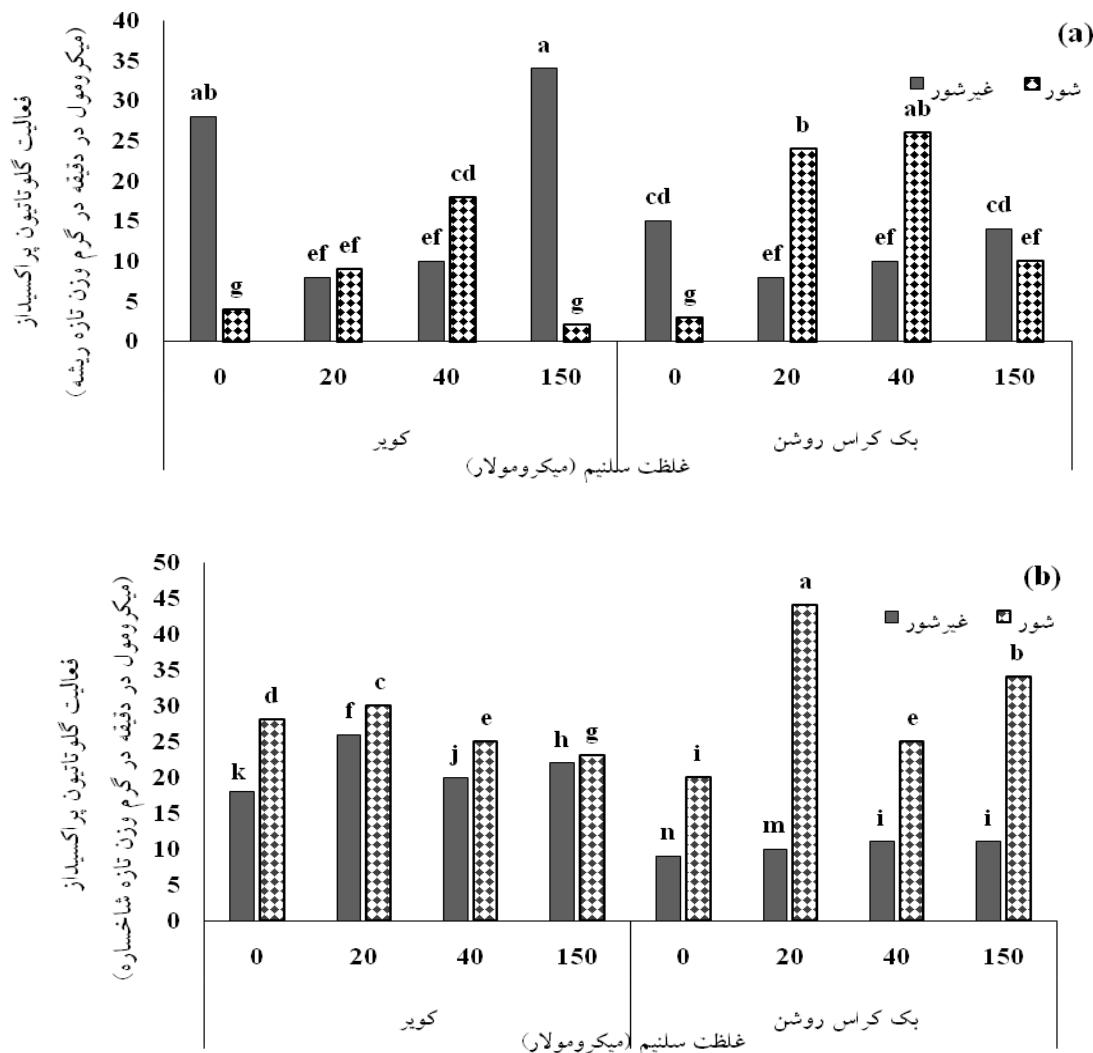


شکل ۱- برهمکنش شوری و سلنیم بر عملکرد وزن خشک ریشه و شاخصاره دو رقم گندم مورد مطالعه (گرم در گلدان) سلنیم (Se) در غلفت‌های به ترتیب ۰، ۲۰، ۴۰، و ۱۵۰ میکرو مولار از منبع سلنات سدیم و شوری (S) در دو سطح صفر و ۱۰۰ میلی مولار از منبع کلرید سدیم بکار گرفته شد. وجود حروف مشابه نشان‌دهنده عدم وجود تفاوت معنی‌دار می‌باشد ($P < 0.05$ ، LSD).

جدول ۲- تأثیر شوری و سلنیم بر غلفت آهن ریشه دو رقم گندم مورد مطالعه

میانگین	سلنیم (μM)			شوری (mM)	رقم گیاهی
	شوری	رقم گیاهی	میانگین		
۱۰۰	.	.	۱۵۰	۴۰	۲۰
۱۹/۸۳ ^A	۱۵/۴۱ ^B	۲۰/۰۷ ^A	۱۳/۳۲ ^h	۱۴/۱۹ ^h	۲۳/۸۵ ^b
			۳۱/۳۷ ^a	۲۲/۵۵ ^c	۲۴/۳۲ ^b
			۲۱/۱۶ ^d	۱۵/۸۰ ^g	۱۰/۳۷ ^j
			۱۹/۳۴ ^e	۲۱/۴۷ ^d	۱۱/۸۵ ⁱ
			۲۱/۳۰ ^A	۱۸/۵۰ ^B	۱۷/۵۹ ^C
				۱۳/۰۷ ^D	۱۳/۰۷ ^D
میانگین					

حروف کوچک برای مقایسه اثر متقابل سه گانه و حروف بزرگ برای مقایسه اثر اصلی رقم، سلنیم و شوری استفاده شده است. وجود حروف مشابه نشان‌دهنده عدم وجود تفاوت معنی‌دار می‌باشد ($P < 0.05$ ، LSD).



شکل ۲- برهمکنش شوری و سلنیم بر فعالیت آنزیم گلوتاتیون پراکسیداز ریشه و شاخصاره دو رقم گندم مورد مطالعه (میکرومول در دقیقه در گرم وزن تازه ریشه) (میکرومول در دقیقه در گرم وزن تازه شاخصاره) (Se) در غلاظت‌های به ترتیب ۰، ۲۰، ۴۰ و ۱۵۰ میکرومول از منبع سلنات سدیم و شوری (S) در دو سطح صفر و ۱۰۰ میلی‌مول از منبع کلرید سدیم بکار گرفته شد. وجود حروف مشابه نشان‌دهنده عدم وجود تفاوت معنی دار می‌باشد ($P > 0.05$).

سلنیم بود، در حالی که در این رقم گندم در شرایط شور، غلاظت آهن شاخصاره در سطوح ۲۰ و ۱۵۰ میکرومولار سلنیم به طور معنی داری نسبت به تیمار بدون سلنیم افزایش یافت.

غلاظت روی ریشه: غلاظت روی ریشه در رقم بک‌کراس روشن به طور معنی داری بیشتر از کویر بود (جدول ۴). در هر دو رقم گندم مورد مطالعه در شرایط شور، با افزایش غلاظت سلنیم محلول غذایی غلاظت روی ریشه کاهش یافت به طوری که بیشترین غلاظت روی ریشه مربوط به تیمار بدون سلنیم بود. در رقم گندم کویر در شرایط غیر شور بالاترین غلاظت روی ریشه در محلول غذایی بدون سلنیم مشاهده شد و با افزایش غلاظت سلنیم

غلاظت آهن ریشه افزایش یافت ولی در تیمار شور، فقط در سطوح ۴۰ و ۱۵۰ میکرومولار سلنیم غلاظت آهن ریشه نسبت به تیمار بدون سلنیم افزایش معنی دار نشان داد.

غلاظت آهن شاخصاره: در رقم گندم کویر بین غلاظت آهن شاخصاره در سطوح مختلف سلنیم در تیمار غیرشور اختلاف معنی داری مشاهده نشد، در حالی که در تیمار شور، غلاظت آهن شاخصاره در سطح ۴۰ میکرومولار سلنیم به طور معنی داری بیشتر از تیمار بدون سلنیم بود (جدول ۳). در رقم گندم بک‌کراس روشن، در تیمار غیر شور، غلاظت آهن شاخصاره در تیمار بدون سلنیم به طور معنی داری بیشتر از سایر سطوح

جدول ۳- تأثیر شوری و سلنیم بر غلظت آهن در شاخصاره دو رقم گندم مورد مطالعه

میانگین		سلنیم (μM)				شوری (mM)		رقم گیاهی
شوری (mM)	رقم گیاهی	۱۵۰	۴۰	۲۰	۰	شوری (mM)	شوری (mM)	
۱/۳۳ ^B	۱/۶۱ ^A	۰/۸۵ ^{f,g}	۰/۹۳ ^{e,f,g}	۰/۹۳ ^{e,f,g}	۰/۷۲ ^g	۰	کویر	گندم بک کراس
		۱/۱۵ ^{d,e,f,g}	۱/۴۵ ^{c,d,e,f}	۰/۹۷ ^{e,f,g}	۰/۸۱ ^g	۱۰۰		
	۱/۹۶ ^A	۲/۳۸ ^b	۱/۶۸ ^{c,d}	۱/۹۸ ^{b,c}	۳/۴۰ ^a	۰		
		۱/۹۱ ^{b,c}	۱/۵۲ ^{c,d,e}	۱/۸۱ ^{b,c}	۱/۰۲ ^{e,f,g}	۱۰۰		
میانگین		۱/۵۷ ^A	۱/۳۹ ^A	۱/۴۲ ^A	۱/۴۸ ^A	میانگین		

حروف کوچک برای مقایسه اثر متقابل سه گانه و حروف بزرگ برای مقایسه اثر اصلی رقم، سلنیم و شوری استفاده شده است.
وجود حروف مشابه نشان دهنده عدم وجود تفاوت معنی دار می باشد ($LSD, P < 0.05$).

جدول ۴- تأثیر شوری و سلنیم بر غلظت روی ریشه دو رقم گندم مورد مطالعه

میانگین		سلنیم (μM)				شوری (mM)		رقم
شوری (mM)	رقم	۱۵۰	۴۰	۲۰	۰	شوری (mM)	شوری (mM)	
۰/۲۸ ^B	۰/۵۹ ^A	۰/۲۹ ^{f,g,h}	۰/۲۹ ^{g,h}	۰/۳۰ ^{f,g,h}	۰/۳۷ ^d	۰	کویر	گندم بک کراس
		۰/۲۴ ^{I,j}	۰/۲۸ ^h	۰/۳۲ ^{f,g}	۰/۳۶ ^{d,e}	۱۰۰		
	۰/۵۷ ^A	۰/۸۴ ^b	۱/۱۲ ^a	۰/۰۷۴ ^c	۰/۷۶ ^c	۰		
		۰/۲۳ ^J	۰/۲۳ ^{i,j}	۰/۲۷ ^{hi}	۰/۳۳ ^{e,f}	۱۰۰		
میانگین		۰/۴۰ ^C	۰/۴۸ ^A	۰/۴۱ ^C	۰/۴۵ ^B	میانگین		

حروف کوچک برای مقایسه اثر متقابل سه گانه و حروف بزرگ برای مقایسه اثر اصلی رقم، سلنیم و شوری استفاده شده است.
وجود حروف مشابه نشان دهنده عدم وجود تفاوت معنی دار می باشد ($LSD, P < 0.05$).

جذب آهن ریشه در شرایط غیر شور در تیمار بدون سلنیم و در شرایط شور در غلظت ۴۰ میکرومولار سلنیم مشاهده شد (شکل ۳). در رقم گندم کویر در شرایط غیر شور، مقدار جذب آهن ریشه در سطح ۲۰ میکرومولار سلنیم، و در شرایط شور، در سطح ۱۵۰ میکرومولار سلنیم به طور معنی داری بیشتر از سایر سطوح سلنیم بودند.

جذب آهن شاخصاره: مقدار جذب آهن شاخصاره در رقم بک کراس روشن بیشتر از رقم کویر بود (شکل ۳). در رقم گندم کویر، در هر دو سطح ۴۰ میکرومولار سلنیم بیشتر از سایر سطوح سلنیم بود و لی این افزایش معنی دار نبود. در رقم بک کراس روشن تأثیر

در محلول غذایی، غلظت روی ریشه کاهش یافت. در رقم بک کراس روشن غلظت روی ریشه در شرایط غیر شور در سطح ۴۰ میکرومولار به طور معنی داری بیشتر از سایر سطوح سلنیم بود.

غلظت روی شاخصاره: در رقم گندم کویر، کاربرد سطوح مختلف سلنیم در محلول غذایی اثر معنی داری بر غلظت روی شاخصاره نداشتند (جدول ۵). در رقم بک کراس روشن در هر دو سطح شوری، غلظت روی شاخصاره در تیمار بدون سلنیم به طور معنی داری بیشتر از سایر سطوح سلنیم بود. در این رقم در هر دو سطح شوری، با افزایش غلظت سلنیم محلول غذایی، غلظت روی شاخصاره افزایش یافت ولی این افزایش معنی دار نبود.

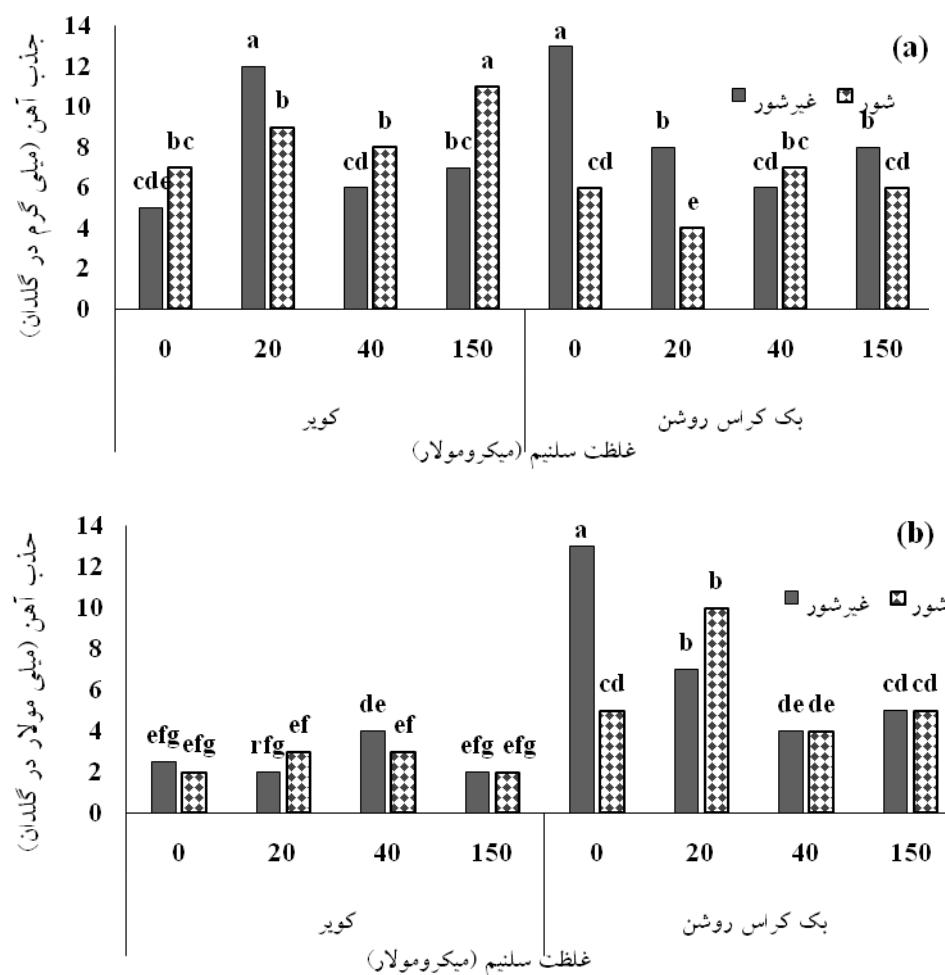
جذب آهن ریشه: در رقم گندم بک کراس روشن، بیشترین

جدول ۵- تأثیر شوری و سلنیم بر غلظت روی شاخصاره دو رقم گندم مورد مطالعه

میانگین		رقمهای گیاهی	سلنیم (μM)			شوری (mM)	رقم گیاهی
شوری (mM)	شوری (mM)		۱۰۰	۴۰	۲۰		
۰/۱۶ ^B	۰/۴۴ ^A	۰/۱۴ ^B	۰/۱۸ ^{cd}	۰/۱۳ ^d	۰/۱۴ ^d	۰/۱۴ ^d	کویر
		۰/۱۵ ^d	۰/۱۲ ^d	۰/۱۳ ^d	۰/۱۳ ^d	۰/۱۳ ^d	گندم
	۰/۴۵ ^A	۰/۶۶ ^b	۰/۶۲۶ ^b	۰/۶۱۶ ^b	۱/۰۲ ^a	۰/۱۰ ^a	بک کراس
		۰/۱۶ ^d	۰/۱۵ ^d	۰/۱۵ ^d	۰/۲۵ ^c	۰/۲۵ ^c	۱۰۰
۰/۲۹ ^B		۰/۲۵ ^B	۰/۲۶ ^B	۰/۲۶ ^B	۰/۳۸ ^A	میانگین	

حروف کوچک برای مقایسه اثر متقابل سه گانه و حروف بزرگ برای مقایسه اثر اصلی رقم، سلنیم و شوری استفاده شده است.

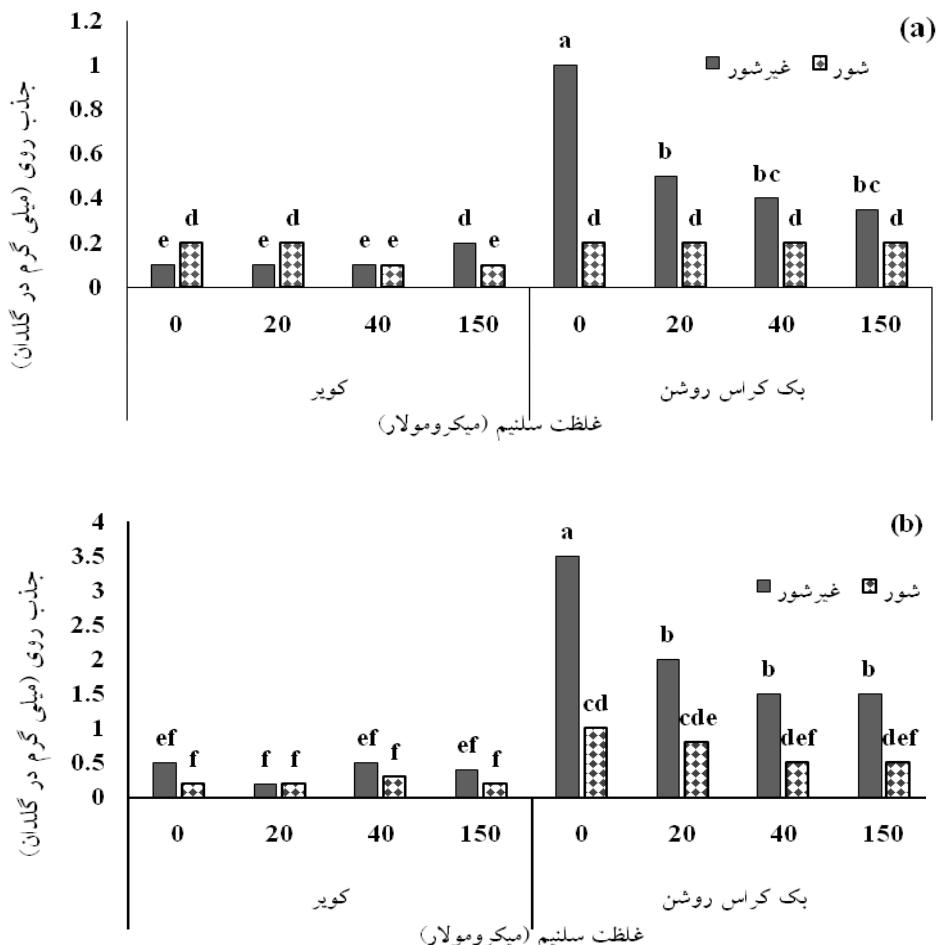
وجود حروف مشابه نشان‌دهنده عدم وجود تفاوت معنی‌دار می‌باشد ($P < 0.05$ ، LSD).



شکل ۳- برهمنکش رقم، شوری و سلنیم بر جذب آهن ریشه و شاخصاره دو رقم گندم مورد مطالعه (میلی گرم در گلدان). سلنیم (Se) در غلظت‌های به ترتیب ۰، ۲۰، ۴۰ و ۱۵۰ میکرو مولار از منع سلنات سدیم و شوری (S) در دو سطح صفر و ۱۰۰ میلی مولار از منع کلرید سدیم بکار گرفته شد. وجود حروف مشابه نشان‌دهنده عدم وجود تفاوت معنی‌دار می‌باشد (LSD ، $P < 0.05$).

کاربرد سلنیم بر جذب آهن شاخصاره، در شرایط شور و غیر شور متفاوت بود به گونه‌ای که در شرایط غیر شور تیمار بدون

غیر



شکل ۴- برهه‌گش رقم، شوری و سلنیم بر جذب روی ریشه و شاخصاره دو رقم گندم مورد مطالعه (میلی گرم در گلدان). سلنیم (Se) در غلظت‌های به ترتیب ۰، ۲۰، ۴۰ و ۱۵۰ میکرومولار از منبع سلنات سدیم و شوری (S) در دو سطح صفر و ۱۰۰ میلی‌مولار از منبع کلرید سدیم بکار گرفته شد. وجود حروف مشابه نشان‌دهنده عدم وجود تفاوت معنی‌داری باشد ($P > 0.05$).

کمترین جذب روی در سطح ۱۵۰ میکرومولار سلنیم بود.

جذب روی شاخصاره: در رقم گندم بک کراس روشن، در هر دو سطح شوری، بیشترین جذب روی شاخصاره مربوط به تیمار بدون سلنیم بود و با افزایش غلظت سلنیم محلول غذایی جذب روی شاخصاره کاهش یافت. در رقم گندم کویر، بین سطوح مختلف سلنیم در دو سطح شوری تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد (شکل ۴).

بحث:

بطور کلی کاربرد سلنیم تا غلظت ۲۰ میکرومولار اثر مثبت بر رشد گندم داشت اما با افزایش غلظت سلنیم محلول غذایی از ۲۰ تا ۱۵۰ میکرومولار، عملکرد وزن خشک شاخصاره کاهش

سلنیم به طور معنی‌داری بیشترین جذب آهن را داشت، در حالی که در شرایط شور بیشترین جذب آهن شاخصاره مربوط به سطح ۲۰ میکرومولار سلنیم بود.

جذب روی ریشه: بیشترین جذب روی ریشه رقم بک کراس روشن در شرایط غیر شور مربوط به تیمار بدون سلنیم بود و با افزایش غلظت سلنیم تا ۱۵۰ میکرومولار، جذب روی ریشه به طور معنی‌داری کاهش یافت (شکل ۴). در این رقم گندم، در شرایط شور، جذب روی ریشه در تیمار بدون سلنیم به طور معنی‌داری بیشتر از سطوح ۴۰ و ۱۵۰ میکرومولار سلنیم بود. در رقم گندم کویر در شرایط غیر شور، تفاوت معنی‌داری بین سطوح مختلف سلنیم مشاهده نشد در حالی که در شرایط شور بیشترین جذب روی ریشه در محلول بدون سلنیم و

فعالیت پراکسیدازی در شرایط تنش افزایش می‌یابد و Satyendra و همکاران (۱۹۹۹) نیز گزارش کردند بین فعالیت آنزیم‌های پراکسیداز و افزایش تنش شوری همبستگی مثبت وجود دارد. بر اساس نتایج بدست آمده از مطالعه رحمنی و همکاران (۱۳۸۱)، فعالیت آنزیم‌های پراکسیداز در ارقام متحمل گندم در شوری ۱۰۰ و ۱۵۰ میلی‌مولار کلرید سدیم نسبت به شاهد افزایش یافت. به طور کلی مطالعات حاکی از آن است که گیاهان متحمل به شوری ظرفیت آنتی اکسیدانتی بالاتری دارند و محتوای آنتی اکسیدانت خود را در شرایط تنش (مثل شوری) افزایش می‌دهند در حالی که گیاهان حساس به شوری قادر به انجام چنین عملی نیستند (Yazici *et al.*, 2007).

حقیقان دیگر نیز در مطالعات خود نشان دادند که فعالیت آنزیم‌های پراکسیداز در شرایط تنش شوری در گیاهان نخود و پنبه افزایش یافت (Gossett *et al.*, 1996).

در هر دو رقم گندم فعالیت آنزیم گلوتاتیون پراکسیداز شاخصاره در شرایط شور در سطح ۲۰ میکرومولار سلینیم بیشتر از سایر سطوح سلینیم مصرفی بود. این نتایج نشان دهنده تأثیر مثبت غلظت ۲۰ میکرومولار سلینیم در افزایش فعالیت آنتی اکسیدانتی هر دو رقم گندم در شرایط شور دارد، که این امر می‌تواند موجب افزایش مکانیسم دفاعی و تحمل گیاه به تنش اکسیداتیو ناشی از شوری و کاهش خسارات شود. در همین ارتباط، نتایج سایر محققان نیز نشان می‌دهد تأثیر سلینیم بر فعالیت آنتی اکسیدانتی گیاه بسته به غلظت عنصر متفاوت بوده به طوری که در غلظت‌های کم سلینیم، تأثیر آن بر فعالیت آنتی اکسیدانتی گیاه مثبت ولی در غلظت‌های زیاد، اثر آن منفی است (Hartikainen *et al.*, 2000).

غلظت عناصر آهن، روی در ریشه بیشتر از شاخصاره بود. قابلیت دسترسی یون‌های فلزی در بخش‌های مختلف گیاه متفاوت است. معمولاً غلظت فلزات در ریشه بیشتر از سایر بخش‌ها است. در واقع ریشه بعنوان یک حامل برای جذب و انتقال فلزات عمل می‌کند (Vassilev *et al.*, 1998). انتشار گیاه بیشتر عناصر کم‌صرف در ریشه نسبت به شاخصاره در سورگوم (Abo-Kassem *et al.*, 1997; Pettersson, 1976)، در

معنی‌داری نشان داد. در همین ارتباط، نشان داده شده است که غلظت‌های بالاتر از ۴۰ میکرومولار سلینیم از منع سلنتیت سدیم رشد ریشه و شاخصاره گیاه گندم را کاهش داد اگرچه به نظر می‌رسد ریشه حساسیت کمتری به غلظت‌های بالاتر سلینیم نسبت به شاخصاره دارد (Hurd-Karreir, 1937). در رقم گندم بک کراس روشن بیشترین عملکرد وزن خشک شاخصاره در شرایط شور و غیر شور، به ترتیب در تیمارهای ۲۰ و صفر میکرومولار سلینیم مشاهده شد. در رقم گندم کویر نیز بیشترین عملکرد وزن خشک گیاه در شرایط شور در تیمار ۲۰ میکرومولار سلینیم مشاهده شد. این نتایج نشان دهنده تأثیر مثبت غلظت ۲۰ میکرومولار سلینیم در کاهش خسارت اکسیداتیو ناشی از شوری و افزایش عملکرد وزن خشک شاخصاره گیاه در هر دو رقم گندم است.

فعالیت آنزیم گلوتاتیون پراکسیداز ریشه در رقم بک کراس روشن بالاتر از رقم کویر بود. با اعمال شوری ۱۰۰ میلی‌مولار کلرید سدیم، فعالیت آنزیم در ریشه در مقایسه با شرایط غیرشور بطور معنی‌داری کاهش یافت. در این رابطه نتایج مطالعه‌ای نشان داد که فعالیت آنزیم‌های آنتی اکسیدانت به غلظت نمک در محیط و ژنوتیپ گیاه بستگی دارد (Barabas *et al.*, 2000). شوری علاوه بر ایجاد تنش اسمزی و سمیت یونی، عامل ایجاد تنش اکسیداتیو در گیاه بوده و سبب تولید گونه‌های فعال اکسیژن در بافت گیاه می‌شود (Venema *et al.*, 2000; Gilmour *et al.*, 1988). تنش اکسیداتیو سلول گیاهی به طور طبیعی با مکانیسم دفاعی آنتی اکسیدانتی رادیکال‌های آزاد را خشی می‌کند، ولی در بعضی از شرایط بر اثر افزایش تولید رادیکال‌های آزاد ممکن است تعادل بین اکسیدانتها و آنتی اکسیدانتها به هم خورده و موجب کاهش آنتی اکسیدانتها شود (Moustafa *et al.*, 2001). این امر می‌تواند توجیهی در رابطه با فعالیت کمتر آنزیم گلوتاتیون پراکسیداز ریشه در شرایط تنش شوری باشد. فعالیت آنزیم گلوتاتیون پراکسیداز شاخصاره در شرایط تنش شوری افزایش یافتد. در این رابطه Kalir و همکاران (۱۹۸۴) و Sheoron و Gupta (۱۹۷۹) نیز بیان داشتند در رقم‌های حساس به شوری

دادند که سلنیم اثری بر غلظت روی در گیاه نداشت.

نتیجه‌گیری کلی:

اثر کاربرد سطوح مختلف سلنیم بر عملکرد گندم به رقم گیاه و سطح شوری بستگی دارد به طوری که در رقم گندم بک کراس روشن در شرایط شور، سطح ۲۰ میکرومولار سلنیم و در رقم گندم کویر سطح ۴۰ میکرومولار سلنیم در شرایط غیر شور تأثیر مثبتی بر عملکرد گیاه داشت. اثر سلنیم بر فعالیت آنتی اکسیدانتی گیاه بسته به رقم گندم و غلظت سلنیم مصرفی متفاوت بود. به طور کلی مصرف سطوح ۲۰ و ۴۰ میکرومولار سلنیم در شرایط شور باعث افزایش فعالیت آنزیم گلوتاتیون پراکسیداز ریشه در هر دو رقم گندم مورد مطالعه شد. همچنین سطح ۲۰ میکرومولار سلنیم فعالیت آنزیمی شاخصاره گیاه را در هر دو رقم گندم در شرایط شور افزایش داد. به طور کلی می‌توان چنین نتیجه گیری نمود که مصرف سلنیم در غلظت‌های کم (۲۰ و ۴۰ میکرومولار) اثر مثبت بر ظرفیت آنتی اکسیدانتی گیاه در شرایط تنفس شوری داشته و باعث افزایش مقاومت گیاه به تنفس و در نتیجه بهبود رشد، عملکرد و جذب عناصر غذایی در گیاه می‌شود. در حالی که مصرف غلظت‌های زیاد سلنیم (۱۵۰ میکرومولار) خود عامل ایجاد تنفس اکسیداتیو در گیاه بوده و بر رشد و عملکرد گیاه اثر منفی دارد.

گیاهان حساس نظریه لوبیا (Obata and Umebayashi, 1997) و خیار (Ouariti *et al.*, 1997) و گوجه فرنگی (Pettersson, 1976) گزارش شده است.

غلظت آهن ریشه با افزایش غلظت سلنیم افزایش یافت در حالی که سطوح مختلف سلنیم اثر معنی‌داری بر غلظت آهن شاخصاره نداشت. در این رابطه نتایج مطالعه‌ای نشان داد که تأثیر سلنیم بر غلظت آهن در شاخصاره روند مشخصی نداشت ولی غلظت آهن در ریشه با افزایش غلظت سلنیم افزایش یافت (Adly *et al.*, 1988). نتایج مطالعه‌ای دیگر نیز نشان داد که غلظت آهن در کلم چینی با افزایش سلنیم به مقدار قابل توجهی کاهش یافت (He *et al.*, 2004).

به طوری کلی غلظت روی ریشه و شاخصاره و غلظت آهن شاخصاره در رقم بک کراس روشن بیشتر از رقم کویر بود. نتایج بدست آمده از مطالعات قبلی نیز نشان می‌دهد غلظت عناصر مختلف بسته به گونه گیاهی متفاوت است (Jan *et al.*, 2008). همچنین (Flaten ۲۰۰۲) گزارش کرد که غلظت عناصر در گیاه بسته به سن گیاه، زنوتیپ و شرایط رشد متفاوت است. شوری باعث کاهش غلظت آهن شاخصاره و روی ریشه و شاخصاره گیاه شد. بیشترین غلظت روی شاخصاره در تیمار بدون سلنیم مشاهده شد و کاربرد سطوح مختلف سلنیم (۲۰، ۴۰ و ۱۵۰ میکرومولار) اثری بر غلظت روی شاخصاره گیاه نداشت. در این رابطه Adly و همکاران (۱۹۸۸) نشان

منابع:

- Soil and Water Research Institute, Tehran, Iran.
 Barabas, N . K., Omarov, R . T., Erdei, L. and Lips, S. H. (2000) Distribution of the Mo-enzymes aldehyde oxidase, xanthine, dehydrogenase and nitrate reductase in maize (*Zea mays* L.) nodul roots as effected by nitrogen and salinity. *Plant Science* 155: 49-58.
 Boscolo, R. S. P., Menossi, M. and Jorge, R. A. (2003) Aluminum-induced oxidative stress in maize. *Phytochemistry* 62: 181–189.
 Clark, L. C., Dalkin, B., Krongrad, A., Combs, G. F., Trunbull, B. W., Slate, E. H., Witherington, R., Herlong, J. H., Janosko, E., Carpenter, D., Borosso, C., Falk, S. and Rounder, J. (1998) Decreased incidence of prostate cancer with selenium supplementation: results of a double-blind cancer prevention trial. *British Journal of Oral & Maxillofacial Surgery* 81: 730-734.
 Daneshbakhsh, B., Khoshgoftarmanesh, A. H., Shariatmadari, H., Cakmak, I. (2013) Effect of zinc on growth, photosynthesis and ion relation of wheat. *Egyptian Journal of Physiological Sciences* 21: 41-51.
 Adly, F., Al-Attar, M. Martin, H. and Nickless, G. (1988) Uptake of selenium, tellurium and interaction with some essential metals (Mn, Fe, Cu and Zn) by *Lolium perenne*. *Chemosphere* 17: 1863-1869.
 Baker, A. V. and Pilbeam, D. M. J. (2007) *Handbook of Plant Nutrition*. Taylor and Francis Group Press, Boca Raton, FL.
 Banaei, M. H. (2000) *Soil Resource and Use Map of Iran*: [Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2024-04-20]

- rice and degree of milling and loss of selenium. *Journal of Food Engineering* 94: 69–74.
- Maribel, L. D. S. and Satoshi, T. (1998) Effect of salt stress on antioxidant defense system, lipid peroxidation and chlorophyll content in green bean. *Plant Science* 6: 869-873.
- Mengel, K. and Kirkby, E. A. (1987) Principles of Plant Nutrition. International Potash Institute, Bern, Switzerland.
- Moustafa, M., Moustafa, R. M., Belacy, A. and Abou-EI-EIA, S. H. (2001) Effect of acute exposure to the radio frequency fields of cellular phones on plasma lipid peroxide and antioxidant activities in human erythrocytes. *Journal of Pharmaceutical and Biomedical Analysis* 26: 605-608.
- Nickel, R. S. and Cunningham, B. A. (1969) Improved peroxidase assay method using Ieuco 2,3,6-trichloroindophenol and application to comparative measurements of peroxidase catalysis. *Annals of Biomedical Engineering* 27: 292-299.
- Obata, H. and Umebayashi, M. (1997) Effects of cadmium on mineral nutrient concentrations in plants differing in tolerance for cadmium. *Journal of Plant Nutrition* 20: 97-105.
- Ouariti, O., Gouia, H. and Ghorbal, M. H. (1997) Responses of bean and tomato plants to cadmium: growth, mineral nutrition and nitrate reduction. *Plant Physiology and Biochemistry* 35: 347-354.
- Pettersson, O. (1976) Heavy metal ion uptake by plants from nutrient solutions with metal ion, plant species and growth period variations. *Plant and Soil* 45: 445-459.
- Satyendra, N. R., Stephan, W. B., Gossett, D. R. and Lucas, M. C. (1999) Antioxidant response to salt stress during fiber development in cotton ovules. *Journal of Cotton Science* 30: 11-15.
- Sheoran, I. S. and Gupta, P. (1979) Effect of water stress on the enzymes of nitrate metabolism in two *Brassica* species. *Physiologia Plantarum* 18: 1881-1882.
- Vassilev, A., Berova, M. and Zlatev, Z. (1998) Influence of cadmium on growth, chlorophyll content and water relations in young barley plants. *Biologia Plantarum* 41: 601-606.
- Venema, J. H., Villeius, L. and Van Hassett, P. R. (2000) Effect of acclimation to suboptimal temperature on chilling-induced photo-damage: comparison between a domestic and a high altitude wild lycopersican species. *Plant Science* 152: 153-163.
- Yazici, I., Turkan, I., Sekmen, A. H. and Demiral, T. (2007) Salinity tolerance of purslane (*Portulaca oleracea* L.) is achieved by enhanced antioxidative system, lower level of lipid peroxidation and proline accumulation. *Environmental and Experimental Botany* 61: 49-57.
- nutrition on salinity induced oxidative damages in wheat genotypes differing in zinc deficiency tolerance. *Acta Physiologiae Plantarum* 35: 881-889.
- Feng, G., Zhang, F. S., Li, X. L., Tian, C. Y. and Teng, C. (2002) Improved tolerance of maize plants to salt stress by *Arbuscular mycorrhiza* is related to higher accumulation of soluble sugars in roots: *Mycorrhiza* 12: 158-190.
- Flaten, T. P. (2002) Aluminium in tea-concentrations, speciation and bioavailability. *Coordination Chemistry Reviews* 228(2): 385-395.
- 12- Gilmour, S. J., Hajera, R. K. and Thomashow, M. F. (1988) Cold acclimation in *Arabidopsis thaliana*. *Plant Physiology* 87: 745-750.
- Gossett, D. R., Banks, S., Millholon, E. P. and Lucas, M. C. (1996) Antioxidant responses to NaCl stress in a control and NaCl-tolerant cotton cell line growth in the present of Paraquat, Buthinonesulfoxine and exogenous Gluthation. *Plant Physiology* 112: 803-809.
- Grattan, S. R. and Grieve, C. M. (1992) Mineral element acquisition and growth response of plants grown in saline environments. *Agriculture Ecosystems & Environment* 38: 275-300.
- Hajrasuliha, S., Cassel, D. K. and Rezaeinejad, Y. (1991) Estimation of cholorid ion concentration in saline soils from measurement of electrical conductivity of saturated soil extracts. *Geoderma* 49: 117-127.
- Hartikainen, H., Xue, T. and Pironen, V. (2000) Selenium as an antioxidant and pro-oxidant in rye grass. *Plant and Soil* 225: 193-200.
- He, P. P., Lv, X. Z. and Wang, G. Y. (2004) Effects of Se and Zn Supplementation on the antagonism against Pb and Cd in vegetables. *Environment International* 30: 167-172.
- Hurd-Karreir, A. (1937) Comparative toxicity of seleniatesan (dselenite) wheat. *American Journal of Botany* 24: 720-728.
- Jan, M., Szakova, J., Drabek, O., Balik, J. and Kokoska, L. (2008) Determination of certain micro and macro elements in plant stimulants and their infusions. *Food Chemistry* 111: 520-525.
- Kalir, A., Omri, G. and Mayber, P. (1984) Peroxidase and catalase activity in leaves of *Halimione Portulacoides* exposal to salinity. *Physiologia Plantarum* 62: 238-244.
- Khoshgoftarmanesh, A. H., Sadrarhami, A., Sharifi, H. R., Afiuni, D. and Schulin, R. (2009) Selecting Zinc-Efficient Wheat Genotypes with High Grain Yield Using a Stress Tolerance Index. *Agronomy Journal* 101: 1409-1416.
- Liu, K., Cao, X., Bai, Q., Wen, H. and Gu, Z. (2009) Relationships between physical properties of brown