بررسی پاسخ‌های مورفوفیزیولوژیکی و بیوشیمیایی گیاه دارویی *Althaea officinalis* L. به محلول‌پاشی آهن و روی تحت شرایط شور

طاهره مهدوی مرج[۱]، حسین زینلی[۲]، علی مهرآفرین[۳]، حسنعلی نقدی‌بادی[۳*]

[۱]دانشجوی دکترا، گروه علوم باغی و زراعی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات تهران، تهران، ایران

[۲]استادیار، بخش تحقیقات منابع طبیعی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان اصفهان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، اصفهان، ایران

[۳]دانشیار، مرکز تحقیقات گیاهان دارویی، پژوهشکده گیاهان دارویی جهاد دانشگاهی، کرج، ایران

تاریخ دریافت: ۹۹/٦/٤ تاریخ پذیرش: ۹۹/۹/۱۹

چکیده

به‌منظور بررسی اثر محلول‌پاشی روی و آهن بر صفات مورفوفیزیولوژیکی و بیوشیمیایی گیاه دارویی ختمی (*Althaea officinalis* L.) تحت شرایط شور، این آزمایش بصورت فاکتوریل بر پایه طرح کاملاً تصادفی در ۳ تکرار در مرکز تحقیقات کشاورزی اصفهان در سال ۱۳۹۷ انجام شد. در این آزمایش، NaCl در ۳ سطح ۰، ٤ و ۸ دسی زیمنس بر متر، سولفات روی در ۳ سطح ۰، ۱/۵ و ۳ پی پی‌ام و سولفات آهن در ۳ سطح ۰، ۱/۵ و ۳ پی پی‌ام اعمال گردید. محتوی عناصر سدیم و پتاسیم با دستگاه فلیم فتومتر، آهن و روی با دستگاه جذب اتمی، موسیلاژ اندام هوایی به روش وزنی و فنل کل با دستگاه اسپکتوفتومتر اندازه‌گیری شد. با افزایش سطح شوری به طور معنی‌داری ($P \leq 0.01$) میزان پتاسیم، روی و آهن کاهش ولی مقدار سدیم افزایش یافت. با افزایش غلظت روی در شرایط شور و شاهد به طور معنی‌داری ($P \leq 0.01$) میزان پتاسیم افزایش یافت. محلولپاشی روی و آهن بطور معنی‌داری ($P \leq 0.01$) سبب افزایش مقدار روی و آهن در برگ‌های گیاه ختمی گردید. اگرچه افزایش سطح شوری به‌طور معنی‌داری ($P \leq 0.01$) سبب کاهش وزن تر گل نسبت به شرایط بدون تنش شد، اما کاربرد سولفات روی و آهن سبب تعدیل اثرات تنش شد. همچنین سطوح شوری ۸ و ٤ دسی زیمنس بر متر به‌ترتیب سبب افزایش ٤۹ و ۲۰ درصدی مقدار موسیلاژ نسبت به شرایط شاهد شدند و محلول‌پاشی سولفات آهن و روی بطور معنی‌داری مقدار موسیلاژ را افزایش داد ($P \leq 0.01$). شوری بطور معنی‌داری ($P \leq 0.01$) سبب افزایش میزان فنول شد و بیشترین میزان فنول (٦۵/۲ mg/ml) در تیمار شوری (۸ دسی زیمنس بر متر) + سولفات آهن (۳ پی پی‌ام) + سولفات روی (صفر پی پی‌ام) مشاهده گردید. به‌طورکلی محلولپاشی سولفات آهن و روی در شرایط شوری نه تنها سبب بهبود شرایط تغذیه‌ای گیاه ختمی، بلکه باعث افزایش عملکرد گل و متابولیت موسیلاژ شد.

واژه‌های کلیدی: بیوشیمی، ختمی، تنش شوری، فنل، محلول پاشی، موسیلاژ

*نویسنده مسئول: naghdibadi@yahoo.com

مقدمه

گیاه دارویی ختمی با نام علمی *Althaea officinalis* L. از خانواده پنیرک و یکی از مهمترین گیاهان دارویی دارای لعاب است. ختمی دارای ۱۱ درصد پکتین، ۳۵-۲۵ درصد نشاسته، ۵ درصد موسیلاژ، فلاونوئیدها (هیپولتین-۸-گلوکوزید، ایزوکوئرسیترین، کامفرول، کافئیک و کوماریک اسید)، کومارین، اسکوپولتین، فیتواسترول، تانن، آسپاراژین و تعداد زیادی اسید آمینه می باشد (Blumenthal et al., 2000). از جمله خواص درمانی آن می‌توان به ضد سرفه بودن، خلط آور، نرم کننده پوست و مجاری تنفسی اشاره کرد. در طب سنتی از ریشه این گیاه علیه بیماری‌های معده و روده استفاده کرد (Sadeghi et al., 2017). گیاهان در طی رشد خود با تنش‌های متعدد محیطی مواجه می‌شوند، هر یک از این تنش‌ها می‌توانند بسته به میزان حساسیت و مرحله رشد گونه گیاهی، اثرهای متفاوتی بر رشد، متابولیسم و عملکرد آن‌ها داشته باشند. شوری یکی از مشکلات عمده در مناطق خشک و نیمه خشک است که بیش از ۸۰۰ میلیون هکتار از زمین‌های جهان تحت تأثیر شوری هستند که برابر با بیش از ٦ درصد زمین‌های جهان و حدود ۲۰ درصد زمین‌های زراعی جهان است (Arzani, 2008) و برآورد شده است که تا سال ۲۰۵۰ حدود ۵۰ درصد از اراضی زراعی تحت تاثیر شوری قرار خواهد گرفت (Shrivastava and Kumar 2015). شوری خاک، به طور جدی شرایط محیط ریشه، پتانسیل اسمزی محلول خاک و موازنه طبیعی یون‌های محلول را تغییر می‌دهد. آشکارترین اثر شوری تأخیر در رشد گیاه است (Gupta et al., 2020). مدیریت شوری از طریق روش‌هایی همچون اصلاح خاک، زهکشی و بهبود روش‌های آبیاری اگرچه قادر به تقلیل میزان شوری و جلوگیری از گسترش خاک‌های شور می‌باشد، اما اغلب گران و راه حلی کوتاه مدت برای غلبه بر شوری است. تغذیه مناسب گیاهان در مقاومت آن‌ها به تنش‌های زنده و غیر زنده نقش بسیار مؤثری دارد. محلول پاشی عناصر ریزمغذی به عنوان یک راهکار توسط محققین بسیاری جهت افزایش عملکرد در شرایط تنش شوری و خشکی پیشنهاد شده است (Sheykhbagloo et al, 2008). آهن یکی از عناصر ضروری، کم مصرف و کم تحرک برای گیاهان است. این عنصر بخشی از گروه کاتالیزوری بسیاری از آنزیم‌های اکسیداسیون و احیاء بوده و برای ساخت کلروفیل مورد نیاز می‌باشد (Kobraee et al., 2011). عنصر روی نیز از عناصر کم مصرف بوده که در سنتز تریپتوفان، پیش ماده اکسین، طول عمر رنگدانه‌های کلروفیل و پیری برگ، متابولیسم کربوهیدرات‌ها و ساخت پروتئین‌ها در گیاهان اثرگذار است (Kafi et al., 2008). شمسی محمودآبادی و همکاران (Shamsi Mahmoud Abadi et al., 2014) به‌منظور بررسی اثر سطوح مختلف کود آهن بر عملکرد و اجزای عملکرد گیاه دارویی ختمی سفید درآزمایشی تیمارهای کود آهن نانو کلات در سه سطح صفر، ۱ و ۱/۵ کیلوگرم در هکتار و کود روی از منبع کلات روی به مقدار صفر، ۰/۵ و ۱ کیلوگرم را مورد مطالعه قرار دادند و گزارش نمودند که محلول پاشی جداگانه آهن، روی و اثر متقابل این دو کود بر روی میزان رشد و عملکرد گیاه ختمی موثر بود. علاوه بر این در آزمایشی برروی ریحان در سال ۲۰۱۰ گزارش شد که محلول‌پاشی آهن در شرایط تنش شوری موجب افزایش تعداد شاخه‌ها گردیده است (Said-Al Ahl and Mahmoud, 2010). بنابراین با توجه به اهمیت دارویی گیاه ختمی و فراوانی آب و خاک شور در کشور، این تحقیق با هدف بررسی اثر محلول‌پاشی عناصر ریزمغذی مهم (آهن و روی) در کاهش اثر شوری و همچنین بهبود عملکرد کمی و کیفی اندام هوایی این گیاه انجام گرفت.

مواد و روش‌ها

به منظور بررسی اثر محلول پاشی سولفات روی و آهن تحت سطوح مختلف شوری بر خصوصیات کمی و کیفی گیاه دارویی ختمی، آزمایشی فاکتوریل بر پایه‌ی طرح کاملا تصادفی در ۳ تکرار در مرکز تحقیقات کشاورزی اصفهان در سال ۱۳۹۸ اجراء شد. برای انجام این تحقیق بذور گیاه دارویی ختمی (*A. officinalis*) از مرکز تحقیقات کشاورزی اصفهان تهیه شد. بذور در گلدان‌هایی با دهانه ۲۰ سانتی‌متری و ارتفاع ۳۰ سانتی‌متری در داخل گلخانه واقع در مرکز تحقیقات کشاورزی اصفهان کشت شدند. ترکیب خاک شامل یک قسمت رس، یک قسمت شن و یک قسمت کود دامی پوسیده بود. خاک قبل از آزمایش و بعد از آزمایش مورد آنالیز قرار گرفت. تعداد فاکتورهای مورد مطالعه در این طرح شامل، فاکتور اول شوری با سه سطح شاهد یا غیر شور (S_0)، ٤ (S_4) و ٨ (S_8) دسی زیمنس بر متر، فاکتور دوم سولفات آهن با سه سطح صفر (Z_0)، ۱/۵ ($Z_{1.5}$) و ۳ (Z_3) در هزار و فاکتور سوم سولفات روی با سه سطح، شاهد (F_0)، ۱/۵ ($F_{1.5}$) و ۳ (F_3) در هزار بود. تیمار شوری از مرحله استقرار گیاه و در مرحله ٦ برگی اعمال شد. زمان اعمال محلول‌پاشی یک ماه بعد اعمال تیمار شوری بود و هر ۲ ماه یک بار اعمال گردید. برداشت گیاه در زمان گل‌دهی گیاه انجام شد. در انتهای آزمایش تعداد ۵ بوته از هر کرت انتخاب و صفات تعداد گل، وزن تر گل و عملکرد گل اندازه‌گیری شد.

اندازه‌گیری محتوی عناصر سدیم، پتاسیم، آهن و روی: اندازه‌گیری محتوی عناصر سدیم و پتاسیم از نمونه‌های برگی با استفاده از دستگاه فلیم فتومتر بر حسب درصد و عناصر روی و آهن با دستگاه جذب اتمی بر حسب میلی‌گرم بر کیلوگرم صورت گرفت (Emami, 1996).

اندازه‌گیری موسیلاژ و فنل کل: تعیین میزان موسیلاژ در اندام‌های گیاه دارویی ختمی به روش کاراوایا و همکاران (Karawya et al., 1980) و فنل کل با روش سولاند و همکاران (Soland et al., 1999) انجام شد.

تجزیه و تحلیل داده‌ها

این آزمایش به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملا تصادفی در ۳ تکرار انجام گرفت. مقایسه میانگین‌ها توسط آزمون دانکن در سطح آماری ۵ درصد و آنالیز آماری با استفاده از نرم افزارهای SAS (v.9.2) و ترسیم نمودارها با نرم افزار Excel صورت پذیرفت.

نتایج

محتوی سدیم و پتاسیم: نتایج تجزیه واریانس داده‌های آزمایشی نشان داد که مقدار پتاسیم بطور معنی‌داری تحت تاثیر شوری، کاربرد سولفات آهن و روی، اثر متقابل سولفات آهن × شوری، آهن × روی و آهن × روی × شوری قرار گرفت، همچنین مقدار سدیم نیز به‌طور معنی‌داری تحت تاثیر شوری، محلولپاشی سولفات آهن و اثر متقابل شوری × محلولپاشی سولفات آهن قرار گرفت (جدول ۱). با توجه به جدول ۲، بیشترین مقدار پتاسیم برگ (۲/٤ درصد)، در ترکیب تیماری شوری ۸ دسی زیمنس بر متر + سولفات آهن ۱/۵پی پی‌ام + سولفات روی ۳ پی پی‌ام یا $S_8F_{1.5}Z_3$ مشاهده گردید هر چند اختلاف معنی‌داری با $S_8F_{1.5}Z_{1.5}$ (شوری ۸ دسی زیمنس بر متر + سولفات آهن ۱/۵پی پی‌ام + سولفات روی ۱/۵پی پی‌ام) و $S_8F_3Z_3$ (شوری ۸ دسی زیمنس بر متر + سولفات آهن ۳ پی پی‌ام + سولفات روی ۳ پی پی‌ام)نداشت. کاربرد سولفات روی و افزایش غلظت آن در شرایط شوری و شاهد سبب افزایش جذب عنصر پتاسیم گردید. کمترین مقدار پتاسیم (۰/۷٦ ٪) در تیمار $S_4F_0Z_0$ (شوری ٤ دسی زیمنس بر متر و

بدون کاربرد سولفات آهن و سـولفات روی) مشـاهده شد.

جدول ۱: تجزیه واریانس صفات مورد مطالعه ختمی تحت اعمال تیمارهای شوری و محلول‌پاشی سولفات آهن و روی.

	df	مقدار				صفات گل			مقدار	
		سدیم	پتاسیم	روی	آهن	تعداد	وزن تر	عملکرد	فنول	موسیلاژ
شوری (S)	۲	۲۷/۰۸**	۳/۰۸**	۹۱/۷**	۱۸٤**	۵۷۲**	۰/۸۵**	۳۳۰۰٦**	۷۱۰۲/۵**	۱۲۵**
سولفات آهن (F)	۲	۰/۸۵**	۰/۸۷**	۸٦**	۷۰۳/۵**	۲۰۰**	۰/۰٦**	٦٤۰۵**	۱۱۱/٦**	۳۲/۵**
سولفات روی (Z)	۲	۰/۰۱۷ns	۱/٦۳**	۲۰٦/۵**	٤۹/۳۲**	۷۷/۵**	۰/۰٤*	۷۹٤٤**	٦۳/۲**	۲٤/۱۵**
S*F	٤	۰/۵۸**	۰/۲٦**	۲/۱۱**	۱/٤۳*	٤٦**	۰/۱۱**	۷۱٦**	۲۰۳/۷**	۰/٦۹ns
S*Z	٤	۰/۰۳ns	۰/۰۲ns	۲۳/۵**	۰/۵۲ns	۷/۷ns	۰/۰٤۲**	۳۸٦ns	۹۸/۹**	۰/٦۰ns
F*Z	٤	۰/۰۱ns	۰/۰۹**	۳/۲۸**	٦/۱٦**	۲۱/۵**	۰/۰۵**	٤۳۷*	۱۷٤/۲**	۰/٤۹ns
S*F*Z	۸	۰/۰۳ns	۰/۰۳٤*	۰/۷**	۰/۹ns	۱۲/۵**	۰/۰۳*	۲۰۳ns	٤۲/۸**	۰/۱٦ns
CV (٪)		۱۰/۰٦	۷/۳۳	۱۱	۷/۱۷	۸/۵	۹/۷	۱۱/۹	٦/٦۵	٦/۱۱

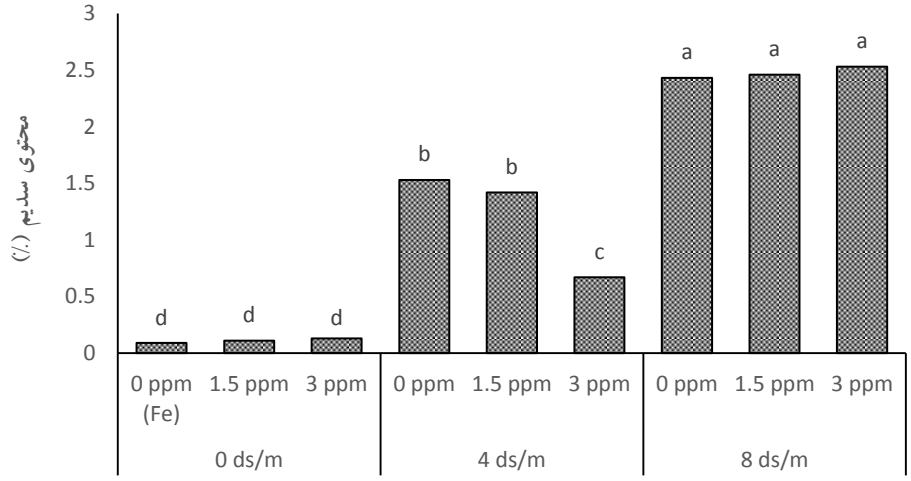
*و ** و ns به ترتیب تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۱، ۵ درصد و عدم تفاوت معنی‌دار

جدول ۲: نتایج مقایسه میانگین اثر سه جانبه صفات طول و عرض گل و طول کپسول در گیاه ختمی

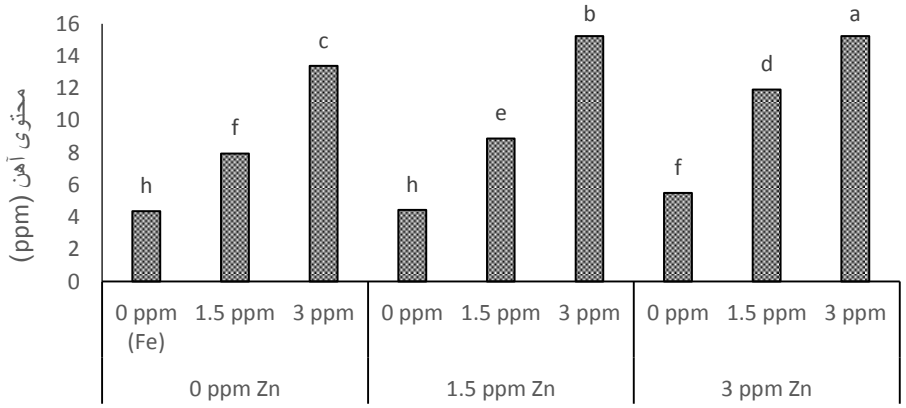
شوری (dS/m)	آهن (ppm)	روی (ppm)	محتوی پتاسیم (٪)	محتوی روی (ppm)	تعداد گل	وزن تر گل (گرم)	محتوی فنول (mg/ml)
		۰	۱+۰/۰۵f	۱/۷۳+۰/۰٦jk	۲۰/۳+۲/۰۷e	۱/۲۳ ±۰/۵ ab	۲۱/۸ ±۰/۲ mn
	۰	۱/۵	۱/۲٦ ±۰/۰۱e	۳/۷۳ ±۰/۰۳g	۲۱/٦ ±۲/۰۷e	۱/۱٦ ±۰/۱ b	۱۹/٤۳ ±۰/۱٤ mno
		۳	۱/۵۳ ±۰/۰٤d	۸/٤۳ ±۰/۲c	۲٤/٦ ±۱/۱de	۱/۳۳ ±۰/۱ ab	۱۷/۹۳ ±۰/۲ no
		۰	۱/۳ ±۰/۰۳e	۲/۰٦ ±۰/۰۱jk	۲٤/۳ ±۱/۲de	۱/۳٦ ±۰/۰۵ a	۱۷/۲۳ ±۰/۰۸ o
۰	۱/۵	۱/۵	۱/۵۳ ±۰/۱d	٤/۳۳ ±۰/۰۸g	۲۷ ±۱cd	۱/۳+۰/۱۷ ab	۲۲/۳ ±۰/۲ lm
		۳	۱/٦٦ ±۰/۱۱cd	۱۰/٤ ±۰/۱b	۳۵/٦ ±۱/۲a	۱/۰٦ ±۰/۰۵ b	۲٦ ±۰/۰۹ kl
		۰	۱/۳٦ ±۰/۰۲e	۲/۰۳ ±۰/۱jk	۲۵/٦ ±۱/۰۵cd	۱/۲ ±۰/۱ ab	۱۷/۳۳ ±۰/۳ o
	۳	۱/۵	۱/٦٦ ±۰/۰٤cd	۵/۳۳ ±۰/۰٦f	۳۱/٦ ±۳/۰۵b	۱/۱٦ ±۰/۱۱ b	۲٦/٦۳ ±۰/۲ k
		۳	۲/۰٦ ±۰/۰۲b	۱۳/۰٦ ±۰/۰۹a	۳۳/۵ ±۱/۰۵ab	۱/۱٦ ±۰/۱۱ b	۲۹/۸ ±۰/۷۰ jk
		۰	۰/۷٦ ±۰/۰۱j	۱/٤۳ ±۰/۰۲k	۲۲ ±۲/٦e	۱ ±۰/۱ bc	٤۱/۲ ±۰/٦ f
	۰	۱/۵	۱/۲ ±۰/۰۰۹e	۲/۸۳ ±۰/۰۱ij	۲۳ ±۱de	۱/۱ ±۰/۱ b	۲٦/۳ ±۰/۱۵ gh
		۳	۱/۳۳ ±۰/۰۳e	۵/٦۳ ±۰/۱۲ef	۲۳/۳ ±۲/۲de	۱/۲۳ ±۰/۱۱ ab	۳۱/۹۳ ±۰/۸ ij
		۰	۱/۳ ±۰/۰۱e	۱/۳۳ ±۰/۰۱k	۲٤/٦ ±۱/۵de	۱/۰٦ ±۰/۰۵ b	٤٤/۸ ±۰/۲ ef
٤	۱/۵	۱/۵	۱/۳٦ ±۰/۰٤e	۲/۸٦ ±۰/۰۹ij	۲٦/۳ ±۱/۷cd	۱/۲ ±۰/۱۱ ab	۳٦/٦ ±۰/۱ g
		۳	۱/۵۳ ±۰/۰۲d	٦/۲٦ ±۰/۰۷e	۳۲/٦ ±۵/۱ab	۱/۲۳ ±۰/۰۵ ab	٤۳/٤ ±۰/٤ ef
		۰	۱/۲ ±۰/۰۸e	۱/۲ ±۰/۱kl	۲٤ ±۲ de	۱/۱ ±۰/۱ b	۳۵/٤ ±۰/۱ ghi
	۳	۱/۵	۱/٤٦ ±۰/۰۱d	۳/۳ ±۰/۰٤hi	۲۹ ±۲/٦bc	۱/۱۳ ±۰/۱۵ b	۳۲/۱ ±۰/۰۷ hij
		۳	۱/۵٦ ±۰/۰٦d	۷/۱ ±۰/۰۵d	۳۵/۳ ±۲/۰۵a	۱/۲ ±۰/۱ ab	٤٦/۸ ±۰/۵ de
		۰	۱/۵٦ ±۰/۰۷d	۱/۵٦ ±۰/۰۳l	۱۵/۳ ±۱/۰۵f	۰/٦٦ ±۰/۰۵ d	٦٤/۲ ±۰/۱۵ a
	۰	۱/۵	۱/۷۳ ±۰/۰٤cd	۱/۳٦ ±۰/۰٦k	۱۹/٦ ±٤/۵e	۰/۸۳ ±۰/۰۵ c	۵۷/٦ ±۰/۳ b
		۳	۲/۰۳ ±۰/۰۹b	۲/٦ ±۰/۰۲ij	۲۱/٦ ±۳/۱e	۰/۸٦ ±۰/۰۵ c	٤۹/۹ ±۰/۲ cd
		۰	۲/۱٦ ±۰/۰۱b	۰/۸٦ ±۰/۰۰۱l	۱۸/٦ ±۲/۲ef	۰/۷۳ ±۰/۱۱ cd	٤٤/۷ ±۰/٤۱ ef
۸	۱/۵	۱/۵	۲/۲٦ ±۰/۰۱a	۲/۲ ±۰/۰٦jk	۱٦/٦ ±۲/۱f	۰/۸۳ ±۰/۱۱ c	٤٦ ±۰/۱۳ de
		۳	۲/٤ ±۰/۰۳a	۳/۷۳ ±۰/۰٤gh	۲۲ ±۱e	۰/۷٦ ±۰/۱۵ cd	٤۹/۸ ±۰/۱۱ cd
		۰	۱/۳٦ ±۰/۰۱e	۰/٦۳ ±۰/۰۲l	۱۷ ±۱f	۰/۸۳ ±۰/۱ c	٦۵/۲ ±۰/۱ a
	۳	۱/۵	۱/۷٦ ±۰/۰۵c	۲/۳ ±۰/۱jk	۱۹/٦ ±۱/۱e	۱/۲ ±۰/۱ ab	۵۳/۱ ±۰/۸ c
		۳	۲/۳۳ ±۰/۰۹a	۳/٦٦ ±۰/۱۱gh	۲۰/۳ ±۲/۱e	۱/۲ ±۰/۱ ab	۵۹/۸ ±۰/۲ b

در هر ستون میانگین‌های دارای حروف مشابه در سطح احتمالی ۵٪ تفاوت معنی داری ندارند.

همچنین نتایج حاصل از مقایسه میانگین اثر متقابل شوری × آهن بر روی محتوی سدیم برگ نشان داد که بیشترین (۲/۵۳٪) و کمترین (۰/۰۹٪) مقدار سدیم، به ترتیب از تیمارهای S_8F_3 (شوری ۸ دسی زیمنس بر متر + سولفات آهن ۳ پی پی‌ام) و S_0F_0 (تیمار شاهد) مشاهده گردید، بهرحال تنش شوری سبب افزایش جذب سدیم گردید و محلول‌پاشی سولفات آهن در شوری ملایم سبب کاهش جزئی جذب سدیم شد (شکل ۱). نتایج مطالعه حاضر نشان داد که محلول پاشی سولفات روی و آهن بر روی ممانعت از کاهش محتوی پتاسیم در شرایط تنش شوری نسبت به عدم محلول پاشی آن موثر بوده است. به عبارتی دیگر تفاوت معنی داری بین کاهش سطح محتوی پتاسیم، زمانی که گیاه تحت تنش بیشترین میزان شوری (۸ دسی زیمنس بر متر) بوده و به طور همزمان نیز محلول پاشی سولفات روی و آهن صورت پذیرفته در مقایسه با اعمال تنش شوری (۸ دسی زیمنس بر متر) بدون محلول پاشی سولفات روی و آهن مشاهده شده است.

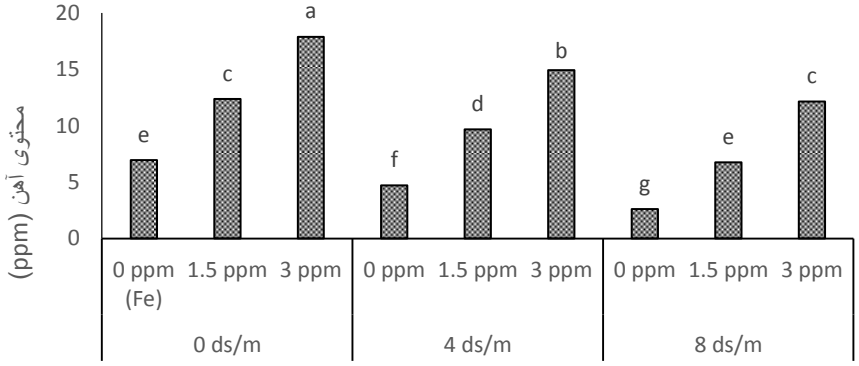


شکل ۱: مقایسه میانگین اثر سطوح مختلف شوری و محلولپاشی سولفات آهن روی محتوی سدیم گیاه دارویی ختمی.

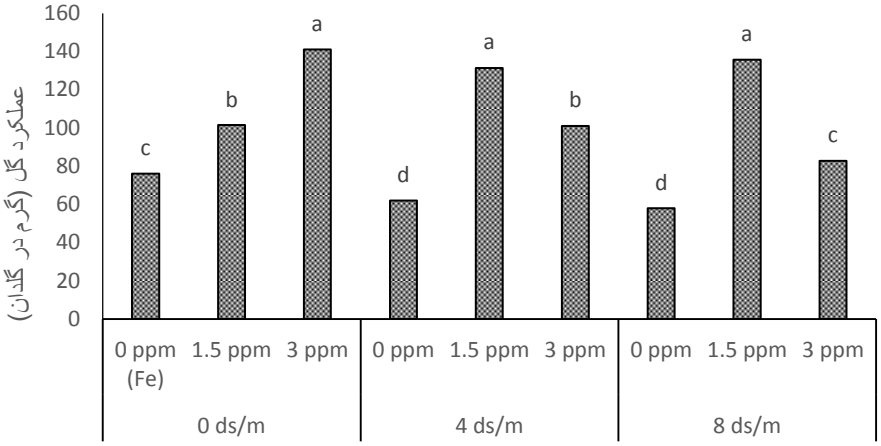


شکل ۲: مقایسه میانگین اثر محلولپاشی سولفات روی و آهن روی محتوی عنصر آهن گیاه دارویی ختمی

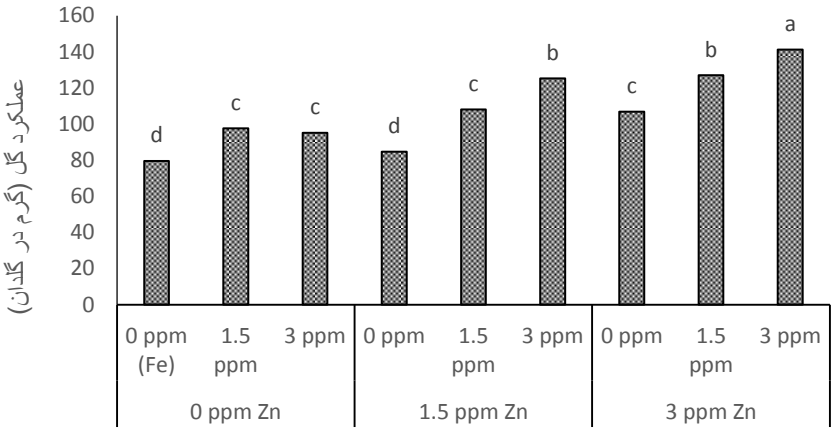
محتوی روی و آهن: با توجه به جدول (۱)، مقدار عناصر روی و آهن بطور معنی‌داری تحت تاثیر شوری، محلول‌پاشی آهن و روی و همچنین اثر متقابل شوری × آهن و آهن × روی قرار گرفت، همچنین اثر متقابل شوری × روی و شوری× آهن × روی نیز تاثیر معنی‌داری روی مقدار عنصر روی داشت. مقایسه‌ی میانگین داده‌ها نشان داد که بیشترین مقدار عنصر روی (۱۳/۰۶ پی پی ام) در تیمار $S_0F_3Z_3$ مشاهده گردید. همچنین تیمارهای $S_8F_3Z_0$، $S_8F_0Z_0$ و $S_8F_{1.5}Z_0$ به ترتیب با دارا بودن ۰/۶۳، ۰/۷۲ و ۰/۸۶ پی پی ام عنصر روی، کمترین مقادیر را به خود اختصاص دادند. تنش شوری سبب کاهش جذب عنصر روی گردید و با افزایش شدت تنش، جذب روی کاهش یافت. محلولپاشی سولفات روی و آهن سبب افزایش جذب عنصر روی در برگ‌های گیاه ختمی گردید (جدول ۲). نتایج حاصل از مقایسه میانگین اثر متقابل دوگانه سولفات روی و آهن بر محتوی آهن برگ گیاه ختمی حاکی از آن بود که بیشترین مقدار آهن برگ (۱۶/۳ پی پی ام) در بوته های تیمار شده با F_3Z_3 مشاهده گردید و ترکیبات تیماری F_0Z_0 و $F_0Z_{1.5}$ کمترین محتوی آهن را به خود اختصاص دادند. همچنین با افزایش غلظت سولفات آهن و روی، مقدار عنصر آهن بافت برگ نیز بیشتر گردید (شکل ۲). با توجه به شکل ۳، تنش شوری سبب کاهش جذب آهن نسبت به شرایط عدم تنش گردید و همچنین محلولپاشی سولفات آهن در هر دو شرایط تنش و غیر تنش سبب افزایش جذب و انباشتگی عنصر آهن در برگ گردید.



شکل ۳: مقایسه میانگین اثر سطوح مختلف شوری و محلولپاشی سولفات آهن روی محتوی عنصر آهن گیاه دارویی ختمی



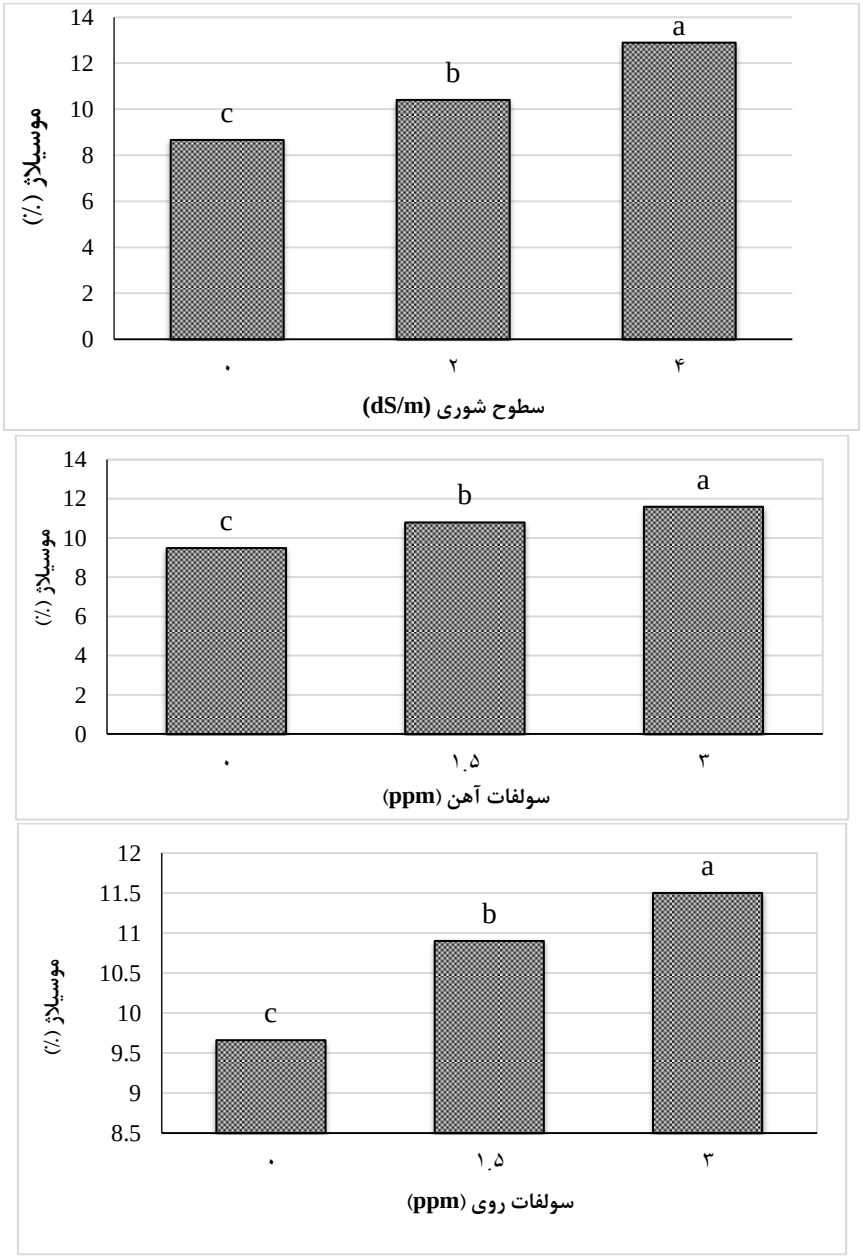
شکل ٤: مقایسه میانگین اثر سطوح مختلف شوری و محلولپاشی سولفات آهن روی عملکرد گل گیاه دارویی ختمی



شکل ٥: مقایسه میانگین اثر سطوح محلولپاشی سولفات روی و آهن روی عملکرد گل گیاه دارویی ختمی

تعداد، وزن تر و عملکرد گل: تجزیه واریانس داده‌های آزمایشی نشان داد که تعداد، وزن تر و عملکرد گل ختمی بطور معنی‌داری تحت تاثیر شوری، محلولپاشی سولفات آهن و روی، اثر متقابل شوری × آهن وسولفات روی × سولفات آهن قرار گرفت. همچنین اثر متقابل سه جانبه شوری × سولفات روی × سولفات آهن نیز روی تعداد ($P \leq 0.01$) و وزن تر گل ($P \leq 0.01$) معنی دار گردید (جدول ۱). مقایسه میانگین تیمارهای آزمایشی نشان داد که بوته‌های تیمارشده با $S_0F_{1.5}Z_3$ و $S_4F_3Z_3$ به‌ترتیب با دارا بودن ۳۵/٦٦ و ۳۵/۳ گل بیشترین تعداد گل را به خود اختصاص دادند. علاوه بر این، تیمار $S_8F_0Z_0$ با میانگین ۱۵/۳۳ گل، تیمار $S_8F_{1.5}Z_{1.5}$ با میانگین ١٦/٦٦ و تیمار $S_8F_3Z_0$ با میانگین ۱۷ گل کمترین تعداد گل را نسبت به سایر تیمارها از خود نشان دادند در تمامی تیمارهای آزمایشی کاربرد سولفات روی و آهن سبب افزایش تعداد گل در بوته گردید. (جدول ۲). با توجه به جدول ۲، اگرچه تنش شوری سبب کاهش وزن تر گل نسبت به شرایط بدون تنش گردید، کاربرد سولفات روی و آهن سبب تعدیل اثرات تنش شده و وزن تر گل ختمی را تا حدودی بهبود بخشید. بیشترین وزن تر گل (۱/۳٦

گرم) در تیمار $S_0F_{1.5}Z_0$ و کمترین مقدار (۰/٦٦ گـرم) در تیمار $S_8F_0Z_0$ مشاهده گردید.



شکل ٦: مقایسه میانگین اثر شوری، محلولپاشی سولفات روی و آهن روی مقدار موسیلاژ گیاه ختمی

نتایج حاصل از مقایسه میانگین اثر متقابل دوگانه سولفات آهن × شوری بر روی عملکرد گل نشان داد که ترکیب تیماری S_0F_3 بیشترین عملکرد گل (۱٤۱ گرم در گلدان) را به خود اختصاص داد، هرچند اختلاف معنی‌داری با تیمارهای $S_4F_{1.5}$ و $S_8F_{1.5}$ نداشت. شوری سبب کاهش عملکرد گل گردید. در شرایط بدون تنش، با افزایش غلظت‌های سولفات آهن، عملکرد گل افزایش یافت اما در شرایط تنش ملایم (٤ دسی زیمنس بر متر) و شدید (۸ دسی زیمنس بر متر) شوری، کاربرد غلظت ۱/۵ پی پی ام موثرتر از غلظت ۳ پی‌پی‌ام بود (شکل ٤). همچنین نتایج نشان داد که محلولپاشی بوته های ختمی با

سولفات آهن و روی سبب افزایش عملکرد گل نسبت به شاهد گردید و بیشترین مقدار افزایش در تیمار F_3Z3 با میانگین ۱٤۱/۲ گرم گل در گلدان مشاهده گردید (شکل ۵).

محتوی فنول و موسیلاژ: مطابق با جدول تجزیه واریانس (جدول ۱)، مقدار موسیلاژ و فنول بطور معنی داری تحت تاثیر شوری، محلولپاشی آهن و روی در سطح احتمال یک درصد قرار گرفت. علاوه بر این، اثر متقابل شوری × سولفات آهن، شوری × سولفات روی، سولفات آهن × سولفات روی و اثر متقابل سه جانبه شوری × سولفات آهن و سولفات روی نیز روی مقدار فنول در سطح احتمال یک درصد معنی دار گردید. نتایج نشان داد که شوری ۸ و ٤ دسی زیمنس بر متر به ترتیب سبب افزایش ٤۹ و ۲۰ درصدی مقدار موسیلاژ نسبت به شرایط عدم تنش گردید. همچنین محلولپاشی سولفات آهن و روی نیز مقدار موسیلاژ گیاه ختمی را بطور معنی‌داری افزایش داد (شکل ٦). بیشترین میزان فنول (٦۵/۲ mg/ml) در تیمار $S_8F_3Z_0$ مشاهده گردید، هر چند اختلاف معنی‌داری با تیمار $S_8F_0Z_0$ نداشت. کمترین مقدار فنول (۱۷/۲۳ mg/ml) نیز مربوط به تیمار $S_0F_{1.5}Z_0$ بود. شوری سبب افزایش میزان فنول گیاه ختمی گردید (جدول ۲).

بحث

نتایج نشان داد که مقدار پتاسیم بطور معنی‌داری تحت تاثیر شوری و کاربرد سولفات آهن و روی، و همچنین مقدار سدیم نیز بطور معنی‌داری تحت تاثیر شوری و محلولپاشی سولفات آهن قرار گرفت (جدول ۱). بهرحال تنش شوری سبب افزایش جذب سدیم گردید و محلول‌پاشی سولفات آهن در شرایط تنش شوری ملایم سبب کاهش جزئی جذب سدیم شد (شکل ۱). محلول‌پاشی سولفات روی و آهن بر روی ممانعت از کاهش محتوی پتاسیم در شرایط تنش شوری نسبت به عدم محلول پاشی آن موثر بوده است. مطالعات قبلی نشان داده‌است که در تیمارهای مختلف شوری، محتوای سدیم بافت گیاه به طور چشمگیری افزایش یافته و محتوای پتاسیم آن کاهش می‌یابد. کاهش محتوای پتاسیم، ممکن است به علت رقابت بین یون‌های سدیم و پتاسیم در جذب توسط گیاه باشد (Othman et al., 2006, Mahmoud et al., 2020). در واقع واکنش گیاه نسبت به شوری نه تنها تابعی از غلظت کل نمک بوده بلکه به نسبت یون‌ها و اثر متقابل آن نیز بستگی دارد (Yokoi et al., 2002, Minazadeh et al., 2018). یون‌ها در جذب و در نتیجه در فعالیت‌های متابولیکی به طریق مختلف اثر متقابل نشان می‌دهند. مطالعات نشان داد که در برخی گونه‌های گیاهی در شرایط تنش شوری تلاش گیاه در پایین نگه‌داشتن غلظت Na^+ و بالا نگه‌داشتن غلظت K^+ در اندام‌های هوایی می‌باشد و در اغلب گونه‌های گیاهی احتمالاً میزان بالای نسبت K^+/ Na^+ بسیار مهم‌تر از نگه‌داری پایین غلظت +Na می‌باشد (Tester and Davenport, 2003). از آن‌جا که عنصر پتاسیم یکی از عناصر ضروری برای رشد گیاه است، با افزایش شوری و یون سدیم در محیط، از جذب یون پتاسیم ممانعت به عمل آمده و به دنبال آن گیاه را با کمبود این عنصر ضروری مواجه می سازد. در یک محیط شور که غلظت سدیم زیاد است، گیاهان مقادیر زیادی از یون سدیم را به جای یون‌های پتاسیم و کلسیم جذب می کنند که این امر به کمبود عناصر پتاسیم و کلسیم در گیاه منجر می شود و در نهایت کاهش رشد را به دنبال دارد (Heidari and Farzaneh, 2013, Gupta et al., 2020). به علت ساختمان مشابه سدیم و پتاسیم و رقابت سدیم برای جایگاه‌های اتصال پتاسیم، فرابندهای متابولیسمی وابسته به پتاسیم در سیتوپلاسم مهار می‌شود و این موضوع نشان می‌دهد که مقادیر سدیم سلولی باید در

یک سطح حداقل نگه داشته شود (Al-Abdoulhadi et al., 2012). مردانی و همکاران (Mardani et al., 2019) با بررسی اثر شوری روی صفات فیزیولوژیکی و عملکرد کمی و کیفی گل ختمی نشان دادند که شوری سبب کاهش جذب پتاسیم و افزایش جذب سدیم گردید. نتایج این تحقیق با یافته‌های ماریا و همکاران (Maria et al., 2011) روی مریم گلی مطابقت دارد.

نتایج این تحقیق نشان داد که مقدار عناصر روی و آهن بطور معنی داری تحت تاثیر شوری و محلولپاشی آهن و روی قرار کرفته‌است. با افزایش شدت تنش، جذب روی کاهش یافت و محلولپاشی سولفات روی و آهن سبب افزایش جذب عنصر روی در برگ‌های گیاه ختمی شده‌است (جدول ۲). همچنین با افزایش غلظت سولفات آهن و روی، مقدار یون آهن بافت برگ نیز افزایش یافته‌است (شکل ۲). اگرچه تنش شوری سبب کاهش جذب آهن نسبت به شرایط عدم تنش شده است ولی محلولپاشی سولفات آهن در هر دو شرایط تنش و غیر تنش سبب افزایش جذب و انباشتگی عنصر آهن در برگ گردید (شکل ۳). در تنش شوری، حلالیت عناصر کم مصرف نظیر آهن، منگنز، مس، روی و مولیبدن به دلیل باند شدن کاهش یافته و جذب آن‌ها به شدت کم می گردد (Munns and Tester, 2008). رادی و همکاران (Rady et al., 2011) گزارش کردند که با افزایش سطوح شوری از ۲ به ۸ دسی زیمنس بر متر، غلظت سدیم افزایش و غلظت عناصر پتاسیم، فسفر، نیتروژن، منیزیم، آهن، روی و مس و همچنین نسبت پتاسیم به سدیم در اندام هوایی کاهش یافت. نتایج این پژوهش نشان داد که در بافت‌های گیاه ختمی تحت محلول پاشی سولفات آهن (۳ پی پی ام) + سولفات روی (۳پی پی ام) بیشترین محتوی عنصر روی و آهن ذخیره شده بود. محققان معتقدند که روابط یونی متقابل در گیاهان وجود داشته و به عبارتی دیگر ، یون‌ها در جذب و در نتیجه در فعالیت‌های متابولیکی گیاه به طریق مختلف اثر متقابل نشان می‌دهند. برخی از آثار یونی تقویت کننده بوده و بدین ترتیب که یون در صورت حضور یون دیگر سریع‌تر جذب شده و یا فعالیتش تقویت می‌شود. در مطالعه ای به منظور بررسی اثر محلول‌پاشی سولفات آهن و روی بر غلظت برخی از عناصر غذایی بابونه آلمانی گزارش شد، که محلول-پاشی بر محتوی عناصر درون بافت های گیاهی از جمله آهن، فسفر، منیزیم، کلسیم، مس، روی و آهن در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شده و بیشترین غلظت آهن در تیمار محلول‌پاشی با سولفات آهن در هر دو مرحله رویشی و زایشی به دست آمده است. در مطالعه مذکور چنین استنتاج شد که محلول‌پاشی بابونه با سولفات‌های آهن و روی می‌تواند منجر به افزایش غلظت برخی از عناصر غذایی و رفع کمبود آنها در گیاه گردد (Nasiri et al., 2013). در آزمایشی جابین و احمد (Jabeen and Ahmad, 2011) نیز با محلولپاشی عنصر آهن غلظت آهن در اندام هوایی آفتابگردان افزایش یافت. همچنین ال-فولی و همکاران (El-Fouly et al., 2011) گزارش کردند که محلولپاشی آهن و منگنز سبب افزایش غلظت پتاسیم، آهن و منگنز و نسبت پتاسیم به سدیم در اندام هوایی گندم در شرایط شوری شد. با توجه به نقش ساختاری عناصر ریزمغذی از جمله آهن، منگنز و روی در برخی از آنزیم‌ها و همچنین نقش موثر آنها در سنتز پروتئین‌ها، با مصرف این عناصر علاوه بر افزایش عملکرد افزایش مقاومت گیاهان تحت تنش‌های محیطی مورد انتظار است (Cakmack, 2000). ترابیان و زاهدی (Torabian and Zahedi, 2013) با بررسی اثر تغذیه برگی سولفات آهن روی آفتابگردان تحت تنش شوری گزارش کردند که شوری سبب کاهش

جذب پتاسیم و آهن گردید و محلولپاشی سولفات آهن سبب بهبود جذب این دو عنصر شد.

نتایج تحقیق حاضر نشان داد که تعداد، وزن تر و عملکرد گل ختمی بطور معنی‌داری تحت تاثیر شوری، محلولپاشی سولفات آهن و روی، اثر متقابل شوری × آهن وسولفات روی × سولفات آهن قرار گرفته‌است (جدول ۱). محلولپاشی سولفات روی و آهن سبب افزایش تعداد گل در بوته و عملکرد گل شده‌است (جدول ۲ و شکل ۵). اگرچه تنش شوری سبب کاهش وزن تر گل نسبت به شرایط بدون تنش گردید، کاربرد سولفات روی و آهن سبب تعدیل اثرات تنش شده و وزن تر گل ختمی را تا حدودی بهبود بخشید. بطورکلی رشد و نمو سلول‌ها به طورکلی رابطه نزدیکی با فشار تورژسانس دارد به طوری که یک حداقل فشار تورژسانس برای بزرگ شدن سلول لازم است. تنش اسمزی ناشی از شوری، آستانه فشار تورژسانس لازم برای رشد سلول‌های گیاه را افزایش داده و در نهایت منجر به کاهش سطح برگ و کاهش فتوسنتز گیاه می‌گردد و به این ترتیب گلدهی گیاه را نیز تحت تاثیر قرار می‌دهد (Ninganoor et al., 1995, Munns and Tester, 2008). از سوی دیگر به دلیل وجود یون‌های سمی در محلول خاک، گیاه با سمیت این گونه یون‌ها مواجه می گردد که در نهایت سبب بهم خوردن تعادل یونی در اثر انتقال ناکافی یون‌ها یا مکانیسم‌های انتخابی آنها و افزایش استفاده از انرژی متابولیکی در فرآیندهای غیررشدی مرتبط با مکانیسم تحمل گیاه گردند (Munns and Tester, 2008). گزارش‌های مختلفی وجود دارد که کاربرد سولفات روی و آهن با افزایش فتوسنتز و تولید مواد پروده حاصل از آن منجر به افزایش عملکرد گل شده است (Carter and Knapp, 2001). نصیری و همکاران (Nasiri et al., 2013) در مطالعه خود بر روی بررسی اثر محلول‌پاشی سولفات آهن و روی بر عملکرد گل بابونه آلمانی گزارش نمودند که محلول‌پاشی بابونه با سولفات‌های آهن و روی منجر به بهبود عملکرد گل و افزایش غلظت برخی از عناصر غذایی و رفع کمبود آنها در گیاه گردید. در مطالعه ای دیگر به‌منظور بررسی تأثیر محلول‌پاشی با عناصر ریزمغذی (آهن و روی) بر عملکرد، اجزای عملکرد و اسانس رازیانه (*Foeniculum vulgare* Mill.) گزارش شد که بیشترین عملکرد دانه (۲۶۳۷/۹۶ کیلوگرم در هکتار) از محلول‌پاشی با آهن و روی به میزان ۲ گرم در لیتر بدست آمد و کمترین میزان صفات مذکور از تیمار شاهد حاصل شد (Moradi et al., 2015). در مطالعه دیگری به منظور ارزیابی تغییرات مورفوفیزیولوژیکی و فیتوشیمیایی گیاه دارویی شوید تحت تأثیر محلول‌پاشی سطوح متفاوت سولفات آهن و روی گزارش شد که کاربرد سطوح مختلف سولفات آهن و روی تأثیر معنی‌داری بر تعداد برگ، تعداد ساقه فرعی، تعداد گل آذین، تعداد چترک در چتر، تعداد دانه بوته، وزن خشک اندام هوایی و عملکرد داشته و به طور کلی بر اساس نتایج این آزمایش محققان نتیجه‌گیری نمودند که مصرف آهن و روی در کنار یکدیگر قادر به ایجاد شرایط مطلوب جهت افزایش عملکرد کمی و کیفی در گیاه شوید می‌باشد (Miransari et al., 2015).

در این تحقیق، مقدار موسیلاژ و فنول بطور معنی داری تحت تاثیر شوری و همچنین محلولپاشی آهن و روی تغییر کرده‌است(جدول ۱). نتایج نشان داد که شوری ۸ و ٤ دسی زیمنس بر متر به ترتیب سبب افزایش ٤۹ و ۲۰ درصدی مقدار موسیلاژ نسبت به شرایط عدم تنش شده‌است و همچنین محلولپاشی سولفات آهن و روی نیز مقدار موسیلاژ گیاه ختمی را بطور معنی‌داری افزایش داده‌است (شکل ٦). از آنجایی که بیشترین محتوی موسیلاژ گیاه ختمی تحت تنش

شوری حاصل شده است، ممکن است بتوان گفت گیاه دارویی ختمی همانند برخی گیاهان از طریق تنظیم اسمزی در مقابله تنش شوری و خشکی واکنش نشان داده و با بالا بردن غلظت درون سلولی خود پتانسیل اسمزی اجزاء داخلی خود را کاهش داده و از این طریق اختلاف پتانسیل آب بین محلول خاک و گیاه افزایش یابد و گیاه قادر به جذب آب بیشتر و تحمل شوری شده است (Yokoi et al., 2002). یکی از روش‌هایی که گیاهان برای بالا بردن غلظت محلول درون سلولی و در نتیجه پایین نگه‌داشتن پتانسیل آب داخلی خود نسبت به پتانسیل خاک انجام می‌دهند، افزایش سنتز برخی پیوندهای متابولیکی یا محلول‌های سازگار و مواد موثره می‌باشد. موسیلاژ به عنوان یک ترکیب پلی ساکاریدی و آبدوست توانایی نگهداری مقادیر قابل توجهی از رطوبت را داشته و در افزایش مقاومت به تنش‌های شوری و خشکی کمک شایانی به رشد گیاه می کند (Ghanem et al., 2010). از آنجایی که محتوی موسیلاژ گیاه ختمی تحت محلول پاشی سولفات آهن نسبت به عدم محلول پاشی آن بیشتر شده، می توان به نقش موثری که عنصر آهن در رشد گیاهان داشته از جمله در ساخت کلروفیل، افزایش فتوسنتز و تولید مواد پرورده اشاره نمود. باید اشاره نمود که از آنجایی که محتوی موسیلاژ ختمی تحت محلول پاشی سولفات روی نسبت به عدم محلول پاشی آن بیشتر شده، می‌توان به نقش موثر این عنصر کم‌مصرف در رشد و طول عمر رنگدانه‌های کلروفیل، سنتز تریپتوفان، متابولیسم کربوهیدرات‌ها و ساخت پروتئین‌ها در گیاهان و در نهایت سنتز مواد فتوسنتزی اثرگذار است، اشاره نمود (Kafi et al., 2008).

در این تحقیق، شوری بطور معنی‌داری سبب افزایش میزان فنول گیاه ختمی شد (جدول ۲). بهرحال گیاه زمانی که تحت تنش قرار می‌گیرد متابولیت های زیادی تولید می کند در اینجا نیز به نظر با افزایش میزان شوری مقدار فنول افزایش یافته و از آنجایی که یکی از مهمترین ترکیبات آنتی اکسیدانی فنولها می باشند بنابراین این ترکیب تمیاری بیشترین فعالیت آنتی اکسیدانتی را نیز نشان داد. همچنین فنول‌ها ترکیبات آنتی‌اکسیدان نیرومندی در بافت‌های گیاهی تحت شرایط شوری هستند. این ترکیبات به دلیل ساختار اسکلتی، نقش مهمی در از بین بردن رادیکال‌های آزاد اکسیژن تولیدی در شرایط تنش شوری دارند. به این ترتیب ساختارهای سیتوپلاسمی و کلروپلاستی را از تاثیرات منفی شوری محافظت کرده و همچنین با جلوگیری از عمل لیپواکسیژناز از اکسیداسیون لیپیدها جلوگیری می‌کنند (Amel et al., 2008). ستایش مهر و اسماعیل زاده (Setayeshmehr and Esmail Zadeh, 2013) با بررسی اثر تنش شوری بر برخی خصوصیات فیزیولوژیکی و بیو.شیمیایی گیاه گشنیز (*Coriandrum sativum* L.) گزارش کردند که پرولین، قندهای محلول و مقدار فنول تحت شرایط تنش شوری افزایش یافت. نتایج ما با یافته‌های رضازاده و همکاران (Rezazadeh et al., 2012) مطابقت دارد.

نتیجه‌گیری نهایی

بطور کلی نتایج این تحقیق نشان داد که اگرچه با افزایش سطح شوری، میزان پتاسیم، روی و آهن و همچنین تعداد گل و عملکرد گل گیاه ختمی بطور معنی‌داری کاهش یافته‌است ولی میزان فنول کل و موسیلاژ بطور معنی‌داری افزایش نشان داده است. همچنین محلولپاشی سولفات آهن و روی سبب تعدیل اثرات منفی شوری شده و موجب افزایش میزان پتاسیم، آهن، روی فنول کل و همچنین موسیلاژ گیاه شده است.

References

1. Al-Abdoulhadi, I.A., Dinar, H.A., Ebert, G. and Büttner, C. 2012. Influence of salinity levels on nutrient content in leaf,stem and root of major date palm (*Phoenix Dactylifera* L) cultivars. International Research Journal of Agricultural Science and Soil Science, 2(8): 341-346.
2. Amel, A., Mohamed, A. and Amina, A.A. 2008. Alterations of some secondary metabolites and enzymes activity by using exogenous antioxidant compound in onion plants grown under seawater salt stress. American-Eurasian Journal of Scientific Research, 3(2): 139-146.
3. Arzani, A. 2008. Improving salinity tolerance in crop plants: a biotechnological view. In Vitro Cellular & Developmental Biology – Plant, 44: 373-383.
4. Blumenthal, M., Goldberg, A. and Brinckmann, J. 2000. Herbal medicine. expanded commission E monographs. Integrative Medicine Communications.
5. Cakmack, I. 2000. Possible roles of zinc in protecting plant cells from damage by reactive oxygen species. New Phytologist, 146:185-205.
6. Carter, A.C. and Knapp, A.K. 2001. Leaf optical properties in higher plants: linking spectral characteristics to stress and chlorophyll concentration. American Journal of Botany, 88: 677-684.
7. El-Fouly, M.M., Mobarak, Z.M. and Salama, Z.A. 2011. Micronutrients (Fe, Mn, Zn) foliar spray for increasing salinity tolerance in wheat *Triticum aestivum* L. African Journal of Plant Science, 5: 314-322.
8. Emami, A. 1996. Methods of plant analysis. Technical Journal of soil and water research institute, agricultural research, Education and Extension Organization, pp: 28-50. (In Persian).
9. Ghanem, M.E., Han, R.M., Classen, B., Quetin-Leclerq, J., Mahy, M., Ruan ,V., Qin, P., Prez-Alfocea, F. and Lutts, S. 2010. Mucilage and polysaccharides in the halophyte plant species *Kosteletzkya vrginica*: localization and composition in relation to salt stress. Plant Physiology and Biochemistry, 48: 131-135.
10. Gupta, S., Schillaci, M., Walker R., Smith P., Watt M. and Roessner U. 2020. Alleviation of salinity stress in plants by endophytic plant-fungal symbiosis: Current knowledge, perspectives and future directions. Plant and Soil. https://doi.org/ 10.1007/s11104-020-04618-w.
11. Heidari, M. and Farzaneh, F. 2013. Effect of nitrogen nutrition and salinity stress on 1000-seed weight, mucilage and nutrient uptake in Asparagus. Journal of Production and Processing of Crops, 3(8): 127-135. (In Persian).
12. Jabeen, N. and Ahmad, R. 2011. Effect of foliar-application boron and manganese on growth and biochemical activities in sunflower under saline conditions. Pakestanian Journal of Botany, 43: 1271-1282.
13. Kafi, M., Lahouti, M. Zand, A..Sharifi H. and Goldani M. 2008. Plant physiology. University of Mashhad publication. 101-125. (In Persian).
14. Karawya, M.S., Wassel, G.M. and Baghdadi, H. 1980. Mucilages and pectins of *Opuntia, Tamarindus* and *Cydonia*. Planta Medica, 40(1):68-75.
15. Kobraee, S., NoorMohamadi, N., Heidari Sharifabad, H., Darvish Kajori, F. and Delkhosh, B. 2011. Influence of micronutrient fertilizers on soybean nutrient composition. Indian Journal of Science and Technology, 4: 763-769.
16. Mahmoud, A.W.M.; Abdeldaym, E.A.; Abdelaziz, S.M.; El-Sawy, M.B.I.; Mottaleb, S.A. 2020. Synergetic effects of zinc, boron, silicon, and zeolite nanoparticles on confer tolerance in potato plants subjected to salinity. Agronomy, 10: 19. https://doi.org/10.3390/agronomy10010019.
17. Mardani, H., Razmjoo, J. and Ghaffari, H. 2019. Evaluation of salinity and urea fertilizer interaction on some physiological traits, quantitative and qualitative yield of marshmallow (*Althaea officinalis*). Plant process and function, 8(30): 223-243. (In Persian).

18. Maria, A.D.C., Marina, S.S., Maura, D.C. and Cristiane, F.T. 2011. Effect of salt stress on nutrient concentration, photosynthetic pigments, proline and foliar morphology of *Salvinia auriculata* Aub. Journal of Acta Limnologica Brasiliensia, 23(2): 164-176.
19. Minazadeh, R., Karimi, R., Mohamad Parast, B. 2018. The effect of foliar nutrition of potassium sulfate on morpho-physiological indices of grapevine under salinity stress. Iranian Journal of Plant Biology, 10(3): 83-106.
20. Miransari, H., Mehrafarin, A. and Naghdi Badi, H. 2015. Morphophysiological and phytochemical responses of dill to foliar application of iron sulfate and zinc sulfate. Journal of Medicinal Plants, 14(2): 15-29.
21. Moradi, S., Puryousef, M. and Andalibi, B. 2015. The effect of foliar application of micronutrients (iron and zinc) on yield, yield components and fennel essential oil (*Foeniculum vulgare* Mill.). Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants, 31(5): 753-762. (In Persian).
22. Munns, R. and Tester, M. 2008. Mechanisms of salinity tolerance. Annuals Review of Plant Biology, 59: 651-681.
23. Nasiri, Y., Zehtab Salmasi, S. Nasrallahzadeh, S. and Qasemi Golazani, K. 2013. The effect of foliar application of iron and zinc on morphological traits and chamomile flower yield. Eleventh Congress of Agriculture and Plant Breeding, (In Persian).
24. Ninganoor, B.T., Parameshwarppa, K.G. and Chetti, M.B. 1995. Analysis of some physiological characters and their association with seed yield and drought tolerance in safflower genotypes. Karnataka Journal of Agricultural Sciences, 8: 46-49.
25. Othman, Y., Al-Karaki, G., Al-Tawaha, A.R. and Al-Horani, A. 2006. Variation in germination and ion uptake in barley genotypes under salinity conditions. Journal of Agricultural Science, 2: 11-15.
26. Rady, M.M., Sadak, M.S., El-Bassiouny, H.M.S. and Abd El-Monem, A.A. 2011. Alleviation of the adverse effects of salinity stress in sunflower cultivars using nicotinamide and α-Tocopherol. Australian Journal of Basic Applied Science, 5: 342-355.
27. Rezazadeh, A., Ghasemnezhad, A., Barani, M. and Telmadarrehei, T. 2012. Effect of salinity on phenolic composition and antioxidant activity of artichoke (*Cynara scolymus* L.) leaves. Research Journal of Medicinal Plant, 6(3); 245-252.
28. Sadeghi, A., Ghalibaf, H. and Seyedi, S.M. 2017. Evaluation of urea and vermicompost fertilizers on the uptake of nitrogen, phosphorus and potassium in the organs of marshmallow. Plant Ecophysiology, 9(28): 124-132. (In Persian).
29. Said-Al Ahl, H.A.H. and Mahmoud, A. 2010. Effect of zinc and or iron foliar application and growth and essential oil of sweet basil (*Ocimum basilicum* L.) under salt stress. Ozean Journal of Applied Science, 3(1): 97-111.
30. Setayeshmehr, Z. and Esmail Zadeh, S. 2013. Investigation of the effect of salinity stress on some physiological and biochemical properties of coriander (*Coriandrum sativum* L.). Journal of Plant Production Research, 20(3): 111-128. (In Persian).
31. Shamsi Mahmoud Abadi, H., Morvati, A. and Farahmand Dehghanpour, G. 2014. Investigation of the effect of different levels of iron and zinc fertilizer on yield and yield components of white marshmallow (*Althea officinalis*). The Second National Conference on the Application of New Sciences and Technologies in Agriculture, Natural Resources and the Environment, (In Persian).
32. Sheykhbagloo, N., Hassanzadeh Gorttapeh, A., Baghestani, M. and Zand, B. 2008. Study the effect of Zinc foliar application on the quantitative and qualitative yield of grain corn under water stress. European Journal of Clinical Pharmacology, 2(2): 59-74.

33. Shrivastava, P. and Kumar, R. 2015. Soil salinity: A serious environmental issue and plant growth promoting bacteria as one of the tools for its alleviation. Saudi Journal of Biological Sciences, 22:123–131.
34. Soland S.F. and Laima S.K. 1999. Phenolics and cold tolerance of *Brassica napus*. Plant Agriculture, 1: 1-5.
35. Tester, M. and Davenport, R. 2003. Na^+ Tolerance and Na^+ transport in high plants. Annuals of Botany, 91: 503-527.
36. Torabian, S. and Zahedi, M. 2013. The effect of foliar application of ferrous sulfate in both normal forms and nanoparticles on the growth of sunflower cultivars under salinity stress. Iranian Journal of Crop Science. 44(1): 109-118. (In Persian).
37. Yokoi, S., Bressan, R. A. and Hasegwa, P.4 M. 2002. Salt tolerance of plant. Japan International Research Center for Agricultural Sciences Working Report, 25-33.

Evaluation of Morph-physiological and Biochemical Responses of *Althaea afficinalis* L. to Foliar Application of Iron and Zinc Under Saline Condition

Mahdavi Marj, T.[1], Zeinali, H. [3], Mehrafarin, A.[3], Naghdi Badi, H*[3]

[1]PhD student, Department of Horticultural Science and Agronomy, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran

[2]Assistant Professor, Natural Resources Department, Esfahan Agriculture and Natural Resources Research and Education Center, AREO, Isfahan, Iran.

[3]Associate Professor, Medicinal Plants Research Centre, Institute of Medicinal Plants, ACECR, Karaj, Iran

Received: 2020-8-25; Accepted: 2020-12-9

Abstract

To investigate the effect of zinc and iron foliar application on the morph-physiological and biochemical traits of marshmallow (*Althaea officinalis* L.) under salinity, a factorial experiment was conducted based on a completely randomized design with three replications in Esfahan Agriculture and Natural Resources Research and Education Center, Iran. The factors included NaCl at 3 levels of 0, 4 and 8 dS/m, zinc sulfate at 3 levels of 0, 1.5 and 3 ppm and iron sulfate at 3 levels of 0, 1.5 and 3 ppm. The sodium and potassium content was measured using a flame photometer. The iron and zinc content was measured using an atomic absorption spectrometer. The mucilage was dried to determine its weight and total phenol was measured using a spectrophotometer. With increasing salinity, the amount of potassium, zinc and iron significantly ($P \leq 0.01$) decreased but the sodium content increased. With increasing the zinc concentration in saline and control conditions, the potassium amount significantly ($P \leq 0.01$) increased. Foliar application of zinc and iron significantly ($P \leq 0.01$) increased the zinc and iron amount in the leaves. Although flowers fresh weight was reduced under saline condition compared to non-stress conditions, the zinc and iron spraying mitigated the effects of stress. Also, mucilage content was increased by 49 and 20% under 8 and 4 dS/m salinity, respectively, in comparison with non-stress conditions. The iron and zinc spraying significantly ($P \leq 0.01$) increased the amount of mucilage. With increasing salinity, the phenol content significantly ($P \leq 0.01$) increased and the highest content of phenol (65.2 mg / ml) was observed in the salinity of 8 dS/m^3 + 3ppm of iron sulfate + 0 ppm of zinc sulfate. Generally, spraying of iron and zinc sulfate in saline conditions not only improved the nutritional status of marshmallow, but also increased the flowers yield and mucilage.

***Keywords*:** Biochemistry, *Althaea afficinalis,* Saline condition, Phenol, Foliar Application, Mucilage.

*Corresponding author: naghdibadi@yahoo.com