DOI: http://dx.doi.org/10.22092/ijmapr.2013.2853

فصلنامهٔ علمی-پژوهشی تحقیقات گیاهان دارویی و معطر ایران
جلد ۲۹، شمارهٔ ۲، صفحهٔ ۲۶۰-۲۴۷ (۱۳۹۲)

اثر اصلاحی کلسیم و پتاسیم بر محتوای پرولین، کلروفیل، پروتئین و رشد گیاه دارویی زنیان (*Carum copticum* L.) تحت تنش شوری

سمیه میرزایی[۱]، اصغر رحیمی[۲*]، حسین دشتی[۳] و شهاب مداح‌حسینی[۳]

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ولی‌عصر (عج) رفسنجان

۲*- نویسنده مسئول، استادیار، گروه زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ولی‌عصر (عج) رفسنجان

پست الکترونیک: Rahimiasg@gmail.com

۳- استادیار، گروه زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ولی‌عصر (عج) رفسنجان

تاریخ دریافت: دی ۱۳۸۹ تاریخ اصلاح نهایی: آبان ۱۳۹۰ تاریخ پذیرش: آذر ۱۳۹۰

چکیده

به‌منظور تعیین اثر اصلاحی کلسیم و پتاسیم در شرایط تنش شوری بر محتوای پرولین، کلروفیل، پروتئین و رشد گیاه زنیان (*Carum copticum* L.)، آزمایشی به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با چهار تکرار در گلخانه تحقیقاتی دانشگاه ولی‌عصر رفسنجان در سال ۱۳۸۸ اجرا شد. فاکتور اول شامل شوری با سه سطح (صفر، ۵۰ و ۱۰۰ میلی‌مولار) و فاکتور دوم شامل محلول غذایی در پنج سطح N1 (محلول غذایی هوگلند)، N2 (محلول غذایی هوگلند + $CaCl_2$ با غلظت ۴۰ میلی‌مولار در محلول غذایی)، N3 (محلول غذایی هوگلند +$CaCl_2$ به‌صورت اسپری با غلظت ۲۰ میلی‌مولار بر روی شاخساره‌ها)، N4 (محلول غذایی هوگلند + KNO_3 با غلظت۴۰ میلی‌مولار به‌صورت محلول همراه با آب آبیاری) و N5 (محلول غذایی هوگلند + KNO_3 به‌صورت اسپری با غلظت۲۰ میلی‌مولار بر روی شاخساره‌ها) بود. نتایج نشان داد که نوع محلول غذایی تأثیری بر محتوای پرولین نداشت و بیشترین میزان پرولین در سطوح شوری S2 و S3 مشاهده گردید. افزایش شوری باعث کاهش معنی‌داری در میزان کلروفیل a، b و کل گردید. بیشترین میزان پروتئین در سطح تیمار شاهد و کمترین میزان آن در تیمار شوری ۱۰۰ میلی‌مولار مشاهده شد. همچنین بیشترین میزان پروتئین در محلول غذایی N3 و کمترین میزان آن در محلول غذایی N5 مشاهده شد. نوع محلول غذایی بر سطح برگ اثر معنی‌داری داشت، به‌طوری که بیشترین سطح برگ در محلول غذایی مربوط به N5 مشاهده شد. در مجموع نتایج این پژوهش نشان داد که گیاه زنیان شوری تا ۵۰ میلی‌مولار را به‌خوبی تحمل می‌کند و محلول‌پاشی پتاسیم و کلسیم برای کاهش خسارت شوری بر خصوصیات رشدی گیاه زنیان، بهتر از کاربرد آنها در محلول غذایی می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: زنیان (*Carum copticum* L.)، اصلاح شوری، آنالیز رشد.

مقدمه

توسعه اقتصادی آن دسته از گیاهان مقاوم بـه شـوری که مواد مؤثره با ارزشی برای رفع نیازهـای انسـان تـأمین می‌کنند، می‌تواند در برنامه‌هـای آمـایش سـرزمین مـورد استفاده قرار گیرد. چنین توسعه‌ای می‌تواند مبتنی بر منابع تولید بیوماس در اراضی بدون استفاده و کم‌بهره‌ای باشـد که کشـت بسـیاری از گیاهـان در آنهـا اقتصـادی نیسـت (Gonzales *et al.*, 1999). در ایران وسعت اراضی شـور حدود ۲٤/۵ میلیون هکتار مـی‌باشـد کـه ایـن اراضـی بـا درجـات مختلـف دچـار مشـکل شـوری و یـا قلیاییـت می باشند (بنایی و همکاران، ۱۳۸۵). با توجه بـه ایـن‌کـه قسمت عمده زمین هـای شـور در منـاطقی اسـت کـه از انرژی خورشید فوق‌العاده‌ای بهره‌مند هسـتند و از طرفـی این انرژی توسط گیاهان قابل بهره‌برداری است، شناخت توانایی گیاهان دارویی در شرایط تنش شـوری منجـر بـه بکارگیری آنان در برنامه‌ریزی تناوب زراعـی مـی‌شـود و افزایش تنوع گونه‌ای در سیستم‌های زراعی از شـکنندگی این سیستم‌ها می‌کاهد (Gorai *et al.*, 2010). گیاه زنیـان ازجمله گیاهان دارویی می باشد که در طب سنتی از بـذر و ریشه آن استفاده فراوانی می شود و به‌عنوان زیاد کننـده تـنفس و بـرای مـداوای تـرش کـردن بکـار مـی‌رود (مجنون‌حسـینی و دوازده‌امـامی، ۱۳۸٦). در طـب مـدرن افزون بر این خواص به‌عنوان ضدعفونی‌کننده قوی بـرای تقویت هاضمه و در مصـرف خـارجی بـه‌منظـور درمـان رماتیسم بکـار مـی‌رود (مجنـون‌حسـینی و دوازده‌امـامی، ۱۳۸٦). گیاه زنیان بـومی ایـران، مصـر، هنـد و برخـی از کشـورهای اروپـایی اسـت و از گیاهـان دارویـی نسـبتاً متحمل به شوری محسوب می‌شود و در خاک‌های قلیایی تحمل خوبی دارد و با تراکم‌های بالا قابل کشت می‌باشد (مجنون‌حسینی و دوازده‌امامی، ۱۳۸٦). یکـی از تـأثیرات سـوء تـنش شـوری بـر روی گیاهـان، بـرهم‌زدن تعـادل عناصـرغذایی مهمـی ازجملـه پتاسـیم، آهـن و کلسـیم می‌باشد. غلظت این عناصـر در گیـاه تحـت تـأثیر میـزان سدیم و کلسیم خارج سلولی می‌باشد. یون‌های کلسـیم و سدیم دارای اثرهـای رقـابتی بـا یکـدیگر بـوده و تنظـیم مناسب این دو عنصر بر غلظـت عناصـر غـذایی مـذکور تـأثیر بسـزایی دارد (Renault, 2005). یـون کلسـیم اثـر قابل‌توجهی در فرایندهای فیزیولوژیکی گیاهـان داشـته و پارامترهای مورفولوژیک و بیوشیمیایی گیاهانی که تحـت تنش شوری قرار گرفته‌اند را بهبود می‌بخشـد. گیاهـان از کلسیم به میزان متفاوتی بـرای کـاهش خسـارت شـوری استفاده می‌کنند کـه بـه آن کـارایی کـاربرد کلسـیم گفتـه می‌شود. گیاهانی که در شرایط تنش شوری میزان بیشتری از وزن خشک از دست رفته خود را توسط کلسیم جبران کنند، کارایی بـالاتری دارنـد (Munns & Schachtman, 1993). به‌طورکلی، گزارشـهای متعـددی مبنـی بـر تـأثیر سودمند کلسیم در تخفیـف اثرهـای سـوء شـوری آورده شده‌است که در بیشتر آنها این اثرها به حفظ عمل غشـاء پلاسمایی و نگهداری سلامت و انسجام در ریشه و ساقه مرتبط شده‌اسـت (Nedjimi & Daoud, 2009؛ Kaya *et al.*, 2002؛ Tuna *et al.*, 2007). پتاسـیم یـک عنصـر سیتوپلاسمی ضروریست و به علـت نقـش آن در تنظـیم اسمزی و نیز اثر رقابتی آن با سدیم یـک عنصـر مهـم در شرایط شوری در نظر گرفته می‌شود، به‌همین دلیل تصور می‌شود که غلظت اندک سدیم و به عبـارت بهتـر نسـبت کم سدیم به پتاسیم در برگ‌ها رابطه نزدیک با مقاومت به شـوری دارد (Munns & Schachtman, 1993). بیشـتر گزارش‌ها حکایت از این دارد که شـوری باعـث کـاهش

رشد و تولید ماده خشک گیاهان می‌شود (Tuna *et al.*, 2007؛ Yildirim *et al.*, 2006). در پژوهشی، گزارش شده که در کشت بهاره گیاه زنیان، شوری بر درصد اسانس بذر و ارتفاع گیاه تأثیر معنی دار نداشته است، اما تأثیر آن بر کاهش عملکرد بیولوژیک، عملکرد بذر و عملکرد اسانس اندام هوایی معنی‌دار بود و باعث کاهش ۳۰ درصدی جوانه‌زنی آن نیز گردید (مجنون‌حسینی و دوازده‌امامی، ۱۳۸٦). بدین منظور برای افزایش مقاومت گیاهان به شوری با استفاده از برخی مواد شیمیایی کاهش‌دهنده جذب و تجمع سدیم تلاش‌هایی انجام شده است. در همین رابطه گزارش شده که در شرایط شوری محلول‌پاشی کلسیم موجب کاهش جذب سدیم و افزایش جذب پتاسیم و کلسیم در برنج می‌گردد و در نتیجه اثر سوء شوری بر رشد بوته‌های برنج کمتر می‌شود (Munns & Schachtman, 1993). در شرایط تنش شوری، محتوای پرولین که در گیاه به‌عنوان تنظیم‌کننده‌های اسمزی و محلول‌های سازگار تولید می‌شود، دستخوش تغییراتی می‌گردد (Nedjimi *et al.*, 2006). شوری آب و خاک ازجمله عوامل تنش‌زای محیطی می‌باشد (Bernstein *et al.*, 1993). به‌منظور دستیابی به توسعه پایدار در بخش آب، خاک و گیاهان دارویی، توجه به منابع با کیفیت پایین امری اجتناب‌ناپذیر است. وفور منابع آب و خاک شور از یک طرف و استعداد گیاه زنیان در مقاومت به شوری و همچنین کاربری دارویی این گیاه از طرف دیگر انگیزه پژوهش حاضر می‌باشد. به طورکلی هدف از این پژوهش بررسی امکان کاهش تأثیر منفی شوری بر خصوصیات فیزیومورفولوژیک زنیان در ارتباط با کاربرد کلسیم و پتاسیم بود.

مواد و روشها

به‌منظور تعیین اثر اصلاحی کلسیم و پتاسیم در شرایط تنش شوری بر گیاه زنیان، آزمایشی در گلخانه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی ولی عصر (عج) رفسنجان انجام شد. این آزمایش به صورت فاکتوریل در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با چهار تکرار اجرا شد. عامل اول شامل شوری حاصل از NaCl با ۳ سطح: صفر (S1)، ۵۰ میلی‌مولار (معادل ٤/۵۳ دسی‌زیمنس بر متر) (S2) و ۱۰۰ میلی‌مولار (معادل ۹/۱۸ دسی‌زیمنس بر متر) (S3) و عامل دوم شامل پنج نوع محلول غذایی N1 (محلول غذایی هوگلند با EC =۱/۵ و pH =۷)، N2 (محلول غذایی هوگلند + $CaCl_2$ با غلظت ٤۰ میلی مولار در محلول غذایی)، N3 (محلول غذایی هوگلند + $CaCl_2$ به‌صورت اسپری با غلظت ۲۰میلی‌مولار بر روی شاخسارها)، N4 (محلول غذایی هوگلند + KNO_3 با غلظت ٤۰ میلی مولار به صورت محلول همراه با آب آبیاری) و N5 (محلول غذایی هوگلند + KNO_3 به‌صورت اسپری با غلظت ۲۰ میلی‌مولار بر روی شاخسارها) بودند. از نظر زمان کوددهی، کلیه تیمارها یکسان در نظر گرفته شدند. بذرها پس از ضدعفونی در محلول ویتاواکس ۱۰٪ در گلدان‌های پلاستیکی حاوی پرلیت، کوکوپیت و ماسه به نسبت ۱: ۱: ۱ کشت و بعد با آب مقطر آبیاری شدند. دو هفته پس از کشت به منظور حفظ تراکم مطلوب، تنک‌کاری صورت گرفت و تعداد پنج بوته در هر گلدان نگه داشته شد. ده روز بعد از عمل تنک، تیمارهای شوری و کود به صورت تدریجی در خاک گلدان‌ها طی سه مرحله آبیاری، اعمال گردید. اندازه‌گیری‌ها حدود ۳۰ روز بعد از اعمال حداکثر

میزان شوری (شروع گلدهی) انجام شد. برای اندازه گیری ارتفاع گیاه از خط‌کش با دقت یک دهم استفاده گردید که این اندازه گیری در ۵ نوبت به فاصله زمانی ۱۰ روز انجام شد. برای اندازه گیری وزن خشک اندام هوایی و ریشه، اندام هوایی گیاه از ریشه جدا و پس از شستشو با آب مقطر کاملاً خشک شد. در مرحله بعد اندام هوایی و ریشه گیاه داخل آون با دمای ۷۰ درجه سانتی گراد به مدت ۳٦ ساعت قرار داده شد، سپس وزن خشک اندام هوایی و ریشه گیاه تعین گردید. برای اندازه گیری سطح برگ، برگ‌ها از بوته جدا و سطح آنها به‌وسیله دستگاه اندازه‌گیری سطح برگ (Leaf Area Meter, Model Δ T) اندازه‌گیری شد. اندازه گیری محتوای پرولین برگ با روش Wang و Han (۲۰۰۹) و اندازه‌گیری محتوای پروتئین به روش Bradford (۱۹۷٦) انجام شد. میزان کلروفیل با نمونه‌گیری تصادفی از برگ‌های بالغ و عصاره‌گیری با استون به روش Arnon (۱۹٤۹) اندازه‌گیری شد. مقادیر کلروفیل a، کلروفیل b و کلروفیل a+b از رابطه‌های جدول ۱ محاسبه شدند.

اندازه‌گیری شاخص‌های رشد نیز در زمان گلدهی با نمونه‌گیری ۱۵ روزه و با استفاده از روابط زیر انجام شد (جدول ۲).

جدول ۱- رابطه‌های مربوط به اندازه‌گیری کلروفیل به روش آرنون

پارامتر	رابطه
کلروفیل a	12.7(D663)-2.96(D645)*V/1000*W
کلروفیل a	22.9(D645)-4.68(D663)*V/1000*W
کلروفیل a + b	[1000*(D625)/34/5]*V/1000*W

D: قرائت دستگاه (جذب در طول موج ٦٦۳ نانومتر)، V: حجم استون مصرف شده (۱۰میلی‌لیتر)، W: حجم نمونه مورد استفاده (۰/۲۵گرم)

جدول ۲- رابطه‌های مربوط به اندازه‌گیری آنالیز رشد

پارامتر	رابطه
سرعت رشد نسبی (RGR)	RGR= (lnW2-lnW1)/(T2-T1)
نسبت سطح برگ (LAR)	LAR= (LA2/ W2 + LA1/ W1)
سرعت رشد محصول (CGR)	CGR= 1/GA (W2-W1)/(T2-T1)
نسبت سطح برگ (SLA)	SLA = LA / LDW

GA = سطح، W = وزن خشک کل، T = زمان، LDW = وزن خشک برگ، LA = سطح برگ

جدول ۳- غلظت عناصر در محلول غذایی هوگلند

	عناصر پرمصرف (ماکرو)				عناصر کم‌مصرف (میکرو)					
	فسفر	پتاسیم	کلسیم	منیزیم	بر	مس	روی	منگنز	مولیبدن	آهن
mg/lit	۷۰	۱۸۰	۱۵۰	٤۰	۰/۱۲	۰/۲	۲	۳	۰/۰۱	۱۰

نتایج

ارتفاع

شوری به‌طور معنی‌داری ($p \leq 0.01$) ارتفاع بوته زنیان را متأثر کرد، هرچند ارتفاع آن تحت تأثیر نوع محلول غذایی و اثر متقابل شوری و محلول غذایی قرار نگرفت (جدول ٤). شوری ارتفاع گیاه زنیان را از ۱۷/۹٦ سانتی‌متر در تیمار شاهد به ۱۳/۵۷ سانتی‌متر در سطح شوری ۵۰ میلی‌مولار و ۱۲/۵۲ سانتی‌متر در سطح شوری ۱۰۰ میلی‌مولار کاهش داد که به‌ترتیب معادل کاهش ۲٤ و ۳۰ درصدی نسبت به شاهد می‌باشد (جدول ۵).

سطح برگ

سطح برگ به‌طور معنی‌داری در سطح ($p \leq 0.01$) تحت تأثیر شوری و محلول غذایی قرار گرفت ولی اثر متقابل شوری و نوع محلول غذایی تأثیر معنی‌داری بر سطح برگ نداشت (جدول ٤). به‌طوری‌که اعمال شوری، سطح برگ را از ۳۵ سانتی‌مترمربع در بوته در گیاه شاهد به ۳۰/۲۸ سانتی‌مترمربع در بوته در سطح شوری ۵۰ میلی‌مولار و ۲٤/٤۸ سانتی‌مترمربع در بوته در سطح شوری ۱۰۰ میلی‌مولار کاهش داد (جدول ۵). بیشترین سطح برگ در محلول غذایی مربوط به تیمار N5 (استفاده از محلول غذایی هوگلند + KNO_3 تغذیه به‌صورت اسپری بر روی شاخساره با سطح برگ ۱٦/۹۵ سانتی‌مترمربع در یک بوته) و کمترین آن متعلق به تیمار N4 (محلول غذایی هوگلند + KNO_3 تغذیه به‌صورت محلول همراه با آب آبیاری با سطح برگ ۱۱/٤۳ سانتی‌مترمربع در یک بوته) بود (جدول ۵).

وزن خشک ساقه و ریشه

وزن خشک ساقه در اثر اعمال تیمار شوری به‌طور معنی‌داری ($p \leq 0.05$) کاهش یافت، ولی تحت تأثیر نوع محلول غذایی و اثر متقابل شوری و محلول غذایی قرار نگرفت (جدول ٤). بیشترین وزن خشک ساقه در شرایط بدون شوری (شاهد) و کمترین وزن خشک ساقه در سطح شوری ۱۰۰ میلی‌مولار مشاهده شد (جدول ۵). البته سطوح مختلف شوری، نوع محلول غذایی و اثر متقابل آنها روی وزن خشک ریشه تأثیر معنی‌داری نداشتند (جدول ٤).

کلروفیل

نتایج این آزمایش نشان داد که شوری در سطح احتمال ۵٪، میزان کلروفیل a، b و کل را به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر قرار داد (جدول ٤). میزان کلروفیل a از ۰/۰۵٦٪ در گیاه شاهد به ۰/۰٤۹٪ در سطح شوری ۱۰۰ میلی‌مولار کاهش یافت. میزان کلروفیل b از ۰/۰٤۸٪ در شاهد به ۰/۰۳٪ در سطح شوری ۱۰۰ میلی‌مولار کاهش یافت و همچنین اعمال شوری، میزان کلروفیل کل را از ۱/۳۵٪ در شاهد به ۱/۱۵٪ در سطح شوری ۱۰۰ میلی‌مولار کاهش داد (جدول ۵). البته نوع محلول غذایی و اثر متقابل شوری و محلول غذایی تأثیر معنی‌داری بر محتوای کلروفیل برگ زنیان نداشت.

پرولین

پرولین به‌طور معنی‌داری در سطح ($p \leq 0.01$) تحت تأثیر شوری قرار گرفت، هر چند نوع محلول غذایی و اثر متقابل شوری و محلول غذایی تأثیری بر غلظت پرولین نداشت (جدول ٤). بیشترین میزان پرولین در سطوح

شوری S2 (۵۰ میلی‌مولار) و S3 (۱۰۰ میلی‌مولار) مشاهده شد، که به‌طور معنی‌داری از غلظت پرولین در تیمار شاهد بدون تنش شوری بالاتر بود (جدول ۵). شوری اعمال شده در این گیاه میزان پرولین را از ۲/۰۷ میکروگرم بر گرم ماده تر در تیمار شاهد به‌ترتیب به ۲/۷۹ و ۲/۶۰ میکروگرم بر گرم ماده تر در سطوح شوری S2 (۵۰ میلی‌مولار) و S3 (۱۰۰ میلی‌مولار) افزایش داد که این افزایش به‌ترتیب معادل ۲۵ و ۲۰ درصد نسبت به تیمار شاهد می‌باشد (جدول ۵).

پروتئین

سطوح مختلف شوری، نوع محلول غذایی و اثر متقابل آنها، محتوای پروتئین اندام‌های گیاه زنیان را به‌طور معنی‌داری ($p \leq 0.01$) تحت تأثیر قرار داد (جدول ٦). بیشترین محتوای پروتئین در سطح S1 (کنترل) و کمترین میزان آن در سطوح شوری S2 (۵۰ میلی‌مولار) و S3 (۱۰۰ میلی‌مولار) مشاهده شد، به‌طوری که اعمال شوری، محتوای پروتئین را از ۲۳/٤۷٪ در تیمار شاهد، به ۲۱/٤٦ و ۲۱/۳۰ درصد در سطوح شوری S2 (۵۰ میلی‌مولار) و S3 (۱۰۰ میلی‌مولار) کاهش داد و این کاهش به‌ترتیب معادل ۸ و ۹ درصد نسبت به تیمار شاهد بود (جدول ۷). بیشترین محتوای پروتئین (۲۸/٦٤٪) در محلول غذایی N3 و کمترین آن (۲۰/۰۵٪) در محلول غذایی N5 مشاهده شد (جدول ۷). اثر متقابل محلول غذایی و شوری هم به‌طور معنی‌داری ($p \leq 0.05$) محتوای پروتئین را تحت تأثیر قرار داد (جدول ٦). تیمار شاهد بدون تنش شوری، دارای بیشترین محتوای پروتئین در محلول غذایی N3 و N5 بود. در سطح شوری S2 (۵۰ میلی‌مولار) بیشترین محتوای پروتئین در محلول غذایی N3 و کمترین آن در محلول‌های غذایی N1 و N2 مشاهده شد. در سطح شوری S3 (۱۰۰ میلی‌مولار) بیشترین میزان پروتئین در N3 و کمترین آن در محلول غذایی N5 مشاهده شد.

تأثیر شوری بر رشد گیاه زنیان

نوع محلول غذایی و اثر متقابل آن با شوری بر سرعت رشد نسبی (Relative Growth Rate (RGR)) زنیان تأثیر معنی‌داری نداشت، ولی سطوح مختلف شوری به‌طور معنی‌داری سرعت رشد نسبی زنیان را کاهش داد (جدول ٦). اعمال شوری در این آزمایش سرعت رشد نسبی را از ۲/٦٦ گرم در گرم در روز در تیمار شاهد، به ۲/۳۷ گرم در گرم در روز در سطح شوری ۱۰۰ میلی‌مولار کاهش داد (جدول ۷). سرعت رشد محصول (Crop Grwth Rate (CGR)) نیز به‌طور معنی‌داری تحت‌تأثیر شوری و نوع محلول غذایی قرار گرفت (جدول ٦). سرعت رشد محصول در سطوح شوری ۵۰ و ۱۰۰ میلی‌مولار به‌طور معنی‌داری کاهش یافت و بیشترین سرعت رشد محصول در محلول غذایی N5 و کمترین آن در محلول غذایی N1 مشاهده شد (جدول ۷).

نسبت سطح برگ (Leaf Area Ratio(LAR)) در گیاه، توسط سطوح مختلف شوری در سطح ($p \leq 0.05$) به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر قرار گرفت، هرچند نوع محلول غذایی و اثر متقابل آنها تأثیر معنی‌داری بر این صفت نداشت (جدول ٦). مقایسه میانگین داده‌ها نشان‌دهنده کاهش معنی‌دار نسبت سطح برگ گیاه در سطح شوری S3 در مقایسه با شاهد بود، به‌طوری که کمترین مقدار نسبت سطح برگ در سطوح شوری S3 (۵/۵۸ سانتی‌مترمربع بر گرم وزن خشک) مشاهده شد که بیانگر کاهش ۲۲ درصدی نسبت به تیمار شاهد بود

(جدول ۷). البته اثر شوری، نوع محلول غذایی و اثر متقابل آنها بر سطح ویژه برگ (Specific Leaf Area (SLA)) زنیان تأثیر معنی‌داری نداشت (جدول ٦).

در هر ستون تیمارهایی که دارای حداقل یک حرف مشترک می‌باشند، براساس آزمون دانکن، در سطح احتمال ۵٪ اختلاف معنی‌داری ندارند.

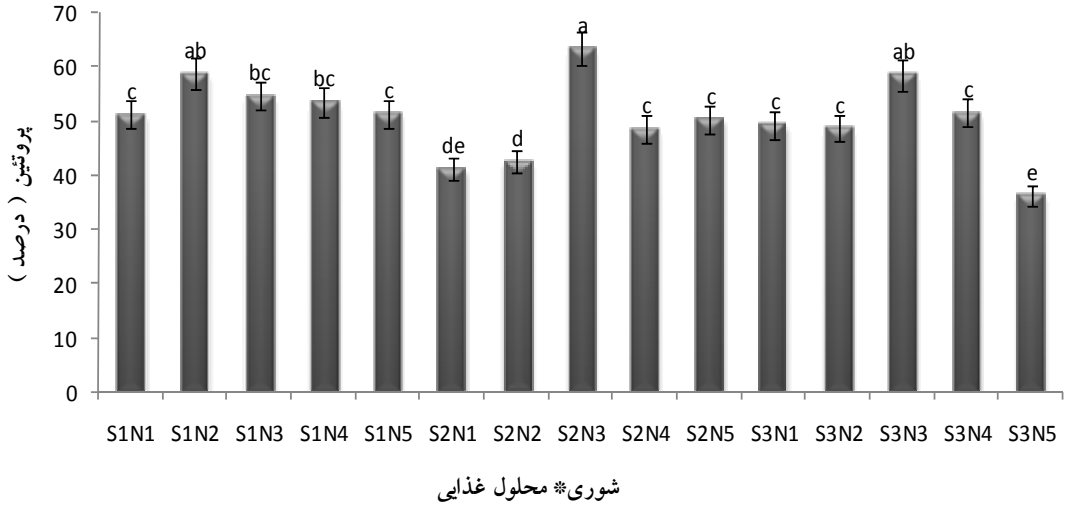
جدول ٤- نتایج تجزیه واریانس ارتفاع بوته، سطح برگ، وزن خشک ساقه، وزن خشک ریشه، کلروفیل a، کلروفیل b و کلروفیل کل زنیان تحت تأثیر تیمارهای شوری و نوع محلول غذایی

منابع تغییر	درجه آزادی	ارتفاع بوته	سطح برگ	وزن خشک ساقه	وزن خشک ریشه	کلروفیل a	کلروفیل b	کلروفیل کل
بلوک	۳	۸۷/٦۳ **	۲۸۷/۸۱ *	۱/۵۷ ns	۰/۰۲ ns	۰/۰۰۲ **	۰/۰۰۱ **	۲/٤۸ ns
شوری	۲	۱٦٦/۵۳ **	۱۵۲/۱۹ **	۱/۲۸ **	۰/۳۲ ns	۰/۰۲ *	۰/۰۲ *	٤/۸۷ *
محلول غذایی	٤	۸/۱۳ ns	۲۵٤/۱٤ *	٤/۳۲ ns	۰/۰۱ ns	۰/۰۰۰۸ns	۰/۰۰۰۷ ns	۳/۸۷ ns
شوری× محلول غذایی	۸	۷/٤۵ ns	۱۰۱/٤۹ ns	٦/۰٦ ns	۰/۰٤ ns	۰/۰۰۰۱ns	۰/۰۰۰۱ ns	٤/۵٤ ns
خطا	٤۲	٦/۹۸	۸۰/٤٦	۱/٦۰	۰/۲۲	۰/۰۱	۰/۰۱۱	۳/۰۵
CV	–	۱۷/۹۸	۲۷/۸۰	۲٦/۱۹	۲۷/۲٦	۱۲	۱۲/۸	۱۳

** و *، نشان‌دهنده معنی‌دار بودن در سطح احتمال ۰/۰۱ و ۰/۰۵ می‌باشد. ns از لحاظ آماری معنی‌دار نمی‌باشد.

جدول ۵- نتایج مقایسه میانگین صفات ارتفاع بوته، سطح برگ، وزن خشک ساقه، وزن خشک ریشه، کلروفیل a، کلروفیل b و کلروفیل کل

شوری	ارتفاع بوته (سانتی‌متر)	سطح برگ (سانتی‌مترمربع)	وزن خشک ساقه (گرم در بوته)	وزن خشک ریشه (گرم در بوته)	کلروفیل a (٪)	کلروفیل b (٪)	کلروفیل ab (٪)
S1	۱۷/۹٦ a	۳۵ a	٤/۵۵ a	۰/٤۷ b	۰/۰۵٦ a	۰/۰٤۸ a	۱/۳۵ a
S2	۱۳/۵۷ b	۳۰/۲۸ b	۳/۲۸ b	۰/۳۰ b	۰/۰۵۲ ab	۰/۰٤۱ ab	۱/۲۵ ab
S3	۱۲/۵۲ b	۲٤/٤۸ c	۱/۹۷ c	۰/۲۲ b	۰/۰٤۹ b	۰/۰۳ b	۱/۱۵ b
محلول غذایی							
N1	۱۵/۲۹ a	۱٤/۷۷ ab	۲/۳٦ a	۰/۳۳ a	۰/۰۵٤ a	۰/۰٤ a	۱/۳۷ a
N2	۱٤/۱۸ a	۱۵/٤٦ ab	۳/۷۵ a	۰/۳٤ a	۰/۰۵٦ a	۰/۰٤۳ a	۱/۳۵ a
N3	۱٤/۷۰ a	۱٤/۸ ab	۳/۸۱ a	۰/۳۷ a	۰/۵۳ a	۰/۰۳۸ a	۲/٦۰ a
N4	۱۳/۳ a	۱۱/٤۳ ab	۳/٤ a	۰/۳۲ a	۰/۵۲ a	۰/۰٤۱ a	۱/۳۰ a
N5	۱۵/۳۳ a	۱٦/۹۵ a	۳ a	۰/۲۸ a	۰/۰٤۸ a	۰/۰۳۸ a	۱/۳۰ a



شکل ۱- اثر متقابل شوری و نوع محلول غذایی بر محتوای پروتئین برگ زنیان

جدول ٦- نتایج تجزیه واریانس پرولین، پروتئین، سرعت رشد محصول، سرعت رشد نسبی، نسبت سطح برگ و سطح ویژه برگ زنیان تحت‌تأثیر تیمارهای شوری و نوع محلول غذایی

منابع تغییر	درجه آزادی	پرولین	پروتئین	سرعت رشد محصول	سرعت رشد نسبی	نسبت سطح برگ	سطح ویژه برگ
بلوک	۳	۱/٦۸ **	۰/۰۱۸ ns	۰/۱۱ ns	۰/۱۳ **	٤/٦۸ ns	۹۳۸۸/۲۹ ns
شوری	۲	۲/۸ **	۲۳/۲۷ **	۰/۰۳ **	۰/۰۰۲ *	۱٤/٦۷ *	۸۱۸/٦٦ ns
محلول غذایی	٤	۰/۲۸ ns	۵۷/۱۹۳ **	۰/۰۰۵ *	۰/۰۳ ns	٦/۹۹ ns	۱۷۰۵٦/٦۵ ns
شوری× محلول غذایی	۸	۰/۲۸ ns	۲۹ /۳۳ **	۰/۰۰۹ ns	۰/۰۵ ns	۳/٦۰ ns	٤۷٤۱٦/۲۰ ns
خطا	٤۲	۰/۳۷	۱/٦۵	۰/۱۵	۰/۱۷	۱/۹۲	۱٦٦/۱۲
CV	-	۱٤/۸۹	۱٤/۸	۲۵	٦/٦۹	۲۹	۲۹

** و *، نشان‌دهنده معنی‌دار بودن در سطح احتمال ۰/۰۱ و ۰/۰۵ می‌باشد. ns، از لحاظ آماری معنی‌دار نمی‌باشد.

بحث

یون کلسیم اهمیت زیادی در فرایندهای فیزیولوژیکی گیاهان داشته و حضور این یون باعث

افزایش مقاومت گیاهان نسبت به تنش‌های مختلف ازجمله شوری می‌شود (Rengel, 1992). یکی از تأثیرات سوء تنش شوری بر روی گیاهان، برهم زدن تعادل عناصرغذایی مهمی ازجمله پتاسیم، آهن و کلسیم می‌باشد که غلظت این عناصر در گیاه تحت تأثیر میزان سدیم و کلسیم خارج سلولی می‌باشد. یون‌های کلسیم و پتاسیم با سدیم دارای اثرهای رقابتی با یکدیگر بوده و تنظیم مناسب آنها بر غلظت عناصرغذایی مذکور تأثیر بسزایی دارد (Rengel, 1992).

جدول ۷- نتایج مقایسه میانگین صفات پرولین، پروتئین، سرعت رشد محصول، سرعت رشد نسبی، نسبت سطح برگ و سطح ویژه برگ

شوری	پرولین (میکروگرم در گرم ماده تر)	پروتئین (٪)	CGR (گرم در مترمربع در روز)	RGR (گرم در گرم در روز)	LAR (سانتی‌مترمربع در گرم وزن خشک)	SLA (سانتی‌مترمربع در گرم وزن خشک)
S1	۲/۰۷ b	۲۳/٤۷ a	۰/۲٦ a	۲/٦٦ a	۷/۱۸ a	٤٦۱/۹۷ a
S2	۲/۷۹ a	۲۱/٤٦ b	۰/۱۹ bc	۲/٦۸ a	٦/۹۱ a	٤٥۱/۰۰ a
S3	۲/٦۰ a	۲۱/۳۰ b	۰/۱٦ c	۲/۳۷ b	٥/٥۸ b	٤٦۲/۲۰ a
محلول غذایی						
N1	۲/۲٤ b	۲۰/٦۰ cd	۰/۲۳ b	۲/٥۹ a	۷/۲۱ ab	٤۰۷/۷٦ a
N2	۲/٤۸ ab	۲۱/۸۳ cd	۰/۲٥ b	۲/٦٦ a	٦/۲۷ ab	٤٥٤/۷۹ a
N3	۲/٥۳ ab	۲۸/٦۳ a	۰/۲٦ b	۲/٦٦ a	٦/۳٤ ab	٤٤۰/۸۱ a
N4	۲/٥۳ ab	۲۲/۳۲ b	۰/۲۹ ab	۲/٦٦ a	٥/٥٤ b	٤۸۳/۸۱ a
N5	۲/٦٥ a	۲۰/۰٥ d	۰/۳۳ a	۲/۷٤ a	۷/٤۲ a	٥۰٤/۸۰ a

در هر ستون تیمارهایی که دارای حداقل یک حرف مشترک می‌باشند، براساس آزمون دانکن، در سطح احتمال ٥٪اختلاف معنی‌داری ندارند.

نتایج این آزمایش نشان‌دهنده کاهش معنی‌دار خصوصیات رشدی گیاه زنیان به‌ویژه ارتفاع، وزن خشک ساقه، سطح برگ و سرعت رشد محصول تحت شرایط تنش شوری بود (جدول ٥). کاهش ارتفاع، وزن خشک ساقه، سطح برگ و سرعت رشد محصول ممکن است به دلیل اثرهای منفی پتانسیل اسمزی بالا ناشی از شوری محلول غذایی باشد که جذب آب و عناصرغذایی را کاهش داده و در نهایت باعث کاهش رشد ساقه می‌گردد. همچنین کاهش رشد و عملکرد گیاه در اثر شوری می‌تواند در اثر تغییر در انتقال فرآورده‌های فتوسنتزی به ریشه‌ها، کاهش ارتفاع و یا به‌دلیل بسته شدن جزئی یا کلی روزنه‌ها باشد (Partridge & Jenkins, 2002؛ Gorai *et al.*, 2010). شوری با کاهش تقسیم و طویل شدن سلولی نیز می‌تواند باعث کاهش ارتفاع گردد. بدیهی است که کاهش طول ساقه باعث کاهش وزن آن و به تبع آن کاهش ماده خشک می‌شود (Tuna *et al.*, 2007). Tuna و همکاران (۲۰۰۷) گزارش کردند که گیاهان تحت تنش شوری با کاهش سطح برگ، مانع از دست رفتن آب

می‌شوند (تنش خشکی یکی از پیامدهای ثانویه تنش شوری است) و در نتیجه برگ‌های گیاهان در این گونه محیط‌ها، کوچکتر و ضخیم‌تر می‌گردند، هرچند در این پژوهش به علت عدم تغییر معنی‌دار سطح ویژه برگ در شرایط تنش شوری و نوع محلول غذایی، ضخیم شدن برگ‌ها تأیید نشد. همچنین کاهش سطح فتوسنتزکننده گیاه در شرایط شوری بر اثر آبگیری سریع و خشکی زود هنگام برگ‌ها نیز اتفاق می‌افتد، که این امر منجر به پیری زودرس برگ‌های مسن‌تر گیاه و حذف آنها می‌گردد (Munns & Schachtman, 1993؛ Gorai *et al.*, 2010). وزن خشک ساقه و طول ساقه حساس‌ترین صفات به شوری می‌باشند و با افزایش شوری کاهش می‌یابند. کاهش وزن خشک اندام هوایی با افزایش شوری در ذرت (Cramer *et al.*, 1990) و توت‌فرنگی (Tanou *et al*, 2009؛ Cramer *et al*, 1990) نیز گزارش شده‌است. کاهش رشد گیاهان تحت تنش شوری، می‌تواند به‌دلیل کاهش ذخایر انرژی گیاه باشد که در نتیجه کاهش و اختلال فعالیت‌های زیستی و متابولیسمی در گیاهان می‌باشد (Tanou *et al.*, 2009). نقش محلول‌پاشی کلسیم و پتاسیم در بهبود و اصلاح اثرهای مخرب کلریدسدیم بر رشد گیاهان تحت تنش به‌خوبی اثبات شده‌است (Erdei & Kuiper, 1979؛ Nedjimi & Daoud, 2009). ولی نتایج این پژوهش تنها نشان‌دهنده تأثیر مثبت و معنی دار نوع محلول غذایی مصرفی بر صفات سطح برگ و سرعت رشد محصول بود، به طوری که بیشترین سطح برگ زنیان در محلول غذایی مربوط به تیمار N5 (استفاده از محلول غذایی هوگلند + KNO_3 تغذیه به‌صورت اسپری) و کمترین آن متعلق به تیمار N4 (محلول غذایی هوگلند + KNO_3 تغذیه به‌صورت محلول همراه با آب آبیاری) بود.

بنابراین به‌نظر می‌رسد کاربرد کلسیم و پتاسیم حتی در محلول غذایی هم به‌تنهایی نتوانسته تأثیر مثبتی در کاهش خسارت شوری داشته باشد و فقط محلول‌پاشی پتاسیم به طور محسوسی سبب افزایش سطح برگ و سرعت رشد محصول شده است. بدین مفهوم که این گیاه در شرایط تنش شوری، قادر به جذب فعال پتاسیم از طریق ریشه نبوده و لازم است از طریق محلول پاشی جبران گردد؛ هرچند تحقیقات زیادی نشان داده‌است که در صورت وجود میزان مناسبی از کلسیم و پتاسیم در محیط رشد ریشه و یا محلول‌پاشی آنها جذب سایر عناصر را بهبود داده و در نتیجه رشد گیاه بهتر می‌گردد (Bernstein *et al.*, 1993؛ Nedjimi & Daoud, 2009). بر مبنای یک گزارش، افزایش رشد ریشه گیاه و وزن تر آن را می‌توان به‌عنوان صفات مهم قابل اندازه‌گیری در جهت پاسخ به میزان کلسیم و سدیم محسوب نمود، زیرا جذب سدیم رشد طولی و وزن تر ریشه را کاهش داده و در نهایت بر رشد اندام هوایی تأثیر خواهد گذاشت (Munns & Schachtman, 1993)، ولی با توجه به معنی‌دار نشدن اثر شوری و نوع محلول غذایی بر این صفت در گیاه زنیان، به‌نظر می‌رسد سطوح شوری استفاده شده در این آزمایش برای این گیاه پایین بوده است؛ احتمالاً به همین دلیل تأثیر نوع محلول غذایی بر کاهش خسارت تنش در بیشتر موارد معنی‌دار نشده‌است. عدم کاهش وزن خشک ریشه گیاه زنیان در این آزمایش در شرایط تنش شوری همچنین می‌تواند یکی از ساز و کارهای مقاومت به شوری این گیاه باشد که به آن امکان می‌دهد از آب موجود در محیط ریشه بهتر استفاده کند (Keutgen & Pawelzik, 2009). این در حالیست که در تحقیقی که توسط Silveira و همکاران (۲۰۰۹) روی گیاه آتریپلکس (*Atriplex*

nummularia) در شرایط شوری انجام شد، کاهش طول ریشه به علت سمیت یونی و در نهایت اختلال متابولیسمی گزارش شده‌است. یکی از اثرهای تنش شوری در گیاه، بهم‌خوردن تعادل یونی و اختلال در نفوذپذیری غشاء سلولی است، به‌طوری که در سطوح شوری بالا، جذب پتاسیم و دفع سدیم از سطح سلول دچار اختلال می‌شود. در گیاهان مختلف مکانیسم‌های مختلفی برای کاهش اثرهای شوری وجود دارد که یکی از آنها افزایش پرولین درون سلولی برای افزایش مقاومت به شوری می‌باشد (Gonzales *et al*., 1999؛ Wang & Han, 2009). در شرایط طبیعی میزان ترکیب هایی مانند پرولین در سلول بسیار ناچیز است. به طور معمول غلظت‌های مختلف شوری باعث افزایش بیوسنتز پرولین و تجمع آن در سیتوپلاسم سلول می‌شود (Kerepesi & Galiba, 2000؛ Wang & Han, 2009). در این رابطه نبی‌زاده (۱۳۸۱) افزایش میزان تنظیم‌کننده‌های اسمزی مثل پرولین را در زیره سبز در شرایط تنش شوری گزارش کرده‌است. عدم تأثیر معنی‌دار نوع محلول غذایی بر محتوای پرولین و کلروفیل نیز می تواند به علت پایین بودن سطح شوری کاربردی در این آزمایش باشد. البته کاهش محتوای کلروفیل در سطوح بالای شوری را می‌توان به دلیل تخریب کلروپلاست دانست (Silveira *et al*., 2009). Singh و Pal (۱۹۹۵) معتقدند یکی از اثرهای شوری، کاهش سنتز پروتئین است، این اثر منفی شامل تخریب مکانیسم‌های رونویسی و ترجمه mRNA است. Jiang و همکاران (۲۰۰۶) گزارش کردند که تماس گیاه با نمک، فراوانی پروتئین‌های ویژه‌ای را در گیاه افزایش یا کاهش می‌دهد. در واقع این‌گونه به‌نظر می‌رسد که کاهش پروتئین گیاه زنیان در شرایط تنش شوری، به‌منظور حفظ تعدیل اسمزی در گیاه صورت می‌گیرد (Jiang *et al*., 2006). هرچند Lessani و Marschner (۱۹۷۸) معتقدند که شوری اثری بر سنتز پروتئین برگ ندارد و الگوی الکتروفورزی آن را تغییر نمی‌دهد. در هر سه سطح تنش شوری، کمترین محتوای پروتئین در محلول غذایی شاهد (هوگلند به تنهایی) مشاهده شد، که نشان‌دهنده سودمندی استفاده از KNO_3 و $CaCl_2$ در دو تیمار شوری S2 و S3 برای جلوگیری از تخریب پروتئین می‌باشد. Rawson (۱۹۸۶) نیز کاهش میزان سرعت رشد نسبی را در گندم تحت تنش شوری گزارش کرد. طبق گزارش او، اگرچه این کاهش نسبتاً کم بود، ولی همین میزان کم در مراحل اولیه رشد، توانست تأثیر زیادی بر میزان وزن خشک گیاه در مراحل بعدی رشد داشته باشد (Tuna *et al*., 2007). کاهش میزان سرعت رشد نسبی طی تنش شوری اهمیت زیادی دارد، زیرا سرعت رشد نسبی عامل مهمی است که تغییر اندک در آن، هرچند غیرمعنی دار، می تواند در مدت زمان طولانی تأثیر منفی زیادی بر تجمع ماده خشک بگذارد، به طوری که کاهش هرچند ناچیز در سرعت رشد نسبی در مراحل اولیه رشد، نتایج منفی را در مراحل بعدی رشد در پی خواهد داشت؛ در این شرایط حتی اگر سرعت رشد نسبی در مراحل بعدی بهبود یابد، گیاه قادر به جبران نقصان رشد خود نخواهد بود (Nedjimi & Daoud, 2009). بنابراین تجمع ماده خشک در تیمار شاهد به‌دلیل بالا بودن سطح برگ و افزایش جذب تشعشع فعال فتوسنتزی و افزایش سرعت رشد محصول بوده‌است؛ به‌نحوی که با افزایش سطح نمک و به واسطه آن کاهش طول دوره رشد و کاهش سطح برگ و فتوسنتز، انتقال شیره پرورده کاهش یافته و درنهایت موجب کاهش تجمع ماده خشک در سطوح مختلف شوری نسبت به

تیمار شاهد شد؛ به‌طوری که کمترین سرعت تجمع ماده خشک مربوط به سطح شوری ۱۰۰ میلی‌مولار بود. به‌طورکلی در بیشتر گیاهان در مراحل اولیه رشد گیاه، میزان سرعت رشد محصول مثبت ولی کم می‌باشد و با گذشت زمان و طی مراحل رشد گیاه سرعت رشد محصول افزایش می‌یابد، تا این‌که در مرحله مشخصی از رشد گیاه به حداکثر می‌رسد و بعد از آن کاهش می‌یابد. این کاهش می‌تواند به‌علت پیر شدن برگ‌های گیاه و یا اعمال تنش‌های محیطی باشد (Koyro, 2006؛ Gorai *et al*, 2010). با توجه به این‌که نسبت سطح برگ (LAR) و سرعت رشد محصول با سطح برگ گیاه رابطه مستقیمی دارند (سرمدنیا و کوچکی، ۱۳۷٦)، کاهش معنی دار نسبت سطح برگ و سرعت رشد محصول در شرایط تنش شوری، می‌تواند دلیل کاهش سطح برگ این گیاه در شرایط شوری باشد (Ramesh & Singh, 2008).

نتیجه‌گیری کلی

در مجموع، نتایج این پژوهش نشان داد که گیاه زنیان شوری تا ۵۰ میلی‌مولار را به خوبی تحمل می‌کند و محلول پاشی پتاسیم و کلسیم، برای کاهش خسارت شوری بر ویژگی‌های رشدی گیاه زنیان، بهتر از کاربرد آنها در محلول غذایی می‌باشد. بنابراین به‌نظر می‌رسد برای بررسی دقیق اثر اصلاحی کلسیم و پتاسیم، سطوح شوری بالاتری باید برای این گیاه اعمال شود، زیرا در شوری‌های کاربردی در این پژوهش، گیاه زنیان دچار خسارت شدید از نظر رشدی نشد.

منابع مورد استفاده

- بنایی، م.، مومنی، ح.ا.، بایبردی، م. و ملکوتی، م.ج.، ۱۳۸۵. خاک‌های ایران. انتشارات سنا، ٤٥٦ صفحه.
- سرمدنیا، غ.ح. و کوچکی، ع.، ۱۳۷٦. جنبه‌های فیزیولوژیکی زراعت دیم. انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ۳۱۹ صفحه.
- مجنون حسینی، ح. و دوازده‌امامی، س.، ۱۳۸٦. زراعت و تولید برخی گیاهان دارویی و ادویه‌ای. انتشارات دانشگاه تهران، ۳۰۰ صفحه.
- نبی‌زاده، م.ر.، ۱۳۸۱. اثر سطوح مختلف شوری بر رشد و عملکرد زیره سبز. پایان‌نامه کارشناسی‌ارشد زراعت. دانشگاه فردوسی مشهد.
- Arnon, D.I., 1949. Copper enzyme in isolated chloroplasts polyphenoloxidase (*Beta vulgaris* L.). Plant physiology, 24: 1-15.
- Bernstein, N., Slik, W.K. and Lauchli, A., 1993. Growth and development of sorghum leaves under conditions of NaCl stress: Spatial and temporal aspects of leaf growth inhibition. Planta, 191(4): 433-439.
- Bradford, M.M., 1976. A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing, the principle of protein dye binding. Analytical Chemistry, 72: 248-254.
- Cramer, G.R., Abdol-Basset, R. and Seemann, T.R., 1990. Salinity-calcium interactions on root growth and osmotic adjustment of two corn cultivars differing in salt tolerance. Journal of Plant Nutrition, 13(11): 1453-1456.
- Erdei, L. and Kuiper, P.J.C., 1979. The effect of salinity on growth, Cation content, Na+ uptake and translocation in salt-sensitive and salt-tolerant Plantago species. Physiological Plantarum, 47(2): 95-99.
- Gonzales, A., Matin, I. and Ayerbe, L., 1999. Barley yield in water stress conditions: the influence of precocity, osmotic adjustment and stomatal conductance. Field Crop Research, 62: 23-34.
- Gorai, M., Ennajeh, M., Khemira, H. and Neffati, M., 2010. Combined effect of NaCl-salinity and hypoxia on growth, photosynthesis, water relations and solute accumulation in Phragmites australis plants. Flora-Morphology, Distribution, Functional Ecology of Plants, 205(7): 462-470.
- Jiang, L., Duan, L., Tian, X., Wang, B., Zhang, H., Zhang, M. and Li, Z., 2006. NaCl salinity stress decreased Bacillus thuringiensis (Bt) protein content of transgenic Bt cotton (*Gossypium hirsutum* L.) seedlings. Environmental and Experimental Botany, 55(3): 315-320.
- Kaya, C., Ak, B.E., Higgs, D. and Murillo-Amador, B., 2002. Influence of foliar applied calcium nitrate on strawberry plants grown under salt stress

conditions. Australian Journal of Experimental Agriculture, 42(5): 631-636.
- Kerepesi, I. and Galiba, G., 2000. Osmotic and salt stress Induced alteration in soluble carbohydrate content in wheat seedling. Crop Science, 40(2): 482-487.
- Keutgen, A.J. and Pawelzik, E., 2009. Impacts of NaCl stress on plant growth and mineral nutrient assimilation in two cultivars of strawberry. Environmental and Experimental Botany, 65(2-3): 170-176.
- Koyro, H.W., 2006. Effect of salinity on growth, photosynthesis, water relations and solute composition of the potential cash crop halophyte *Plantago coronopus* (L.). Environmental and Experimental Botany, 56(2): 136-146.
- Lessani, H. and Marschner, H., 1978. Relation between salt tolerance and long-distance transport of sodium and chloride in various crop species. Australian Journal of Plant Physiology, 5: 27-37.
- Munns, R. and Schachtman, D.P., 1993. Plant responses to salinity significance in relation to time. International Crop Science, 1: 741-745.
- Nedjimi, B. and Daoud, Y., 2009. Ameliorative effect of $CaCl_2$ on growth, membrane permeability and nutrient uptake in *Atriplex halimus* subsp. schweinfurthii grown at high (NaCl) salinity. Desalination, 249: 163-166.
- Nedjimi, B., Daoud, Y. and Touati, M., 2006. Growth, water relations, proline and ion content of in vitro cultured *Atriplex halimus* subsp. schweinfurthii as affected by $CaCl_2$. Communications in biometry and crop science, 1(2): 79-89.
- Partridge, G.J. and Jenkins, G.I., 2002. The effect of salinity on growth and survival of juvenile black bream (*Acanthopagrus butcheri*). Aquaculture, 210(1-4): 219-230.
- Ramesh, K. and Singh, V., 2008. Effect of planting date on growth, development, aerial biomass partitioning and essential oil productivity of wild marigold (*Tagetes minuta*) in mid hills of Indian western Himalaya. Industrial Crops and Products, 27(3): 380-384.
- Rawson, H.M., 1986. Gas exchange and growth in wheat and barley grown in salt. Australian Journal of Plant Physiology, 13(4): 475-340.
- Renault, S., 2005. Response of red osier dogwood (*Cornus stolonifera*) seedlings to sodium sulphate salinity: effects of supplemental calcium. Pysiological Plantarum, 123: 75-81.
- Rengel, Z., 1992. The role of calcium in salt toxicity. Plant, Cell and Environment, 15(6): 625-632.
- Silveira, J.A.G., Araújo, S.A.M., Lima, J.P.M.S. and Viegas, R.A., 2009. Roots and leaves display contrasting osmotic adjustment mechanisms in response to NaCl-salinity in *Atriplex nummularia*. Environmental and Experimental Botany, 66(1): 1-8.
- Singh, L. and Pal, B., 1995. Effect of water salinity on yield and yield attributing characters of blond psyllium (*Plantago ovata*). Indian Journal of Agricultural Sciences, 65(7): 503-505.
- Tanou, G., Molassiotis, A. and Diamantidis, G., 2009. Induction of reactive oxygen species and necrotic death-like destruction in strawberry leaves by salinity. Environmental and Experimental Botany, 65(2-3): 270-281.
- Tuna, A.L., Kaya, C., Ashraf, M., Altunlu, H., Yokas, L. and Yagmur, B., 2007. The effects of calcium sulphate on growth, membrane stability and nutrient uptake of tomato plants grown under salt stress. Environmental and Experimental Botany, 59(2): 173-178.
- Wang, X.S. and Han, J.G., 2009. Changes of Proline Content, Activity, and Active Isoforms of Antioxidative Enzymes in Two *Alfalfa Cultivars* under Salt Stress. Agricultural Sciences in China, 8(4): 431-440.
- Yildirim, E., Taylor, A.G. and Spittler , T.D., 2006. Ameliorative effects of biological treatments on growth of squash plants under salt stress. Scientia Horticulturae, 111(1): 1-6.

Ameliorating effect of calcium and potassium on proline content, chlorophyll, protein content and growth of Ammi (*Carum copticum* L.) under salinity stress

S. Mirzai[1], A. Rahimi[2*], H. Dashti[3] and S. Maddah Hosseini[3]

1- MSc. Student, Department of Agronomy, College of Agriculture, Vali-e-Asr University, Rafsanjan, Iran
2*- Corresponding author, Department of Agronomy, College of Agriculture, Vali-e-Asr University, Rafsanjan, Iran
Email: rahimiasg@gmail.com
3- Department of Agronomy, College of Agriculture, Vali-e-Asr University, Rafsanjan, Iran

Received: December 2010 Revised: November 2011 Accepted: December 2011

Abstract

In order to investigate the effects of supplementary calcium chloride and potassium nitrate on proline, protein content, chlorophyll and growth of Ammi (*Carum copticum* L.) under different salinity levels and nutrient solutions (NS), a RCBD design with factorial arrangement was conducted at the Agriculture Research Field, Vali-e-Asr University of Rafsanjan, during September 2009. The treatments were three levels of salinity (0, 50 and 100 mMol) and five different nutrition solutions including: Control: Hoagland solution only (N1); Hoagland solution plus 20 mM $CaCl_2$ in nutrition solution (N2); Hoagland solution plus 20 mM $CaCl_2$ as spray (N3); Hoagland solution plus 20 mM KNO_3 in nutrition solution (N4) and Hoagland solution plus 20 mM KNO_3 as spray (N5). Results showed that proline content was significantly affected by salinity and the type of nutrient solution and their interactions. Increasing salinity, especially at 100 Mmol NaCl, significantly reduced chlorophyll a,b and total chlorophyll. Chlorophyll a, b and total chlorophyll content were not significantly affected by the type of nutrition solution. The highest and lowest protein content were observed by control and 100 Mm NaCl treatments respectively. The type of nutrient solution also influenced protein content. The highest and lowest protein contents were related to N3 and N5, respectively. Total dry weight and stem dry weight were significantly reduced by salinity while root dry weight was not affected by salinity. The highest leaf area was achieved on control and nutrition solution N5. Generally, it is concluded that Ammi could tolerate salinity up to 50 mMol NaCl and leaf spraying of Ca and K would be better to ameliorate salinity rather than using in nutrition solution.

Key words: Ammi (*Carum copticum* L.), growth analysis, salinity amelioration.