

مطالعه اثر غلظت های بالای دی اکسید کربن بر صفات آناتومیکی و مورفولوژیکی گل ابری (*Ageratum houstonianum* Mill.)

محمود شور^{۱*} و زهرا کریمیان فریمان^۲

۱- نویسنده مسؤول: استادیار گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد (Shoor@ferdowsi.um.ac.ir)

۲- دانشجوی دکتری باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد

تاریخ دریافت: ۸۹/۱۰/۲۱ تاریخ پذیرش: ۹۱/۲/۱۳

چکیده

گل ابری از گیاهان زینتی است که به عنوان گیاه فصلی درحاشیه کاری مورد استفاده قرار می گیرد. به منظور مطالعه صفات آناتومیکی، مورفولوژیکی و تسریع گلدهی این گیاه، آنها در غلظت های شاهد (۳۵۰)، ۷۰۰، ۱۰۵۰ و ۱۴۰۰ میکرو لیتر بر لیتر دی اکسید کربن قرار گرفتند. یک طرح آزمایشی کاملاً تصادفی با سه تکرار برای انجام این آزمایش در نظر گرفته شد و ۱۴ صفت مختلف مورد مطالعه قرار گرفت. نتایج نشان داد، غلظت های بالای دی اکسید کربن تقریباً کلیه صفات مورد مطالعه را تحت تاثیر قرار دادند. به طوری که میانگین قطر ساقه نسبت به شاهد حدود ۵۰٪ افزایش یافت و میانگین ارتفاع را نسبت به میانگین شاهد به حدود ۲ برابر رساند و میانگین میزان کلروفیل در غلظت ۱۰۵۰ میکرو لیتر بر لیتر نسبت به میانگین شاهد ۴۱/۷٪ افزایش یافت. همچنین غلظت های بالای دی اکسید کربن سبب افزایش تراکم روزنه، اندازه روزنه، عرض روزنه، شاخص روزنه، تراکم سلول های اپیدرمی و عرض سلول های محافظ گردید. غلظت ۷۰۰ میکرو لیتر بر لیتر دی اکسید کربن سبب تسریع گلدهی به مدت ۱۵ روز نسبت به گیاهان شاهد گردید.

کلید واژه ها: گل ابری، دی اکسید کربن، صفات آناتومیکی، مورفولوژیکی

مقدمه

متفاوت است. به عنوان مثال برای گوجه فرنگی ۲۲۰۰ پی پی ام، خیار ۱۵۰۰ پی پی ام، ژربرا و داودی ۱۲۰۰ پی پی ام است. طبق تحقیق های به عمل آمده، افزایش غلظت دی اکسید کربن تا ۱۶۰۰ پی پی ام باعث افزایش محصول کاهو به میزان ۳۱٪ شده است (سازمان پارک ها و فضای سبز تهران، ۱۳۷۴). در تحقیق های دیگر، این میزان دی اکسید کربن در پیش رسی برخی ۲۰ درصد موثر بوده است (سازمان پارک ها و فضای سبز تهران، ۱۳۷۴). همچنین پژوهش های به عمل آمده نشان می دهد که با تأمین گاز دی اکسید کربن برای گوجه فرنگی، میزان محصول این گیاه ۴۸ درصد افزایش می یابد و همچنین تزریق همین مقدار روی خیار، موجب افزایش وزن میوه محصول به میزان ۲۳ درصد شده است.

گل ابری (*Ageratum houstonianum* Mill.) گیاهی یکساله و متعلق به تیره Asteraceae می باشد (قاسمی قهساره و کافی، ۱۳۸۴). پژوهش های چند ساله روی گیاهان مختلف نشان داده شده است که سطوح بالای دی اکسید کربن موجب افزایش رشد بعضی از گیاهان می شود. به طور معمول سطح ۱۵۰۰-۱۰۰۰ پی پی ام تأمین می شود، اما سطح بهینه برای هر گیاه متفاوت و وابسته به شدت نور، درجه حرارت و مرحله رسیدگی گیاه می باشد (عباسپور و ابراهیمی نیک، ۱۳۸۷). غلظت های ۱۵۰۰ و بالاتر از آن روی گیاهان مختلف اثرات متفاوت مثبت و منفی داشته است. سطح آستانه تغییرات دی اکسید کربن در گیاهان

تعداد ساقه های گل دهنده و کیفیت گل های این گیاه گردید (لابکه و دامبره^۴، ۱۹۹۸). افزایش غلظت دی اکسید کربن از ۳۳۰ به ۹۰۰ پی پی ام منجر به افزایش معنی داری در وزن خشک گیاه بگونیا گردید، ضمن اینکه متوسط رشد را ۱۶٪ افزایش داد و گلدهی در این گیاه ۷ روز زودتر آغاز شد (مورتسن و اولساکر^۵، ۱۹۸۵). نتایج یک تحقیق دیگر نشان داد که غلظت های ۷۰۰ تا ۱۰۵۰ پی پی ام دی اکسید کربن، باعث افزایش غلظت سوکروز، نشاسته و کربوهیدرات در رز مینیاتوری گردید (راجاپاکسه و همکاران^۶، ۱۹۹۴).

پانندی و همکاران^۷ (۲۰۰۷)، نشان دادند که در صورت افزایش غلظت دی اکسید کربن به ۱۰۰۰ پی پی ام با درجه حرارت روزانه ۲۸ و شبانه ۱۸ درجه سانتیگراد به مدت ۵۰ روز، باعث افزایش معنی داری در تراکم روزنه ها (۶۸/۷ درصد نسبت به ۲۹/۶٪ شاهد) و تراکم سلول های اپیدرمی به میزان ۳۷/۳٪ در گل رز گردیده است. چنگ و همکاران^۸ (۲۰۰۹) 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 می گردد.

در آزمایشی دیگر غنی سازی دی اکسید کربن با غلظت ۸۰۰ تا ۹۰۰ پی پی ام سبب افزایش عملکرد در پیاز و هویج به ترتیب به میزان ۲۳ و ۸ درصد شد. در همین آزمایش افزایش وزن خشک در کاهو، کرفس و هویج به ترتیب به میزان ۱۸، ۱۷ و ۱۹ درصد مشاهده شد (مورتسن، ۱۹۹۴).

اثرات مشابه دیگری در اثر غنی سازی دی اکسید کربن در برخی ارقام رز، کالانکوا (مورتسن و موئه، ۱۹۹۲)، گوجه فرنگی (نیلسن و همکاران^۹، ۱۹۸۳)، گل

اثر ویژه تزریق دی اکسید کربن روی گل سرخ شامل کاهش تعداد شاخه های رویشی، افزایش طول و وزن ساقه، افزایش تعداد گلبرگ ها و کاهش طول دوره محصول دهی در زمستان شده است (سازمان پارک ها و فضای سبز تهران، ۱۳۷۴). زمانی که گیاه در معرض دی اکسید کربن با غلظت زیاد قرار می گیرد، هدایت روزنه ای کاهش می یابد که این کاهش در نتیجه تاثیر فتوستتر می باشد. این پاسخ روزنه ها به تغییرات محیطی احتیاج به درک صفاتی دارد که تعیین کننده هدایت روزنه ای مانند تراکم روزنه ها، شاخص روزنه، اندازه سلول های محافظ و منافذ روزنه، سطح برگ و ... می باشد. در میان صفات متنوع روزنه ای، تراکم روزنه از مهمترین پارامتر های اکوفیزیولوژیکی است که بر تبادلات گازی مؤثر هستند. تغییر در پارامتر های محیطی، در تکامل روزنه ها مؤثر واقع می شود (آپرتی و همکاران^۱، ۲۰۰۲).

سه رقم از گیاه بنفشه آفریقایی و داودی تحت تأثیر دی اکسید کربن به غلظت ۳۳۵ (نرمال) و ۹۰۰ میکرولیتر بر لیتر قرار گرفتند. افزایش وزن خشک همراه با برگ های بیشتر و بزرگتر در بنفشه آفریقایی و ایجاد ساقه ضخیم تر و طولی تر در شاخه های جانبی داودی مشاهده گردید. زمان گلدهی به طور معنی داری توسط غنی سازی با دی اکسید کربن در بنفشه آفریقایی کاهش یافت، اما در داودی تغییری مشاهده نگردید. تعداد گل ها و جوانه های گل با کاربرد دی اکسید کربن در هر دو گونه افزایش یافت (مورتسن^۲، ۱۹۸۶). نتایج محققین دیگر نشان داد که غلظت ۱۲۰۰ پی پی ام دی اکسید کربن، عملکرد هندوانه را افزایش داد و باعث افزایش داده و رشد برگ ها و محتویات کلروفیل برگ ها در این گیاه گردید (ماوروجیانوپولوس و همکاران^۳، ۱۹۹۹). نتایج آزمایش بر روی پنج رقم آلسترومیریا نیز نشان داد که غلظت ۹۰۰ پی پی ام دی اکسید کربن باعث افزایش

4- Labeke & Dambre

5- Mortensen & Ulsaker

6- Rajapakse *et al.*

7- Pandey *et al.*

8- Cheng *et al.*

9- Nilsen *et al.*

1- Uprety *et al.*

2- Mortensen

3- Mavrogianopoulos *et al.*

مواد و روش ها

۱-۲- مواد گیاهی و شرایط رشد

در این تحقیق بذور گل ابری ۸ هفته پیش از مساعد شدن برای انتقال نشاء آن ها، در داخل گلخانه کشت و پس از ۲ برگه شدن به خزانه انتظار منتقل شدند و تحت تاثیر ۴ غلظت دی اکسید کربن قرار گرفتند. تیمار ها شامل ۱- شاهد با غلظت ۳۵۰ میکرو لیتر بر لیتر ۲- غلظت ۷۰۰ میکرو لیتر بر لیتر ۳- غلظت ۱۰۵۰ میکرو لیتر بر لیتر ۴- غلظت ۱۴۰۰ میکرو لیتر بر لیتر. این آزمایش در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار انجام شد. برای تنظیم دی اکسید کربن با غلظت های مورد نظر از یک سیستم کاملاً خودکار استفاده گردید. یک فتوسل^۱ دستور روشن و خاموش شدن را به ترتیب در روز و شب انجام می داد و با استفاده از کپسول های ۵۰ کیلویی دی اکسید کربن و والوهای های برقی که در مسیر قرار داده شده بودند تزریق گاز صورت می گرفت. با استفاده از یک CO₂ متر قابل حمل اندازه گیری های غلظت دی اکسید کربن در طول روز انجام می گرفت. گیاهان موجود در داخل باکس ها به مدت ۲۰ روز تحت تاثیر دی اکسید کربن قرار گرفتند. متوسط درجه حرارت روزانه ۲۵ درجه سانتی گراد و شبانه ۱۸ درجه سانتی گراد برای کلیه تیمار ها یکسان در نظر گرفته شد. فتو پروید با توجه به زمان آزمایش ۱۲ ساعت روشنایی و ۱۲ ساعت تاریکی بود. رطوبت نسبی به طور متوسط حدود ۶۵٪ اندازه گیری و در طول آزمایش ثبت گردید.

۲-۲- اندازه گیری ها

برای اندازه گیری روزنه ها از برگ پنجم گیاه استفاده گردید با استفاده از یک اسکالپل لایه نازکی از سطح رویی برگ جدا و با پنس آن را روی لام های مدرج موسوم به لام توما قرار داده و با استفاده از یک میکروسکوپ نوری با قابلیت تصویر برداری، ابتدا طول و سپس عرض آنها و سرانجام اندازه روزنه ها بر حسب

استکانی و بنفشه آفریقایی (مورتسن، ۱۹۸۶) به دست آمد. افزایش غلظت دی اکسید کربن باعث افزایش فتوسنتز خالص در گیاهان گلدانی، گل های بریده و سبزی ها می شود (مورتسن، ۱۹۸۷). شدت نور (لیک و همکاران^۱، ۲۰۰۱) کیفیت نور (اسکوچ و همکاران^۲، ۱۹۸۴؛ لیوگیتز و همکاران^۳، ۲۰۰۰)، رطوبت (سرنا و فنول^۴، ۱۹۹۷)، دی اکسید کربن اتمسفر و افزایش آن نشان می دهد که تراکم روزنه و شاخص آن تحت تاثیر این عوامل می باشد. تغییر در غلظت دی اکسید کربن اتمسفر به طور گسترده ای در مطالعات فاکتورهای محیطی مورد توجه واقع شده است (بیرلینگ و کرلی^۵، ۱۹۹۷).

این مطالعات نشان می دهد که تعداد روزنه ها در گونه های گیاهی در نتیجه افزایش غلظت دی اکسید کربن کاهش می یابد (وودوارد و کلی^۶، ۱۹۹۵). آزمایش های اخیر نشان دهنده کاهش تعداد روزنه ها ولی مطالعات دیگر نشان می دهد که تراکم روزنه ها با افزایش غلظت دی اکسید کربن افزایش می یابد (فریس و تیلور^۷، ۱۹۹۴). پژوهش ها نشان می دهد که تراکم روزنه ها در بین گونه ها، عادت ها و مناطق رشد گیاهان متغیر است. به علاوه تفاوت در بین گونه ها، هنگامی که دی اکسید کربن افزایش می یابد، در پاسخ به پارامتر های روزنه ای در بین چهار رقم برنج نیز گزارش شده است (آپرتی و همکاران، ۲۰۰۲).

انجام این پژوهش به منظور مطالعه صفات آناتومیکی، مورفولوژیکی و زودرسی نشاهای گل ابری به عنوان یکی از گل های فصلی فضای سبز در شرایط دی اکسید کربن با غلظت های نسبتاً بالا صورت گرفت.

- 1- Lake *et al.*
- 2- Schoch *et al.*
- 3- Liu-Gitz *et al.*
- 4- Serna & Fenoll
- 5- Beerling & Kelly
- 6- Woodward & Kelly
- 7- Ferris & Taylor

نتایج

نتایج نشان می دهد که غلظت های مختلف دی اکسید کربن تقریباً کلیه صفات مورد بررسی به استثنای تعداد برگ ها، طول روزنه و سطح کل برگ ها وزن خشک هوای را تحت تاثیر قرار داد (جدول ۱ و ۲). برای صفت قطر ساقه (جدول ۳)، غلظت های مختلف دی اکسید کربن بر میانگین این صفت در مقایسه با شاهد معنی دار گردید، اما بین غلظت های مختلف تفاوت معنی داری مشاهده نگردید ($P=0/05$).

میانگین صفت تراکم سلول های اپیدرمی در مقایسه با سایر غلظت ها تفاوت معنی داری نشان داد (نمودار ۱ الف $P=0/05$). در بین غلظت های مختلف دی اکسید کربن میانگین غلظت ۷۰۰ میکرو لیتر بر لیتر تراکم روزنه ها (نمودار ۱ ب) را به بیش از ۱۰۰٪ افزایش دادند که نسبت به میانگین تیمار شاهد افزایش چشمگیری داشت ($P=0/01$). غلظت ۷۰۰ میکرو لیتر بر لیتر نیز موجب ۲۰ درصد افزایش در طول سلول های محافظ گردید (نمودار ۱ ج) اما در غلظت بالا این صفت تحت تاثیر قرار نگرفت و حتی نسبت به میانگین شاهد نیز کاهش نشان داد. در صفت اندازه روزنه ها میانگین غلظت ۷۰۰ میکرو لیتر بر لیتر 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٪ افزایش داد (نمودار ۱ د). همچنین غلظت های مختلف دی اکسید کربن بر عرض سلول های محافظ اثری نداشتند ($P=0/01$) و بالاترین میانگین مربوط به تیمار شاهد مشاهده گردید (نمودار ۱ ه). غلظت های مختلف دی اکسید کربن بر عرض روزنه ها (نمودار ۱ و) اثر گذار بودند به طوری که غلظت ۷۰۰ میکرو لیتر بر لیتر این گاز تفاوت معنی داری نسبت به میانگین سایر تیمارها نشان داد ($P=0/01$).

میکرومتر محاسبه گردید. جهت اندازه گیری تراکم سلول های اپیدرمی و روزنه ها نیز از همین روش استفاده و مقادیر در یک میلی متر مربع ثبت گردید. برای اندازه گیری طول و عرض سلول های محافظ روزنه از روش بیان شده استفاده شد و مقادیر نیز بر حسب میکرو متر محاسبه گردید. جهت اندازه گیری کلروفیل از دستگاه SPAD مدل ۵۰۲ استفاده و از هر تکرار ۹ نمونه از برگ پنجم 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 (وودوارد، ۱۹۸۷).

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

E = تعداد سلول های اپیدرمی در واحد سطح (میلی متر مربع)

S = تعداد روزنه در واحد سطح (میلی متر مربع)

SI = شاخص روزنه (%)

برای اندازه گیری سطح برگ از دستگاه Leaf area meter استفاده گردید و مقادیر بر حسب سانتی متر مربع ثبت گردید. جهت اندازه گیری وزن خشک هوایی از هر تکرار ۳ گیاه را انتخاب کرده و قسمت هوایی گیاه پس از قطع از محل طوقه به آون ۶۵ درجه سانتی گراد منتقل و پس از ۲۴ ساعت وزن بر حسب گرم بیان گردید. اندازه گیری قطر ساقه توسط کولیس دیجیتالی انجام و میانگین داده ها بر حسب میلی متر گزارش گردید. جهت اندازه گیری تعداد برگ ها پس از پایان ۲۰ روز 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 شد.

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

میانگین شاخص روزنه در تیمار شاهد و غلظت ۱۴۰۰ میکرو لیتر بر لیتر تفاوت معنی داری نداشتند. اما غلظت های ۷۰۰ و ۱۰۵۰ میکرو لیتر بر لیتر باعث افزایش شاخص روزنه به میزان ۲ برابر نسبت به میانگین شاهد گردید (نمودار ۱ ز).

جدول ۱- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) صفات مختلف گل ابری

منابع تغییر	درجه آزادی	قطر ساقه (میلی متر)	تعداد برگ ها	ارتفاع (سانتی متر)	میزان کلروفیل (SPAD)	تراکم روزنه (میلی متر مربع)	تراکم سلول های اپیدرمی (میلی متر مربع)	شاخص روزنه (%)
غلظت CO ₂	۳	۰/۹۱*	۱/۵۷ ^{ns}	۲۳/۸*	۷۵*	۶۵۸/۵**	۲۲۶ ^{۸*}	۱۵۴/۵**
خطا	۸	۰/۱۴	۱/۲	۵/۸	۱۴/۱	۱۷	۳۴۰	۱۵/۴

* و ** به ترتیب معنی دار در سطح ۵ و ۱٪ و ns تفاوت غیر معنی دار

جدول ۲- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) صفات مختلف گل ابری

منابع تغییر	درجه آزادی	طول روزنه (میکرو متر)	عرض روزنه (میکرو متر)	اندازه روزنه (میکرو متر مربع)	طول سلول محافظ (میکرو متر)	عرض سلول محافظ (میکرو متر)	سطح کل برگ (سانتی متر مربع)	وزن خشک هوایی (g)
غلظت	۳	۲۷/۳ ^{ns}	۱/۲**	۱۴۵۰/۱**	۲۲/۸*	۰/۸**	۸/۹ ^{ns}	۰/۴۵ ^{ns}
خطا	۸	۹/۷	۰/۲	۱۷۹/۲	۳/۵	۰/۱	۱۷۵۱/۸	۰/۱۳

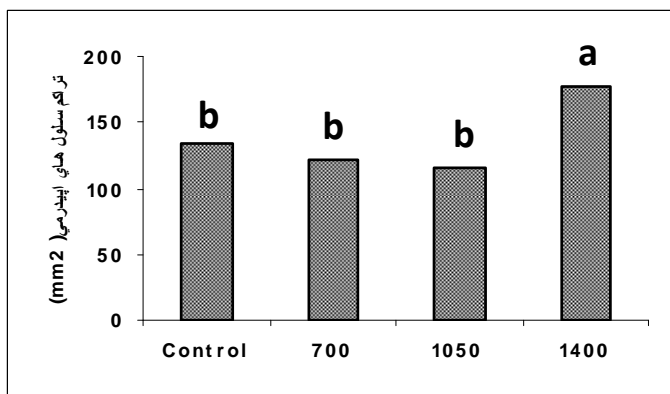
* و ** به ترتیب معنی دار در سطح ۵ و ۱٪ و ns تفاوت غیر معنی دار

جدول ۳ - مقایسه میانگین صفات مورد بررسی در گل ابری

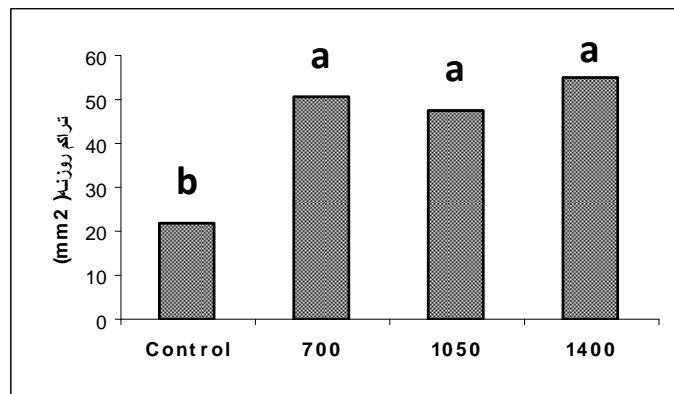
صفات	۳۵۰ (کنترل)	۷۰۰ میکرو لیتر بر لیتر	۱۰۵۰ میکرو لیتر بر لیتر	۱۴۰۰ میکرو لیتر بر لیتر
قطر ساقه (میلی متر)	۲/۲b	۳/۴a	۳/۴a	۲/۹a
ارتفاع (سانتی متر)	۶/۴b	۱۰/۱ab	۱۲/۳a	۱۲/۴a
میزان کلروفیل (واحد Spad)	۲۸/۴b	۳۶/۴a	۴۰/۲a	۳۶/۹a

در هر ردیف میانگین هایی که دارای یک حرف مشترک باشند تفاوت معنی داری ندارند (P=۰/۰۵).

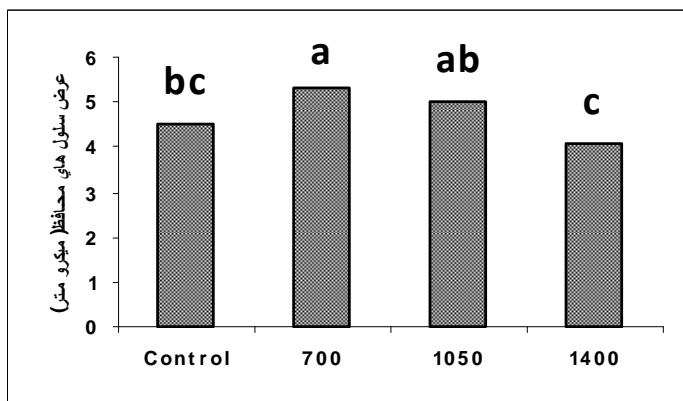
شور و کریمیان فریمان: مطالعه اثر غلظت های بالای دی اکسید کربن بر صفات ...



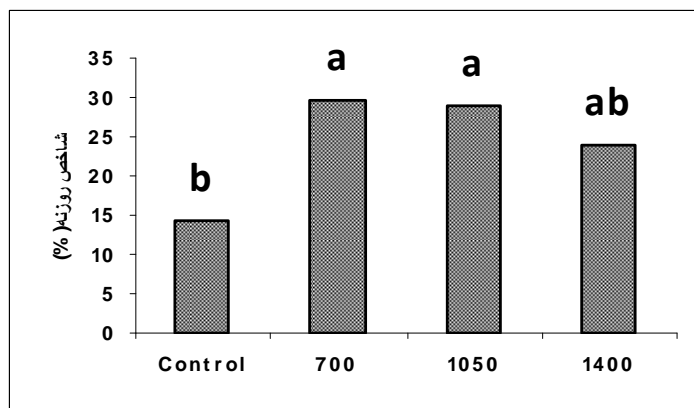
(الف)



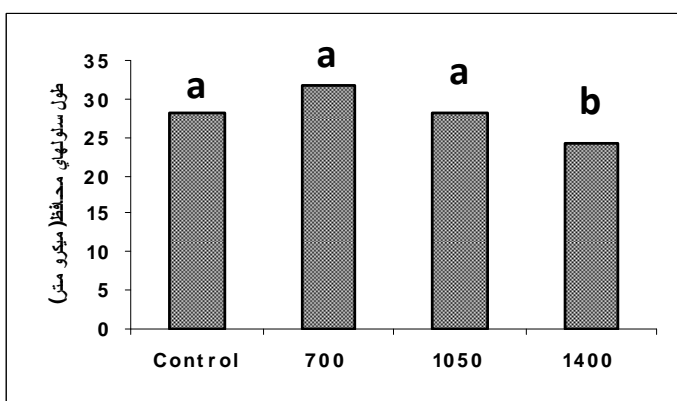
(ب)



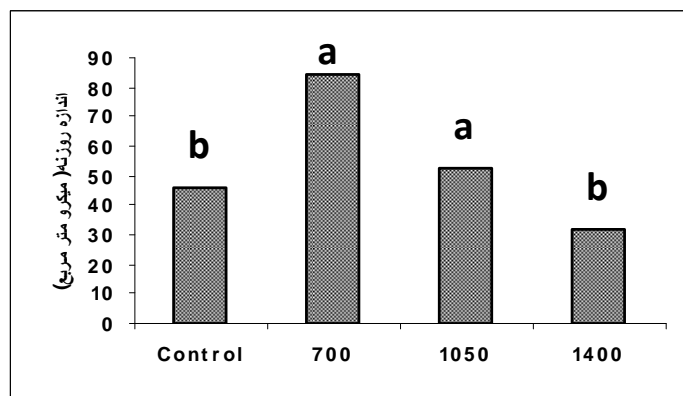
(ج)



(د)



(ه)



(و)

نمودار ۱- تاثیر غلظت های مختلف دی اکسید کربن بر صفات تراکم سلول های اپیدرمی (الف)، تراکم روزانه (ب)، طول سلول های محافظ (ج)، اندازه روزانه (د)، عرض سلول های محافظ (ه) و شاخص روزانه (و) در گل ابری

هریک از ستون هایی که دارای یک حرف مشترک باشند، تفاوت معنی داری از نظر آماری ندارند.

پدید آمد و با افزایش غلظت دی اکسید کربن به میزان ۷۰۰ میکرو لیتر بر لیتر، تراکم روزنه ها افزایش یافت که نتایج حاضر با این نتایج همخوانی دارد. نتایج همین پژوهشگران نشان داد در رزها با افزایش تراکم روزنه ها و سلولهای اپیدرمی هنگامی که گیاهان در معرض دی اکسید کربن با غلظت بالا قرار میگیرند، آغازیدن روزنه ها^۲ نیز افزایش می یابد که منجر به افزایش تقسیم سلولی در سلول های اپیدرمی گردید. در پژوهش حاضر نیز با افزایش غلظت دی اکسید کربن علاوه بر تراکم روزنه، تراکم سلولهای اپیدرمی، اندازه روزنه، طول روزنه، سطح برگ، طول سلولهای محافظ و وزن خشک هوایی افزایش یافت (جداول ۱ و ۲). علاوه بر این صفات، با افزایش غلظت دی اکسید کربن که منجر به تقسیم سلول های اپیدرمی گردید، صفاتی مانند ارتفاع ساقه، تعداد برگ ها و قطر ساقه نیز افزایش نشان داد که بیانگر تاثیر غلظت بالای دی اکسید کربن بر آغازیدن روزنه ها در برگ های بالغ و تحریک تشکیل برگ های جدید می باشد، که با نتایج تحقیقات پانندی و همکاران (۲۰۰۷)، مورتسنس و موئه (۱۹۸۳)، ماوروجیانوپولوس و همکاران (۱۹۹۹)، مورتسنس و اولساکر (۱۹۸۵) و ژانک و لچویکز^۳ (۱۹۹۵) همراستا است. اپرتی و همکاران، (۲۰۰۲) یک کاهش ۳۵ درصدی در تراکم سلول های اپیدرمی را هنگامی که گیاهان فقط در دی اکسید کربن بالاتر قرار می گیرند را گزارش نمودند که با یافته های این پژوهش مغایرت دارد. اما پانندی و همکاران (۲۰۰۷) گزارش نمودند هنگامی که ارقام رز تحت تاثیر دی اکسید کربن با غلظت بالا قرار می گیرند، تقسیمات مریستمی و تمایز در مراحل اولیه رشد برگ القا میشود. به علاوه در مطالعات آنها نشان داده شد که یک افزایش معنی داری در تراکم سلول های اپیدرمی، هنگامی که گیاهان تحت شرایط دی اکسید کربن بالا قرار می گیرند

همچنین نتایج جدول ۴ نشان دهنده همبستگی مثبت و معنی دار بین صفت قطر ساقه با میزان کلروفیل ($R=0.63^*$)، ارتفاع ($R=0.77^{**}$)، تراکم روزنه ($R=0.68^*$)، شاخص روزنه ($R=0.74^{**}$) و وزن خشک هوایی ($R=0.70^{**}$) می باشد. از طرفی یک همبستگی منفی بین تراکم سلول های اپیدرمی با طول روزنه ($R=0.72^*$)، $R=-0.55^*$ و اندازه روزنه ($R=-0.55^*$)، طول سلول های محافظ ($R=-0.62^*$) و عرض سلول های محافظ مشاهده گردید ($R=-0.64^*$).

این نتایج همچنین نشان می دهد که با افزایش ارتفاع گیاهان به میزان کلروفیل ($R=0.54^*$) و تراکم روزنه ها افزوده می گردد ($R=0.74^{**}$). همبستگی مثبت و معنی داری نیز بین صفات تراکم روزنه با شاخص روزنه ($R=0.83^{**}$)، سطح کل برگ ($R=0.66^*$) و وزن خشک ($R=0.63^*$) مشاهده گردید. این همبستگی مثبت بین صفات اندازه روزنه با طول سلول های محافظ ($R=-0.84^{**}$)، و عرض سلول های محافظ ($R=-0.68^*$) مشاهده گردید.

بحث

بیشترین مطالعات تاثیر کنترل عوامل محیطی بر بهبود وضعیت روزنه ها مربوط به رشد ناشی از افزایش غلظت دی اکسید کربن است که بر تراکم روزنه و شاخص روزنه نیز اثر خواهد داشت (هترینگتون و وودوارد، ۲۰۰۳). مطالعات اخیر نشان داده برگ های بالغ، نور و دی اکسید کربن را حس کرده که افزایش این فاکتورها به توسعه و افزایش برگ ها کمک می نماید. در این پژوهش با افزایش دی اکسید کربن، تعداد برگ های گیاهان افزایش نشان داد که با نتایج هترینگتون و وودوارد (هترینگتون و وودوارد، ۲۰۰۳) مطابقت دارد. نتایج تحقیقات پانندی و همکاران (۲۰۰۷) نشان داد زمانی که گیاهان رز در معرض غلظت بالای دی اکسید کربن قرار گرفتند، افزایش معنی داری در روزنه ها و شاخص روزنه

جدول ۴- نتایج حاصل از همبستگی بین صفات در گل ابری

	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	0.37	1												
H	0.77**	0.54*	1											
R.C	0.63*	0.34	0.54**	1										
S.D	0.68**	0.37	0.74**	0.62*	1									
E.C.D	-0.17	0.39	0.22	-0.04	0.14	1								
S.I	0.74**	0.15	0.60**	0.60*	0.83**	-0.42	1							
S.L	0.14	-0.22	-0.04	-0.02	0.01	-0.72**	0.43	1						
S.W	0.32	-0.30	-0.01	0.23	0.12	-0.44	0.36	0.64*	1					
S.Size	0.33	-0.29	0.02	0.16	0.15	-0.55*	0.45	0.81**	0.96**	1				
G.C.L	0.27	-0.37	-0.18	0.00	-0.16	-0.62*	0.19	0.66*	0.82**	0.84**	1			
G.C.W	0.46	-0.25	-0.16	0.28	0.01	-0.64*	0.35	0.42	0.73**	0.68**	0.77**	1		
L.A.T	0.43	-0.08	0.27	0.56*	0.66**	-0.19	0.68**	0.00	0.43	0.34	0.11	0.40	1	
D.W	0.70**	0.46	0.79**	0.52	0.63**	0.44	0.38	-0.37	-0.05	-0.12	-0.20	-0.07	0.31	1

* و ** به ترتیب معنی دار در سطح احتمال ۵ و ۱٪

D.S: قطر ساقه، No. L: تعداد برگ ها، H: ارتفاع ساقه، R.C: میزان کلروفیل، S.D: تراکم روزنه، E.C.D: تراکم سلول های اپیدرمی، S.I: شاخص روزنه، S.L: طول روزنه، S.W: عرض روزنه، S.Size: اندازه روزنه، G.C.L: طول سلول های محافظ، G.C.W: عرض سلول های محافظ، L.A.T: سطح کل برگ، D.W: وزن خشک هوایی

می گردد. در گیاه *Kalanchoe blossfeldiana* غلظت ۹۰۰ پی پی ام دی اکسید کربن سبب افزایش وزن خشک گردید (لیوگیتز و همکاران، ۲۰۰۰). همچنین مورتسنس و موئه (۱۹۸۳)، نشان دادند که کاربرد دی اکسید کربن در غلظت های ۱۰۰۰ تا ۱۶۰۰ پی پی ام سبب افزایش وزن خشک بین ۲۷ تا ۶۰٪ در قلمه های گیاه داودی گردید. آنان همچنین نشان دادند که طول شاخه و تعداد برگ ها با غنی سازی دی اکسید کربن افزایش می یابد. این نتایج نیز یافته های این تحقیق را تایید می نماید. از دیگر نتایج این تحقیق، تسریع گلدهی حداقل به مدت ۱۵ تا ۲۰ روز بود که با نتایج لیک و دامبر^۲ (۱۹۹۸) در گیاه آلسترومیریا مطابقت داشت.

به وجود می آید که نتیجه مستقیم آن، افزایش تقسیم سلولی و افزایش حجم سلولی می باشد که با نتایج ما همراستا است. در این پژوهش نیز علاوه بر افزایش تراکم سلول های اپیدرمی و با توسعه سلولی، سطح برگ نیز افزایش یافت (جدول ۲). همچنین بر اساس نتایج این تحقیق می توان نتیجه گرفت که غلظت های بالا بخصوص ۷۰۰ میکرو لیتر بر لیتر دی اکسید کربن، بیشترین تاثیر را بر صفات مورد مطالعه داشته است. به هر حال محققین نشان داده اند که صفات آناتومیکی گیاهان (تراکم روزنه، تراکم سلول های اپیدرمی و طول روزنه و...) تحت تاثیر عوامل محیطی بوده و به عنوان یک عامل وراثتی شناخته نمی شود (پاندی و همکاران، ۲۰۰۷). این یافته ها با پژوهش حاضر کاملا سازگاری دارد. ژانگ و لچویکز (۱۹۹۵) نیز نشان دادند که غنی سازی با دی اکسید کربن سبب افزایش طوقه گیاه

1- Liu-Gitz

2- Labeke & Dambre

منابع

۱. سازمان پارک ها و فضای سبز تهران. ۱۳۷۴. مدیریت گلخانه. انتشارات سازمان پارک ها و فضای سبز تهران، شهرداری، ۴۴۴ ص.
۲. عباسپور، م. ح. و ابراهیمی نیک، م. ۱۳۸۷. مهندسی گلخانه. انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد، ۳۱۶ ص.
۳. قاسمی قهساره، م. و کافی، م. ۱۳۸۴. گلکاری علمی و عملی. انتشارات گلین، ۳۳۵ ص.
4. Beerling, D.J., and Kelly, C.K. 1997. Stomatal density responses of temperate woodland plants over the seven decades of CO₂ increase: a comparison of Salisbury (1927) with contemporary data. *Am. J. Bot.*, 84: 1572–1583.
5. 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(1-4): 51-58.
6. Ferris, R., and Taylor, G. 1994. Stomatal characteristics of four native herbs following exposure to elevated CO₂. *Ann. Bot.*, 73: 447– 453.
7. Hetherington, A.M., and Woodward, F.I., 2003. The role of stomata in sensing and driving environmental change. *Nature*, 424: 901–908.
8. Labeke, M.C.V., and Dambre, P. 1998. Effect of supplementary lighting and CO₂ enrichment on yield and flower stem quality of *Alestromeria* cultivars. *Scientia Horticulturae*, 74 (4): 269-278.
9. 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.
10. 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.
11. Mortensen, L.M. 1994. Effects of day/night temperature variations on growth, morphogenesis and flowering of *Kalanchoe blossfeldiana* v. Poelln. at different CO₂ concentrations, daylengths and photon flux densities *Scientia Horticulture* 59(3-4): 233-241.
12. Mavrogianopoulos, G.N., Spanakis, J., and Tsikalas, P. 1999. Effect of CO₂ enrichment and salinity on photosynthesis and yield in melon. *Scientia Horticulture*, 79(1-2): 51-63.
13. 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.

14. Mortensen, L.M., and Ulsaker, R. 1985. Effect of CO₂ concentration and light levels on growth, flowering and photosynthesis of *Begonia x hiemalis* Fotsch. *Scientia Horticulture*. 27(1-2): 133-141.
15. Mortensen, L.M. 1986. Effect of relative humidity on growth and flowering of some greenhouse plants. *Scientia Horticulture*. 29(4): 301-307.
16. Mortensen, L.M. 1986. Effect of intermittent as compared to continuous CO₂ enrichment on growth and flowering of *Chrysanthemum X morifolium* Ramat. and *Saintpaulia ionantha* H. Wendl. *Scientia horticulture*. 29(3): 283-289.
17. Mortensen, L.M. 1987. CO₂ enrichment in greenhouses, Crop responses. *Scientia Horticulture*, 33(1-2): 1-25.
18. 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 Horticulture*, 51(1-2): 145-153.
19. Mortensen, L.M. 1994. Effects of elevated CO₂ concentrations on growth and yield of eight vegetable species in a cool climate. *Scientia Horticulture*, 58(3): 177-185.
20. Nilsen, S., Hovland, K., Dons, C., and Sletten, S.P. 1983. Effect of CO₂ enrichment on photosynthesis, growth and yield of tomato. *Scientia Horticulture*, 20(1): 1-14.
21. 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 chracters in rose (*Rosa hybrida*). *Scientia Horticulture*, 113(1): 74-81.
22. 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.
23. 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* L 2. Effect of different light quality. *Journal, Exp. Bot*, 35: 1405–1409.
24. Serna, L., and Fenoll, C. 1997. Tracing the ontogeny of stomatal clusters in *Arabidopsis* with molecular markers. *Plant Journal*, 12: 747–755.
25. 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.
26. Woodward, F.I. 1987. Stomatal numbers are sensitive to increase in CO₂ from pre-industrial levels. *Nature*, 327: 617–618.
27. Woodward, F.I., and Kelly, C.K. 1995. The influence of CO₂ concentration on stomatal density. *New Phytol*, 131: 311–327.

28. Zhang, J., and Lechowicz, M.J. 1995. Responses to CO₂ Enrichment by Two Genotypes of *Arabidopsis thaliana* differing in their Sensitivity to Nutrient Availability. *Annals of Botany*, 75(5): 491-499.