نشریه علوم باغبانی (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۲۹، شماره ۴، زمستان ۱۳۹۴، ص. ۵۳۶-۵۲۸
شاپا: ۴۷۳۰ - ۲۰۰۸

Journal of Horticultural Science
Vol. 29, No. 4, Winter 2016, P. 528-536
ISSN: 2008 - 4730

تأثیر یون پتاسیم روی مهار شوری در گیاه دارویی گل مغربی (*Oenothera macrocarpa*)

مرتضی گلدانی[1*]- احسان کشمیری[2]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۲/۰۶/۰۸
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۴/۰۶/۰۷

چکیده

شوری یکی از مهم‌ترین عوامل کاهش رستنی‌های طبیعی در بسیاری از مناطق دنیا به ویژه ایران است. گل مغربی گیاهی است از خانواده *Onagraceae* که از نظر دارویی و تغذیه‌ای از اهمیت بالایی برخوردار است. این پژوهش به منظور ارزیابی سطوح مقاومت به شوری این گیاه و نقش تغذیه پتاسیم در کاهش اثرات شوری انجام شد. بدین منظور آزمایشی در قالب طرح کاملاً تصادفی بر روی گیاه گل مغربی با پنج سطح شوری کلرید سدیم (صفر، ۳۰، ۶۰، ۹۰ و ۱۲۰ میلی مولار) و دو سطح کلرید پتاسیم (صفر و ۱۵/۰۲ میلی مولار) در سه تکرار در دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد در سال ۱۳۹۰ انجام شد. نتایج حاصل حاکی از کاهش سطح برگ، تعداد برگ، وزن خشک برگ، وزن تک برگ، حجم ریشه، وزن خشک ریشه، فتوسنتز، هدایت روزنه‌ای و شاخص کلروفیل برگ‌ها در بالاترین سطح غلظت شوری بود به طوری که میزان فتوسنتز در بالاترین سطح شوری به میزان ۱۲ درصد نسبت به شاهد کاهش یافت. کاربرد پتاسیم تاثیر مثبتی بر تحمل گیاه به شوری داشت و سبب کاهش تجمع سدیم و افزایش درصد پتاسیم در برگ‌ها گردید. همچنین کاربرد پتاسیم در بالاترین سطح شوری تعداد برگ را به میزان ۳۲ درصد نسبت به همان سطح شوری بدون کاربرد پتاسیم افزایش داد. از طرفی نتایج نشان داد که این گیاه تا حد زیادی به سطوح شوری ۳۰ تا ۶۰ میلی‌مولار در این آزمایش مقاومت داشته و می‌تواند تولید قابل توجهی در این سطوح از شوری داشته باشد.

واژه‌های کلیدی : تغذیه پتاسیم، صفات ظاهری، کلرید سدیم، گل مغربی

مقدمه

گل مغربی گیاهی است از خانواده Onagraceae که در ابتدا به دلیل داشتن گل‌های زیبا مورد توجه قرار گرفت. این گیاه به دلیل باز شدن گل‌هایش تنها در اوایل صبح و هنگام غروب به عنوان گل مغربی یا شمع شب نیز نامگزاری شد. دانه گیاه در گروه دانه‌های روغنی قرار داشته و بسته به منطقه و نوع رقم میزان روغن آن از ۲۰ تا ۳۰ درصد متغیر است. روغن دانه این گیاه تحت عنوان Evening Primrose Oil) EPO) به دلیل چیدمان خاص اسیدهای چرب در مولکول گلیسرول و همچنین وجود اسید چرب نادر گاما لینولنیک (۸- ۱۲ درصد) در علم پزشکی و همچنین علم تغذیه دارای جایگاه منحصر به فردی است. تحقیقات نشان داد که استفاده از تکنیک‌های به‌زراعی می‌تواند بر تجمع روغن و همچنین درصد اسیدهای چرب روغن گل مغربی موثر باشد (۱۴). اگرچه ویژگی‌های ممتاز دارویی و تغذیه‌ای روغن این گیاه ثابت شده است، ریزش دانه، غیر یکنواختی زمان رسیدن و عملکرد کم از موانع گسترش کشت و تولید اقتصادی گل مغربی می‌باشند. به علاوه اطلاعات موجود در زمینه فیزیولوژی، جوانه‌زنی و مقاومت در برابر شرایط نامناسب محیطی بسیار ناچیز بوده و نیازمند مطالعات بیشتری است. این گیاه در درمان بسیاری از بیماری‌ها از جمله التهاب مثانه ودستگاه گوارش، ناراحتی روده‌ی باریک، ناراحتی کلیه، آسم و تب تیفوئیدی مورد استفاده بیماران قرار می‌گیرد (۱۰). اراضی شور دنیا و ایران در اثر فعالیت‌های بی‌رویه کشاورزی پیوسته در حال گسترش هستند (۱۷). بنابراین تولید بالقوه محصولات کشاورزی در این شرایط امکان‌پذیر نمی‌شود برای مقابله با این مشکل شناسایی و انتخاب ارقام متحمل بسیار ضروری بنظر می‌رسد. در کشور ایران، تولید محصولات زراعی اغلب تحت تأثیر تنش‌های محیطی انجام می‌شود و بجز نوار شمالی کشور در بقیه نقاط آن معمولا تنش‌های خشکی، شوری، گرما و سرما وجود دارد (۲۱). شوری کلرید سدیم بر روند انتقال آب و یونها در گیاهان تأثیر می‌گذارد، به طوری که ممکن است تعادل یونی و وضعیت مواد غذایی را در گیاه تغییر دهد (۱۸).

گیاهان با سه مکانیسم مختلف از اثرهای اولیه تنش شوری می‌گریزند :کنترل جذب یونی، حذف یا ترشح نمک و رقیق کردن

۱ و ۲- دانشیار و دانشجوی دکتری گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد
(*- نویسنده مسئول: Email: goldani@um.ac.ir)

نمک (۲۸). سانتا ماریا و اپستین (۳۱) اعلام داشتند که توانایی گیاهان برای مقابله با سطوح بالای شوری به روش و درجه‌ای از آن روش بستگی دارد که آنها بتوانند روابط آب خودشان را تنظیم کنند و هم چنین بستگی به این دارد که چگونه آنها با غلظت داخلی نمک مقابله یا از آن اجتناب کنند. کایا و همکاران (۲۵) اظهار داشتند که شوری، رشد رویشی و زایشی گیاه را تحت تأثیر قرار می‌دهد و بنابراین موجب کاهش وزن خشک و عملکرد گیاه می‌شود .در یک آزمایش گلخانه‌ای، اثر تنش شوری روی رشد و میزان انباشت یون‌ها در گیاه دارویی زنیان مطالعه شد. نتایج نشان داد که افزایش سطح شوری باعث کاهش معنی‌داری در وزن تر و خشک ریشه و ساقه، میزان کلسیم و پتاسیم و افزایش میزان سدیم در اندام هوایی و ریشه گردید (۵). عبید و همکاران (۱) در زمینه تاثیر تنش شوری بر روی رشد گیاه، بیان کردند که شوری ناشی از کلرور سدیم در گیاه ذرت باعث کاهش میزان رشد نسبی و به تبع آن کاهش ماده خشک کل گیاه می‌گردد .نتیجه مشابه در برنج توسط سایر محققین گزارش شده است (۳). کلروفیل برگ‌ها در شرایط تنش شوری آسیب دیده و باعث کاهش فتوسنتز می گردد (۱۳). هانگ و ردمن (۲۲) نیز به کاهش میزان کلروفیل کل برگهای گیاه جو در شرایط تنش شوری اشاره کرده‌اند. یون‌های سدیم و کلر معمولاً شایع‌ترین یون‌های موجود در خاکها و آبهای شور هستند و هر دوی آنها می‌توانند اثرات مضری روی گیاهان داشته باشند، زیرا با افزایش فشار اسمزی محلول خاک، ضمن ایجاد سمیت یونی در گیاه، تعادل یون‌های مورد نیاز گیاه مانند پتاسیم را بهم می‌زنند. اسکچمن و مانز (۳۲) طی یک آزمایش اعلام کردند که در شرایط تنش شوری، غلظت یون سدیم گیاهی افزایش می‌یابد ولی سرعت تجمع آن در ارقام متفاوت می‌باشد. گرامر و همکاران (۱۵) رابطه بین نسبت یون پتاسیم به سدیم و مقاومت به شوری در گیاهان را بررسی و تایید کردند به طوری که در بسیاری از گیاهان، عامل تعیین کننده میزان عملکرد در شرایط تنش شوری بود. در آزمایشی که به منظور بررسی اثر تنش شوری بر برخی پارامترهای فیزیولوژیک گیاه مرزه انجام گرفت، نجفی و همکاران (۳۰) گزارش کردند که با افزایش شوری، پارامترهای رشد و سرعت فتوسنتز کاهش پیدا کرد. همچنین آنها مشاهده نمودند که با افزایش غلظت نمک، وزن خشک گیاه، سطح برگ و میزان کلروفیل آن کاهش معنی‌داری داشت. به طوری که افزایش غلظت نمک باعث کاهش جذب یون پتاسیم و افزایش تجمع یون‌های سدیم، نیتروژن و فسفر در برگها گردید. گو و تانگ (۱۶) اظهار داشتند که یکی از عوامل مهم تحمل به شوری در گیاهان حفظ و نگهداری خاصیت جذب انتخابی نسبت پتاسیم به سدیم تحت تنش شوری است. نتایج تحقیق خوش گفتارمنش و سیادت (۲۶) نشان داد که در شرایط شور افزایش غلظت سدیم موجب کاهش نسبت پتاسیم به سدیم و در نتیجه کمبود پتاسیم در گیاه می‌شود. با توجه به نقش مهم سدیم و پتاسیم در رشد گیاه دارویی گل مغربی این آزمایش با هدف بررسی عناصر سدیم و پتاسیم بر خصوصیات رشدی و فتوسنتزی در این گیاه انجام شد.

مواد و روش‌ها

این آزمایش به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار و با ۵ سطح شوری (صفر، ۳۰، ۶۰، ۹۰ و ۱۲۰ میلی مولار) و دو سطح پتاسیم (۰ و ۱۵/۰۲ میلی‌مولار) در بهار سال ۱۳۹۰ در گلخانه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد انجام شد. سطوح شوری با استفاده از کلرور سدیم ۹۷ درصد اعمال گردید. جهت اعمال شوری از نمک طعام استفاده شد که میزان نمک محلول کمتر از ۹۰ میلی مولار از فرمول EC= 640*TDS(mg/l) و برای شوری ۱۲۰ میلی مولار از فرمول EC= 800*TDS(mg/l) استفاده شد، به نحوی که افزایش غلظت‌های شوری به تدریج اعمال می‌شد (برای اطمینان بیشتر بعد از تهیه محلول‌ها، غلظت‌های شوری توسط ایسیمتر نیز اندازه‌گیری می‌شد). و تیمار شاهد با آب شهری مشهد اعمال گردید. در ابتدا کاشت بذور در سینی‌های کشت حاوی کوکوپیت انجام شد. پس از مرحله سه برگی، گیاهچه‌ها به تیوپ‌هایی با قطر دهانه ۱۲ سانتی‌متر و ارتفاع یک متر حاوی خاک، ماسه و خاک برگ به نسبت ۱:۱:۱ منتقل شدند. برای ثبات و پایداری تیوب‌ها و نیز جلوگیری از نفوذ نور به محیط ریشه‌ها، هر یک از تیوب‌ها در لوله‌هایی از جنس پلی اتیلن سیاه رنگ قرار گرفتند.

گیاهچه‌های مورد نظر پس از اتمام دوره سازگاری خود به گلدان‌های پلاستیکی منتقل شدند. تیمار شوری برای جلوگیری از شوک اسمزی به تدریج از مرحله چهار برگی اعمال شد و تیمار پتاسیم نیز به طور همزمان همراه با آب آبیاری اعمال گردید. جهت جلوگیری از تجمع نمک در گلدان‌ها هفته‌ای دو بار آبیاری (۴۰۰ سی سی که بیشتر از حد ظرفیت زراعی بود) انجام شد. ۶ هفته بعد از اعمال تیمارها میزان فتوسنتز، محتوی نسبی کلروفیل و هدایت روزنه‌ای توسط دستگاه پرومتر اندازه گیری شد. میزان فتوسنتز با استفاده از دستگاه اندازه‌گیری فتوسنتز (مدل LCA4) مورد ارزیابی قرار گرفت و محتوای نسبی کلروفیل با استفاده از دستگاه اسپد (SPAD-502, Japan) اندازه‌گیری شد.

در آخر فصل رشد پس از برداشت گیاهان به آزمایشگاه منتقل شدند و صفاتی از قبیل سطح برگ، وزن خشک برگ، وزن تک برگ، وزن آماس، حجم ریشه، وزن خشک ریشه و درصد سدیم و پتاسیم در اندام هوایی اندازه گیری شدند. جهت اندازه گیری وزن خشک نمونه‌ها به مدت ۴۸ ساعت در آون در دمای ۷۲ درجه سانتی گراد قرار گرفتند.

جدول ۱- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) مربوط به سطح برگ، تعداد برگ، وزن خشک برگ، وزن تک برگ، حجم ریشه و وزن خشک ریشه
Table 1- Analysis of variance (mean square) of the leaf area, leaf number, leaf dry weight, the weight of a single leaf, root volume and root dry weight

منابع تغییر S.O.V	درجه آزادی df	سطح برگ Leaf area($cm^2.plant^{-1}$)	وزن خشک برگ (گرم) Leaf dry weight(gr)	وزن تک برگ (گرم) Weight of one leaf	تعداد برگ No. of leaves	حجم ریشه (سانتی متر مکعب) Vol. Of root	وزن خشک ریشه (گرم) Root dry weight	نسبت ریشه به اندام هوایی Root/shoot
تیمار کنترلی Treatment	9	108839.974**	17.035**	0.1691 **	7.520**	322.892**	4.4990 **	0.108**
خطا Error	20	3855.451	0.962	0.0063	0.293	38.26	0.277	0.037

** معنی‌داری در سطح p<۰/۰۱ می‌باشد
**Significant at 1 percentage probability level

برای تعیین سدیم و پتاسیم در اندام هوایی گیاه از روش هضم‌تر استفاده شد (۲۰) و سپس مقدار سدیم و پتاسیم با استفاده از دستگاه فلیم فتومتر مدل (JENWAY PFP7) اندازه‌گیری شدند. آنالیز واریانس داده ها با استفاده از نرم افزار SAS بر آورد گردید. مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن انجام شد. نمودارها نیز با استفاده از برنامه Excel رسم شدند.

نتایج و بحث

بر اساس نتایج حاصل از جدول تجزیه واریانس (جدول ۱) افزایش غلظت کلرید سدیم در محیط کشت گیاه گل مغربی تاثیر معنی‌داری (p<۰/۰۱) بر صفات تعداد برگ، سطح برگ، وزن خشک برگ، وزن تک برگ، وزن خشک ریشه، حجم ریشه و نسبت ریشه به اندام هوایی داشت. محیط شور دارای مقدار زیادی از یون‌های مضر مانند منیزیم، کلر، سدیم و سولفات می‌باشد که یا خود آنها مضر هستند یا باعث اختلال در متابولیسم‌های عناصر غذایی دیگر می‌شوند.

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها در جدول (۲) نشان می‌دهد که تیمارهای شوری به کار رفته تاثیر معنی‌داری (p<۰/۰۱) را بر خصوصیات فتوسنتز، هدایت روزنه‌ای و عدد قرائت شده توسط اسپد داشته‌اند مثلاً رقابت سدیم با پتاسیم و کلر با نیترات باعث اختلال در جذب عناصر غذایی می‌شود. در نتیجه گیاه با صرف انرژی بیشتر برای تولید مواد آلی خود، انرژی لازم برای مقابله با تنش شوری را از دست داده و کارایی ریشه با کاهش مواجه شده و نهایتاً رشد اندام هوایی کاهش یافته و از طول و وزن آن‌ها کاسته شده و در نهایت وزن خشک برگ و اندام هوائی با کاهش مواجه می‌شود (۲۸). بررسی نتایج پژوهش‌های مشابه در مورد شنبلیله و سایر گیاهان از قبیل اسفناج که در سطح شوری ۶۰ میلی مولار باعث کاهش گسترش سیستم ریشه ای شده است نیز نشان از نتایج تقریبا مشابه با نتایج حاصل از این تحقیق دارد (۲۱، ۱۷، ۲۵، ۳۲ و ۳۵). ریشه اندامی است که وظیفه جذب آب و املاح معدنی را به عهده دارد و تنش شوری بیشتر از ناحیه ریشه به گیاه وارد می‌شود، بنابراین ریشه اولین اندامی است که با تنش شوری مواجه می‌شود. یکی از شاخص‌های موثر در تحمل به شوری حفظ آماس سلولی است و تنظیم اسمزی در اثر جذب نمک (یون‌های نمکی) و ساختن مواد آلی انجام می‌شود. گیاهان برای ساختن مواد آلی (گلایسین بتائین، سوربیتول، پرولین و مانیتول) انرژی زیادی صرف می‌کنند که با صرف انرژی زیاد جهت تنظیم اسمزی برای مقابله با شوری باعث کاهش کارائی ریشه در تامین عناصر غذایی و آب برای سایر اندام ها می‌شود و رشد اندام‌های هوایی کاهش یافته و در نتیجه تنش شوری باعث کاهش اندام زائی و تولید ماده خشک شده و در نهایت کاهش انتقال مواد غذایی از لپه‌ها به محور جنینی را به دنبال داشته و در نتیجه کاهش وزن ریشه و وزن ساقه را منجر می‌شود (۲۴). ارقام مقاوم به شوری نسبت به ارقام حساس، از ریشه‌های حجیم‌تر، طویل‌تر و نسبت بالاتر ریشه به اندام هوایی(R/S) برخوردار می‌باشند (۳۷).

کاهش سطح برگ یکی از اولین واکنش‌های گیاهان در برابر تنش شوری می‌باشد. به این دلیل که تجمع ماده خشک و سطح برگ توسط شوری به طور پیوسته کاهش می‌یابد، ممکن است کاهش سطح برگ یکی از دلایل کاهش رشد در اثر شوری باشد. تنش شوری از طریق کاهش تکثیر سلولی و کاهش مدت تجمع ماده خشک باعث کوتاه شدن میانگره ها شده و ارتفاع بوته و در نتیجه وزن خشک برگ و اندام هوایی را کاهش می‌دهد. البته بعضی از منابع علت اصلی کاهش وزن برگ را کاهش تعداد پنجه در گلدان و در نتیجه کاهش سطح برگ دانسته‌اند. آنها بیان داشتند که مقداری از تفاوت در تعداد پنجه به تفاوت‌های ژنتیکی ارقام بر می‌گردد (۲۴، ۳۵ و ۳۷). کاهش رشد ریشه و اندام هوایی در شرایط شوری ممکن است به علت تجمع زیاد یون سدیم در گیاه و در نتیجه کاهش فرآیندهای آنزیمی و سنتز

پروتئین باشد. در آزمایشی میزان سدیم با افزایش شوری در گونه آتریپلکس نومولاریا افزایش یافت در حالیکه مقدار پتاسیم کاهش یافت (۱۲). برگ‌های لوبیا مقدار پتاسیم بیشتری در شرایط شوری کمتر (۳۰ میلی مولار) نسبت به شوری بیشتر (۶۰ میلی مولار) داشتند (۳۸). سدیم می‌تواند منجر به اختلال در فعالیت و عمل غشای سلولی شود و پتانسیل انتقال یون‌های غذایی را تحت تاثیر خود قرار دهد. اثرات آنتاگونیستی و کاهش جذب پتاسیم در بسیاری از مطالعات نشان داده شده است (۷، ۱۱، ۳۱ و ۳۷). یکی از عوامل مهم تحمل به شوری در گیاهان حفظ و نگهداری خاصیت جذب انتخابی نسبت پتاسیم به سدیم تحت تنش شوری است (۱۶). برنستین و همکاران (۶) گزارش کردند که در گیاه ریحان، افزایش شوری باعث کاهش طول ریشه و ساقه، وزن تر و خشک اندام هوایی و سطح برگ ها شد. جمیل و همکاران (۲۳) بیان داشتند که خصوصیات ریشه و ساقه مهمترین صفات ارزیابی تنش شوری می باشند زیرا ریشه در تماس مستقیم با خاک است و آب را از خاک جذب می کند و ساقه آن را به سایر قسمت های گیاه می رساند. کاهش رشد ریشه و ساقه می‌تواند ناشی از اثرات سمی سدیم و کلر و یا عدم تعادل در جذب عناصر غذایی به وسیله گیاه باشد. سوختگی میانه برگها و سرشاخه ها در اثر تجمع بیش از حد کلر، که معمولا با کلروزه شدن حاشیه برگ ها توأم است، رخ می‌دهد گاهی اوقات۵۰ درصد برگ کلروزه می‌شود که منجر به کاهش شدید فتوسنتز می‌گردد. همچنین نمک ممکن است باعث کاهش تعداد آغازه های برگ و در نهایت کاهش تعداد برگ شود (۲).

همچنین تیمارهای شوری به کار رفته تاثیر معنی‌داری ($p<۰/۰۱$) را بر درصد سدیم و پتاسیم موجود در برگ گیاه داشته‌اند (جدول ۲). تنش شوری علاوه بر تأثیر بر فتوسنتز گیاه سبب کاهش آب قابل دسترس، سمیت یونها و کمبود پتاسیم می‌گردد (۸). بنابراین بهبود تغذیه گیاهانی که در معرض تنش شوری قرار دارند، با کودهای پتاسیم دار می‌تواند با کاهش اثرات تخریبی اکسیداسیون سلولی و یا به حداقل رساندن، کاهش واکنش ترکیبات اکسیژن که در خلال فرایند فتوسنتز ایجاد می‌گردند (شبیه رادیکالهای اکسیژن) از اثرات مخرب تنش شوری بکاهد (۳۲). گیاهان زمانی که در معرض شوری قرار می‌گیرند ابتدا تنش آب را تجربه می‌کنند، در این شرایط شوری از طریق بستن روزنه‌ها و کاهش فشار جزئی CO_2 بین سلولی و یا از طریق عوامل غیر روزنه‌ای به کاهش فتوسنتز منجر می‌شود که در نهایت به کاهش توسعه برگ‌ها می‌انجامد (۲۷ و ۳۴). در صورتی که گیاه مدت طولانی در معرض شوری قرار گیرد تنش یونی را نیز تجربه می‌کند که باعث پیری زودرس برگ‌های بالغ می‌شود بنابراین کاهش در سطح فتوسنتزی که حمایت کننده رشد است ایجاد می‌شود.

با توجه به مقایسات میانگین موجود بین صفات مورد مطالعه با تیمارهای به کار رفته (جدول ۳) مشاهده می‌شود که سطح برگ در تیمار شوری ۳۰ میلی‌مولار همراه با کاربرد پتاسیم بیشترین مقدار (۸۱۱/۶) و در تیمار شوری ۱۲۰ میلی‌مولار بدون کاربرد پتاسیم کمترین مقدار (۲۴۰/۵) را دارا می‌باشد و اختلاف معنی‌داری بین آن‌ها وجود دارد. در تیمار شوری ۱۲۰ میلی مولار همراه با کاربرد پتاسیم، سطح برگ به میزان ۳۲ درصد نسبت به همان تیمار شوری بدون کاربرد پتاسیم برتری از خود نشان داد. همچنین بیشترین حجم ریشه مربوط به تیمار شوری ۳۰ میلی مولار با کاربرد پتاسیم می‌باشد که با افزایش شوری کاهش چمشگیری در حجم ریشه مشاهده شد و کاهش ۵۰ درصدی در حجم ریشه در اثر تیمار شوری مشاهده شد. با افزایش میزان شوری از شاهد به سطوح بالاتر شوری (۱۲۰ میلی مولار) وزن خشک ریشه کاهش یافت به طوری که بیشترین مقدار آن در تیمار شاهد و کمترین مقدار آن در تیمار شوری ۱۲۰ میلی مولار بدون کاربرد پتاسیم مشاهده شد.

جدول ۲- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) مربوط به فتوسنتز، پرومتر و اسپد

Table 2- Analysis of variance (mean square) of photosynthesis, prometer and spad

منبع تغییرات S.O.V	درجه آزادی df	فتوسنتز (میکرومول بر متر مربع بر ثانیه) Photosynthesis ($\mu mol\ m^{-2}s^{-1}$)	هدایت روزنه ای (میکرومول بر متر مربع بر ثانیه) stomatal conductance($\mu mol\ m^{-2}s^{-1}$)	اسپد spad	درصد سدیم NA%	درصد پتاسیم K%
تیمار کنترلی Treatment	9	14.345^{**}	111.650^{**}	172.44^{**}	0.0023^{**}	0.00130^{**}
خطا Error	20	2.920	7.195	7.240	0.0000032	0.00000057

** معنی داری در سطح $p<۰/۰۱$ می باشد

**significant at 1 percentage probability level

جدول۳- مقایسه میانگین بین صفات مورد مطالعه در آزمایش مربوط به سطح برگ، تعداد برگ، وزن خشک برگ، وزن تک برگ، حجم ریشه و وزن خشک ریشه

Table 3- The comparison between leaf area, leaf number, leaf dry weight, the weight of a single leaf, root volume and root dry weight

تیمار Treatment	سطح برگ Leaf area($cm^2.plant^{-1}$)	وزن خشک برگ (گرم) Leaf dry weight(gr)	وزن تک برگ (گرم) Weight of one leaf(gr)	تعداد برگ No. of leaves	حجم ریشه (سانتی متر مکعب) Vol. Of root(cm^3)	وزن خشک ریشه (گرم) Root dry weight(gr)	نسبت ریشه به اندام هوایی Root/shoot	فتوسنتز Photosynthesis ($\mu mol\ m^{-2}s^{-1}$)	هدایت روزنه‌ای stomatal conductance($\mu mol\ m^{-2}s^{-1}$	اسپد spad
NA_0K_0	723.9^{a}	5.336^{cd}	0.837^{a}	6.57^{ab}	38.33^{a}	5.063^{a}	1.01^{a}	5.21^{de}	26.10^{b}	54.66^{ab}
NA_0K_1	721.4^{a}	9.026^{a}	0.867^{a}	6.12^{bc}	34.00^{ab}	4.68^{ab}	0.53^{b}	5.11^{de}	22.90^{b}	45.60^{c}
NA_1K_0	505.4^{b}	8.160^{a}	$0.58b^{c}$	5.22^{cd}	33.33^{ab}	4.00^{b}	0.45^{b}	7.79^{abcd}	24.50^{b}	50.46^{b}
NA_1K_1	811.6^{a}	8.166^{a}	0.646^{b}	7.36^{a}	42.66^{a}	4.20^{ab}	0.41^{b}	11.34^{a}	26.03^{b}	57.13^{a}
NA_2K_0	470.7^{b}	6.090^{bc}	$0.385d^{e}$	3.91^{ef}	32.66^{ab}	2.56^{c}	0.47^{b}	7.35^{bcde}	23.10^{b}	45.70^{c}
NA_2K_1	580.3^{b}	7.446^{ab}	0.689^{b}	5.54^{c}	39.33^{a}	3.02^{c}	0.40^{b}	8.10^{bcd}	35.23^{a}	50.60^{b}
NA_3K_0	342.6^{c}	3.193^{ef}	$0.332d^{e}$	3.29^{fg}	15.33^{c}	1.60^{d}	0.41^{b}	9.75^{ab}	16.06^{c}	40.73^{d}
NA_3K_1	468.1^{b}	4.240^{de}	0.453^{cd}	4.48^{de}	23.00^{bc}	2.57^{c}	0.68^{ab}	8.87^{abc}	17.96^{c}	40.03^{d}
NA_4K_0	240.5^{c}	2.410^{f}	0.153^{f}	2.53^{g}	14.33^{c}	1.53^{d}	0.49^{b}	4.58^{e}	14.93^{c}	33.83^{e}
NA_4K_1	317.9^{c}	3.386^{ef}	0.305^{e}	3.35^{fg}	19.33^{c}	3.08^{c}	0.70^{ab}	6.29^{cde}	17.63^{c}	37.83^{de}

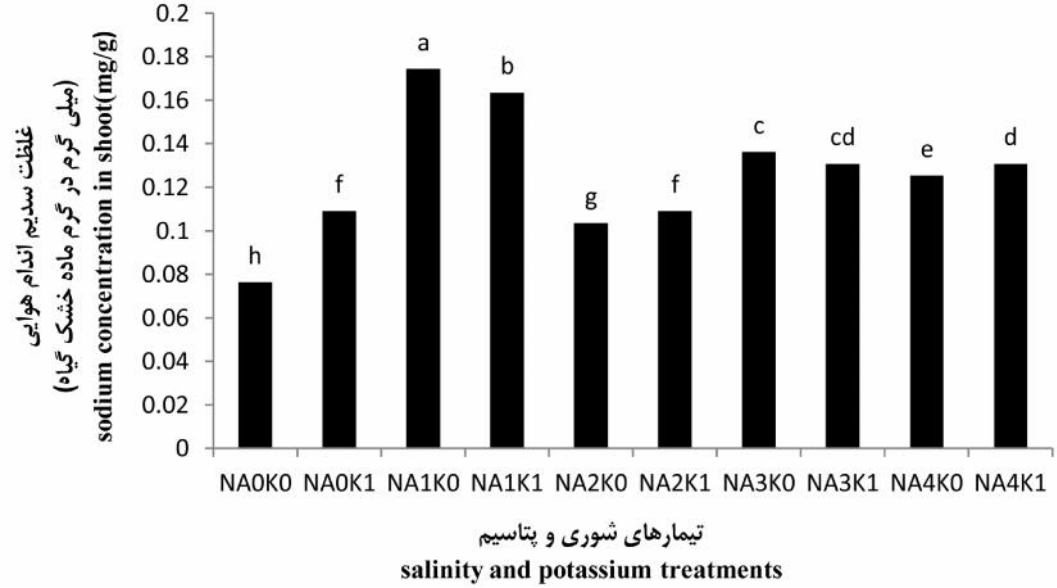
در هر ستون میانگین هایی که حداقل یک حرف مشترک دارند از نظر آماری اختلاف معنی داری در سطح ۱ و ۵ درصد ندارند.

Numbers followed by the same letter are not significantly differentns (P<0.01 and 0.05)

K0 ,Na0 ,Na1 ,Na2 ,Na3 ,Na4 ,K1 بترتیب بدون شوری، بدون پتاسیم، ۳۰، ۶۰، ۹۰ و ۱۲۰ میلی مولار کلرید سدیم و ۱۵/۰۲ میلی مولار کلرید پتاسیم

نسبت ریشه به اندام هوایی در تیمار شاهد بیشترین مقدار می باشد ولی با افزایش شوری این صفت کاهش یافت. در سطوح بالاتر شوری (۹۰ و ۱۲۰ میلی مولار) نسبت ریشه به اندام هوایی در تیمار همراه با کاربرد پتاسیم افزایش پیدا کرد که این نسبت در شوری ۱۲۰ میلی مولار بدون کاربرد پتاسیم ۰/۴۹ و با کاربرد پتاسیم ۰/۷۰ به دست آمد. مقایسه میانگین به دست آمده برای وزن خشک برگ نشان می‌دهد که بیشترین وزن خشک برگ در تیمار آبیاری با آب معمولی همراه با پتاسیم به دست آمد و کمترین میزان آن مربوط به بیشترین سطح شوری (۱۲۰ میلی مولار) می‌باشد که در آن کاربرد پتاسیم صورت نگرفته است. بیشترین تعداد برگ در تیمار شوری ۳۰ میلی مولار و کمترین تعداد آن در تیمار شوری ۱۲۰میلی مولار بدون کاربرد پتاسیم به دست آمد. میزان فتوسنتز با افزایش شدت تنش شوری از تیمار شاهد به ۳۰ میلی مولار شوری همراه با پتاسیم افزایش و در تنش ۱۲۰ میلی‌مولار کاهش معنی‌داری یافت (جدول۳). در سطوح پایین‌تر شوری کاربرد پتاسیم تاثیر مثبتی را بر روی فتوسنتز گیاه از خود نشان داد ولی با افزایش شوری کاهش فتوسنتز با توجه به کاربرد پتاسیم به وقوع پیوست و کاهش شدیدی را از خود نشان داد. با افزایش شوری میزان هدایت روزنه‌ای کاهش یافت. در تیمارهای شوری همراه با کاربرد پتاسیم میزان هدایت روزنه‌ای در مقایسه با عدم کاربرد پتاسیم به مراتب بیشتر بود که می‌توان به نقش مثبت پتاسیم در کاهش اثرات منفی شوری در گیاه اشاره کرد. افزایش تنش شوری موجب کاهش معنی‌دار عدد اسپد شد (جدول ۳). در تیمارهای شوری همراه با کاربرد پتاسیم عدد قرائت شده توسط اسپد بالاتر از تیمار عدم کاربرد پتاسیم است و این نشان دهنده تاثیر مثبت پتاسیم در شرایط شوری بر محتوی نسبی کلروفیل برگ گیاه است.

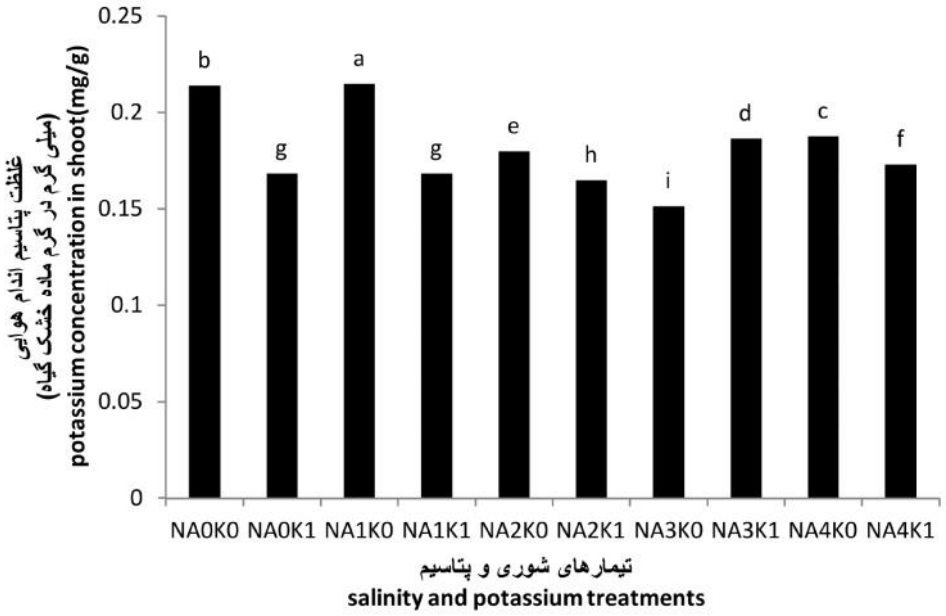
همان‌طور که در شکل ۱ مشاهده می‌شود با افزایش میزان شوری غلظت کلرید سدیم در اندام‌های هوایی گیاه افزایش می‌یابد ولی در مقایسه یک سطح شوری با کاربرد و عدم کاربرد پتاسیم در همان سطح مشاهده می‌شود که کاربرد پتاسیم تا حدی از تجمع سدیم در اندام‌های هوایی جلوگیری می‌کند و این امر می‌تواند از اثرات سمیت سدیم در اثر شوری در اندام‌های هوایی گیاه بکاهد. بر اساس نتایج اشرف و همکاران (۴) در مورد میزان عناصر پتاسیم و کلسیم و نسبت های ذکر شده در گیاه *Ammi majus* ، غلظت زیاد سدیم در اندام هوایی دامنه‌ای از مشکلات اسمزی و متابولیک گیاه را موجب شده و سمیت احتمالی ناشی از تجمع بیش از حد این یون در اندام گیاهی و کاهش تولید ماده خشک گیاه را به دنبال داشت. نتایج تحقیقات متعدد نشان می‌دهد پتاسیم در تنظیم فشار اسمزی گیاه و بهبود وضعیت نفوذپذیری غشای سلولی ریشه موثر بوده و موجب افزایش تحمل به شوری گیاه می شود (۲۵، ۳۱ و ۳۷). در شرایط شور غلظت بالای سدیم موجب کاهش نسبت پتاسیم به سدیم و در نتیجه کمبود پتاسیم در گیاه می‌گردد. لذا مصرف پتاسیم میزان تحمل به شوری گیاه را افزایش می‌دهد (۲۶).



شکل ۱- اثر تنش شوری و پتاسیم بر غلظت سدیم در اندام هوایی گل مغربی

Figure 1- Effect of salinity and potassium to sodium concentration in shoots of Evening Primrose

همان‌گونه که در شکل ۲ مشاهده می‌شود در تیمار شاهد همراه با کاربرد پتاسیم غلظت پتاسیم در اندام‌های هوایی افزایش نیافته است در حالی که در تیمار شوری ۹ دسی زیمنس بر متر همراه با کاربرد پتاسیم در مقایسه با همان میزان شوری ولی بدون کاربرد پتاسیم مشاهده می‌شود که غلظت پتاسیم در اندام هوایی افزایش یافته که علت این امر می‌تواند برای خنثی سازی اثرات سمیت سدیم و تعدیل یونی در اندام‌های هوایی باشد. به هم خوردن نسبت‌های یونی در گیاه تحت شرایط شوری، حاصل تداخل جذب سدیم با پتاسیم است. تشابه بین شعاع یون هیدراته سدیم و پتاسیم، عمل تمایز بین دو یون مذکور را برای پروتئین‌های ناقل مشکل ساخته و بدین ترتیب سمیت سدیم فراهم می‌گردد. فعالیت آنزیم‌های موجود در سیتوپلاسم حساسیت زیادی به نمک دارد و لذا حفظ نسبت زیاد پتاسیم به سدیم در سیتوسول، یک نیاز اساسی برای رشد گیاه در شرایط شوری زیاد است (۲). زیاد بودن نسبت‌های پتاسیم به سدیم و کلسیم به سدیم در گیاه تحت شرایط شور به عنوان یکی از معیارهای مهم برای مقاومت به شوری به شمار می‌رود (۴). در شرایط تنش شوری، متابولیت‌های سمی سدیم می‌توانند برای محل‌هایی که پتاسیم در سطح سلولی اشغال میکند، رقابت نمایند (۷). در چنین شرایطی سطوح بالای سدیم، یا نسبت بالای سدیم به پتاسیم می تواند باعث تخریب واکنش‌های مختلف آنزیمی در سیتوپلاسم گردد (۳۳). به همین دلیل برخی از پژوهشگران معتقدند که بالا بودن نسبت پتاسیم به سدیم در برخی از گونه‌های گیاهی، اهمیت بیشتری نسبت به پایین نگه داشتن غلظت سدیم دارد (۱۱). همچنین برخی دیگر، رابطه نزدیکی بین مقاومت به تنش شوری و بالا بودن نسبت پتاسیم به سدیم گزارش نموده‌اند (۳۶).



شکل ۲- اثر تنش شوری و پتاسیم بر غلظت پتاسیم در اندام هوایی گل مغربی

Figure 2- Effect of salinity and potassium to potassium concentration in shoots of Evening Primrose

نتیجه‌گیری کلی

در شرایط شور، افزایش غلظت سدیم باعث کاهش نسبت پتاسیم به سدیم و در نتیجه کمبود پتاسیم در گیاه شد. با عنایت به اینکه اعمال پتاسیم به میزان ۱۵ میلی مولار در شرایط شوری ۱۲۰ میلی مولار کلرید سدیم منجر به بهبود فشار اسمزی گیاه گل مغربی و نفوذپذیری غشای سلولی ریشه آن گردید و از طرفی سبب کاهش اثرات تخریبی اکسیداسیون سلولی می‌شود. لذا زیاد بودن نسبت‌های پتاسیم به سدیم در گیاه تحت شرایط شور به عنوان یکی از معیارهای مهم برای مقاومت به شوری به شمار می‌رود. در این آزمایش نیز کاربرد پتاسیم همراه با تیمارهای شوری تاثیر مثبتی را در صفات مورد مطالعه از خود نشان داد. و بیشترین تاثیر در تیمار ۳۰ میلی مولار کلرور سدیم حاصل شد. لذا با نتایج حاصل می‌توان اظهار داشت که پتاسیم موجب کاهش اثرات سوء سدیم در شرایط تنش شوری در گیاه دارویی گل مغربی می‌گردد. همچنین نتایج حاکی از این است که می‌توان گیاه گل مغربی را به عنوان یک گیاه نیمه مقاوم به شوری معرفی کرد.

منابع

1- Abid M., Qayyum A., Dasti A. A., and Abdilwajid R. 2001. Effect of salinity and SAR of irrigation water on yield, physiological growth parameters of Maize & properties of the soil. Journal Research. 12(1):26-33.
2- Apse M. P., and Blumwald E. 2002. Engineering salt tolerance in plant. Journal Biotechnology. 13: 146-150.
3- Asch F., Dingkuhn M., and Dorffling K. 2000. Salinity increases CO2 assimilation but reduces growth in field grown, irrigated rice. Plant and Soil. 218:1-10.
4- Ashraf M., and Orooj A. 2005. Salt stress effects on growth, ion accumulation and seed oil concentration in an arid zone traditional medicinal plant ajwain (*Trachyspermum ammi* L. Sprague). Department of Botany, University of Agriculture, Faisalabad 38040, Pakistan.
5- Ashraf M., Mukhtar N., Rehman S. and Rha E. S. 2004. Salt induced changes in photosynthetic activity and growth in a potential medicinal plant Bishop`s weed (*Ammi majus* L.). Photosynthetica. 42(4): 543-550.
6- Bernstein N., Kravchik M., and Dudai N. 2009. Salinity-induced changes in essential oil, pigments and salts accumulation in sweet basil (*Osimum basilicum*) in relation to alteration of morphological development. Annals Applied Biology. 156(2): 167-177.
7- Bhandal I.S., and Malik C.P. 1988. Potassium estimation, uptake, and its role in the physiology and metabolism of flowering plants. International Review of Cytology. 110: 205-254.
8- Cakmak I. 2005. The role of potassium in alleviating detrimental effects of abiotic stresses in plants. Plant Nutrition and Soil Science. 168: 521-530.
9- Chow W.S., Ball M.C., and Anderson J.M. 1990. Growth and photosynthetic responses of spinach to salinity implications of K+ nutrition for salt tolerance, Australian Journal of Plant Physiology., 17: 563 578.
10- Court W.A., Hendel J.G., and Pocs R. 1993. Determination of the fatty acids and oil content of evening primrose (*Oenothera biennis* L). Food Research. 26:181-186.
11- Cuin TA., Miller AJ., Laurie SA., and Leigh RA. 2003. Potassium activities in cell compartments of salt-grown barley leaves. Experiment Botany. 54: 657- 661.
12- De Araujo S.A.M., Silveira J.A.G., Almeida T.D., Rocha I.M.A., Morais D.L., and Viegas R.A. 2006. Salinity tolerance of halophyte (*Atriplex nummularia* L.) grown under increasing NaCl levels, Revista Brasileira de Engenharia Agricola e Ambiental, 10: 848-854.
13- Drazkiewicz M. 1994. Chlorophyllase: Occurance functions, mechanism of action, effects of external and internal factors. Photosynthesis, 30:321-331.
14- Fieldsend A.F., and Morison J.I.L. 2000 b. Contrasting growth and dry matter partitioning in winter and spring evening primrose crops (*Oenothera* spp.). Field Crops Research. 68:9-20.
15- Gramer G.R., Alberico G.J. and Schmidt C. 1994. Salt tolerance is not associated with the sodium accumulation of two maize hybrids. Australian. Journal Plant physiology. 21(5): 675-682.
16- Guo F.O., and Tang Z.C. 1999. Reduced Na+ and K+ permeability of K+ channel in plasma membrane isolated from roots of salt tolerant mutant of wheat, Chinese Science Bulletin, 44: 816-821.
17- Haghnia G.H. 2004. Plant tolerance to salinity. Mashhad university publishers.
18- Hall A.F. 2001.Crop responses to enviromental stresses. 232 p.
19- Hasni I., Ben Ahmed H., Bizid, E., Raies A., Samson G. and Zid E. 2009. Physiological characteristics of salt tolerance in fenugreek (*Trigonella foenum graecum* L.). The Proceedhngs of the International Plant Nutrition. Colloquim XVI, UC Davis.
20- Hejazi A., Shahroodi M., and Ardfroosh J. 2004. Analytical methods of plant. The first edition of Tehran University Press.
21- Hoseyni H., and Rezvani P. 2006. Salt and drought stress on the germination of *plantago ovate*. Crop Research Journal 4(1):15-25.
22- Hung I., and Redman R. E. 1995. Solute adjustment to salinity and calcium supply in cultivated and wild barley. Plant Nutrition. J. 18:1371-1389.
23- Jamil M., Lee D. B., Jung K. Y., Ashraf M., Lee S. C., and Rha E. S. 2006. Effect of salt (NaCl) stress on germination and early seedling growth of four vegetable species. Journal Central European Agriculture. 7: 273-282.
24- Kafi M., and Stowart D. 2001. The effects of salinity on growth and yield of nine cultivar of wheat. Journal of Agriculture Science and Technology. Vol 12. No 1.
25- Kaya C., Higgs D., and Kirnak H. 2001. The effects of high salinity (NaCl) and supplementary phosphorus and potassium on physiology and nutrition development of spinach. Bulgarian Journal Plant physiology. 27: 47-59.
26- Khoshgoftar A., and Siadat H. 2001. Mineral nutrition of vegetables and horticultural crops in salt condition. Publishing and agricultural training center. Karaj. Iran. 87 pp.

27- Marschner H. 1995. Mineral nutrition of higher plants. Academic Press. London. 889 pp.
28- Meybodi S., Ghareyazi B. 2002. Physiological and breeding aspects in salt stress in plants. Isfahan University Press.
29- Munns R., and Tester M. 2008. Mechanisms of salinity tolerance. Annual Review Plant Biology. 59: 651-681.
30- Najafi F., Khavari-Nejad R. A., and Siah Ali M. 2010. The effects of salt stress on physiological parameters in summer savory (*Satureja hortensis* L.) plant. Journal Stress Physiology Biochemistry. 6(1): 14-21.
31- Santa-Maria G. E., and Epstein E. 2001. Potassium/sodium selectivity in wheat and amphiploid cross wheat x *Lophopyrum elongatum*. Plant Science. 160: 523-534.
32- Schachtman D., and Munns R. 2002. Sodium accumulation in leaves of Triticum species that differ in salt tolerance. Australian Journal Plant physiology. 19(3):21,331-340.
33- Shen W., Nada K., and Tachibana S. 2000. Involvement of polyamines in the chilling tolerance of cucumber cultivars. Plant Physiology. 124: 431-439.
34- Spahn C., Blaha G., Stelzel U., Agrawal RK., Frank J., and Nierhause KH. 2000. Preparation of functional ribosomal complexes and effect of buffer conditions on tRNA positions observed by cry electron microscopy. Methods Enzymol. 317: 292-309.
35- Sultana N., Ikeda T. and Itoh R. 1999. Effec of NaCl salinity on photosynthesis and dry matter accumulation in developing rice grains. Environmental and Experimental Botany. 42: 211-220.
36- Tester M., and Davenport R. 2003. Na+ tolerance and Na+ transport in higher plants. Annals Botany. 91: 503-527.
37- Weimberg R., Lerner HR., and Poljakoff-Mayber A. 1982. A relationship between potassium and proline accumulation in salt-stressed *Sorghum bicolor*. Physiology Plantarum. 55: 5-10.
38- Wittenmayer L., and Merbach W. 2005. Plant responses to drought and phosphorus deficiency: Contribution of phytohormones in root-related processes. Journal Plant Nutrition Soil Science. 168(4): 531-540.
39- Zuccarini P. 2008. Effect of silicon on photosynthesis, water relations and nutrient uptake of *Phaseolus vulgaris* under NaCl stress, Biology Plantarum, 52(1): 157-160.