تنش‌های محیطی در علوم زراعی
Environmental Stresses in Crop Sciences
جلد سیزدهم، شماره اول، بهار ۱۳۹۹
۲۳۷-۲۵۰
http://dx.doi.org/10.22077/escs.2019.1726.1464

مقاله پژوهشی

نقش محلول‌پاشی با نیتروژن، کلسیم و پتاسیم بر کاهش اثرات مخرب تنش شوری در زیره سبز (*Cuminum cyminum* L.) در شرایط آبکشت

محمود دژم[۱]، مجید رجایی[۲*]، شیما جوهری[۳]، سیروس طهماسبی[۴]

۱. استادیار باغبانی گروه کشاورزی دانشگاه آزاد اسلامی، واحد فسا

۲. استادیار خاکشناسی، بخش تحقیقات خاک و آب، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان فارس، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، شیراز

۳. کارشناس جذب اعضای هیئت‌علمی دانشگاه فسا

۴. استادیار زراعت و اصلاح نباتات، بخش تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان فارس، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، شیراز

تاریخ دریافت: ۹۷/۰۷/۱۲؛ تاریخ پذیرش: ۹۷/۰۹/۲۵

چکیده

به‌منظور بررسی اثر محلول‌پاشی نیتروژن، کلسیم و پتاسیم بر ویژگی‌های مورفو-فیزیولوژیکی زیره سبز تحت تنش شوری، آزمایشی به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح پایه کاملاً تصادفی با سه تکرار انجام شد. عامل اول سطوح شوری در سه سطح شاهد (محلول نیم هوگلند)، محلول نیم هوگلند+ ۷۵ میلی‌مولار کلرید سدیم و محلول غذایی نیم هوگلند+ ۱۵۰ میلی‌مولار کلرید سدیم و عامل دوم محلول‌پاشی در پنج سطح شاهد (آب مقطر)، نیترات کلسیم، نیترات پتاسیم، نیترات آمونیوم، نیترات کلسیم + نیترات پتاسیم بود. نتایج نشان داد که افزایش سطح شوری سبب کاهش وزن خشک بوته، محتوای کلروفیل a و b برگ در زیره سبز در مقایسه با تیمار شاهد گردید. تنش شوری ۷۵ میلی‌مولار نتوانست محتوای نسبی آب برگ زیره سبز را کاهش دهد، اما تنش شوری ۱۵۰ میلی‌مولار سبب کاهش محتوای نسبی آب برگ در مقایسه با تیمار شاهد شد. محلول‌پاشی کلسیم و پتاسیم سبب افزایش پایداری غشاء و کاهش نشت یونی در زیره سبز در مقایسه با تیمار شاهد گردید. تنش شوری باعث افزایش محتوای سدیم در اندام هوایی و با بر هم زدن تعادل کاتیونی، مانع از جذب کاتیون‌های دیگری مانند کلسیم و منیزیم گردید. استفاده از ترکیبات مختلف محلول‌پاشی در تنش شوری ۷۵ میلی‌مولار، توانست از کاهش تعداد چتر در بوته و تعداد دانه در چتر جلوگیری کند. در این سطح شوری میزان وزن خشک بوته، تعداد چتر در دانه، کلروفیل a، وزن هزار دانه در محلول‌پاشی نیترات کلسیم + نیترات پتاسیم نسبت به شاهد افزایش ۴۹/۱، ۴۶/۹، ۳۰/۰ و ۴۰/۹ درصدی نشان دادند. سرانجام نتایج نشان داد که نیتروژن، کلسیم و پتاسیم تأثیرات مخرب شوری را تا حدودی بهبود بخشیده و باعث افزایش تحمل گیاه به تنش شوری گردیده است.

واژه‌های کلیدی: **کلسیم، محتوای نسبی آب برگ، نشت یونی، وزن هزار دانه.**

مقدمه

تنش شوری ازجمله عوامل محدودکننده عملکرد محصولات به شمار می‌رود و در مناطق خشک و نیمه‌خشک به‌عنوان یکی از اساسی‌ترین مشکلات بخش کشاورزی است (Munns, 2002). با توجه به محدودیت منابع آب شیرین به‌خصوص در مناطق خشک و نیمه‌خشک، کشاورزان کاربرد آب‌هایی با مقادیر مختلف شوری را در برنامه‌ریزی آبیاری خود قرار داده‌اند. لذا یافتن راهی برای کاهش اثرات شوری ضروری است (Bardel, 2013). در محیط شور گیاهان با مشکلات اساسی مواجه هستند. املاح زیاد موجود در محلول خاک، پتانسیل اسمزی خاک را پایین می‌آورد (Hajlaoui et al.,

2010) و از جذب آب جلوگیری می‌کند. اثر سمیت شوری در گیاه زمانی بروز می‌یابد که غلظت یک یا چند یون خاص در محیط ریشه بیش‌ازحد مجاز زیاد شده و سبب اختلال در برخی از فرآیندهای فیزیولوژیک و همچنین تغذیه گیاه شود (Munns, 1993).

تحت تنش شوری، استفاده از عناصر مغذی همراه با آبیاری سبب کاهش کارایی آن‌ها به دلیل شرایط نامناسب خاک می‌گردد. در مقابل استفاده از این عناصر به‌صورت محلول‌پاشی به دلیل افزایش کارایی جذب عناصر، روش مناسبی است (Zayed et al., 2011). کاربرد برخی عناصر به‌صورت محلول‌پاشی، سبب کم کردن اثرات منفی شوری می‌گردد (Attarzadeh et al., 2014). فیزیولوژیست‌های زیادی بر اثرات مثبت عناصر بر کاهش اثرات شوری در گیاه تأکید دارند (Song and Fujiyama, 1996). ازجمله این عناصر، یون کلسیم است که اثرات قابل‌توجهی در فرآیندهای فیزیولوژیک گیاهان داشته و صفات مورفولوژیک و بیوشیمیایی گیاهانی که تحت تنش شوری قرارگرفته‌اند را بهبود می‌بخشد (Munns and Termaat, 1986). پتاسیم یک عنصر سیتوپلاسمی ضروری است و به علت نقش آن در تنظیم اسمزی و نیز اثر رقابتی آن با سدیم، غالباً به‌عنوان یک عنصر مهم در شرایط شوری در نظر گرفته می‌شود. به همین دلیل، تصور می‌شود که غلظت اندک سدیم و به عبارت بهتر نسبت کم سدیم به پتاسیم در برگ‌ها رابطه نزدیک با تحمل به شوری داشته باشد (Munns and Schachtman, 1993). احتمالاً بهبود اثرات شوری در گیاهان توسط غلظت اضافی کلسیم و پتاسیم به علت ممانعت از تغییرات القاء کننده سدیم بر کلسیم و پتاسیم است (Tawfik and Noga, 2001). تحقیقات انجام‌شده روی گیاه دارویی زیره سبز نشان داد که تنش شوری سبب کاهش عملکرد بیولوژیک و عملکرد دانه می‌گردد (fazel et al., 2018). در آزمایشی دیگر که توسط محققان انجام شد تأثیر پتاسیم بر گیاه زیره سبز تحت تیمار شوری بررسی شد و نتایج نشان داد که پتاسیم حساسیت زیره سبز به شوری را پایین آورده و پارامترهای رشدی را به‌خوبی بهبود می‌بخشد. (Bardel et al., 2014). همچنین یون پتاسیم از طریق اثر رقابتی با یون سدیم در زنیان تأثیرات مخرب شوری را بهبود می‌بخشد و باعث افزایش تحمل گیاه به تنش شوری می‌شود (Mirzai et al., 2012).

ازآنجایی‌که تنش شوری عامل محدودکننده‌ای برای بسیاری از گیاهان زراعی محسوب می‌شود و مبارزه با آن از عمده مسائل بخش کشاورزی در مناطق خشک است و از طرف دیگر با توجه به گزارش‌هایی مبنی بر اثرات مثبت نیتروژن، کلسیم و پتاسیم به‌عنوان یک القاکننده افزایش تحمل به تنش شوری، این پژوهش به‌منظور شناخت پاسخ گیاه زیره‌سبز در شرایط آبکشت (Hydroponic) به تنش شوری و محلول‌پاشی عناصر مذکور طراحی گردید.

مواد و روش‌ها

این پژوهش در سال ۱۳۹۵ در گلخانه تحقیقاتی دانشگاه آزاد اسلامی در شهرستان فسا با عرض جغرافیایی ۲۸ درجه و ۵۸ دقیقه شمالی و طول جغرافیایی ۵۳ درجه و ۴۱ دقیقه شرقی و ارتفاع حدود ۱۳۸۴ متر از سطح دریا در جنوب شرقی استان فارس انجام گردید. این آزمایش به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح پایه کاملاً تصادفی با سه تکرار انجام شد. عامل اول شامل تنش شوری در سه سطح شاهد با محلول نیم هوگلند (محلول با نیمی از غلظت عناصر غذایی در هوگلند)، محلول نیم هوگلند + ۷۵ میلی‌مولار کلرید سدیم، محلول نیم هوگلند + ۱۵۰ میلی‌مولار کلرید سدیم بود و عامل دوم محلول‌پاشی در پنج سطح شاهد (آب مقطر)، نیترات کلسیم، نیترات پتاسیم، نیترات آمونیوم، نیترات کلسیم + نیترات پتاسیم بود. نیترات کلسیم، نیترات پتاسیم و نیترات آمونیوم به ترتیب با غلظت‌های ۵/۸۵۷، ۷/۲۱۴ و ۲/۸۵۷ کیلوگرم در هزار لیتر آب تهیه شد. این غلظت‌ها به نحوی انتخاب‌شده‌اند که غلظت نیتروژن مورداستفاده در تمام آن‌ها مساوی باشد (این مقادیر از ترکیبات یادشده نیتروژن را با غلظت یک در هزار به محلول اضافه می‌کنند). لازم به ذکر است که تیمارهای شوری در محلول هوگلند (جدول ۱) اعمال شد (Hoagland and Arnon, 1950). متوسط قابلیت هدایت الکتریکی محلول هوگلند ۲ میلی‌موس بر سانتی‌متر و متوسط اسیدیته آن ۶/۵ بود.

قبل از کاشت، ابتدا بذرهای زیره سبز که از رقم محلی کرمان تهیه شده بود با هیپوکلریت سدیم ۱٪ به مدت ۱۵ دقیقه ضدعفونی و بعد چندین بار با آب مقطر استریل شستشو شد. بذرها در گلدان‌های پلاستیکی با ارتفاع ۲۵ و قطر ۱۵ سانتی‌متر در عمق ۱ سانتی‌متری کشت شد.

بستر کشت پرلیت و در هر گلدان تعداد ۱۵ بذر زیره سبز کشت گردید. در طول آزمایش در گلخانه، دامنه دما در روز بین ۲۰ تا ۲۵ درجه و در بازه زمانی شب از ۱۵ تا ۲۰ درجه و رطوبت نسبی بین ۲۰٪-۴۰٪ و تحت چرخه ۱۲/۱۲ ساعت

روز/ شب بود. از زمان کشت بذرها، آبیاری گلدان‌ها با آب مقطر صورت گرفت. پس از سبز شدن بذرها، محلول غذایی هوگلند تهیه و به میزان ۱۰۰ میلی‌لیتر ابتدا به‌صورت یک‌چهارم هوگلند به گیاهچه‌ها داده شد و پس‌ازآن به‌تدریج با افزایش رشد گیاهچه زیره سبز محلول نیم هوگلند اضافه گردید. دو هفته پس از کاشت (مرحله ۲ برگی)، عمل تنک کردن گیاهچه‌ها صورت گرفت و تعداد ۶ بوته در هر گلدان حفظ شد. سپس در مرحله ۴ برگی، اعمال تیمارهای تنش شوری در محلول نیم هوگلند انجام و تا مرحله گلدهی و زمان نمونه‌برداری ادامه یافت. محلول‌پاشی ترکیبات موردنظر تا پایان مرحله گلدهی هر دو هفته یک‌بار انجام شد. هر واحد آزمایشی شامل دو گلدان بود.

جدول ۱. تهیه محلول غذایی هوگلند

Table 1. Hoagland solution preparation

عناصر پرمصرف (Macronutrients)				عناصر کم‌مصرف (Microelements)					
گرم در ۱۰۰ لیتر آب (Grams per 100 Liters Water)									
$Ca(NO_3)_2$	KNO_3	$PO_4(NH_4)_3$	$MgSO_4$	H_3BO_3	$MnCl_2$	$ZnSO_4$	$CuSO_4$	H_3MoO_4	$FeSO_4$
118.1	50.55	13.61	49.3	2.86	2.81	0.22	0.08	0.03	3.0

به‌منظور محاسبه وزن خشک اندام هوایی گیاه، ابتدا ریشه را حذف کرده و سپس اندام هوایی پس از شستشو با آب مقطر، به‌طور کامل خشک شد. در مرحله بعد اندام هوایی داخل پاکت قرار داده شد و سپس درون آون با دمای ۷۰ درجه سلسیوس به مدت ۴۸ ساعت قرار داده شد و بعد از خشک شدن به‌وسیله ترازوی با دقت ۰/۰۰۱ گرم، وزن خشک اندام هوایی تعیین شد. اندازه‌گیری صفات فیزیولوژیک در مرحله گلدهی صورت گرفت. جهت اندازه‌گیری محتوای نسبی آب برگ از هر تیمار یک برگ بالغ و کاملاً توسعه‌یافته انتخاب و پس از جدا کردن از ساقه، برگ‌ها داخل پوش‌برگ پیچیده شد و بلافاصله داخل فلاسک یخ به آزمایشگاه منتقل و سپس وزن برگ‌ها با ترازوی ۰/۰۰۰۱ گرم اندازه‌گیری شد (وزن تر). سپس به‌منظور اندازه‌گیری وزن آماس برگ‌ها به مدت ۲۴ ساعت در آب مقطر (پتری‌دیش حاوی ۳۰ میلی‌لیتر آب مقطر) به‌دوراز نور قرارگرفته و سپس وزن شدند (وزن آماس)، سپس به مدت ۴۸ ساعت در آون در دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد قرارگرفته و وزن شدند (وزن خشک). درنهایت محتوای آب نسبی برگ با استفاده از رابطه ۱ برحسب درصد محاسبه گردید.

$$RWC = ((Wf-Wd) / (Wt-Wd)) \times 100 \qquad [۱]$$

که در آن Wf وزن تر برگ بلافاصله پس از نمونه‌برداری، Wd وزن خشک برگ بعد از قرار گرفتن در آون و Wt وزن آماس برگ بعد از قرار گرفتن در آب مقطر است. برای سنجش نشت یونی از روش سایرام و همکاران (Sairam et al, 2009) استفاده شد. میزان کلروفیل با استفاده از روش آرنون (Arnon, 1949) با نمونه‌گیری تصادفی از برگ‌های بالغ و عصاره‌گیری با استون اندازه‌گیری شد، میزان جذب نور عصاره تهیه‌شده از نمونه‌ها در طول‌موج‌های ۶۶۳ و ۶۴۵ نانومتر با استفاده از دستگاه طیف‌سنج (Cintra 5, Australia) قرائت شد و با استفاده از رابطه ۲ و ۳ به دست آمد.

$$\text{Chlorophyll a} = 12.7(D663) - 2.96(D645) \times V/1000 \times W \qquad [۲]$$

$$\text{Chlorophyll b} = 22.9(D645) - 4.68(D663) \times V/1000 \times W \qquad [۳]$$

که در این معادلات D قرائت دستگاه (جذب در طول‌موج ۶۶۳ یا ۶۴۵ نانومتر)، V حجم استون مصرف‌شده (۱۰ میلی‌لیتر) و W حجم نمونه مورداستفاده (۰/۲۵ گرم) است.

در نمونه‌برداری نهایی، برگ و ساقه بوته‌ها جدا و ریشه نیز از خاک خارج شد و همراه با برگ و ساقه پس از شستشو با آب معمولی و آب مقطر، در دمای ۶۵ درجه سانتی‌گراد تا رسیدن به وزن ثابت خشک شد. پس از توزین، نمونه‌های خشک‌شده به‌وسیله آسیاب برقی پودر گردید. یک گرم از نمونه‌های پودر شده برگ و ساقه (برگ و ساقه با هم مخلوط شدند) در دمای ۵۵۰ درجه سانتی‌گراد خاکستر و با اسیدکلریدریک ۲ نرمال به‌صورت محلول درآورده شدند. از عصاره به‌دست‌آمده غلظت یون‌های سدیم پتاسیم توسط دستگاه نشر شعله‌ای (مدل Jenway 7, German) و محتوای کلسیم و منیزیم توسط دستگاه جذب اتمی (مدل GBC Awanta, Eustralia) تعیین گردید. به این صورت

که برای سدیم و پتاسیم منحنی استاندارد رسم شد، اعداد خوانده‌شده توسط دستگاه، در معادله خط قرار داده شدند و در رقت نمونه ضرب و درنهایت عدد حاصله به درصد تبدیل شدند. برای کلسیم و منیزیم، غلظت‌های خوانده‌شده دستگاه در رقت نمونه ضرب و سپس بر اساس میلی‌گرم در گرم نمونه خشک گیاه گزارش شد. درنهایت عملکرد و اجزای عملکرد زیره سبز (تعداد چتر در بوته، تعداد دانه در چتر و وزن هزار دانه)، محاسبه شد. محاسبات آماری داده‌های حاصل از آزمایش با استفاده از نرم‌افزار SAS (نسخه ۹/۱) و مقایسه میانگین‌ها از طریق آزمون دانکن در سطح احتمال ۵٪ انجام شد.

نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس داده‌های مربوط به وزن خشک بوته، محتوای نسبی آب برگ، نشت یونی، کلروفیل a و b، محتوای عناصر و اجزای عملکرد زیره سبز نشان داد که اثر تنش شوری و محلول‌پاشی بر این صفات معنی‌دار بود و اثر متقابل تنش شوری، محلول‌پاشی، آن‌ها را به‌طور معنی‌داری ($P<۰/۰۱$) تحت تأثیر قرار داد (جدول ۲ و جدول ۳).

وزن خشک بوته

در شرایط محلول نیم هوگلند (بدون تنش شوری)، بیشترین وزن خشک بوته زیره سبز در محلول نیترات کلسیم + نیترات پتاسیم به میزان ۱/۸ گرم بود اما کمترین آن در تیمار شاهد (۱/۱ گرم) به دست آمد. همچنین تیمار شاهد نسبت به نیترات پتاسیم و نیترات آمونیوم اختلاف معنی‌داری را نشان نداد (شکل ۱). در تنش ۷۵ و ۱۵۰ میلی‌مولار کلرید سدیم، بیشترین میزان وزن خشک بوته در تیمار نیترات کلسیم + نیترات پتاسیم مشاهده شد که نسبت به نیترات کلسیم اختلاف معنی‌داری را نشان نداد؛ اما نسبت به بقیه سطوح محلول‌پاشی و شاهد افزایش معنی‌داری را نشان داد. نتایج به‌دست‌آمده در این پژوهش نشان می‌دهد که افزایش تنش شوری سبب کاهش وزن خشک بوته در گیاه زیره سبز گردیده و محلول‌پاشی نیترات کلسیم + نیترات پتاسیم و نیترات کلسیم تا حدودی توانسته سبب ممانعت از کاهش اثرات تنش شوری توسط گیاه زیره سبز شود (شکل ۱). کاهش رشد گیاهان تحت تنش شوری می‌تواند به دلیل کاهش ذخایر انرژی گیاه باشد که درنتیجه سبب کاهش و اختلال فعالیت‌های زیستی و متابولیسمی در گیاهان مختلف است (Francois et al., 1989). به علت اثرات منفی پتانسیل اسمزی بالای محلول خاک و جذب کم آب و عناصر غذایی و تأثیر سوء شوری بر فتوسنتز و فرآیندهای جانبی آن، مواد فتوسنتزی لازم برای رشد مناسب اندام هوایی در اختیار آن‌ها قرار نمی‌گیرد (Ashraf and Foolad, 2007). گزارش کردند که محلول‌پاشی پتاسیم و کلسیم از طریق افزایش پایداری ساختار غشا سلولی باعث افزایش وزن خشک گلرنگ در شرایط تنش شوری می‌گردد (Attarzadeh et al., 2016).

جدول ۲. نتایج تجزیه واریانس (میانگین مربعات) برای صفات موردبررسی

Table 2. Analysis of variance (mean square) for studied traits

منابع تغییر S.O.V	درجه آزادی df	وزن خشک اندام هوایی Shoot dry weight	محتوای نسبی آب برگ RWC	نشت یونی Ion leakage	کلروفیل a Chlorophyll a	کلروفیل b Chlorophyll b	سدیم اندام هوایی Sodium shoot
تنش شوری Salinity stress (S)	2	2.2 **	163 **	3180 **	8.1 **	3.13 **	757.4 **
محلول‌پاشی Foliar application (F)	4	25.2 **	83 **	314 **	0.75 **	0.147 *	46.8 **
تنش شوری × محلول‌پاشی S × F	8	0.469 **	65.4 **	611.6 **	1.41 **	0.534 **	162.4 **
خطا Error	30	0.017	19	50.3	0.05	0.054	28.6
ضریب تغییرات C.V (٪)	-	*12.2*	*6.4*	*13.0*	*9.3*	*22*	*20*

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

*, ** and ns is significant at the 5 and 1 percent probability level, and non-significant.

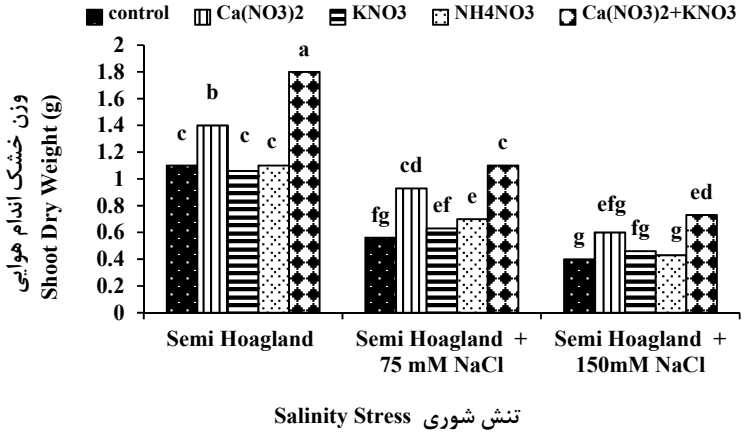
جدول ۳. نتایج تجزیه واریانس (میانگین مربعات) برای صفات موردبررسی

Table 3. Analysis of variance (mean square) for studied traits

منابع تغییر S.O.V	درجه آزادی df	پتاسیم اندام هوایی Potassium shoot	محتوای کلسیم Calcium shoot	محتوای منیزیم Magnesium shoot	تعداد چتر در بوته Plant umbel number	تعداد دانه در چتر Number of seeds per umbel	وزن هزار دانه Weight thousand seed
تنش شوری Salinity stresss (S)	2	581 **	1.59 **	1.75 **	368 **	120378 **	7.021 **
محلول‌پاشی Foliar application (F)	4	386 **	9.8 *	0.259 **	46.5 **	8156 **	0.694 *
تنش شوری× محلول‌پاشی S× F	8	198 **	3.34 **	0.354 **	66.8 **	20354 **	1.239 **
خطا Error	30	18	0.139	0.029	3.89	478	0.069
ضریب تغییرات (٪) C.V	-	*13*	*16*	*8.9*	*9.4*	*14.5*	*14.3*

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

*, ** and ns is significant at the 5 and 1 percent probability level, and non-significant.



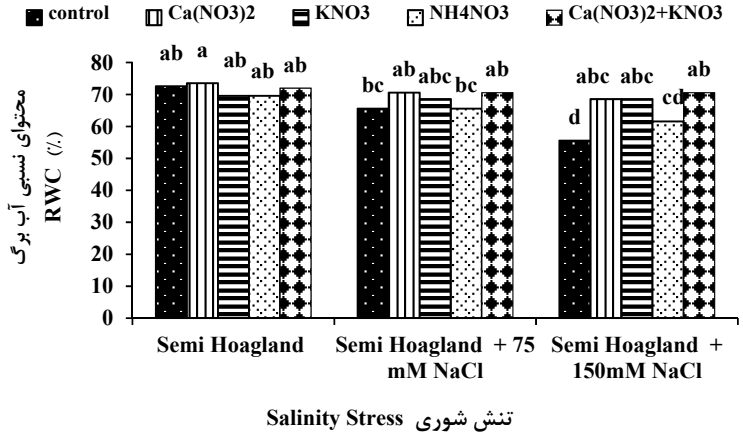
شکل ۱. مقایسه میانگین برهمکنش تنش شوری و محلول‌پاشی بر وزن خشک بوته زیره سبز

Fig. 1. Mean comparison for the interaction of salinity stress and foliar application on shoot dry weight.

محتوای نسبی آب برگ و نشت یونی

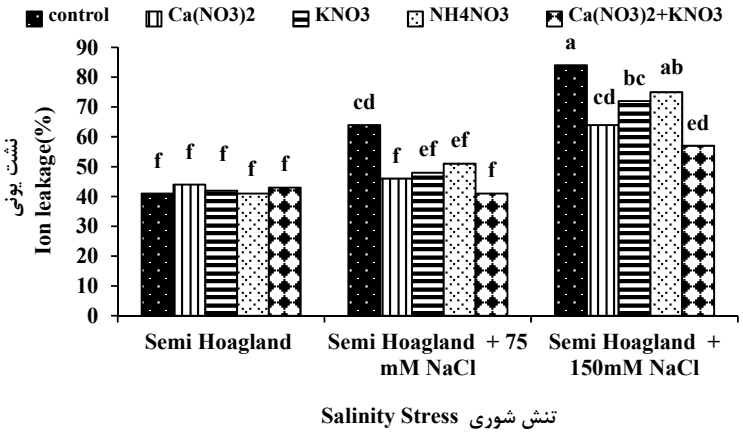
در محلول نیم هوگلند (بدون تنش شوری)، اختلاف آماری معنی‌داری بین سطوح مختلف محلول‌پاشی در محتوای نسبی آب برگ مشاهده نشد (شکل ۲). همچنین در محلول نیم هوگلند+۷۵ میلی‌مولار کلرید سدیم، بیشترین میزان محتوای نسبی آب برگ در تیمار نیترات کلسیم + نیترات پتاسیم به میزان ۷۰/۶ درصد بود که نسبت به سطوح دیگر محلول‌پاشی و شاهد ازلحاظ آماری اختلاف معنی‌داری را نشان نداد (شکل ۲). در محلول نیم هوگلند+۱۵۰ میلی‌مولار کلرید سدیم محتوای نسبی آب برگ زیره سبز در محلول‌پاشی نیترات کلسیم + نیترات پتاسیم ۷۰ درصد بود که نسبت به تیمار نیترات آمونیوم و شاهد (به ترتیب ۶۱ و ۵۵ درصد) افزایش معنی‌داری را نشان داد، اما نسبت به نیترات کلسیم و نیترات پتاسیم (۶۸ درصد) اختلاف معنی‌داری را نشان نداد. تنش شوری ۷۵ میلی‌مولار نسبت به شاهد نتوانسته محتوای نسبی آب برگ زیره سبز را کاهش دهد، اما با افزایش تنش شوری به ۱۵۰ میلی‌مولار سبب کاهش محتوای نسبی آب برگ شد. همچنین محلول‌پاشی نیترات کلسیم، نیترات پتاسیم و نیترات کلسیم + نیترات پتاسیم توانسته سبب حفظ آماس سلولی برگ و درنتیجه افزایش محتوای نسبی آب برگ زیره سبز شود.

در شرایط محلول نیم هوگلند (بدون تنش شوری) اختلاف آماری معنی‌داری بین سطوح مختلف محلول‌پاشی در نشت یونی مشاهده نگردید (شکل ۳). با افزایش تنش شوری، در سطح ۷۵ میلی‌مولار کلرید سدیم نشت یونی افزایش یافت و اعمال تیمارهای محلول‌پاشی نیترات کلسیم، نیترات پتاسیم، نیترات آمونیوم و نیترات کلسیم + نیترات پتاسیم توانستند سبب کاهش نشت یونی در زیره سبز نسبت به شاهد شوند (شکل ۳). در تیمار نیم هوگلند+۱۵۰ میلی‌مولار کلرید سدیم، نشت یونی در محلول‌پاشی نیترات کلسیم + نیترات پتاسیم ۵۷ درصد بود که نسبت به محلول‌پاشی نیترات کلسیم (۶۴ درصد) ازلحاظ آماری فاقد اختلاف معنی‌داری بود، اما نسبت به سطوح دیگر محلول‌پاشی و شاهد کاهش معنی‌داری را نشان داد. همچنین بیشترین میزان نشت یونی در تیمار محلول نیم هوگلند+۱۵۰ میلی‌مولار کلرید سدیم مربوط به شاهد با میزان ۸۴ درصد بود (شکل ۳).



شکل ۲. مقایسه میانگین اثر برهمکنش تنش شوری و محلول‌پاشی بر محتوای نسبی آب برگ گیاه زیره سبز.

Fig. 2. Mean comparison for the interaction of salinity stress and foliar application on cumin RWC



شکل ۳. مقایسه میانگین اثر برهمکنش تنش شوری و محلول‌پاشی بر نشت یونی گیاه زیره سبز

Fig. 3. Mean comparison for the interaction of salinity stress and foliar application on cumin ion leakage.

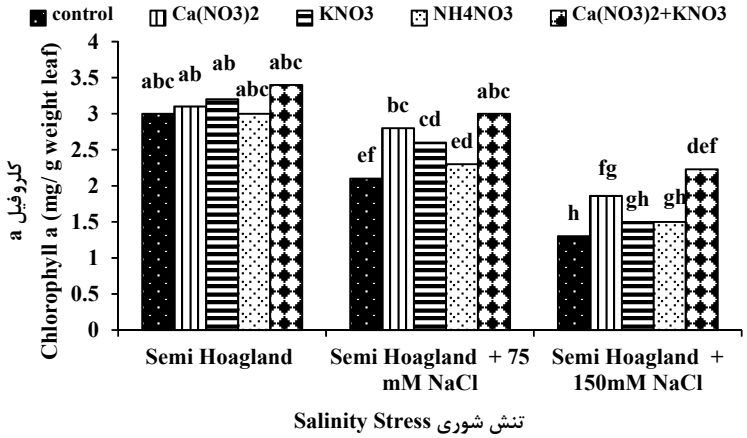
تجمع نمک در منطقه ریشه از طریق کاهش پتانسیل اسمزی، از جذب آب توسط ریشه جلوگیری می‌کند. هرچند که مولکول‌های آب در خاک شور با نیروی چسبندگی زیاد به ذرات خاک نچسبیده‌اند، اما وجود نمک باعث می‌شود گیاه برای جذب آب نیروی بیشتری صرف کند که این امر می‌تواند عامل تنش برای گیاه باشد. درواقع غلظت زیاد نمک در محیط ریشه باعث کاهش میزان آب برگ‌ها می‌شود (Warrence et al., 2002). تنش شوری ایجادشده توسط غلظت‌های

بالای نمک موجب از بین رفتن تعادل اسمزی و درنتیجه پسابیدگی بافت‌ها و از بین رفتن آماس سلول‌ها شده و در غلظت‌های بالا منجر به پژمردگی اندام‌های هوایی می‌شود (Penuelas et al., 1997). افزایش پایداری غشا و کاهش نشت یونی در گلرنگ در شرایط تنش شوری با محلول‌پاشی کلسیم و پتاسیم توسط عطارزاده و همکاران (Attarzadeh et al., 2015) و استفاده از پتاسیم در زیره سبز (Bardel et al., 2014) گزارش گردیده است.

کلروفیل a و b

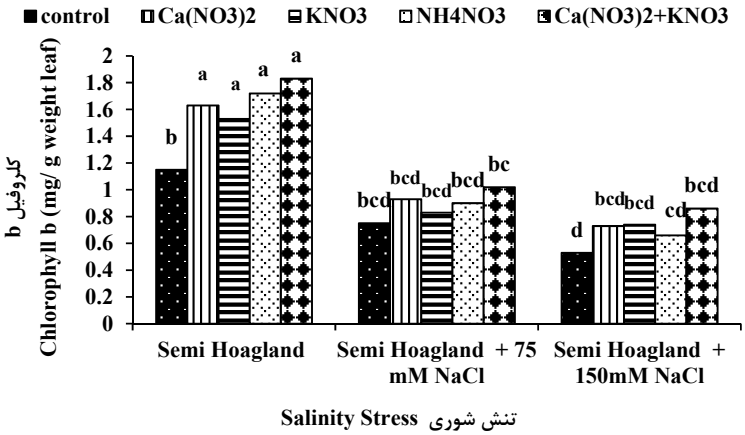
در شرایط محلول نیم هوگلند (بدون تنش شوری) اختلاف معنی‌داری بین سطوح مختلف محلول‌پاشی مشاهده نگردید (شکل ۴). در شرایط تیمار محلول نیم هوگلند+۷۵ میلی‌مولار کلرید سدیم، بیشترین محتوای کلروفیل a در محلول‌پاشی نیترات کلسیم + نیترات پتاسیم به میزان ۳ میلی‌گرم در گرم وزن تر برگ مشاهده گردید. در تیمار محلول نیم هوگلند+۱۵۰ میلی‌مولار کلرید سدیم، محتوای کلروفیل a برگ زیره سبز در محلول‌پاشی نیترات کلسیم + نیترات پتاسیم ۲/۲۳ میلی‌گرم در گرم وزن تر برگ بود که نسبت به محلول‌پاشی نیترات پتاسیم، نیترات آمونیوم و شاهد افزایش معنی‌داری را نشان داد (شکل ۴). افزایش تنش شوری سبب کاهش محتوای کلروفیل a برگ زیره سبز گردید و محلول‌پاشی ترکیبات نیترات کلسیم، نیترات پتاسیم و نیترات آمونیوم در سطح ۷۵ میلی‌مولار کلرید سدیم و محلول‌پاشی نیترات کلسیم و نیترات کلسیم + نیترات پتاسیم در سطح ۱۵۰ میلی‌مولار تا حدودی توانست اثرات سو تنش شوری را خنثی نماید.

در محلول نیم هوگلند (بدون تنش شوری) بین ترکیبات مختلف محلول‌پاشی ازلحاظ آماری فاقد اختلاف معنی‌دار بود (شکل ۵). در تیمار محلول نیم هوگلند+۷۵ میلی‌مولار کلرید سدیم، اگرچه بیشترین میزان محتوای کلروفیل b زیره سبز در محلول‌پاشی نیترات کلسیم + نیترات پتاسیم با میانگین ۱/۰۲ میلی‌گرم در گرم وزن تر برگ بود اما ازلحاظ آماری با سطوح مختلف محلول‌پاشی و شاهد اختلاف معنی‌داری را نشان نداد. از سوی دیگر در تیمار محلول نیم هوگلند+۱۵۰ میلی‌مولار کلرید سدیم، کمترین میزان محتوای کلروفیل b زیره سبز در شاهد (بدون محلول‌پاشی) مشاهده شد که ازلحاظ آماری با سطوح دیگر اختلاف معنی‌داری را نشان نداد (شکل ۵). نتایج این پژوهش نشان می‌دهد که افزایش تنش شوری سبب کاهش محتوای کلروفیل b زیره سبز گردید. در شرایط تنش یکی از دلایل پیری زودرس برگ‌ها کاهش میزان کلروفیل است (Kaya et al., 2001). کاهش کلروفیل برگ سورگوم تحت شرایط تنش شوری نیز گزارش شده است (Sadeghi Lotfabadi et al., 2010). یکی از مهم‌ترین دلایل کاهش کلروفیل‌ها تخریب آن به‌وسیله گونه‌های اکسیژن فعال است. نرخ تولید گونه‌های اکسیژن فعال وابسته به گونه، مدت تنش، سن گیاه و مهم‌تر از همه شدت تنش است (Kumar et al., 2007). کاهش محتوای کلروفیل a و b در گلرنگ با افزایش تنش شوری توسط عطارزاده و همکاران (Attarzadeh et al., 2016) گزارش گردید.



شکل ۴. مقایسه میانگین اثر برهمکنش تنش شوری و محلول‌پاشی بر کلروفیل a گیاه زیره سبز.

Fig. 4. Mean comparison for the interaction of salinity stress and foliar application on cumin chlorophyll a.



شکل ۵. مقایسه میانگین اثر برهمکنش تنش شوری و محلول‌پاشی بر کلروفیل bگیاه زیره سبز.

Fig. 5. Mean comparison for the interaction of salinity stress and foliar application on cumin chlorophyll b.

غلظت عناصر اندام هوایی (سدیم، پتاسیم، کلسیم و منیزیم)

در تیمار محلول نیم هوگلند (بدون تنش شوری) اختلاف آماری معنی‌داری بین سطوح مختلف محلول‌پاشی ازلحاظ غلظت سدیم وجود نداشت (شکل ۶). در شرایط محلول نیم هوگلند+ ۷۵ میلی‌مولار کلرید سدیم، بیشترین میزان محتوای سدیم در شاهد (بدون محلول‌پاشی) با میزان ۱۴ میلی‌گرم در گرم وزن خشک اندام هوایی بود که با نیترات آمونیوم اختلاف معنی‌داری را نشان نداد. در تیمار محلول نیم هوگلند+ ۱۵۰ میلی‌مولار کلرید سدیم، محتوای سدیم اندام هوایی در شاهد (بدون محلول‌پاشی) ۲۸/۱ میلی‌گرم در گرم وزن خشک گیاه بود که نسبت به محلول‌پاشی نیترات کلسیم، نیترات پتاسیم و نیترات کلسیم + نیترات پتاسیم افزایش معنی‌داری را نشان داد. نتایج به‌دست‌آمده نشان می‌دهد که افزایش تنش شوری باعث افزایش محتوای سدیم اندام هوایی گردید.

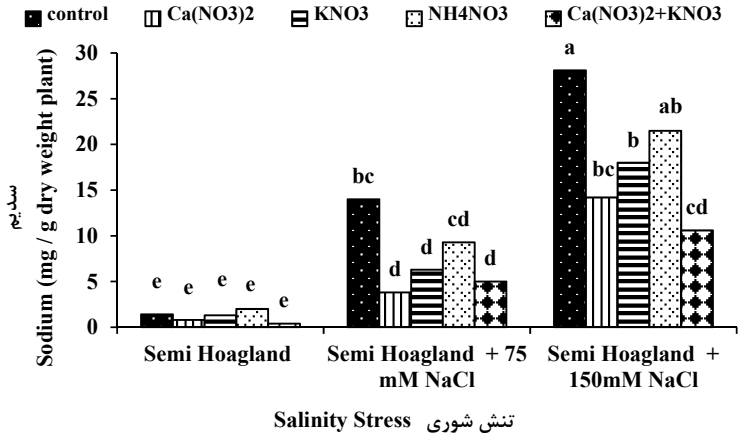
افزایش تنش شوری نسبت به شاهد (بدون تنش شوری) سبب کاهش جذب و محتوای پتاسیم گردید. در مقابل در تمام سطوح شوری محلول‌پاشی با تیمارهای حاوی پتاسیم سبب افزایش محتوای پتاسیم اندام هوایی زیره سبز گردید (شکل ۷). درواقع تنش شوری سبب به هم زدن تعادل کاتیونی زیره سبز و مانع از جذب عناصر شده و امکان جذب بیشتر سدیم و جذب کمتر پتاسیم را توسط زیره سبز فراهم آورده است.

در تیمار محلول نیم هوگلند (بدون تنش شوری) بیشترین محتوای کلسیم اندام هوایی در تیمار نیترات کلسیم + نیترات پتاسیم با میزان ۴ میلی‌گرم در گرم وزن خشک گیاه به دست آمد (شکل ۸). پس‌ازآن تیمار نیترات کلسیم با میزان ۳/۴ میلی‌گرم در گرم وزن خشک گیاه در گروه بعدی آماری قرار گرفت. در تیمار محلول نیم هوگلند+ ۷۵ میلی‌مولار کلرید سدیم، محتوای کلسیم تیمار نیترات کلسیم + نیترات پتاسیم ۲/۷ میلی‌گرم در گرم وزن خشک گیاه بود که نسبت به نیترات کلسیم (۲/۴ میلی‌گرم در گرم وزن خشک گیاه) اختلاف معنی‌داری نداشت. روند تقریباً مشابهی هم در تیمار محلول نیم هوگلند+ ۱۵۰ میلی‌مولار کلرید سدیم مشاهده شد. درمجموع محلول‌پاشی ترکیبات ذکرشده تا حدودی توانسته باعث افزایش محتوای کلسیم در سطوح شوری ۷۵ و ۱۵۰ میلی‌مولار کلرید سدیم گردد؛ اما کاهش کلسیم تحت شرایط تنش شوری می‌تواند به دلیل رقابت سدیم با کلسیم باشد.

در تیمار محلول نیم هوگلند و محلول نیم هوگلند+ ۷۵ میلی‌مولار کلرید سدیم، به ترتیب بیشترین میزان محتوای منیزیم در تیمار نیترات کلسیم + نیترات پتاسیم و نیترات کلسیم به‌تنهایی با غلظت ۲/۵ و ۲ میلی‌گرم در گرم وزن خشک گیاه به دست آمد (شکل ۹). همچنین با افزایش تنش شوری در تیمار محلول نیم هوگلند+ ۱۵۰ میلی‌مولار کلرید سدیم، محتوای منیزیم اندام هوایی در شاهد (بدون محلول‌پاشی) ۱/۲ میلی‌گرم در گرم وزن خشک گیاه بود که نسبت به سطوح مختلف محلول‌پاشی کاهش معنی‌داری را نشان داد (شکل ۹). نتایج به‌دست‌آمده حاکی از آن است که تنش شوری سبب اختلال در جذب مواد غذایی موردنیاز گیاه

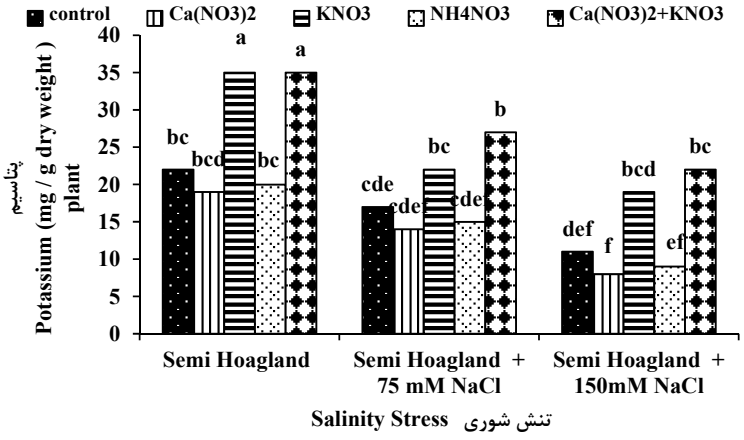
شده و زیره سبز در محیط شور، مقدار زیادی یون سدیم را به‌جای یون منیزیم جذب می‌کند.

تنش شوری سبب اختلال در جذب مواد غذایی موردنیاز گیاه می‌شود. گیاهان در محیط شور، مقدار زیادی یون سدیم را به‌جای یون‌های کلسیم، پتاسیم و منیزیوم جذب می‌کنند (Chen et al., 2005). به‌عنوان‌مثال با افزایش سطوح شوری، تجمع و انتقال کلسیم به دلیل افزایش میزان سدیم کاهش می‌یابد. درواقع این دو یون در جذب و انتقال با هم رقابت دارند (Tattini et al., 1995). جایگزینی سدیم به‌جای کلسیم در غشای سلول سبب کاهش خاصیت نیمه تراوایی غشا و خروج پتاسیم و نیترات درون‌سلولی می‌شود. به همین دلیل در شرایط شور، افزایش کلسیم در اطراف سلول سبب حفظ یکپارچگی و خاصیت نیمه تراوایی می‌گردد و درنتیجه خروج مواد درون سلول کاهش می‌یابد (Achorro et al., 1994). کاهش پتاسیم تحت شرایط تنش شوری می‌تواند به دلیل رقابت سدیم بر سر مکان‌های اتصال به ناقل‌ها در غشاء پلاسمایی و یا نشت پتاسیم به دلیل عدم ثبات غشاء باشد (Ferreira-Silva et al., 2008). با افزایش مقدار سدیم یا نسبت سدیم به پتاسیم در محیط ریشه، غلظت پتاسیم در بافت‌های گیاهی کاهش می‌یابد (Zheng et al., 2008). بنابراین، اثرات سمیت سدیم ممکن است تنها به دلیل اثرات مستقیم یون سدیم نبوده، بلکه به علت کاهش مقدار عناصر مغذی ضروری پتاسیم و کلسیم در گیاه است. درهرحال غلظت بالای کلسیم و پتاسیم می‌تواند قابلیت نفوذ غشاء پلاسمایی برای سدیم را کاهش و منجر به افزایش جذب کلسیم و پتاسیم شود (Attarzadeh et al., 2015).



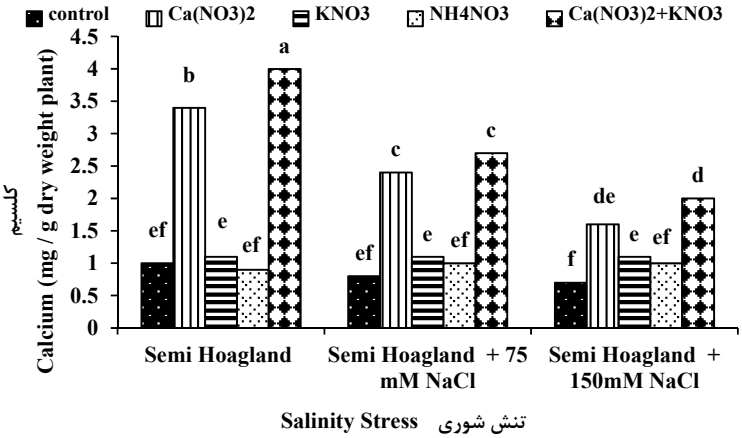
شکل ۶. مقایسه میانگین اثر برهمکنش تنش شوری و محلول‌پاشی بر غلظت سدیم اندام هوایی گیاه زیره سبز.

Fig. 6. Mean comparison for the interaction of salinity stress and foliar application on cumin shoot sodium



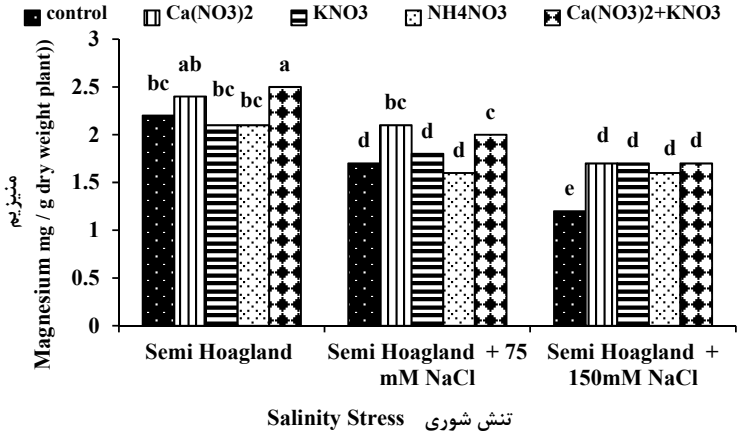
شکل ۷. مقایسه میانگین اثر برهمکنش تنش شوری و محلول‌پاشی بر غلظت پتاسیم اندام هوایی گیاه زیره سبز.

Fig. 7. Mean comparison for the interaction of salinity stress and foliar application on cumin shoot potassium.



شکل ۸. مقایسه میانگین اثر برهمکنش تنش شوری و محلول‌پاشی بر غلظت کلسیم اندام هوایی گیاه زیره سبز.

Fig. 8. Mean comparison for the interaction of salinity stress and foliar application on cumin shoot calcium



شکل ۹. مقایسه میانگین اثر برهمکنش تنش شوری و محلول‌پاشی بر غلظت منیزیم اندام هوایی گیاه زیره سبز.

Fig. 9. Mean comparison for the interaction of salinity stress and foliar application on cumin shoot magnesium.

اجزای عملکرد (تعداد چتر در بوته، تعداد دانه در بوته و وزن هزار دانه)

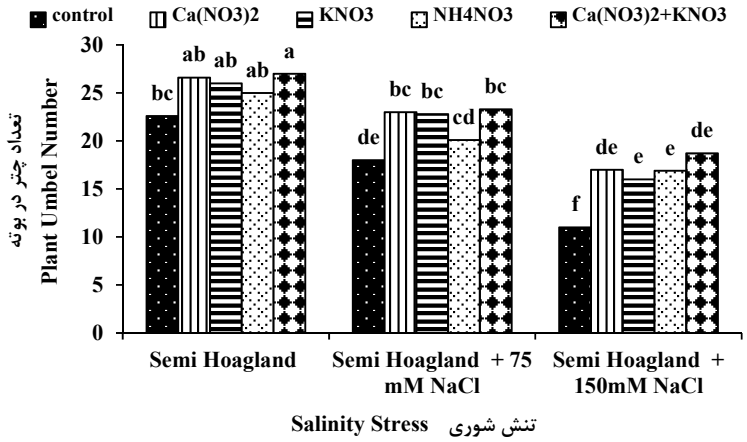
افزایش تنش شوری سبب کاهش تعداد چتر در بوته گردید و بیشترین خسارت ناشی از شوری در تیمار محلول نیم هوگلند+ ۱۵۰ میلی‌مولار کلرید سدیم مشاهده شد. استفاده از ترکیبات مختلف محلول‌پاشی توانست اثرات سوء شوری را تعدیل کند. در شرایط محلول نیم هوگلند، محلول نیم هوگلند+ ۷۵ میلی‌مولار کلرید سدیم و محلول نیم هوگلند+ ۱۵۰ میلی‌مولار کلرید سدیم، بیشترین تعداد چتر در بوته در محلول‌پاشی نیترات کلسیم + نیترات پتاسیم و کمترین مقدار آن در تیمار شاهد مشاهده شد (شکل ۱۰). در تمام تیمارهای شوری محلول‌پاشی ترکیبات استفاده‌شده سبب افزایش میزان تعداد چتر در بوته نسبت به شاهد گردید (شکل ۱۰).

در شرایط بدون تنش شوری (محلول نیم هوگلند)، بیشترین میزان تعداد دانه در چتر در محلول‌پاشی نیترات کلسیم + نیترات پتاسیم با میانگین ۳۰۰ و کمترین آن در شاهد (۱۸۶) مشاهده گردید (شکل ۱۱). در شرایط محلول نیم هوگلند+ ۷۵ میلی‌مولار کلرید سدیم، تعداد دانه در چتر در محلول‌پاشی نیترات کلسیم + نیترات پتاسیم ۱۸۱ بود که نسبت به محلول‌پاشی نیترات کلسیم (۱۶۸) اختلاف معنی‌داری را نشان نداد. در شرایط محلول نیم هوگلند+ ۱۵۰ میلی‌مولار کلرید سدیم، محلول‌پاشی ترکیبات مختلف ازلحاظ آماری نتوانسته تأثیری بر میزان تعداد دانه در چتر زیره سبز نسبت به شاهد داشته باشد (شکل ۱۱).

در شرایط بدون تنش شوری (محلول نیم هوگلند)، بیشترین میزان وزن هزار دانه در محلول‌پاشی نیترات کلسیم

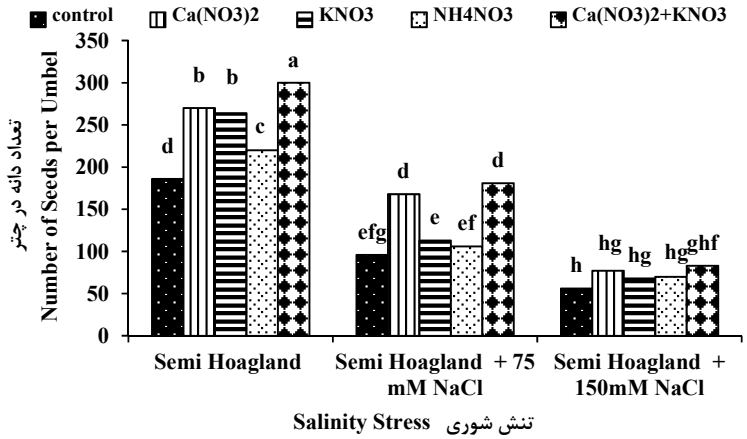
+ نیترات پتاسیم با میانگین ۳ گرم و کمترین آن در شاهد (۲/۱ گرم) مشاهده گردید (شکل ۱۲). در تیمار محلول نیم هوگلند+ ۷۵ میلی‌مولار کلرید سدیم، میزان وزن هزار دانه در محلول‌پاشی نیترات کلسیم + نیترات پتاسیم ۲/۲ گرم بود که نسبت به محلول‌پاشی نیترات کلسیم (۲ گرم) اختلاف معنی‌داری را نشان نداد، اما نسبت به شاهد افزایش ۴۰/۹ درصدی داشت. همچنین اختلاف آماری معنی‌داری بین سطوح مختلف محلول‌پاشی در تنش شوری ۱۵۰ میلی‌مولار مشاهده نگردید.

بر اساس دیدگاه محققان مشکل عمده شوری برای گیاهان در اثر مقادیر بیش‌ازحد کلرید سدیم، ایجاد فشار اسمزی، اختلال در جذب و انتقال یون‌های غذایی و اثرات مستقیم روی غشا و سیستم‌های آنزیمی است که در کل موجب کاهش تولید در گیاه می‌گردد (Munns and Tester, 2008). کاهش اجزای عملکرد در شرایط تنش شوری به علت تأثیر منفی کلرید سدیم بر اندام‌های زایشی است. گل‌های موجود در هر چتر به علت کمبود عناصر غذایی تکامل نیافته و چترهای حاوی بذر یا پر نمی‌شوند یا شامل بذوری می‌شوند که به مقدار جزئی توسعه می‌یابد (Francois et al., 1994). وقوع تنش به‌خصوص در اواخر دوره رشد گیاه سیاه‌دانه باعث تسریع پیری، کاهش دوره پر شدن دانه و درنهایت کاهش وزن هزار دانه می‌شود (Ghamarnia et al., 2012). از سوی دیگر در مطالعه حاضر محلول‌پاشی کلسیم و پتاسیم با اثر رقابتی در کاهش جذب سدیم تا حدودی توانست در بهبود اجزای عملکرد زیره سبز نقش ایفا نماید.



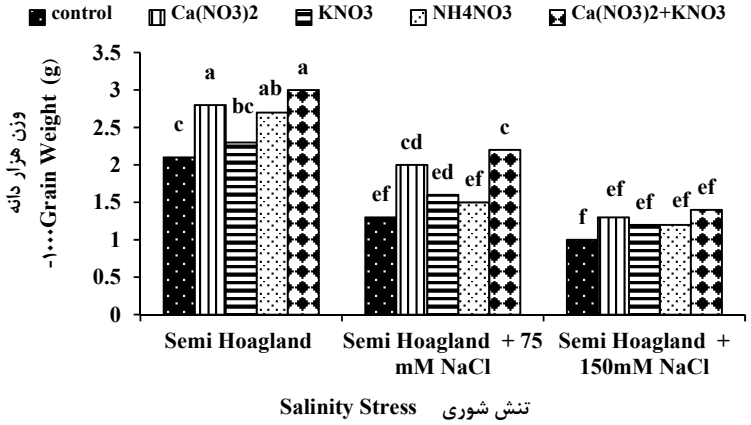
شکل ۱۰. مقایسه میانگین اثر برهمکنش تنش شوری و محلول‌پاشی بر تعداد چتر در بوته گیاه زیره سبز.

Fig. 10. Mean comparison for the interaction of salinity stress and foliar application on cumin umbel number



شکل ۱۱. مقایسه میانگین اثر برهمکنش تنش شوری و محلول‌پاشی بر تعداد دانه در چتر گیاه زیره سبز.

Fig. 11. Mean comparison for the interaction of salinity stress and foliar application on cumin number of seeds per umbel.



شکل ۱۲. مقایسه میانگین اثر برهمکنش تنش شوری و محلول‌پاشی بر وزن هزار دانه گیاه زیره سبز.

Fig. 12. Mean comparison for the interaction of salinity stress and foliar application on cumin 1000-Grain weight

نتیجه‌گیری نهایی

به‌طورکلی نتایج این پژوهش نشان داد که افزایش تنش شوری به ۱۵۰ میلی مولار، سبب ایجاد اختلال در رشد گیاه و صفات محتوای نسبی آب برگ، نشت یونی و محتوای کلروفیل زیره سبز گردید. همچنین افزایش تنش شوری، سبب به هم زدن تعادل کاتیونی زیره سبز شد و امکان جذب بیشتر سدیم را فراهم آورد. به‌طوری‌که افزایش تنش شوری غلظت سدیم را در بافت گیاه تا حد سمیت افزایش داد و در مقابل از غلظت عناصر غذایی کلسیم، پتاسیم و منیزیم کاست؛ بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که بخشی از اثرات سوء شوری مربوط به اختلال در جذب غلظت عناصر غذایی و کاهش آن‌ها به زیر حد بهینه است. محلول‌پاشی نیترات کلسیم و نیترات پتاسیم علاوه بر بهبود رشد گیاه، سبب تأمین کلسیم و پتاسیم ازدست‌رفته شد و هم‌چنین محتوای نسبی آب برگ را افزایش و نشت یونی را کاهش داد. محلول‌پاشی کلسیم، پتاسیم و آمونیوم در سطح ۷۵ میلی‌مولار کلرید سدیم و محلول‌پاشی کلسیم در سطح ۱۵۰ میلی‌مولار توانست اثرات سو تنش شوری را بر کلروفیل a خنثی نماید. استفاده از ترکیبات مختلف محلول‌پاشی توانست سبب جلوگیری از کاهش تعداد چتر در بوته، تعداد دانه در چتر و وزن هزار دانه زیره سبز در شرایط تنش شوری گردد. درمجموع می‌توان نتیجه گرفت که تحت شرایط شور محلول‌پاشی نیترات کلسیم و نیترات پتاسیم مکمل می‌تواند از اثرات سوء شوری بکاهد و سبب بهبود رشد گیاه شود

منابع

Attarzadeh, M., Rahimi, A., Torabi, B., 2016. Response of chlorophyll, relative water content and protein percentage of safflower leaves to salinity and foliar calcium, potassium and magnesium applications. Journal of Crop Ecophysiology. 10(1), 269-282. [In Persian with English Summary].

Attarzadeh, M., Rahimi, A., Torabi, B., Dashti, H., 2014. Effect of Ca, K, and Mn foliar spray on vegetative traits of safflower (*Carthamus tinctorius* L.) under salt stress. Iranian Journal of Field Crops Research. 12(3), 445-453. [In Persian with English Summary].

Achorro, P., Ortiz, A., Cerda, A., 1994. Implications of calcium nutrition on the response of *Phaseolus vulgaris* L to salinity. Plant and Soil. 159, 205- 212.

Arnon, D.E., 1949. Copper enzymes in isolated chloroplasts polyphenol oxidase (*Beta vulgaris*). Plant Physiology. 24, 1-15.

Ashraf, M., Foolad, M.R., 2007. Improving plant abiotic-stress resistance by exogenous application of osmoprotectants glycine betaine and proline. Environmental and Experimental Botany. 59, 206-216.

Attarzadeh, M., Rahimi, A., Torabi, B., Dashti, H., 2015. Effect of $Ca(NO_3)_2$, KH_2PO_4, and $MnSO_4$ foliar application on ion accumulation and physiological traits of safflower under salt stress. Agronomy Journal (Pajouhesh and Sazandegi). 107, 133-142. [In Persian with English Summary].

Bardel, J., 2013. Effects of normal and saline water along with organic and chemical fertilizer on quantitative traits and essential oils of cumin. Master Thesis of Agronomy, Faculty of Agriculture, University of Zabol. [In Persian].

Bardel, J., Ghanbari, A., Khajeh, M., 2014. The effects of salinity stress and type of applied fertilizer on some agronomic and quality characteristics of *Cuminum cyminum* L. in Sistan condition. Scientific Journal Management System. 7, 183-201. [In Persian with English Summary].

Chen, Z., Newman, I., Zhuo, M., Mendham, N., Zhang, G., Shabala, S., 2005. Screening plants for salt tolerance by measuring K^+ flux: a case study for barely. Plant, Cell and Environment. 28, 1230-1246.

Fazel, M., Armin, M., Tazari, A. M. 2018. The effects of salinity stress on yield and yield components and some physiological traits in Cumin (*Cuminum cyminum*) produced by callus. Journal of Plant Ecophysiology. 10, 90-1905. [In Persian with English Summary].

Ferreira-Silva, S. L., Silveira, J., Voigt, E., Soares, L., Viegas, R., 2008. Changes in physiological indicators associated with salt tolerance in two contrasting cashew rootstocks. Brazilian Journal of Plant Physiology. 20(1), 51-59.

Francois, L.E., Donovan, T.J., Lorenz, K., Mass, E.V., 1989. Salinity effects on ray grain yield, quality, vegetative growth, and emergence. Agronomy Journal. 81, 707-712.

Francois, L.C., Grieve, M.E., Mass, V., Lesch, S.M., 1994. Time of salt stress effect growth and yield components of irrigated wheat. Agronomy Journal. 86, 100-107.

Ghamarnia, H., Jalili, Z., Diachin, S., 2012. The effects of saline irrigation water on different components of black cumin (*Nigella sativa* L.). International Journal of Agricultural Sciences. 2(10), 915-922.

Hajlaoui, H., El Ayeb, N., Garrec, J. P., Denden, M., 2010. Differential effects of salt stress on osmotic adjustment and solutes allocation on the basis of root and leaf tissue senescence of two silage maize (*Zea mays* L.) varieties. Industrial Crops and Products. 31, 122-130.

Hoagland, D.R., Arnon, D.I., 1950. The water culture method for growing plants without soil. California Agricultural Experiment Station, Circular-347.

Kaya, C., Kirnak, H., Higgs, D., 2001. Enhancement of growth and normal growth parameters by foliar application of potassium and phosphorus on tomato cultivars grown at high (NaCl) salinity. Journal of Plant Nutrition. 24, 357-367.

Kumar, V., Shiram, V., Jawali, N., Shitole, M. G., 2007. Differential response of indicia rice genotypes to NaCl stress in relation to physiological and biochemical parameters. Archives of Agronomy and Soil Science. 53(2), 581-592.

Mirzai, S., Rahimi, A., Dashti, H., Hosseini, S., 2012. Ameliorating effect of using calcium and potassium in ammi. Iranian Journal of Field Crops Research. 10(1), 189-197. [In Persian with English Summary].

Munns, R., 1993. Physiological processes limiting plant growth in saline soils: some dogmas and hypotheses. Plant, Cell and Environment. 16, 15-24.

Munns, R., 2002. Comparative physiology of salt and water stress. Plant, Cell and Environment. 25, 239-250.

Munns, R., Schachtman, D.P., 1993. Plant responses to salinity significance in relation to time. Internationals Crop Science. 1, 741-745.

Munns, R., Termaat, A., 1986. Whole-plant responses to salinity. Australian Journal of Plant Physiology. 13, 143-160.

Munns, R., Tester, M., 2008. Mechanism of salinity tolerance. Annual Review of Plant Physiology. 59, 651-681.

Penuelas, J., Isla, R., Filella, I., Araus, J.L., 1997. Visible and near- infrared reflectance assessment of salinity effects on barley. Crop Science. 37, 198-202.

Sadeghi Lotfabadi, S., Kafi, M., Khazaei, H.R., 2010. Effects of calcium, potassium and method of application on sorghum (*Sorghum bicolor* L.) morphological and physiological traits in the presence of salinity. Journal of Soil and Water Conservation. 24(2), 385-393.

Sairam, R.K., Dharmar, K., Chinnusamy, V., Meena, R.C., 2009. Water logging-induced increase in sugar mobilization, fermentation, and related gene expression in the roots of mug bean (*Vigna radiata*). Journal of Plant Physiology. 6, 602-616.

Song, J., Fujiyama, Q., 1996. Amelioration effect of potassium on rice and tomato subject to sodium salinization. Journal of Plant Nutrient and Soil Science. 42, 493- 501.

Tattini, M., Gucci, R., Ponzio, M.A., Everard, J., 1995. Growth, gas exchange and ion content in *Olea eurepaea* plants during salinity stress and subsequent relief. Physiologia Plantarum. 95, 203-210.

Tawfik, A., Nog, A., 2001. Pruming of cumin (*Cuminum cyminum* L.) seeds and its effets of germination, emergence and storability. Journal of Applied Botany and Food Quality. 75, 216-220.

Warrence, N., Pearson, K.E., Bavder, J.W., 2002. The basic of salinity and sodicity effect on soil physical properties. Journal of Plant Physiology. 25, 64-70.

Zayed, B.A., Salem, A.K.M., El-Sharkawy, H.M., 2011. Effect of different micronutrient treatments on rice (*Oriza sativa* L.) growth and yield under saline soil conditions. World Journal of Agricultural Sciences. 7(2), 179-184.

Zheng, Y., Aijun, J., Tangyuan, N., Xud, J., Zengjia, L., Gaoming, J., 2008. Potassium nitrate application alleviates sodium chloride stress in winter wheat cultivars differing in salt tolerance. Journal of Plant Physiology. 165, 1455-1465.