

اثر غلظت‌های مختلف روی برخی خصوصیات فیزیولوژیک گیاه اسفرزه (*Plantago ovata L.*) تحت تنفس شوری

پروانه حسین زاده^۱، احمد مهندی^{۱*}، محسن موحدی دهنوی^۲ و طهماسب آسمانه^۱

^۱ گروه زیست‌شناسی، دانشکده علوم، دانشگاه یاسوج،^۲ گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه یاسوج

(تاریخ دریافت: ۹۳/۰۷/۱۷، تاریخ پذیرش نهایی: ۱۳۹۴/۰۲/۲۱)

چکیده:

استفاده از کودهای ریزمغذی مانند روی در شرایط بروز عوامل محدودکننده طبیعی از جمله شوری می‌تواند کمک بسیار مهمی در توسعه کشت گیاهان دارویی در اکثر نقاط کشور نماید. به منظور بررسی عکس العمل گیاه دارویی اسفرزه (*Plantago ovata L.*) نسبت به مصرف روی در شرایط تنفس شوری، در پاییز ۱۳۹۲ آزمایشی گلدانی به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با چهار تکرار اجرا شد. شوری با کلرید سدیم در پنج سطح (۰، ۵۰، ۱۰۰ و ۲۰۰ میلی‌مولا) و روی از منبع سولفات روی با سه سطح (۳/۸۵ (شاهد)، ۷/۷ و ۱۱/۵۵ میکرومولا) انتخاب شدند. نتایج نشان داد اثر شوری و روی و برهم‌کنش آن‌ها بر بیشتر شاخص‌های فیزیولوژیک گیاه اسفرزه معنی‌دار بودند. با افزایش غلظت روی در سطوح شوری صفر، ۱۰۰ و ۱۵۰ میلی‌مولا، قند محلول برگ ۵۰ درصد افزایش یافت. در سطح صفر و ۲۰۰ میلی‌مولا شوری، با افزایش غلظت روی میزان پرولین بیش از دو برابر افزایش یافت. شوری موجب افزایش درصد نشت الکتروولیت‌ها شد به طوری که با افزایش هر سطح شوری میزان نشت از ۳۰ تا ۵۰ درصد افزایش نشان داد. پروتئین محلول برگ با افزایش مصرف روی ۳۶ درصد افزایش یافت. به طور کلی مصرف ۷/۷ میکرومولا روی در همه صفات نتیجه بهتری را به همراه داشته است و از طرفی در سطوح شوری بالا در صورت مصرف مقادیر زیاد روی، مقدار مواد محلول سازگار (قندهای محلول و پرولین برگ) افزایش یافت. بنابراین می‌توان برای کاهش اثر شوری غلظت روی را در محلول هوگلنند تا ۷/۷ میکرومولا افزایش داد.

کلمات کلیدی: اسفرزه، خصوصیات فیزیولوژیک، روی، شوری

دارند. روی یکی از ضروری‌ترین عناصر ریزمغذی است که در بسیاری از اعمال زیستی نقش دارد، به عنوان مثال روی باعث ثبات غشای پلاسمایی سلول‌ها شده و همچنین کوفاکتور بسیاری از آنزیم‌های آنتی اکسیدانتیو است (Zhao *et al.*, 2005). گیاهان عمدهاً روی را به صورت کاتیون دو ظرفیتی جذب می‌کنند (Nan *et al.*, 2002). شوری خاک به دلیل جلوگیری از جذب آب و عناصر غذایی به درون گیاه یکی از محدودیت‌های رشد گیاهان زراعی محسوب می‌شود. واکنش

مقدمه:

اسفرزه یکی از گیاهان دارویی است که به سبب سازگاری آن با مناطق بیابانی می‌تواند در شرایط بروز عوامل محدود کننده محیطی همانند شوری تا حدی رشد نماید. ارزش دارویی این گیاه به موسیلاژ موجود در لایه‌های سطحی پوست دانه‌های آن می‌باشد (Patel and Mehta, 1986). عناصر ریز مغذی برای رشد طبیعی گیاهان مورد نیاز هستند و ضمن شرکت در ساختار بعضی از اندامک‌ها، در واکنش‌های بیوشیمیایی دخالت

دانشکده کشاورزی دانشگاه یاسوج انجام گرفت. آزمایش بصورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با چهار تکرار انجام شد. شوری با پنج سطح ۰، ۵۰، ۱۰۰، ۱۵۰ و ۲۰۰ میلی مولار و روی با سه سطح ۳/۸۵، ۷/۷ و ۱۱/۵۵ میکرومولار بود (غلظت های مختلف روی از نمک سولفات روی $ZnSO_4 \cdot 7H_2O$ Merck) و شوری از کلرید سدیم روی (NaCl Merck) تهیه گردید. با توجه به اینکه غلظت روی در محلول هوگلنند مورد استفاده ۳/۸۵ میکرومولار بود لذا این غلظت روی به عنوان شاهد در نظر گرفته شد و ۲ و ۳ برابر این غلظت به عنوان سطوح تیمار استفاده شد.

واحدهای آزمایشی شامل گلدانهایی با ابعاد ۲۰×۲۰ و ارتفاع ۲۵ سانتی متر و حاوی ماسه نرم و کاملاً شسته شده بودند که به این منظور ۵ بار با آب به خوبی شستشو شدند. در هر گلدان ۱۰ تا ۱۵ عدد بذر به عمق حدود ۳ سانتی متر قرار گرفت. از مرحله کاشت تا مرحله جوانه زنی آبیاری با آب صورت گرفت. سپس ماده غذایی یک چهارم هوگلنند استفاده شد. در مرحله دو برگی به بعد با محلول غذایی یک دوم هوگلنند (Hoagland and Arnon, 1950) آبیاری شدند. ترکیب محلول مورد استفاده عبارت است از:

1.755 mM $Ca(NO_3)_2$, 1.925 mM KNO_3 , 0.815 mM $MgSO_4$, 0.318 mM $NH_4H_2PO_4$, 0.069 mM $FeSO_4$, 0.082 mM H_3BO_3 , 0.061 mM $MnCl_2$, 0.004 mM $ZnSO_4$, 0.002 mM $CuSO_4$ and 0.0006 mM MoO_3 .

دو هفته بعد از استقرار، بوتهای گلدان تنک شدند و بوته در هر گلدان باقی ماند. در مرحله چهار برگی، ابتدا تیمار سولفات روی بر اساس تیمارهای آزمایشی ذکر شده اعمال و بعد از سه روز تیمار شوری اعمال گردید. میزان روی محسابه شده در محلول نیم هوگلنند ۳/۸۵ میکرومولار بود که به عنوان شاهد در نظر گرفته شد و بقیه تیمارها با اضافه کردن سولفات روی به محلول نیم هوگلنند تهیه می شدند. جهت اعمال شوری، تیمارهای شوری به طور کامل از ابتدا اعمال نشد بلکه اضافه کردن شوری در ابتدا به میزان ۵۰ میلی مولار شوری در هر سطح (جهت سازگار شدن گیاهان) انجام شد. در نوبت های بعد این مقادیر افزایش یافت و بعد از حدود دو هفته کل تیمار شوری مربوط به هر سطح اعمال گردید و در نهایت به سطوح

معمول گیاهان به بالا رفتن غلظت نمک در محیط ریشه؛ تنش اسمزی، سمیت یونی و کمبود عناصر غذایی است. هنگامی که گیاه در شرایط شوری قرار می گیرد، جریان متعادل انتقال یون های سدیم، کلر و دیگر یون ها مانند پتاسیم و کلسیم به هم می خورد (Good and Zaplachinski, 1994). شوری موجب تغییرات ساختمانی در ساقه و بافت آوندی گیاهان تحت تنش شده به طوری که بر اثر شوری تعداد دستجات آوندی کمتر و از اندازه آنها نیز کاسته می شود. ولی مصرف روی تشکیل دستجات آوندی را در گیاهان تحت تنش شوری بهبود می بخشد (کشاورز و ملکوتی، ۱۳۸۴). Hassan و همکاران (۱۹۷۰) همبستگی مثبت بین شوری، روی و منگنز و همبستگی منفی با آهن و مس را در جو (*Hordeum vulgare*) گزارش نمودند. گزارش شده که اضافه نمودن روی اثر سوء کلرید سدیم را در برنج (*Oryza sativa*) و باقلاء (*Vicia faba*) تعدیل می نماید. همچنین گزارش شده که روی نقش مهمی در بهبود عملکرد و درصد پروتئین گندم در شرایط شور دارد (Khoshgoftarmash et al., 2002).

با توجه به اهمیت و نقش گیاهان دارویی در صنایع مختلف و همچنین وجود منابع آب و خاک شور فراوان در کشور، نکته حائز اهمیت در تولید و پرورش این گونه های ارزشمند، افزایش تولید آنها با مدیریت صحیح می باشد. از نظر اقتصادی در بسیاری از موارد برای کاهش اثر خاک های خشک و شور از کود ریز مغذی روی استفاده می شود. لذا بررسی استفاده از کودهای ریزمغذی مانند روی در شرایط بروز عوامل محدود کننده طبیعی (شوری) می تواند کمک بسیار مهمی در توسعه کشت گیاه دارویی اسفرزه در اکثر نقاط کشور نماید. لذا تحقیق حاضر به منظور بررسی اثر روی بر برخی خصوصیات فیزیولوژیک گیاه اسفرزه در تنش شوری انجام شد.

مواد و روش ها:

گیاه اسفرزه (*Plantago ovata*) از خانواده بارهنگ (Plantaginaceae) می باشد. بذر این گیاه از موسمه پاکان بذر اصفهان تهیه شد. این آزمایش گلدانی در پاییز ۱۳۹۲ در گلخانه

می باشد که مطابق فرمول زیر محاسبه گردید. EC_1 و EC_2 هدایت الکتریکی محلول‌ها به ترتیب قبل و بعد از جوشیدن بوده است.

$$\% EC = (EC_1/EC_2) \times 100$$

میزان پرولین از روش (1979) Paquine and Lechasseur و میزان کل قندهای محلول نیز از روش (1992) Irigoyen و همکاران (1992) اندازه‌گیری شد. برای اندازه‌گیری پرولین و قندهای محلول ابتدا از ۰/۵ گرم از بافت برگی عصاره اتانولی تهیه شد. سپس میزان پرولین با کمک معرف نین هیدرین و بنزن و با استفاده از منحنی استاندارد محاسبه شد. برای محاسبه قندهای محلول، ۰/۱ میلی‌لیتر از عصاره الکلی انتخاب شد و سپس ۳ میلی‌لیتر آنtronon تازه تهیه شده به آن اضافه و به مدت ۱۰ دقیقه در حمام آب جوش قرار داده شد. پس از خنک شدن نمونه‌ها در محیط آزمایشگاه، میزان جذب نمونه‌ها در طول موج ۶۲۵ نانومتر با استفاده از دستگاه اسپکتروفوتومتر (مدل SHIMADZO 54A) قرائت گردید و با استفاده از منحنی استاندارد میزان قندهای محلول محاسبه گردید. شاخص کلروفیل برگ با دستگاه اسپاد (مدل SPAD-502PLUS) قرائت شد. جهت اندازه‌گیری میزان کمی پروتئین از روش Bradford (1976) استفاده شد که مقدار ۰/۲ گرم از بافت برگ نگهداری شده در فریزر (دمای ۴۰- درجه سانتی‌گراد) در هاون چینی سرد و در ظرف یخ با ۲ میلی‌لیتر بافر فسفات ۰/۱ مولار با اسیدیته ۶/۸ هموژن و سانتریفیوژ گردید. مایع بالایی بدست آمده برای اندازه‌گیری مقدار پروتئین محلول مورد استفاده قرار گرفت و جذب نمونه در طول موج ۵۹۵ نانومتر با دستگاه اسپکتروفوتومتر (مدل SHIMADZO 54A) قرائت گردید.

برای محاسبه متوسط مساحت برگ یک بوته، از هر گلدان ۳ بوته انتخاب شد. سپس طول و عرض برگ‌های هر کدام از بوته‌ها بر حسب سانتی‌متر در هم‌دیگر و در ضربی ۰/۷ ضرب شدند و در نهایت میانگین مساحت برگ این سه بوته بر حسب سانتی‌متر محاسبه گردید (براساس معادله رگرسیون خطی بین مساحت حقیقی و مساحت تخمینی (بزرگترین عرض × طول)، ضربی ۰/۷ یا شب خط محاسبه گردید).

شوری مورد نظر (پنج سطح تنش شوری صفر، ۵۰، ۱۰۰، ۱۵۰ و ۲۰۰ میلی‌مولاًر محلول کلرید سدیم) رسید که معادل ۱/۳، ۱۱/۸۹، ۶/۱۵ و ۲۱/۳۲ دسی‌زیمنس بر متربود. در زمان مشاهده شوره در سطح گلدان‌ها، به منظور جلوگیری از تجمع بیش از حد نمک، علاوه بر زهکشی گلدانی، آبشویی با آب مقطر به طور یکنواخت برای تمامی تیمارها صورت گرفت تا شوره از بین رفته و آبشویی کامل صورت گیرد (پس از مشاهده شوره به میزان حدود ۱ لیتر در هر گلدان با آب مقطر آبشویی کامل صورت گرفت تا شوره مشاهده شده از بین رود).

دو ماه بعد از شروع اعمال شوری، از هر گلدان سه بوته انتخاب گردید. نمونه‌گیری از گلدان‌ها در ساعت ۸ صبح انجام شد. به منظور جلوگیری از تغییر میزان پرولین، رنگدانه‌های کلروفیل، پروتئین و قندهای محلول، نمونه‌ها پس از قرارگرفتن در ظرف حاوی یخ، به آزمایشگاه منتقل شده و تا زمان استفاده در دمای ۴۰- درجه‌سانتی‌گراد نگهداری شدند. در پایان آزمایش محتوای آب نسبی، درصد نشت الکترولیت، پرولین، قند محلول برگ، شاخص کلروفیل، پروتئین محلول برگ و مساحت برگ‌های یک بوته اندازه‌گیری شد. برای اندازه‌گیری Mishra and Choudhuri (RWC) از روش (1999) و از برگ تازه گیاهی و بر اساس رابطه زیر استفاده شد.

$RWC = \frac{\text{وزن آماس}}{\text{وزن خشک شده در آون - وزن}} \times 100$

برای اندازه‌گیری درصد نشت الکترولیت مطابق روش Beltrano and Ranco (2008) ۰/۲ گرم وزن تر برگ از هر تکرار انتخاب شد و به صورت برش‌های ۱۰ الی ۱۵ میلی‌متری قیچی گردید. سپس نمونه‌ها در ظرف آب مقطر به مدت ۲۴ ساعت در دمای اتاق نگهداری شد و EC آن اندازه‌گیری گردید. در مرحله بعد برگ‌ها در حمام آب جوش در دمای ۷۵ درجه سانتی‌گراد به مدت ۹۰ دقیقه گذاشته شد و برای بار دوم EC آن‌ها (EC_2) پس از سرد شدن اندازه‌گیری گردید. درصد هدایت الکتریکی بیانگر مقدار نشت الکتریکی مواد از غشاء

برگ مهم‌ترین دلیل کاهش رشد گیاه بر اثر شوری عنوان می-شود (Wang *et al.*, 2001). در اثر شوری سرعت گسترش برگ‌ها کاهش یافته و در واقع سریع‌ترین واکنش در مقابله با تنفس شوری کاهش توسعه سطح برگ است و به دنبال آن با افزایش شدت تنفس، رشد و توسعه سطح برگ متوقف می‌شود (Zhu, 2001). طبق نتایج بدست آمده مصرف مقادیر زیاد روی با کاهش سطح برگ همراه بود. بهتاش و همکاران (۱۳۸۹) گزارش کردند که کاربرد روی در گیاه چغandler لبوبی باعث افزایش معنی‌دار سطح برگ گردید. در این مطالعه مقادیر کم و متوسط کاربرد روی سطح برگ را افزایش داد اما کاربرد مقادیر زیاد روی به دلیل اثر سمیت، کاهش سطح برگ را موجب شد.

شاخص کلروفیل: تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثر تنفس شوری در سطح ۱٪ و روی در سطح احتمال ۵٪ بر میزان شاخص کلروفیل معنی‌دار بودند اما برهم‌کنش شوری و روی بر این صفت معنی‌دار نشد (جدول ۱). با توجه به شکل ۱، افزایش سطح شوری موجب کاهش میزان شاخص کلروفیل شد. در تیمار بدون تنفس بیشترین میزان شاخص کلروفیل (۴۰/۹) بدست آمد و کمترین میزان شاخص کلروفیل (۳۵/۳) مربوط به سطح شوری ۱۵۰ میلی‌مولاًر بود، که البته با سطوح ۱۰۰ و ۲۰۰ میلی‌مولاًر تفاوت معنی‌داری نداشت. نتایج نشان داد که با افزایش غلظت شوری میزان شاخص کلروفیل ۱۳/۶۹ درصد کاهش یافت. در تأیید نتایج بدست آمده، حیدری و همکاران (۱۳۹۰) بیان کردند که با افزایش سطح تنفس شوری از شاهد به ۲۰۰ میلی‌مولاًر نمک NaCl در محیط ریشه، از میزان کلروفیل کاسته می‌شود. با افزایش غلظت نمک در محیط رشد، محتوای کلروفیل برگ به دلیل کمبود یون‌های منزیم و پتاسیم (به عنوان عناصر اصلی در سنتز کلروفیل) و کاهش نسبت پتاسیم به سدیم و همچنین تخریب ساختمان کلروفیل کاهش می‌یابد (Oraei *et al.*, 2009) که نتایج این تحقیق نیز کاهش نسبت پتاسیم به سدیم را نشان داد. از دیگر دلایل کاهش محتوای کلروفیل، به علت مشترک بودن مسیر بیوستزی کلروفیل و آلفا توكوفرول می‌باشد که گیاه در این شرایط (تنفس شوری) می‌تواند با توقف بیوستزی کلروفیل، مسیر بیوستزی

تجزیه آماری با استفاده از نرم افزارهای SAS و رسم نمودارها با Excel و مقایسه میانگین‌های اثرات اصلی با آزمون حداقل میانگین مربعات (LSD) در سطح ۵٪ و برای صفاتی که اثر متقابل معنی‌دار داشتند از روش برش‌دهی و مقایسه میانگین به روش L.S.Means استفاده گردید.

نتایج و بحث:

سطح برگ: جدول تجزیه واریانس (جدول ۱) بیانگر معنی‌دار بودن برهم‌کنش شوری و روی برای سطح برگ در سطح احتمال ۵٪ بود. مقایسه میانگین شوری و روی (جدول ۲) نشان داد که در سطح شوری ۱۰۰ میلی‌مولاًر، مصرف کمترین میزان روی موجب شد بیشترین سطح برگ (۱۲/۲ سانتی‌متر مربع) بدست آید. کمترین سطح برگ (۲/۶ سانتی‌متر مربع) نیز در بالاترین سطح شوری و بیشترین میزان روی مصرفی بدست آمد طوری که با بیشترین سطح برگ ۷۸/۶۸ درصد اختلاف داشت. عناصری همانند روی، که به مقدار کم مورد نیاز هستند عناصر کم مصرف نام دارند. نیاز کم گیاهان به عناصر کم-صرف را می‌توان به علت مشارکت این عناصر در واکنش‌های آنزیمی و شرکت در اجزاء هورمون‌های گیاهی دانست. روی، مانند بسیاری از عناصر غذایی کم مصرف دیگر اگر به مقدار زیاد استفاده شود برای گیاه سمی است. در این مطالعه اثر سمیت شوری و افزایش روی در محلول غذایی اثر هم افزایی داشته و باعث کاهش سطح برگ شدند.

جدول برش‌دهی (جدول ۳) نیز نشان داد که اثر روی بر سطح برگ در همه‌ی سطوح شوری (به جز سطح شوری ۵۰ میلی‌مولاًر) معنی‌دار بود. در سطح اول شوری مصرف ۷/۷ میکرومولاًر روی با بیشترین سطح برگ همراه بود. در سطح سوم شوری با مصرف کمترین میزان روی بیشترین سطح برگ بدست آمد. در سطح چهارم نتایجی مشابه با سطح اول بدست آمد. و بالاخره در سطح ۲۰۰ میلی‌مولاًر شوری مصرف کمترین میزان روی باعث شد بیشترین سطح برگ بدست آید (جدول ۲). در این مطالعه در همه سطوح شوری، مصرف مقادیر زیاد روی با کاهش سطح برگ همراه بود. کاهش سطح

جدول ۱- تجزیه واریانس سطح برگ، شاخص کلروفیل، محتوای قند، پرولین، پروتئین، درصد نشت الکتروولیتها و محتوای آب نسبی اسفرزه

منابع تغییرات	آزادی	درجه	سطح برگ	شاخص کلروفیل	قندهای محلول برگ	پرولین برگ	پروتئین	درصد نشت الکتروولیتها	نسبی
شوری	۴	۲۷/۰۸ **	۷۱/۹۹ **	۱۹/۳۱ **	۱/۵۶ n.s	۱۰/۷۹ *	۷۷۱۸/۹۷ **	۲۳۱/۷۳ **	۷۷۱۸/۹۷
روی	۲	۱۳۹/۸۰ **	۲۱/۸۴ *	۷/۲۵ n.s	۳/۳۱ **	۴۰/۲۶ **	۱۴۹/۹۷ n.s	۸۲/۸۳ n.s	۱۴۹/۹۷
شوری × روی	۸	۱۰/۲۲ *	۹/۷۴ n.s	۲۴/۹۸ **	۳/۵۵ **	۴/۵۴ n.s	۳۵۲/۹۹ *	۶۷/۷۴ n.s	۳۵۲/۹۹
خطا	۴۵	۴/۶۵	۶/۳۹	۴/۴۱	۰/۶۱	۳/۳۷	۱۴۲/۵۸	۳۷/۶۰	۱۴۲/۵۸
ضریب تغییرات		۲۶/۹۶	۶/۷۹	۲۲/۴۷	۳۳/۷۴	۲۹/۵۵	۳۴/۵۸	۷/۶۵	

* و ** به ترتیب نشان‌دهنده معنی دار بودن در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد و n.s معنی دار نمی‌باشد.

جدول ۲- اثر برهم‌کش شوری و روی، بر قندهای محلول، پرولین و درصد نشت الکتروولیتها در اسفرزه

عامل های آزمایش	سطح برگ (ساناتی متر)	قندهای محلول برگ (میلی- پرولین برگ (میکرومول	درصد نشت الکتروولیتها	بر گرم وزن تر برگ)	گرم بر گرم وزن تر برگ)	مربع)	شوری (میلی مولار)	روی (میکرومولار)
۳/۸۵	۹/۳ a	۵/۳ b	۰/۸۶ b	۴/۴ a	۱/۷۶ a	۰/۸۶ b	۵/۸ a	۵/۹ a
۷/۷	۱۲/۰۶ a	۹/۹ a	۱/۷۶ a	۱۰/۹ a	۲/۴۵ a	۱/۷۶ a	۱۱/۹ a	۱۰/۹ a
۱۱/۵۵	۵/۴ b	۱۰/۵ a	۲/۴۵ a	۱۸/۰ a	۲/۳۴ a	۱/۷۶ a	۱۱/۹ a	۱۱/۹ a
۳/۸۵	۹/۳ a	۱۰/۹ a	۲/۰۴ a	۱۰/۹ a	۲/۰۴ a	۲/۰۴ a	۱۱/۹ a	۱۰/۹ a
۷/۷	۱۱/۰۱ a	۷/۲ b	۳/۰۴ a	۱۱/۰ a	۲/۳۴ a	۱/۸۰ b	۴۰/۷ a	۴۰/۷ a
۱۱/۵۵	۷/۵ a	۷/۷ b	۲/۰۴ b	۱۸/۰ a	۲/۳۴ a	۲/۰۴ b	۳۷/۲ a	۳۷/۲ a
۳/۸۵	۱۲/۲ a	۷/۹ b	۳/۵۵ a	۲۷/۱ a	۱/۸۰ b	۱/۸۰ b	۵۴/۴ a	۵۴/۴ a
۷/۷	۷/۶ b	۱۰/۸ a	۱/۸۰ b	۴۰/۷ a	۲/۰۰ a	۳/۰۰ a	۵۳/۷ a	۵۳/۷ a
۱۱/۵۵	۷/۸ b	۱۲/۴ a	۱/۹۰ a	۵۲/۵ a	۲/۱۸ a	۲/۱۸ a	۵۲/۵ a	۵۲/۵ a
۳/۸۵	۷/۲ a	۱۱/۱ a	۱/۷۱ b	۸۰/۲ a	۱/۷۱ b	۱/۷۱ b	۴۵/۰۴ b	۴۵/۰۴ b
۷/۷	۶/۵ a	۹/۱ a	۴/۳۴ a	۶۹/۶ a	۱۲/۶ a	۱۲/۶ a	۶۹/۶ a	۶۹/۶ a
۱۱/۵۵	۲/۶ b	۱۲/۶ a	۱/۷۶ b	۱۱/۵ a	۸/۰۹ b	۸/۰۹ b	۵/۴ a	۵/۴ a

اعداد با حروف مشابه در هر ستون و در هر سطح شوری تفاوت معنی داری در سطح پنج درصد بر اساس آزمون L.S.Means ندارند.

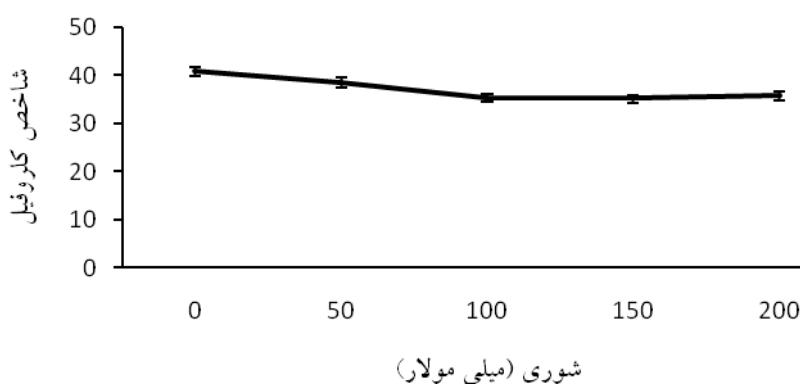
نتایج شکل ۲، نشان داد که بیشترین میزان شاخص کلروفیل (۳۸/۲) با مصرف کمترین میزان روی (۳/۸۵ میکرومولار) بدست آمد که البته با مصرف ۷/۷ میکرومولار روی تفاوت معنی داری نداشت و با مصرف بیشترین میزان روی (۱۱/۵۵

آلفا توکوفرول را فعال نماید و همچنین ممکن است به دلیل تغییر مسیر متابولیسم نیتروژن در ساخت ترکیب‌هایی نظیر پرولین باشد که برای تنظیم اسمزی به کار می‌روند (Kaya et al., 2001).

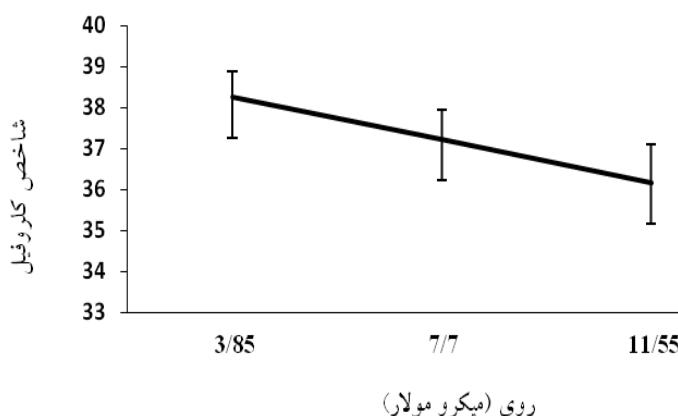
جدول ۳- تجزیه واریانس برش دهی اثر شوری بر سطح برگ، محتوای قند، پرولین و درصد نشت الکترولیت‌ها در اسفرزه

سطوح شوری	درجه آزادی	سطح برگ	قندهای محلول برگ	پرولین برگ	درصد نشت الکترولیت‌ها
صفر	۲	۴۴/۳۱**	۳۲/۶۰**	۲/۵۴*	۲/۸۴ ^{ns}
۵۰	۲	۱۱/۹۷ ^{ns}	۲۰/۷۴*	۱/۰۵ ^{ns}	۵۸/۰۱ ^{ns}
۱۰۰	۲	۵۰/۱۳**	۲۱/۳۰*	۲/۵۷**	۱۹۷/۶۸ ^{ns}
۱۵۰	۲	۴۸/۵۹**	۱۹/۴۵*	۱/۲۹ ^{ns}	۳/۷۰ ^{ns}
۲۰۰	۲	۲۵/۶۷**	۱۲/۰۶ ^{ns}	۹/۰۶**	۱۳۰/۳/۷۰**

* و ** به ترتیب نشان‌دهنده معنی‌دار بودن در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد و ns معنی‌دار نمی‌باشد.



شکل ۱- اثر شوری بر شاخص کلروفیل گیاه اسفرزه (مقادیر میانگین ± خطای استاندارد می‌باشد)



شکل ۲- اثر روی بر شاخص کلروفیل گیاه اسفرزه (مقادیر میانگین ± خطای استاندارد می‌باشد)

در این آزمایش نتایج عکسی بدست آمد و با افزایش مصرف روی، شاخص کلروفیل به میزان ناچیزی کاهش یافت که ممکن است به دلیل اثر روی بر سطح برگ باشد که با افزایش سطح برگ، کلروفیل رقیق می‌شود. روی، مانند بسیاری از عناصر غذایی کم مصرف دیگر اگر به مقدار زیاد استفاده شود برای گیاه سمی است.

قندهای محلول: جدول ۱، نشان داد که برهم‌کنش شوری و

میکرومولار)، کمترین میزان شاخص کلروفیل معادل ۳۶/۱ بودست آمد که با بیشترین میزان ۵/۴۹ درصد اختلاف داشت. روی از طریق محافظت از گروه سولفیدریل باعث سنتر کلروفیل می‌گردد (Cakmak, 2000). پورفوویلینوژن پیش ماده کلروفیل می‌باشد که برای تشکیل این ماده منزیم و روی مورد نیاز است (Beale, 1999). در حضور روی تشکیل و تکمیل کلروفیل تسهیل می‌گردد (Lebedev and Timco, 1998). اما

ترکیبات از مسیرهای غیر فتوسترنی و متوقف شدن رشد گیاه باشد (قربانلی و همکاران، ۱۳۸۴). افزون بر این، کاهش مصرف قند به دلیل کاهش فتوسترن در طی تنش شوری نیز عامل دیگری برای افزایش غلظت قندهای محلول در سلول می‌تواند باشد (Parvaiz and Satyawati, 2008).

این افزایش در غلظت قندهای محلول می‌تواند یک پاسخ نسبت به تغییرات میزان محتوای آب نسبی و پتانسیل آب برگ‌ها در اسفرزه باشد، زیرا افزایش در غلظت قندهای محلول تحت شرایط تنش شوری در بهبود وضعیت آب برگ و القای تحمل به تنش شوری نقش مهمی ایفا می‌کند.

پرولین: طبق نتایج جدول ۱، برهمنکش شوری و روی در سطح احتمال ۱٪ بر صفت پرولین معنی دار بود. جدول ۳، نشان می‌دهد که بیشترین میزان پرولین معادل ۴/۳۴ میکرومول بر گرم وزن تر برگ از مصرف ۷/۷ میکرومولار روی در بیشترین سطح شوری بدست آمد. کمترین میزان پرولین (۰/۸۶) میکرومول بر گرم وزن تر برگ) نیز از کمترین میزان روی مصرفی در تیمار شاهد (سطح شوری صفر) بدست آمد، که نسبت به بیشترین میزان پرولین ۸۰/۱۸ درصد کاهش نشان داد. طبق نتایج جدول ۳، در سه سطح شوری صفر (شاهد)، ۱۰۰ و ۲۰۰ میلیمولار، روی اثر معنی داری بر میزان پرولین داشت. جدول ۳، نشان می‌دهد که در تیمار شاهد، مصرف بالاترین میزان روی باعث شد بیشترین میزان پرولین به وجود آید که البته با مصرف ۷/۷ میکرومولار روی تفاوت معنی داری نداشت. در سطح شوری ۱۰۰ میلیمولار، مصرف کمترین میزان روی و در سطح ۲۰۰ میلیمولار شوری، مصرف ۷/۷ میکرومولار روی، بیشترین میزان پرولین را ایجاد کردند. نتایج نشان دادند که افزایش غلظت شوری موجب افزایش میزان پرولین شده است؛ از طرفی در تیمار شاهد با افزایش مصرف روی میزان پرولین نیز افزایش پیدا می‌کند اما در سطح شوری ۵۰، ۱۵۰ و ۲۰۰ میلیمولار با افزایش مصرف روی تا حد ۷/۷ میکرومولار میزان پرولین افزایش می‌یابد و مقادیر بیشتر از آن با کاهش میزان پرولین همراه است (جدول ۲). Delaney و همکاران (۱۹۹۳) اعلام کردند عناصر روی و منگنز به خصوص

روی در سطح احتمال ۱٪ بر محتوای قند گیاه اسفرزه معنی دار شد. طبق نتایج جدول ۳، بیشترین مقدار قند معادل ۱۲/۶ میلی گرم بر گرم وزن تر برگ از مصرف ۱۱/۵۵ میکرومولار روی در سطح شوری ۲۰۰ میلی مولار بدست آمد و کمترین آن معادل ۵/۳ میلی گرم بر گرم وزن تر برگ مربوط به کمترین سطح شوری و کمترین میزان روی مصرفی بود که نسبت به بیشترین مقدار ۵۷/۹۳ درصد کاهش نشان داد. طبق نتایج گزارش شده در جدول ۳، در تمام سطوح شوری (به جز سطح ۲۰۰ میلی مولار) اثر روی بر محتوای قند معنی دار می‌باشد. جدول ۳ نشان داد که در اولین سطح شوری (شاهد) و شوری ۱۵۰ میلی مولار، بالاترین روی مصرفی بیشترین محتوای قند را ایجاد کرد. در سطح شوری ۵۰ میلی مولار، مصرف ۳/۸۵ میکرومولار روی و در سطح شوری ۱۰۰ میلی مولار، مصرف ۷/۷ میکرومولار روی با بیشترین محتوای قند همراه بودند. به طور کلی در همه سطوح شوری (به جز سطح ۵۰ میلی مولار) با افزایش مصرف روی، محتوای قند محلول افزایش می‌یابد (جدول ۲).

روی در متابولیسم کربوهیدرات‌ها در گیاهان دخالت دارد. خلد برین و اسلام زاده (۱۳۸۴) اعلام کرد که عنصر روی به عنوان یک کوفاکتور در فعال کردن چندین آنزیم دخالت می‌کند که این آنزیم‌ها در متابولیسم کربوهیدرات و پروتئین نقش دارند. مطالعات بیوشیمیایی نشان داده که در گیاهان تحت تنش شوری تعدادی از ترکیبات آلی (محلول‌های سازگارکننده) تجمع می‌یابد، این ترکیبات تداخلی در فرایندهای شیمیایی آن‌ها وارد نمی‌کنند. از این ترکیبات می‌توان به انواعی از کربوهیدرات‌های محلول (مانیتول، ساکارز، رافینوز و الیگوساکارید) و ترکیبات نیتروژنه (اسیدهای آمینه، پرولین و گلیسین بتائین) اشاره کرد. با افزایش شوری جذب یون‌های Na^+ و Cl^- وجود دارد و این یون‌ها در واکوئل کدهبندی می‌شوند، در این شرایط واکوئل پتانسیل آبی پایینی دارد و آب را از سیتوپلاسم جذب می‌کند (Basra and Basra, 1997)؛ برای رفع این مشکل گیاه محلول‌های آلی تولید می‌کند. افزایش قندهای محلول در طی تنش می‌تواند به دلیل تخریب کربوهیدرات‌های نامحلول، سنتز این

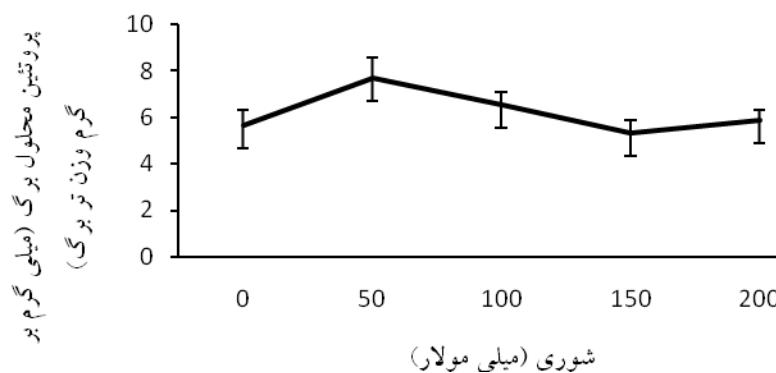
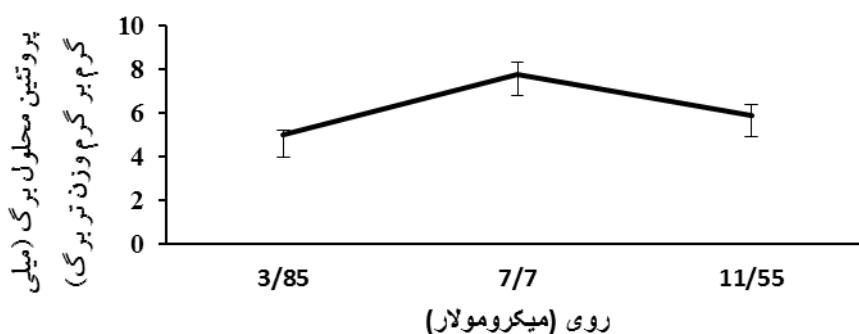
تغییرات ساختمانی و افزایش نشت غشا می‌گردد. مقایسه میانگین به روش برش دهی (جدول ۳) نیز نشان داد که اثر روی بر درصد نشت الکتروولیت‌ها، فقط در سطح ۲۰۰ میلی‌مولا ر شوری معنی دار گردید. در این سطح شوری با مصرف ۳/۵۸ میکرومولا ر روی بیشترین درصد نشت به دست آمد که البته با مصرف ۱۱/۵۵ میکرومولا ر روی تفاوت معنی داری نداشت؛ و کمترین درصد نشت مربوط به مصرف ۷/۷ میکرومولا ر سولفات روی بود. به طور کلی افزایش سطوح شوری با افزایش درصد نشت همراه بود؛ به طوری که با افزایش هر سطح شوری میزان نشت از ۳۰ تا ۵۰ درصد افزایش نشان داد (جدول ۲). از طرفی در سطوح شوری بالا، افزایش میزان روی باعث کاهش درصد نشت الکتروولیت‌ها شد. et al., 2005 روی باعث ثبات غشای پلاسمایی سلول‌ها می‌شود (Zhao 2005) و همچنین از طریق افزایش آنزیم‌های آنتی اکسیدانتیو از آثار مخرب رادیکال‌های آزاد و مواد اکسیدکننده جلوگیری می‌کند (Aravind and Prasad, 2003) بنابراین نشت الکتروولیت‌ها کاهش می‌یابد. شوری می‌تواند از طریق تولید Reactive Oxygen گونه‌های مختلف احیاگرهای اکسیژن (Ashraf and Species, ROS) سبب تنش اکسیدانتیو نیز شود (Harris, 2004). این ترکیبات به بسیاری از ترکیبات سلولی نظیر چربی‌ها، پروتئین‌ها، کربوهیدرات‌ها و اسیدهای نوکلئیک صدمه می‌زنند و با تغییر ساختمان غشا، در اثر پراکسیداسیون چربی‌ها و پروتئین‌ها (Liang et al., 2003)، تراوایی غشای سلولی را افزایش می‌دهند که منجر به نشت الکتروولیت‌های موجود در داخل سلول به سمت بیرون می‌شود و در نتیجه رشد گیاه تحت تأثیر قرار می‌گیرد.

پروتئین محلول برگ: اثر نتش شوری در سطح احتمال ۰.۵٪ روی در سطح احتمال ۱٪ بر میزان پروتئین محلول برگ معنی داری بود، اما برهم‌کنش آن‌ها بر این صفت معنی دار نبود (جدول ۱). بیشترین میزان پروتئین محلول در سطح شوری ۵۰ میلی‌مولا ر به میزان ۷/۷ میلی‌گرم بر گرم وزن تر برگ بدست آمد که با سطح شوری ۱۰۰ میلی‌مولا ر تفاوت معنی داری نداشت. سطح شوری ۱۵۰ میلی‌مولا ر باعث بدست آمدن

در ارقام متحمل به خشکی در شرایط تنش نقش افزایش دهنده در فرایند تنظیم اسمزی (به‌واسطه افزایش میزان پرولین و یا قندهای محلول) دارند. پرولین به‌طور کلی از دو مسیر عمدۀ ساخته می‌شود، مسیر گلوتامات که آنزیم‌های آن در سیتوپلاسم قرار دارند و مسیر اورنتین که آنزیم‌های آن در میتوکندری واقع هستند. مسیر گلوتامات در گیاهان آلی اهمیت بیشتری دارد و به‌نظر می‌رسد آنزیم‌های کلیدی این مسیر به محلول‌پاشی روی و آهن واکنش مثبت نشان می‌دهند (Delaney et al., 1993). Cavelier (1983) اعلام کرد افزایش پرولین در گیاهان تحت تنش شوری در واقع نوعی واکنش از طرف گیاه به کاهش پتانسیل آب در محیط ریشه است. پرولین به تنظیم اسمزی در طول تنش (McNeil et al., 1999) و حفظ ساختمان اولیه ماکرومولکول‌ها و غشایها در طول افزایش دهیدراسیون کمک می‌نماید (Hoekstra et al., 2001). پرولین در کنار تنظیم اسمزی وظایف دیگری همچون حفاظت از غشای پلاسمایی، زدودن رادیکال‌های هیدروکسیل و اکسیژن فعال نیز دارد و Bartels and Sunkar, 2005 می‌تواند منبعی برای کربن و نیتروژن قرار گیرد ().

در نهایت، می‌توان اظهار داشت که برای جبران حداقل برخی اثرهای مضر تنش، عناصر ریز مغذی مانند روی که در تنظیم اسمزی اسفرزه (بواسطه افزایش میزان پرولین و یا قندهای محلول) نقش مهمی بازی می‌کند، می‌تواند در مقاومت به تنش شوری این گیاه مؤثر بوده و ایفای نقش کند.

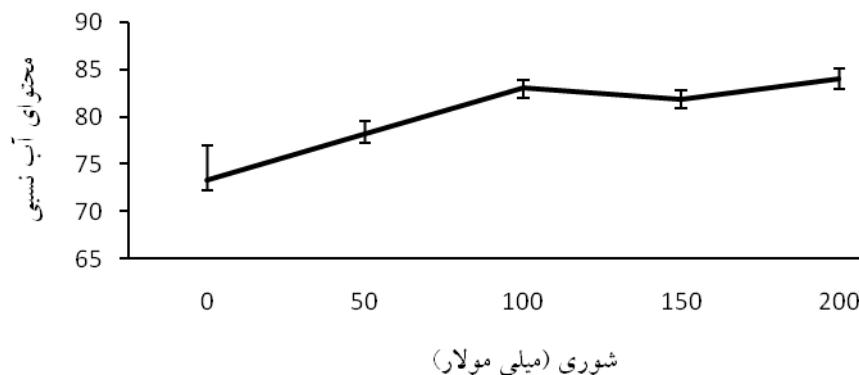
درصد نشت الکتروولیت‌ها: نتایج تجزیه واریانس حاکی از معنی دار بودن برهم‌کنش شوری و روی بر درصد نشت الکتروولیت‌ها بود (جدول ۱). مقایسه میانگین برهم‌کنش شوری و روی بر درصد نشت الکتروولیت‌ها (جدول ۲) نشان داد که با مصرف ۳/۵۸ میکرومولا ر روی، بیشترین درصد نشت الکتروولیت‌ها (۸۰/۲ درصد) مربوط به سطح ۲۰۰ میلی‌مولا ر شوری و کمترین آن (۴/۴ درصد) مربوط به سطح صفر میلی‌مولا ر شوری بود. کمترین و بیشترین درصد نشت الکتروولیت‌ها ۹۴/۵۱ درصد با هم اختلاف داشتند. افزایش میزان یون سدیم در اندامک‌های سلول نظیر کلروپلاست و واکوئل، باعث ایجاد

شکل ۳- اثر شوری بر پروتئین محلول برگ گیاه اسفرزه (مقادیر میانگین \pm خطای استاندارد می‌باشد)شکل ۴- اثر سولفات روی بر پروتئین محلول برگ گیاه اسفرزه (مقادیر میانگین \pm خطای استاندارد می‌باشد)

ساختار فضایی این آنزیم به دلیل آب کشیدگی سلول می‌باشد (Parida and Das, 2005).

بیشترین میزان پروتئین محلول برگ (۷/۷ میلی گرم بر گرم وزن تر برگ) با مصرف ۷/۷ میکرومولار روی بدست آمد. مصرف ۳/۸۵ میکرومولار روی باعث شد میزان پروتئین محلول ۳۶۷۳۶ درصد کاهش یابد و به ۴/۹ میلی گرم بر گرم وزن تر برگ برسد (شکل ۴). طبق نتایج، مصرف مقادیر بالا و پایین روی با کاهش میزان پروتئین محلول برگ همراه بودند اما با مصرف ۷/۷ میکرومولار روی میزان پروتئین محلول افزایش یافت. تحقیقات نشان می‌دهد مصرف برخی از عناصر ریزمغذی و از همه مهم‌تر عنصر روی باعث افزایش پروتئین محلول در اندام‌های هوایی و دانه ذرت می‌شود (شرفی و همکاران, ۱۳۸۱). روی از طریق اتصال به گروه سولفیدریل (-SH) باعث استحکام آنزیم‌ها، پروتئین‌ها و ساختمان چربی غشای سلول می‌شود (Powell, 2000).

کمترین میزان پروتئین محلول (۵/۳ میلی گرم بر گرم وزن تر برگ) گردید که نسبت به سطح شوری ۵۰ میلی مولار، ۳۱/۱۶ درصد کاهش نشان داد (شکل ۳). در تأیید نتایج بدست آمده، حیدری و همکاران (۱۳۹۰) بیان کردند که با بالا رفتن میزان شوری از شاهد به ۲۰۰ میلی مولار نمک NaCl به طور معنی داری از مقدار پروتئین‌های محلول گیاه اسفرزه کاسته می‌شود؛ میزان این کاهش معادل ۴۲/۱ درصد بود. شوری موجب ممانعت از سنتز پروتئین‌ها در گیاه می‌شود و در نتیجه مقدار پروتئین‌های موجود در گیاه در پاسخ به شوری کاهش می‌باید (Parida and Das, 2005). همچنین شوری با تغییر در ساختمان پروتئین‌ها موجب کاهش فعالیت بسیاری از آنزیم‌های موجود در گیاه می‌گردد؛ برای مثال، سبب کاهش فعالیت آنزیم اصلی فتوستتر، یعنی روپیسکو، می‌شود و به نظر می‌رسد که این کاهش فعالیت، ناشی از اختلال اسیدیته استرومای کلروپلاست به دنبال خروج یون پتاسیم و همچنین تغییر

شکل ۵- اثر شوری بر محتوای آب نسبی برگ گیاه اسفرزه (مقادیر میانگین \pm خطای استاندارد می‌باشد)

شدید نبود که نشان‌دهنده بقای گیاه در شرایط تنش و انجام فتوستتر می‌باشد از طرفی بعد از بارهنج کمیر، اسفرزه توانست محتوای نسبی آب خود را تحت شرایط تنش بهتر حفظ نماید.

نتیجه‌گیری:

نتایج نشان دادند که افزایش غلاظت شوری موجب افزایش محتوای قدر محلول و پرولین شده است؛ از طرفی در سطح شوری ۵۰، ۱۵۰ و ۲۰۰ میلی‌مولار با افزایش مصرف روی تا حد ۷/۷ میکرومولار میزان پرولین افزایش می‌یابد. در نهایت، می‌توان اظهار داشت که برای جبران برخی اثرهای مضر تنش، استفاده از عناصر ریز مغذی مانند روی که در تنظیم اسمزی اسفرزه نقش مهمی بازی می‌کنند، می‌تواند در مقاومت به تنش شوری این گیاه مؤثر بوده و ایفای نقش کند. به طور کلی افزایش سطوح شوری با افزایش درصد نشت همراه بود؛ به طوری که با افزایش هر سطح شوری میزان نشت از ۳۰ تا ۵۰ درصد افزایش نشان داد. از طرفی در سطوح شوری بالا، افزایش میزان روی باعث کاهش درصد نشت الکترولیت‌ها شد. با بالا رفتن میزان شوری از مقدار پروتئین‌های محلول گیاه اسفرزه کاسته شد؛ همچنین مصرف مقادیر بالا و پایین روی با کاهش میزان پروتئین محلول برگ همراه بودند اما با مصرف ۷/۷ میکرومولار روی میزان پروتئین محلول افزایش یافت.

ح. و اوستان، ش. (۱۳۸۹) اثر روی و کادمیوم بر رشد، مقدار کلروفیل، فتوستتر و غلاظت کادمیوم در چغندر لبویی،

می‌کنند که در شرایط کمبود روی، فعالیت آنزیم RNA پلی‌مراز و انتقال اسیدهای آمینه کاهش یافته و تجزیه و تخریب RNA شدت می‌یابد؛ در نتیجه سنتز پروتئین به شدت کاهش می‌یابد.

محتوای آب نسبی: اثر متقابل تنش شوری و روی بر محتوای آب نسبی معنی‌دار نشد. اما اثر تنش شوری در سطح ۱٪ بر این صفت معنی‌دار گردید (جدول ۱). بیشترین محتوای نسبی آب (۸۴/۰۳ درصد) در بالاترین سطح شوری (۲۰۰ میلی‌مولار) بدست آمد که با سطوح شوری ۱۵۰ و ۱۰۰ میلی‌مولار تفاوت معنی‌داری نداشت. کمترین محتوای آب نسبی به میزان ۷۳/۲ درصد مربوط به تیمار شاهد (سطح صفر) بود که با بیشترین مقدار ۱۲/۸۸ درصد اختلاف داشت (شکل ۵). طبق نتایج بدست آمده شوری محتوای آب نسبی را افزایش داده است که این افزایش در سطوح بالاتر شوری بیشتر می‌باشد (شکل ۵).

کاهش پتانسیل آب در محیط اطراف ریشه گیاه به کاهش پتانسیل آب گیاه منجر می‌شود و در نتیجه گیاه با کاهش پتانسیل آبی، کارایی مصرف آب و محتوای آب نسبی بافت‌ها را در پاسخ به تنش‌های شوری افزایش می‌دهد و آب کمتری را از طریق تبخیر و تعرق از برگ‌های خود خارج می‌کند (کریمی و همکاران، ۱۳۸۵). کامکار و رحیمی (۱۳۹۱) نیز گزارش کردند که روند کاهش محتوای آب نسبی برگ سه گونه بارهنج کمیر، پسیلیوم و اوواتا با افزایش سطوح شوری

منابع:

بهتاش، ف.، طباطبایی، س. ج.، ملکوتی، م. ج.، سرورالدین، م.

- Academic Publisher.
- Beale, S. I. (1999) Enzymes of chlorophyll biosynthesis. *Photosynthesis Research* 60: 43-73.
- Beltrano, J. and Ranco, G. M. (2008) Improved tolerance of wheat plants (*Triticum aestivum* L.) to drought stress and rewatering by the arbuscular mycorrhizal fungus *Glomus claroideum*: Effect on growth and cell membrane stability. *Brazilian Society of Plant Physiology* 20 (1): 29-37.
- Bradford, M. (1976) A rapid and sensitive method for the quantitation of protein utilizing the principle of protein-dye binding. *Annual Review Biochemical* 72: 248-254.
- Cakmak, I. (2000) Possible roles of zinc in protecting plant cells from damage by reactive oxygen species. *New Phytologist* 146: 185-205.
- Cavelierl, A. J. (1983) Proline and glycine-betaine accumulation by *Sparina alterniflora* L. in response to NaCl and nitrogen in a controlled environment. *Oecologia* 57: 20-24.
- Delaney, A. J., Hu, C. A. A., Kishor, K. P. B. and Verma, D. P. S. (1993) Cloning ornithine-aminotransferase cDNA from *Vigna unguiculata* by trans-complementation in *Escherichia coli* and regulation of proline biosynthesis. *Journal of Biological Chemistry* 268: 18673-18678.
- Good, A. and Zaplachinski, S. (1994) The effects of drought on free amino acid accumulation and protein synthesis in *Brassica napus*. *Physiologia Plantarum* 90: 9-14.
- Hassan, N. A. K., Drew, J. V., Knudson, D. and Olsen, R. (1970) Influence of soil salinity on production of dry matter and uptake and distribution in barley and corn. *Agronomy Journal* 62: 43-45.
- Hoagland, D. R. and Arnon, D. I. (1950) The water-culture for growing plants without soil. *California Agriculture Experimental Statistics Circular* 347: 32.
- Hoekstra, F. A., Golovina, E. V. and Buitink, J. (2001) Mechanism of plant desiccation tolerance. *Trends in Plant Science* 9: 431-439.
- Irigoyen, J. J., Emerich, D. W. and Sanchez-Diaz, M. (1992) Water stress induced changes in concentrations of proline and total soluble sugars in nodulated alfalfa (*Medicago sativa* L.) plants. *Physiologia Plantarum* 84: 55-60.
- Kaya, C., Higgs, D. and Kirnak, H. (2001) The effects of high salinity (NaCl) and supplementary phosphorus and potassium on physiology and nutrition development of spinach. *Journal of Plant Physiology* 7 (3): 47-59.
- Khoshgoftaranesh, A. H., Jaaferi, B. and Shariatmadari, H. (2002) Effect of salinity on Cd and Zn availability. 17th world congress of soil science, Thailand.
- Lebedev, N. and Timco, P. M. (1998) Protochlorophyllide photoreduction. *Photosynthesis Research* 58: 5-23.
- Liang, Y., Chen, Q., Liu, Q., Zhang, W. and Ding, R. (2003) Exogenous silicone (Si) increases antioxidant
- مجله پژوهش‌های خاک (علوم خاک و آب) ۲۴ (۱): ۴۱-۴۳.
- حیدری، م.، عبدالزاده، ا. و فرزانه، ف. (۱۳۹۰) اثر سطوح مختلف شوری و سه نوع تغذیه نیتروژنی بر رشد و واکنش‌های بیوشیمیایی اسفرزه، مجله علوم گیاهان زراعی ایران ۴۲ (۱): ۱۹۹-۲۰۷.
- شرفی، س.، تاجبخش، م.، مجیدی، م. و پورمیرزا، ع. (۱۳۸۱) تأثیر کود آهن و روی بر عملکرد و اجزای عملکرد دو رقم ذرت علوفه‌ای در ارومیه، مجله خاک و آب ۱۲: ۸۵-۹۴.
- قربانی، م. نیakan، م. (۱۳۸۴) بررسی اثر تنفس خشکی بر روی میزان قندهای محلول، پروتئین، ترکیبات فنلی و فعالیت آنزیم نیترات ردوکتاز گیاه سویا رقم گرگان ۳، نشریه علوم دانشگاه تربیت معلم ۵ (۱ و ۲): ۵۳۷-۵۵۰.
- کامکار، م. و رحیمی، ا. (۱۳۹۱) اثر شوری بر روابط آبی، تنظیم کننده‌های اسمزی و عملکرد سه گونه دارویی از جنس بارهنگ، مجله الکترونیک تولید گیاهان زراعی ۵ (۲): ۱۴۵-۱۵۸.
- کشاورز، پ. و ملکوتی، م. ج. (۱۳۸۴) اثر روی و شوری بر رشد، ترکیبات شیمیایی و بافت آوندی گندم، مجله علوم خاک و آب ۱۹ (۱): ۱۲۱-۱۲۹.
- کریمی، ق.، قربانی، م. ل.، حیدری شریف آباد، ح. و عصاره، م. ح. (۱۳۸۵) بررسی مکانیسم‌های مقاومت به شوری در گونه مرتعی *Atriplex verrucifera* (M.B) پژوهش و سازندگی در منابع طبیعی ۷۳: ۴۲-۴۸.
- مارشنر، ه. (۱۳۸۴) تغذیه معدنی گیاهان عالی. ترجمه خلدبرین، ب. و اسلام‌زاده، ط. انتشارات دانشگاه شیراز.
- Aravind, P. and Prasad, M. N. V. (2003) Zinc alleviates cadmium-induced stress in *Ceratophyllum demersum* L.: a free floating freshwater macrophyte. *Plant Physiology and Biochemistry* 41: 391-397.
- Ashraf, M. and Harris, P. J. C. (2004) Potential biochemical indicators of salinity tolerance in plants. *Plant Science* 166: 3-16.
- Bartels, D. and Sunkar, R. (2005) Drought and tolerance in plants. *Critical Reviews in Plant Science* 24: 23-58.
- Basra, A. S. and Basra, K. R. (1997) Mechanism of environmental stress responses in plants. Harwood

- Parida, A. K. and Das, A. B. (2005) Salt tolerance and salinity effects on plants: a review. Ecotoxicology and Environmental Safety 60: 324-349.
- Parvaiz, A. and Satyawati, S. (2008) Salt stress and phyto-biochemical responses of plants. Plant, Soil and Environment 54: 89-99.
- Patel, J. J. and Mehta, H. M. (1986). Effect of herbicides, levels and time of their application on weed control, growth and yield of isabgol *Plantago ovata* Forsk. Under middle Gujarat condition. Indian Journal of Weed Science 18: 149-152.
- Powell, S. R. (2000) The antioxidant properties of zinc. Journal of Nutrition 130: 1447-1454.
- Wang, L. J., Liu, Y. L., Ma, K., Wang, J. Z. and Liu, X. N. (2001) Effect of NaCl treatment on free radical metabolism of fig (*Ficus carica* L.). California Advanced Horticulture 2: 235-241.
- Zhao, Z. Q., Zhu, Y. G., Kneer, R. and Smith, S. E. (2005) Effect of zinc on cadmium toxicity-induced oxidative stressing winter wheat seedlings. Journal of Plant Nutrition 28: 1947-1959.
- Zhu, J. K. (2001). Plant salt tolerance. Trends in Plant Science 6:66-71.
- enzyme activity and reduces lipid per oxidation in roots or salt-stressed barley (*Hordeum Vulgare* L.). Journal of Plant Physiology 99: 872-878.
- McNeil, S. D., Nuccio, M. L. and Hanson, A. D. (1999) Betaines and related osmoprotectants. Plant Physiology 120: 945-949.
- Mishra, A. and Choudhuri, M. A. (1999) Effects of salicylic acid on heavy metal-induced membrane deterioration mediated by lipoxygenase in rice. Biology Plant 42: 409-415.
- Nan, Z. R., Li, J. H., Zhang, J. M. and Cheng, G. D. (2002) Cadmium and zinc interactions and their transfer in soil- crop system under field conditions. Science of the Total Environment 285: 187-195.
- Oraei, M., Tabatabaei, S. J., Fallahi, E. and Imani, A. (2009) The effects of salinity stress and rootstock on the growth, photosynthetic rate, nutrient and sodium concentrations of almond (*Prunus dulcis* Mill.). Journal of Horticultural Science 23: 131-140.
- Paquine, R. and Lechasseur, P. (1979) Observation sur une methode dosage la libre dans les de plantes. Canadian Journal of Botany 57: 1851-1854.