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

مهری صادقی[1]، امیرحسین خوشگفتارمنش[1*] و بهاره دانش‌بخش[2]

به ترتیب[1]گروه خاکشناسی و [2]مرکز پژوهشی کشت بدون خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان

(تاریخ دریافت: ١٣٩٢/٠٥/٠٦؛ تاریخ پذیرش: ١٣٩٢/١٠/٠١)

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 کم‌مصرف در ریشه و شاخساره گندم انجام گرفت. در این پژوهش، دو رقم گندم با کارایی مختلف از لحاظ عناصر غذایی کم‌مصرف (کویر و بک کراس روشن) با چهار سطح سلنیم (٠، ٢٠، ٤٠ و ١٥٠ میکرومولار) و دو سطح شوری (٠ و ١٠٠ 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 ٢٠ میکرومولار سلنیم سبب افزایش وزن خشک شاخساره گندم بک کراس روشن در شرایط شور شد. در رقم گندم کویر سطح ٤٠ 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 ٢٠ و ٤٠ میکرومولار سلنیم در شرایط شور باعث افزایش فعالیت آنزیم گلوتاتیون پراکسیداز ریشه در هر دو رقم گندم مورد مطالعه شد. همچنین سطح ٢٠ 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:

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 کمتر از ٠/١ میلی‌گرم درکیلوگرم وزن خشک گیاه می‌باشد. البته غلظت‌های سمی سلنیم (بیش از ٢ 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. سلنوپروتئین‌های 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 آنتی‌اکسیدانت ایفا می‌کنند (Liu *et al.*, 2009). مهم‌ترین نقش

*نویسنده مسؤل، نشانی پست الکترونیکی: amirhkhosh@cc.iut.ac.ir

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-18]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1394.4.14.1.5]

زیستی سلنیم در ارتباط با فعالیت آنزیم گلوتاتیون‌پراکسیداز است. در واقع، سلنیم کوفاکتور آنزیم گلوتاتیون پراکسیداز می باشد (Baker and Pilbeam, 2007). این آنزیم سلول را در برابر صدمات ناشی از تنش اکسیداتیو محافظت می‌کند. تنش های محیطی مختلف، باعث ایجاد گونه‌های فعال اکسیژن در سلول‌های گیاه می‌شوند. از انواع مختلف این تنش‌ها 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 تنش‌های محیطی قرار دارند تولید گونه‌های فعال اکسیژن (ROS) افزایش می‌یابد (Boscolo *et al*., 2003).

شوری یکی از مهمترین تنش‌های غیر زیستی در مناطق خشک و نیمه خشک بویژه مناطق مرکزی ایران است. خاک های تحت تأثیر شوری، حدود ۷ درصد خاک‌های دنیا را تشکیل می‌دهند (Feng *et al*., 2002). در ایران نیز، وسعت خاک‌های شور حدود ٤٤/٥ 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 انباشته 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 می شود. 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 می‌کنند (Maribel and Satoshi, 1998). در این راستا نقش سلنیم به عنوان یک عامل موثر در تولید این آنزیم و در افزایش تحمل گیاه در برابر تنش‌های اکسیداتیو بسیار مهم و حیاتی است.

این پژوهش با هدف بررسی تأثیر سلنیم بر عملکرد وزن خشک ریشه و شاخساره و شدت خسارت اکسیداتیو ناشی از تنش شوری در دو رقم گندم (با کارایی مختلف از لحاظ عناصر کم‌مصرف) 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 سلنیم (۰، ۲۰، ٤۰ و ۱۵۰ میکرومولار از منبع سلنات سدیم)، دو سطح شوری (۰ و ۱۰۰ میلی‌مولار کلرید سدیم) و دو رقم گندم با کارآیی مختلف از نظر عناصر کم‌مصرف (کویر به عنوان رقم ناکارآ و بک کراس روشن به عنوان رقم کارآ) (Khoshgoftarmanesh *et al*., 2009; Daneshbakhsh *et al*., 2013) بود. برای تهیه بوته‌های گندم از جعبه کاشت (۵۰×۷۰ سانتی‌متر) حاوی ماسه سترون استفاده شد. ابتدا بذور ارقام مختلف گندم به‌طور سطحی توسط محلول هیپوکلریت‌سدیم یک درصد سترون شده و پس از ضدعفونی شدن با محلول قارچ‌کش 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 محلول‌غذایی مورد استفاده در محیط آبکشت در جدول ۱ ارائه شده است. از غلظت ۱/۰ میلی‌مولار (MES) -2-[N-morpholino]- ethanesulfonate برای بافرکردن 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 تشت‌ها هر هفته تعویض شد.

یک هفته پس از انتقال بوته‌ها به محلول غذایی سطوح صفر و ۱۰۰ میلی مولار کلریدسدیم (بصورت تدریجی در مدت یک هفته) بعنوان تیمار شوری اعمال شد. سطوح مختلف سلنیم نیز طی یک هفته پس از انتقال بوته‌ها از منبع سلنات

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-18]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1394.4.14.1.5]

جدول ۱- ترکیب محلول غذایی محیط آبکشت برای گیاه گندم

عناصر پر مصرف	عناصر کم مصرف
۱/۵mM NH_4NO_3	۰/۱ M $ZnSO_4$
۲mM $Ca(NO_3)_2$	۱µM H_3BO_3
۰/۱mM KCl	µM $MnSO_4$۰/۵
۱mM $MgSO_4$	µM $CuSO_4$۰/۲
۰/۸۸mM K_2SO_4	µM $(NH_4)Mo_7O_{24}$۰/۰۲
۰/۲۵mM KH_2PO_4	µM Fe EDTA۱۶/۱
	µM $NiCl_2$۰/۱
	µM HEDTA (N-2-hydroxyethyl-ethylenediamine-N,N´,N´-triacetate)۱۰۰
	mM MES (2-[N-morpholino]-ethanesulfonate)۱

سدیم به محلول غذایی اضافه شد.

حدود دو ماه پس از انتقال بوته‌ها به محلول‌غذایی، گیاهان برداشت شده و با آب مقطر شسته شد. سپس ریشه و شاخساره هر گیاه از محل طوقه جدا شد و هر کدام به طور جداگانه به پاکت‌های کاغذی منتقل شدند. سپس نمونه‌های گیاهی به‌مدت ٤٨ ساعت در دمای ۷۰ درجه سلسیوس در خشک‌کن تهویه‌دار خشک شدند. پس از آن وزن خشک ریشه و شاخساره 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 بافت‌گیاهی پودر شده (ریشه و شاخساره) به مدت ۱۲ ساعت در ۵ میلی‌لیتر اسیدنیتریک ١٤ نرمال و ۱۰ میلی‌لیتر آب‌اکسیژنه ٪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 واتمن شماره ٤٢ عبور داده شد و با آب مقطر به حجم ۵۰ میلی‌لیتر رسانده شد (Mengel and Kirkby, 1987). غلظت روی و آهن در عصاره‌های ریشه و شاخساره توسط دستگاه جذب اتمی (پرکین المر مدل ۳۰۳۰) اندازه‌گیری شد و مقدار کل (جذب) آهن و روی شاخساره از حاصلضرب غلظت در وزن خشک شاخساره محاسبه گردید.

تعیین فعالیت آنزیم گلوتاتیون پراکسیداز(GPX): تمام مراحل استخراج آنزیم‌گلوتاتیون پراکسیداز در دمای ٤ درجه سلسیوس انجام گرفت. مقدار ۰/۲ گرم از ریشه و شاخساره تازه گیاه که در زمان برداشت در نیتروژن مایع سائیده شده و در فریزر نگهداری شده بودند، با یک میلی‌لیتر از بافر فسفات۱۰۰ میلی‌مولار و ترایتون ۱ درصد همگن شد و به مدت یک ساعت در یخچال نگهداری شد و پس از آن به مدت۱۵ دقیقه در دستگاه سانتریفیوژ در دمای ٤ 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 میکرولیتر از عصاره آنزیمی با ۳ میلی لیتر بافر قرائت حاوی گایاکول ۲۵ میلی‌مولار و آب اکسیژنه ۱۰ میلی‌مولار مخلوط شده و شدت جذب نمونه در طول موج ٤٧٠ 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 برگرم وزن مرطوب)

Δabs : اختلاف شدت جذب نمونه در طول موج ٤٧٠ نانومتر

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-18]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1394.4.14.1.5]

در زمان‌های صفر و ۷۰ ثانیه

t :زمان قرائت جذب دوم برحسب دقیقه

c :ضریب تصحیح آنزیم گلوتاتیون پراکسیداز (۱۰۰۰۰×۲٦/٦)

v : حجم کوئت بر حسب لیتر

m : وزن ریشه بر حسب گرم.

تجزیه آماری نتایج حاصل شده با استفاده از نرم‌افزار رایانه‌ای SAS (SAS, 1988) و رسم شکل‌ها با Microsoft 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 (شکل۱). 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 روشن در شرایط شور تفاوت معنی-داری 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 ٤۰ و ۱۵۰ میکرومولار سلنات سدیم بود.

عملکرد وزن خشک شاخساره: تاثیر سلنیم بر عملکرد شاخساره بسته به رقم گندم و تیمار شوری متفاوت بود (شکل۱). در رقم گندم کویر، بیشترین عملکرد وزن خشک شاخساره در شرایط غیر شور و مربوط به سطح ٤۰ میکرومولار سلنیم بود، در حالی که در شرایط شور سطح ۱۵۰ میکرومولار سلنیم کمترین وزن خشک شاخساره را داشت. در رقم بک کراس روشن در هر دو سطح شوری، عملکرد وزن خشک شاخساره در سطوح صفر و ۲۰ میکرومولار سلنیم نسبت به سایر سطوح سلنیم مصرفی (٤۰ و ۱۵۰ میکرو مولار) بیشتر بود. در شرایط شور تأثیر کاربرد سطوح مختلف سلنیم بر عملکرد وزن خشک شاخساره هر دو رقم گندم کویر و بک کراس روشن روند مشابهی داشت، به گونه‌ای که بالاترین عملکرد در سطوح صفر و ۲۰ میکرومولار سلنیم و کمترین عملکرد در سطوح ٤۰ و ۱۵۰ میکرومولار سلنیم مشاهده شد. به طور کلی تأثیر سلنیم بر رشد ریشه در مقایسه با شاخساره کمتر بود.

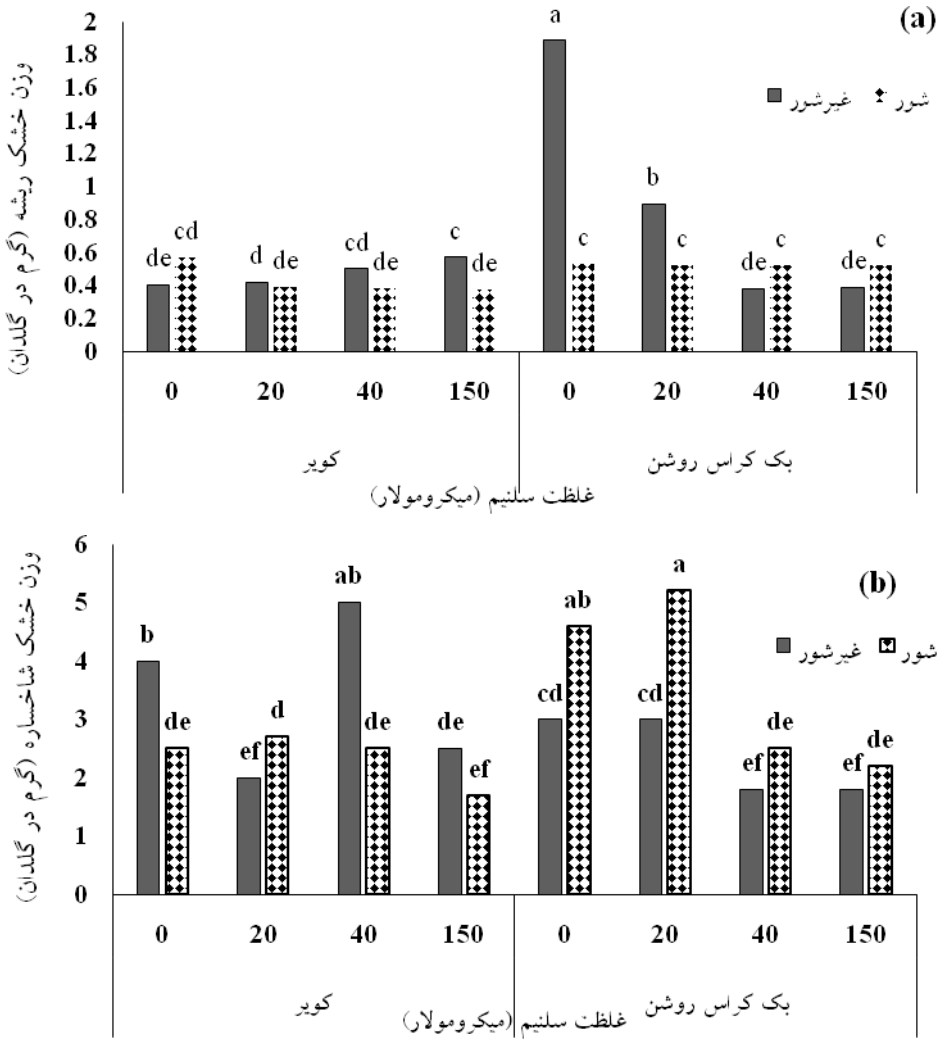
فعالیت آنزیم گلوتاتیون پراکسیداز (GPX) در ریشه: در هر دو رقم گندم، در شرایط غیرشور بیشترین فعالیت آنزیم گلوتاتیون پراکسیداز ریشه در سطوح صفر و ۱۵۰ میکرومولار سلنیم، و کمترین فعالیت آنزیم گلوتاتیون پراکسیداز ریشه در سطوح ۲۰ و ٤۰ میکرومولار سلنیم مشاهده شد (شکل ۲). این روند در شرایط شور متفاوت بود به طوری‌که با افزایش غلظت سلنیم محلول غذایی از صفر به ٤۰ میکرومولار، فعالیت آنزیم افزایش یافت و پس از آن در سطح ۱۵۰ میکرومولار سلنیم، فعالیت آنزیم کاهش یافت.

فعالیت آنزیم گلوتاتیون پراکسیداز (GPX) در شاخساره: 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 شاخساره با افزودن ۲۰ میکرومولار سلنیم به محلول غذایی مشاهده شد (شکل ۲). در رقم بک کراس روشن در شرایط غیر شور بیشترین فعالیت آنزیم گلوتاتیون پراکسیداز شاخساره در تیمار ٤۰ 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 درشرایط 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 روشن، با افزایش غلظت سلنیم در تیمار غیر شور

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-18]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1394.4.14.1.5]



شکل ۱- برهمکنش شوری و سلنیم بر عملکرد وزن خشک ریشه و شاخساره دو رقم گندم مورد مطالعه (گرم در گلدان)

سلنیم (Se) در غلظت‌های به ترتیب ۰، ۲۰، ٤۰ و ۱۵۰ میکرو مولار 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 معنی‌دار می‌باشد (LSD ، P<۰/۰۵).

جدول۲- تأثیر شوری و سلنیم بر غلظت آهن ریشه دو رقم گندم مورد مطالعه

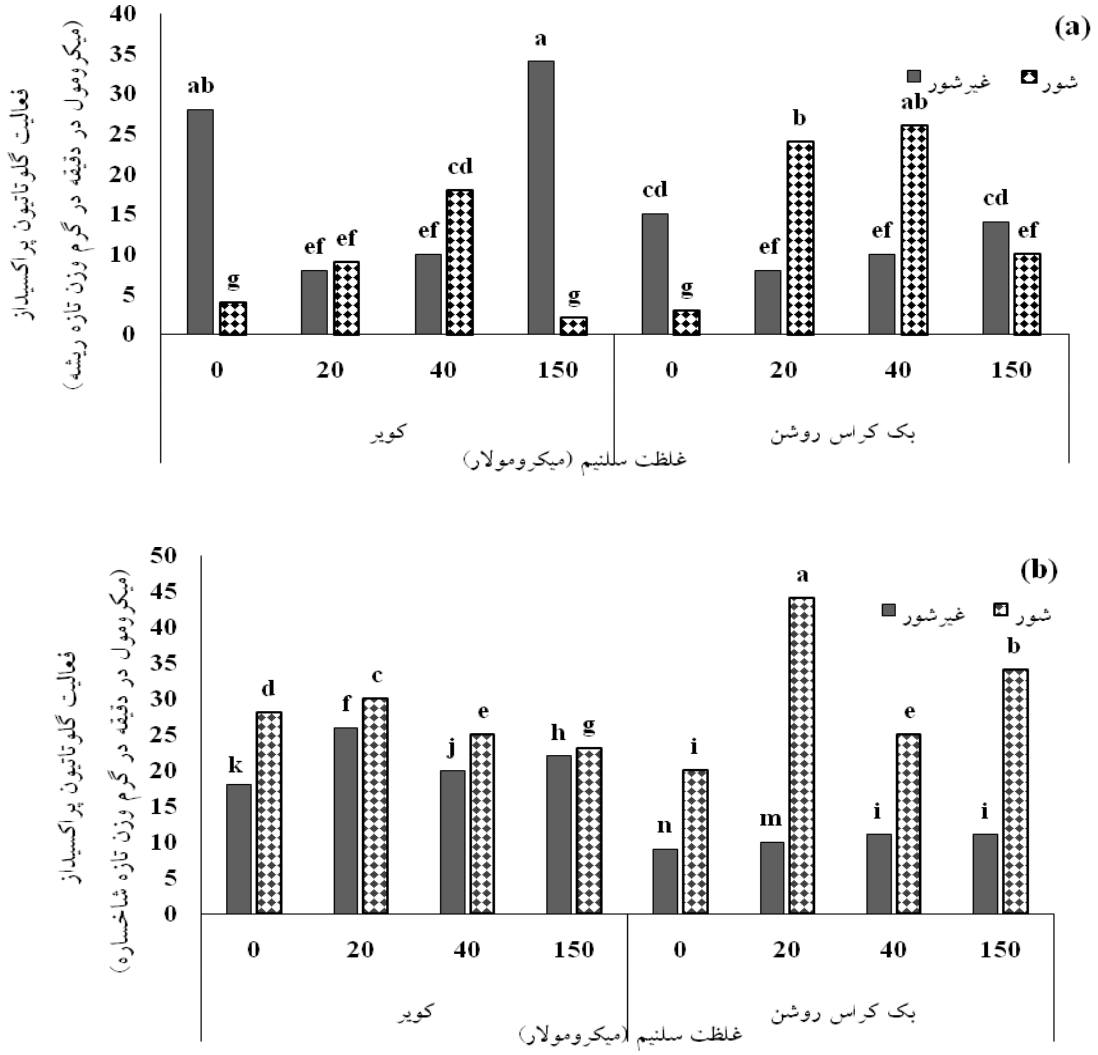
رقم گیاهی		شوری (mM)	سلنیم (µM) ۰	۲۰	٤۰	۱۵۰	رقم‌های گیاهی	میانگین شوری (mM) ۰	۱۰۰
گندم	کویر	۰	۱۷/٤۷^{f}	۲۳/۸۵^{b}	۱٤/۱۹^{h}	۱۳/۳۲^{h}	۲۰/۰۷^{A}	۱۵/٤۱^{B}	۱۹/۸۳^{A}
		۱۰۰	۱۳/٤۹^{h}	۲٤/۳۲^{b}	۲۲/۵۵^{c}	۳۱/۳۷^{a}			
	بک‌کراس	۰	۷/۱۲^{k}	۱۰/۳٦^{J}	۱۵/۸۰^{g}	۲۱/۱٦^{d}	۱۵/۱٦^{B}		
		۱۰۰	۱٤/۲۰^{h}	۱۱/۸۵^{i}	۲۱/٤۷^{d}	۱۹/۳٤^{e}			
میانگین			۱۳/۰۷^{D}	۱۷/۵۹^{C}	۱۸/۵۰^{B}	۲۱/۳۰^{A}			

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 (LSD ، P<۰/۰۵).

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-18]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1394.4.14.1.5]



شکل ۲- برهمکنش شوری و سلنیم بر فعالیت آنزیم گلوتاتیون پراکسیداز ریشه و شاخساره دو رقم گندم مورد مطالعه (میکرومول در دقیقه در گرم وزن تازه) .سلنیم (Se) در غلظت‌های به ترتیب ۰، ۲۰، ٤۰ و ۱۵۰ میکرو مولار 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 معنی‌دار می‌باشد (LSD ، P<۰/۰۵).

غلظت آهن ریشه افزایش یافت ولی در تیمار شور، فقط در سطوح ٤۰ و ۱۵۰ میکرومولار سلنیم غلظت آهن ریشه نسبت به تیمار بدون سلنیم افزایش معنی‌دار نشان داد.

غلظت آهن شاخساره: در رقم گندم کویر بین غلظت آهن شاخساره در سطوح مختلف سلنیم در تیمار غیرشور اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد، در حالی که در تیمار شور، غلظت آهن شاخساره در سطح ٤۰ میکرومولار سلنیم به طور معنی داری بیشتر از تیمار بدون سلنیم بود (جدول ۳). در رقم گندم بک کراس روشن، در تیمار غیر شور، غلظت آهن شاخساره در تیمار بدون سلنیم به طور معنی‌داری بیشتر از سایر سطوح سلنیم بود، در حالی که در این رقم گندم در شرایط شور، غلظت آهن شاخساره در سطوح ۲۰ و ۱۵۰ میکرومولار سلنیم به طور معنی‌داری نسبت به تیمار بدون سلنیم افزایش یافت.

غلظت روی ریشه: غلظت روی ریشه در رقم بک کراس روشن به طور معنی‌داری بیشتر از کویر بود (جدول ٤).در هر دو رقم گندم مورد مطالعه در شرایط شور، با افزایش غلظت سلنیم محلول غذایی غلظت روی ریشه کاهش یافت به طوری که بیشترین غلظت روی ریشه مربوط به تیمار بدون سلنیم بود. در رقم گندم کویر در شرایط غیر شور بالاترین غلظت روی ریشه در محلول غذایی بدون سلنیم مشاهده شد و با افزایش غلظت سلنیم

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-18]
[DOR: 20.1001.1.23222727.1394.4.14.1.5]

جدول۳- تأثیر شوری و سلنیم بر غلظت آهن در شاخساره دو رقم گندم مورد مطالعه

رقم گیاهی		شوری (mM)	سلنیم (µM)				میانگین		
			۰	۲۰	٤۰	۱۵۰	رقم‌های گیاهی	شوری (mM) ۰	شوری (mM) ۱۰۰
گندم	کویر	۰	۰/۷۲^{g}	۰/۹۳^{efg}	۰/۹۳^{efg}	۰/۸۵^{fg}	۰/۹۸^{B}	۱/۶۱^{A}	۱/۳۳^{B}
		۱۰۰	۰/۸۱^{g}	۰/۹۷^{efg}	۱/٤۵^{cdef}	۱/۱۵^{defg}			
	بک‌کراس	۰	۳/٤۰^{a}	۱/۹۸^{bc}	۱/۶۸^{cd}	۲/۳۸^{b}	۱/۹۶^{A}		
		۱۰۰	۱/۰۲e^{fg}	۱/۸۱^{bc}	۱/۵۲^{cde}	۱/۹۱^{bc}			
میانگین			۱/٤۸^{A}	۱/٤۲^{A}	۱/۳۹^{A}	۱/۵۷^{A}			

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 (LSD ، P<۰/۰۵).

جدول ٤- تأثیر شوری و سلنیم بر غلظت روی ریشه دو رقم گندم مورد مطالعه

رقم		شوری (mM)	سلنیم (µM)				میانگین	
			۰	۲۰	٤۰	۱۵۰	رقم	شوری (mM) ۰ / ۱۰۰
گندم	کویر	۰	۰/۳۷^{d}	۰/۳۰^{fgh}	۰/۲۹^{gh}	۰/۲۹^{fgh}	۰/۳۱^{B}	۰/۵۹^{A} / ۰/۲۸^{B}
		۱۰۰	۰/۳۶^{de}	۰/۳۲^{fg}	۰/۲۸^{h}	۰/۲٤^{Ij}		
	بک‌کراس	۰	۰/۷۶^{c}	۰/۰۷٤^{c}	۱/۱۲^{a}	۰/۸٤^{b}	۰/۵۷^{A}	
		۱۰۰	۰/۳۳^{ef}	۰/۲۷^{hi}	۰/۲۳^{ij}	۰/۲۳^{J}		
میانگین			۰/٤۵^{B}	۰/٤۱^{C}	۰/٤۸^{A}	۰/٤۰^{C}		

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 (LSD ، P<۰/۰۵).

در محلول غذایی، غلظت روی ریشه کاهش یافت. در رقم بک کراس روشن غلظت روی ریشه در شرایط غیر شور در سطح ٤۰ میکرومولار به طور معنی‌داری بیشتر از سایر سطوح سلنیم بود.

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

جذب آهن ریشه: در رقم گندم بک کراس روشن، بیشترین جذب آهن ریشه در شرایط غیر شور در تیمار بدون سلنیم و در شرایط شور در غلظت ٤۰ 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 معنی‌داری بیشتر از سایر سطوح سلنیم بودند.

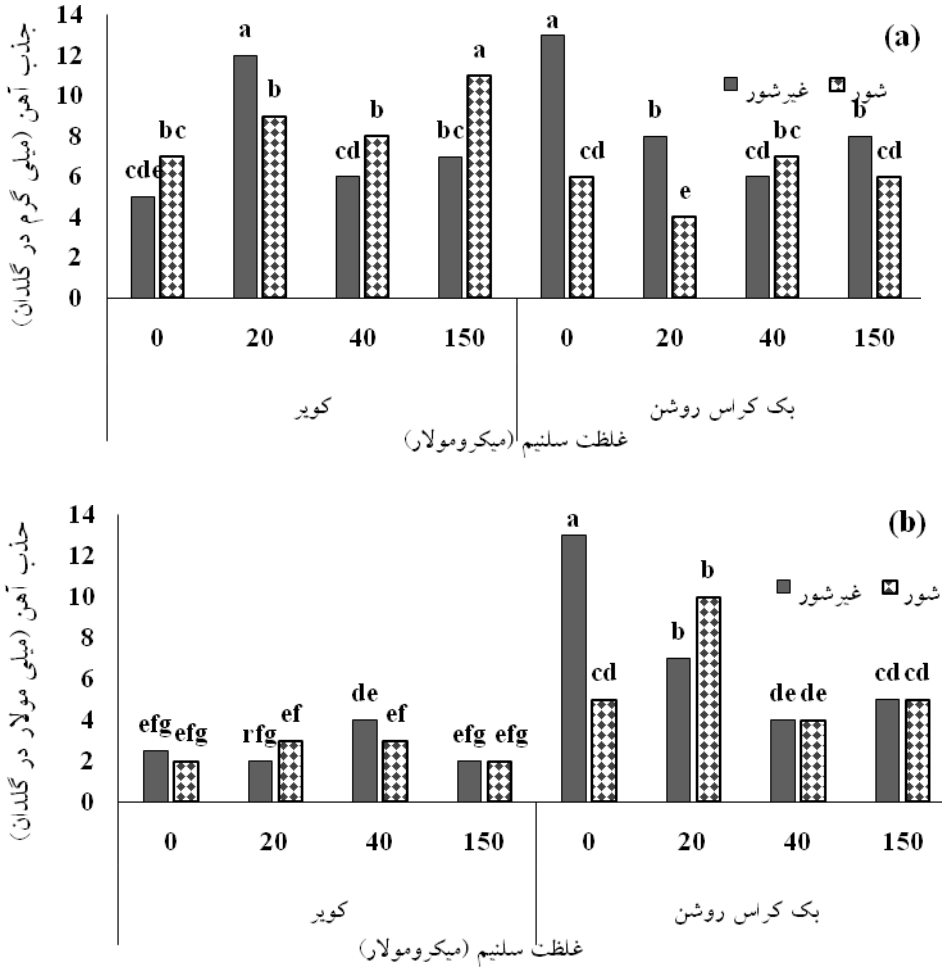
جذب آهن شاخساره: مقدار جذب آهن شاخساره در رقم بک کراس روشن بیشتر از رقم کویر بود (شکل ۳). در رقم گندم کویر، در هر دو سطح شوری، جذب آهن شاخساره در سطح ٤۰ میکرو مولار سلنیم بیشتر از سایر سطوح سلنیم بود ولی این افزایش معنی‌دار نبود. در رقم بک کراس روشن تأثیر

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-18]
[DOR: 20.1001.1.23222727.1394.4.14.1.5]

جدول۵- تأثیر شوری و سلنیم بر غلظت روی شاخساره دو رقم گندم مورد مطالعه

رقم گیاهی		شوری (mM)	سلنیم (µM)				میانگین	
			۰	۲۰	٤۰	۱۵۰	رقم‌های گیاهی	شوری (mM)
								۰ / ۱۰۰
گندم	کویر	۰	۰/۱٤^{d}	۰/۱٤^{d}	۰/۱۳^{d}	۰/۱۸^{cd}	۰/۱٤^{B}	۰/٤٤^{A} / ۰/۱٦^{B}
		۱۰۰	۰/۱۳^{d}	۰/۱۳^{d}	۰/۱۲^{d}	۰/۱۵^{d}		
	بک‌کراس	۰	۱/۰۲^{a}	۰/٦۱٦^{b}	۰/٦۲٦^{b}	۰/٦٦^{b}	۰/٤۵^{A}	
		۱۰۰	۰/۲۵^{c}	۰/۱۵^{d}	۰/۱۵^{d}	۰/۱٦^{d}		
میانگین			۰/۳۸^{A}	۰/۲٦^{B}	۰/۲۵^{B}	۰/۲۹^{B}		

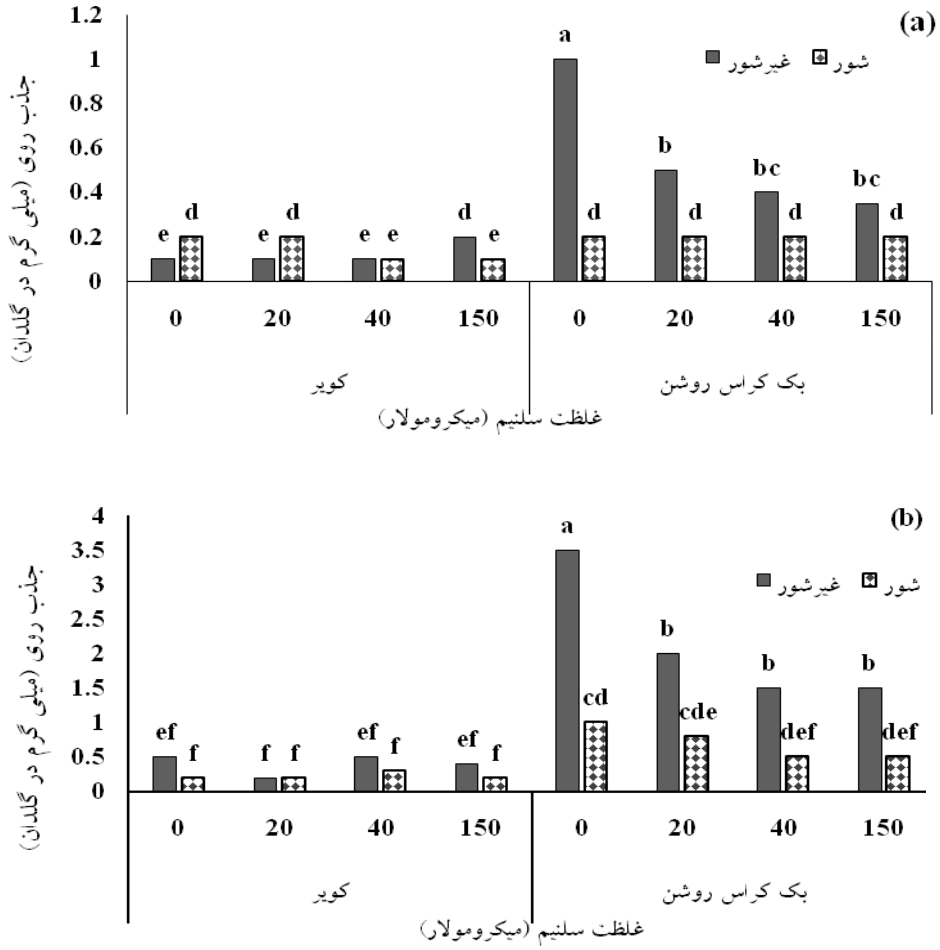
حروف کوچک برای مقایسه اثر متقابل سه گانه و حروف بزرگ برای مقایسه اثر اصلی رقم، سلنیم و شوری استفاده شده است. وجود حروف مشابه نشان‌دهنده عدم وجود تفاوت معنی‌دار می‌باشد (LSD ، P<۰/۰۵).



شکل۳- برهمکنش رقم، شوری و سلنم بر جذب آهن ریشه و شاخساره دو رقم گندم مورد مطالعه (میلی گرم در گلدان). سلنیم (Se) در غلظت‌های به ترتیب ۰، ۲۰، ٤۰ و ۱۵۰ میکرو مولار 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 معنی‌دار می‌باشد (LSD ، P<۰/۰۵).

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

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-18]
[DOR: 20.1001.1.23222727.1394.4.14.1.5]



شکل٤- برهمکنش رقم، شوری و سلنیم بر جذب روی ریشه و شاخساره دو رقم گندم مورد مطالعه (میلی گرم در گلدان). سلنیم (Se) در غلظت‌های به ترتیب ۰، ۲۰، ٤۰ و ۱۵۰ میکرو مولار 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 معنی‌دار می‌باشد (LSD ، P<۰/۰۵).

سلنیم به طور معنی‌داری بیشترین جذب آهن را داشت، در حالی که در شرایط شور بیشترین جذب آهن شاخساره 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 ٤). در این رقم گندم، در شرایط شور، جذب روی ریشه در تیمار بدون سلنیم به طور معنی‌داری بیشتر از سطوح ٤۰ و ۱۵۰ میکرومولار سلنیم بود. در رقم گندم کویر در شرایط غیر شور، تفاوت معنی داری بین سطوح مختلف سلنیم مشاهده نشد در حالی‌که در شرایط شور بیشترین جذب روی ریشه در محلول بدون سلنیم و کمترین جذب روی در سطح ۱۵۰ میکرومولار سلنیم بود.

جذب روی شاخساره: در رقم گندم بک کراس روشن، در هر دو سطح شوری، بیشترین جذب روی شاخساره مربوط به تیمار بدون سلنیم بود و با افزایش غلظت سلنیم محلول غذایی جذب روی شاخساره کاهش یافت. در رقم گندم کویر، بین سطوح مختلف سلنیم در دو سطح شوری تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد (شکل ٤).

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 شاخساره کاهش

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-18]
[DOR: 20.1001.1.23222727.1394.4.14.1.5]

معنی‌داری نشان داد. در همین ارتباط، نشان داده شده است که غلظت‌های بالاتر از ٤٠ میکرومولار سلنیم از منبع سلنیت سدیم رشد ریشه و شاخساره گیاه گندم را کاهش داد اگرچه به نظر می‌رسد ریشه حساسیت کمتری به غلظت‌های بالاتر سلنیم نسبت به شاخساره دارد (Hurd-Karreir, 1937). در رقم گندم بک کراس روشن بیشترین عملکرد وزن خشک شاخساره در شرایط شور و غیر شور، به ترتیب در تیمارهای ۲۰ و صفر میکرومولار سلنیم مشاهده شد. در رقم گندم کویر نیز بیشترین عملکرد وزن خشک گیاه در شرایط شور در تیمار ۲۰ میکرومولار سلنیم مشاهده شد. این نتایج نشان دهنده تأثیر مثبت غلظت ۲۰ میکرومولار سلنیم در کاهش خسارت اکسیداتیو ناشی از شوری و افزایش عملکرد وزن خشک شاخساره 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). در شرایط تنش اکسیداتیو سلول گیاهی به طور طبیعی با مکانیسم دفاعی آنتی‌اکسیدانتی رادیکال‌های آزاد را خنثی 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 می تواند توجیهی در رابطه با فعالیت کمتر آنزیم گلوتاتیون پراکسیداز ریشه در شرایط تنش شوری باشد. فعالیت آنزیم گلوتاتیون پراکسیداز شاخساره در شرایط تنش شوری افزایش یافت. در این رابطه Kalir و همکاران (١٩٨٤) و Sheoron و Gupta (١٩٧٩) نیز بیان داشتند در رقم‌های حساس به شوری فعالیت پراکسیدازی در شرایط تنش افزایش می‌یابد و Satyendr و همکاران (١٩٩٩) نیز گزارش کردند بین فعالیت آنزیم‌های پراکسیداز و افزایش تنش شوری همبستگی مثبت وجود دارد. بر اساس نتایج بدست آمده از مطالعه رحمانی و همکاران (١٣٨١)، فعالیت آنزیم های 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). محققان 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 شاخساره در شرایط شور در سطح ۲۰ میکرومولار سلنیم بیشتر از سایر سطوح سلنیم مصرفی بود. این نتایج نشان دهنده تأثیر مثبت غلظت ۲۰ میکرومولار سلنیم 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 تاثیر سلنیم بر فعالیت آنتی اکسیدانتی گیاه بسته به غلظت عنصر متفاوت بوده به طوری که در غلظت‌های کم سلنیم، 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 شاخساره 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). انباشتگی بیشتر عناصر کم‌مصرف در ریشه نسبت به شاخساره در سورگوم (Abo-Kassem *et al.*, 1997; Pettersson, 1976)، در

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-18]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1394.4.14.1.5]

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

غلظت آهن ریشه با افزایش غلظت سلنیم افزایش یافت در حالی که سطوح مختلف سلنیم اثر معنی‌داری بر غلظت آهن شاخساره نداشت. در این رابطه نتایج مطالعه‌ای نشان داد که تأثیر سلنیم بر غلظت آهن در شاخساره 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 شاخساره و غلظت آهن شاخساره 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، ژنوتیپ و شرایط رشد متفاوت است. شوری باعث کاهش غلظت آهن شاخساره و روی ریشه و شاخساره گیاه شد. بیشترین غلظت روی شاخساره در تیمار بدون سلنیم مشاهده شد و کاربرد سطوح مختلف سلنیم (۲۰، ٤٠ و ۱۵۰ میکرومولار) اثری بر غلظت روی شاخساره گیاه نداشت. در این رابطه Adly و همکاران (۱۹۸۸) نشان دادند که سلنیم اثری بر غلظت روی در گیاه نداشت.

نتیجه‌گیری کلی:

اثر کابرد 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 ٤٠ 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 ٤٠ 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. به طور کلی می‌توان چنین نتیجه گیری نمود که مصرف سلنیم در غلظت-های کم (۲۰ و ٤٠ میکرومولار) اثر مثبت بر ظرفیت آنتی اکسیدانتی گیاه در شرایط تنش شوری داشته و باعث افزایش مقاوت گیاه به تنش 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 تنش اکسیداتیو در گیاه بوده و بر رشد و عملکرد گیاه اثر منفی دارد.

منابع:

رحمانی، م. و مجیدی هـروان، ا. (۱۳۸۱) تـأثیر نقـش شـوری ناشی از کلرور سدیم بر پروفیل الکتروفورزی پروتئین‌ها و آنزیم‌های گندم. نهال و بذر ۱۸: ۲۵۱-۲٤۱.

Abo-Kassem, E. M., Sharaf, A. and Mohamed, Y. A. H. (1997) Effect of different cadmium concentration 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. Taylar and Francis Group Press, Boca Raton, FL.

Banaei, M. H. (2000) Soil Resource and Use Map of Iran: 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

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-18]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1394.4.14.1.5]

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 antioxidase 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 attitude 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 Lucase, M. C. (1996) Antioxidant responses to NaCl stress in a control and NaCl-tolerant cotton cell line growth in the present of Paraquate, 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

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-18]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1394.4.14.1.5]