نشریه علوم باغبانی (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۲۶، شماره ۲، تابستان ۱۳۹۱ ، ص. ۱۸۸-۱۷۸
شاپا: ۴۷۳۰ - ۲۰۰۸

Journal of Horticultural Science
Vol. 26, No. 2, Summer 2012, P. 178-188
ISSN: 2008 - 4730

تاثیر غنی سازی با دی‌اکسیدکربن بر صفات مورفوفیزیولوژیک گیاه آمارانتوس زینتی (*Amaranthus tricolor* L.) در شرایط تنش شوری

مریم کمالی[1*]- محمود شور[2]- یحیی سلاح ورزی[3]- مرتضی گلدانی[4]- علی تهرانی فر[5]

تاریخ دریافت:۸۹/۱۲/۲۳
تاریخ پذیرش:۹۰/۱۲/۹

چکیده

تحقیق حاضر به منظور بررسی تاثیر غلظت های مختلف دی‌اکسیدکربن و شوری بر صفات مورفوفیزیولوژیک گیاه آمارانتوس زینتی در شرایط گلخانه ای در دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد اجرا شد. آزمایش در قالب کرت های خرد شده بر پایه طرح کامل تصادفی با دو عامل دی‌اکسیدکربن (۳۸۰، ۷۰۰ و ۱۰۵۰ میکرولیتر در لیتر) و شوری (صفر، ۱۵۰ و ۳۰۰ میلی مولار کلرید سدیم) و سه تکرار بود. نتایج نشان داد در شاهد دی‌اکسیدکربن (۳۸۰ میکرولیتر در لیتر)، با اعمال تنش شوری تا ۳۰۰ میلی مولار، وزن خشک اندام هوایی، ارتفاع بوته و سطح برگ به ترتیب از ۹/۳۴، ۵۳/۸۳ و ۱۰۰۱ به ۳/۷۱، ۳۵/۳ و ۱۵۸ رسید. برهمکنش شوری و دی اکسید کربن نیز نشان داد در تیمار شاهد شوری و در غلظت ۱۰۵۰ میکرولیتر در لیتر دی‌اکسیدکربن، وزن خشک اندام هوایی و ارتفاع ساقه به ترتیب ۴۶ و ۳۸ درصد افزایش یافت. در تنش ۱۵۰ میلی مولار کلرید سدیم با افزایش غلظت دی‌اکسیدکربن از ۳۸۰ به ۷۰۰ میکرولیتر در لیتر سطح برگ از ۱۳۴ به ۳۵۸ سانتیمتر مربع افزایش یافت و در غلظت ۱۰۵۰ میکرولیتر در لیتر دی‌اکسیدکربن و تنش ۱۵۰ میلی مولار به ۲۸۷ سانتیمتر مربع رسید. نتایج کل نشان داد افزایش غلظت دی‌اکسیدکربن باعث بهبود اثرات سوء شوری شده است، به طوری که در صفاتی نظیر سطح برگ و نشت الکترولیت، غلظت ۷۰۰ میکرولیتر در لیتر و در صفاتی مثل وزن خشک ریشه و اندام هوایی و ارتفاع بوته غلظت ۱۰۵۰ میکرولیتر در لیتر دی‌اکسیدکربن عکس العمل بهتری را نسبت به شوری نشان داد.

واژه های کلیدی: آمارانتوس، دی‌اکسیدکربن، تنش شوری

مقدمه

زلف عروس (آمارانتوس، افروز) با نام علمی *Amaranthus* L. *tricolor* گیاهی چهار کربنه از خانواده آمارانتاسه[6] است. اکثر ارقام آن برگ‌های رنگی دارند که به صورت یک رنگ، دو رنگ و سه رنگ می باشند. چنانچه این گیاه به صورت تک بوته و درون چمن کاشته شوند به خاطر ارتفاع بوته، برگ های فراوان و رنگین، منظره جالبی به وجود می آورند. توانایی آمارانتوس در پاسخ به شرایط نامناسب مثل خاک های فقیر از مواد مغذی، محدوده وسیع حرارتی، تابش زیاد و مقاومت به خشکی، این گیاه را به عنوان یک محصول جدید و فراموش شده در مناطق نیمه خشک مطرح کرده است (۳۱). براین اساس می توان انتظار داشت آمارانتوس به عنوان یک گیاه مقاوم به شرایط تنش در فضای سبز شهری مورد استفاده وسیع تر قرار گیرد. شوری خاک و آب از جمله عوامل تنش زای محیطی می باشد که علاوه بر اختلال و کاهش قابلیت جذب آب توسط ریشه ها، گیاهان را از نظر تغذیه ای و فرآیندهای متابولیکی دچار مشکل می نماید (۲۰). خسارت شوری در گیاهان شامل کاهش میزان آب، سمیت یون های ویژه و اختلال در جذب عناصر غذایی می باشد (۳۴). جذب آب با افزایش شوری کاهش می یابد، زیرا قابلیت تراوایی ریشه که توسط هدایت هیدرولیکی سیستم ریشه بیان می شود، به طور معنی داری تحت شرایط تنش شوری کاهش می یابد (۲۹). یکی از شاخصهای مؤثر در تحمل به شوری حفظ آماس سلولی است که از این طریق گیاه با کاهش رشد در اثر شوری مقابله می کند (۳۴). کاهش رشد و

۱،۲و۵- به ترتیب دانشجوی کارشناسی ارشد، استادیار و دانشیار گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد
(*- نویسنده مسئول: Email: m.kamali57@yahoo.com)
۳- مربی پژوهشی مرکز تحقیقات انار، دانشگاه فردوسی مشهد
۴- استادیار گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد

6- Amaranthaceae

عملکرد بستگی به غلظت نمک دارد. هرچه غلظت نمک بیشتر باشد کاهش رشد محسوس تر است و سرعت توسعه برگ تحت تأثیر میزان سدیم و کلر قرار می گیرد و می تواند شاخص مناسبی برای تعیین مقاومت به شوری باشد (۷). ذخیره انرژی متابولیکی ممکن است اساس کاهش رشد گیاه در شرایط شوری باشد. در این شرایط انرژی لازم برای تنظیم یونی و اسمزی زیادتر شده و رشد گیاه کاهش می‌یابد (۱۷).

از طرفی مشخص گردیده که در دهه های اخیر غلظت دی اکسید کربن در اتمسفر در اثر مصرف سوختهای فسیلی افزایش یافته است. از شروع انقلاب صنعتی، سطح دی‌اکسیدکربن اتمسفر از ۲۸۰ به حدود ۳۷۰ پی پی ام افزایش یافته و پیش بینی می شود که در هرسال حدود ۱/۸ پی پی ام بر غلظت آن افزوده گردد (۵). انتظار می‌رود غلظت دی‌اکسیدکربن تا پایان قرن حاضر به ۶۰۰ تا ۱۰۰۰ پی پی ام افزایش یابد (۱۱). غنی سازی دی اکسید کربن[1] در گلخانه ها می تواند به عنوان راهکاری برای کاهش زمان تولید، بهبود قدرت رشد و همچنین افزایش کیفیت گیاه استفاده شود (۳۵). در شرایط غنی از دی اکسید کربن، میزان بالاتر فتوسنتز خالص و به دنبال آن تجمع ماده خشک و افزایش رشد در گیاه مشاهده می شود. افزایش فتوسنتز با افزایش غلظت دی اکسید کربن به دلیل کاهش بازدارندگی اکسیژن در فتوسنتز می باشد. غلظت بالای دی اکسید کربن همچنین موجب افزایش دمای بهینه برای رشد می شود. کاهش میزان تنفس نیز تحت شرایط غنی شده از دی‌اکسیدکربن به خوبی مشاهده می‌شود (۲۶). افزایش غلظت دی اکسید کربن باعث افزایش فتوسنتز خالص در گیاهان گلدانی، گلهای بریده و سبزیها خواهد شد (۲۶). افزایش غلظت دی اکسید کربن به میزان ۷۰۰ تا ۱۴۰۰ میکرولیتر در لیتر سبب افزایش تولید گلهای زینتی رعنا زیبا، جعفری و ابری شد (۱). اثرات مشابه دیگری در اثر غنی سازی با گاز دی اکسید کربن در برخی ارقام رز، کالانچوا[2] (۲۷)، گوجه فرنگی (۲۸)، گل استکانی و بنفشه آفریقایی (۲۴) بدست آمد. در مورد گیاهان چهار کربنه و پاسخ سازوکار فتوسنتزی به افزایش غلظت دی‌اکسیدکربن و شرایط نامساعد محیطی تحقیقات کمی صورت گرفته است (۱۹). گیاهان با مسیر فتوسنتزی C_4 نیز ممکن است با افزایش دی اکسید کربن، افزایش فتوسنتز و در نتیجه افزایش رشد در شرایط تنش داشته باشند (۱۸). پورتر (۳۰) گزارش کرد افزایش دی‌اکسیدکربن محیط در بعضی گیاهان چهار کربنه، به طور معنی داری فتوسنتز و صفات رشدی را افزایش می دهد. افزایش دی‌اکسیدکربن در علف هرز چهار کربنه *Amaranthus retroflexus* منجر به افزایش ۲۵ درصدی زیست توده شد (۳۷). در گیاه زراعی *Amaranthus hypochondriacus* نیز افزایش دی‌اکسیدکربن محیط تا دو برابر، وزن خشک و سطح برگ هر بوته را افزایش داد (۳۸). اثرات ناشی از غنی سازی با دی‌اکسیدکربن می تواند در نتیجه تنش شوری تحت تاثیر قرار گیرد (۱۰). بررسی اثر متقابل غنی سازی با گاز دی‌اکسیدکربن و تنش شوری در گیاه پپینو[3] نشان داد در تنش ۲۵ میلی مولار کلرید سدیم، افزایش دی‌اکسیدکربن از ۳۵۰ به ۷۰۰ میکرولیتر در لیتر تعداد برگ هر بوته را ۱۷ درصد افزایش داد (۱۰). مطالعات انجام شده در ۳ سطح شوری صفر، ۲۵ و ۵۰ میلی مولار کلرید سدیم و ۳ سطح ۴۰۰، ۸۰۰ و ۱۲۰۰ میکرولیتر در لیتر دی‌اکسیدکربن در گیاه طالبی نشان داده است افزایش میزان دی‌اکسید کربن عملکرد میوه را افزایش می دهد. اما این افزایش زمانی است که گیاه در معرض تنش شوری نباشد (۲۲). با توجه به افزایش دی‌اکسیدکربن در سالهای آینده و تاثیر مثبت آن بر رشد، و همچنین تاثیر کاهشی تنش شوری بر رشد گیاهان، این آزمایش به منظور بررسی اثر متقابل این دو عامل بر برخی صفات مورفولوژیک و فیزیولوژیک آمارانتوس زینتی انجام شد.

مواد و روش ها

این پژوهش به صورت کرت های خرد شده 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 میکرولیتر در لیتر به عنوان شاهد، ۷۰۰ میکرولیتر در لیتر، ۱۰۵۰ میکرولیتر در لیتر) و سه سطح تنش شوری (صفر میلی مولار (شاهد)، ۱۵۰ میلی مولار (تنش متوسط)، ۳۰۰ میلی مولار کلرید سدیم (تنش شدید)) و سه تکرار بود. خاک گلدان حاوی خاک زراعی، ماسه، کود حیوانی و خاکبرگ بود که به نسبت ۴: ۲: ۱: ۱ در نظر گرفته شد. بذرها ابتدا داخل سینی های کشت حاوی کوکوپیت، کشت شده و بعد از جوانه زنی و در مرحله سه برگی به گلدانهایی با قطر دهانه ۲۰ و ارتفاع ۱۸ سانتی متر منتقل شدند. به این ترتیب گیاهان مجموعاً به مدت ۸۰ روز تحت تیمار دی‌اکسیدکربن قرار گرفتند و همزمان با آب شور آبیاری شدند. دمای محیط حدود ۳۳ درجه سانتیگراد در طول روز و ۱۸ درجه سانتیگراد در شب با رطوبت نسبی حدود ۷۰ درصد تنظیم شد.

اعمال تیمار دی‌اکسیدکربن: تیمار های مختلف دی‌اکسیدکربن در زیر پلاستیک به صورت جداگانه طراحی و غلظت دی‌اکسیدکربن توسط سیستم زمان سنج با دستگاه CO_2 سنج پرتابل با توجه به حجم داخل اتاقک ها کنترل شد. این سیستم به طور اتوماتیک عمل کرده و با استفاده از یک سلول نوری در شب خاموش و با افزایش شدت نور در روز روشن می شد. لذا با استفاده از زمان

1- CO_2 enrichment
2- *Kalanchoe blossfeldiana* Poelln
3- *Solanum muricatum* Ait

سنج های تعبیه شده در جعبه فرمان و نیز حجم اتاقک ها، غلظت‌های مورد نظر، به اتاقک ها تزریق می شد. به منظور کنترل دقیق میزان دی‌اکسیدکربن، در اتاقک های حاوی گاز دی‌اکسیدکربن، کالیبراسیون سیستم مذکور به صورت روزانه توسط دستگاه پرتابل اندازه گیری دی‌اکسیدکربن (مدل AZ77535) ساخت کشور تایوان انجام پذیرفت. بذر گل آمارانتوس زینتی برای انجام این آزمایش از شرکت فروش بذر باغ فرید تهران تأمین شد.

اعمال تنش شوری: گیاهان یک ماه بعد از استقرار نشا داخل گلدان و همزمان با اعمال تیمار دی‌اکسید کربن در مرحله شش تا هشت برگی تحت تنش شوری قرار گرفتند و به طور مرتب بر حسب نیاز آبی با محلول حاوی مقادیر متفاوت از کلرید سدیم با غلظت های ذکر شده، آبیاری شدند. بدین ترتیب گیاهان مجموعا به مدت ۸۰ روز تحت تیمار دی‌اکسیدکربن قرار گرفتند و همزمان با آب شور آبیاری شدند.

صفات قابل ارزیابی: در انتهای آزمایش و پس از مشاهده اولین علایم تنش به منظور بررسی صفات مورفولوژیک گیاه مذکور تعداد برگ، ارتفاع بوته، قطر ساقه و طول ریشه اندازه گیری شد. شاخص کلروفیل با استفاده از دستگاه کلروفیل سنج[1] اندازه گیری شد. پس از شستشو ریشه‌ها، حجم ریشه توسط استوانه مدرج و بر اساس میزان افزایش حجم آب نسبت به حالت اولیه بر حسب سانتی متر مکعب اندازه گیری گردید. سپس ریشه و اندام هوایی گیاه جهت اندازه‌گیری وزن خشک به مدت ۴۸ ساعت در دمای ۷۵ درجه سانتی گراد به آون منتقل شدند. سطح برگ توسط دستگاه سطح برگ سنج[2] Model Li (Cor– 1300,USA) و هدایت روزنه ای با استفاده از پرومتر[3] اندازه گیری شد. جهت تعیین پایداری غشاء سلولهای برگی ازشاخص نشت الکترولیت[4] استفاده گردید. در این روش ابتدا قطعاتی برگی با اندازه ۲ سانتیمتر تهیه شد. این قطعات پس از شست و شو همراه با ۱۰ میلی لیتر آب مقطر در لوله‌های آزمایش قرار گرفتند. سپس لوله‌ها به مدت ۱۷ تا ۱۸ ساعت بوسیله شیکر شدیدا تکان داده شدند. در این مرحله[5] (C_i) بوسیله دستگاه هدایت سنج، ساخت شرکت JEN WAY مدل ۴۳۱۰ اندازه گیری شد. سپس لوله‌های آزمایش جهت کشته شدن سلولهای برگی به اتوکلاو با دمای ۱۲۱ درجه به مدت ۱۵ دقیقه انتقال داده شدند، و بدین طریق[6] (C_m) نیز پس از سرد شدن محتویات داخل لوله‌های آزمایش انجام گرفت. در نهایت مقادیر نشت الکترولیت از طریق رابطه زیر محاسبه شد.

$$EL = (C_i/C_m) \times 100$$

درصد مقدار آب نسبی برگ[7] (RWC) با استفاده از قطعات یک سانتیمتری برگ گیاهان و اندازه گیری وزن تر آنها، قرار دادن در آب به مدت ۲۴ ساعت در تاریکی و دمای ۴ درجه سانتیگراد و تعیین وزن اشباع و سپس وزن خشک (آون ۷۰ درجه سانتیگراد به مدت ۲۴ ساعت) با استفاده از فرمول زیر محاسبه شد:

RWC (٪) =[(وزن خشک – وزن آماس) / (وزن خشک – وزن تر)] × ۱۰۰

آنالیز آماری: آنالیز آماری داده های این پژوهش توسط نرم افزارهای MSTATC و EXCEL و کلیه مقایسات میانگین ها توسط آزمون LSD در سطح احتمال ۵ درصد انجام گردید.

نتایج و بحث

وزن خشک ریشه و اندام هوایی

تجزیه واریانس مربوط به وزن خشک ریشه و بخش هوایی نشان داد که بین غلظت های متفاوت دی اکسید کربن و همچنین سطوح مختلف شوری تفاوت معنی دار وجود داشت (جدول ۲). از سوی دیگر برهمکنش شوری و دی‌اکسیدکربن نیز بر مقادیر وزن خشک بخش هوایی و ریشه معنی دار بود ($p<0/01$). با افزایش غلظت دی‌اکسید کربن بر وزن خشک گیاه (ریشه و بخش هوایی) افزوده شد. ولی با اعمال تنش شوری به سرعت از مقادیر این صفات کم شد. بدین ترتیب شدید ترین تیمار شوری (۳۰۰ میلی مولار)، وزن خشک ریشه و بخش هوایی را در مقایسه با میانگین شاهد به ترتیب برابر ۴۷/۴ و ۵۳/۱ درصد کاهش داد (جدول ۳). میانگین وزن خشک اندام هوایی و ریشه در گیاهانی که در بالاترین سطح دی‌اکسیدکربن قرار داشتند به ترتیب برابر ۵/۳۵ و۱/۸۳ گرم نسبت به میانگین شاهد افزایش یافت (جدول ۳). همچنین بررسی اثر متقابل دی‌اکسیدکربن و شوری نشان داد بیشترین وزن خشک اندام هوایی و ریشه در بالاترین غلظت دی‌اکسیدکربن و مربوط به سطح صفر میلی مولار نمک برای ریشه (شکل ۱) و در سطوح صفر و ۱۵۰ میلی مولار نمک برای اندام هوایی است (شکل۲). در تنش شوری با افزایش نمک در محیط ریشه، پتانسیل اسمزی محیط افزایش یافته، جذب آب کم شده و به دنبال آن فشار تورژسانس سلول ها نیز کاهش می یابد. خروج آب از سلولها مانع از رشد آنها می گردد. از طرف دیگر با کوچک شدن و ریزش برگ ها منبع تولید مواد پرورده در برگ ها کاهش می یابد.

1- Spad
2- Leaf Area Meter
3- Prometer
4 -Electrolyte Leakage
۵- هدایت الکتریکی اولیه
۶-هدایت الکتریکی ماکزیمم
7- Relative water content

جدول ۱- خصوصیات فیزیکوشیمیایی خاک مورد استفاده

شن (٪)	سیلت (٪)	رس (٪)	سدیم (ppm)	پتاسیم (ppm)	کلسیم (ppm)	منیزیم (ppm)	آهک (٪)	ماده آلی (٪)	ازت (٪)	pH عصاره اشباع	EC (ds/m)
۴۹/۸	۲۵/۴	۲۴/۸	۲/۱	۰/۵۹	۳/۲	۱/۵	۹	۳/۴۱	۰/۰۴۹	۷	۰/۹۸

جدول ۲- میانگین مربعات حاصل از تجزیه واریانس صفات مورفولوژیک اندازه گیری شده در گل آمارانتوس

منابع تغییر	درجه آزادی	وزن خشک اندام هوایی	وزن خشک ریشه	تعداد برگ	سطح برگ	ارتفاع گیاه	قطر ساقه	طول ریشه	حجم ریشه
دی اکسیدکربن	۲	۶۲/۰۶ **	۹/۳۶ **	۳۰۲/۱۱ **	۱۰۹۵۲۳/۸ **	۴۶۷/۰۶ **	۱۲/۷۷ **	۹۸/۳۴ **	۱۰۳/۴۴ **
خطا	۶	۱/۰۳	۰/۰۴	۱۹/۰۷	۷۷۸۷/۱۹	۱۳/۷۵	۰/۵۸	۳/۵۵	۵/۶۵
تنش شوری	۲	۷۶/۴۷ **	۲/۵۴ **	۲۳۷۲/۱۱ **	۱۶۴۳۴/۴۰ **	۱۴۸۳/۲۳ **	۱۰/۹۴ *	۸۴/۵۶ **	۱۴۴ **
دی اکسیدکربن× تنش شوری	۴	۸/۷۸ **	۰/۶۷ **	۱۳۶/۰۵ ns	۶۷۷۴۸/۳۵ **	۱۱۷/۳۰ *	۳/۰۳ ns	۶۵/۱۶ **	۲۴/۶۱ **
خطا	۱۲	۱/۵۷	۰/۰۸	۸۴/۶۲	۸۶۸۷/۳۰	۳۴/۲۳	۱/۸۸	۳/۰۸	۱/۶۹

** و *: به ترتیب معنی دار در سطح احتمال ۱ و ۵ درصد و ns بیانگر عدم تفاوت معنی دار می باشد.

جدول ۳- مقایسه میانگین اثرات ساده دی‌اکسیدکربن و شوری بر صفات مورفولوژیک آمارانتوس

تیمار	وزن خشک اندام هوایی (g/plant)	وزن خشک ریشه (g/plant)	تعداد برگ	سطح برگ (cm^2)	ارتفاع بوته (cm)	قطر ساقه (cm)	طول ریشه (cm)	حجم ریشه (cm^3)
دی اکسیدکربن ($\mu l.l^{-1}$)								
۳۸۰	۶/۱۶ b	۰/۹۱ b	۴۹/۱۱ b	۴۳۱/۵۰ b	۴۲/۹۴ b	۵/۹۵ c	۲۹/۶۱ a	۱۵/۲۲ a
۷۰۰	۷/۲۲ b	۱/۰۰۷ b	۴۶ b	۵۷۹/۶۶ a	۴۶/۷۷ b	۷/۲۷ b	۲۵/۱۱ b	۱۲ b
۱۰۵۰	۱۱/۱۵ a	۲/۷۵ a	۵۷/۲۲ a	۳۶۴ b	۵۶/۸۸ a	۸/۳۳ a	۲۳/۱۶ b	۸/۴ c
شوری (mM)								
۰	۱۰/۹۲ a	۲/۱۵ a	۶۹/۱۱ a	۹۴۸/۸۴ a	۶۳/۵۵ a	۸/۴۵ a	۲۸/۰۵ a	۱۵/۸۸ a
۱۵۰	۸/۴۹ b	۱/۳۷ b	۴۵ b	۲۶۰ b	۴۳/۲۷ b	۶/۶۶ b	۲۷/۳۸ a	۱۱/۸۸ ab
۳۰۰	۵/۱۲ c	۱/۱۳ b	۳۸/۲۲ b	۱۶۶/۳۲ b	۳۹/۷۷ b	۶/۴۴ b	۲۲/۴۴ b	۷/۸۸ b

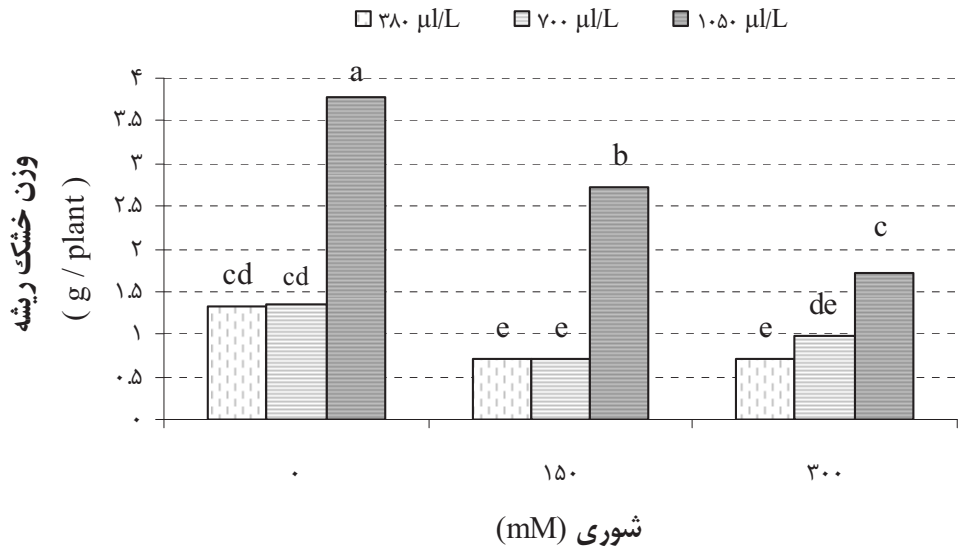
میانگین هایی که در هر ستون دارای حروف مشترک می باشند، مطابق آزمون LSD ($p < 0.05$) تفاوت معنی داری ندارند.

بنابراین مقدار موادی که به سلول ها می رسد کاهش چشم گیری پیدا می کند، که در نهایت، هم تعداد و هم اندازه سلول کاهش می یابد (۳۲) و در نتیجه وزن گیاه کم می شود. غلظت های شوری استفاده شده وزن خشک ریشه را نیز کم کرد. از آنجا که ریشه وظیفه جذب مواد غذایی و آب را به عهده دارد و تنش شوری عمدتاً از ناحیه ریشه به گیاه وارد می شود. بنابراین ریشه اولین اندامی است که با تنش شوری مواجه می شود و با توجه به تنظیم اسمزی و مکانیزم‌های اجتنابی که در جهت کاهش اثر شوری انجام می دهد (۶)، مقدار زیادی از انرژی که از اندام های هوایی جهت رشد خود دریافت می‌کند، صرف مقابله با تنش شوری می نماید. این عمل باعث کاهش کارآیی ریشه در جذب عناصر غذایی و آب برای سایر اندام ها می شود و مجموع این عوامل ممکن است کاهش وزن ریشه را به دنبال داشته باشد. بیشترین وزن خشک ریشه و اندام هوایی در غلظت ۱۰۵۰ میکرولیتر در لیتر دی اکسید کربن مشاهده شد. در واقع افزایش دی اکسید کربن منجر به افزایش فتوسنتز شده است. در طی فرآیند رشد این مواد فتوسنتزی به اندام های رویشی، سیستم ریشه‌ای یا اندام های زایشی اختصاص می یابد (۲). نتایج مطالعه بوکر و همکاران (۸) نشان داد که دی اکسید کربن بر تخصیص ماده خشک به اندام‌های هوایی موثر است. بطوری که در گیاه سویا، ازدیاد غلظت دی‌اکسیدکربن تخصیص ماده خشک را به ترتیب در ریشه، ساقه و

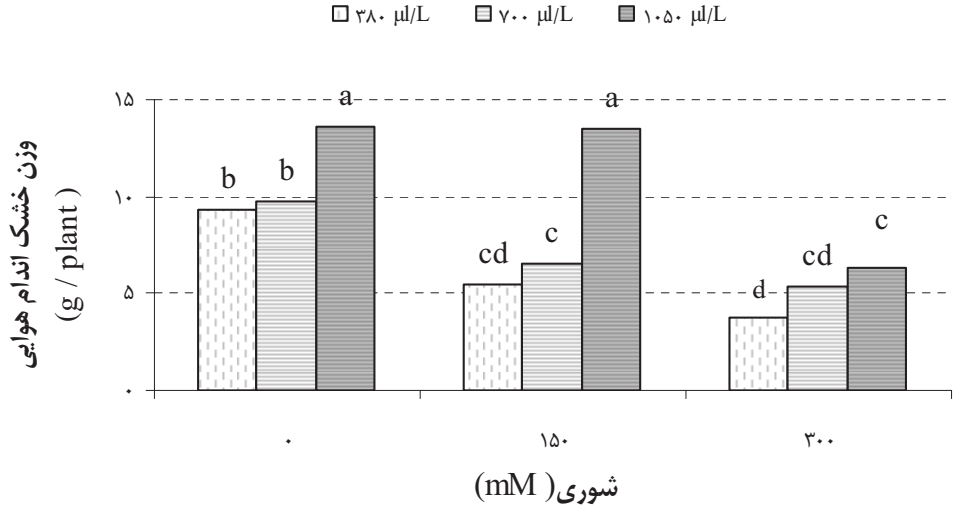
برگ افزایش داد. برهمکنش دو عامل دی‌اکسیدکربن و تنش شوری در گیاه چهار کربنه *Spartina densiflora* نیز نشان داد بیشترین وزن خشک بوته در غلظت ۷۰۰ میکرولیتر در لیتر دی‌اکسیدکربن نسبت به غلظت ۳۸۰ میکرولیتر در لیتر و در غلظت های صفر و ۱۷۱ میلی مولار کلرید سدیم می باشد (۱۳). در یک مطالعه سه رقم از گیاه بنفشه افریقایی و داودی تحت دی اکسید کربن به غلظت ۳۳۵ (نرمال) و ۹۰۰ میکرولیتر در لیتر قرار گرفتند. با افزایش دی اکسید کربن، افزایش وزن خشک همراه با برگهای بیشتر و بزرگتر در بنفشه آفریقایی و ایجاد ساقه ضخیم تر و طویل تر در شاخه های جانبی داودی مشاهده گردید (۲۵).

تعداد برگ، سطح برگ، ارتفاع بوته و قطر ساقه

اثرات ساده دی‌اکسیدکربن و شوری بر میانگین تعداد برگ، سطح برگ و ارتفاع گیاه مورد آزمایش معنی دار بود ($p<0/01$). اثرات ساده دی‌اکسیدکربن و شوری بر میانگین قطر ساقه نیز به ترتیب در سطح احتمال ۱ و ۵٪ معنی دار شد (جدول ۲).



شکل ۱ – تاثیر غلظت های دی اکسید کربن بر وزن خشک ریشه آمارانتوس زینتی در شرایط تنش شوری



شکل۲ - تاثیر غلظت های دی اکسید کربن بر وزن خشک اندام هوایی آمارانتوس زینتی در شرایط تنش شوری

این در حالی است که برهمکنش دو عامل شوری و دی‌اکسیدکربن در صفات قطر ساقه و تعداد برگ معنی دار نشد و در سطح برگ و ارتفاع ساقه به ترتیب در سطح احتمال ۱ و ۵٪ تفاوت معنی داری نشان داد (جدول ۲). به این ترتیب بیشترین تعداد برگ، مربوط به شوری صفر میلی مولار، با میانگین ۶۹/۱۱ و غلظت ۱۰۵۰ پی پی ام به میزان ۵۷/۲۲ برای هر گیاه بود (جدول ۳). بررسی اثر ساده دو عامل مورد بررسی نشان داد با افزایش غلظت دی‌اکسیدکربن تا۷۰۰ میکرولیتر در لیتر، میانگین سطح برگ ۳۴ درصد نسبت به میانگین شاهد افزایش یافت، در حالی که غلظت ۱۰۵۰ میکرولیتر در لیتر دی‌اکسیدکربن، سطح برگ را نسبت به شاهد ۱۵/۶ درصد کاهش داد (جدول ۳). از طرفی با افزایش سطوح شوری به تدریج از میزان میانگین این صفت کم شد (جدول ۳). همچنین برهمکنش دو تیمار شوری و دی‌اکسیدکربن نشان داد در شرایط عدم استفاده از آب حاوی نمک (شاهد)، غلظت ۷۰۰ میکرولیتر در لیتر دی‌اکسیدکربن میانگین سطح برگ را نسبت به غلظت ۳۸۰ میکرولیتر در لیتر دی‌اکسیدکربن ۱۷۸/۴۱۶ سانتیمتر مربع بهبود بخشیده و با افزایش غلظت دی‌اکسیدکربن از ۷۰۰ به ۱۰۵۰ میکرولیتر در لیتر، در همین سطح از شوری، سطح برگ کاهش چشم گیری نشان داد (جدول ۶). در بالاترین سطح دی‌اکسیدکربن، ارتفاع بوته نسبت به شاهد ۱۳/۹۴سانتیمتر افزایش یافت (جدول ۳). از طرفی با اعمال تیمار شوری به تدریج از میانگین مقادیر این صفت کاسته شد، به طوریکه میانگین ارتفاع بوته از ۶۳/۵ سانتیمتر در شرایط عدم تنش به ۳۹/۷ سانتیمتر در تنش شدید رسید. بیشترین میانگین ارتفاع بوته در سطح ۱۰۵۰ میکرولیتر در لیتر دی‌اکسیدکربن و در شاهد تنش برابر ۷۴/۶ سانتیمتر مشاهده شد (جدول ۶). با افزایش دی‌اکسیدکربن از ۳۸۰ به ۷۰۰ میکرولیتر در لیتر قطر ساقه ۲۳درصد و با افزایش دی‌اکسیدکربن از ۷۰۰ به ۱۰۵۰ میکرولیتر در لیتر ۱۴ درصد افزایش داشت (جدول ۳). ضمن اینکه با افزایش شوری از صفر به ۱۵۰ میلی مولار میانگین قطر ساقه از ۸/۴ به ۶/۶ سانتیمتر رسید. از آنجا که یک رابطه مثبت بین افزایش سرعت رشد با زمان ظهور و توسعه برگ های آنها وجود دارد، افزایش غلظت دی‌اکسیدکربن از طریق افزایش سرعت رشد، باعث افزایش تعداد برگ آنها می گردد (۱۶). گزارش شده است افزایش غلظت دی‌اکسیدکربن از ۳۸۰ به ۷۵۰ میکرولیتر در لیتر تعداد برگ های گیاه *Guzmania hilda* را به طور معنی داری افزایش داد (۱۲). همچنین افزایش دی‌اکسیدکربن به میزان ۱۰۰۰ تا۱۵۰۰ میکرولیتر در لیتر تعداد برگ در گل های بگونیا، افوربیا[1] و افلاندرا[2] را ۱۰ تا ۲۰ درصد افزایش داد (۲۶). در تحقیق فوق با افزایش سطوح شوری سطح برگ کم شد که این کاهش سطح برگ با کاش تعداد برگ نیز همراه بود. کاهش سطح برگ در اثر شوری یا در نتیجه کاهش تعداد برگ به علت کاهش فتوسنتز و یا کاهش اندازه برگ در اثر کاهش فشار تورژسانس است (۳۲). از طرفی مشاهده شد غلظت ۷۰۰ میکرولیتر در لیتر دی‌اکسیدکربن پارامترهای رشدی نظیر سطح برگ را به دلیل افزایش آسیمیلاسیون برگی و افزایش فتوسنتز، افزایش داد (۲۳). بنا به گزارش ماوروگیانوپولس (۲۲) افزایش دی‌اکسیدکربن تا ۱۲۰۰ میکرولیتر در لیتر، در افزایش سطح برگ در شرایط تنش شوری ۵۰-۲۵ میلی مولار کلرید سدیم مؤثر است، در پژوهش حاضر افزایش سطح برگ فقط تا غلظت ۷۰۰ میکرولیتر در لیتر مشاهده شد و با افزایش بیشتر غلظت دی‌اکسیدکربن تا ۱۰۵۰ میکرولیتر در لیتر مقادیر این صفت کاهش یافت. مطالعات انجام شده بر گیاه *Guzmania hilda* نیز نشان داد با دو برابر شدن غلظت دی‌اکسیدکربن از ۳۸۰ به ۷۵۰ میکرولیتر در لیتر سطح برگ ۳۴ درصد نسبت به تیمار شاهد (۳۸۰ میکرولیتر در لیتر) افزایش یافت (۱۲). همچنین در گیاهان چهار کربنه ذرت، سورگوم و نیشکر گزارش شده افزایش دی‌اکسیدکربن تا دوبرابر میزان فعلی باعث افزایش سطح برگ شده است (۳۷). در طالبی کمترین طول بوته اصلی در بالاترین سطح تنش شوری بررسی شده یعنی ۵۰ میلی مولار کلرید سدیم، گزارش شد که با افزایش دی‌اکسیدکربن تا ۱۲۰۰ میکرولیتر در لیتر تا حدودی ارتفاع ساقه بهبود یافت (۲۲). همچنین افزایش دی‌اکسیدکربن تا سطح ۱۵۰۰- ۱۰۰۰ میکرولیتر در لیتر ارتفاع ساقه گلهای داودی، ژربرا و افوربیا را تا ۱۰ سانتیمتر نسبت به شاهد افزایش داد (۲۶). در گیاه آلروپوس لیتورالیس[3] مشاهده شده است، تنش شوری ۳۰۰ میلی مولار بر متر میزان بافت خشک بخش هوایی و طول ساقه را به ترتیب ۳۰ و ۱۳ درصد کاهش داد (۳).

حجم و طول ریشه

نتایج این پژوهش نشان داد اثر ساده شوری و هم چنین برهمکنش شوری و دی‌اکسیدکربن بر میانگین دو صفت طول و حجم ریشه معنی دار بود ($p<0/01$). بررسی اثر ساده تنش شوری نشان داد با افزایش تنش، در سطح ۳۰۰ میلی مولار نمک، میانگین طول ریشه ۲۰ درصد نسبت به میانگین شاهد کاهش یافت (جدول ۳). همچنین تنش شوری حجم ریشه را نیز به طور منفی تحت تاثیر

1- *Euphorbia pulcherrima*

2- *Aphelandra squarrosa*

3- *Aeluropus littoralis*

قرار داد. به گونه ای که در تنش شدید میانگین حجم ریشه ۵۰ درصد نسبت به میانگین شاهد کاهش یافت. نتایج بر همکنش دو عامل مورد بررسی نیز نشان داد بیشترین حجم ریشه در تیمار بدون تنش (شاهد) و در غلظت های ۳۸۰ و ۷۰۰ میکرولیتر در لیتر دی‌اکسیدکربن به ترتیب برابر ۱۸/۳۳ و ۱۸/۵۰ سانتیمتر مکعب بود (جدول ۶)، و بیشترین طول ریشه نیز در غلظت ۳۸۰ میکرولیتر در لیتر دی‌اکسیدکربن و در سطح ۱۵۰ میلی مولار تنش شوری مشاهده شد (جدول ۶). طول ریشه و شوری با یکدیگر رابطه معکوس دارند. افزایش شوری تا ۳۰۰ میلی مولار طول ریشه را کم کرد. در واقع ویژگی جذب انتخابی در ریشه به مشابه یک فیلتر، عبور یونها را کنترل و نسبت مطلوب یون های سدیم و پتاسیم را برای فعالیت های مطلوب فراهم ساخته است (۳۳). هرگونه اختلال در سیستم جذب و انتقال انتخابی مواد که در اثر نامناسب بودن شرایط شیمیایی خاک ایجاد شود، می تواند از طریق فراهم نمودن نسبت نا مطلوب K/Na روی فرآیند های فیزیولوژیکی گیاه تاثیر منفی گذاشته و به اصطلاح ایجاد مسمومیت کند. در صورتی که گیاه بخواهد از مکانیزم های اجتناب که شامل تراوش یون ها به بیرون ریشه، جذب توسط سلول‌های پارانشیمی آوند چوبی، سیستم مبادله بین آوند آبکش و توزیع شیب یونی بین بخش های در حال رشد و غیره هستند استفاده کند، باید نمک موجود در سیتوپلاسم خود را در حد پایین نگه دارد (۶)، که این عمل ممکن است باعث عدم توسعه ریشه، چوب پنبه ای شدن و در نتیجه کاهش طول آن شود. در گیاه مرتعی آلروپوس لیتورالیس[1] مشاهده شده است طول ریشه تحت تنش شوری ۳۰۰ میلی مولار کاهش یافت (۳).

جدول ٤- میانگین مربعات حاصل از تجزیه واریانس صفات فیزیولوژیک اندازه گیری شده در گل آمارانتوس

منابع تغییر	درجه آزادی	شاخص کلروفیل	هدایت روزنه ای	نشت الکترولیت	محتوای رطوبت نسبی
دی اکسیدکربن	۲	۱۳/۴۲ *	۷۰/۸۳ **	۱۲۶۷/۸۶ **	۱۴۷۲/۲۰ **
خطا	۶	۲/۳۸	۱/۵۹	۲۲/۰۷	۲۸/۲۸
تنش شوری	۲	۷۳/۰۱ **	۲۸/۳۹ **	۴۶۷۵/۱۱ **	۲۴۷۵/۶۹ **
دی اکسیدکربن× تنش شوری	۴	۵۱/۱۴ ns	۴/۶۲ ns	۶۲۳/۶۷ **	۶۸۷/۴۴ **
خطا	۱۲	۳/۷۱	۲/۴۵	۷۱/۸۲	۷/۵۴

** و*: به ترتیب معنی دار در سطح احتمال ۱ و ۵ درصد و ns بیانگر عدم تفاوت معنی دار می باشد.

جدول ۵- مقایسه میانگین اثرات ساده دی‌اکسیدکربن و شوری بر صفات فیزیولوژیک گل آمارانتوس

تیمار	شاخص کلروفیل	هدایت روزنه ای ($mmol.m^{-2}.s^{-1}$)	نشت الکترولیت (%)	محتوای رطوبت نسبی (%)
دی اکسیدکربن ($\mu l.l^{-1}$)				
۳۸۰	۲۳/۷ b	۸/۴۶ b	۵۴/۹۱ a	۴۵/۰۹ b
۷۰۰	۲۳/۹۴ b	۹/۴۲ b	۳۶/۸۹ b	۶۷/۰۵ a
۱۰۵۰	۲۵/۹۷ a	۱۳/۷۳ a	۵۹/۲۹ a	۶۷/۴۳ a
شوری (mM)				
۰	۲۷/۵ a	۱۲/۵۳ a	۲۵/۹۲ c	۷۷/۱۳ a
۱۵۰	۲۴/۴ b	۹/۱۲ b	۵۴/۱۵ b	۵۸/۴۰ b
۳۰۰	۲۱/۸ c	۹/۹۶ b	۷۱/۰۳ a	۴۴/۰۵ c

میانگین هایی که در هر ستون دارای حروف مشترک می باشند، مطابق آزمون LSD ($p < 0.05$) تفاوت معنی داری ندارند.

1- *Aeluropus littoralis*

جدول ٦- مقایسه میانگین برهمکنش دی‌اکسیدکربن و شوری بر صفات مورفوفیزیولوژیک آمارانتوس

دی اکسید کربن ($\mu l.l^{-1}$)	شوری (mM)	سطح برگ (cm^2)	ارتفاع بوته (cm)	طول ریشه (cm)	حجم ریشه (cm^3)	محتوای رطوبت نسبی (%)
	۰	۱۰۰۱/۱۶ b	۵۳/۸۳ b	۳۱/۱۶ b	۱۸/۳۳ a	۷۵/۳۹ b
۳۸۰	۱۵۰	۱۳۴/۵۶ e	۳۹/۶۶ c	۳۵ a	۱۴ b	۴۴/۶۹ e
	۳۰۰	۱۵۸/۷۸ e	۳۵/۳۳ c	۲۲/۶۶ e	۱۳/۳۳ bc	۱۵/۱۹ f
	۰	۱۱۷۸/۵۸ a	۶۲/۱۶ b	۲۵/۱۶ cde	۱۸/۵۰ a	۸۱/۷۶ a
۷۰۰	۱۵۰	۳۵۸/۲۶ d	۳۵/۱۶ c	۲۳ e	۱۰ d	۷۱/۹۶ bc
	۳۰۰	۲۰۲/۱۴ de	۴۳ c	۲۷/۱۶ cd	۷/۵۰ e	۴۷/۴۳ e
	۰	۶۶۶/۷۷ c	۷۴/۶۶ a	۲۷/۸۳ c	۱۰/۸۳ d	۷۴/۲۳ bc
۱۰۵۰	۱۵۰	۲۸۷/۱۸ de	۵۵ b	۲۴/۱۶ de	۱۱/۶۶ cd	۵۸/۵۴ d
	۳۰۰	۱۳۸/۰۴ e	۴۱ c	۱۷/۵۰ f	۲/۸۳ f	۶۹/۵۳ c

میانگین هایی که در هر ستون دارای حروف مشترک می باشند، مطابق آزمون LSD ($p < 0.05$) تفاوت معنی داری ندارد.

در نتایج بدست آمده از پژوهش حاضر، افزایش دی‌اکسیدکربن باعث کاهش طول و حجم ریشه شد (جدول ۲)، اما مطالعات نشان داده است دی اکسید کربن در غلظت ۱۰۰۰ تا ۲۰۰۰ میکرولیتر در لیتر باعث طویل شدن ریشه گیاهانی نظیر بگونیا[1]، کامپانولا[2]، ماگنولیا[3] و پپرومیا[4] می گردد، ضمن اینکه درصد ریشه دهی را در میخک، داودی، عشقه و پلارگونیوم افزایش داد (۲۶). بوکر و همکاران (۸)، نشان دادند که مطالعات افزایش غلظت دی اکسید کربن در گلدان با مشکل کاهش حجم ریشه همراه بود که خود باعث کاهش ظرفیت فتوسنتزی به علت بر هم خوردن تعادل کربوهیدراتی منبع- مخزن شد و این فیدبک ممانعتی در گیاهان رشد یافته در خاک مزرعه کمتر دیده شد. بنابراین اگر این آزمایش در شرایط مزرعه‌ای انجام می شد احتمال افزایش طول و حجم ریشه وجود داشت.

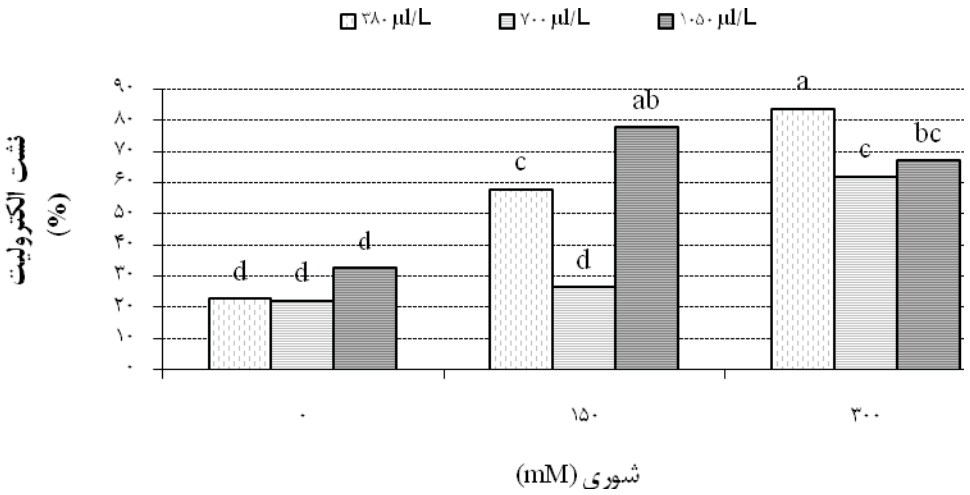
هدایت روزنه ای

نتایج نشان داد اثر ساده تنش شوری و دی‌اکسیدکربن بر میانگین هدایت روزنه ای در سطح احتمال ۱ درصد معنی دار بود ($p <$ ۰/۰۱). این در حالی است که بر همکنش شوری و دی اکسید کربن بر میانگین هدایت روزنه ای تاثیر معنی داری نداشت. با افزایش میزان تنش از مقدار هدایت روزنه ای کم شد (جدول ۳). به طوری که تنش ۱۵۰ میلی مولار کلریدسدیم میانگین هدایت روزنه ای را نسبت به شاهد برابر ۲۷/۲ درصد کاهش داد. در ارتباط با کاهش هدایت روزنه‌ای تحت تاثیر تنش شوری می توان گفت سمیت بسیار شدید نمک با افزایش پتانسیل اسمزی محیط اطراف ریشه سبب بسته شدن روزنه ها و کاهش هدایت روزنه ای گردیده است (۴). در شرایط تنش شوری گیاه به طور موقت دچار کمبود آب شده، که خود در افزایش هورمون آبسیزیک اسید و به دنبال آن بسته شدن روزنه ها موثر است (۴). همچنین مطالعه بر همکنش دو عامل مورد بررسی نشان داد با افزایش سطوح تنش، به تدریج از میانگین میزان هدایت روزنه ای کم شد (جدول ۶). با افزایش دی اکسید کربن در تحقیق حاضر میزان هدایت روزنه ای افزایش یافت. ماوروگیانوپولوس و همکاران (۲۲) این افزایش را به دمای برگ در زمان اندازه گیری هدایت روزنه ای و میزان تبخیر از سطح برگ نسبت داده اند. در طالبی (۲۲) گزارش شده است افزایش دی اکسید کربن از ۸۰۰ به ۱۲۰۰ پی پی ام در شرایط شوری منجر به افزایش هدایت روزنه ای شده است.

نشت الکترولیت، محتوای رطوبت نسبی

نتایج آزمایش فوق نشان داد که اثر ساده و متقابل دو عامل مورد بررسی بر درصد نشت الکترولیت و محتوای رطوبت نسبی معنی دار بود ($p<$۰/۰۱). با اعمال تنش شوری، به تدریج میزان نشت الکترولیت افزایش و محتوای رطوبت نسبی کاهش یافت. به طوریکه در بالاترین سطح تنش نشت الکترولیت و محتوای رطوبت نسبی به ترتیب به ۷۱ و ۴۴ درصد رسید. از طرفی بررسی اثر متقابل دو عامل دی‌اکسیدکربن و شوری نشان داد افزایش دی‌اکسیدکربن می تواند در کاهش درصد نشت الکترولیت موثر باشد. اعمال تیمار ۷۰۰ و ۱۰۵۰ میکرولیتر در لیتر دی‌اکسیدکربن در بالاترین سطح نمک درصد نشت الکترولیت را به ترتیب به میزان ۲۶ و ۱۹ درصد نسبت به میانگین شاهد دی‌اکسیدکربن کاهش داد (شکل ۳).

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



شکل۳- تاثیر غلظت های متفاوت دی‌اکسیدکربن بر نشت الکترولیت آمارانتوس زینتی در شرایط تنش شوری

محتوای نسبی آب برگ همبستگی بالایی با پتانسیل آب برگ دارد و کاهش محتوای آب نسبی برگ منجر به بسته شدن روزنه ها، کاهش فتوسنتز و در مقادیر شدید منجر به توقف انتقال الکترون، ممانعت نوری و تخریب غشا می‌شود. بیشترین محتوای رطوبت نسبی در غلظت ۷۰۰ میکرولیتر در لیتر دی‌اکسیدکربن و شاهد شوری (صفر میلی مولار کلرید سدیم) برابر ۸۲ درصد مشاهده شد. در واقع نشت الکترولیت بیانگر میزان آسیب دیدگی غشای سلولی است. در شرایط تنش نسبت یون سدیم به پتاسیم افزایش می یابد. افزایش یون های سدیم منجر به آسیب دیدگی غشای سلولی می گردد. مطلب فوق در گیاه نخل روغنی تحت تنش شوری نیز به اثبات رسیده است (۹).

کاهش محتوای رطوبت نسبی در برگ ابتدا به دلیل بسته شدن روزنه ها و کاهش فتوسنتز و با افزایش شوری به دلیل توقف انتقال الکترون و ممانعت نوری در چرخه فتوسنتزی می‌باشد. لوپز و همکاران (۲۱)، با بررسی برهمکنش شوری و دی‌اکسیدکربن در گیاه جو گزارش کرد در شرایط شاهد میزان محتوای رطوبت نسبی ۹۷ درصد بود ولی در بیشترین سطح شوری (۲۴۰ میلی مولار) در دی‌اکسیدکربن ۳۵۰ میکرولیتر در لیتر (شاهد) به ۸۵ درصد رسید. این در حالی است که در همین سطح از شوری با افزایش گاز دی‌اکسیدکربن تا ۷۰۰ میکرولیتر در لیتر میزان محتوای رطوبت نسبی به ۹۰ درصد رسید. در گیاه *Aster tripolium* مشاهده شد با افزایش محتوای نسبی آب برگ با افزایش شوری از شاهد تا ۲۵ درصد نمک دریا (SWS) از ۸۶ درصد تا ۸۸ درصد افزایش یافت ولی با افزایش میزان شوری رو به کاهش گذاشت (۱۵).

شاخص کلروفیل

مقایسه میانگین های مربوط به صفت شاخص کلروفیل (عدد اسپد) نشان داد اثرات ساده دی‌اکسیدکربن و شوری به ترتیب در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد معنی دار است (جدول ۴). این در حالی است که برهمکنش دو عامل مورد اندازه گیری معنی دار نشد. در این گیاه نیز شوری شاخص کلروفیل را کم کرد. در تیماری که گیاهان تنها با آب مقطر آبیاری می شدند شاخص کلروفیل برابر ۲۷/۵ اندازه‌گیری شد و در شدید ترین تنش شوری اعمال شده (۳۰۰ میلی مولار) این میزان به ۲۱/۸ رسید (جدول ۵). همچنین بررسی اثر ساده دی‌اکسیدکربن نشان داد با افزایش دی‌اکسیدکربن از ۷۰۰ میکرولیتر در لیتر به ۱۰۵۰ میکرولیتر در لیتر شاخص کلروفیل ۸ درصد افزایش یافت.

کاهش میزان کلروفیل در اثر شوری می تواند به دلیل کاهش ساخت آن و یا افزایش تجزیه آن باشد. سانتوز (۳۳) گزارش کرد که در روزهای اولیه پس از تنش شوری فعالیت آنزیم کلروفیلاز که سبب تجزیه کلروفیل می شود افزایش می یابد، ولی با گذشت زمان و در غلظت های بالاتر نمک، کاهش ساخت کلروفیل، دلیل اصلی کاهش میزان آن است. زیرا شوری زیاد مانع تشکیل ALA[1] می شود. ALA پیش ماده پروتو کلروفیل است که در معرض نور تبدیل به کلروفیل می شود. این در حالی است که بر همکنش دو عامل دی‌اکسیدکربن و شوری در گیاه چهار کربنه *Spartina densiflora* نشان داد با افزایش شوری تا ۵۱۰ میلی مولار در هر دو سطح دی‌اکسیدکربن استفاده شده (۳۸۰ و ۷۰۰ میکرولیتر در لیتر) میزان رنگدانه های فتوسنتزی افزایش می یابد (۱۳). برهمکنش شوری و دی‌اکسیدکربن

1- Aminolaevulinic acid

در طالبی (۲۲) نشان داده است محتوای کلروفیل با افزایش دی‌اکسیدکربن از ۴۰۰ به ۸۰۰ میکرولیتر در لیتر افزایش یافته و از طرفی افزایش شوری تا ۵۰ میلی مولار منجر به کاهش مقادیر این صفت شده است. این در حالی است که چن و همکاران (۱۰)، در مطالعات خود بر گیاه پپینو[1] گزارش کردند افزایش شوری و دی‌اکسیدکربن به طور هم زمان منجر به کاهش مقادیر کلروفیل می‌شود.

نتیجه گیری

آنچه مسلم است افزایش تنش شوری بر کلیه صفات مورفولوژیک اندازه گیری شده ازجمله ارتفاع ساقه، تعداد برگ، وزن خشک اندام هوایی و ریشه اثر کاهشی داشته است. از طرفی افزایش دی‌اکسیدکربن باعث بهبود اثرات سوء شوری شد، به طوری که در گیاه زینتی آمارانتوس در صفاتی نظیر سطح برگ و نشت الکترولیت، غلظت ۷۰۰ میکرولیتر در لیتر و در صفاتی مثل وزن خشک ریشه و اندام هوایی و ارتفاع بوته غلظت ۱۰۵۰ میکرولیتر در لیتر دی‌اکسیدکربن عکس العمل بهتری را نسبت به شوری نشان داد.

منابع

۱- شور م.، گلدانی م. و مندنی ف. ۱۳۸۸. اثر افزایش غلظت دی اکسید کربن بر صفات مورفوفیزیولوژیکی گل جعفری (*Tagets* spp)، ابری (*Ageratum* spp) و رعنا زیبا (*Gaillardia* spp) در شرایط گلخانه. مجلهٔ بوم شناسی کشاورزی ۱ (۲): ۱۰۱ – ۱۰۸.

۲- نصیری محلاتی م.، کوچکی ع.ر. و رضوانی مقدم پ. ۱۳۸۱. اثر تغییر اقلیم جهانی بر تولیدات کشاورزی. انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد. ۳۸۸ص.

3- Abbasi F., Khavari Nagad R.A., Koocheki A., and Fahimi H. 2002. Effect of salinity on growth and physiological aspects of *Aleuropus Littoralis*. Biaban 7(1).

4- Aldesuquy H.S., and Ibrahim A.H. 2001. Interactive effect of seawater and growth bio- regulators on water relations, absicisic acid concentration, and yield of wheat plants. Journal of Agron Crop Sciences, 187: 185-193.

5- Beerling D.J., and Kelly C.K. 1997. Stomatal density responses of temperate woodland plants over the past seven decades of CO_2 increase: a comparison of Salisbury with contemporary data. American Journal of Botany, 84: 1572–1583.

6- Blum A. 1988. Salinity resistance. CRC. (Press).

7- Bohnert H.J., and Jensen R.G. 1996. Metabolic engineering for increased salt tolerance the next step. Australian Journal of Plant Physiology, 23: 661-667.

8- Booker F.L., Miller J.E., Pursley W.A., and Stefanski L.A. 2005. Comparative responses of container versus ground- grown soybean to elevated carbon dioxide and ozone. Crop Science, 45: 883-895.

9- Cha-um S., Takabe T., and Kirdmanee C. 2010. Ion Contents, relative electrolyte leakage, proline accumulation, photosyntheticabilities and growth caracthers of oil palm seedlings in response to salt stress. Pakistan Journal of Botani, 42: 2191-2020.

10- Chen K., Hu G., Keutgen N., Janssens M.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.

11- Cheng W., Sakai H., Yagi K., and Hasegawa T. 2009. Interactions of elevated Co_2 and night temperature on rice growth and yield. Agricultural and Forest meteorology, 149: 51-58.

12- Croonenborghs S., Ceusters J., Londers E., and De Proft M.P. 2009. Effect of elevated CO_2 on growth and morphological characteristics of ornamental bromeliads. Scientia Horticulture, 121: 192-198.

13- Figueroa M.E. 2010. Synergic effect of salinity and CO_2 enrichment on growth and photosynthetic responses of the invasive cordgrass Spartina densiflora. Journal of Experimental Botany, 1-12.

14- Fritschi F.B., Boote K.J., Sollenberger L.E., Allen J.L.H., and Sinclair T.R. 1999. Carbon dioxide and temperature effects on forage establishment: photosynthesis and biomass production. Global Change Biology, 5: 441-453.

15- Geissler N., Hussin S., and Koyro H.W. 2009. Interactive effects of NaCl salinity and elevated atmospheric CO_2 concentration on growth, photosynthesis, water relations and chemical composition of the potential cash crop halophyte *Aster tripolium* L. Environmental and Experimental Botany, 65: 220-231.

16- Heienemann A.B., Maia A.H.N., Dourado-Neto D., Ingram K, T., and Hoogenboom G. 2006. Soybeen (*Glycine max* (L.) Merr) Growth and development response to CO_2 enrichment under different temperature regimes. European Journal of Agronomy, 24: 52-61.

17- Kerepesi H., and Galiba G. 2000. Osmotic and salt stress Induced alteration in soluble carbohydrate content in

1- *Solanum muricatum* Ait

wheat seedling. Crop Science, 40: 482-487.
18- Knapp A.K., Hamerlyn C.K., and Owensby C.E. 1993. Photosynthetic and water relations response to elevated CO_2 in the C_4 grass. Andropogon gerardii. International Journal Plant Science, 154: 459-466.
19- 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 CO_2 concentration in the absence of drought. Plant Physiology, 140: 779-90.
20- Levitt J. 1980. Salt and ion stresses in: Responsesof plant to environmental stress. Academic Press, INC.
21- Lopez U.P., Robredo A., Lacuesta M., Mena-Petite A., and Noz-Rueda A.M. 2009. The impact of salt stress on the water status of barley plants is partially mitigated by elevated CO_2 Environmental and Experimental Botany, 66: 463-470.
22- Mavrogianopoulos G.N., Spanakis J., and Tsikalas P. 1999. Effect of carbon dioxid enrichment and sanility on photosynthesis and yield in melon. Scientia Horticulturae, 79: 51-63.
23- Melgar J.C., Syvertsen P., and Garcia-Sanchez F. 2008. Can elevated CO_2 improve salt tolerance in olive trees? Journal of Plant Physiology, 165: 631-640.
24- Mortensen L.M., and Moe R. 1992. Effects of Co_2 enrichment and different day/night temperature combinations on growth and flowering of *Rosa* L. and *Kalanchoe blossfeldiana* V. pollen. Scientia Horticulturae, 51: 145-153.
25- Mortensen L.M. 1987. Review: CO_2 enrichment in Greenhouses. Crop Responses. Scientia Horticulturae, 33: 1-25.
26- Mortensen L.M. 1986a. Effect of relative humidity on growth and flowering of some greenhouse plants. Scientia Horticulturae, 29: 301-307.
27- Mortensen L.M. 1986b. Effect of intermittent as compared to continuous CO_2 enrichment on growth and flowering of *Chrysanthemum X morifolium* Ramat. and *Saintpaulia ionantha* H. Wendl. Scientia horticulture, 29(3): 283-289.
28- Nilsen S., Hovland K., Dons C., and Sletten S.P. 1983. Effect of Co_2 enrichment on photosynthesis, growth and yield of tomato. Scientia Horticulturae, 20: 1-14.
29- Pessarakli M., Tucker T.C., and Nakabayashi K. 1991. Growth response of barley and wheat to salt stress. Journal of Plant Nutrition, 14: 331-340.
30- Poorter H. 1993. Interspecific variation in the growth response of plants to an elevated ambient CO_2concentration. Vegetatio, 104/105: 77-97.
31- Rastegar M.A. 2005. Weeds plant. University of Tehran. Press.
32- Rawson H.M., Iong M.J., and Munns R. 1988. Growth and development in NaCl treated plants. Journal of Plant Physiology, 15: 519-527.
33- Santos C.V. 2004. Regulation of chlorophyll biosynthesis and degradation by salt stress in sunflower leaves. Scientia Horticulturae, 103:93-99.
34- Shabala S., Babourina O., and Newman H. 2000. Ion specific mechanisms of osmoregulation in bean mesophyll cells. Journal of Experimental Botany, 51: 1243-1253.
35- Tremblay N., and Gosselin A. 1998. Effect of Carbon dioxide Enrichment and light .Hort technology, 8(4): 524-528.
36- Uprety D.C., Dwivedi J.N., and Mohan V.R. 2002. Effect of elevated carbon dioxide concentration on the stomatal parameters of rice cultivars. Photosynthetica, 40: 315-319.
37- Ziska L.H., and Bunce J.A. 1997. Influence of increasing carbon dioxide concentration on the photosynthetic and growth stimulation of selected C_4 crops and weeds. Photosynthesis Research, 54: 199-208.