

## بررسی تاثیر افزایش دی اکسید کربن بر صفات آناتومیکی و مورفولوژیکی گل جعفری (*Tagets tenuifolia*) در شرایط گلخانه

محمود شور<sup>۱\*</sup> - سید مجید زرگریان<sup>۲</sup> - سحر بستانی<sup>۳</sup>

تاریخ دریافت: ۸۸/۲/۲۰

تاریخ پذیرش: ۸۹/۴/۷

### چکیده

گل جعفری از جمله گیاهان زینتی است که در حاشیه کاری و به عنوان گل بریده مورد استفاده قرار میگیرد. به منظور مطالعه صفات آناتومیکی، مورفولوژیکی و زودرسی نشاهای این گیاه، آنها در غلظت‌های شاهد (۳۵۰)، ۷۰۰، ۱۰۵۰ و ۱۴۰۰ میکرو مول بر مول دی اکسید کربن قرار گرفتند. این آزمایش بصورت طرح آزمایشی کاملاً تصادفی با سه تکرار انجام گرفت و صفاتی نظیر قطر ساقه، تعداد برگها، ارتفاع، میزان کلروفیل، تراکم روزنه، تراکم سلول‌های اپیدرمی، شاخص روزنه، طول و عرض روزنه، طول و عرض سلول‌های محافظ، سطح کل برگ و وزن خشک اندام هوایی مورد مطالعه قرار گرفت. نتایج نشان داد، غلظت‌های بالای دی اکسید کربن بیشتر صفات مورد مطالعه را تحت تاثیر قرار داد. اما غلظت ۷۰۰ میکرو مول بر مول دی اکسید کربن بیشترین اثر را بر صفات مورد مطالعه داشت. بطوریکه میانگین قطر ساقه ۶۹ درصد و ارتفاع ساقه را نسبت به میانگین شاهد به بیش از دو برابر افزایش داد. همچنین غلظت‌های بالای دی اکسید کربن بطور معنی داری سبب افزایش تراکم روزنه و سلول‌های اپیدرمی، طول و اندازه روزنه، طول سلول‌های محافظ، سطح برگ و وزن خشک گیاه گردید ( $P=0.01$ ). غلظت ۷۰۰ میکرو مول بر مول دی اکسید کربن سبب تسریع گلدهی به مدت ۱۵ تا ۲۰ روز نسبت به گیاهان شاهد گردید.

واژه های کلیدی: گل جعفری، دی اکسید کربن، صفات آناتومیکی و مورفولوژیکی

### مقدمه

در یک مطالعه سه رقم از گیاه بنفشه آفریقایی و داودی تحت تاثیر دی اکسید کربن به غلظت ۳۳۵ (نرمال) و ۹۰۰ میکرو لیتر بر 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 طولی تر در شاخه‌های جانبی داودی مشاهده گردید. زمان گلدهی بطور معنی داری توسط غنی سازی با دی اکسید کربن در بنفشه آفریقایی کاهش یافت، اما در داودی تغییری مشاهده نگردید. تعداد گلها و جوانه های گل با کاربرد دی اکسید کربن در هر دو گونه افزایش یافت (۱۴). نتایج محققان دیگر بر روی هندوانه نشان داد که غلظت ۱۲۰۰ پی پی ام دی اکسید کربن، باعث افزایش رشد برگها، محتویات سبزینه برگها و بدنبال آن عملکرد افزایش یافت (۱۰). نتایج آزمایش بر روی پنج رقم آسترومریا<sup>۴</sup> نیز نشان داد که غلظت ۹۰۰ پی پی ام دی اکسید کربن باعث افزایش تعداد ساقه های گل دهنده و کیفیت گلهای این گیاه گردید (۷). بالا رفتن غلظت دی اکسید کربن از ۳۳۰ به ۹۰۰ پی پی ام سبب افزایش معنی داری در وزن خشک

جعفری (*Tagets tenuifolia*) گیاهی یکساله و حساس به سرما و متعلق به تیره *Asteracea* می باشد. موارد استفاده از این گیاه به عنوان گل بریدنی، گلدانی و نیز در حاشیه کاری می باشد (۱). تغییر در غلظت دی اکسید کربن اتمسفر به طور وسیعی در بسیاری از مطالعات مورد ارزیابی قرار گرفته است (۲). برای مثال نتایج برخی از آزمایشات نشان می دهند زمانی که گیاه در معرض دی اکسید کربن با غلظت بالا قرار می گیرد، هدایت روزنه‌ای کاهش می یابد. 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 می باشد. در میان این صفات تراکم روزنه از مهمترین پارامترهای اکوفیزیولوژیکی است که بر تبادلات گازی بین گیاه و اتمسفر مؤثر می باشد (۸ و ۲۴).

۱، ۲ و ۳- به ترتیب استادیار، کارشناس ارشد و دانشجوی کارشناسی ارشد گروه

باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد

(Email:Shoor@ferdowsi.um.ac.ir; \*نویسنده مسئول)

تاریخ ۱۳۸۷/۱۰/۲۰ داخل گلخانه کشت شدند. پس از ۴ برگی شدن در تاریخ ۱۳۸۷/۱۲/۲۰ به خزانه انتظار منتقل گردیدند و تحت تاثیر ۴ غلظت دی اکسید کربن شامل غلظت ۳۵۰ میکرو مول بر مول (شاهد)، غلظت ۷۰۰ میکرو مول بر مول، غلظت ۱۰۵۰ میکرو مول بر مول و غلظت ۱۴۰۰ میکرو مول بر مول قرار گرفتند. این آزمایش در قالب طرح کامل تصادفی با سه تکرار انجام شد. برای تنظیم دی اکسید کربن با غلظت‌های مورد نظر از یک سیستم کاملاً خودکار استفاده گردید. یک فتوسل دستور روشن و خاموش شدن را به ترتیب در روز و شب انجام می داد و با استفاده از کپسول‌های ۵۰ کیلوپی دی اکسید کربن، شیرهای برقی و زمان سنج‌هاییکه در مسیر قرار داده شده بودند تزریق گاز صورت می گرفت. با استفاده از یک CO<sub>2</sub> متر پر تابل اندازه گیری‌های غلظت دی اکسید کربن در طول روز انجام می گرفت. گیاهان موجود در داخل اتاقک‌های رشد به مدت ۲۰ روز تحت تاثیر دی اکسید کربن قرار گرفتند. متوسط درجه حرارت روزانه ۲۵ درجه سانتی گراد که با استفاده از بخاری‌های برقی که به ترموستات متصل بود برای هر چهار اتاقک رشد یکسان در نظر گرفته شد. فتو پریود با توجه به زمان آزمایش ۱۲ ساعت روشنایی و ۱۲ ساعت تاریکی بود که بوسیله تایمر تنظیم گردید. رطوبت نسبی به طور متوسط حدود ۶۵ درصد با رطوبت سنج اندازه گیری و در طول آزمایش ثبت گردید.

#### اندازه گیریها

برای اندازه گیری روزنه‌ها از برگ پنجم گیاه استفاده گردید که با توجه به اینکه گیاه جعفری دارای برگ مرکب می باشد از برگچه چهارم و با استفاده از یک اسکارپل که مجهز به تیغ جراحی شماره ۲۴ بود، 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 تصویر برداری، ابتدا طول و سپس عرض آنها و در نهایت اندازه روزنه‌ها بر حسب میکرومتر محاسبه گردید. جهت اندازه گیری تراکم سلول‌های اپیدرمی و روزنه‌ها نیز از همین روش استفاده و مقادیر در یک میلی متر مربع ثبت گردید. برای اندازه گیری طول و عرض سلول‌های محافظ روزنه از روش ذکر شده استفاده و مقادیر نیز بر حسب میکرو متر محاسبه گردید. جهت اندازه گیری سبزینه از دستگاه SPAD مدل ۵۰۲ استفاده و از هر تکرار ۹ نمونه از برگ پنجم (برگچه چهارم) برای اندازه گیری انتخاب و اعداد نمایش داده شده در نمایشگر SPAD به همان صورت بیان گردیدند.

برای اندازه گیری شاخص روزنه از فرمول زیر استفاده گردید (۲۵).

$$SI = [(S/E + S)] * 100$$

$$E = \text{تعداد سلول‌های اپیدرمی در واحد سطح (mm}^2\text{)}$$

گیاه بگونیا گردید، ضمن اینکه متوسط رشد رویشی را به ۱۶٪ افزایش داد و گلدهی در این گیاه ۷ روز زودتر شروع شد (۱۲). نتایج یک تحقیق دیگر نشان داد که غلظت‌های ۷۰۰ تا ۱۰۵۰ پی پی ام دی اکسید کربن باعث افزایش غلظت سوکروز، نشاسته و کربوهیدرات در رز مینیاتور نسبت به گیاهان شاهد گردید (۲۱).

پاندی و همکاران (۲۰) نشان دادند که در رز در صورت افزایش غلظت دی اکسید کربن به ۱۰۰۰ پی پی ام و درجه حرارت روزانه ۲۸ و شبانه ۱۸ درجه سانتیگراد به مدت ۵۰ روز، باعث افزایش معنی داری در تراکم روزنه‌ها (۶۸/۷ درصد نسبت به گیاهان شاهد) و تراکم سلولهای اپیدرمی (۳۷/۳٪ نسبت به گیاهان شاهد) گردید. چنگ و همکاران (۳) نیز نشان دادند که غلظت ۶۸۰ پی پی ام دی اکسید کربن همراه با دمای شبانه ۳۲ درجه سانتیگراد باعث افزایش وزن خشک و عملکرد گیاه برنج گردید.

در آزمایشی دیگر افزایش دی اکسید کربن تا غلظت ۸۰۰ تا ۹۰۰ پی پی ام سبب افزایش عملکرد در پیاز به میزان ۲۳ درصد و در هویج ۸ درصد نسبت به گیاهان شاهد گردید. در همین آزمایش افزایش وزن خشک در کاهو به میزان ۱۸ درصد در کرفس ۱۷ درصد و در هویج ۱۹ درصد مشاهده گردید (۱۸).

اثرات مشابه دیگری در اثر افزایش غلظت دی اکسید کربن در برخی از گیاهان مانند رز، کالانکوا (۱۶) گوجه فرنگی (۱۹) گل استکانی و بنفشه آفریقایی (۱۳) بدست آمد. افزایش غلظت دی اکسید کربن باعث افزایش فتوسنتز خالص در گیاهان گلدانی، گل‌های بریده و سبزیها خواهد شد (۱۵). شدت نور (۸)، کیفیت نور (۹ و ۲۲)، رطوبت (۲۳)، دی اکسید کربن اتمسفر و افزایش آن (۱۴) نشان می دهد که تراکم روزنه و شاخص آن تحت تاثیر این عوامل می باشند. این مطالعات نشان میدهد که تعداد روزنه‌ها در گونه‌های گیاهی در نتیجه افزایش غلظت دی اکسید کربن کاهش می یابد (۲۶). در حالیکه پاندی و همکاران (۲۰) و فرس و تیلور (۵) نشان دادند که تراکم روزنه‌ها با افزایش غلظت دی اکسید کربن ازدیاد می یابد. پژوهش‌ها نشان میدهند که اثر افزایش دی اکسید کربن تراکم روزنه‌ها بستگی به گونه، عادت رشد و مناطق رشد گیاهان دارد. به عنوان مثال تفاوت در بین چهار رقم برنج، هنگامی که دی اکسید کربن افزایش می یابد، پاسخ به پارامترهای روزنه‌ای در بین آنها متغیر است (۲۴).

انجام این پژوهش به منظور مطالعه صفات آناتومیکی، مورفولوژیکی و زودرسی نشاهای گل جعفری تحت شرایط دی اکسید کربن با غلظت‌های بالا صورت گرفت.

#### مواد و روش‌ها

##### مواد گیاهی و شرایط رشد

در این تحقیق بذور جعفری را ۸ هفته قبل از انتقال نشاء، در

S=تعداد روزنه در واحد سطح(mm<sup>2</sup>)

SI=شاخص روزنه(%)

برای اندازه گیری سطح برگ از دستگاه leaf Area Meter استفاده گردید و مقادیر مربوطه بر حسب سانتی متر مربع گزارش گردید. جهت اندازه گیری وزن خشک اندام هوایی از هر تکرار ۳ گیاه را انتخاب کرده و قسمت هوایی گیاه را بیست روز پس از تزریق دی اکسید کربن از محل طوقه قطع و به آن منتقل گردیدند. دمای آن ۶۵ درجه سانتی گراد بود. پس از ۲۴ ساعت وزن خشک برگ ها بر حسب گرم ثبت گردید. برای اندازه گیری قطر ساقه توسط کولیس دیجیتالی در سه نقطه از ساقه (قسمت فوقانی، میانی و تحتانی) انجام و میانگین داده ها بر حسب میلی متر محاسبه گردید. برای اندازه گیری تعداد برگ ها پس از پایان ۲۰ روز تزریق دی اکسید کربن تعداد کل برگ های موجود در هر تکرار محاسبه شد. ارتفاع بوته ها نیز پس از پایان ۲۰ روز با استفاده از خط کش انجام گردید.

آنالیز آماری داده ها توسط نرم افزارهای JMP4 و MSTATC و کلیه مقایسات میانگین ها توسط آزمون چند دامنه ای دانکن انجام گردید. برای رسم نمودارها نیز از نرم افزار Excel استفاده گردید.

## نتایج

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که غلظت های مختلف دی اکسید کربن بیشتر صفات مورد بررسی را تحت تاثیر قرار داده است (جدول ۱). برای صفت قطر ساقه، غلظت های مختلف دی اکسید کربن بر میانگین این صفت نسبت به میانگین شاهد معنی دار گردید، اما بین غلظت های بالای دی اکسید کربن تفاوت معنی داری (P=0.01) مشاهده نگردید. با افزایش غلظت دی اکسید کربن قطر ساقه کمتر شد ولی مشاهدات نشان داد که بالاترین غلظت دی اکسید کربن نیز نسبت به میانگین تیمار شاهد بیشتر بود. در بین غلظت ها، غلظت ۷۰۰ میکرومول بر مول از نظر اقتصادی مناسب تر است و میانگین قطر ساقه را ۶۹ درصد نسبت به شاهد افزایش داد (نمودار ۱ الف).

غلظت ۷۰۰ میکرومول بر مول دی اکسید کربن، میانگین تعداد برگ ها را به دو برابر رساند، که نسبت به میانگین تعداد برگ ها در تیمار شاهد تفاوت کاملاً معنی داری (P=0.01) نشان داد. اما بین غلظت های بالای دی اکسید کربن تفاوت معنی داری برای این صفت مشاهده نگردید (نمودار ۱ ب). تفاوت معنی داری در میانگین میزان کلروفیل در بین تیمارهای مختلف مشاهده نگردید. برای صفت ارتفاع ساقه، بین غلظت های بالای دی اکسید کربن اثر معنی داری مشاهده نگردید ولی نسبت به میانگین شاهد این تفاوت معنی داری بود. در این میان نیز غلظت ۷۰۰ میکرومول بر مول با میانگین ارتفاع ۱۳/۲ سانتی متر، بیشترین تاثیر را داشت. اما هرچه به غلظت دی اکسید

کربن افزوده گردید از ارتفاع گیاهان کاسته گردید (نمودار ۲ الف).

در بین غلظت های مختلف دی اکسید کربن میانگین غلظت ۷۰۰ میکرومول بر مول بطور معنی داری تراکم روزنه ها (نمودار ۲ ب) نسبت به میانگین شاهد افزایش داد (۱۷/۸ درصد). غلظت های ۷۰۰ و ۱۰۵۰ نیز میانگین تراکم سلول های اپیدرمی را نسبت به میانگین شاهد بطور معنی داری به ترتیب ۱۴۳ و ۹۵ درصد افزایش دادند (نمودار ۳ الف). اما با بالا رفتن غلظت به ۱۴۰۰ میکرومول بر مول تفاوت معنی داری با میانگین شاهد ملاحظه نگردید (P=0.01). میانگین شاخص روزنه در تیمار شاهد و غلظت ۱۴۰۰ میکرومول تفاوت معنی داری نداشتند. اما غلظت های ۷۰۰ و ۱۰۵۰ میکرومول بر مول باعث کاهش معنی دار شاخص روزنه (به ترتیب به میزان ۳۳/۶ و ۳۹/۵ درصد) نسبت به میانگین شاهد گردید (نمودار ۳ ب). در صفت اندازه روزنه ها، میانگین غلظت ۷۰۰ میکرومول بر مول نسبت به میانگین شاهد و بقیه تیمارها تفاوت معنی داری نشان داد (P=0.01) و اندازه روزنه ها را نسبت به میانگین شاهد ۴۰/۸ درصد افزایش دادند (نمودار ۴ الف). غلظت ۷۰۰ میکرومول بر مول دی اکسید کربن همچنین باعث افزایش طول روزنه گردید (P=0.01). اما با افزایش غلظت دی اکسید کربن، از طول روزنه ها (نمودار ۴ ب) کاسته شد (P=0.01). غلظت های بالای دی اکسید کربن باعث افزایش معنی داری در سطح برگ گردید. اما بیشترین اثر، مربوط به غلظت ۱۰۵۰ میکرومول بر مول بود که باعث افزایش ۳ برابری در سطح برگ گیاه جعفری گردید (نمودار ۵ الف). غلظت ۷۰۰ میکرومول نیز موجب یک افزایش معنی دار ۲۰ درصدی در طول سلول های محافظ نسبت به میانگین شاهد گردید (نمودار ۵ ب). اما در غلظت بالا این صفت تحت تاثیر قرار نگرفت و حتی نسبت به میانگین شاهد نیز کاهش معنی داری نشان داد. غلظت های مختلف دی اکسید کربن اثر معنی داری بر عرض روزنه ها نداشتند.

همچنین غلظت های مختلف دی اکسید کربن بر عرض سلول های محافظ اثر معنی داری نداشتند و بالاترین میانگین، مربوط به تیمار شاهد مشاهده گردید (نمودار ۶ الف). وزن خشک اندام هوایی در تیمار ۷۰۰ میکرومول بر مول دی اکسید کربن افزایش کاملاً معنی داری نسبت به میانگین سایر تیمارها نشان داد، به طوری که یک افزایش ۴ برابری نسبت به میانگین شاهد مشاهده گردید. اما هرچه به غلظت دی اکسید کربن اضافه شد از وزن خشک اندام هوایی کاسته گردید (نمودار ۶ ب).

همچنین نتایج جدول ۲ نشان دهنده همبستگی مثبت و معنی دار در صفت قطر ساقه با تعداد برگ ها ( $R=0.96^{**}$ )، ارتفاع ( $R=0.97^{**}$ )، تراکم سلول های اپیدرمی ( $R=0.76^{**}$ )، سطح برگ ( $R=0.77^{**}$ ) و وزن خشک هوایی ( $R=0.75^{**}$ ) می باشد. از طرفی یک همبستگی منفی بین صفات قطر ساقه با شاخص روزنه ( $R=-0.69^*$ ) و عرض سلول های محافظ مشاهده گردید

جدول ۱- نتایج حاصل از تجزیه واریانس بر صفات مختلف گل جعفری.

منابع تغییر	df	قطر ساقه (mm)	تعداد برگها	ارتفاع (cm)	میزان سبزینه (SPAD)	تراکم روزنه (mm <sup>2</sup> )	تراکم سلولهای اپیدرمی (mm <sup>2</sup> )	شاخص روزانه (%)	طول روزنه (μm)	عرض روزنه (μm)	اندازه روزنه (μm <sup>2</sup> )	طول سلول محافظ (μm)	عرض سلول محافظ (μm)	برگ (cm <sup>2</sup> )	وزن خشک هوایی (g)
غلظت دی اکسید کربن	۳	۸/۵۸***	۲۵/۷***	۳۱/۹***	۳۴/۱ <sup>NS</sup>	۹۷۶/۱۳***	۳۳۹۹۹***	۲۷۶/۵***	۱۷۲/۸***	۰/۴ <sup>NS</sup>	۶۰۲/۴***	۲۱۶/۴***	۶***	۵۳۱۰/۷***	۱/۰۱***
خطا	۸	۰/۴۹	۲/۰۷	۱/۹۷	۱۵/۷	۳۳/۴	۳۶۳	۸/۱	۱/۸	۰/۶	۲۹/۴	۰/۹۷	۰/۷	۶۸۲/۴	۰/۱۱
جمع	۱۱														

\* و \*\* معنی دار در سطح احتمال ۵ و ۱٪ NS عدم وجود تفاوت معنی دار

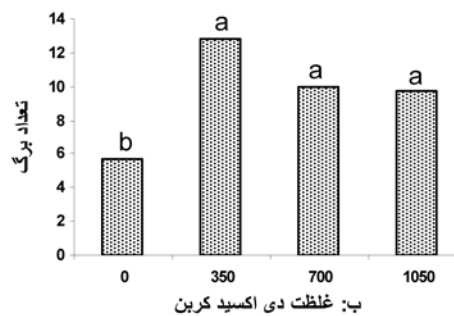
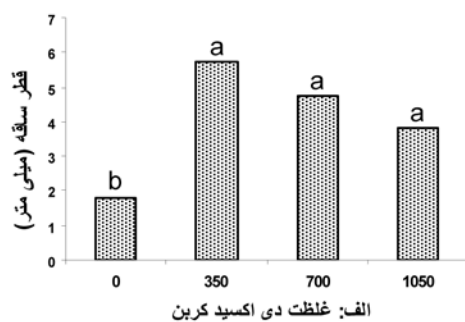
( $R=-0.85^{**}$ ). این نتایج همچنین نشان میدهد که با افزایش ارتفاع گیاهان به عرض سلولهای محافظ افزوده میگردد ( $R=0.88^{**}$ ). همبستگی معنی دار و مثبتی نیز بین صفات تراکم روزنه با طول روزنه ( $R=0.89^{**}$ )، اندازه روزنه ( $R=0.81^{**}$ )، و طول سلولهای محافظ ( $R=0.88^{**}$ ) مشاهده گردید. این همبستگی مثبت همچنین بین صفت تراکم سلولهای اپیدرمی با شاخص روزنه ( $R=0.91^{**}$ ) مشاهده گردید. صفت طول روزنه با اندازه روزنه ( $R=0.87^{**}$ ) و طول سلولهای محافظ ( $R=0.98^{**}$ ) همبستگی مثبت و معنی داری نشان دادند.

بین صفت اندازه روزنه با طول سلولهای محافظ ( $R=0.79^{**}$ ) همبستگی مثبت و معنی داری مشاهده گردید. یک همبستگی منفی و معنی دار بین صفات عرض سلولهای محافظ و وزن خشک هوایی ( $R=-0.88^{**}$ ) و قطر ساقه و عرض سلولهای محافظ ( $R=-0.68^{**}$ ) مشاهده گردید ( $P=0.01$  و  $P=0.05$ ).

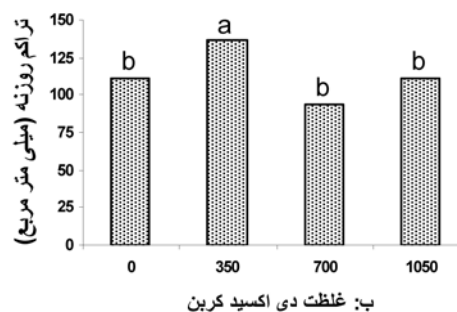
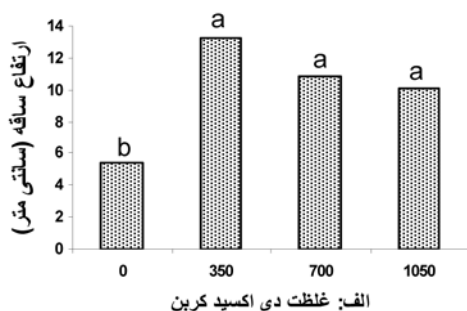
### بحث

در حال حاضر بیشترین مطالعات کنترل محیطی مربوط به بهبود وضعیت روزنه ها می باشد که با افزایش غلظت دی اکسید کربن ایجاد می شود. با افزایش این گاز اتمسفری، تراکم روزنه و شاخص روزنه تحت تاثیر واقع می شوند که بنوبه خود بر رشد گیاهان موثر واقع می شود (۶). مطالعات هتترینگتن و وودوارد (۶) نشان می دهد برگهای بالغ، نور و دی اکسید کربن را حس کرده که افزایش این فاکتورها به توسعه و افزایش برگ ها کمک می نماید. در این تحقیق و با افزایش دی اکسید کربن، تعداد برگهای گل جعفری افزایش نشان داد که با نتایج این محققان مطابقت دارد.

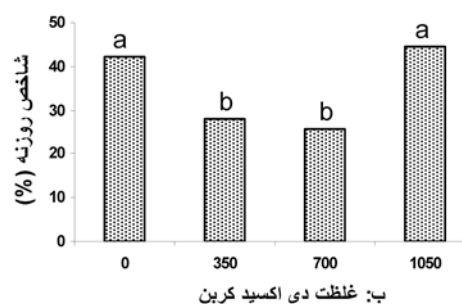
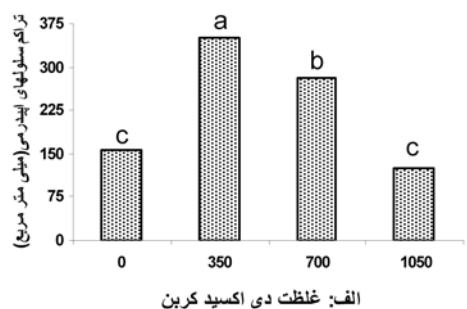
نتایج تحقیقات پاندی و همکاران (۲۰) نشان دادند که چنانچه گیاهان رز در معرض غلظت بالای دی اکسید کربن قرار گیرند، افزایش معنی داری در تراکم روزنه ها و شاخص روزنه پدید می آید. در این تحقیق نیز با افزایش غلظت دی اکسید کربن به میزان ۷۰۰ میکرو مول، تراکم روزنه ها افزایش یافت که با نتایج این تحقیق مطابقت دارد. اما شاخص روزنه تحت تاثیر غلظت های بالا دی اکسید کربن قرار نگرفت که با نتایج این تحقیق مغایرت دارد. همین محققان نشان دادند در رز، با افزایش تراکم روزنه ها و سلولهای اپیدرمی هنگامی که گیاهان در معرض دی اکسید کربن با غلظت بالا قرار می گیرند، آغازیدن روزنه ها<sup>۱</sup> افزایش می یابد که منجر به افزایش تقسیم سلولی در سلولهای اپیدرمی می گردد.



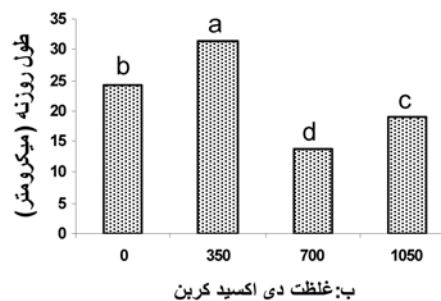
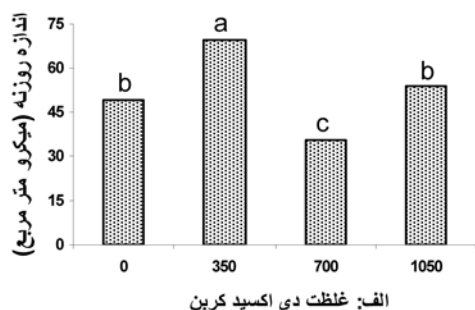
نمودار ۱- اثر غلظت‌های مختلف دی اکسید کربن (میکرو مول بر مول) بر قطر ساقه (الف) و تعداد برگ (ب) در گل جعفری در شرایط گلخانه ای



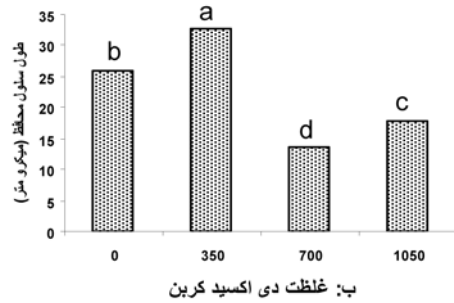
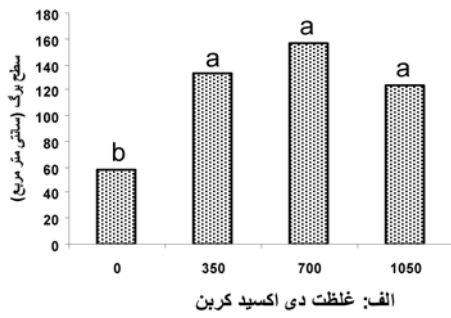
نمودار ۲- اثر غلظت‌های مختلف دی اکسید کربن (میکرو مول بر مول) بر ارتفاع ساقه (الف) و تراکم روزانه (ب) در گل جعفری در شرایط گلخانه ای



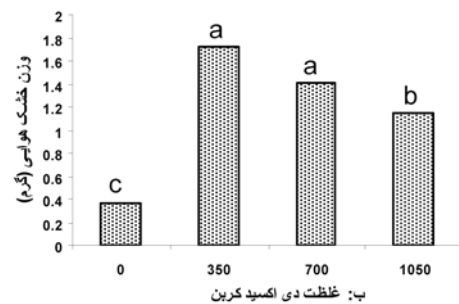
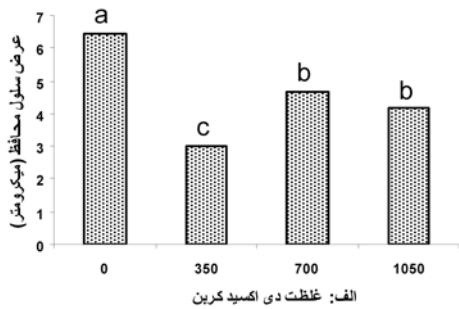
نمودار ۳- اثر غلظت‌های مختلف دی اکسید کربن (میکرو مول بر مول) بر تراکم سلولهای کلروفیل (الف) و شاخص روزانه (ب) در گل جعفری در شرایط گلخانه ای



نمودار ۴- اثر غلظت‌های مختلف دی اکسید کربن (میکرو مول بر مول) بر اندازه روزانه (الف) و طول روزانه (ب) در گل جعفری در شرایط گلخانه ای



نمودار ۵- اثر غلظت‌های مختلف دی اکسید کربن (میکرو مول بر مول) بر سطح برگ (الف) و طول سلولهای محافظ (ب) در گل جعفری در شرایط گلخانه



نمودار ۶- اثر غلظت‌های مختلف دی اکسید کربن (میکرو مول بر مول) عرض سلول‌های محافظ (الف) و وزن خشک (ب) در گل جعفری در شرایط گلخانه

جدول ۲- نتایج حاصل از همبستگی بین صفات در گل جعفری

	D.S	No.L	H	R.C	S.D	E.C.D	S.I	S.L	S.W	S.Size	G.C.L	G.C.W	L.A.T	D.W
D.S	1													
No.L	۰/۹۶**	1												
H	۰/۹۷**	۰/۹۶**	1											
R.C	۰/۳۹	۰/۵۶	۰/۴۲	1										
S.D	۰/۲۸	۰/۳۷	۰/۳۰	۰/۶۹**	1									
E.C.D	۰/۷۶**	۰/۷۰**	۰/۶۸*	۰/۳۷	۰/۳۴	1								
S.I	-۰/۶۹*	-۰/۵۷	۰/۶۰*	-۰/۱۱	۰/۰۵	۰/۹۰**	1							
S.L	۰/۱۴	۰/۲۳	۰/۱۳	۰/۵۲	۰/۸۹**	۰/۳۶	۰/۰	1						
S.W	۰/۱۷	۰/۱۹	۰/۲۱	-۰/۱۶	-۰/۳۹	-۰/۲۳	۰/۰۱	۰/۵۳	1					
S.Size	۰/۲۷	۰/۴۰	۰/۲۹	۰/۵۲	۰/۸۱**	۰/۲۸	۰/۰۲	۰/۸۷**	۰/۰۵	1				
G.C.L	۰/۰۸	۰/۱۷	۰/۰۸	۰/۵۱	۰/۸۸**	۰/۳۷	-۰/۰۱	۰/۹۸**	۰/۶۰*	۰/۷۹**	1			
G.C.W	-۰/۸۵**	۰/۸۸**	۰/۸۸**	-۰/۵۴	-۰/۵۳	-۰/۶۱	۰/۴۴	-۰/۲۸	۰/۳۰	-۰/۵۱	-۰/۲۴	1		
L.A.T	۰/۷۷**	۰/۷۳**	۰/۷۸**	۰/۱۹	-۰/۰۸	۰/۵۰	-۰/۵۳	-۰/۳۴	۰/۳۷	-۰/۱۹	-۰/۳۶	-۰/۶۸*	1	
D.W	۰/۷۵**	۰/۶۸*	۰/۷۲**	۰/۲۷	۰/۳۲	۰/۶۸*	-۰/۵۷	۰/۱۵	۰/۱۶	۰/۲۸	۰/۰۸	-۰/۸۱**	۰/۶۲*	1

\* و \*\* معنی دار در سطح احتمال ۵ و ۱٪

D.S قطر ساقه (سانتیمتر) No.L تعداد برگ ها H ارتفاع ساقه (سانتیمتر) R.C میزان کلروفیل (واحد SPAD) S.D تراکم روزنه (میلیمتر مربع) E.C.D تراکم سلول‌های اپیدرمی (میلیمتر مربع) S.I شاخص روزنه (%) S.L طول روزنه (میکرومتر) S.W عرض روزنه (میکرومتر) S.Size اندازه روزنه (میکرومتر مربع) G.C.L طول سلول‌های محافظ (میکرومتر مربع) G.C.W عرض سلول‌های محافظ (میکرومتر مربع) L.A.T سطح کل برگ (سانتیمتر مربع) D.W وزن خشک اندام هوایی (گرم)

سلول‌های اپیدرمی، همچنین توسعه سلولی سطح برگ نیز افزایش یافت. بهرحال محققین نشان داده اند که صفات آناتومیکی گیاهان نظیر تراکم روزنه، تراکم سلول‌های اپیدرمی و طول روزنه تحت تاثیر عوامل محیطی بوده و به عنوان یک عامل وراثتی شناخته نمی شود (۲۲). این نتایج با نتیجه این تحقیق کاملاً سازگاری داشت. ژانگ و لکوویز (۲۷) نیز نشان دادند که کود دهی با دی اکسید کربن سبب افزایش طوقه گیاه میگردد. در گیاه کالانکوهه غلظت ۹۰۰ پی پی ام دی اکسید کربن سبب افزایش وزن خشک گیاه گردید (۱۱). همچنین مورتسن و مو (۱۱) نشان دادند که کاربرد دی اکسید کربن در غلظتهای ۱۰۰۰ تا ۱۶۰۰ پی پی ام سبب افزایش وزن خشک بین ۲۷ تا ۶۰ درصد در قلمه های گیاه داودی گردید. آنان همچنین نشان دادند که طول شاخه و تعداد برگها با کوددهی دی اکسید کربن افزایش می یابد. این نتایج نیز نتایج این آزمایشات را تایید می نماید. از دیگر نتایج این تحقیق، تسریع گلدهی حداقل به مدت ۱۵ تا ۲۰ روز بود که با نتایج لیبیک و دامبر (۷) مطابقت داشت.

### نتیجه گیری کلی

از نتایج این تحقیق می توان چنین نتیجه گرفت که غلظت‌های بالا بخصوص غلظت ۷۰۰ میکرو مول بر مول دی اکسید کربن بیشترین تاثیر را برصفت مورد مطالعه گذاشته است. با ادامه مصرف سوخت های فسیلی در سطح جهان غلظت دی اکسید کربن همچنان افزایش خواهد یافت. لذا باید از این افزایش بهره جست و از گنجینه گیاهان باغی و زراعی آنهایی را انتخاب نمود که در شرایط غنی سازی دی اکسید کربن ظرفیت بیشتری برای تولید داشته باشند و از این تولید برای جمیت رو به افزایش بشر غذا تولید نمود.

در این تحقیق نیز با افزایش غلظت دی اکسید کربن علاوه بر تراکم روزنه، تراکم سلول‌های اپیدرمی، اندازه روزنه، تراکم سلول‌های اپیدرمی، اندازه روزنه، طول روزنه، سطح برگ، طول سلول‌های محافظ و وزن خشک اندام هوایی افزایش یافت. علاوه بر این، با افزایش غلظت دی اکسید کربن که منجر به تقسیم سلول‌های اپیدرمی گردید، صفاتی نظیر ارتفاع ساقه، تعداد برگها و قطر ساقه نیز افزایش نشان داد که حاکی از تاثیر غلظت بالای دی اکسید کربن بر افزایش آغازیدن روزنه ها در برگهای بالغ و تحریک تشکیل برگهای جدید می باشد، که با نتایج تحقیقات پاندی و همکاران (۲۰) مورتسن (۱۳) ماوروگیانوپولوس و همکاران (۱۰) مورتسن و اول ساکر (۱۲) و ژانگ و لکوویز (۲۷) مطابقت دارد.

همچنین داس (۴) و اپرتی و همکاران (۲۴) افزایشی در طول روزنه، طول و عرض سلول‌های محافظ را تحت شرایط دی اکسید کربن با غلظت بالا را به ترتیب در ارقام کلم و برنج گزارش نمودند که با نتایج این تحقیق همخوانی دارد ولی در این تحقیق عرض سلول‌های محافظ تحت تاثیر قرار نگرفت.

اپرتی و همکاران (۲۴) یک کاهش ۳۵ درصدی در تراکم سلول‌های اپیدرمی را هنگامیکه ارقام برنج تحت تاثیر دی اکسید کربن بالا قرار می گیرند را گزارش نمودند که با نتایج این تحقیق مغایرت دارد. اما پاندی و همکاران (۲۰) گزارش نمودند که هنگامیکه ارقام رز تحت تاثیر دی اکسید کربن با غلظت بالا قرار میگیرند، تقسیمات مرستمی و تمایز در مراحل اولیه رشد برگ القا میشود. همچنین آنها نشان دادند که یک افزایش معنی داری در تراکم سلول‌های اپیدرمی، هنگامیکه گیاهان تحت شرایط دی اکسید کربن بالا قرار می گیرند، بوجود می آید که نتیجه مستقیم آن، افزایش تقسیم سلولی و افزایش حجم سلولی می باشد که از نتایج این تحقیق حمایت می کند. در این تحقیق نیز علاوه بر افزایش تراکم

### منابع

- ۱- قاسمی قهساره م. و کافی م. ۱۳۸۴. گلکاری علمی و عملی. انتشارات گلین. ۳۳۵ ص.
- 2- Beerling D.J., and Kelly C.K. 1997. Stomatal density responses of temperate woodland plants over the past seven decades of CO<sub>2</sub> increase: a comparison of Salisbury (1927) with contemporary data. *Amer. J. Bot.*, 84: 1572–1583.
- 3- Cheng W., Sakai H., Yagi K., and Hasegawa T. 2009. Interactions of elevated CO<sub>2</sub> and night temperature on rice growth and yield. *Agricultural and Forest meteorology.*, 149. (1-4): 51-58.
- 4- Das R. 2003. Characterization of response of *Brassica* cultivars to elevated carbon dioxide under moisture stress. Ph.D. Thesis, Indian Agricultural Research Institute, New Delhi.
- 5- Ferris R., and Taylor G. 1994. Stomatal characteristics of four native herbs following exposure to elevated CO<sub>2</sub>. *Ann. Bot.*, 73: 447–453.
- 6- Hetherington A.M., and Woodward F.I. 2003. The role of stomata in sensing and driving environmental change. *Nature.*, 424: 901–908.
- 7- Labeke M.C.V., and Dambre P. 1998. Effect of supplementary lighting and CO<sub>2</sub> enrichment on yield and flower stem quality of *Alestromeria* cultivars. *Scientia Horticulturae.*, 74(4): 269-278.

- 8- 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.
- 9- Liu-Gitz L., Britz S.J., and Wergin W.P. 2000. Blue light inhibits stomatal development in soybean isolines containing kaempferol 3-O-2G-glycosyl- gentiobioside (K9), a unique flavonoid glycoside. *Plant Cell Environ.*, 23: 883–891.
- 10- Mavrogianopoulos G.N., Spanakis J., and Tsikalas P. 1999. Effect of CO<sub>2</sub> enrichment and salinity on photosynthesis and yield in melon. *Scientia Horticulturae.*, 79(1-2): 51-63.
- 11- Mortensen L.M., and Moe R. 1983. Growth responses of some greenhouse plants to environment. VI. Effect of CO<sub>2</sub> and artificial light on growth of *chrysanthemum morifolium* Ramat. *Scientia Horticulturae.*, 19(1-2): 141-147.
- 12- Mortensen L.M., and Ulsaker R. 1985. Effect of CO<sub>2</sub> concentration and light levels on growth, flowering and photosynthesis of *Begonia x hiemalis* Fotsch. *Scientia horticulturae.*, 27(1-2): 133-141.
- 13- Mortensen L.M. 1986a. Effect of relative humidity on growth and flowering of some greenhouse plants. *Scientia Horticulturae.*, 29(4): 301-307.
- 14- Mortensen L.M. 1986b. Effect of intermittent as compared to continuous CO<sub>2</sub> enrichment on growth and flowering of *Chrysanthemum X morifolium* Ramat. and *Saintpaulia ionantha* H. Wendl. *Scientia horticulturae.*, 29(3): 283-289.
- 15- Mortensen L.M. 1987. CO<sub>2</sub> enrichment in greenhouses. Crop responses. *Scientia Horticulturae.*, 33(1-2): 1-25.
- 16- Mortensen, L. M. and Moe, R. 1992. Effects of CO<sub>2</sub> enrichment and different day/night temperature combinations on growth and flowering of *Rosa* L. and *Kalanchoe blossfeldiana* V. pollen. *Scientia Horticulturae.*, 51(1-2): 145-153.
- 17- Mortensen L.M. 1994a. Effects of day/night temperature variations on growth, morphogenesis and flowering of *Kalanchoe blossfeldiana* v. Poelln. at different CO<sub>2</sub> concentrations, daylengths and photon flux densities. *Scientia Horticulturae.*, 59(3-4): 233-241.
- 18- Mortensen L.M. 1994b. Effects of elevated CO<sub>2</sub> concentrations on growth and yield of eight vegetable species in a cool climate. *Scientia Horticulturae.*, 58(3): 177-185.
- 19- Nilsen S., Hovland K., Dons C., and Sletten S.P. 1983. Effect of CO<sub>2</sub> enrichment on photosynthesis, growth and yield of tomato. *Scientia Horticulturae.*, 20(1): 1-14.
- 20- Pandey R., Chenhako P.M., Choudhary M.L., Prasad K.V., and Mada P. 2007. Higher than optimum temperature under CO<sub>2</sub> enrichment influences stomata anatomical characters in rose (*Rosa hybrida*). *Scientia horticulturae.*, 113(1): 74-81.
- 21- Rajapakse N.C., Clerak D.G., Kelly J.W., and Miller W.B. 1994. Carbohydrate status and postharvest leaf chlorosis of miniature roses as influenced by carbon dioxide enrichment. *Postharvest Biology and Technology.*, 4(3): 271-279.
- 22- Schoch P.G., Jacques R., Lecharny A., and Sibi M. 1984. Dependence of stomatal index on environmental factors during stomata differentiation in leaves of *Vigna sinensis* L2. Effect of different light quality. *J. Exp. Bot.*, 35: 1405–1409.
- 23- Serna L., and Fenoll C. 1997. Tracing the ontogeny of stomatal clusters in *Arabidopsis* with molecular markers. *Plant J.*, 12: 747–755.
- 24- Uprety D.C., Dwivedi N.J., and Mohan V.R. 2002. Effect of elevated carbon dioxide concentration on the stomatal parameters of rice cultivars. *Photosynthetica.*, 40: 315–319.
- 25- Woodward F.I. 1987. Stomatal numbers are sensitive to increase in CO<sub>2</sub> from pre-industrial levels. *Nature.*, 327: 617–618.
- 26- Woodward F.I., and Kelly C.K. 1995. The influence of CO<sub>2</sub> concentration on stomatal density. *New Phytol.*, 131: 311–327.
- 27- Zhang J., and Lechowicz M.J. 1995. Responses to CO<sub>2</sub> Enrichment by Two Genotypes of *Arabidopsis thaliana* Differing in their Sensitivity to Nutrient Availability. *Annals of Botany.*, 75(5): 491-499.