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

پروانه حسین زاده[۱]، احمد مهتدی*[۱]، محسن موحدی دهنوی[۲] و طهماسب آسمانه[۱]

[۱] گروه زیست شناسی، دانشکده علوم، دانشگاه یاسوج، [۲] گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه یاسوج

(تاریخ دریافت: ۹۳/۰۷/۱۷، تاریخ پذیرش نهایی: ۱۳۹٤/۰۲/۲۱)

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 تنش 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، ۱۵۰ و ۲۰۰ میلی‌مولار) و روی از منبع سولفات روی با سه سطح (۳/۸۵ (شاهد)، ۷/۷ و ۱۱/۵۵ میکرومولار) 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 میلی‌مولار، قند محلول برگ ۵۰ درصد افزایش یافت. در سطح صفر و ۲۰۰ میلی‌مولار شوری، با افزایش غلظت روی میزان پرولین بیش از دو برابر افزایش یافت. شوری موجب افزایش درصد نشت الکترولیت‌ها 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 ۳٦ درصد افزایش یافت. به طور کلی مصرف ۷/۷ میکرومولار 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 می توان برای کاهش اثر شوری غلظت روی را در محلول هوگلند تا ۷/۷ میکرومولار افزایش داد.

کلمات کلیدی: اسفرزه، خصوصیات فیزیولوژیک، روی، شوری

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 لایه های سطحی پوست دانه های 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 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 اکسیداتیو است (Zhao *et al.*, 2005). گیاهان عمدتاً 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

*نویسنده مسئول، نشانی پست الکترونیکی: a.mohtadi@yu.ac.ir

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-06-22]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1395.5.15.5.8]

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 می‌گیرد، جریان متعادل انتقال یون های سدیم، کلر و دیگر یون‌ها مانند پتاسیم و کلسیم به هم می‌خورد (Good and Zaplachiniski, 1994). شوری موجب تغییرات ساختمانی در ساقه و بافت آوندی گیاهان تحت تنش شده به‌طوری که بر اثر شوری تعداد دستجات آوندی کمتر و از اندازه آنها نیز کاسته می‌شود. ولی مصرف روی تشکیل دستجات آوندی را در گیاهان تحت تنش شوری بهبود می بخشد (کشاورز و ملکوتی، ۱۳۸٤). Hassan و همکاران (۱۹۷۰) همبستگی مثبت بین شوری، روی و منگنز و هبستگی منفی با آهن و مس را در جو (*Hordeu mvulgare*) گزارش نمودند. گزارش شده که اضافه نمودن روی اثر سوء کلرید سدیم را در برنج (*Oryza sativa*) و باقلا (*Vicia faba*) تعدیل می‌نماید. همچنین گزارش شده که روی نقش مهمی در بهبود عملکرد و درصد پروتئین گندم در شرایط شور دارد (Khoshgoftarmanesh *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 گونه‌های ارزشمند، افزایش تولید آنها با مدیریت صحیح می‌باشد. 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 محدودکننده طبیعی (شوری) می‌تواند کمک بسیار مهمی در توسعه کشت گیاه دارویی اسفرزه در اکثر نقاط کشور نماید. لذا تحقیق حاضر به منظور بررسی اثر روی بر برخی خصویات فیزیولوژیک گیاه اسفرزه در تنش شوری انجام شد.

مواد و روش‌ها:

گیاه اسفرزه (*Plantago ovata*) از خانواده بارهنگ (Plantaginaceae) می باشد. بذر این گیاه از موسسه پاکان بذر اصفهان تهیه شد. این آزمایش گلدانی در پاییز ۱۳۹۲ در گلخانه 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 میلی‌مولار و روی با سه سطح ۳/۸۵ ، ۷/۷ و ۱۱/۵۵ میکرومولار بود (غلظت های مختلف روی از نمک سولفات روی ($ZnSO_4$ * $7H_2O$ Merck) و شوری از کلرید سدیم (NaCl Merck) تهیه گردید). با توجه به اینکه غلظت روی در محلول هوگلند 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 سانتی‌متر 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 سانتی‌متر قرار گرفت. از مرحله‌ی کاشت تا مرحله‌ی جوانه‌زنی آبیاری با آب صورت گرفت. سپس ماده غذایی یک چهارم هوگلند استفاده شد. در مرحله دو برگی به بعد با محلول غذایی یک دوم هوگلند (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، بوته‌ها در گلدان تنک شدند و ٦ 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 محاسبه شده در محلول نیم هوگلند ۳/۸۵ میکرومولار بود که به عنوان شاهد در نظر گرفته شد و بقیه تیمارها با اضافه کردن سولفات روی به محلول نیم هوگلند تهیه می‌شدند. جهت اعمال شوری، تیمارهای شوری به طور کامل از ابتدا اعمال نشد بلکه اضافه کردن شوری در ابتدا به میزان ۵۰ میلی‌مولار شوری در هر سطح (جهت سازگار شدن گیاهان) انجام شد. در نوبت‌های 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

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-06-22]
[DOR: 20.1001.1.23222727.1395.5.15.5.8]

شوری مورد نظر (پنج سطح تنش شوری صفر، ۵۰، ۱۰۰، ۱۵۰ و ۲۰۰ میلی‌مولار محلول کلرید سدیم) رسید کـه معـادل ۱/۳، ٦/۱۵، ۱۱/۸۹، ۱٦/۳۲ و ۲۱/۳ دسی‌زیمنس بر متربود. در زمان مشاهده شوره در سطح گلدان‌ها، به منظور جلوگیری از تجمـع بیش از حد نمک، علاوه بر زهکشی گلـدانی، آبشـویی بـا آب مقطر به‌طور یکنواخت برای تمامی تیمارها صورت گرفـت تـا شوره از بـین رفتـه و آبشـویی کامـل صـورت گیـرد (پـس از مشاهده شوره به میزان حدود ۱ لیتر در هر گلدان با آب مقطـر آبشویی کامل صورت گرفت تـا شـوره مشـاهده شـده از بـین 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 ٤٠- 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 میزان آب نسبی (RWC) از روش Mishra and Choudhuri (۱۹۹۹) و از برگ تازه گیاهی و بر اساس رابطه زیر استفاده شد.

RWC= {(وزن خشک شده در آون _ وزن آماس) / (وزن خشک شده در آون _تر)} ×۱۰۰

برای اندازه‌گیری درصد نشت الکترولیت مطابق روش Beltrano and Ranco (۲۰۰۸) 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 ۲٤ 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 می‌باشد 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 Paquine and Lechasseur (۱۹۷۹) و میزان کل قندهای محلول نیز از روش Irigoyen و همکاران (۱۹۹۲) 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 آنترون 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 ٦۲۵ نانومتر با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر (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 (۱۹۷٦) استفاده شد که مقدار ۰/۲ گرم از بافت برگ نگهداری شده در فریزر (دمای ٤٠- درجه سانتی‌گراد) در هاون چینی سرد و در ظرف یخ با ۲ میلی‌لیتر بافر فسفات ۰/۱ مولار با اسیدیته ٦/۸ 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 اسپکتروفتومتر (مدل SHIMADZO 54A) قرائت گردید.

برای محاسبه متوسط مساحت برگ یک بوته، از هر گلدان ۳ بوته انتخاب شد. سپس طول و عرض برگ‌های هرکدام از بوته‌ها بر حسب سانتی‌متر در همدیگر و در ضریب 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)، ضریب ۰/۷ یا شیب خط محاسبه گردید).

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-06-22]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1395.5.15.5.8]

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 میلی‌مولار، مصرف کمترین میزان روی موجب شد بیشترین سطح برگ (۱۲/۲ سانتی‌متر مربع) بدست آید. کمترین سطح برگ (۲/٦ سانتی‌متر مربع) نیز در بالاترین سطح شوری و بیشترین میزان روی مصرفی بدست آمد طوری‌که با بیشترین سطح برگ ۷۸/٦۸ درصد اختلاف داشت. عناصری همانند روی، که به مقدار کم مورد نیاز هستند عناصر کم مصرف نام دارند. نیاز کم گیاهان به عناصرکم-مصرف را می‌توان به علت مشارکت این عناصر در واکنش‌های آنزیمی و شرکت در اجزاء هورمون‌های گیاهی دانست. روی، مانند بسیاری از عناصر غذایی کم‌مصرف 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 برش دهی (جدول ۳) نیز نشان داد که اثر روی بر سطح برگ در همه‌ی سطوح شوری (به جز سطح شوری ۵۰ میلی‌مولار) معنی‌دار بود. در سطح اول شوری مصرف ۷/۷ میکرومولار 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 میلی مولار 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 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 تنش شوری کاهش توسعه سطح برگ است و به دنبال آن با افزایش شدت تنش، 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 چغندر لبویی 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 تنش 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 تنش بیشترین میزان شاخص کلروفیل (٤۰/۹) بدست آمد و کمترین میزان شاخص کلروفیل (۳۵/۳) مربوط به سطح شوری ۱۵۰ میلی‌مولار بود، که البته با سطوح ۱۰۰ و ۲۰۰ میلی مولار تفاوت معنی‌داری نداشت. نتایج نشان داد که با افزایش غلظت شوری میزان شاخص کلروفیل ۱۳/٦۹ درصد کاهش یافت. در تأیید نتایج بدست آمده، حیدری و همکاران (۱۳۹۰) بیان کردند که با افزایش سطح تنش شوری از شاهد به ۲۰۰ میلی‌مولار نمک NaCl در محیط ریشه، از میزان کلروفیل کاسته می‌شود. با افزایش غلظت نمک در محیط رشد، محتوای کلروفیل برگ به دلیل کمبود یون‌های منیزیم و پتاسیم (به عنوان عناصر اصلی در سنتز کلروفیل) و کاهش نسبت پتاسیم به سدیم و همچنین تخریب ساختمان کلروفیل کاهش می یابد (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 بیوسنتزی کلروفیل و آلفا توکوفرول می‌باشد که گیاه در این شرایط (تنش شوری) می‌تواند با توقف بیوسنتز کلروفیل، مسیر بیوسنتزی

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-06-22]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1395.5.15.5.8]

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

منابع تغییر	درجه آزادی	سطح برگ	شاخص کلروفیل	قندهای محلول برگ	پرولین برگ	پروتئین	درصد نشت الکترولیت‌ها	محتوای آب نسبی
شوری	٤	۲۷/۰۸**	۷۱/۹۹**	۱۹/۳۱**	۱/٥٦$^{n.s}$	۱۰/۷۹*	۷۷۱۸/۹۷**	۲۳۱/۷۳**
روی	۲	۱۳۹/۸۰**	۲۱/۸٤*	٦/۲٥$^{n.s}$	۳/۳۱**	٤۰/۲٦**	۱٤۹/۹۷^{ns}	۸۲/۸۳^{ns}
شوری × روی	۸	۱۰/۲۲*	۹/۷٤$^{n.s}$	۲٤/۹۸**	۳/٥٥**	٤/٥٤^{ns}	۳٥۳/۹۹*	٦۷/۷٤^{ns}
خطا	٤٥	٤/٦٥	٦/۳۹	٤/٤۱	۰/٦۱	۳/۳۷	۱٤۲/٥۸	۳۷/٦۰
ضریب تغییرات		۲٦/۹٦	٦/۷۹	۲۲/٤۷	۳۳/۷٤	۲۹/٥٥	۳٤/٥۸	۷/٦٥

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

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

عامل های آزمایش		سطح برگ (سانتی‌متر مربع)	قندهای محلول برگ (میلی-گرم بر گرم وزن تر برگ)	پرولین برگ (میکرومول بر گرم وزن تر برگ)	درصد نشت الکترولیت‌ها
شوری (میلی مولار)	روی (میکرومولار)				
	۳/۸٥	۹/۳ a	٥/۳ b	۰/۸٦ b	٤/٤ a
صفر	۷/۷	۱۲/۰٦ a	۹/۹ a	۱/۷٦ a	٥/۸ a
	۱۱/٥٥	٥/٤ b	۱۰/٥ a	۲/٤٥ a	٥/۹ a
	۳/۸٥	۹/۳ a	۱۰/۹ a	۲/۰٤ a	۱۰/۹ a
٥۰	۷/۷	۱۱/۰۱ a	۷/۲ b	۳/۰٤ a	۱۱/۹ a
	۱۱/٥٥	۷/٥ a	٦/۷ b	۲/۳٤ a	۱۸/۰ a
	۳/۸٥	۱۲/۲ a	۷/۹ b	۳/٥٥ a	۲۷/۱ a
۱۰۰	۷/۷	۷/٦ b	۱۰/۸ a	۱/۸۰ b	٤۰/۷ a
	۱۱/٥٥	٥/۳ c	٦/۲ b	۲/۰٤ b	۳۷/۲ a
	۳/۸٥	۹/٦ a	۸/۰۹ b	۲/۱۸ a	٥٤/٤ a
۱٥۰	۷/۷	۱۰/۰٦ a	۱۰/۷ ab	۳/۰۰ a	٥۳/۷ a
	۱۱/٥٥	۳/۸ b	۱۲/٤ a	۱/۹۰ a	٥۲/٥ a
	۳/۸٥	۷/۲ a	۱۱/۱ a	۱/۷۱ b	۸۰/۲ a
۲۰۰	۷/۷	٦/٥ a	۹/۱ a	٤/۳٤ a	٤٥/۰٤ b
	۱۱/٥٥	۲/٦ b	۱۲/٦ a	۱/۷٦ b	٦۹/٦ a

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

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).

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 معنی‌داری نداشت و با مصرف بیشترین میزان روی (۱۱/۵۵

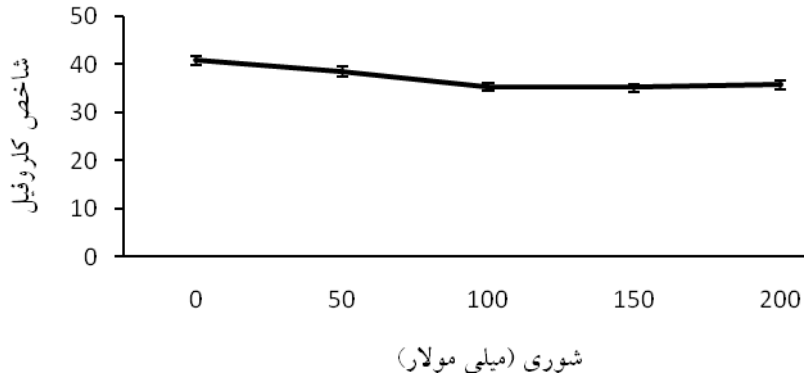
[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-06-22]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1395.5.15.5.8]

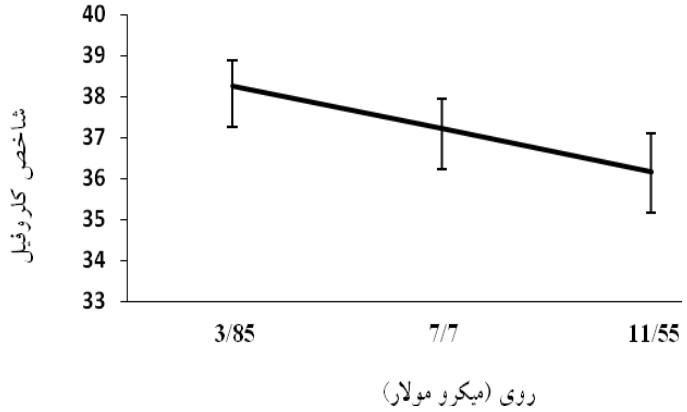
جدول ۳- تجزیه واریانس برش دهی اثر شوری بر سطح برگ، محتوای قند، پرولین و درصد نشت الکترولیت‌ها در اسفرزه

سطوح شوری	درجه آزادی	سطح برگ	قندهای محلول برگ	پرولین برگ	درصد نشت الکترولیت‌ها
صفر	۲	٤٤/۳۱**	۳۲/٦۰**	۲/٥٤*	۲/۸٤^{ns}
٥۰	۲	۱۱/۹۷^{ns}	۲۰/۷٤*	۱/۰٥^{ns}	٥۸/۰۱^{ns}
۱۰۰	۲	٥۰/۱۳**	۲۱/۳۰*	۳/٥۷**	۱۹۷/٦۸^{ns}
۱٥۰	۲	٤۸/٥۹**	۱۹/٤٥*	۱/۲۹^{ns}	۳/۷۰^{ns}
۲۰۰	۲	۲٥/٦۷**	۱۲/۰٦^{ns}	۹/۰٦**	۱۳۰۳/۷۰**

*** و ** به ترتیب نشان‌دهنده معنی‌دار بودن در سطح احتمال ٥ و ۱ درصد و ns معنی‌دار نمی‌باشد.**



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



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

میکرومولار)، کمترین میزان شاخص کلروفیل معادل ۳٦/۱ بدست آمد که با بیشترین میزان ٥/٤۹ درصد اختلاف داشت. روی از طریق محافظت از گروه سولفیدریل باعث سنتز کلروفیل می‌گردد (Cakmak, 2000). پورفوبیلینوژن پیش ماده کلروفیل می‌باشد که برای تشکیل این ماده منیزیم و روی مورد نیاز است (Beale, 1999). در حضور روی تشکیل و تکمیل کلروفیل تسهیل می‌گردد (Lebedev and Timco, 1998). اما 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 می شود. روی، مانند بسیاری از عناصر غذایی کم‌مصرف دیگر اگر به مقدار زیاد استفاده شود برای گیاه سمی است.

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

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-06-22]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1395.5.15.5.8]

روی در سطح احتمال ۱٪ بر محتوای قند گیاه اسفرزه معنی‌دار شد. طبق نتایج جدول ۳، بیشترین مقدار قند معادل ۱۲/٦ میلی گرم بر گرم وزن تر برگ از مصرف ۱۱/۵۵ میکرومولار روی در سطح شوری ۲۰۰ میلی‌مولار بدست آمد و کمترین آن معادل ۵/۳ میلی‌گرم 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 معنی‌دار می‌باشد. جدول ۳ نشان داد که در اولین سطح شوری (شاهد) و شوری ۱۵۰ میلی‌مولار، بالاترین روی مصرفی بیشترین محتوای قند را ایجاد کرد. در سطح شوری ۵۰ میلی‌مولار، مصرف ۳/۸۵ میکرومولار روی و در سطح شوری ۱۰۰ میلی‌مولار، مصرف ۷/۷ میکرومولار روی با بیشترین محتوای قند همراه بودند. به طور کلی در همه سطوح شوری (به جز سطح ۵۰ میلی‌مولار) با افزایش مصرف روی، محتوای قند محلول افزایش می‌یابد (جدول ۲).

روی در متابولیسم کربوهیدارت‌ها در گیاهان دخالت دارد. خلد برین و اسلام زاده (۱۳۸٤) اعلام کرد که عنصر روی به عنوان یک کوفاکتور در فعال کردن چندین آنزیم دخالت می کند که این آنزیم‌ها در متابولیسم کربوهیدرات و پروتئین نقش دارند. مطالعات بیوشیمیایی نشان داده که در گیاهان تحت تنش شوری تعدای 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 محلول های آلی تولید می‌کند. افزایش قندهای محلول در طی تنش می‌تواند به دلیل تخریب کربوهیدرات‌های نامحلول، سنتز این ترکیبات از مسیرهای غیر فتوسنتزی و متوقف شدن رشد گیاه باشد (قربانلی و همکاران، ۱۳۸٤). افزون بر این، کاهش مصرف قند به دلیل کاهش فتوسنتز 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، برهم‌کنش شوری و روی در سطح احتمال ۱٪ بر صفت پرولین معنی‌دار بود. جدول ۳، نشان می‌دهد که بیشترین میزان پرولین معادل ٤/۳٤ میکرومول بر گرم وزن تر برگ از مصرف ۷/۷ میکرومولار روی در بیشترین سطح شوری بدست آمد. کمترین میزان پرولین (۰/۸٦ 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 معنی‌داری 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 معنی‌داری 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 به‌خصوص

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-06-22]
[DOR: 20.1001.1.23222727.1395.5.15.5.8]

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 عمده 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). Cavelierl (۱۹۸۳) 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 غشاها 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 می‌تواند منبعی برای کربن و نیتروژن قرار گیرد (Bartels and Sunkar, 2005).

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

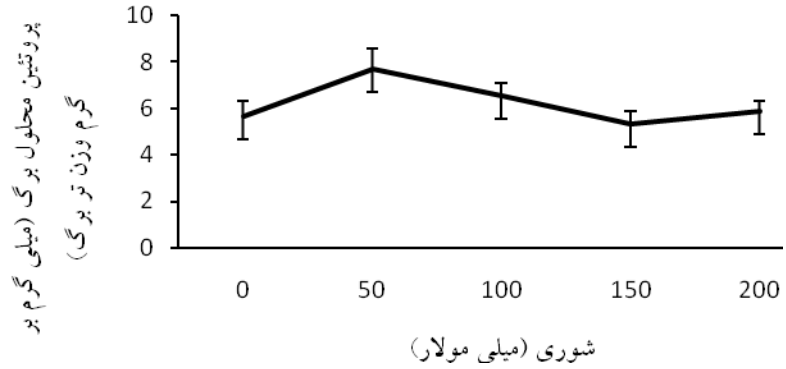
درصد نشت الکترولیت‌ها: نتایج تجزیه واریانس حاکی از معنی‌دار بودن برهم‌کنش شوری و روی بر درصد نشت الکترولیت‌ها بود (جدول ۱). مقایسه میانگین برهم‌کنش شوری و روی بر درصد نشت الکترولیت‌ها (جدول ۲) نشان داد که با مصرف ۳/۵۸ میکرومولار روی، بیشترین درصد نشت الکترولیت‌ها (۸۰/۲ درصد) مربوط به سطح ۲۰۰ میلی‌مولار شوری و کمترین آن (٤/٤ درصد) مربوط به سطح صفر میلی مولار شوری بود. کمترین و بیشترین درصد نشت الکترولیت‌ها ۹٤/۵۱ درصد با هم اختلاف داشتند. افزایش میزان یون سدیم در اندامک‌های سلول نظیر کلروپلاست و واکوئل، باعث ایجاد تغییرات ساختمانی و افزایش نشت غشا می‌گردد.

مقایسه میانگین به روش برش‌دهی (جدول ۳) نیز نشان داد که اثر روی بر درصد نشت الکترولیت‌ها، فقط در سطح ۲۰۰ میلی‌مولار شوری معنی‌دار گردید. در این سطح شوری با مصرف ۳/۵۸ میکرومولار روی بیشترین درصد نشت به دست آمد که البته با مصرف ۱۱/۵۵ میکرومولار روی تفاوت معنی داری نداشت؛ و کمترین درصد نشت مربوط به مصرف ۷/۷ میکرومولار 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 الکترولیت‌ها شد. روی باعث ثبات غشای پلاسمایی سلول‌ها می‌شود (*et al.*, Zhao 2005) و همچنین از طریق افزایش آنزیم‌های آنتی اکسیداتیو از آثار مخرب رادیکال‌های آزاد و مواد اکسیدکننده جلوگیری می‌کند (Aravind and Prasad, 2003) بنابراین نشت الکترولیت‌ها کاهش می‌یابد. شوری می‌تواند از طریق تولید گونه‌های مختلف احیاگرهای اکسیژن (Reactive Oxygen Species ,ROS) سبب تنش اکسیداتیو نیز شود (Ashraf and 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 الکترولیت‌های موجود در داخل سلول به سمت بیرون می‌شود و در نتیجه رشد گیاه تحت تأثیر قرار می‌گیرد.

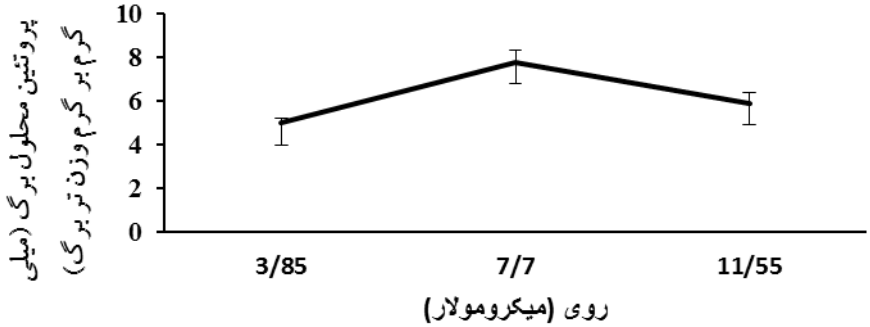
پروتئین محلول برگ: اثر تنش شوری در سطح احتمال ۵٪ و روی در سطح احتمال ۱٪ بر میزان پروتئین محلول برگ معنی‌داری بود، اما برهم‌کنش آن‌ها بر این صفت معنی‌دار نبود (جدول ۱). بیشترین میزان پروتئین محلول در سطح شوری ۵۰ میلی‌مولار به میزان ۷/۷ میلی‌گرم بر گرم وزن تر برگ بدست آمد که با سطح شوری ۱۰۰ میلی‌مولار تفاوت معنی‌داری نداشت. سطح شوری ۱۵۰ میلی‌مولار باعث بدست آمدن

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-06-22]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1395.5.15.5.8]



شکل ۳- اثر شوری بر پروتئین محلول برگ گیاه اسفرزه (مقادیر میانگین ± خطای استاندارد می‌باشند)

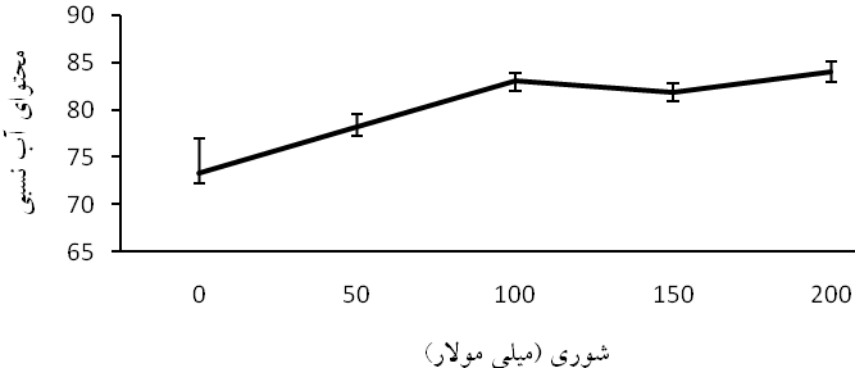


شکل ٤- اثر سولفات روی بر پروتئین محلول برگ گیاه اسفرزه (مقادیر میانگین ± خطای استاندارد می‌باشند)

کمترین میزان پروتئین محلول (۵/۳ میلی‌گرم بر گرم وزن تر برگ) گردید که نسبت به سطح شوری ۵۰ میلی‌مولار، 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 میلی‌مولار نمک NaCl به طور معنی داری از مقدار پروتئین‌های محلول گیاه اسفرزه کاسته می‌شود؛ میزان این کاهش معادل ٤۲/۱ درصد بود. شوری موجب ممانعت از سنتز پروتئین‌ها در گیاه می‌شود و در نتیجه مقدار پروتئین‌های موجود در گیاه در پاسخ به شوری کاهش می‌یابد (Parida and Das, 2005). همچنین شوری با تغییر در ساختمان پروتئین‌ها موجب کاهش فعالیت بسیاری از آنزیم های موجود در گیاه می‌گردد؛ برای مثال، سبب کاهش فعالیت آنزیم اصلی فتوسنتز، یعنی روبیسکو، می‌شود و به نظر می‌رسد که این کاهش فعالیت، ناشی از اختلال اسیدیته استرومای کلروپلاست به دنبال خروج یون پتاسیم و همچنین تغییر ساختار فضایی این آنزیم به دلیل آب کشیدگی سلول می‌باشد (Parida and Das, 2005).

بیشترین میزان پروتئین محلول برگ (۷/۷ میلی‌گرم بر گرم وزن تر برگ) با مصرف ۷/۷ میکرومولار روی بدست آمد. مصرف ۳/۸۵ میکرومولار روی باعث شد میزان پروتئین محلول ۳٦/۳٦ درصد کاهش یابد و به ٤/۹ میلی‌گرم بر گرم وزن تر برگ برسد (شکل ٤). 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 اندام های 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). خلد برین و اسلام زاده (۱۳۸٤) بیان

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-06-22]
[DOR: 20.1001.1.23222727.1395.5.15.5.8]



شکل ۵- اثر شوری بر محتوای آب نسبی برگ گیاه اسفرزه(مقادیر میانگین ± خطای استاندارد می‌باشند)

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 (۸٤/۰۳ 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 بارهنگ کبیر، پسیلیوم و اواتا با افزایش سطوح شوری شدید نبود که نشان‌دهنده بقای گیاه در شرایط تنش و انجام فتوسنتز می‌باشد از طرفی بعد از بارهنگ کبیر، اسفرزه توانست محتوای نسبی آب خود را تحت شرایط تنش بهتر حفظ نماید.

نتیجه‌گیری:

نتایج نشان دادند که افزایش غلظت شوری موجب افزایش محتوای قند 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.

منابع:

بهتاش، ف.، طباطبایی، س .ج.، ملکوتی، م .ج.، سرورالدین، م. ح. و اوستان، ش. (۱۳۸۹) اثر روی و کادمیوم بر رشد، مقدار کلروفیل، فتوسنتز و غلظت کادمیوم در چغندر لبویی،

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-06-22]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1395.5.15.5.8]

مجله پژوهش‌های خاک (علوم خاک و آب) ۲٤ (۱): ٤۱-۳۱.

حیدری، م.، عبدل زاده، 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 ٤۲ (۱): ۲۰۷-۱۹۹.

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: ۹٤-۸۵.

قربانلی، م. نیاکان، م. (۱۳۸٤) بررسی اثر تنش 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): ۵۵۰-۵۳۷.

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): ۱٤۵-۱۵۸.

کشاورز، پ. و ملکوتی،م. ج. (۱۳۸٤) اثر روی و شوری بر رشد، ترکیبات شیمیایی و بافت آوندی گندم، مجله علوم خاک و آب ۱۹(۱): ۱۲۹-۱۲۱.

کریمی، ق.، قربانلی، 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: ٤۸-٤۲.

مارشنر، ه. (۱۳۸٤) تغذیه معدنی گیاهان عالی. ترجمه خلدبرین، ب. و اسلام‌زاده، ط. انتشارات دانشگاه شیراز. 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 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. Brezilian 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 glycin-betain accumulation by *Sparina alterniflora* L. in respose 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 anconitifolia* by trans-complementation in *Escherichia coil* and regulation of proline biosynthesis. Journal of Biological Chemistry 268: 18673-18678.

Good, A. and Zaplachiniski, 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., Higges, 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.

Khoshgoftarmanesh, A. H., Jaaferi, B. and Shriatmadari, 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

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-06-22]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1395.5.15.5.8]

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-blochemical 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 *Plantagoovata* 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 Horticul True 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.

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-06-22]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1395.5.15.5.8]