نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد 1، شماره 2، زمستان 1388، ص. 108-101

Journal of Agroecology
Vol. 1, No. 2, Fall 2009, p. 101-108

اثر افزایش غلظت دی اکسید کربن بر صفات مورفوفیزیولوژیکی گل جعفری (*Tagets* spp)، ابری (*Ageratum* spp) و رعنا زیبا (*Gaillardia* spp) در شرایط گلخانه

محمود شور[1]، مرتضی گلدانی[2] و فرزاد مندنی*[3]

تاریخ دریافت: 88/9/19
تاریخ پذیرش: 88/10/30

چکیده

غلظت دی‌اکسیدکربن اتمسفر طی چند دهۀ گذشته افزایش یافته است. بنابراین انتظار می‌رود که این افزایش روی تولید گیاهان تأثیر بگذارد. به منظور ارزیابی اثرات افزایش غلظت دی‌اکسیدکربن بر صفات مورفوفیزیولوژیکی گل جعفری، ابری و رعنا زیبا، یک آزمایش فاکتوریل بر پایه طرح کاملاً تصادفی با 3 تکرار و 12 تیمار در گلخانۀ تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد در سال 1388 اجرا شد. تیمارهای آزمایشی شامل گونه‌های گیاهی (گل جعفری، ابری و رعنا زیبا) و غلظت‌های 350، 700، 1050 و 1400 پی‌پی‌ام دی‌اکسیدکربن بود. گیاهان به مدت 30 روز تحت تأثیر افزایش غلظت دی‌اکسیدکربن قرار گرفتند. در طول دورۀ آزمایش در کلیۀ تیمارها متوسط درجه حرارت روزانه و شبانه به ترتیب 25 و 18 درجه سانتیگراد در نظر گرفته شد. در پایان 30 روز تعداد برگ تک بوته، شاخص روزنه، قطر روزنه ها، سطح برگ تک بوته، عدد اسپد و وزن خشک تک بوته اندازه‌گیری شدند. نتایج نشان داد که با افزایش غلظت دی‌اکسیدکربن از 350 به 1400 پی‌پی‌ام، تعداد برگ تک بوته، شاخص روزنه، سطح برگ تک بوته، عدد اسپد و وزن خشک تک بوته به ترتیب 41/6، 3/35، 61/1، 17/1 و 73/9 درصد افزایش یافت، درصورتی که افزایش غلظت دی‌اکسیدکربن منجر به کاهش 62 درصدی قطر روزنه شد. در بین صفات مورد ارزیابی، تجمع مادۀ خشک و سطح برگ تک بوته بیشترین واکنش را نسبت به افزایش غلظت دی‌اکسیدکربن از خود نشان دادند. از آنجا که یک رابطۀ مثبت بین افزایش سطح برگ و تجمع مادۀخشک در اکثر گیاهان وجود دارد. پس افزایش غلظت دی‌اکسیدکربن از طریق افزایش صفات نام برده می‌تواند در افزایش تولید و سوددهی کشت و کار گل جعفری، ابری و رعنا زیبا بسیار موثر باشد.

واژه‌های کلیدی: شاخص روزنه، عدد اسپد، گیاهان زینتی، مادۀ خشک

مقدمه

از شروع انقلاب صنعتی مصرف بی رویۀ سوخت‌های فسیلی منجر به افزایش چشمگیری در غلظت دی‌اکسی کربن شده است، بطوریکه طی چند دهۀ اخیر غلظت دی‌اکسیدکربن اتمسفر از 280 به حدود 370 پی‌پی‌ام افزایش یافته و پیش‌بینی می‌شود که در هر سال حدود 1/8 پی‌پی‌ام بر غلظت آن افزوده گردد (Beerling & Kelly, 1997; Liu-Gitz et al., 2000). بنابراین انتظار می‌رود غلظت دی‌اکسیدکربن تا پایان قرن حاضر به 600 تا 1000 پی‌پی‌ام افزایش یابد (Cheng et al., 2009; Mavrogianopoulos et al., 1999) نتایج تحقیقات مختلف نشان می‌دهند که در نتیجه افزایش غلظت این گاز تا پایان سال 2100 میلادی، میانگین درجه حرارت کرۀ زمین بین 3 تا 4 درجه سانتیگراد افزایش خواهد یافت و این موضوع باعث ایجاد تغییراتی در صفات مورفوفیزیولوژیکی و عملکرد گیاهان می‌شود (Das, 2003; Lake et al., 2001). پی‌آمدهای تغییر در غلظت دی‌اکسیدکربن اتمسفر به طور وسیعی در بسیاری از مطالعات مورد ارزیابی قرار گرفته است (Beerling & Kelly, 1997)، برای مثال نتایج برخی از آزمایشات نشان می‌دهند زمانی که گیاه در معرض دی اکسید کربن با غلظت بالا قرار می‌گیرد، هدایت روزنه‌ای کاهش می‌یابد. در واقع پاسخ روزنه‌ها به تغییرات محیطی و هدایت روزنه‌ای آنها به صفاتی همچون قطر روزنه، تراکم روزنه، شاخص روزنه، اندازه سلول‌های محافظ و منافذ روزنه و سطح برگ مربوط است. در میان این صفات، قطر روزنه از مهمترین پارامترهای اکوفیزیولوژیکی است که بر تبادلات گازی بین گیاه و اتمسفر تأثیر می‌گذارد (Uprety et al., 2002; Ferris et al., 1994). Pandey et al. (2007) نشان

1 و 2- عضو هیأت علمی دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد
3- دانشجوی دکتری اکولوژی گیاهان زراعی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد
(* - نویسنده مسئول: Email: fa_mo300@stu-mail.um.ac.ir)

دادند که افزایش غلظت دی‌اکسیدکربن به 1000 پی‌پی‌ام و درجه حرارت روزانه 28 و شبانه 18 درجه سانتیگراد به مدت 50 روز، از طریق کاهش طول و عرض روزنه منجر به کاهش قطر روزنه و تراکم سلول‌های اپیدرمی در گل رز شد.

از دیگر صفات تأثیر پذیر از افزایش غلظت دی‌اکسیدکربن اتمسفری، وزن خشک و عملکرد گیاه می‌باشد. برای مثال Cheng et al. (2009) نشان دادند که غلظت 680 پی‌پی‌ام دی اکسید کربن همراه با دمای شبانه 32 درجه سانتیگراد باعث افزایش وزن خشک و عملکرد برنج شد. در برخی دیگر از مطالعات، افزایش غلظت دی‌اکسیدکربن به میزان 800 تا 900 پی‌پی‌ام سبب افزایش تولید برخی ارقام رز (Mortensen &Moe, 1992)، گوجه فرنگی (Nilsen et al. 1983) گل استکانی و بنفشه آفریقایی (Mortensen, 1986) شد. افزایش غلظت دی‌اکسیدکربن همچنین باعث افزایش فتوسنتز خالص در گیاهان گلدانی، گلهای بریده و سبزی‌ها خواهد شد (Mortensen, 1985). افزایش در غلظت دی‌اکسیدکربن بطور غیر مستقیم از طریق افزایش دما در تولید محصول مؤثر خواهد بود. مطالعات مختلف نشان دادند که غنی‌سازی برخی گیاهان نظیر برنج و سویا با دی‌اکسیدکربن منجر به افزایش رشد و عملکرد این گیاهان به دلیل افزایش میزان فتوسنتز آنها شده است (Van Labeke & Dambre, 1998 Croonenborghs et al., 2009).

دی اکسید کربن و نور دو عامل مهم در بهبود شرایط فتوسنتزی گیاهان به شمار می‌روند. در صنعت گلخانه با دستکاری این دو عامل، می‌توان محصولاتی با کمیت بیشتر و کیفیت بهتر تولید کرد. غنی سازی دی اکسید کربن در گلخانه‌ها می‌تواند به عنوان راهکاری برای کاهش زمان تولید، بهبود قدرت رشد و همچنین افزایش کیفیت گیاه استفاده شود (Tremblay & Gosselin, 1998). تحت شرایط غنی از دی اکسید کربن، میزان بالاتر فتوسنتز خالص و به دنبال آن تجمع ماده خشک و افزایش رشد در گیاه مشاهده می‌شود. افزایش فتوسنتز ناشی از افزایش غلظت دی‌اکسیدکربن به دلیل کاهش فعالیت‌های بازدارندگی اکسیژن بر فتوسنتز می‌باشد. غلظت بالای دی‌اکسیدکربن همچنین موجب افزایش دمای بهینه برای رشد می‌شود. کاهش میزان تنفس نیز در شرایط هوای غنی شده با دی‌اکسیدکربن نیز به خوبی مشاهده شده است (Mortensen, 1986). اثر عمده غنی سازی توسط دی‌اکسیدکربن تغییر جهت تعادل بین کربوکسیلاسیون و فعالیت اکسیژنی آنزیم روبیسکو است (Tremblay & Gosselin, 1998).

گل جعفری، ابری و رعنا زیبا گیاهانی یکساله، حساس به سرما و متعلق به تیره آفتابگردان[1] می‌باشند. موارد استفاده از این گیاهان به عنوان گل‌های بریدنی، گلدانی و نیز در حاشیه کاری است (Hetherington & Woodward, 2003). بنابراین با توجه به مصارف بالا و متنوع این گیاهان، این تحقیق با هدف مطالعه صفات مورفوفیزیولوژیکی نشاءهای گل جعفری، ابری و رعنا زیبا تحت شرایط افزایش غلظت دی‌اکسیدکربن در دانشگاه فردوسی مشهد انجام گرفت.

مواد و روش‌ها

مواد گیاهی و شرایط رشد

این تحقیق در سال 1388 در گلخانهٔ تحقیقاتی دانشگاه فردوسی مشهد در قالب آزمایش فاکتوریل بر پایه طرح کاملاً تصادفی با 3 تکرار و 12 تیمار اجرا شد. تیمارهای آزمایشی شامل گونه‌های گیاهی (گل جعفری، ابری و رعنا زیبا) و غلظت‌های 350، 700، 1050 و 1400 پی‌پی‌ام دی‌اکسیدکربن بود. برای تنظیم غلظت دی‌اکسیدکربن از یک سیستم کاملاً خودکار استفاده شد. یک فتوسل دستور روشن و خاموش شدن را به ترتیب در روز و شب انجام می‌داد و تزریق گاز با استفاده از کپسول‌های 50 کیلویی دی‌اکسیدکربن و شیرهای برقی و تایمرهایی که در مسیر قرار داده شده بودند صورت گرفت. با استفاده از یک حسگر دی‌اکسیدکربن قابل حمل اندازه گیری‌های غلظت دی-اکسیدکربن در طول روز انجام شد.

در این تحقیق بذور گل جعفری، ابری و رعنا زیبا را 8 هفته قبل از مساعد شدن برای انتقال نشاء آنها، در داخل گلخانه کشت و پس از 4 برگی شدن، آنها را به خزانه انتظار منتقل کرده و به مدت 30 روز در معرض غلظت‌های دی‌اکسیدکربن قرار گرفتند. متوسط درجه حرارت روزانه 25 ومتوسط درجه حرارت شبانه 18 درجه سانتی‌گراد برای کلیه تیمارها یکسان در نظر گرفته شد. فتوپریود با توجه به زمان آزمایش 12 ساعت روشنایی و 12 ساعت تاریکی بود. میانگین رطوبت نسبی حدود 65 درصد اندازه‌گیری و در طول آزمایش ثبت شد.

اندازه‌گیری‌ها

برای اندازه‌گیری روزنه‌ها از برگ پنجم گیاه استفاده شد که با توجه به اینکه گیاه جعفری دارای برگ مرکب است از برگچه چهارم و با استفاده از یک اسکارپل لایه نازکی از سطح رویی برگ جدا و با پنس آن را روی لام‌های مدرج موسوم به لام توما قرار داده و با استفاده از یک میکروسکوپ با قابلیت تصویربرداری، ابتدا طول و سپس عرض آنها اندازه‌گیری شد و در نهایت اندازه روزنه‌ها بر حسب میکرومتر محاسبه شد. جهت اندازه‌گیری تراکم سلول‌های اپیدرمی و روزنه‌ها نیز از همین روش استفاده و مقادیر در یک میلیمترمربع ثبت شد. عدد اسپد برای هر تیمار توسط دستگاه اسپد مدل 502 قرائت شد. اندازه‌گیری‌ها بر روی برگ پنجم هر گیاه ضمن رعایت

1- Asteracea

دستورالعمل دستگاه، از جمله این که نور مستقیم به حسگر دستگاه نباشد، انجام شد و اعداد نمایش داده شده در نمایشگر اسپد به همان صورت بیان شد. برای اندازه‌گیری شاخص روزنه (SI) بر حسب درصد از معادلهٔ زیر استفاده شد (Chunyan et al., 2008):

$$SI = \left(\frac{S}{S+E}\right) \times 100$$

که در آن S و E، به ترتیب تعداد روزنه و تعداد سلول‌های اپیدرمی در واحد سطح بر حسب میلیمترمربع هستند. برای اندازه‌گیری سطح برگ از دستگاه سطح برگ سنج (مدل Licow) استفاده شد و مقادیر بر حسب سانتی‌مترمربع گزارش شد. جهت اندازه‌گیری وزن خشک از هر تکرار 3 گیاه انتخاب شده و قسمت هوایی گیاه پس از قطع از محل طوقه، در آون با دمای 65 درجه سانتی گراد به مدت زمان لازم خشک شدند و سپس وزن آنها بر حسب گرم در بوته اندازه گیری شد. تعداد برگ‌ها پس از پایان 30 روز در هر تکرار اندازه‌گری شد. برای تجزیه و تحلیل‌های آماری داده‌های آزمایش، از نرم – افزارهای MSTATC و SAS و برای مقایسهٔ میانگین‌ها از آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال 95 درصد استفاده شد.

نتایج و بحث

تعداد برگ

اثر غلظت دی‌اکسیدکربن بر تعداد برگ‌های گیاهان مورد آزمایش معنی دار بود، به نحوی‌که کمترین تعداد برگ در گل ابری (6 عدد) و بیشترین آن به رعنا زیبا (11 عدد) حاصل شد (جدول 1). به عبارت دیگر، تعداد برگ‌های رعنا زیبا نسبت به گل ابری 41/4 درصد بیشتر بود. نتایج آزمایش نشان داد که با افزایش غلظت دی‌اکسیدکربن صرفنظر از نوع گونه‌های مورد بررسی، تعداد برگ افزایش معنی داری داشت به گونه‌ای که کمترین تعداد برگ (6 عدد) به غلظت 350 و بیشترین آن (10 عدد) در غلظت 1400 پی‌پی‌ام دیده شد (جدول 1). افزایش غلظت دی‌اکسیدکربن منجر به افزایش 41/6 درصدی تعداد برگ شد. از آنجا که یک رابطه مثبت بین افزایش سرعت رشد گیاهان با زمان ظهور و توسعهٔ برگ‌های آنها وجود دارد، به نظر می‌رسد که افزایش غلظت دی‌اکسیدکربن از طریق افزایش سرعت رشد (Heinemann et al., 2006) گونه‌های مورد بررسی، منجر به افزایش تعداد برگ‌های آنها شد. Croonenborghs et al (2009) گزارش کردند که با افزایش غلظت دی‌اکسیدکربن از 380 به 750 پی‌پی‌ام تعداد برگ‌های گیاه *Guzmania hilda* بطور معنی‌داری افزایش یافت. Croonenborghs et al (2009) در آزمایش خود سه گونه گیاهی CAM و سه کربنه را مورد ارزیابی قرار دادند. در بین این 3 گونه مورد بررسی گونه‌های *Aechmea maya* و *Aechmea fasciata primera* جزء گیاهان CAM و گونه *Guzmania hilda* جزء گیاهان 3 کربنه می‌باشد. نامبرگان اظهار داشتند که واکنش گونه‌های CAM نسبت به گونه 3 کربنه از نظر تعداد برگ در غلظت 750 نسبت به 350 پی‌پی‌ام تفاوت نداشت. در آزمایش حاضر، اثرات متقابل نوع گونه و غلظت دی‌اکسیدکربن نیز بر تعداد برگ معنی دار بود. بطوری که گل رعنا زیبا بیشترین و گل ابری کمترین واکنش را به افزایش غلظت دی‌اکسیدکربن از نظر تعداد برگ از خود نشان دادند (جدول 1). از آنجا که عکس العمل گیاهان مختلف به افزایش غلظت دی اکسید کربن متفاوت است، بنابراین این نتایج دور از ذهن نبود. واکنش گل جعفری نسبت به افزایش دی‌اکسیدکربن حد واسط گل ابری و گل رعنا زیبا بود (جدول 1).

سطح برگ

نتایج نشان داد که سطح برگ تک بوتهٔ گل جعفری، ابری و رعنا زیبا، اثرات معنی دار مختلفی نسبت به غلظت دی‌اکسیدکربن داشت، به نحوی که کمترین سطح برگ به گل جعفری (117/7 سانتیمترمربع) و بیشترین آن به رعنا زیبا (144/5 سانتیمترمربع) مربوط بود (جدول 2). سطح برگ گل رعنا زیبا نسبت به گل جعفری 18/5 درصد بیشتر بود. صرفنظر از نوع گونه‌های مورد بررسی، با افزایش غلظت دی‌اکسیدکربن سطح برگ تک بوته بطور معنی داری افزایش یافت، بطوریکه کمترین سطح برگ (68/55 سانتیمترمربع) در غلظت 350 و بیشترین آن (176/17 سانتیمترمربع) در غلظت 1050 پی‌پی‌ام حاصل شد (جدول 2). افزایش غلظت دی‌اکسیدکربن از 350 به 1050 پی‌پی‌ام منجر به افزایش 61/1 درصدی سطح برگ شد، اما افزایش بیشتر غلظت دی‌اکسیدکربن سطح برگ را کاهش داد، اگرچه این کاهش معنی دار نبود. افزایش سطح برگ تک بوته در گونه‌های مورد بررسی به علت افزایش تعداد برگ‌های آنها بود (جدول 1). بنابراین همانطور که در جدول 2 مشاهده می‌شود افزایش غلظت دی‌اکسیدکربن منجر به افزایش سطح برگ تک بوته شد و از آنجایکه سطح برگ گیاه یک عامل موثر در میزان جذب نور و افزایش تولید می‌باشد سطح برگ زیاد از طریق جذب بیشتر نور، فتوسنتز بیشتر را به همراه داشته و درنهایت باعث افزایش تولید مادهٔ خشک گونه‌های مورد بررسی شد (جدول 6). Croonenborghs et al (2009) نیز گزارش کردند که با افزایش غلظت دی‌اکسیدکربن از 380 به 750 پی‌پی‌ام سطح برگ گیاه *Guzmania hilda* افزایش یافت. نامبردگان اظهار داشتند که با 2 برابر شدن غلظت دی‌اکسیدکربن سطح برگ گیاه *Guzmania hilda*، 34 درصد نسبت به تیمار شاهد (غلظت 380 پی‌پی‌ام) افزایش داشت. اثرات متقابل نوع گونه و غلظت دی‌اکسیدکربن بر سطح برگ معنی دار نبود (جدول 3).

جدول 1- اثر افزایش غلظت دی اکسید کربن بر تعداد برگ تک بوتهٔ گل جعفری، ابری و رعنا زیبا

Table 1- Effect of CO_2 concentration on number of individual plant leaf in Tagets, Ageratum and Gauilardia.

گونه Species	غلظت دیاکسیدکربن (پی‌پی‌ام) CO_2 concentration (ppm)				میانگین Mean
	350	700	1050	1400	
رعنا زیبا Tagets	6 d	10 bc	12 ab	13 a	11 a
ابری Tagets	6 d	8 d	10 c	10 c	8 b
جعفری Tagets	6 d	6 d	6 d	7 d	6 c
میانگین Mean	6 c	8 b	9 ab	10 a	

مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن انجام شده و میانگین‌های با حروف مشترک در سطح 5 درصد دارای اختلاف معنی‌داری نمی‌باشند.

Means with same letters are not significantly different at α=0.05 by Duncan's Multiple Range Test.

جدول 2- اثر افزایش غلظت دی اکسید کربن بر سطح برگ تک بوتهٔ گل جعفری، ابری و رعنا زیبا

Table 2- Effect of CO_2 concentration on individual leaf area (cm^2) in Tagets, Ageratum and Gauilardia.

گونه Species	غلظت دی‌اکسیدکربن (پی‌پی‌ام) CO_2 concentration (ppm)				میانگین Mean
	350	700	1050	1400	
رعنا زیبا Tagets	58.15 a	132.47 a	156.48 a	124.22 a	117.83 a
ابری Tagets	66.13 a	163.50 a	171.61 a	139.60 a	135.21 b
جعفری Tagets	81.37 a	146.81 a	200.41 a	149.40 a	144.50 b
میانگین Mean	68.55 b	147.60 a	176.17 a	137.74 a	

مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن انجام شده و میانگین‌های با حروف مشترک در سطح 5 درصد دارای اختلاف معنی‌داری نمی‌باشند.

Means with same letters are not significantly different at α=0.05 by Duncan's Multiple Range Test.

جدول 3- اثر افزایش غلظت دی‌اکسیدکربن بر قطر روزنهٔ گل جعفری، ابری و رعنا زیبا بر حسب میکرومترمربع

Table 3- Effect of CO_2 concentration on stomatal diameter in Tagets, Ageratum and Gauilardia.

گونه Species	غلظت دی اکسیدکربن (پی‌پی‌ام) CO_2 concentration (ppm)				میانگین Mean
	350	700	1050	1400	
رعنا زیبا Tagets	53.65 a	51.76 a	41.08 a	37.96 a	46.11 a
ابری Tagets	58.89 a	50.66 a	46.05 a	32.14 a	46.93 a
جعفری Tagets	66.71 a	51.75 a	43.65 a	40.87 a	50.75 a
میانگین Mean	59.75 a	51.39 ab	43.59 bc	36.99 c	

مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن انجام شده و میانگین‌های با حروف مشترک در سطح 5 درصد دارای اختلاف معنی‌داری نمی‌باشند.

Means with same letters are not significantly different at α=0.05 by Duncan's Multiple Range Test.

قطر روزنه

اگرچه کمترین قطر روزنه به گل جعفری (41/11 میکرومترمربع) و بیشترین آن به گل رعنا (50/75 میکرومترمربع) زیبا مربوط بود، اما این تفاوت در واکنش به دی اکسید کربن از نظر آماری معنی داری نبود (جدول 3). قطر روزنهٔ رعنا زیبا نسبت به جعفری 9 درصد بیشتر بود. نتایج آزمایش نشان داد که با افزایش غلظت دی‌اکسیدکربن، صرفنظر از نوع گونه‌های مورد بررسی، قطر روزنه به شدت کاهش یافت، بطوریکه بیشترین قطر روزنه (59/75 میکرومترمربع) به غلظت 350 و کمترین آن (36/99 میکرومترمربع) در غلظت 1400 پی‌پی‌ام مربوط بود. بنابراین با افزایش غلظت دی‌اکسیدکربن قطر روزنه بطور معنی داری کاهش یافت (جدول 3). افزایش غلظت دی‌اکسیدکربن از 350 به 1400 پی‌پی‌ام ، منجر به کاهش 62 درصدی قطر روزنه شد. افزایش غلظت دی‌اکسیدکربن محیط اطراف گیاهان، در ابتدا منجر به افزایش شیب غلظت دی‌اکسیدکربن بین هوای اطراف و اتاقک زیر روزنهٔ آنها می‌شود و در ادامه ورود بیشتر دی‌اکسیدکربن از طریق روزنه‌ها منجر به کاهش شیب غلظت به علت فراوانی دی‌اکسیدکربن در اتاقک زیر روزنه شده و این عمل باعث کمتر شدن قطر روزنهٔ گیاه می‌شود. چرا که گیاهان روزنه‌های خود را باز نگاه داشته تا از طریق آنها دی‌اکسیدکربن را از هوای اطراف گرفته و وارد فضای اطراف آنزیم‌های فتوسنتزی خود کنند. این عمل با از دست دادن آب طی فرایند تعرق از طریق روزنه‌ها توام است که خود منجر به تلفات بیش از اندازهٔ آب می‌شود. بنابراین هنگامی که غلظت دی‌اکسیدکربن در اتاقک زیر روزنهٔ آنها افزایش می‌یابد، روزنه‌های خود را بسته تر نگاه دارند تا از اتلاف بیهودهٔ آب جلوگیری کنند. Pandey et al. (2007) نیز در آزمایشی روی گل زر به نتایج مشابه‌ای دست یافتند. اثرات متقابل نوع گونه و غلظت دی‌اکسیدکربن نیز بر قطر روزنه معنی دار

نبود (جدول 3).

شاخص روزنه

نتایج نشان داد که شاخص روزنه گل جعفری، ابری و رعنا زیبا، اثرات معنی دار مختلفی نسبت به غلظت دی‌اکسیدکربن داشت، به نحوی‌که کمترین شاخص روزنه در گل ابری (24/26 درصد) و بیشترین آن به جعفری (35/08 درصد) مربوط بود (جدول 4). شاخص روزنهٔ گل رعنا زیبا نسبت به گل ابری 7/53 درصد بیشتر بود. با افزایش غلظت دی‌اکسیدکربن صرفنظر از نوع گونه‌های مورد بررسی، شاخص روزنه افزایش یافت، اما این افزایش معنی دار نبود. کمترین شاخص روزنه (29/39 درصد) برای غلظت 350 پی‌پی‌ام و بیشترین آن (32/74 درصد) برای غلظت 1400 پی‌پی‌ام محاسبه شد (جدول 4). افزایش غلظت دی‌اکسیدکربن منجر به افزایش 3/35 درصدی شاخص روزنه شد. از آنجا که شاخص روزنه نشان‌دهندهٔ نسبت سلول‌های روزنه‌ای به غیر روزنه‌ای است، بنابراین زمانی تحت تأثیر عوامل مختلف محیطی این شاخص زیاد می‌شود که تعداد روزنه در واحد سطح افزایش یابد اما تعداد سلولهای اپیدرمی ثابت باقی بماند. همانطور که نتایج این تحقیق نشان داد، سطح برگ تک بوته با افزایش غلظت دی‌اکسیدکربن، افزایش یافت (جدول 2). به نظر می‌رسد افزایش سطح برگ بدون افزایش تعداد روزنه منجر به عدم تأثیر معنی‌دار بر شاخص روزنه همراه با افزایش غلظت شد. Pandey et al. (2007) نیز در یافته‌های خود نشان دادند که افزایش غلظت دی‌اکسیدکربن از 380 به 700 پی‌پی‌ام تأثیر چندانی بر شاخص روزنهٔ گل رز نداشت. اثر متقابل نوع گونه و غلظت دی‌اکسیدکربن بر شاخص روزنه معنی دار بود، بطوریکه گل جعفری بیشترین و گل ابری کمترین واکنش را به افزایش غلظت دی‌اکسیدکربن از نظر شاخص روزنه از خود نشان دادند (جدول 4). گل رعنا زیبا نسبت به افزایش غلظت دی‌اکسیدکربن واکنش حد واسطی داشت.

قرائت عدد اسپد

غلظت دی اکسید کربن اثرات معنی‌دار متفاوتی روی عدد اسپد قرائت شدهٔ گل جعفری، ابری و رعنا زیبا نشان داد، به نحوی‌که کمترین عدد اسپد در گل رعنا زیبا (33/85) و بیشترین آن به جعفری (49/21) مربوط بود (جدول 5). عدد اسپد گل جعفری نسبت به رعنا زیبا 31/2 درصد بیشتر بود. نتایج آزمایش همچنین نشان داد که با افزایش غلظت دی‌اکسیدکربن صرفنظر از نوع گونه‌های مورد بررسی، عدد اسپد قرائت شده تا غلظت 1050 پی‌پی‌ام بطور معنی داری افزایش و سپس افزایش بیشتر غلظت دی‌اکسیدکربن به 1400 پی‌پی‌ام منجر به کاهش عدد اسپد شد، اما این کاهش معنی دار نبود (جدول 5). کمترین عدد اسپد قرائت شده (34/74) به غلظت 350 و بیشترین آن (41/88) به غلظت 1050 پی‌پی‌ام مربوط بود. افزایش غلظت دی‌اکسیدکربن از 350 به 1050 پی‌پی‌ام منجر به افزایش 17/1 درصدی عدد اسپد شد. عدد اسپد نشان‌دهندهٔ سبزی برگ است که هرچه این عدد بیشتر باشد، رنگ برگ به علت محتوای کلروفیل بیشتر، تیره تر شده و جذب نور نیز می‌تواند بالاتر رود. از آنجا که یک رابطهٔ مثبت بین محتوای کلروفیل و جذب نور و میزان فتوسنتز در گیاهان وجود دارد (Croonenborghs et al., 2009)، بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که در شرایط افزایش غلظت دی‌اکسیدکربن، گیاه برای اینکه بتواند دی‌اکسیدکربن جذب شده را به مادهٔخشک تبدیل کند، به انرژی نورانی (ATP و NADPH) بالاتری نیازمند است، پس افزایش غلظت کلروفیل منجر به جذب نور بیشتر و تولید انرژی بیشتری می‌شود. البته نتایج این آزمایش با یافته‌های Croonenborghs et al. (2009) که کاهش محتوای کلروفیل را در افزایش غلظت دی‌اکسیدکربن گزارش کردند، همخوانی نداشت. اثرات متقابل نوع گونه و غلظت دی‌اکسیدکربن بر عدد اسپد معنی دار نبود.

جدول 4- اثر افزایش غلظت دی اکسید کربن بر شاخص روزنهٔ گل جعفری، ابری و رعنا زیبا بر حسب درصد

Table 4- Effect of CO_2 concentration on stomatal index (percentage) in Tagets, Ageratum and Gauilardia.

گونه Species	غلظت دی اکسیدکربن (پی‌پی‌ام) CO_2 concentration (ppm)				میانگین Mean
	350	700	1050	1400	
رعنا زیبا Tagets	14.18 e	29.68 bcd	29.10 bcd	24.10 d	24.26 b
ابری Tagets	31.70 bc	33.57 b	32.10 bc	29.80 bcd	31.79 a
جعفری Tagets	42.30 a	28.13 bcd	31.57 cd	44.33 a	35.08 a
میانگین Mean	29.39 a	30.46 a	30.92 a	32.74 a	

مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن انجام شده و میانگین‌های با حروف مشترک در سطح 5 درصد دارای اختلاف معنی‌داری نمی‌باشند.

Means with same letters are not significantly different at α=0.05 by Duncan's Multiple Range Test.

جدول 5- اثر افزایش غلظت دی‌اکسیدکربن بر عدد اسپد گل جعفری، ابری و رعنا زیبا

Table 5- Effect of CO_2 concentration on SPAD in Tagets, Ageratum and Gauilardia

گونه Species	غلظت دی اکسیدکربن (پی‌پی‌ام) CO_2 concentration (ppm)				میانگین Mean
	350	700	1050	1400	
رعنا زیبا Tagets	29.03 a	35.30 a	35.20 a	35.87 a	33.85 b
ابری Tagets	28.37 a	36.37 a	40.20 a	36.93 a	35.47 b
جعفری Tagets	46.83 a	51.27 a	50.23 a	48.50 a	49.21 a
میانگین Mean	34.74 b	40.98 a	41.88 a	40.43 ab	

مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن انجام شده و میانگین‌های با حروف مشترک در سطح 5 درصد دارای اختلاف معنی‌داری نمی‌باشند.

Test. Means with same letters are not significantly different at α=0.05 by Duncan's Multiple Range

جدول 6- اثر افزایش غلظت دی‌اکسیدکربن بر تجمع مادهٔ خشک گل جعفری، ابری و رعنا زیبا بر حسب گرم در بوته

Table 6- Effect of CO_2 concentration on individual dry weight (g $plant^{-1}$) in Tagets, Ageratum and Gauilardia

گونه Species	غلظت دی اکسیدکربن (پی‌پی‌ام) CO_2 concentration (ppm)				میانگین Mean
	350	700	1050	1400	
رعنا زیبا Tagets	0.34 ef	0.83 cdef	1.18 bc	0.94 cde	0.82 b
ابری Tagets	0.27 f	1.01 cd	1.04 cd	1.30 bc	0.90 b
جعفری Tagets	0.46 def	2.17 a	1.76 ab	1.85 ab	1.53 a
میانگین Mean	0.36 b	1.34 a	1.33 a	1.38 a	

مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن انجام شده و میانگین‌های با حروف مشترک در سطح 5 درصد دارای اختلاف معنی‌داری نمی‌باشند.

Means with same letters are not significantly different at α=0.05 by Duncan's Multiple Range Test.

وزن خشک تک بوته

نتایج آزمایش نشان داد که غلظت دی‌اکسیدکربن اثرات معنی‌دار متفاوتی روی وزن خشک تک بوتهٔ گل جعفری، ابری و رعنا زیبا داشت، به نحوی‌که کمترین وزن خشک تک بوته به گل رعنا زیبا (0/82گرم در بوته) و بیشترین آن به جعفری (1/53 گرم در بوته) اختصاص داشت (جدول 6). وزن خشک تک‌بوته گل جعفری نسبت به گل رعنا زیبا 46/4 درصد بیشتر بود. نتایج همچنین نشان داد که، با افزایش غلظت دی‌اکسیدکربن صرفنظر از نوع گونه‌های مورد بررسی، وزن خشک تک بوته افزایش معنی داری داشت، به گونه‌ای که کمترین وزن خشک تک‌بوته (0/36 گرم در تک‌بوته) در غلظت 350 و بیشترین آن (1/38 گرم در تک بوته) در غلظت 1400 پی‌پی‌ام مشاهده شد (جدول 6). افزایش غلظت دی‌اکسیدکربن از 350 به 1400 پی‌پی‌ام منجر به افزایش 73/9 درصدی وزن خشک تک‌بوته شد. اثرات متقابل نوع گونه و غلظت دی‌اکسیدکربن نیز بر وزن خشک تک‌بوته معنی دار بود، بطوری‌که گل رعنا زیبا و ابری کمترین و گل جعفری بیشترین واکنش را به افزایش غلظت دی‌اکسیدکربن از نظر وزن خشک تک‌بوته از خود نشان دادند (جدول 6). جذب بیشتر دی‌اکسیدکربن توسط گونه‌های مورد بررسی از طریق افزایش میزان فتوسنتز منجر به تولید بالاتر ترکیبات فتوسنتزی و بنابراین تجمع مادهٔخشک تک‌بوته شد. محققان دیگر نیز افزایش تجمع مادهٔخشک را در برنج (Sasaki et al., 2007) و سویا (Heinemann et al., 2006) به علت افزایش غلظت دی‌اکسیدکربن گزارش کردند.

نتیجه گیری

همانطور که نتایج این تحقیق نشان داد افزایش غلظت دی‌اکسیدکربن در گل جعفری، رعنا زیبا و ابری منجر به بهبود صفات مورد بررسی از نقطه نظر تولید و صرفه جویی در مصرف آب (کاهش قطر روزنه که منجر به کاهش تلفات آب و افزایش کارایی مصرف آب می‌شود) گردید. در بین صفات مورد ارزیابی تجمع مادهٔخشک (73/9 درصد افزایش) و سطح برگ تک بوته (61 درصد افزایش) بیشترین واکنش را نسبت به افزایش غلظت دی‌اکسیدکربن از خود نشان دادند. از آنجا که یک رابطهٔ مثبت بین افزایش سطح برگ و تجمع مادهٔ خشک در اکثر گیاهان وجود دارد، پس افزایش غلظت دی‌اکسیدکربن از طریق افزایش صفات نام برده می‌تواند در افزایش تولید و سوددهی کشت و کار گل جعفری، ابری و رعنا زیبا بسیار موثر باشد. بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که اگر تنها هدف افزایش تولید در شرایط گلخانه باشد، می‌توان از طریق افزایش دی‌اکسیدکربن به این اهداف دسترسی یافت. البته لازم به ذکر است که اثرات افزایشی در صفات مورد بررسی در این تحقیق بدون در نظر گرفتن افزایش دمای ناشی از افزایش دی‌اکسیدکربن اتمسفری بود. بنابراین پیشنهاد می‌شود که این آزمایش در شرایط افزایش دما نیز انجام شود.

منابع

1- Beerling, D.J., Kelly, C.K., 1997. Stomatal density responses of temperate woodland plants over the past seven decades of CO_2 increase: a comparison of Salisbury (1927) with contemporary data. Am. J. Bot. 84, 1572–1583.
2- Cheng, W., Sakai, H., Yagi, K., Hasegawa, T., 2009. Interactions of elevated CO_2 and night temperature on rice growth and yield. Agri. Forest. Meteorol. 149, 51-58.
3- Chunyan, W., Maosong, Li., Jiqing, S., Yonggang, C., Xiufen, W., Yongfeng, W., 2008. Differences in stomatal and photosynthetic characteristics of five diploidy wheat species. Acta. Eco. Sin. 28, 3277-3283.
4- Croonenborghs, S., Ceusters, J., Londers, E., De Proft, M.P., 2009. Effects of elevated CO_2 on growth and morphological characteristics of ornamental bromeliads. Scientia Horti. 121, 192–198.
5- Das, R., 2003. Characterization of response of *Brassica* cultivars to elevated carbon dioxide under moisture stresses. Ph.D. Thesis, Indian Agricultural Research Institute, New Delhi.
6- Ferris, R., Taylor, G., 1994. Stomatal characteristics of four native herbs following exposure to elevated CO_2. Ann. Bot. 73, 447–453.
7- Heinemann, A.B., Maia, A.H.N., Dourado-Neto, D., Ingram, K.T., Hoogenboom, G., 2006. Soybean (*Glycine max* (L.) Merr.) Growth and development response to CO_2 enrichment under different temperature regimes. Eur. J. Agron. 24, 52–61.
8- Hetherington, A.M., Woodward, F.I., 2003. The role of stomata in sensing and driving environmental change. Nature. 424, 901–908.
9- Lake, J.A., Quick, W.P., Beerling, D.J., Woodward. F.I., 2001. Plant development: signals from mature to new leaves. Nature. 411, 154–155.
10- Liu-Gitz, L., Britz, S.J., Wergin, W.P., 2000. Blue light inhibits stomatal development IB soybean isolines containing kaempferol 3-O-2G-glycosyl- gentiobioside (K9), a unique flavonoid glycoside. Plant. Cell. Environ. 23, 883–891.
11- Mavrogianopoulos, G.N., Spanakis, J., Tsikalas, P., 1999. Effect of CO_2 enrichment and salinity on photosynthesis and yield in melon. Sci. Horti. 79, 51-63.
12- Mortensen, L.M., 1986. Effect of relative humidity on growth and flowering of some greenhouse plants. Sci. Horti. 29, 301-307.
13- Mortensen, L.M., 1987. CO_2 enrichment in greenhouses. Crop responses. Sci. Horti. 33, 1-25.
14- Mortensen, L.M., 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. Sci. Horti. 51, 145-153.
15- Tremblay, N., Gosselin, A., 1998. Effect of Carbon dioxide Enrichment and light .Hort. Technol. 8, 524–528.
16- Nilsen, S., Hovland, K., Dons, C., Sletten, S.P., 1983. Effect of CO_2 enrichment on photosynthesis, growth and yield of tomato. Sci. Horti. 20, 1-14.
17- Pandey, R., Chenhacko, P.M., Choudhary, M.L., Prasad, K.V., Madan, P., 2007. Higher than optimum temperature under CO_2 enrichment influences stomata anatomical chracters in rose (*Rosa hibrida*). Sci. Horti. 113, 74-81.
18- Uprety, D.C., Dwivedi, J.N., Mohan, V.R., 2002. Effect of elevated carbon dioxide concentration on the stomatal parameters of rice cultivars. Photosynthetica. 40, 315–319.
19- Sasaki, H., Hara, T., Ito, S., Uehara, N., Kim, H.Y., Lieffering, M., Okada, M., Kobayashi, K., 2007. Effect of free-air CO_2 enrichment on the storage of carbohydrate fixed at different stages in rice (*Oryza sativa* L.). Field Crop Res. 100, 24–31.
20- Van Labeke, M.C., Dambre, P., 1998. Effect of supplementary lighting and CO_2 enrichment on yield and flower stem quality of Alstroemeria cultivars. Sci.Horti. 74, 269-278.

Journal of Agroecology
Vol. 1, No. 2, Fall 2009, p. 101-108

نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد 1، شماره 2، زمستان 1388، ص. 108-101

Effect of CO_2 enrichment on morphophysiologycal traits in *Tagets* spp, *Ageratum* spp and *Gauilardia* spp in greenhouse condition

M. Shoor, M. Goldani and F. Mondani[*1]

Abstract

Carbon dioxide (CO_2) concentration of the global atmosphere has increased during the last decades. Increasing global atmospheric CO_2 concentrations are expected to influence crop production. In order to evolution of CO_2 concentration effects on morphophysiologycal traits in Tagets, Ageratum and Gauilardia, a factorial experiment based on completely randomized design with 3 replications and 12 treatments was conducted at the greenhouses of Ferdowsi University of Mashhad at 2009. Treatments were 3 plant species (*Tagets* spp, *Ageratum* spp and *Gauilardia* spp) and 4 concentrations of CO_2 (350, 700, 1050 and 1400 ppm). Plants were placed under increasing CO_2 concentrations during of 30 days. Day and night temperatures were 25 and 18 °C in all treatments. The number of individual plant leaf, stomatal index, stomatal diameter, plant leaf area, SPAD number and plant dry weight were determined. Results indicated that increasing CO_2 concentration from 350 to 1400 ppm leading to increase of 41.6, 3.35, 61.1, 17.1 and 73.9 percentage in number of individual plant leaf, stomatal index, individual leaf area, SPAD number and individual dry weight, respectively. Whilst increasing of CO_2 concentration leaded to reduce of stomatal diameter (62 percent). Increasing of CO_2 concentration affected individual dry weight accumulation and leaf area significantly. As there was a positive relation between increasing of leaf area and dry weight accumulation, increasing of CO_2 concentration could have effect on production and beneficial of Tagets, Ageratum and Gauilardia by increase leaf area and dry weight accumulation.

Keywords: Stomatal index, SPAD number, Ornamental plant, Dry weight

1- A Contribution from College of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad
(* - Corresponding author Email: fa_mo300@stu-mail.um.ac.ir)