نشریه علوم باغبانی (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۳۱، شماره ۴، زمستان ۱۳۹۶، ص. ۶۴۲-۶۳۴
شاپا: ۴۷۳۰ - ۲۰۰۸

Journal of Horticultural Science
Vol. 31, No. 4, Winter 2018, P. 634-642
ISSN: 2008 - 4730

بررسی پاسخ‌های رشدی بخش هوایی و زیرزمینی گل لیزیانتوس تحت افزایش گاز گلخانه‌ای دی‌اکسیدکربن در کشت هیدروپونیک

مهین نیکو[۱]- محمود شور[۲*]- علی تهرانی‌فر[۳]- الهام سعیدی پویا[۴]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۴/۰۶/۰۹
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۶/۰۷/۱۱

چکیده

افزایش دی‌اکسیدکربن اتمسفر به عنوان یکی از مشخصه‌های تغییر اقلیم به میزان زیادی بر بهره‌دهی جهانی، بخش کشاورزی اثر می‌گذارد. بنابراین هدف از انجام این پژوهش بررسی اثرات افزایش گاز گلخانه‌ای دی‌اکسیدکربن بر پاسخ رشدی اندام‌های هوایی و زیرزمینی دو رقم گل لیزیانتوس در شرایط کشت هیدروپونیک است. این تحقیق در گلخانه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد، در قالب آزمایش کرت‌های خرد شده بر پایه طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار انجام شد. تیمارها شامل سه غلظت دی‌اکسیدکربن ۳۸۰ به عنوان شاهد، ۷۵۰ و ۱۰۵۰ پی‌پی‌ام و دو رقم گل شاخه بریده لیزیانتوس Yolde White و GCREC-Blu بود. با توجه به نتایج می‌توان این‌گونه بیان داشت که اثر تیمار دی‌اکسیدکربن بر ارتفاع، طول میانگره، وزن خشک ساقه و ریشه، سطح و حجم ریشه و نسبت ریشه به ساقه در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار شد و در بین دو رقم تنها از نظر وزن خشک ساقه، تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال ۵ درصد مشاهده شد. اثر متقابل دی‌اکسیدکربن و رقم بر روی هیچ یک از صفات مورد مطالعه تأثیر معنی‌داری نداشت. در یک نگاه کلی، افزایش دی‌اکسیدکربن موجب افزایش تمامی پارامترهای رشدی بخش هوایی و زیرزمینی گیاه لیزیانتوس شد و بیشترین و کمترین تأثیر در تمامی صفات به ترتیب مربوط به غلظت ۱۰۵۰ پی‌پی‌ام و شاهد بود. در نتیجه تغییرات گاز دی‌اکسیدکربن در اتمسفر می‌تواند تأثیرات بسیار چشمگیری بر روی گیاه بگذارد که بدین ترتیب می‌توان برخی اثرات تغییر اقلیم در آینده را بر روی کیفیت تولید تجاری گل‌های شاخه بریده پیش‌بینی و بررسی نمود.

واژه‌های کلیدی: گاز گلخانه‌ای، میانگره، وزن، هیدروپونیک

مقدمه

با رشد جمعیت و افزایش فعالیت‌های صنعتی در دو قرن اخیر هر روزه مقادیر قابل توجهی گازهای دی‌اکسیدکربن، متان، کلروفلوروکربن، اکسیدهای نیترو و ازن تروپوسفری به موجودی گازهای طبیعی در جو اضافه می‌شود و تغییر کلی گازهای گلخانه‌ای در جو، موجب افزایش یا کاهش تشعشعات ورودی کره زمین خواهد شد (۱۴). یکی از مهم‌ترین گازهای گلخانه‌ای که توسط انسان به جو رها می‌شود، دی‌اکسیدکربن است (۱۴). افزایش دی‌اکسیدکربن اتمسفر و دیگر مشخصه‌های تغییر اقلیم به میزان زیادی بر بهره‌دهی جهانی بخش کشاورزی اثر می‌گذارد. به همین دلیل بخش بزرگی از تحقیقات در بخش کشاورزی به بررسی و پیش‌بینی اثرات تغییر اقلیم بر تولیدات زراعی اختصاص یافته است (۹). آنچه مسلم است، واکنش متفاوت گیاهان در شرایط تغییر غلظت دی‌اکسیدکربن است. این واکنش‌ها شامل تغییرات عملکرد و ویژگی‌های رشدی و تغییر در نسبت بخش هوایی به ریشه و به عبارت دیگر، اختصاص مواد، خواهد بود (۲۱). رشد بیشتر گیاهان با دو برابر شدن سطح دی‌اکسیدکربن ۳۰ تا ۶۰ درصد افزایش می‌یابد (۷). افزایش غلظت دی‌اکسیدکربن باعث افزایش طول و تراکم ریشه به ویژه در قسمت سطحی خاک می‌شود (۱). بوکر و همکاران (۲) نشان دادند که دی‌اکسیدکربن بر تخصیص ماده خشک به اندام هوایی مؤثراست، به طوری‌که در گیاه سویا، ازدیاد غلظت دی‌اکسیدکربن تخصیص ماده خشک را به ترتیب در ریشه، ساقه و برگ افزایش داد. زواره (۲۱) نشان داد که غلظت دی‌اکسیدکربن اثر مثبت و معنی‌داری بر بهبود میزان تجمع ماده خشک در ژنوتیب‌های کنجد داشت، به طوری‌که افزایش غلظت دی اکسیدکربن میانگین تولید ماده را ۱۸ درصد افزایش داد. همچنین

۱، ۲، ۳ و ۴- به ترتیب کارشناس ارشد گیاهان زینتی، دانشیار، استاد و دانشجوی دکتری تخصصی گیاهان زینتی، گروه علوم باغبانی، دانشگاه فردوسی مشهد
(*- نویسنده مسئول: Email: shoor@ferdowsi.um.ac.ir)
DOI: 10.22067/jhorts4.v31i4.49233

افزایش غلظت دی‌اکسیدکربن منجر به افـزایش ۱۳ درصـدی نسـبت ریشه به اندام هوایی شد. نتایج یک آزمایش روی گـل‌هـای جعفـری (*Tagets* spp)، ابـری (*Ageratum* spp) و رعنـا زیبـا (*Gaillaria* spp) نشان داد که با افزایش غلظت CO_2 صرف‌نظر از نوع گونه‌های مورد بررسی، وزن خشک افزایش معنی‌داری داشـت (۱۸). پریچـارد و همکاران (۱۵)، با بررسی اثر افزایش دی‌اکسیدکربن روی رشد ریشـه در گیاه سورگوم دریافتند که افزایش دی‌اکسـیدکربن باعـث افـزایش رشد، طول و ضخامت ریشه گردید .

از سوی دیگر پرورش گیاهان در بسترهای کشت به دلیل مزایای متعدد نظیر کنترل تغذیه گیاه، کاهش بروز بیماری‌ها و آفات و افزایش کمیت و کیفیت محصول نسبت به کشـت خـاکی در حـال گسـترش است. خصوصیات مواد مختلف مورد استفاده به عنوان بستر کشت، به طور مستقیم و غیرمستقیم، بر رشـد گیـاه و تولیـد محصـول اثـر دارد (۱۹). همچنین در کشورهایی که با محدودیت آب کشاورزی مواجه‌اند روش هیدروپونیک می‌تواند به عنوان یکی از مـؤثرترین راه‌هـا بـرای مصرف بهینه آب کشاورزی باشـد. مـی‌سـن (۱۱)، بیـان کـرد مقـدار مصرف روزانه آب در اغلب سیستم‌های بدون خاک بین ۰/۲۵ تا ۱/۲۵ لیتر در متر مربع است. از بسترهای غیرخاکی می‌توان بـه مـوارد زیـر اشاره کرد: پرلیت، باعث افزایش زهکشی بستر کشت و بهبـود تهویـه آن می‌شود (۱۰). کوکوپیت از نسبت‌هـای مسـاوی لیگنـین و سـلولز تشکیل شده و غنی از پتاسیم و عناصر کـم مصـرف بـه ویـژه آهـن، منگنز، روی و مس می‌باشد (۱۷). صابری (۱۶) نشان داد که اسـتفاده از کوکوپیت و زئولیـت باعـث افـزایش غلظـت پتاسـیم و منیـزیم در شاخساره و میوه گوجه فرنگی چری شد.

در بین گل‌های شاخه بریده یکی از زیباترین گل‌ها با گلبرگ‌های چین خـورده در رنـگ‌هـای سـفید، آبـی و بـنفش لیزیـانتوس اسـت. لیزیـانتوس بـا نـام علمـی *Eustoma grandiflorum* از خـانواده Gentianaceae بومی آمریکای شـمالی، دارای انـواع یـک سـاله، دو ساله یا چند ساله‌های کوتاه عمر است. دارای برگ‌های متقابـل، تخـم مرغی شکل و بدون دمبرگ و گاهی ساقه آغوش و به رنگ سبز مایل به خاکستری است. گل لیزیانتوس به صورت کم پر و پرپـر در انـدازه های کوچک، متوسط و بزرگ در اشـکال پهـن، لولـه‌ای و زنگولـه‌ای دیده می‌شود (۳).

بنابراین برای پیش‌بینی شرایط تغییر اقلیم در آینـده کشـاورزی از جمله تولید تجاری گل‌های شاخه بریـده، لازم اسـت واکـنش رشـد و عملکرد گیاهان مختلف به این تغییرات مورد بررسی قرار گیرد. بـدین ترتیب این پژوهش جهت بررسی واکنش‌های رشدی بخش هـوایی و زیرزمینی دو رقم گل لیزیانتوس در شرایط کشت هیدروپونیک انجـام شد.

مواد و روش‌ها

این تحقیق در گلخانه تحقیقـاتی دانشـکده کشـاورزی، دانشـگاه فردوسی مشهد، در قالب آزمایش کرت‌های خرد شده (اسپلیت پـلات) بر پایه طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار انجام شد. تیمارها شامل سـه غلظت دی‌اکسیدکربن ۳۸۰ به عنوان شاهد، ۷۵۰ و ۱۰۵۰ میلی‌گرم در لیتر (به عنوان کرت اصلی) و دو رقـم گـل شـاخه بریـده لیزیـانتوس Yolde White و GCREC-Blu (به عنوان کرت فرعی) بود. برای تنظیم دی‌اکسیدکربن با غلظت‌های مورد نظر، از یک سیسـتم کـاملاً خودکار استفاده گردید. یک فتوسل دستور روشن و خاموش شدن را به ترتیب در روز و شب انجـام مـی‌داد و بـا اسـتفاده از کپسـول‌هـای ۵۰ کیلویی دی‌اکسیدکربن و شیرهای برقی و تایمرهایی که در مسیر قرار داده شده بودند تزریق گاز صورت گرفت. با دی‌اکسیدکربن متر پرتابـل (مدل AZ77535)، غلظت دی‌اکسیدکربن در طول دوره اندازه‌گیـری شد. بدین منظور نشاها در مرحلـه شـش برگـی از شـرکت توسـعه و تجهیز کشت‌های گلخانه‌ای ایران خریـداری شـده و سـپس در بسـتر حاوی کوکوپیت و پرلیت به نسبت ۱:۱ کشت و در اتاقک‌های تزریـق دی‌اکسیدکربن قرار گرفتند. طول دوره تزریـق گـاز ۲ مـاه بـود. دمـا، رطوبت نسبی و شدت نور در گلخانه توسط سنسورهایی که به سیستم مرکزی گلخانه متصل بود کنترل گردید. به گونه‌ای که دمای شـب و روز به ترتیب در حد ۱۹ و ۳۲ درجه سانتی‌گـراد و رطوبـت نسـبی در محدوده ۷۰ – ۶۰ ٪ حفظ شد.

به منظور اندازه‌گیری ارتفاع ساقه و فاصله میانگره از خطکـش و جهت اندازه‌گیری قطر ساقه از کولیس دیجیتالی استفاده گردید. قطـر ساقه و طول میانگره از سه قسمت پایین، میانی و بالایی گیاه انـدازه-گیری شد. حجم ریشه توسط استوانه و بـر اسـاس میـزان حجـم آب نسبت به حالت اولیه محاسبه شد. در مرحله بعـد بـه وسـیله دسـتگاه اسـکنر ریشـه (Win DIAS Image Analysis) سـطح ریشـه اندازه‌گیری شد. در نهایت بخـش زیرزمینـی و انـدام هـوایی گیاهـان جهت اندازه‌گیری وزن خشک به مدت ۷۲ ساعت در دمای ۷۵ درجـه سانتی‌گراد به آون منتقل و وزن خشک ریشه و اندام هوایی با ترازوی دیجیتالی مدل GF-300 با دقت ۰/۰۰۱ مورد اندازه‌گیری قرار گرفتند.

در نهایت آنالیز آماری داده‌ها بوسیله نـرم‌افـزار Jmp8 و مقایسـه میانگین داده‌ها توسط آزمون LSD در سطح احتمال ۵ درصـد انجـام شد.

نتایج

نتایج تجزیه واریانس حـاکی از تـأثیر معنـی‌دار ($p<0.01$) تیمـار دی‌اکسیدکربن بر تمامی صفات به جز قطر ساقه اسـت. در رابطـه بـا تیمار رقم، تنها در مورد صفت وزن خشـک سـاقه تفـاوت معنـی‌داری ($p<0.05$) بین دو رقم لیزیانتوس دیده شد. اثر متقابل دی‌اکسیدکربن

و رقم بر روی هیچ یک از صفات مورد مطالعه تأثیر معنی‌داری نداشت (جدول ۱).

ارتفاع ساقه

با افزایش غلظت دی‌اکسیدکربن، ارتفاع گیاه افـزایش یافـت. بـه طوری‌که بیشترین مقدار (۱۳۴/۹۹ سانتی‌متر)، مربوط به غلظت ۱۰۵۰ پی‌پی‌ام و کمترین مقدار (۱۱۹/۴۴ سانتی‌متر)، مربوط به ۳۸۰ (شـاهد) پی‌پی‌ام بود (شکل 1a).

قطر ساقه

نتایج حاصل از تجزیه واریانس برای صفت قطر ساقه نشـان داد که، قطر ساقه تحت تأثیر هیچ یک از تیمارهای دی‌اکسیدکربن و رقم و اثر متقابل این دو تیمار قرار نگرفت (جدول ۱).

طول میانگره

طول میانگره تحت تأثیر دی‌اکسیدکربن روند افزایشی نشان داد، گرچـه بـین دو غلظـت ۷۵۰ و ۱۰۵۰ پـی‌پـی‌ام اخـتلاف معنـی‌داری مشاهده نشد اما تفاوت این دو غلظت با شاهد چشـمگیر بـود (شـکل 1b).

وزن خشک ساقه

وزن خشک ساقه بین دو رقم گیاهی اختلاف معنـی‌داری نشـان داد. بـر ایـن اسـاس، گونـه GCREC-Blue از وزن خشـک سـاقه بیشتری نسبت بـه گونـه Yolde White برخـوردار بـود (شـکل ۲). همچنین با افزایش غلظت دی‌اکسیدکربن، وزن خشک ساقه به طـور معنی‌داری روند افزایشی یافت. بیشترین وزن خشک در غلظت ۱۰۵۰ پی پی ام با مقدار (۲۲/۴۶ گرم) سپس (۲۱/۲۷ گرم) مربـوط بـه ۷۵۰ پی‌پی‌ام و کمترین مقدار با (۱۱/۳۸ گرم) مربوط به تیمـار شـاهد بـود (شکل 1c).

سطح و حجم ریشه: با توجه به نتایج مقایسـه میـانگین سـطح و حجم ریشه با افزایش غلظت دی‌اکسیدکربن افزایش یافت به طوری- که در مورد هر دو صفت به ترتیب بیشترین و کمترین سطح و حجـم ریشه در غلظت ۱۰۵۰ پی‌پی‌ام و تیمـار شـاهد مشـاهده شـد (شـکل 1d,e).

وزن خشک ریشه: افزایش غلظت دی‌اکسیدکربن تـا سـطح ۷۵۰ پی‌پی‌ام تفاوت معنی‌داری با تیمار شاهد نداشت اما سـطح ۱۰۵۰ پـی پی‌ام از این نظر تفاوت معناداری با دو سطح شـاهد و ۷۵۰ پـی‌پـی‌ام نشان داد (شکل 1f).

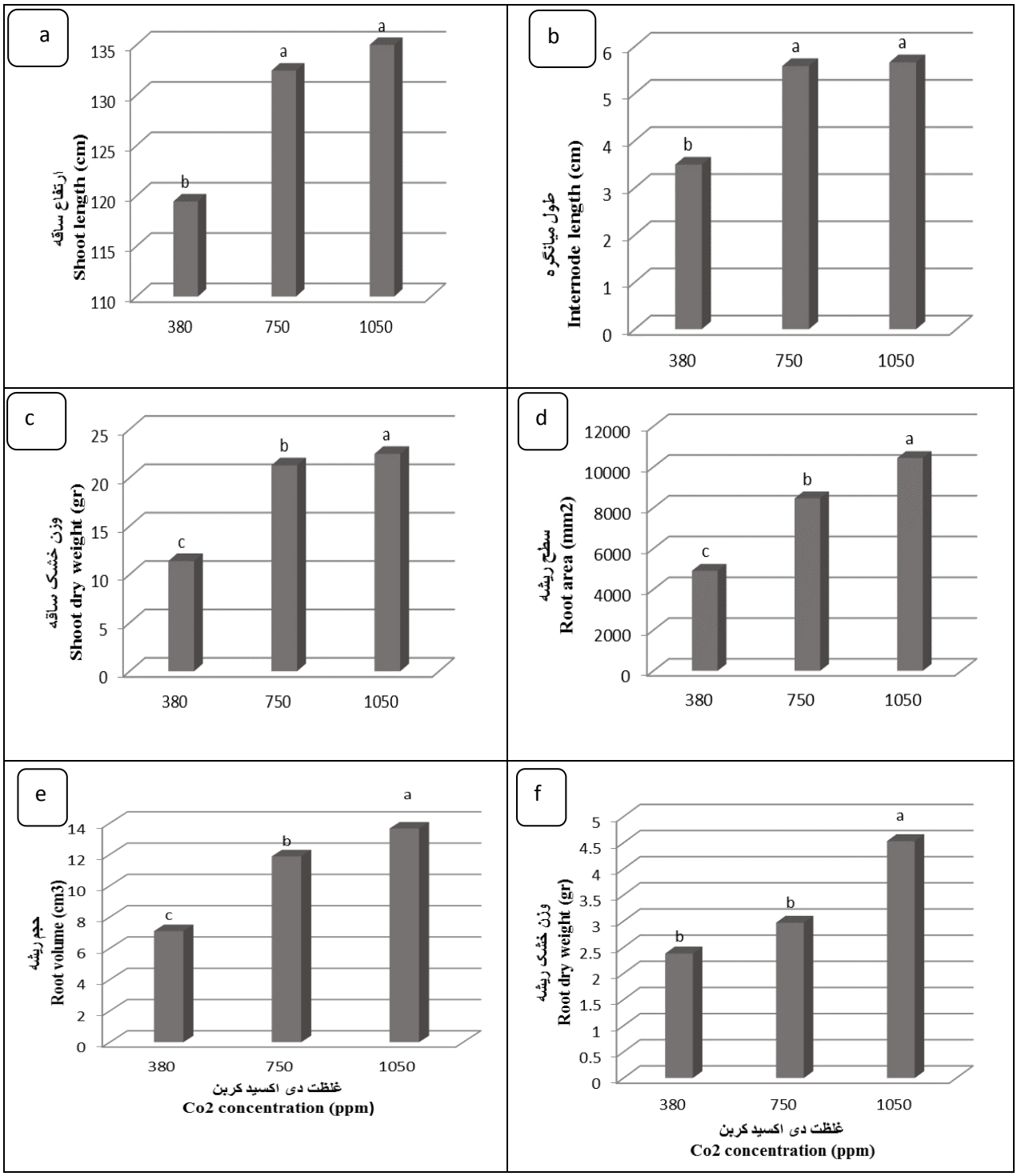
جدول ۱- تجزیه واریانس صفات مختلف اندام هوایی و زیرزمینی گل لیزیانتوس تحت غنی‌سازی با دی‌اکسیدکربن

Table 1- Analyze of variance for different traits of shoot and underground of *Eustoma grandiflorum* under Co2 enrichment

تیمار Treatment		درجه آزادی Df	ارتفاع Height plant	قطر ساقه Shoot diameter	طول میانگره Internode length	وزن خشک ساقه SDW	سطح ریشه Root area	حجم ریشه Root volum	وزن خشک ریشه RDW	نسبت ریشه به ساقه root/shoot ratio
Co2	دی‌اکسیدکربن	2	417.48**	0.0008^{ns}	9.04**	222.19**	47122103**	68.95**	7.42**	0.03**
Error a	اشتباه a	6	9.47	0.0002	0.07	0.83	7663630	8.42	1.02	0.044
Cultivar	رقم	1	72^{ns}	0.0004^{ns}	0.03^{ns}	4.42 *	8336^{ns}	0.061^{ns}	1.03^{ns}	0.0001^{ns}
co2Cultivar ×Co2	رقم*	2	23.18^{ns}	0.0004^{ns}	0.19^{ns}	2.08^{ns}	1312714^{ns}	1.28^{ns}	0.96^{ns}	0.004^{ns}
Error b	اشتباه b	6	16.07	0.0005	0.31	0.58	931642	0.52	0.47	0.002

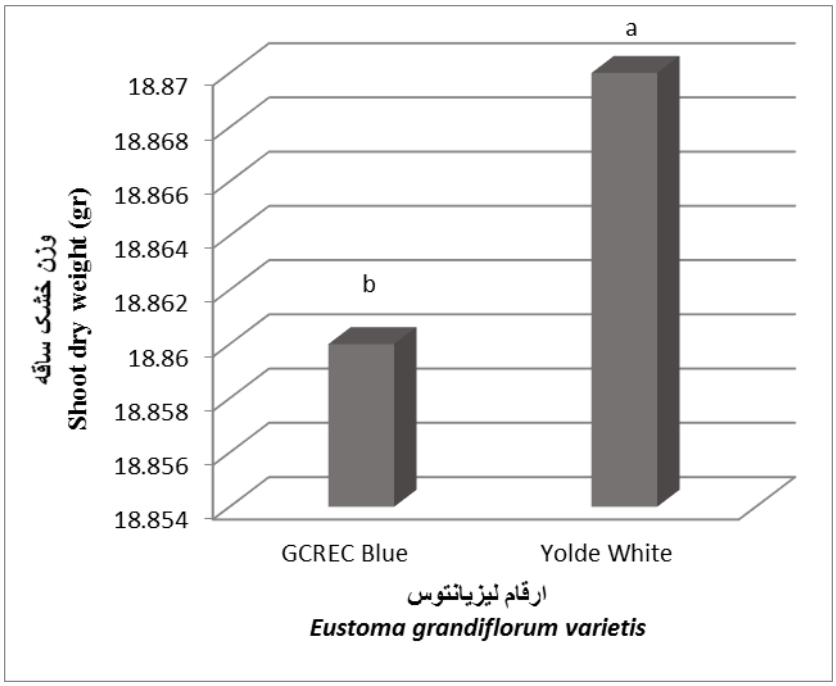
*و** به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال خطای ۵ و ۱ درصد و ns بیانگر عدم اختلاف معنی‌دار می‌باشد

ns, * ,** Non significant and significant of 1 and 5 percent of probability, respectively



شکل ۱- نشان دهنده اثر دی‌اکسیدکربن بر صفات ارتفاع ساقه (a)، طول میانگره (b)، وزن خشک ساقه (c)، سطح ریشه (d)، حجم ریشه (e) و وزن خشک ریشه (f) می‌باشد. ستون‌هایی که دارای حروف مشابه می‌باشند، از نظر آماری مطابق آزمون LSD در سطح احتمال ۵ درصد تفاوت معنی‌داری ندارند

Figure 1– The effect of Co2 on plant height (a), internode length (b), shoot dry weight (c), root area (d), root volume (e) and root dry weight (f). Means in the same column followed by the same letter were not significantly different at the 5% level

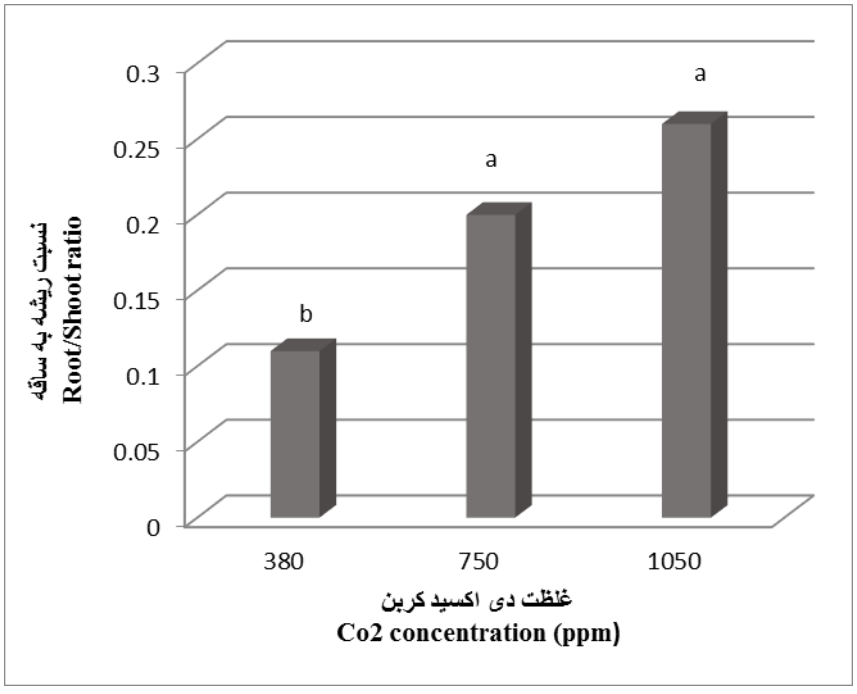


شکل ۲- اثر رقم بر میزان وزن خشک ساقه در لیزیانتوس

ستون‌هایی که دارای حروف مشابه می‌باشند، از نظر آماری مطابق آزمون LSD در سطح احتمال ۵ درصد تفاوت معنی‌داری ندارند

Figure 2- The effect of variety on shoot dry weight of *Eustoma grandiflorum*

Means in the same column followed by the same letter were not significantly different at the 5% level



شکل ۳- اثر تیمار دی‌اکسیدکربن بر نسبت ریشه به ساقه در لیزیانتوس

ستون‌هایی که دارای حروف مشابه می‌باشند، از نظر آماری مطابق آزمون LSD در سطح احتمال ۵ درصد تفاوت معنی‌داری ندارند

Figure 3- The effect of Co2 on root/shoot ratio in *Eustoma grandiflorum*

Means in the same column followed by the same letter were not significantly different at the 5% level

نسبت ریشه به ساقه: تیمار دی‌اکسیدکربن باعث افزایش نسبت ریشه به ساقه گیاه لیزیانتوس گردید. به طوری‌که این نسبت در غلظت‌های ۷۵۰ و ۱۰۵۰ پی‌پی‌ام نسبت به یکدیگر فاقد اختلاف معنادار اما نسبت به شاهد دارای اختلاف معناداری بودند (شکل ۳).

بحث

اثر غلظت دی‌اکسیدکربن در گیاه کنجد، بر صفات ارتفاع بوته، تعداد و طول میان گره معنی‌دار بود. بطوری‌که ارتفاع بوته، تعداد گره و طول میان گره کنجد با افزایش غلظت دی‌اکسیدکربن افزایش یافت، در گیاه کنجد بیشترین ارتفاع و تعداد گره در غلظت ۷۵۰ppm دی‌اکسیدکربن و کمترین آن در غلظت ۳۶۰ ppm دی‌اکسیدکربن حاصل شد (۴). کمالی و همکاران (۸) در بررسی اثر دی‌اکسیدکربن بر گل تکمه، نشان دادند که افزایش سطوح دی‌اکسیدکربن موجب افزایش ارتفاع گیاه و قطر ساقه گردید که با نتایج فوق مطابقت دارد. در مطالعه مورتنس (۱۳) بر روی سه رقم از گیاه بنفشه آفریقایی و داوودی تحت دی‌اکسیدکربن به غلظت‌های ۳۳۵ (شاهد) و ۹۰۰ میکرولیتر در لیتر چنین بیان داشت که با افزایش دی‌اکسیدکربن، افزایش وزن خشک همراه با برگ‌های بیشتر و بزرگتر در بنفشه آفریقایی و ایجاد ساقه ضخیم تر و طویل تر در شاخه‌های جانبی داوودی مشاهده گردید. واکنش مختلف گیاهان نسبت به افزایش غلظت دی‌اکسیدکربن شامل: نمو برگ‌های ضخیم تر و بزرگتر، افزایش شاخه‌دهی، افزایش تعداد گره‌ها، تغییر نسبت ریشه به ساقه، افزایش رشد و عملکرد در گیاهان چهار کربنه سورگوم *Sorghum bicolor moench* می‌باشد (۶).

مورتنس (۱۲)، در مطالعه‌ای نشان داد که غلظت ۱۰۰۰ تا ۲۰۰۰ پی‌پی‌ام دی‌اکسیدکربن باعث طویل شدن ریشه گیاهانی مانند بگونیا، کامپانولا، ماگنولیا و پیرومیا می‌گردد، ضمن اینکه درصد ریشه‌زایی را در میخک، داوودی، عشقه و پلارگونیوم افزایش داد. آندالو و همکاران (۱)، گزارش کردند که افزایش غلظت دی‌اکسیدکربن باعث افزایش طول و تراکم ریشه به ویژه در قسمت سطحی خاک می‌شود. پریچارد و همکاران (۱۵)، نشان دادند که رشد ریشه در شرایط افزایش غلظت دی‌اکسیدکربن در گیاهان چهارکربنه کاهش می‌یابد، به طوری‌که در گیاهی نظیر سورگوم طول و حجم ریشه به علت حفظ بقاء کاهش یافت. در گزارشی اثر غلظت دی‌اکسیدکربن بر سطح ریشه در تاج خروس و کنجد معنی‌دار بود به طوری‌که حداکثر آن، برای تاج خروس در غلظت ۳۶۰ پی‌پی‌ام (۶۸۰۳ میلی‌متر مربع) و کمترین سطح ریشه در غلظت ۷۵۰ پی‌پی‌ام (۳۸۲۰ میلی‌متر مربع) مشاهده شد. اما در کنجد حداکثر و حداقل سطح ریشه به ترتیب برای غلظت‌های ۷۵۰ پی‌پی‌ام دی‌اکسیدکربن و ۳۶۰ پی‌پی‌ام دی‌اکسیدکربن برابر با ۳۲۰۹ و ۱۳۱۸ میلی‌متر مربع بدست آمد. افزایش غلظت دی‌اکسیدکربن، باعث تولید بیشتر و افزایش سرعت توسعه ریشه در گیاه سه کربنه می‌شود (گریفین و همکاران (۵)، آندالو و همکاران(۱)، گلدانی و همکاران (۴)). مطابق مطالعه گلدانی و همکاران (۴) با ازدیاد غلظت دی‌اکسیدکربن، حجم ریشه گیاه کنجد افزایش یافت. حداکثر آن در غلظت ۷۵۰ پی‌پی‌ام دی‌اکسیدکربن (۰/۷۶ سانتی‌متر مکعب) و حداقل آن در غلظت ۳۶۰ پی پی ام دی‌اکسیدکربن (۰/۵۸ سانتی‌متر مکعب) مشاهده شد. وانگ و همکاران (۲۰)، گزارش کردند طول، قطر و حجم ریشه گیاهچه‌های گوجه فرنگی به طور معنی‌داری با افزایش دی اکسیدکربن افزایش یافت.

افزایش دی‌اکسیدکربن میزان تثبیت کربن در گیاهان سه کربنه را افزایش داده و تخصیص کربن بیشتر به ریشه‌ها منجر به افزایش زیست‌توده ریشه می‌شود (۵). به نظر می‌رسد طویل شدن ریشه و افزایش عمق نفوذ ریشه حاکی از نیاز گیاه جهت جذب مواد غذایی خاک و تأمین رشد اندام هوایی می‌باشد. بنابراین افزایش غلظت دی‌اکسیدکربن باعث توسعه و نفوذپذیری بیشتر ریشه گیاه در خاک می‌گردد.

نتیجه‌گیری

بر اساس نتایج به دست آمده از این آزمایش گلخانه‌ای، افزایش گاز دی‌اکسیدکربن موجب تقویت بیشتر رشد اندام‌های هوایی و بخش زیرزمینی گیاه لیزیانتوس شد به طوری‌که افزایش غلظت تا سطح ۱۰۵۰پی‌پی‌ام بیشترین تأثیر را در افزایش صفات مورد مطالعه اندام هوایی و زیرزمینی نشان داد. در نتیجه مطابق با ماحصل نتایج، تغییرات گاز دی‌اکسیدکربن در اتمسفر می‌تواند تأثیرات بسیار چشمگیری بر روی گیاهان بگذارد که بدین ترتیب می‌توان برخی اثرات تغییر اقلیم در آینده را بر روی کیفیت تولید تجاری گل‌های شاخه بریده پیش‌بینی و بررسی نمود.

منابع

1- Andalo C.H., Rraquin C.H., Machon N., Godelle B., and Mousseau M. 1998. Direct and maternal of elevated CO2 on early root growth of germination. *Arabidopsis thaliana* seedling. Annals of Botany, 81: 405- 411.

2- Booker F., Miller J.E., Fiscus E.L., Pursley W.A., and Stefanski L.A. 2005. Comparativ responses of container ground-grown soybean to elevated carbon dioxide and Ozone. Crop Science, 45: 883- 895.

3- Gasemi Gahsare M., and Kafi M. 2007. Scientific and practical floriculture. Golban publication. Iran.
4- Goldani M., Nasiri mahalati M., and Shoor M. 2011. The effect of Co2 enrichment on growth index in *Sesamum indicum* and *Amaranthus retroflexus* L and their Competition. Agronomy journal, 3(3): 362-374. (in Persian)
5- Griffin K.L., Bashkin M.A., Thomas R.B., and Strain B.R. 1997. Interactive effects of soil nitrogen and atmospheric carbon dioxide on root/rhizosphere carbon dioxide efflux from loblolly and ponderosa pine seedlings. Plant and Soil, 190: 11-18.
6- Cosins A.B., Adam N.R., Wall G.W., Kimball B.A., Pinterjr P.J., Leavit S.W., Lamorte R.L., Matthias A.D., Ottman M.J., Thompson T.L., and Webber A.N. 2001. Reduced photorespiration and increased energy-use efficiency in young CO2 enriched sorghum leaves. New Phytologist, 150: 275-284.
7- Jablonski L.M., Xianzhong W., and Curtis P.S. 2002. Plant reproduction under elevated CO2 conditions: a metaanalysis of reports on 79 crop and wild species. New Phytologist, 156:9-26.
8- Kamali M., Shoor M., Goldani M., Selahvarzi Y., and Tehranifar A. 2011. The effect of Carbone dioxide enrichment on some morphological traits of *Gomphrena globosa* under salt stress. 7th congress of horticultural science. Isfahan. Iran.
9- Kimball B.A., Kobayashi K., and Bindi M. 2002. Responses of agricultural crops to free air CO2 enrichment. Advances in Agronomy, 77, 293-368.
10- Maloupa E., Mitsios I., Martinez P. F., and Bladenopoulou S. 1992. Study of substrate use in gerbera soilless culture grown in plastic greenhouse. Acta Horticulturae, 323: 139-144.
11- Mason J. 2000. Commercial Hyroponic. Thorsons Publishers Limited.
12- Mortensen L.M. 1986. Effect of relative humidity on growth and flowering of some greenhouse plants. Scientia Horticulturae, 29: 301-307.
13- Mortensen L.M. 1987. Co2 enrichment in greenhouses.crop responses. Scientia Horticulturae, 33:1-25.
14- Norian M.A. 2004. Climate change crisis is National or global. Bolton Water Commission, 13: 9-13.
15- Pritchard S.G., Stephen A., Prior B., Rogers H.H., Micheal B., Davis A., Runion B., Thomas G., and Popham W. 2006. Effects of elevated atmospheric CO2 on root dynamics and productivity of sorghum grown under conventional and conservation agricultural management practices. Agriculture, Ecosystems and Environment, 113: 175– 183.
16- Saberi Z. 2006. The application of Zeolite, Mica and some natural material as growth bed for *Solanum lycopersicum* in hydroponic culture. Soil Science Master's Thesis, College of Agriculture, Isfahan University of Technology.(in Persian)
17- Savithri P., and Khan H. H. 1993. Characteristics of coconut coir peat and its utilization in agriculture. Journal of Plant Crop, 22: 1-18.
18- Shoor M., Goldani M., and Mandani F. 2009. The effect of increasing of Co2 on morphological and physiological of *Tagets* spp, *Ageratum* spp and *Gaillaria* spp leaves in greenhouse condition. Agronomy journal, 1(2): 101-108.(in Persian)
19- Verdonck O., De Vleeschauwer D., and De Boodt M. 1982. The influence of the substrates to plant growth. Acta Horticulturae, 126: 251-258.
20- Wang Y., Du S.T., Li L.L., Huang L.D., Fang P., Lin X.Y., Zhang Y.S., and Wang H.L. 2009. Effect of CO2 Elevation on Root Growth and Its Relationship with Indole Acetic Acid and Ethylene in Tomato Seedlings. Pedosphere, 19: 570- 576.
21- Zavare M., Rahimian Mashadi H., Hugnbum G., Tavakol Afshari R., Nasiri mahalati M., and Sharif zade F. 2006. The effect of temperature and increasing of Co2 On dry matter partitioning to root in iranian genotype of *Sesamum indicum L.* Iranian Agricultural Science Journal, 37: 145-156.(in Persian)

Journal of Horticultural Science
Vol. 31, No. 4, Winter 2018, P. 634-642
ISSN: 2008 - 4730

نشریه علوم باغبانی (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۳۱، شماره ۴، زمستان ۱۳۹۶، ص. ۶۴۲-۶۳۴
شاپا: ۴۷۳۰ - ۲۰۰۸

Growth Response of Aboveground and Belowground of *Eustoma grandiflorum* to Elevated Co_2 in Hydroponic Culture

M. Nikoo[1]- M. Shoor[2*]- A. Tehranifar[3]- E. Saeedi Pooya[4]

Received: 31-08-2015
Accepted: 03-10-2017

Introduction: One of the climate change sign is variation in greenhouse gases in the Earth's atmosphere. Carbon dioxide is the most important greenhouse gas that is released into the atmosphere by humans. It is expected that addition of carbon dioxide could effect the energy balance and global climate. Climate change is effective on agricultural productions. It is clear that different plants have different responses to Co_2 variation. These responses are consisting of yield, growth characteristic and variation in root/shoot ratio of plants. On the other hand, using growing media are expanding for plants because of their advantages such as plants nutrient control, reducing the incidence of diseases and pests and increasing the quantity and quality rather than soil cultivation. Properties of various materials as substrates influence directly or indirectly on plant growth and crop production. Hydroponic method can be considered as one of the important methods to optimize water use in agriculture, especially in many countries are located in arid and semi-arid regions that have water crisis. Lisianthus is one of the most beautiful flowers with folded petals in white, blue and purple. I-ts scientific name is *Eustoma grandiflorum* from the family of Gentianaceae and native to North America. It has variety of annual, biennial or short-lived perennial. The aim of this study was to explore the effect of Co_2 enrichment on growth response of aboveground and belowground of *Eustoma grandiflorum* under increasing of Co_2 greenhouse gases in hydroponic culture.

Materials and Methods: The experiment was done as a split-plot based on completely randomized experimental design with three replications at greenhouse of Ferdowsi University of Mashhad. The treatments were consists of three concentrations of carbon dioxide (380 as controls, 750 and 1050 ppm) as main plots and two cultivars Yodel white and GCREC-blue as subplots. Some characteristic such as plant height, internode length, root volume, root area, root and shoot dry weight were measured. Data were analyzed by JMP software Version 8 using analysis of variance (ANOVA) and significant differences between means were determined by using LSD test at $P < 0.05$.

Results and Discussion: The results of analysis of variance indicated that the effect of Co_2 treatment was significant ($p<0.01$) for all measured traits except shoot diameter. The effect of cultivars was significant only on shoot dry weight ($P<0.05$). In other words between two cultivars, *Eustoma grandiflorum* was significantly different only in shoot dry weight. The interaction effect of carbon dioxide and cultivars was not significant on studied traits. According to our results with increasing of carbon dioxide the amount of plant height, internodes length, shoot dry weight, root area, root volume, root dry weight and root/ shoot ratio were increased. The highest and lowest of each traits was observed in 1050 ppm of carbon dioxide and control (380 ppm), respectively. The effect of cultivars on shoot dry weight was significant and Yolde white has more shoot dry weight than Gcrec Blue variety. Other studies showed that increasing of carbon dioxide concentration in Sesamum indicum increased plant height, number of nodes and node length. Kamali et al. (2004) reported that carbon dioxide on Gomphrena globosa had significant effect on plant height and shoot diameter Increasing of Co2 could increase carbon fixation in C3 plants and transition of carbon to roots lead to increased root biomass. It seems that the root elongation and increasing penetration of plant roots into the soil is due to absorb nutrients to supply shoot growth. Thus, carbon dioxide

1, 2, 3 and 4- M.Sc. Student, Associate Professor, Professor and Ph.D. Student of Horticultural Science, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran, Respectively

(*- Corresponding Author Email: shoor@ferdowsi.um.ac.ir)

concentration increased development of plant roots in the soil.

Conclusion: Increasing of carbon dioxide could improve growth of aboveground and belowground of *Eustoma* grandiflorum. Application of 1050 ppm carbon dioxide had most effect on all traits. So, variation of carbon dioxide in the atmosphere could have significant effects on the plants. From these results, it can be predicted some future effects of climate change on the quality of commercial production in cut flowers.

Keywords: Greenhouse gases, Hydroponic, Internode, Weight