

تأثیر توأم آبیاری با آب شور و غلظت دی‌اکسیدکربن بر برخی خصوصیات مورفوفیزیولوژیک گیاه گل تکمه‌ای (*Gomphrena globosa* L.)

مریم کمالی^{*۱} - محمود شور^۲ - مرتضی گلدانی^۳ - یحیی سلاح‌ورزی^۴ - علی تهرانی‌فر^۵

تاریخ دریافت: ۸۹/۴/۱۲

تاریخ پذیرش: ۹۰/۷/۱۰

چکیده:

به منظور ارزیابی اثرات غلظت‌های مختلف دی‌اکسیدکربن و آبیاری با آب شور بر برخی صفات رشدی گیاه گل تکمه‌ای (*Gomphrena globosa* L.)، یک آزمایش اسپیلت پلات بر پایه طرح کامل تصادفی با سه تکرار در گلخانه دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد انجام شد. تیمارها شامل سه غلظت دی‌اکسیدکربن (۳۸۰ (شاهد)، ۷۰۰ و ۱۰۵۰ پی‌پی‌ام) و سه سطح شوری (۰ (بدون شوری)، ۱۵۰ و ۳۰۰ میلی‌مولار کلریدسدیم) بود. نتایج نشان داد که با افزایش شوری تمام صفات اندازه‌گیری شده کاهش معنی داری داشته است، به‌طوری‌که کمترین میزان صفات اندازه‌گیری شده در غلظت ۳۰۰ میلی‌مولار کلریدسدیم به دست آمد. افزایش غلظت دی‌اکسیدکربن باعث اختلاف معنی دار در صفاتی نظیر وزن خشک اندام هوایی، سطح برگ و ارتفاع گیاه گردید. بر همکنش شوری و دی‌اکسید کربن نیز در صفات وزن خشک ریشه، تعداد برگ، سطح برگ، ارتفاع گیاه و تعداد گل در سطح احتمال ۱٪ و در وزن خشک اندام هوایی در سطح احتمال ۵٪ معنی دار شد. بدین ترتیب در تیمار شاهد (صفر میلی‌مولار کلرید سدیم)، با افزایش دی‌اکسید کربن تا ۷۰۰ پی پی ام، وزن خشک اندام هوایی، تعداد گل و تعداد برگ به ترتیب برابر ۱۹، ۱۳ و ۱۳ درصد نسبت به تیمار ۳۸۰ پی‌پی‌ام افزایش پیدا کرد و ارتفاع گیاه در غلظت ۱۰۵۰ پی‌پی‌ام دی‌اکسیدکربن نسبت به شاهد دی‌اکسیدکربن برابر ۲۶ درصد افزایش یافت. نتایج نشان داد افزایش غلظت دی‌اکسیدکربن باعث کاهش اثرات سوء شوری شده است، به طوری که گیاه زینتی گل تکمه‌ای در غلظت ۷۰۰ پی‌پی‌ام دی‌اکسیدکربن عکس‌العمل بهتری را نسبت به شوری نشان داد.

واژه‌های کلیدی: ارتفاع ساقه، تعداد برگ، تعداد گل، سطح برگ، وزن خشک اندام هوایی

مقدمه

گل برای درمان دیابت و سرفه استفاده می‌شود و لذا جنبه دارویی نیز دارد. متحمل به خشکی و گرم‌است. به عنوان گیاه فصلی در باغ سنگ‌ها و طراحی باغ و پارک استفاده می‌شود. به خاطر گل‌های خشکی که دارد به عنوان گیاه شاخه بریده نیز قابل استفاده است. در ایران وسعت اراضی شور در حدود ۱۵/۲ درصد از وسعت کل ایران یا در حدود ۲۵ میلیون هکتار از اراضی کشور می‌باشد که این اراضی در نتیجه شوری، بایر و بلااستفاده مانده است (۱). ایران دارای اقلیم گرم و خشک بوده و مجموع خاک‌های شور و سدیمی در آن حدود ۲۷ میلیون هکتار تخمین زده شده است که این رقم شامل بیش از نیمی از زمین‌های قابل کشت می‌باشد (۴). همچنین ۱۲ درصد از آب‌های سطحی کشور در ردیف آب‌های شور (بیش از ۲۲۵۰ میلی‌زیمنس بر سانتی‌متر) در رودخانه‌های کشور جاری می‌باشد. ضمن اینکه دریاچه‌های آب شور داخلی و آب‌های شور شمال و جنوب کشور نیز از قابلیت‌های آبی آینده کشور محسوب می‌شوند (۳). چگونگی

گیاه گل تکمه‌ای با نام علمی *Gomphrena globosa* L. گیاهی چهار کربنه از خانواده تاج خروس^۱ است. برگ‌ها کشیده و کرک‌دار بوده و دارای گل‌هایی به شکل تکمه می‌باشد. بعضی از انواع گل تکمه‌ای می‌توانند سطوح بالای شوری را تحمل کنند (۱۴). این گیاه بومی برزیل، پاناما و گوآتمالا است. در بعضی کشورها جوشانده

۱، ۲ و ۵ - به ترتیب دانشجوی کارشناسی ارشد، استادیار و دانشیار گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد

* - نویسنده مسئول: (Email: m.kamali57@yahoo.com)

۳ - استادیار گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد

۴ - مربی پژوهشی مرکز تحقیقات انار دانشگاه فردوسی مشهد

شدن تولید محصولات زراعی داشته است. رشد درختان جنگلی و یا رشد مجدد آن‌ها نیز از روند مشابهی برخوردار بوده است (۶). شواهد مختلف حاکی از آن است که غلظت دی‌اکسیدکربن اتمسفر از حدود ۲۸۰ پی‌پی‌ام قبل از انقلاب صنعتی به حدود ۳۶۰ پی‌پی‌ام در حال حاضر افزایش یافته است (۲۵) و همچنان رو به افزایش است. تأمین دی‌اکسیدکربن کافی در گلخانه‌ها منجر به افزایش رشد، عملکرد و کیفیت بسیاری محصولات باغبانی شده است (۲۰ و ۳۲).

چنگ و همکاران (۱۵)، نشان دادند که غلظت ۶۸۰ پی‌پی‌ام دی‌اکسیدکربن همراه با دمای شبانه ۳۲ درجه سانتی‌گراد باعث افزایش وزن خشک و عملکرد برنج می‌شود. در مطالعه‌ای دیگر، افزایش غلظت دی‌اکسیدکربن به میزان ۷۰۰ تا ۱۴۰۰ پی‌پی‌ام سبب افزایش تولید گل‌های زینتی رعنا زیبا، جعفری و ابری شد (۲). همچنین افزایش دی‌اکسیدکربن منجر به افزایش عملکرد در برخی ارقام رز، کالانکوا (۳۳)، گوجه‌فرنگی (۳۹)، گل استکانی و بنفشه آفریقایی (۳۴) شده است. افزایش رشد و تولید در بسیاری از گیاهان که تحت شرایط دی‌اکسیدکربن بالا رشد یافتند و با آب شور آبیاری شدند مشاهده شده است (۱۶، ۱۸ و ۳۸).

در مورد گیاهان چهارکربنه و پاسخ سازوکار فتوسنتزی به افزایش غلظت دی‌اکسیدکربن و شرایط نامساعد محیطی تحقیقات کمی صورت گرفته است (۲۹). گیاهان با مسیر فتوسنتزی C_4 نیز ممکن است با افزایش دی‌اکسیدکربن، افزایش فتوسنتز و در نتیجه افزایش رشد در شرایط تنش داشته باشند (۲۷). پورتر (۴۱)، گزارش کرد افزایش دی‌اکسیدکربن محیط در بعضی گیاهان چهارکربنه، به طور معنی‌دار فتوسنتز و صفات رشدی را افزایش می‌دهد. افزایش دی‌اکسیدکربن در علف هرز چهارکربنه *Amaranthus retroflexus* منجر به افزایش ۲۵ درصدی بیومس شد (۴۸). در گیاه زراعی *Amaranthus Hypochondriacus* نیز افزایش دی‌اکسیدکربن محیط تا دو برابر، وزن خشک و سطح برگ هر بوته را افزایش داد (۴۸).

بررسی اثر متقابل غنی‌سازی با گاز دی‌اکسیدکربن و تنش شوری در گیاه پپینو نشان داد افزایش دی‌اکسیدکربن میزان کلروفیل a، b، کلروفیل کل و همچنین میزان هدایت‌روزنه‌ای و تعرق را کاهش داده است (۱۴).

اگرچه تاثیر تنش شوری و برهمکنش شوری و دی‌اکسیدکربن در بسیاری محصولات گزارش شده است ولی در گیاهان زینتی این مطالعات بسیار ناچیز و اندک است. بدین منظور آزمایش حاضر با هدف بررسی شوری و دی‌اکسیدکربن بر برخی صفات مورفوفیزیولوژیکی گل تکمه‌ای انجام شد.

بهره‌برداری از منابع آب و خاک در وضعیت فعلی جهان و ادامه آن دورنمای نگران‌کننده‌ای را برای قرن آینده مطرح می‌نماید. کمبود منابع آب با کیفیت مناسب و توسعه شوری امری اجتناب‌ناپذیر است (۳).

تنش شوری می‌تواند بر فرایندهای فیزیولوژیک گیاه مؤثر باشد. فتوسنتز که یک مسیر کلیدی در فیزیولوژی گیاهان است به شدت تحت تاثیر شوری قرار می‌گیرد. آسزیک اسید تولید شده در واکنش به شوری سبب بسته شدن روزنه‌ها شده و ورود دی‌اکسیدکربن به گیاه را محدود می‌کند (۳۰). افزایش شوری از ۱/۸ به ۶ دسی‌زیمنس بر متر^۱ وزن ساقه و تعداد گل در هر گل آذین را در گل لیسسیانتوس^۲ افزایش داد (۴۵). شوری منجر به کاهش تعداد برگ و وزن ریشه در دو گیاه زینتی هیپستروم^۳ و اورنیتاگالوم^۴ شد (۴۵). شیلو و همکاران (۴۵)، گزارش کردند افزایش شوری از ۱/۸ به ۴ دسی‌زیمنس بر متر منجر به کاهش ارتفاع ساقه گیاه لیمونیوم می‌شود. فرانکوئیس و همکاران (۲۳)، نشان دادند که با افزایش سطوح شوری ارتفاع گیاه، قطر ساقه و میزان ماده خشک و به طور کلی رشد رویشی ساقه گیاه کنف کاهش می‌یابد. کاتریج و همکاران (۲۴)، گزارش کردند که شوری بر روی هدایت روزنه‌ای، سطح برگ و میزان وزن خشک گیاه آفتابگردان و ذرت مؤثر است. دودک و همکاران (۱۹)، به این نتیجه رسیدند که رشد قسمت هوایی چمن آفریقایی با افزایش میزان کلرید سدیم کاهش یافته، در حالیکه رشد قسمت زیر زمینی افزایش می‌یابد. نجفی و میرمعصومی (۵)، گزارش کردند که با افزایش غلظت نمک وزن خشک گیاه، میزان سطح برگ و کلروفیل گیاه سویا کاهش معنی‌داری پیدا می‌کند. بیان شده است در صورت تأمین کربوهیدرات کافی در برگ، کاهش رشد در نتیجه تنش شوری مشاهده نمی‌شود (۳۷).

از طرفی تیمارهایی نظیر افزایش دی‌اکسیدکربن که منجر به افزایش فتوسنتز و میزان کربوهیدرات می‌گردد (۳۶)، می‌تواند رشد را در شرایط شوری بهبود بخشد. به عبارتی اثرات ناشی از غنی‌سازی با دی‌اکسیدکربن می‌تواند در نتیجه تنش شوری تحت تاثیر قرار گیرد (۱۴). دی‌اکسیدکربن مانند نور، درجه حرارت مناسب، آب و عناصر غذایی، یکی از مواد غذایی ضروری مورد نیاز گیاهان می‌باشد که در حال حاضر مقدار آن کمتر از نیاز گیاهان است. غلظت‌های بیشتر گاز کربنیک اتمسفر که خود ناشی از افزایش استفاده از سوخت‌های فسیلی، سوزاندن جنگل‌ها و مواد آلی می‌باشد، می‌تواند اثر مثبتی بر کارایی فتوسنتز داشته باشد (۶). افزایش دی‌اکسیدکربن در اتمسفر زمین در صد سال گذشته سهمی معادل ۱۰ تا ۲۰ درصد در دو برابر

1- ds/m

2- *Eustoma grandiflorum* (Lisiamthus)3- *Hippeastrum hybridum*4- *Ornithogalum arabicum*

مواد و روش‌ها

این پژوهش در قالب اسپیلت پلات بر پایه طرح کامل تصادفی در بهار و تابستان ۱۳۸۹ در گلخانه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد به اجرا در آمد. تیمارهای آزمایش شامل سه سطح دی‌اکسیدکربن (۳۸۰ پی‌پی‌ام به عنوان شاهد، ۷۰۰ پی‌پی‌ام و ۱۰۵۰ پی‌پی‌ام) و سه سطح تنش شوری (۰ میلی‌مولار (شاهد)، ۱۵۰ میلی‌مولار (تنش متوسط)، ۳۰۰ میلی‌مولار (تنش شدید) کلریدسدیم) و سه تکرار بود. خاک گلدان ترکیبی از خاک زراعی، ماسه، کود حیوانی و خاکبرگ به نسبت ۴:۲:۱ بود. بذرها ابتدا داخل سینی‌های حاوی کوکوپیت، کشت شدند و در مرحله حدود چهار برگی به گلدان‌هایی با قطر دهانه ۲۰ و ارتفاع ۱۸ سانتی‌متر منتقل شدند. پس از استقرار گیاهان در گلدان‌ها تیمارهای آزمایشی اعمال شدند. بدین ترتیب گیاهان مجموعاً به مدت ۸۰ روز تحت تیمار دی‌اکسیدکربن قرار گرفتند و همزمان با آب شور آبیاری شدند. دمای محیط آزمایش حدود ۳۳ درجه سانتی‌گراد در طول روز و ۱۸ درجه سانتی‌گراد در شب با رطوبت نسبی حدود ۷۰ درصد تنظیم شد.

اعمال تیمار دی‌اکسیدکربن: تیمارهای مختلف دی‌اکسیدکربن در زیر پلاستیک به صورت جداگانه طراحی و غلظت دی‌اکسیدکربن توسط سیستم زمان‌سنج با دستگاه دی‌اکسید متر پرتابل با توجه به حجم گاز دی‌اکسیدکربن داخل اتاقک‌ها کنترل شد. این سیستم به‌طور اتوماتیک عمل کرده و با استفاده از یک سلول نوری در شب خاموش و با افزایش شدت نور در روز روشن می‌شود. لذا با استفاده از زمان‌سنج‌های تعبیه شده در جعبه فرمان و نیز حجم اتاقک‌های رشد، غلظت‌های مختلف دی‌اکسیدکربن، به اتاقک‌ها تزریق می‌شد. به منظور کنترل میزان دی‌اکسیدکربن، در اتاقک‌های رشد کالیبراسیون سیستم مذکور به صورت روزانه توسط دستگاه پرتابل اندازه‌گیری دی‌اکسیدکربن (مدل AZ77535) انجام پذیرفت.

اعمال تنش شوری: گیاهان پس از استقرار داخل گلدان و همزمان با اعمال تیمار دی‌اکسیدکربن در مرحله حدود شش برگی تحت تنش شوری قرار گرفتند و با آب حاوی مقادیر متفاوت از نمک کلرید سدیم با غلظت‌های صفر، ۱۵۰ و ۳۰۰ میلی‌مولار، آبیاری شدند.

صفات ارزیابی شده: در پایان آزمایش و پس از مشاهده علائم ناشی از تنش در برگ‌ها، صفات مورفولوژیک گیاه شامل تعداد برگ، ارتفاع بوته، تعداد گل و تعداد شاخه فرعی اندازه‌گیری شد. پس از شستشوی ریشه‌ها، حجم ریشه توسط استوانه مدرج و بر اساس میزان افزایش حجم آب نسبت به حالت اولیه بر حسب سانتی‌متر مکعب اندازه‌گیری گردید. سپس ریشه و اندام هوایی گیاه جهت اندازه‌گیری وزن خشک به مدت ۴۸ ساعت در دمای ۷۵ درجه سانتی‌گراد به‌آون منتقل شدند. قطر ساقه گیاه با استفاده از کولیس و سطح برگ توسط

جدول ۱- میانگین مربعات حاصل از تجزیه واریانس برخی صفات مورفولوژیک گل‌تکمه‌ای

منابع تغییر	درجه آزادی	وزن خشک	وزن ریشه	میزان کلروفیل	تعداد شاخه فرعی	تعداد برگ	سطح برگ	ارتفاع گیاه	قطر ساقه	هدایت روزنه‌ای	تعداد گل	طول ریشه	حجم ریشه
دی‌اکسیدکربن	۲	۱/۳۳*	۰/۰۰۶*	۱۲/۶۸*	۱/۵۹*	۶۷۸/۰۳**	۳۳۹۵/۳**	۸۹/۰۴**	۰/۷۳**	۷۴/۱۱**	۱۱/۰۸ ^{NS}	۷/۷۴ ^{NS}	۱/۳۸*
خطا	۶	۰/۰۵	۰/۰۰۰۶	۲/۲۸	۰/۲۲	۳۴/۵۹	۴۴۴/۰۰۷	۲/۶۲	۰/۰۵	۵/۹۹	۴/۵۸	۱۰/۸۷۷	۰/۱۶
تنش شوری	۲	۴۸/۶۵**	۰/۹۲۸**	۷۹/۹۸**	۶۷/۱۴**	۶۴۳۷/۱۵**	۸۳۰۹۲۸**	۵۳۰/۴۹**	۳۲/۸۹**	۴۰۷/۳۳**	۳۳۵/۳۶**	۲۲۶/۴۴**	۴۵/۸۶*
دی‌اکسیدکربن × تنش شوری	۴	۰/۱۲*	۰/۰۱۲*	۶/۵۹ ^{NS}	۱/۲۵ ^{NS}	۲۶۱/۶۴**	۹۳۲۸/۹۴**	۱۷/۲۸**	۰/۲۷ ^{NS}	۳۴/۱۶ ^{NS}	۱۲/۴۸*	۳۰/۸۹ ^{NS}	۰/۴۹ ^{NS}
خطا	۱۲	۰/۰۳	۰/۰۰۱۶	۳/۴۷	۰/۷۲	۱۴/۶۴	۱۰۳۳/۹۸	۲/۷۸	۰/۴۹	۱۰/۹۵	۱/۴۴	۲۰/۷۰	۰/۲۵

* و **: به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۱ و ۵ درصد و ^{NS} بیانگر عدم اختلاف معنی‌دار می‌باشد.

دریافت می‌کند، صرف مقابله با تنش شوری می‌نماید.

دستگاه سطح برگ-سنج (Model Li-Cor - 1300, USA)، هدایت روزنه‌ای با استفاده از پرومتر^۱ و میزان کلروفیل توسط اسپد^۲ اندازه‌گیری شد.

آنالیز آماری: آنالیز آماری داده‌های این پژوهش توسط نرم‌افزارهای MSTATC و EXCEL و کلیه مقایسات میانگین‌ها توسط آزمون LSD در سطح احتمال ۵٪ انجام گردید.

نتایج و بحث

وزن خشک اندام هوایی و ریشه

اختلاف وزن خشک اندام هوایی و ریشه در بین غلظت‌های متفاوت دی‌اکسیدکربن به ترتیب در سطح احتمال ۱ و ۵٪ و بین سطوح مختلف شوری در سطح ۱٪ معنی دار بود. از سوی دیگر برهمکنش شوری و دی‌اکسیدکربن نیز بر مقادیر وزن خشک بخش هوایی و ریشه به ترتیب در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد معنی دار شد (جدول ۱). با افزایش غلظت دی‌اکسیدکربن وزن خشک (ریشه و اندام هوایی) افزوده شد. ولی با اعمال تنش شوری به سرعت از مقادیر این صفات کم شد. به طوری که در تیمار شوری ۳۰۰ mM، وزن خشک اندام هوایی و ریشه در مقایسه با شاهد به ترتیب ۷۵/۶ و ۷۵/۹ درصد کاهش یافت (جدول ۲). بر این اساس میانگین وزن خشک اندام هوایی گیاهانی که در بالاترین سطح دی‌اکسیدکربن (۱۰۵۰ پی‌پی‌ام) قرار داشتند ۱۸/۱۴ درصد و وزن خشک ریشه در سطح ۷۰۰ پی‌پی‌ام ۷ درصد نسبت به تیمار شاهد افزایش نشان داد (جدول ۲). همچنین بررسی اثر متقابل دی‌اکسیدکربن و شوری نشان داد بیشترین وزن خشک اندام هوایی و ریشه در پایین‌ترین سطح شوری و در غلظت ۷۰۰ پی‌پی‌ام دی‌اکسیدکربن برای اندام هوایی و غلظت‌های ۳۸۰ و ۷۰۰ پی‌پی‌ام دی‌اکسیدکربن برای ریشه حاصل شد (شکل‌های ۱ و ۲). ذخیره انرژی متابولیکی ممکن است اساس کاهش رشد گیاه در شرایط شور باشد. یکی از شاخص‌های مؤثر در تحمل به شوری گیاهان، تنظیم اسمزی سلول و حفظ آماس سلولی است که با ساخت مواد آلی نظیر بتائین، گلابسین، پرولین، سوربیتول و مانیتول انجام می‌شود. در این شرایط انرژی لازم برای تنظیم یونی و اسمزی بیشتر شده و انرژی رشد کاهش می‌یابد (۱۱). از طرفی ریشه وظیفه جذب مواد غذایی و آب را به‌عهده دارد و تنش شوری عمدتاً از ناحیه ریشه به گیاه وارد می‌شود. بنابراین ریشه اولین اندامی است که با تنش شوری مواجه می‌شود و با توجه به تنظیم اسمزی و مکانیزم‌های اجتنابی که در جهت کاهش اثر شوری انجام می‌دهد (۱۲)، مقدار زیادی از انرژی که از اندام‌های هوایی جهت رشد خود

جدول ۲- مقایسه میانگین اثرات ساده دی‌اکسیدکربن و شوری بر صفات مورفوفیزیولوژیک گل تکم‌های

حجم ریشه (cm ³)	طول ریشه (cm)	تعداد گل	هدایت روزنه‌ای (mmol/m ² .s)	قطر ساقه (cm)	ارتفاع گیاه (cm)	سطح برگ (cm ²)	تعداد برگ	تعداد شاخه فرعی	میزان کلروفیل	وزن خشک ریشه (g/plant)	وزن خشک اندام هوایی (g/plant)	تیمار
۷/۵۲ b	۲۸/۶۲ a	۶/۵۵ a	۷/۲۲ b	۲/۸۹ b	۱۵/۷۵ b	۲۹۷/۰۹۷ b	۵۰/۳۳ b	۲/۱۱ b	۳۷/۹۱ b	۰/۴۶۸ b	۲/۵۹ c	۳۰۰
۳/۱۶ a	۳۹/۵۲ a	۸/۲۸ a	۱۲/۴۰ a	۴/۴۰ a	۱۷/۶۱ b	۳۷۷/۲۳۳ a	۶۴/۳۳ a	۳/۸۸ a	۳۷/۹۵ b	۰/۵۰۲ a	۳/۳۲ a	۷۰۰
۷/۴۵ b	۳۷/۶۶ a	۶/۲۸ a	۱۱/۹۵ a	۴/۳۲ a	۳۱/۸۸ a	۲۵۸/۶۰۸ c	۴۸/۴۴ b	۳/۷۷ a	۳۹/۹۸ a	۰/۴۵۱ b	۳/۰۶ b	۱۰۵۰
۵/۲۷ a	۳۳/۱۱ a	۱۲/۶۱ a	۱۸/۱۰ a	۴/۹۷ a	۲۶/۶۱ a	۶۵۶/۵۹۸ a	۸۱/۲۲ a	۶/۳۴ a	۳۱/۶۲ a	۰/۸۳۰ a	۵/۶۷ a	۰
۱/۸۴ b	۳۹/۵۰ a	۶/۲۲ b	۸/۲۳ b	۲/۹۳ b	۱۷/۲۵ b	۱۹۰/۴۶۶ b	۵۴/۱۱ b	۵/۲۳۳	۲۸/۴۱ b	۰/۳۸۴ b	۱/۹۷ b	۱۵۰
۱/۰۲ c	۳۳/۲۰ b	۲/۵۰ c	۵/۲۴ b	۲/۷۶ b	۱۱/۳۸ c	۸۵/۸۶۴ c	۳۷/۷۷ c	۱ c	۲۵/۸۲ c	۰/۲۰۷ c	۱/۳۸ c	۳۰۰

میانگین‌هایی که در هر ستون دارای حروف مشترک می‌باشند، مطابق آزمون LSD ($p < 0.05$) اختلاف معنی‌داری ندارند.

1- Prometer
2- Spad

همکاران (۱۴)، در مطالعات خود بر روی گیاه پپینو^۲ گزارش کردند افزایش شوری و دی‌اکسیدکربن به طور هم‌زمان منجر به کاهش مقادیر کلروفیل می‌شود.

تعداد شاخه فرعی

اثر ساده غلظت دی‌اکسیدکربن و شوری بر تعداد شاخه فرعی گیاهان مورد آزمایش معنی‌دار بود (جدول ۱). به‌نحوی که کمترین تعداد شاخه فرعی، مربوط به سطح شوری ۳۰۰ میلی‌مولار برای هر گیاه بود (جدول ۲). همچنین با افزایش غلظت دی‌اکسیدکربن تا ۱۰۵۰ پی‌پی‌ام، بر میانگین تعداد شاخه فرعی افزوده شد. به‌نحوی که در سطوح ۷۰۰ و ۱۰۵۰ پی‌پی‌ام دی‌اکسیدکربن به‌طور میانگین به‌ترتیب ۳/۹ و ۳/۸ شاخه فرعی وجود داشت. مهم‌ترین اثرات ظاهری گیاه به تنش شوری کاهش رشد است. در این شرایط انرژی لازم برای تنظیم یونی و اسمزی زیاده‌تر شده و رشد گیاه کاهش می‌یابد (۲۶). این کاهش رشد می‌تواند در اندام‌های هوایی و در ظهور شاخه‌های جانبی نمایان شود. در بین اندام‌های هوایی، ساقه‌ها و ساختارهای حمایت‌کننده گیاه در مقایسه با برگ‌ها سهم بیشتری از مواد فتوسنتزی خواهند برد. اگرچه این پدیده ممکن است واکنش ذاتی به افزایش دی‌اکسیدکربن نباشد ولی احتمالاً ناشی از افزایش جثه گیاهان است که غالباً در شرایط غنی سازی دی‌اکسیدکربن اتمسفر به‌خصوص در گیاهانی که شاخه‌های فرعی تولید می‌کنند، مشاهده می‌شود (۹).

تعداد برگ، سطح برگ، ارتفاع گیاه و قطر ساقه

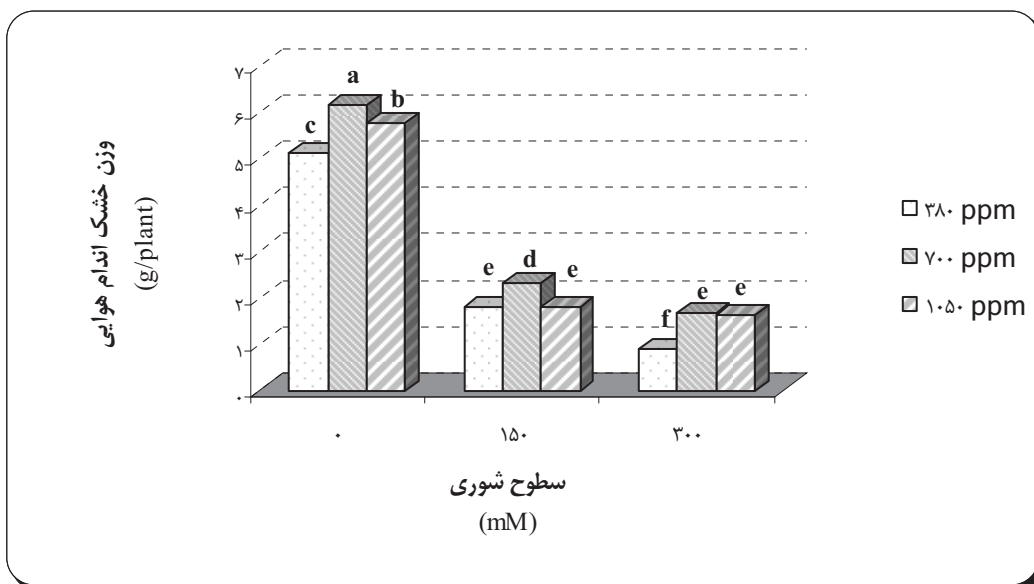
بر اساس نتایج حاصل از جدول تجزیه واریانس اختلاف بین سطوح شوری، دی‌اکسیدکربن و همچنین اثر متقابل شوری و دی‌اکسیدکربن بر صفات تعداد برگ، سطح برگ و ارتفاع گیاه در سطح خطای احتمال ۱٪ معنی‌دار بود (جدول ۱). با افزایش سطوح شوری به‌تدریج از میانگین صفات فوق کم شد و در تنش شوری ۳۰۰ میلی‌مولار به کمترین مقدار خود رسید (جدول ۲). به‌طوری که این میزان برای تعداد برگ ۲۸ و برای دو صفت سطح برگ و ارتفاع گیاه به‌ترتیب ۷۹ و ۱۱/۵ سانتی‌متر بود. بررسی اثر ساده دی‌اکسیدکربن نیز نشان داد که افزایش غلظت دی‌اکسیدکربن تا ۷۰۰ پی‌پی‌ام منجر به افزایش میانگین تعداد و سطح برگ و افزایش غلظت آن تا ۱۰۵۰ پی‌پی‌ام باعث افزایش ارتفاع گیاه نسبت به شاهد دی‌اکسیدکربن (۳۸۰ پی‌پی‌ام) شد. همچنین برهمکنش دو تیمار مورد بررسی نشان داد که بیشترین تعداد برگ در تیمار ۷۰۰ پی‌پی‌ام دی‌اکسیدکربن و شاهد شوری با میانگین ۹۴ برگ در هر بوته می‌باشد (جدول ۳).

این عمل باعث کاهش کارایی ریشه در جذب عناصر غذایی و آب برا سایر اندام‌ها می‌شود و مجموع این عوامل ممکن است کاهش وزن ریشه را به‌دنبال داشته باشد.

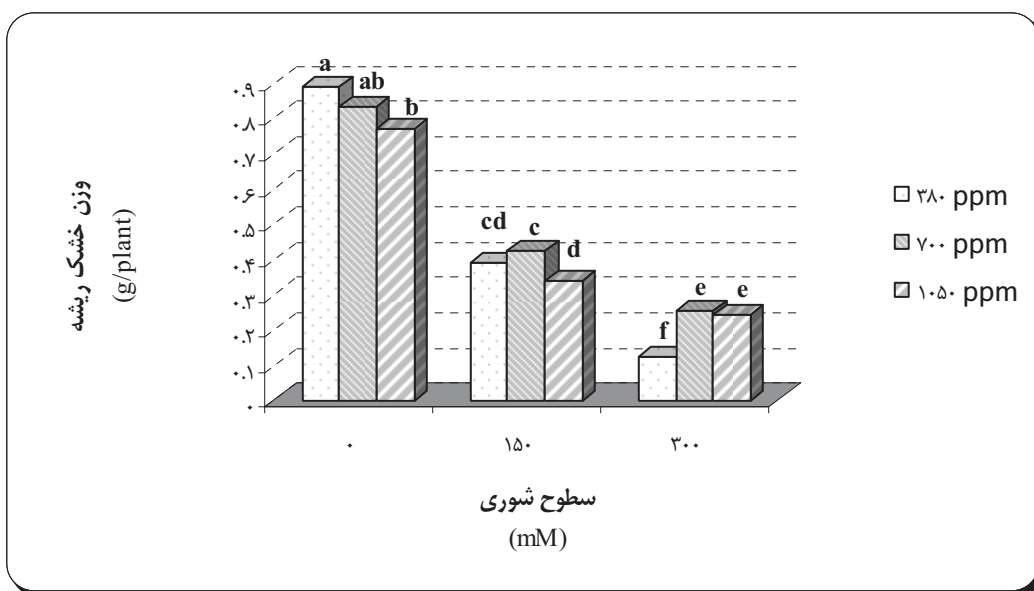
برهمکنش دو عامل دی‌اکسیدکربن و شوری در گیاه چهارکربنه *Spartina densiflora* نیز نشان داد بیشترین وزن خشک بوته در غلظت ۷۰۰ پی‌پی‌ام دی‌اکسیدکربن نسبت به غلظت ۳۸۰ پی‌پی‌ام و در پایین‌ترین غلظت‌های شوری استفاده شده یعنی صفر و ۱۷۱ میلی‌مولار کلریدسدیم می‌باشد (۲۱). پورتر (۴۱)، گزارش کرد در نتیجه افزایش دی‌اکسیدکربن میزان رشد تا ۲۲ درصد در گیاهان چهارکربنه افزایش می‌یابد. در گیاه سه‌کربنه کالانکوهه غلظت ۹۰۰ پی‌پی‌ام دی‌اکسیدکربن سبب افزایش وزن خشک گیاه گردید (۳۳). همچنین مورتنسن و مو (۳۵)، نشان دادند کاربرد دی‌اکسیدکربن در غلظت‌های ۱۰۰۰ تا ۱۶۰۰ پی‌پی‌ام سبب افزایش وزن خشک بین ۲۷ تا ۶۰٪ در قلمه‌های گیاه داودی شد.

میزان کلروفیل

نتایج نشان داد که اثرات ساده شوری و دی‌اکسیدکربن بر میزان کلروفیل به‌ترتیب در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد معنی‌دار بود (جدول ۱). با افزایش شوری، میزان کلروفیل کاهش یافت (جدول ۲)، به‌طوری که آبیاری با آب حاوی ۳۰۰ میلی‌مولار کلریدسدیم میزان کلروفیل را نسبت به شاهد ۱۸ درصد کاهش داد. از طرفی افزایش غلظت دی‌اکسیدکربن منجر به افزایش میانگین مقادیر این صفت شد، به‌طوری‌که میزان کلروفیل از ۲۷/۹ در تیمار شاهد دی‌اکسیدکربن به ۲۹/۹ در تیمار ۱۰۵۰ پی‌پی‌ام رسید. کاهش میزان کلروفیل در اثر شوری می‌تواند به دلیل کاهش ساخت آن و یا افزایش تجزیه آن باشد. سانتوز (۴۲)، گزارش کرد که در روزهای اولیه پس از تنش شوری فعالیت آنزیم کلروفیل‌از که سبب تجزیه کلروفیل می‌شود افزایش می‌یابد، ولی با گذشت زمان و در غلظت‌های بالاتر نمک، کاهش ساخت کلروفیل، دلیل اصلی کاهش میزان آن است. زیرا شوری زیاد مانع تشکیل ALA^۱ می‌شود. ALA پیش‌ماده پروتو کلروفیل است که در معرض نور تبدیل به کلروفیل می‌شود. این در حالی است که برهمکنش دو عامل دی‌اکسیدکربن و شوری در گیاه چهارکربنه *Spartina densiflora* نشان داد با افزایش شوری تا ۵۱۰ میلی‌مولار در هر دو سطح دی‌اکسیدکربن استفاده شده (۳۸۰ و ۷۰۰ پی‌پی‌ام) میزان رنگدانه‌های فتوسنتزی افزایش می‌یابد (۲۱). برهمکنش شوری و دی‌اکسیدکربن در طالبی (۳۱)، نشان داده است محتوای کلروفیل با افزایش دی‌اکسیدکربن از ۴۰۰ به ۸۰۰ پی‌پی‌ام افزایش یافته و از طرفی افزایش شوری تا ۵۰ میلی‌مولار منجر به کاهش مقادیر این صفت شده است. این در حالی است که چن و



شکل ۱- اثر متقابل غلظت‌های متفاوت دی‌اکسیدکربن و سطوح شوری بر وزن خشک اندام هوایی



شکل ۲- اثر متقابل غلظت‌های متفاوت دی‌اکسیدکربن و سطوح شوری بر وزن خشک ریشه

خطای ۱٪ معنی‌دار شد (جدول ۱). از طرفی تنش شوری نیز بر میانگین مقادیر قطر ساقه تأثیر داشت ($p < 0.01$)، این درحالی است که برهمکنش این دو تیمار تأثیر معنی‌داری بر صفت قطر ساقه نگذاشت. بر این اساس با افزایش سطوح شوری از ۰ به ۱۵۰ میلی‌مولار، قطر ساقه ۲۰ درصد کاهش یافت. در شرایط تنش، گیاه با کاهش تعداد و یا کوچک‌تر کردن برگ، سطح فتوسنتز کننده خود را کاهش می‌دهد و متعاقب کاهش سطح برگ، ظرفیت فتوسنتزی گیاه کاهش می‌یابد. شلدارک و همکاران (۴۴)، بیان کردند که کاهش

در تیمار شاهد شوری مؤثرترین غلظت‌های دی‌اکسیدکربن استفاده شده بر میانگین سطح برگ دو غلظت ۳۸۰ و ۷۰۰ پی‌پی‌ام بود و کمترین میزان سطح برگ در بالاترین سطح شوری و تیمار ۳۸۰ پی‌پی‌ام دی‌اکسیدکربن مشاهده شد. همچنین بیشترین ارتفاع گیاه در شرایط آبیاری با آب معمولی و بیشترین غلظت دی‌اکسیدکربن (۱۰۵۰ پی‌پی‌ام)، ۳۱ سانتی‌متر بود. در ارتباط با صفت قطر ساقه نیز یافته‌های این تحقیق نشان داد که افزایش دی‌اکسیدکربن میانگین قطر ساقه را افزایش داد، به‌طوری‌که این میزان در سطح احتمال

شوری منجر به افزایش هدایت‌روزنه‌ای شده است (۳۱). ماوروگیانوپولوس و همکاران (۳۱)، این امر را به دمای برگ در زمان اندازه‌گیری هدایت‌روزنه‌ای و میزان تبخیر از سطح برگ نسبت داده‌اند. با افزایش غلظت دی‌اکسیدکربن از ۷۰۰ به ۱۰۵۰ پی‌پی‌ام هدایت‌روزنه‌ای کاهش یافت. اگرچه این کاهش معنی‌دار نبود اما این امر را می‌توان به عکس‌العمل‌روزنه‌ها در برابر دی‌اکسیدکربن نسبت داد که موجب افزایش راندمان مصرف آب می‌گردد. روزنه‌ها به عنوان مانعی اصلی بر سر راه انتقال گاز بین برگ و هوای اطراف محسوب می‌شوند. از این رو هرگونه تغییری در مقاومت‌روزنه‌ها نسبت به تبادل گاز، بر ورود دی‌اکسیدکربن تأثیر می‌گذارد. بنابراین واکنش روزنه‌ها به افزایش غلظت دی‌اکسیدکربن به صورت بسته شدن جزئی می‌گردد (۴۷). زاسکا و بونسه (۴۸)، گزارش کردند با دو برابر شدن دی‌اکسیدکربن محیط، میزان هدایت‌روزنه‌ای گیاهان چهارکربنه ذرت و سورگوم تقریباً ۵۰ درصد کاهش یافت.

تعداد گل

اثر سطوح مختلف شوری و بر همکنش آن با دی‌اکسیدکربن بر تعداد گل در سطح احتمال ۱٪ معنی‌دار بود (جدول ۱)، به‌طوری که شوری منجر به کاهش میانگین تعداد گل شد. حال آنکه بین غلظت‌های متفاوت دی‌اکسیدکربن از نظر این صفت اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد. بر همکنش شوری و دی‌اکسیدکربن نیز نشان داد بیشترین تعداد گل در غلظت ۷۰۰ پی‌پی‌ام دی‌اکسیدکربن و صفر میلی‌مولار کلریدسدیم و کمترین تعداد گل در همه غلظت‌های دی‌اکسیدکربن در شوری ۳۰۰ میلی‌مولار به‌دست آمد (جدول ۳). در ارتباط با گیاهان زینتی، مهم‌ترین صفت زینتی میزان گلدهی گیاه می‌باشد. بنابراین لازم است گیاه طی یک دوره طولانی گلدهی داشته باشد. به طور معمول در برابر تنش‌های مختلف، گلدهی گیاه، به منظور حفظ آسیمیلایون و ذخیره ترکیبات غذایی، کاهش می‌یابد (۱۰). اگرچه اثر ساده دی‌اکسیدکربن در این آزمایش بر میانگین تعداد گل معنی‌دار نشد اما مشاهده شده است افزایش غلظت دی‌اکسیدکربن به میزان ۱۰۰۰ تا ۱۵۰۰ پی‌پی‌ام تعداد گل را در گیاه افلاندرای برابر ۵۰-۳۰ درصد و در گل افوربیا بیشتر از ۵۰ درصد افزایش داده است (۳۴).

طول و حجم ریشه

اختلاف سطوح شوری بر دو صفت طول و حجم ریشه معنی‌دار بود ($p < 0.01$). افزایش دی‌اکسیدکربن بر طول ریشه معنی‌دار نشد و حجم ریشه را در سطح احتمال ۵٪ معنی‌دار کرد. بر همکنش شوری و دی‌اکسیدکربن نیز بر هر دو صفت طول و حجم ریشه معنی‌دار نشد

تعداد برگ در زمان تنش می‌تواند به علت پیری زودرس در زمان تنش باشد. شوری آثار مخربی بر روی بافت پارانشیم نردبانی و فضای بین سلولی برگ دارد که این خود سبب کاهش سطح برگ می‌گردد (۲۲). دودک و همکاران (۱۹)، در آزمایشی که بر روی آثار کلریدسدیم و عکس‌العمل چمن آفریقایی نسبت به تنش شوری داشتند به این نتیجه رسیدند که با افزایش شوری رشد قسمت هوایی (طول ساقه و تعداد برگ گیاه) کاهش می‌یابد. فرانکویش و برین‌استین (۲۲)، نیز گزارش کردند شوری سبب کاهش تولید برگ و طول ساقه در گیاه گلرنگ می‌شود. پاندی و همکاران (۴۰)، گزارش نمودند هنگامی که ارقام رز تحت تأثیر دی‌اکسیدکربن با غلظت بالا قرار می‌گیرند، تقسیمات مریستمی و تمایز در مراحل اولیه رشد برگ القا می‌شود. همچنین آن‌ها نشان دادند که یک افزایش معنی‌داری در تراکم روزنه‌ها هنگامی که گیاهان تحت شرایط دی‌اکسیدکربن بالا قرار می‌گیرند، بوجود می‌آید که نتیجه مستقیم آن، افزایش تقسیم سلولی، افزایش حجم سلولی و در نتیجه تعداد برگ‌ها می‌باشد که از نتایج این تحقیق حمایت می‌کند. مورتنسن و مو (۳۳)، نیز نشان دادند طول شاخه و تعداد برگ‌ها با افزایش دی‌اکسیدکربن افزایش می‌یابد. این نتایج نیز نتایج مطالعه حاضر را تأیید می‌نماید.

افزایش دی‌اکسیدکربن به میزان ۱۰۰۰ تا ۱۵۰۰ پی‌پی‌ام تعداد برگ در گل‌های بگونیا، افوربیا^۱ و افلاندرای^۲ را ۱۰ تا ۲۰ درصد افزایش داد (۳۴). همچنین در گیاهان چهارکربنه ذرت، سورگوم و نیسکر، گزارش شده افزایش دی‌اکسیدکربن تا دو برابر میزان فعلی باعث افزایش سطح برگ شده است (۴۸). این در حالی است که درنر و همکاران (۱۷)، گزارش کردند در گیاه سورگوم افزایش دی‌اکسیدکربن تا دو برابر میزان فعلی تأثیری در افزایش ارتفاع و سطح برگ گیاه ندارد.

هدایت‌روزنه‌ای

اختلاف غلظت‌های مختلف دی‌اکسیدکربن و شوری از نظر هدایت‌روزنه‌ای در سطح احتمال ۱٪ معنی‌دار بود. این در حالی است که بر همکنش شوری و دی‌اکسیدکربن بر میانگین هدایت‌روزنه‌ای تأثیر معنی‌داری نداشت. با افزایش کلریدسدیم موجود در آب آبیاری به‌تدریج هدایت‌روزنه‌ای کاهش یافت و در شوری ۳۰۰ میلی‌مولار به ۵/۲۴ میلی‌مول بر مترمکعب ثانیه رسید. با افزایش شوری پتانسیل اسمزی محیط اطراف ریشه نیز افزایش می‌یابد که سبب ازدیاد ترشح هورمون آبسزیک اسید از ریشه می‌گردد، این امر موجب بسته شدن روزنه‌ها و کاهش هدایت‌روزنه‌ای می‌شود (۸). در طالبی گزارش شده است افزایش دی‌اکسیدکربن از ۸۰۰ به ۱۲۰۰ پی‌پی‌ام در شرایط

1- *Euphorbia pulcherrima*

2- *Aphelandra squarrosa*

دی‌اکسیدکربن در غلظت ۱۰۰۰ تا ۲۰۰۰ پی‌پی‌ام باعث طویل شدن ریشه گیاهانی نظیر بگونیا^۲، کامپانولا^۳، ماگنولیا^۴ و پیرومیا^۵ می‌گردد، ضمن اینکه درصد ریشه‌دهی را در میخک، داودی، عشقه و پلارگونوم افزایش می‌دهد (۳۴). وانگ و همکاران (۴۶)، گزارش کردند طول، قطر و حجم ریشه گیاهچه‌های گوجه‌فرنگی به‌طور معنی‌داری با افزایش دی‌اکسیدکربن افزایش یافت.

نتیجه‌گیری

به‌طور کلی شوری باعث کاهش کلیه صفات اندازه‌گیری شده شد. بررسی اثر ساده سه سطح دی‌اکسیدکربن استفاده شده نیز نشان داد، تیمار ۷۰ پی‌پی‌ام بیشترین تأثیر را بهبود صفات اندازه‌گیری شده در گل تکمه‌ای داشته است. بر همکنش دو تیمار شوری و دی‌اکسیدکربن نشان داد بیشترین وزن خشک اندام هوایی، سطح برگ و تعداد گل در شاهد شوری (۰ میلی‌مولار) و سطح ۷۰ پی‌پی‌ام دی‌اکسیدکربن بود. با توجه به چهارکربنه بودن گل تکمه‌ای می‌توان انتظار داشت افزایش دی‌اکسیدکربن محیط در بهبود برخی صفات مورفولوژیک گل تکمه‌ای در مناطق دارای آب شور مؤثر باشد.

(جدول ۱). بدین ترتیب با افزایش شوری از شاهد به ۳۰۰ میلی‌مولار کلریدسدیم طول و حجم ریشه به‌ترتیب ۳۰ و ۸۰ درصد کاهش یافت. ویژگی جذب انتخابی در ریشه به مشابه یک فیلتر، عبور یون‌ها را کنترل و نسبت مطلوب یون‌های سدیم و پتاسیم را برای فعالیت‌های مطلوب فراهم می‌سازد (۴۳). هرگونه اختلال در سیستم جذب و انتقال انتخابی مواد که در اثر نامناسب بودن شرایط شیمیایی خاک ایجاد شود، می‌تواند از طریق فراهم نمودن نسبت نا مطلوب K/Na روی فرایندهای فیزیولوژیکی گیاه تأثیر منفی گذاشته و به اصطلاح ایجاد مسمومیت کند. در صورتی که گیاه بخواهد از مکانیزم‌های اجتناب که شامل تراوش یون‌ها به بیرون ریشه، جذب توسط سلول‌های پاراننشیمی آوند چوبی، سیستم مبادله بین آوند آبکش و توزیع شیب یونی بین بخش‌های در حال رشد و غیره هستند استفاده کند، بایستی نمک موجود در سیتوپلاسم خود را در حد پایین نگه دارد (۱۲)، که این عمل ممکن است باعث عدم توسعه ریشه، چوب پنبه‌ای شدن و در نتیجه کاهش طول آن شود. در گیاه مرتعی آلروپوس لیتورالیس^۱ مشاهده شده است طول ریشه تحت تنش شوری ۳۰ دسی‌زیمنس بر متر کاهش می‌یابد (۷). اگرچه در نتایج بدست آمده از پژوهش حاضر، افزایش دی‌اکسیدکربن تأثیر معنی‌داری بر طول و حجم ریشه نداشت (جدول ۱)، اما مطالعات نشان داده است

جدول ۳- اثر متقابل دی‌اکسیدکربن و شوری بر برخی صفات اندازه‌گیری شده در گل تکمه‌ای

تعداد گل	ارتفاع گیاه (cm)	سطح برگ (cm ²)	تعداد برگ	شوری (mM)	دی‌اکسیدکربن (ppm)
۱۳ b	۲۴/۵۰ b	۷۱۰/۷۵۳ a	۸۲/۶۶ b	.	
۵/۳۳ de	۱۳/۶۰ cd	۱۶۲/۳۷۶ d	۵۱ de	۱۵۰	۳۸۰
۱/۳۳ g	۹/۱۶ e	۱۸/۱۶۳ e	۱۷/۳۳ f	۳۰۰	
۱۵/۵ a	۲۴/۳۳ b	۷۰۳/۲۵۳ a	۹۲/۶۶ a	.	
۶ d	۱۵/۵۰ c	۲۴۹/۲۳ c	۵۴/۶۶ d	۱۵۰	۷۰۰
۳/۶۶ ef	۱۳ cd	۱۷۹/۰۸۶ d	۴۴/۶۶ e	۳۰۰	
۹/۳۳ c	۳۱ a	۵۵۵/۶۹ b	۶۷/۳۳ c	.	
۷/۳۳ cd	۲۲/۶۶ b	۱۵۹/۷۹۳ d	۵۶/۶۶ d	۱۵۰	۱۰۵۰
۲/۵۰ fg	۱۲ de	۶۰/۳۴۳ e	۲۱/۳۳ f	۳۰۰	

میانگین‌هایی که در هر ستون دارای حروف مشترک می‌باشند، مطابق آزمون LSD ($p < 0.05$) اختلاف معنی‌داری ندارند

منابع

۱- جعفری م. ۱۳۷۳. سیمای شوری و شوری در ایران. نشریه وزارت جهاد سازندگی. معاونت آموزش و تحقیقات. موسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع کشور.

- 1- *Aeluropus littoralis*
- 2- *Begonia × hiemalis*
- 3- *Campanula isophylla*
- 4- *Magnolia sieboldii*
- 5- *Peperomia glabella*

- ۲- شور م، گلدانی م، و مندنی ف. ۱۳۸۸. اثر افزایش غلظت دی‌اکسید کربن بر صفات مورفوفیزیولوژیکی گل جعفری (*Tagetes spp*)، ابری (*Ageratum spp*) و رعنا زیبا (*Gaillardia spp*) در شرایط گلخانه. مجله بوم‌شناسی کشاورزی ۱ (۳): ۱۰۱ - ۱۰۸.
- ۳- عابدی م، بیرنگ ج.ا، مهرداد ن، چراغی ن، نی ریزی ع.م، ماهرانی س، و خالدی م. ۱۳۸۱. استفاده از آب شور در کشاورزی پایدار. کمیته ملی آبیاری و زه‌کشی ایران. ۲۲۴ صفحه.
- ۴- معقول م، یزدانی فیضی م، و معطر م. ۱۳۸۱. بررسی سازگاری چند گونه از گیاهان دارویی به شوری. چکیده تازه‌های تحقیق. دوره ۱۰. شماره ۳.
- ۵- نجفی ح. و میر معصومی م. ۱۳۸۷. بررسی عکس‌العمل‌های فیزیولوژیکی سویا در شرایط تنش شوری. علوم و صنایع کشاورزی. ۱۳(۱): ۷۵-۸۰.
- ۶- نصیری محلاتی م. کوچکی ع. ر. و رضوانی مقدم پ. ۱۳۸۱. اثر تغییر اقلیم جهانی بر تولیدات کشاورزی. انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد. ۳۸۸ص.
- 7- Abbasi F., Khavari Nagad R.A., Koocheki A., and Fahimi H. 2002. Effect of salinity on growth and physiological aspects of *Aleuopus Littoralis*. Biaban, 7(1).
- 8- Aldesuquy H.S., and Ibrahim A.H. 2001. Interactive effect of seawater and growth bio- regulators on water relations, abscisic acid concentration, and yield of wheat plants. Journal of Agronomy and Crop Science, 187: 185-193.
- 9- Allen L.H.Jr. 1991. Effect of increasing carbon dioxide levels and climate change on plant growth, evapotranspiration, and water resources in the West Under Conditions of Climatic Uncertainty. 14-16 Nov. 1990., Scottsdale, AZ. National Research Council, National Academy Press, Washington DC. 101-147.
- 10- Auge R.M, Stodola A.J.W, Moore J.L., Klingeman W.E., and Duan X. 2003. Comparative dehydration tolerance of foliage of several ornamental crops. Scientia Horticulturae, 98: 511-516.
- 11- Blokhina O., Virolainen E., and Fagestedt. K.V. 2003. antioxidants, oxidative damage and oxygen deprivation stress: A review. Annuals of Botany, 91: 179-194.
- 12- Blum A. 1988. Salinity resistance. CRC. (Press).
- 13- Carter C.T., Grieve C.M., Poss J.A., and Suarez D.L. 2005. Production and ion uptake of *Celosia argentea* irrigated with saline wastewaters. Scientia Horticulture, 106: 381-394.
- 14- Chen K., Hu G., Keutgen N., Janssens M.J. J., and Lenz F. 1999. Effects of NaCl salinity and CO₂ enrichment on pepino (*Solanum muricatum* Ait.): II. Leaf photosynthetic properties and gas exchange. Scientia Horticulturae, 81: 43-56.
- 15- Cheng W., Sakai H., Yagi K., and Hasegawa T. 2009. Interactions of elevated CO₂ and night temperature on rice growth and yield. Agricultural and Forest Meteorology, 149: 51-58.
- 16- Cramer G.R., Epstein E., and Lauchli A. 1990. Effects of sodium, potassium and calcium on saltstress barley 1.1. Growth analysis. Physiology Plant 80: 83-88.
- 17- Derner J., Johnson H., Kimball B., Pinterjr P., Polley H.W., Tischler C., Bouttons T., Lamorte R.L., Wall G.W., Adam N.R., Leavitt S.W., Ottman M.J., Matthias A.D., and Brooks T.G. 2003. Above and below-ground responses of C3- C4 species mixtures to elevated CO₂ and soil water availability. Global Change Biology, 9: 452-460.
- 18- Drew M.C., Hole P.S., and Piccioni G.A. 1990. Inhibition by NaCl of net CO₂ fixation and yield of cucumber. Journal of the American Society for Horticultural Science, 115: 472-477.
- 19- Dudeck A.E., Singh S., Giordano C.E., Nell T.A., and McConnell D.B. 1984. Effects of sodium chloride on *Cynodon turfgrass*. Agronomy Journal, 75: 927-930.
- 20- Enoch H.Z. 1990. Crop responses to aerial carbon dioxide. Acta Horticulturae, 268: 17-32.
- 21- Figueroa M.E. 2010. Synergic effect of salinity and CO₂ enrichment on growth and photosynthetic responses of the invasive cordgrass *Spartina densiflora*. Journal of Experimental Botany, 1-12.
- 22- Francois L.E., and Bernstein L. 1963. Salt tolerance of saf flower. Agronomy Journal, 38: 40
- 23- Francois L.E., Donovan T.J., and Maas E.V. 1990. Salt tolerance of Kenaf. PP: 300-301. In: J. Janick and J.E.Simon (Eds.), Advances in New Crops. Timber Press, Portland.
- 24- Katerji N., Van Hoorn J.W., Hamdy A., Karam F., and Mastrotrilli M. 1996. Effect of salinity on water stress, growth and yield of maize and sunflower. Agricultural Water Management, 30: 237-249.
- 25- Keeling C.D., Whorf T.P., Wahlen M., and van der Plicht J. 1995. Interannual extremes in the rate of rise of atmospheric carbon dioxide since 1980. Nature, 375: 660-670.
- 26- Kerepesi H., and Galiba G. 2000. Osmotic and salt stress Induced alteration in soluble carbohydrate content in wheat seedling. Crop Science, 40: 482-487.
- 27- Knapp A.K, Hamerlyn C.K., and Owensby C.E. 1993. Photosynthetic and water relations response to elevated CO₂ in the C₄ grass. *Andropogon gerardii*. International Journal Plant Science, 154: 459-466.
- 28- Lake J. A., Quick W.P., Beerling D.J., and Woodward F.I. 2001. Plant development: signals from mature to new leaves. Nature., 411: 154-155.
- 29- Leakey A.D.B., Uribelarrea M., Ainsworth E.A., Naidu S.L., Rogers A., and Ort D.R. 2006. Photosynthesis,

- productivity, and yield of maize are not affected by open-air elevation of CO₂ concentration in the absence of drought. *Plant Physiology*, 140: 779-90.
- 30- Leung J., Bouvier-Durand M., Morris P.C., Guerrier D., Chedfor F., and Giraudat J. 1994. Arabidopsis ABA-response gene ABI1: features of a calcium-modulated protein phosphatase *Plant Science*, 264: 1448-1452.
 - 31- Mavrogianopoulos G.N., Spanakis J., and Tsikalas P., 1999. Effect of carbon dioxide enrichment and salinity on photosynthesis and yield in melon. *Scientia Horticulturae*, 79: 51-63.
 - 32- Mortensen L.M. 1987. Review: CO₂ enrichment in greenhouses crop responses. *Scientia Horticulture*, 33: 1-25.
 - 33- Mortensen L.M., and Moe R. 1992. Effects of CO₂ enrichment and different day/night temperature combinations on growth and flowering of *Rosa L.* and *Kalanchoe blossfeldiana V.* pollen. *Scientia Horticulturae*, 51: 145-153.
 - 34- Mortensen L.M. 1986. Effect of relative humidity on growth and flowering of some greenhouse plants. *Scientia Horticulturae*, 29: 301-307.
 - 35- Mortensen L.M., and Moe R. 1983. Growth responses of some greenhouse plants to environment. VI. Effect of CO₂ and artificial light on growth of *chrysanthemum morifolium* Ramat. *Scientia Horticulture*, 19(1-2): 141-147.
 - 36- Mott K.A., 1990. Sensing atmospheric CO₂ by plants. *Plant Cell and Environ.* 13: 731-737.
 - 37- Munns R., and Termaat A. 1986. Whole-plant responses to salinity. *Australian Journal of Plant Physiology*, 13: 143-160.
 - 38- Nicolas M.E., Rana Munus, Samarakook A.B., and Gifford R.M. 1993. Elevated CO₂ improves the growth of wheat under salinity. *Australian Journal of Plant Physiology*, 20: 349-360.
 - 39- Nilsen S., Hovland K., Dons C., and Sletten S.P. 1983. Effect of CO₂ enrichment on photosynthesis, growth and yield of tomato. *Scientia Horticulturae*, 20: 1-14.
 - 40- Pandey R., Chenhako P.M., Choudhary M.L., Prasad K.V., and Madan P. 2007. Higher than optimum temperature under CO₂ enrichment influences stomata anatomical characters in rose (*Rosa hybrida*). *Scientia horticulturae*, 113(1): 74-81.
 - 41- Poorter H., 1993. Interspecific variant in the growth response of plants to an elevated ambient CO₂ concentration. *Vegetation*, 104(105): 77-97.
 - 42- Santos C.V. 2004. Regulation of chlorophyll biosynthesis and degradation by salt stress in sunflower leaves. *Scientia Horticulturae*, 103: 93-99.
 - 43- Shabala S., Babourina O., and Newman H. 2000. Ion specific mechanisms of osmoregulation in bean mesophyll cells. *Journal of Experimental Botany*, 51: 1243-1253.
 - 44- Sheldrake A.R., and Saxena N.D. 1979. The growth and development of Chickpea under progressive moisture stress. In: Mussel H. and R.C. Staples (Eds.). *Stress physiology in crop plants*, 12-74.
 - 45- Shillo R., Ding M., Pasternak D., and Zaccai M. 2002. Cultivation of cut flower and bulb species with saline water. *Scientia Horticulturae*, 92: 41-54.
 - 46- Wang Y., Du S.T., Li L.L., Huang L.D., Fang P., Lin X.Y., Zhang Y.S., and Wang H.L. 2009. Effect of CO₂ Elevation on Root Growth and Its Relationship with Indole Acetic Acid and Ethylene in Tomato Seedlings. *Pedosphere* 19(5): 570-576.
 - 47- Wolf D.W. 1994. Physiological and growth responses to atmospheric carbon dioxide concentration. *Handbook of plant and crop physiology*, 223-242.
 - 48- Ziska L.H., and Bunce J.A. 1997. Influence of increasing carbon dioxide concentration on the photosynthetic and growth stimulation of selected C₄ crops and weeds. *Photosynthesis Research*, 54: 199-208.

Interaction Effect of Irrigation with Saline water and CO₂ Enrichment on some Morphophysiological Characteristics of *Gomphrena globosa* L.

M. Kamali^{1*} - M. Shoor² - M. Goldani³ - Y. Selahvarzi⁴ - A. Tehranifar⁵

Received:3-7-2011

Accepted:2-10-2011

Abstract

To evaluate the effects of various concentration of carbon dioxide and irrigation with saline water on plant growth characteristics of *Gomphrena globosa* L. an experiment with three levels of CO₂ (380, 700, 1050 ppm) and three concentrations of sodium chloride (0, 150, 300 mM) was conducted as a split plot experiment based on completely randomized design with 3 replications in Faculty of Agriculture Ferdowsi University of Mashhad. The results showed that increasing salinity to 300 mM reduced all the traits measured significantly. Increasing concentrations of carbon dioxide caused significant differences in traits such as shoot dry weight, plant height and leaf area. Interaction effects of salinity and carbon dioxide was significant in root dry weight, leaf number, leaf area, plant height and flower number at 1% probability level and in shoot dry weight at 5% level of probability. Thus in control salinity (0 mM sodium chloride), with increasing carbon dioxide to 700 ppm, shoot dry weight, flower number and leaf number increased 19, 19 and 13% respectively compared to 380 ppm treatment. And increasing carbon dioxide to 1050 ppm improved plant height 26% compared to 380 ppm treatment. The results showed that increasing concentrations of carbon dioxide improves adverse effects of salinity. so that this ornamental plant indicated a better reaction to salinity in concentration of 700 ppm of carbon dioxide.

Keywords: Flower number, Leaf area, leaf number, Plant height, Shoot dry weight

1,2,5- MSc Student, Assistant Professor and Associate Professor, Department of Horticulture Science, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Respectively

(* - Corresponding Author Email: m.kamali57@yahoo.com)

3- Assistant Professor Department of Agronomy and Plant Breeding, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad

4- Instructor, Center of Pomegranate Research of Ferdowsi University of Mashhad