تأثیر کاربرد اکسید روی به شکل نانوذرات بر رشد و محتوای یونی چهار رقم گندم تحت تنش شوری

مرضیه اسدی[1*]، مرتضی زاهدی[1]، محمد حسین اهتمام[1] و امیرحسین خوشگفتارمنش[2]

(تاریخ دریافت۱۳۹۲/۷/۱۵ ؛ تاریخ پذیرش:۱۳۹۳/۹/۱۱)

چکیده

به منظور بررسی تأثیر شکل معمول و نانوذرات اکسید روی بر رشد و محتوای یونی چهار رقم گندم (نیک‌نژاد، اینیا، روشن و مغان۲)، در سه سطح شوری (صفر، ۷۵ و ۱۵۰ میلی‌مولار کلرید سدیم) آزمایشی گلدانی در مهر ماه ۱۳۹۱ در گلخانه پژوهشی دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان، اجرا گردید. در این آزمایش، وزن خشک اندام هوایی و ریشه و غلظت عناصر سدیم، پتاسیم و روی در اندام هوایی اندازه‌گیری شد. نتایج نشان داد که با افزایش سطح شوری، وزن خشک اندام هوایی و ریشه و غلظت عناصر پتاسیم و روی در اندام هوایی کاهش اما نسبت وزن خشک اندام هوایی به ریشه، غلظت سدیم و نسبت سدیم به پتاسیم در اندام‌هوایی افزایش یافت. غلظت روی در اندام هوایی گیاهانی که با شکل نانوذرات اکسید روی تغذیه شده بودند در مقایسه با غلظت این عنصر در گیاهانی که با شکل معمول اکسید روی تغذیه شده بودند، بیشتر بود. تغذیه گیاهان با شکل نانوذرات اکسید روی موجب کاهش معنی‌دار نسبت سدیم به پتاسیم در اندام هوایی گردید.در اثر کاربرد اکسید روی به شکل نانو، وزن خشک اندام هوایی در ارقام نیک‌نژاد و اینیا افزایش، ولی در ارقام روشن و مغان۲ کاهش یافت. نتایج این آزمایش نشان داد که ارقام مختلف گندم نسبت به تغذیه شکل نانوذرات اکسید روی واکنش متفاوتی دارند.

واژه‌های کلیدی: تغذیه گیاه، نسبت سدیم به پتاسیم، تنش شوری، واکنش گیاه

مقدمه

گیاهان در اکوسیستم‌های طبیعی و کشاورزی تنش‌های مختلفی را به واسطهٔ عوامل زنده و غیر زنده تجربه می‌کنند که می‌توانند فرایندهای فیزیولوژیک و رشد معمولی گیاه را مختل کنند (۱۶). شوری آب یا خاک از جمله مهمترین تنش‌ها در مناطق خشک و نیمه‌خشک می‌باشد (۲۰). شوری عبارت است از غلظت زیاد املاح در آب یا محلول خاک که منجر به تجمع نمک در ناحیه ریشه شده و گیاه را در جذب آب کافی از خاک دچار مشکل می‌کند (۳). از دیگر آثار مهم شوری، اختلال در جذب عناصر غذایی توسط گیاه می‌باشد که باعث آسیب به فعالیت‌های حیاتی گیاه می‌گردد (۲). معمولاً خاک‌های شور حاوی نسبت‌های بزرگی از سدیم به کلسیم، سدیم به پتاسیم، منیزیم به کلسیم و کلر به نیترات هستند، که همین عامل موجب می‌شود رشد گیاهان به دلیل اثر ویژه سمی یون‌ها (مثل سدیم و کلر) و همچنین به خاطر برهم خوردن تعادل یونی مؤثر در عوامل فیزیولوژیک یا متابولیک گیاهان، کاهش یابد (۲ و ۲۸). مطالعات نشان داده که بین گونه‌های مختلف زراعی و همچنین بین ژنوتیپ‌های داخل هر گونه گیاهی از نظر تحمل به شوری تفاوت وجود دارد (۲۳). یکی از راه کارهای اساسی گیاهان در پایین نگه داشتن پتانسیل اسمزی اجزای داخلی خود، تجمع

۱. گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان

۲. گروه علوم خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان

*: مسئول مکاتبات، پست الکترونیکی: asadi.iran2@yahoo.com

مواد آلی و معدنی در بافت‌ها می‌باشد که در نتیجه آن تحمل گیاه در مقابل کم‌آبی ناشی از تنش شوری افزایش می‌یابد. به این واکنش گیاه، تنظیم اسمزی گفته می‌شود (۳۴).

عنصر روی یکی از عناصر کم‌مصرف در رشد و توسعه گیاهان بوده که نقش فیزیولوژیک مهمی در گیاهان بر عهده دارد (۷). این عنصر نقش مهم و اساسی در برخی عملکردهای سلولی مانند ساخت پروتئین‌ها، لیپیدهاو هورمون‌ها، بیان ژن، استحکام ساختاری و عملکردی غشاهای زیستی، فتوسنتز و سوخت و ساز اُکسین دارد (۷، ۲۲ و ۲۴). تحقیقات نشان می‌دهد که اگر حاصلخیزی خاک، به‌ویژه از نظر عناصر ریزمغذی و بخصوص روی، تأمین شود، ارقام گندم می‌توانند عملکرد بیشتری تولید کنند (۳۰). گندم از جمله غلاتی است که در آن اختلاف زیادی در پاسخ ارقام آن به کمبود روی وجود دارد (۱۱). بنابراین، روی اهمیت ویژه‌ای در تغذیه این گیاه دارد (۵، ۱۱ و ۱۴).

حلالیت روی و سایر عناصر کم‌مصرف مورد نیاز برای رشد گیاه نظیر آهن، مولیبدن، مس و منگنز در خاک‌های شور و سدیمی کم می‌باشد. گیاهانی که در این خاک‌ها رشد می‌کنند، از لحاظ وضعیت تغذیه عناصر کم‌مصرف متفاوت می‌باشند. با این وجود، گیاهان در این خاک‌ها اغلب دچار کمبود این عناصر هستند (۲۷).

همراه با پیشرفت در زمینه دانش و فن‌آوری، کاربرد نانوفن‌آوری در کشاورزی به موازات سایر بخش‌ها رو به افزایش است. امروزه، تولید کودها و سموم در ابعاد نانو به دلیل کمک به افزایش عملکرد محصولات مورد توجه قرار گرفته است. با این حال، انتظار می‌رود که واکنش گیاهان مختلف به تغذیه کودهای نانو متفاوت باشد. گرچه در رابطه با اثر کودها در ابعاد نانو بر رشد گیاه مطالعات بسیار محدودی انجام گرفته است (۱ و ۲۱)، در حال حاضر، در ارتباط با تأثیر نانوذرات روی بر واکنش ارقام گندم به شوری اطلاعات قابل دسترسی وجود ندارد. لذا، این تحقیق به منظور بررسی تأثیر شکل معمول و نانوذرات اکسید روی بر رشد و محتوای یونی چهار رقم گندم، تحت تنش شوری، اجرا گردید.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در گلخانه پژوهشی دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان، به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار اجرا شد. در این آزمایش، تأثیر دو شکل معمول و نانوذرات اکسید روی بر چهار رقم گندم (روشن، مغان۲، نیک‌نژاد و اینیا)، در سه سطح شوری (صفر، ۷۵ میلی‌مولار (۶/۸ دسی‌زیمنس بر متر) و ۱۵۰میلی‌مولار (۱۳/۷ دسی‌زیمنس بر متر کلرید سدیم) مورد بررسی قرار گرفت. برای اجرای آزمایش، بذرهای گندم در گلدان‌های ۵ لیتری حاوی ماسه کاشته شده و روزانه با ۲۵۰ میلی‌لیتر محلول غذایی هوگلند، با کمی تغییر، تغذیه شدند. در محلول غذایی هوگلند، سولفات روی حذف و بجای آن بسته به تیمار آزمایشی مورد نظر از اکسید روی به شکل معمول و نانوذرات استفاده شد. تیمار شوری پس از استقرار کامل گیاهان، حدود سه هفته پس از سبز شدن، اعمال گردید. برداشت گیاهان ۲۰ روز پس از اعمال تیمارهای شوری انجام گرفت.

برای اندازه‌گیری وزن خشک ریشه و اندام هوایی گیاه، نمونه‌های گیاهی به مدت ۷۲ ساعت در دمای ۷۰ درجه سلسیوس خشک شده و با ترازوی دقیق توزین شدند. اندازه‌گیری سدیم و پتاسیم در اندام هوایی با دستگاه شعله‌سنج انجام شد، و بر اساس منحنی‌های استاندارد رسم شده، غلظت سدیم و پتاسیم در نمونه‌ها تعیین شد. برای تعیین غلظت عنصر روی در نمونه‌ها، از دستگاه جذب اتمی (مدل Perkin Elmer ۳۰۳۰) استفاده شد. برای این منظور، ابتدا محلول‌های استاندارد مورد نظر به دستگاه داده شد و سپس محتوای عنصر روی در نمونه‌ها با دستگاه جذب اتمی اندازه‌گیری شد.

داده‌های حاصل از اندازه‌گیری‌های مختلف با استفاده از

جدول ۱. تجزیه واریانس میانگین مربعات وزن خشک اندام هوایی، وزن خشک ریشه، سدیم، پتاسیم، نسبت سدیم به پتاسیم و روی ارقام گندم

منابع تغییرات	درجه‌آزادی	میانگین مربعات					
		وزن خشک اندام هوایی	وزن خشک ریشه	نسبت اندام‌هوایی به ریشه	سدیم	پتاسیم	نسبت سدیم به پتاسیم	روی
بلوک	۲	۱/۵۰**	۰/۱۰**	۱ns	۰/۰۶*	۲/۸۳*	۰/۰۱**	۲۳۸/۷۹**
رقم	۳	۲/۹۵**	۰/۳۳**	۱۳/۳۳**	۰/۲۰**	۷/۸۹**	۰/۰۲**	۲۷۸/۳۶**
شوری	۲	۲۹/۰۹**	۱/۳۹**	۸/۲۸*	۳/۷۶**	۲۴/۰۴**	۰/۲۵**	۲۰۲۴/۶۹**
اکسیدروی	۱	۱/۱۰**	۰/۰۰۰۵ns	۲/۳۳ns	۰/۰۴ns	۱/۵۶ns	۰/۰۰۵*	۱۷۸۴/۱۳**
رقم×شوری	٦	۰/۱۴ns	۰/۰۲ns	۱/۳۵ns	۰/۱۱**	۱/۷۳ns	۰/۰۱**	۸۱ns
رقم×اکسیدروی	۳	٦/۰۲**	۰/۱۵**	۰/۲٦ns	۰/۱۴**	۰/۴۱ns	۰/۰۰۵*	۳۶/۱۶ns
شوری×اکسیدروی	۲	۰/۱۰ns	۰/۰۱ns	۱/۲۳ns	۰/۰۲ns	۰/۲۴ns	۰/۰۰۰۳ns	۵/۸۸ns
رقم×شوری×اکسیدروی	٦	۰/۱۷ns	۰/۰۴ns	۱/۸۰ns	۰/۰۳ns	۰/۵۰ns	۰/۰۰۲ns	۵۸/۵۱ns
خطا	۴٦	۰/۱۴	۰/۰۱	۱/٦۸	۰/۰۱	۰/۷۸	۰/۰۰۱	۴۳/۳۶

**، * و ns به‌ترتیب بیانگر معنی‌دار بودن در سطوح ۱٪ و ۵٪ و عدم داشتن تفاوت معنی‌دار

جدول۲. مقایسه میانگین وزن خشک اندام هوایی، وزن خشک ریشه ، سدیم، پتاسیم، نسبت سدیم به پتاسیم و روی ارقام گندم

عامل آزمایشی	وزن خشک اندام هوایی (گرم)	وزن خشک ریشه (گرم)	نسبت اندام‌هوایی به ریشه	سدیم(درصد)	پتاسیم (درصد)	نسبت سدیم به پتاسیم	روی (mg/kg DW)
شوری (میلی‌مولار)							
صفر	۵/۷۰a	۱/۰۱a	۵/۷۶b	۰/۳۸c	۶/۵۹a	۰/۰۵c	۵۶/۶۹a
۷۵	۴/۳۸b	۰/۶۷b	٦/۸٦a	۰/۸۵b	۵/۰۷b	۰/۱۶b	۴۴/۸۹b
۱۵۰	۳/۵۲c	۰/۵۵c	٦/٦٦a	۱/۱۷a	۴/۷۰b	۰/۲۶a	۳۸/۶۰c
اکسید روی							
فرم معمول	۴/۴۱b	۰/۷۴a	۶/۲۵a	۰/۸۲a	۵/۳۱a	۰/۱۷a	۴۱/۷۵b
فرم نانو	۴/٦٦a	۰/۷۵a	٦/٦۱a	۰/۷۷a	۵/۶۰a	۰/۱۵b	۵۱/۷۱a
رقم							
نیک نژاد	۴/۹۲a	۰/۷۴b	٦/۹۷a	۰/۷۰b	۵/۲۳bc	۰/۱۴bc	۵۰/۷۷a
اینیا	۴/۴٦b	۰/٦۵bc	۷/۰٦a	۰/۷۷b	۵/۴۱b	۰/۱۵b	۴۷/۸۵a
روشن	۴/۷۵a	۰/۹۴a	۵/۱۹b	۰/۷۷b	۶/۳۷a	۰/۱۲c	۴۶/۹۳a
مغان۲	۳/۹۹c	۰/٦۵c	٦/۴۸a	۰/۹۵a	۴/۸۱c	۰/۲۱a	۴۱/۳۷b

در هر ستون و برای هر واحد آزمایشی، میانگین‌هایی که حداقل دارای یک حرف مشترک هستند، بر اساس آزمون حداقل تفاوت معنی‌دار در سطح ۵٪ اختلاف معنی‌داری ندارند.

نرم‌افزار رایانه‌ای SAS مورد تجزیه آماری قرار گرفتند. مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون LSD در سطح احتمال ۵٪، در صورت معنی‌دار بودن اثر عامل آزمایشی، انجام گرفت.

نتایج و بحث

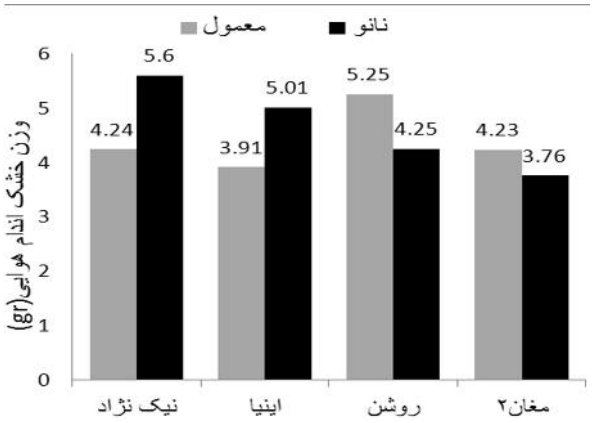
وزن خشک اندام‌هوایی

تأثیر شوری، رقم گندم، اکسید روی و اثر متقابل رقم و اکسید روی بر وزن خشک اندام هوایی در سطح احتمال ۱٪ معنی‌دار بود (جدول ۱). وزن خشک اندام هوایی در سطوح شوری ۷۵ و ۱۵۰ میلی‌مولار نسبت به تیمار غیر شور به ترتیب ۲۳ و ۳۸ درصد کاهش یافت (جدول ۲). در شرایط شور، اثر سمیت یون‌های کلر و سدیم از یک سو و کاهش در میزان کلروفیل از سوی دیگر، باعث اختلال در فعالیت فتوسنتزی گیاه شده و در نتیجه وزن خشک گیاه کاهش می‌یابد (۲۵). در آزمایش کافی (۱۷) نیز تنش شوری سبب کاهش معنی‌دار وزن خشک اندام هوایی گندم شد.

گرچه با در نظر گرفتن میانگین به‌دست آمده از کلیه ارقام مورد آزمایش، وزن خشک اندام هوایی در تیمار اکسید روی به شکل نانوذرات نسبت به شکل معمول آن ۵٪ افزایش یافت (جدول ۲)، با این حال، واکنش ارقام از نظر تغذیه گیاهان با اکسید روی به شکل نانوذرات یکسان نبود. به طوری که کاربرد اکسید روی به شکل نانوذرات نسبت به شکل معمول آن موجب افزایش ۳۲ و ۲۸ درصدی وزن خشک اندام هوایی به ترتیب در ارقام نیک‌نژاد و اینیا شد و در مقابل، موجب کاهش ۱۹ و ۱۱ درصدی به ترتیب در ارقام روشن و مغان۲ گردید (شکل ۱).

وزن خشک ریشه

تأثیر شوری، رقم و اثر متقابل رقم و اکسید روی بر وزن خشک ریشه در سطح احتمال ۱٪ معنی‌دار بود (جدول ۱). وزن خشک ریشه در سطوح شوری ۷۵ و ۱۵۰ میلی‌مولار نسبت به تیمار غیر شور به ترتیب ۳۳ و ۴۵ درصد کاهش یافت (جدول ۲).



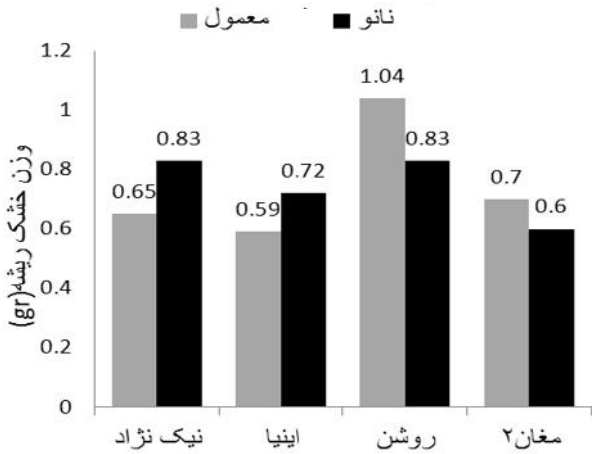
شکل ۱. تأثیر دو شکل اکسید روی بر وزن خشک اندام‌هوایی چهار رقم گندم

گیاهان در شرایط تنش شوری، به منظور حفظ اختلاف پتانسیل اسمزی با محلول خاک، محتوای آب ریشه را کاهش می‌دهند که این امر موجب مصرف انرژی زیادی برای فائق آمدن بر پتانسیل کم محیط ریشه و جذب یون‌ها توسط ریشه می‌شود. در نتیجه، موجب کم شدن انرژی مورد نیاز جهت رشد و نهایتاً سبب کاهش وزن ریشه می‌گردد (۸). در مطالعه عظیمی و علم (۴) نیز وزن خشک ریشه ارقام مختلف گندم تحت تنش شوری کاهش یافت.

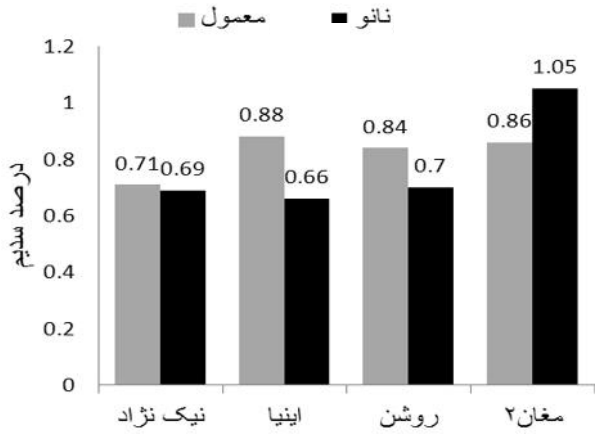
کاربرد اکسید روی به شکل نانوذرات نسبت به شکل معمول آن موجب افزایش ۲۷ و ۲۲ درصدی وزن خشک ریشه به ترتیب در ارقام نیک نژاد و اینیا شد و در مقابل موجب کاهش ۲۰ و ۱۴ درصد وزن خشک ریشه به ترتیب در ارقام روشن و مغان۲ گردید (شکل ۲).

نسبت وزن خشک اندام هوایی به ریشه

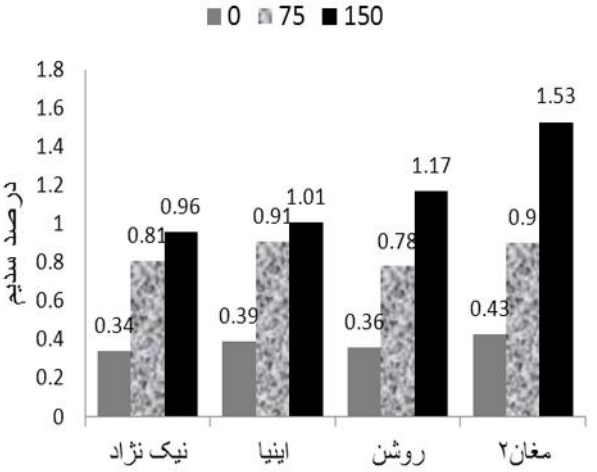
تأثیر شوری و رقم بر نسبت وزن خشک اندام هوایی به ریشه به ترتیب در سطح احتمال ۵٪ و ۱٪ معنی‌دار بود (جدول ۱). این نسبت در سطوح شوری ۷۵ و ۱۵۰ میلی‌مولار نسبت به تیمار صفر (شاهد) به ترتیب ۱۹ و ۱۵ درصد افزایش یافت (جدول ۲). نسبت اندام هوایی به ریشه در رقم اینیا با ۷/۰۶ بیشترین و رقم روشن با ۵/۱۹ کمترین بود (جدول ۲). اغلب متخصصین فیزیولوژی گیاهی این نسبت ر ابه عنوان یک معیار مناسب برای



شکل ۲. تأثیر دو شکل اکسید روی بر وزن خشک ریشه چهار رقم گندم



شکل ۴. تأثیر دو شکل اکسید روی بر درصد سدیم چهار رقم گندم



شکل ۳. تأثیر سطوح مختلف شوری بر درصد سدیم چهار رقم گندم

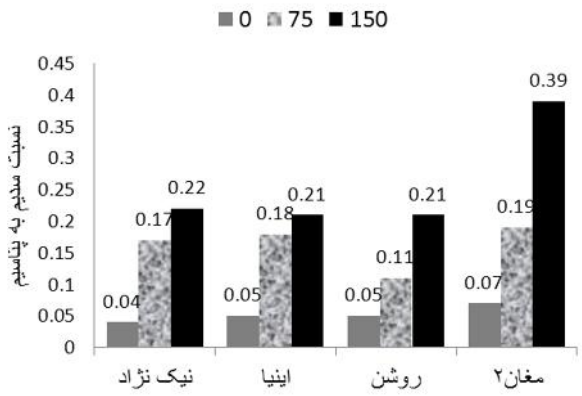
گزینش تحمل به تنش‌های شوری و خشکی معرفی می‌کنند. معمولاً نسبت کمتر اندام‌هوایی به ریشه، توانایی گیاه را برای تحمل به خشکی و شوری بهبود می‌بخشد (۱۳).

غلظت سدیم در اندام هوایی

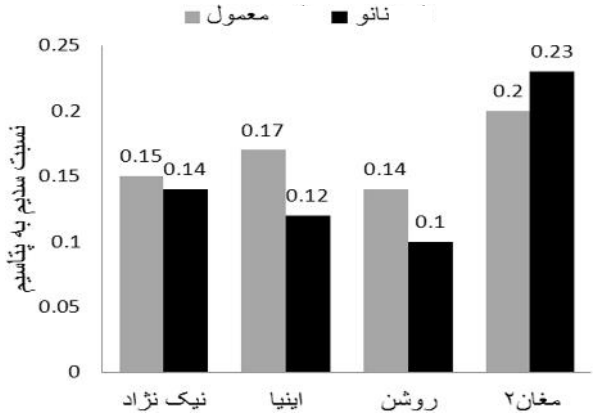
تأثیر شوری، رقم و اثر متقابل شوری و رقم و اثر متقابل اکسید روی و رقم بر غلظت سدیم در اندام هوایی در سطح احتمال ۱٪ معنی‌دار بود (جدول ۱). به طور کلی، غلظت سدیم در اندام هوایی در سطوح شوری ۷۵ و ۱۵۰ میلی‌مولار نسبت به شاهد به ترتیب ۱/۲۳ و۲/۰۷ برابر افزایش یافت (جدول ۲). افزایش شوری موجب آسیب به غشاء سلولی می‌شود و مکانیسم ورود و خروج یون‌ها تغییر می‌یابد. در نتیجه، با توجه به غلظت زیاد سدیم در محلول خاک، انتقال سدیم به درون گیاه با شدت بیشتری صورت می‌گیرد (۳۲). در آزمایش‌های دیگر نیز افزایش شوری محیط موجب تجمع مقدار زیادی یون سدیم در بافت گیاهی شده است (۱۰، ۱۲ و ۲۹).

غلظت سدیم در اندام هوایی رقم مغان۲ بیشترین و در رقم نیک نژاد کمترین بود (جدول ۲). در آزمایش مونس و همکاران (۲۶) نیز ارقام مختلف گندم از نظر سدیم اختلاف معنی‌داری داشتند. در سطح شوری ۷۵ میلی‌مولار، ارقام نیک نژاد، اینیا و مغان۲ از نظر غلظت سدیم با هم اختلاف معنی‌داری نداشتند و غلظت سدیم در این ارقام نسبت به رقم روشن بیشتر بود. در حالی که در سطح شوری ۱۵۰ میلی‌مولار غلظت سدیم در رقم مغان۲ نسبت به ارقام دیگر بیشتر بود (شکل ۳).

کاربرد اکسید روی به شکل نانو نسبت به کاربرد آن به شکل معمول باعث کاهش غلظت سدیم در ارقام اینیا و روشن، و در مقابل باعث افزایش غلظت سدیم در رقم مغان۲ گردید. تفاوت تأثیر دو شکل اکسید روی از این نظر برای رقم نیک نژاد معنی‌دار نبود (شکل ۴).



شکل ۵. تأثیر سطوح مختلف شوری بر نسبت سدیم به پتاسیم چهار رقم گندم



شکل ۶. تأثیر دو شکل اکسید روی بر نسبت سدیم به پتاسیم چهار رقم گندم

غلظت پتاسیم در اندام هوایی

تأثیر شوری و رقم بر غلظت پتاسیم در اندام هوایی در سطح احتمال ۱٪ معنی‌دار بود (جدول ۱). غلظت پتاسیم در اندام هوایی در سطوح شوری ۷۵ و ۱۵۰ میلی‌مولار نسبت به تیمار غیر شور به ترتیب ۲۳ و ۲۸ درصد کاهش یافت (جدول ۲). این امر می‌تواند به دلیل زیادی جذب یون سدیم باشد. در واقع، یون سدیم به علت تأثیر آنتاگونیستی که با پتاسیم دارد، باعث اختلال در جذب پتاسیم می‌شود (۱۵). کاهش جذب یون پتاسیم در اثر شوری توسط چیپا و لعل (۶) برای گندم نیز گزارش شده است.

رقم روشن با ۶/۳۷ درصد بیشترین و رقم مغان۲ با ۴/۸۱ درصد کمترین غلظت پتاسیم در اندام هوایی را دارا بودند (جدول ۲). سایرام و همکاران (۳۱) نیز ارقام گندم از نظر غلظت پتاسیم در اندام هوایی با یکدیگر اختلاف معنی‌داری داشتند.

نسبت غلظت سدیم به پتاسیم

تأثیر شوری، رقم، اثر متقابل شوریو رقم بر نسبت سدیم به پتاسیم اندام هوایی در سطح احتمال ۱٪ و تأثیر اکسید روی، اثر متقابل رقم و اکسید روی بر نسبت سدیم به پتاسیم اندام هوایی در سطح احتمال ۵٪ معنی‌دار بود (جدول ۱). نسبت سدیم به پتاسیم اندام هوایی در سطوح شوری ۷۵ و ۱۵۰ میلی‌مولار نسبت به تیمار غیرشور به ترتیب ۲/۲ و ۴/۲ برابر افزایش یافت (جدول ۲). در غلظت زیاد نمک، گیاهان برای مقابله با تنش، میزان یون سدیم درون سیتوپلاسم را کاهش داده و با ثابت نگه داشتن غلظت یون پتاسیم، نسبت سدیم به پتاسیم را اندک نگه می‌دارند (۹). افزایش نسبت سدیم به پتاسیم در اثر شوری در منابع متعددی گزارش شده است (۱۰ و ۳۳). با افزایش سطح شوری، نسبت سدیم به پتاسیم در اندام هوایی افزایش یافت. ولی این افزایش در سطوح ۷۵ و ۱۵۰ میلی‌مولار نسبت به شاهد در رقم مغان۲ بیشتر از ارقام دیگر بود (شکل ۵). در مطالعه سایرام و همکاران (۳۱) ارقام متحمل به شوری گندم در هنگام تنش، نسبت سدیم به پتاسیم کمتری در مقایسه با ارقام حساس داشتند.

نسبت سدیم به پتاسیم اندام هوایی در تیمار اکسید روی به شکل نانو نسبت به شکل معمول آن ۱۱٪ کاهش یافت (جدول ۲). این نتایج بیانگر تأثیر مثبت شکل نانوی اکسید روی بر کاهش جذب سدیم توسط گیاه نسبت به شکل معمول آن می‌باشد. نسبت سدیم به پتاسیم در اندام هوایی در اثر کاربرد اکسید روی به شکل نانوذرات در مقایسه با کاربرد شکل معمول آن در ارقام نیک نژاد، اینیا و روشن کاهش یافت. گرچه تفاوت دو شکل اکسید روی از این نظر فقط برای رقم اینیا معنی‌دار بود (شکل ۶).

غلظت روی در اندام‌هوایی

تأثیر شوری، رقم و اکسید روی بر غلظت روی در اندام هوایی

در سطح احتمال ۱٪ معنی‌دار بود (جدول ۱). غلظت روی در اندام هوایی در سطوح شوری ۷۵ و ۱۵۰ میلی‌مولار نسبت به تیمار غیر شور به ترتیب ۲۰ و ۳۱ درصد کاهش یافت (جدول ۲). در مطالعه خوشگفتارمنش و همکاران (۱۸ و ۱۹) نیز شوری سبب کاهش غلظت روی در اندام هوایی گندم شد.

غلظت روی در اندام هوایی رقم مغان۲ به طور معنی‌داری نسبت به غلظت این عنصر در ارقام دیگر کمتر بود. ولی تفاوت معنی‌داری بین ارقام نیک نژاد، اینیا و روشن از این نظر مشاهده نشد (جدول ۲). کاربرد اکسید روی به شکل نانوذرات نسبت به کاربرد شکل معمول آن موجب ۲۳ درصد افزایش در غلظت روی در اندام هوایی گردید (جدول ۲). این نتایج نشان می‌دهد که تمایل گیاه برای جذب اکسید روی به شکل نانوذرات بیشتر بوده است.

نتیجه‌گیری

در این تحقیق، با افزایش سطح شوری، ماده خشک تولیدی ارقام گندم کاهش یافت. این کاهش به واسطه آثار منفی تنش شوری بر غلظت پتاسیم و روی و افزایش نسبت سدیم به پتاسیم در گیاه بود. بین ارقام گندم از نظر واکنش به تغذیه گیاهان با نانوذرات اکسید روی تفاوت قابل ملاحظه‌ای وجود داشت. کاربرد اکسید روی به شکل نانوذرات نسبت به شکل معمول آن موجب افزایش وزن خشک اندام هوایی در ارقام نیک نژاد و اینیا و در مقابل موجب کاهش وزن خشک اندام هوایی در ارقام روشن و مغان۲ گردید.

منابع مورد استفاده

۱.رضایی، ر.، س. م. حسینی، ح. شعبانعلی و ل. صفا. ۱۳۸۸. شناسایی و تحلیل موانع توسعه‌ی فن‌آوری نانو در بخش کشاورزی ایران از دیدگاه محققان. فصلنامه سیاست علم و فن‌آوری ۲(۱): ۱۷-۲۶.

۲. محلوجی، م. و م. اکبری. ۱۳۸۰. اثر شوری آب بر عملکرد ارقام مختلف گندم در آبیاری بارانی. فصلنامه نهال و بذر ۱۷: ۱۷۲-۱۸۲.

۳. نوروزی، م.، م. ماهرانی و م. مسچی. ۱۳۷۸. استفاده از آب‌های شور و نیمه شور برای آبیاری. انتشارات کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران، ۶۵ ص.

4.Azimi, A.R. and S.M. Alam. 1990. Effect of salt stress on germination, growth, leaf anatomy and mineral element composition of wheat cultivars. Acta Physiol. Planta. 12: 215-224.

5.Cakmak, I., A. Yilmaz, M. Kalayci, H. Ekiz, B. Torun, B. Erenoglu and H.J. Braun. 1996. Zinc deficiency as a critical problem in wheat production in central Anatolia. Plant Soil 180: 165-172.

6.Chhipa, B.R. and P. Lal. 1995. Na/K ratios as the basis of salt tolerance in wheat. Aust. J. Agric. Res. 46:533-539.

7. Dang, H.K., R.Q. Li, Y.H. Sun, X.W. Zhang and Y.M. Li. 2010. Absorption, accumulation and distribution of zinc in highly- yielding winter wheat. Agric. Sci. China 9: 965-973.

8.Flowers, T.J., P.F. Troke and A.R. Yeo. 1997. The mechanism of salt tolerance in halophytes. Annu. Rev. Plant Physiol. 28: 89-121.

9.Francois, L.E., E. Mass, T.J. Donovand and V.L. Yoongs.1986. Effect of salinity on grain and quality,vegetative growth and germination of semidwarf and durum wheat. Agron. J. 78: 1053-1058.

10. Gorham, J., E. McDonnell, E. Budrewicz, and R.G. Wyn Jones.1985. Salt tolerance in the Triticeae: Growthand solute accumulation in leaves of Thinopyrumbessarabicum. J. Exp. Bot. 36: 1021-1031.

11.Graham, R.D., J.S. Ascher and S.C. Hynes. 1992. Selecting zinc efficient genotypes for soils of low zinc status. Plant Soil 146: 241-250.

12.Gramer, G.R., A. Lauchli and V.S. Polito. 1985. Displacement of Ca^{2+} by Na^{+} from the plasmalemma ofroot cells: A primary response to salt stress. Plant Physiol. 79: 207-211.

13.Gregory, P.J. 1988. Root growth of chick pea, faba bean, lentil and pea and effect of water and salt stresses. PP.857-867. In: Summerfield, R.J. (Ed.), World Crops: Cool-Season Food Legumes, Kluwer Academic Publisher.

14.Grewal, H.S., R.D. Graham and Z. Rengel. 1996. Genotypic variation in zinc efficiency and resistance to crown rot disease in wheat. Plant Soil 186: 219-226.

15. Guillermo, E., S. Maria and E. Epstein. 2001. Potassium/sodium selectivity in wheat and amphiploid cross wheat Lophopyrum elongatum. Plant Sci. 160: 523-534.
16.Haile, F.J. 2000. Drought and yield loss. PP. 117-134. In: Peterson, R.K.O. and L.G. Highley (Eds.), Biotic Stress and Yield Loss, CRC Press, Boca Raton, FL.
17. Kafi, M. 1996. Effects of salinity on aspects of the physiology of wheat (*Triticum aestivum* L.). PhD Thesis, University of New Castle, UK.
18.Khoshgoftarmanesh, A.H., H. Shariatmadari, N. Karimian, M. Kalbasi and M.R. Khajehpour. 2004. Zinc efficiency of wheat cultivars grown on a saline calcareous soil. J. Plant Nutr. 27: 1953-1962.
19. Khoshgoftarmanesh, A.H., H. Shariatmadari, N. Karimian, M. Kalbasi and S.E.A.T. M. Van der zee. 2006. Cadmium and zinc in saline soil solutions and their concentrations in wheat. Soil Sci. 70: 582-589.
20. Koca, H., M. Bor, F. Ozedmir and Turkan, I. 2007. The effect of salt stress on lipid peroxidation, antioxidative enzyme and proline content of sesame cultivars. Environ. Exp. Bot. 60: 344-351.
21. Lin, D. and B. Xing. 2008. Root uptake and phytotoxicity of ZnO nanoparticles. Environ. Sci. Technol. 42: 5580-5585.
22. Lopez-Millan, A.F., D.R. Ellis and M.A. Grusak. 2005. Effect of zinc and manganese supply on the activities of superoxide dismutase and carbonic anhydrase in Medicago truncatula wild type and razmutant plants. Plant Sci. 168: 1015-1022.
23. Maas, E.V. and G.J. Hoffman. 1977. Crop salt tolerance-current assessment. J. Irrig. Drain. Div., ASCE 103: 115-134.
24. Marschner, H. 1995. Mineral Nutrition of Higher Plants. Academic Press.
25. Munns, R., R.A. James and A. Lauchli. 2006. Approaches to increasing the salt tolerance of wheat and other cereals. J. Exp. Bot. 57: 1025-1043.
26.Munns, R., R.A. James and G.J. Rebetzke. 2000. Genetic variation for improving the salt tolerance of durum wheat. Aust. J. Agr. Res. 51: 69-74.
27. Page, A.L., A.C. Chang and D.C. Adriano. 1995. Deficiencies and Toxicities of Trace Elements. Agricultural Salinity Assessment and Management. Chapter 7, ASCE Manuals and Reports on Engineering Proctice No. 71.
28.Pessarakali, M. and T.C. Tucker. 1985. Uptake of nitrogen-15 by cotton under salt stress. Soil Sci. Soc. Am. J. 49: 149-152.
29.Pitman, M.G. 1988. Whole plants. PP. 346-391. In: Baker, D.A. and J.L. Hall (Eds.), Solute Transport in Plant Cells andTissues, John Wiley, New York.
30.Rengel, Z. and R.D. Graham. 1995. Importance of seed zinc content for wheat growth on zn deficient soil, II Grain yield. Plant Soil 173: 267-274.
31.Sairam, R.K., K.V. Rao, and G.C. Srivastava. 2002. Differential response of wheat genotypes to long term salinity stress in relation to oxidative stress, antioxidant activity and osmolyte concentration. Plant Sci. 163: 1037-1046.
32.Saqib, Z.A., J. Akhtar, M. Saqib and R. Ahmad. 2011. Contrasting leaf Na^+ uptake and transport rates conferred differences in salt tolerance of wheat genotypes. Plant Soil. 61: 129-135.
33. Schachtman, D.P., E.S. Lagudah and R. Munns. 1992. The expression of salt tolerance from Triticumtauschii in hexaploid wheat.Theor. Appl. Genet. 84: 714-719.
34.Wyn Jones, R.G., J. Gorham and E. McDonnell. 1984. Organic and inorganic solute contents as selection criteria for salt tolerance in the Triticeae. PP. 189-203. In: Staples, R.C. and G.H. Toenniessen (Eds.), Salinity Tolerance in Plants: Strategies for Crop Improvement, John Wiley and Sons, New York.