نشریه علوم باغبانی (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۳۰، شماره ۲، تابستان ۱۳۹۵، ص. ۲۴۱-۲۳۲
شاپا: ۴۷۳۰ - ۲۰۰۸

Journal of Horticultural Science
Vol. 30, No. 2, Summer 2016, P. 232-241
ISSN: 2008 - 4730

بررسی اثر دی‌اکسیدکربن بر روی صفات مورفوفیزیولوژیکی زیتون تلخ (*Melia azedarach* Linn.) در شرایط گلخانه

پروانه یوسفوند[1*]- اصغر مصلح آرانی[2]- آفاق تابنده ساروی[3]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۳/۰۶/۱۸
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۴/۰۵/۰۷

چکیده

غنی‌سازی دی‌اکسیدکربن در گلخانه‌ها می‌تواند به عنوان راهکاری برای کاهش زمان تولید، بهبود قدرت رشد و همچنین افزایش کیفیت گیاه استفاده شود. از طرفی با افزایش غلظت دی‌اکسیدکربن محیط در سال‌های آینده، مواجه‌ایم. لذا تحقیق حاضر به منظور بررسی تاثیر افزایش دی‌اکسیدکربن بر روی برخی صفات مورفولوژیک و فیزیولوژیک نهال‌های سه ماهه گونه زیتون تلخ (*Melia azedarach* Linn.) در شرایط گلخانه‌ای انجام شد. سطوح دی‌اکسیدکربن استفاده شده عبارت بودند از ۳ غلظت ۴۵۰ (شاهد)، ۷۵۰ و ۱۱۰۰ پی‌پی‌ام که به صورت طرح کاملاً تصادفی در سه تکرار اجرا شد. نهال‌ها به مدت دو ماه تحت تیمار قرار گرفتند. سپس برخی صفات مورفولوژیک و فیزیولوژیک آن‌ها اندازه‌گیری شد. نتایج نشان داد که غلظت‌های ۷۵۰ و ۱۱۰۰ پی‌پی‌ام دی‌اکسیدکربن، تمام صفات مورفولوژیک به استثنای وزن خشک ریشه و ارتفاع ساقه و صفات فیزیولوژیک شامل میزان پرولین، ازت و محتوای آب نسبی برگ را به‌طور معنی‌دار تحت تاثیر قرار داد. اما غلظت ۷۵۰ پی‌پی‌ام دی‌اکسیدکربن، بیشترین اثر را بر روی صفات مورد مطالعه داشت. به‌طوری‌که میانگین وزن خشک اندام هوایی، بیوماس ماده خشک و مقدار پرولین را به بیش از سه برابر و وزن تر اندام هوایی و ریشه و بیوماس ماده تر را بیش از دو برابر نسبت به شاهد افزایش داد. بیشترین میانگین قطر یقه و میزان ازت هم در غلظت ۷۵۰ پی‌پی‌ام مشاهده شد. همچنین غلظت‌های بالای دی‌اکسیدکربن به طور معنی‌داری سبب افزایش تعداد برگ‌ها به بیش از دو برابر و همچنین ارتفاع ساقه نسبت به میانگین شاهد گردید.

واژه‌های کلیدی: زیتون تلخ، صفات مورفولوژیک، صفات فیزیولوژیک، غلظت گازکربنیک

مقدمه

افزایش غلظت دی‌اکسیدکربن، یکی از تغییرات تثبیت شده اقلیم در مقیاس جهانی در نیم قرن گذشته است که از شروع انقلاب صنعتی در حال افزایش است و انتظار می‌رود که تا اواسط قرن فعلی به دو برابر میزان آن در پیش از انقلاب صنعتی افزایش یابد (۴۵).

افزایش غلظت دی‌اکسیدکربن همراه با تغییرات اقلیمی منجر به افزایش دمای سطحی کره زمین، تغییر الگوهای جهانی و منطقه‌ای و تغییر اقلیم شده و می‌تواند تهدیدی برای اکوسیستم و رفاه انسان بوده و تولیدات گیاهی را در سطح وسیع تحت تاثیر قرار دهد (۳۰ و ۴۳). به دنبال افزایش غلظت دی‌اکسیدکربن، دمای کره زمین درانتهای قرن ۲۱ نسبت به سال‌های ۱۹۹۹-۱۹۸۰ حدود ۴-۱/۸ درجه سانتی‌گراد افزایش می‌یابد (۱۰ و ۲۱). بر اساس تحقیقات انجام شده توسط هیات بین‌المللی تغییر اقلیم (IPCC)، دی‌اکسیدکربن بیشترین سهم (۵۵ درصد) را در گرمایش جهانی دارد (۷، ۱۶، ۲۷ و ۴۶).

در عین حال دی‌اکسیدکربن یکی از چهار نیاز گیاهان (نور، موادمغذی، آب و دی‌اکسیدکربن) برای رشد می‌باشد (۵۵). طی فرایند فتوسنتز، گیاه این گاز را از محیط اطراف جذب نموده و اکسیژن و کربوهیدرات تولید می‌کند (۲۴). غلظت‌های بیشتر دی‌اکسیدکربن می‌تواند اثر مثبتی بر کارایی فتوسنتز داشته باشد. افزایش دی‌اکسیدکربن در اتمسفر زمین در صد سال گذشته سهمی معادل ۱۰ تا۲۰ درصد در دو برابر شدن تولید محصولات زراعی داشته است. رشد درختان جنگلی و یا رشد مجدد آن‌ها نیز از روند مشابهی برخوردار بوده است (۳۶). اثرات اولیه افزایش دی‌اکسیدکربن بر گیاهان شامل کاهش هدایت روزنه‌ای و تعرق، افزایش راندمان مصرف آب، سرعت فتوسنتز و راندمان مصرف نور بالاتراست (۱۴). درمطالعه بیش از ۷۰ گزارش منتشر شده و ۴۳۰ مشاهده مربوط به ۳۷ گونه گیاهی نشان داده که دو برابر نمودن غلظت دی‌اکسیدکربن، عملکرد گیاهان را ۳۳

۱ و ۳- دانشجوی کارشناسی ارشد و استادیار گروه جنگلداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه یزد
(*-نویسنده مسئول: Email: Parvaneh.yousefvand@yahoo.com)
۲- دانشیار گروه محیط زیست، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه یزد

درصد افزایش می‌دهد (۵۳). مطالعات نشان داده که گونه‌های چوبی در مقایسه با گونه‌های علفی واکنش بیشتری به افزایش دی‌اکسیدکربن نشان می‌دهند (۳۹).

تغییر در غلظت دی‌اکسیدکربن اتمسفر به طور وسیعی در بسیاری از مطالعات مورد ارزیابی قرار گرفته است (۶). نتایج آزمایش بر روی دو گونه درختی *Ochroma lagopus* Swartz و *Pentaclethra macroloba* (Willd.) Kuntze نشان داد که بیوماس کلی، سطح برگ و وزن مخصوص برگ در هر دو گونه با افزایش دی‌اکسید کربن افزایش می‌یابد (۴۰). گیسلر و همکاران (۱۷) در تحقیق خود بر روی گونه مینای شور پسند نشان دادند که افزایش غلظت دی‌اکسیدکربن منجر به افزایش قابل توجهی در فتوسنتز و رشد شد. سنتز پرولین، کربوهیدارت‌ها و پروتئین‌ها افزایش یافت که در نهایت به بهبود گیاه تحت شرایط شور منجر شد.

در تحقیق دیگری (۴۲) نشان داده شد که با غنی‌سازی دی‌اکسیدکربن، وزن خشک گیاه (*Plantago major*) ۵۰ درصد افزایش می‌یابد. مطالعه دیگری (۵۰) نیز نشان داد که با افزایش دی‌اکسیدکربن تولید زیست تودهٔ کل در سویا حدود ۴۰ و سورگوم حدود ۳۰ درصد افزایش یافت. در تحقیقی بر روی گل رز (۴۱) نشان داده شد که افزایش دی‌اکسیدکربن تا ۱۰۰۰ پی‌پی‌ام، باعث افزایش معنی‌داری در تراکم روزنه‌ها و تراکم سلول‌های اپیدرمی گردیده است. نتایج تحقیق دیگری بر روی درخت انگور (*Vitis vinifera* L.) نشان داد که افزایش غلظت دی‌اکسیدکربن میزان فتوسنتز خالص (A)، میزان آب مورد نیاز گیاه (A/gs)، ضخامت برگ و غلظت منیزیم (mg)، C/N , K/N و نسبت Mg/N را افزایش داد، و موجب کاهش تراکم روزنه‌ای و غلظت نیتروژن گردید (۳۵). نتایج مطالعات بر روی گونه برنج (*Oryza sativa* L. cv. Junam) نشان داد که با افزایش دی‌اکسیدکربن و درجه حرارت، مقدار کلروفیل و ازت کاهش می‌یابد (۲۵). تحقیق دیگری (۵۴) بر روی میزان ذخیره کربن و نیتروژن در دانه‌های برنج (*Oryza sativa* L.) به این نتیجه منتهی شد که افزایش دی‌اکسیدکربن، محصول‌دهی برنج را تا ۱۳ درصد تحریک نموده اما غلظت نیتروژن دانه را تا ۷ درصد کاهش می‌دهد.

شور و همکاران (۴۹) بر روی گل جعفری نشان دادند که غلظت۷۰۰ میکرومول بر مول دی‌اکسیدکربن میانگین قطر ساقه را ۶۹ درصد و ارتفاع ساقه را نسبت به میانگین شاهد به بیش از دو برابر افزایش داد. همچنین غلظت‌های بالای دی‌اکسیدکربن به طور معنی‌داری سبب افزایش وزن خشک گیاه گردید.

در تحقیق دیگری شور و همکاران (۴۸) نشان دادند که در صورت افزایش دی‌اکسیدکربن از ۳۸۰ به ۱۰۵۰ پی‌پی‌ام، باعث افزایش معنی‌دار در تعداد برگ‌ها، قطر ساقه، وزن تر اندام هوایی، وزن خشک اندام هوایی در گونه حسن یوسف گردیده است.

با توجه به این‌که از یک طرف این گونه‌ی درختی دارای اهمیت بالایی درفضای سبز می‌باشد و تاکنون تحقیقات زیادی در مورد اثرات افزایش غلظت دی‌اکسیدکربن بر روی آن صورت نگرفته است، و از طرف دیگر با توجه به افزایش دی‌اکسیدکربن اتمسفری درسال‌های آینده و لزوم آگاهی از پاسخ گونه‌های درختی به این تغییرات، آزمایش حاضر به منظور بررسی اثرات افزایش غلظت دی‌اکسیدکربن بر روی برخی صفات مورفولوژیک و فیزیولوژیک گونه درختی زیتون تلخ انجام شده است.

موادوروش‌ها

گونه مورد مطالعه

زیتون تلخ مورد استفاده در این تحقیق با نام علمی (*Melia azedarach* Linn.) می‌باشد. جنس *Melia*، از خانواده Meliaceae، شامل ده گونه درخت یا درختچه با برگ‌های نیمه پایا یا خزانی است که در جنوب استرالیا و آسیا می‌روید (۲۳). زیتون تلخ درختی است روشنی‌پسند و سریع الرشد، که بلندی گونه اصلی آن به طور معمول به ۱۵ متر می‌رسد. طالب مکان‌های آفتاب‌گیر و خاک‌های بارخیز، عمیق، خشک و زهکشی شده است اما در انواع خاک‌ها توان رستن دارد؛ به خشکی مقاومت می‌کند و اگرچه یارای تحمل یخبندان را دارد، با این همه بهترین شرایط برای بالندگی آن در نواحی گرمسیری و معتدل گرم می‌باشد و تا حدی به شوری خاک نیز مقاومت نشان می‌دهد. کاشت آن به صورت درخت زینتی در بعضی نقاط ایران کمابیش متداول می‌باشد (۲۳).

روش تحقیق

این پژوهش در بهار ۱۳۹۳ درگلخانه تحقیقاتی دانشکده منابع طبیعی دانشگاه یزد بر پایه طرح کاملا تصادفی با سه تکرار به اجرا درآمد. تیمارهای این تحقیق، غلظت‌های مختلف دی‌اکسیدکربن شامل سه سطح ۴۵۰ (شاهد)، ۷۵۰ و ۱۱۰۰ پی‌پی‌ام بود. نهال‌های سه ماهه زیتون تلخ که در شرایط یکسانی در گلخانه رشد کرده بودند، به اتاقک‌های پلاستیکی به ابعاد ۲×۲×۳ انتقال داده شدند. خاک گلدان‌ها حاوی خاک زراعی، ماسه، کود حیوانی و خاکبرگ بود که به ترتیب به نسبت ۴: ۲: ۱: ۱ در نظر گرفته شد. تیمارهای مختلف دی‌اکسیدکربن در زیر پلاستیک‌ها به صورت جداگانه طراحی و تزریق گاز با استفاده از کپسول‌های ۵۰ کیلویی دی‌اکسیدکربن انجام شد. همچنین به منظور کنترل دقیق میزان دی‌اکسیدکربن، دراتاقک‌های حاوی این گاز از دستگاه تنظیم‌کننده 1312Photoacousticmulti Gas Monitor استفاده گردید. و همواره در تیمار افزایش غلظت، غلظت دی‌اکسیدکربن در حد ثابتی نگهداشته شد. نهال‌ها به مدت دو ماه در معرض غلظت‌های مختلف دی‌اکسیدکربن قرار گرفتند. متوسط درجه حرارت روزانه و متوسط درجه حرارت شبانه به ترتیب ۳۰ و ۲۶

درجه سانتی‌گراد بود که برای کلیه تیمارها یکسان در نظر گرفته شد. لازم به ذکر است که دمای زیر پلاستیک‌ها حدود ۴ درجه نسبت به دمای داخل گلخانه بدلیل اثر دی‌اکسیدکربن بیشتر بود.

پس از اعمال تیمارها به مدت دو ماه، صفات مورفولوژیک شامل قطر یقه، ارتفاع ساقه، تعداد برگ، وزن تر اندام هوایی و ریشه، وزن خشک اندام هوایی و ریشه، بیوماس ماده تر و ماده خشک و همزمان صفات فیزیولوژیک شامل میزان پرولین (۵)، قندهای محلول (۲۶)، کلروفیل (a، b، a+b) و کارتنوئید (۲۸)، ازت، فسفر، پتاسیم و محتوای نسبی آب برگ (۱۵) اندازه‌گیری شد.

جهت تجزیه و تحلیل نتایج، ابتدا نرمال بودن داده‌ها توسط آزمون کلموگروف اسمیرنوف بررسی شد، سپس جهت بررسی اختلاف بین سطوح مختلف تیمار، تجزیه و تحلیل واریانس از نظر کلیه صفات مورد بررسی انجام شد و در نهایت میانگین‌ها با استفاده از آزمون دانکن دسته‌بندی گردید. کلیه تجزیه و تحلیل‌ها با استفاده از نرم افزار آماری SAS انجام شد.

نتایج

نتایج تجزیه و تحلیل واریانس در خصوص صفات مورفولوژیک نشان داد که تاثیر غلظت‌های مختلف دی‌اکسیدکربن بر تمام صفات مورفولوژیک مورد بررسی به استثنای وزن خشک ریشه و ارتفاع ساقه معنی‌دار بود (جدول ۱).

نتایج مقایسه میانگین‌ها نشان داد که قطر یقه با افزایش غلظت دی‌اکسیدکربن نسبت به شاهد افزایش نشان داد به طوری که میزان آن در غلظت ۷۵۰ پی‌پی‌ام بیشتر از غلظت ۱۱۰۰ پی‌پی‌ام نیز بود (جدول ۲). ارتفاع ساقه نیز با بالا رفتن غلظت دی‌اکسیدکربن افزایش نشان داد به طوری که غلظت ۱۱۰۰ پی‌پی‌ام با میانگین ارتفاع ۵۸ سانتی‌متر، بیشترین تاثیر را بر این صفت داشت (جدول ۲). افزایش دی‌اکسیدکربن، میانگین تعداد برگ‌ها را به بیشتر از دو برابر افزایش داد که نسبت به میانگین تعداد برگ‌ها در تیمار شاهد تفاوت معنی‌داری نشان داد اما بین دو غلظت۷۵۰ و ۱۱۰۰ دی‌اکسیدکربن تفاوت معنی‌داری برای این صفت مشاهده نشد. افزایش دی‌اکسیدکربن همچنین میانگین صفات وزن تر اندام هوایی و ریشه و بیوماس ماده تر را نسبت به میانگین شاهد به بیش از دو برابر افزایش داد. اما بین دو غلظت ۷۵۰ و ۱۱۰۰ دی‌اکسیدکربن تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد. برای صفات وزن خشک اندام هوایی و بیوماس ماده خشک نیز غلظت‌های ۷۵۰ و ۱۱۰۰ دی‌اکسیدکربن نسبت به میانگین شاهد تفاوت معنی‌داری را نشان دادند. در این موارد نیز غلظت ۷۵۰ پی‌پی‌ام بیشترین تاثیر را داشت به طوری که میانگین این صفات را به بیش از سه برابر نسبت به میانگین تیمار شاهد افزایش داد. اما بین دو غلظت‌های ۷۵۰ و ۱۱۰۰ دی‌اکسیدکربن تفاوت معنی‌داری برای این صفات مشاهده نگردید. اگر چه تفاوت معنی‌داری در میانگین میزان وزن خشک ریشه در بین تیمارهای مختلف دی‌اکسیدکربن مشاهده نگردید، ولی مشاهدات نشان داد که میانگین این صفت در غلظت‌های ۷۵۰ و ۱۱۰۰ پی‌پی‌ام دی‌اکسیدکربن نسبت به میانگین آن تحت تیمار شاهد افزایش می‌یابد (جدول ۲).

نتایج حاصل از تجزیه و تحلیل صفات فیزیولوژیک نشان داد که اثر غلظت‌های ۷۵۰ و ۱۱۰۰ پی‌پی‌ام تنها بر روی صفات میزان پرولین، ازت و محتوای نسبی آب برگ در بین صفات اندازه‌گیری شده معنی‌دار بود (جدول ۳). غلظت ۷۵۰ پی‌پی‌ام به طورمعنی‌داری میزان پرولین را به بیش از سه برابر تیمار شاهد افزایش داد (جدول ۴). غلظت ۷۵۰ پی‌پی‌ام همچنین بیشترین تاثیر را بر روی مقدار جذب ازت داشت. افزایش دی‌اکسیدکربن باعث کاهش محتوای نسبی آب برگ شد (جدول ۴). تفاوت معنی‌داری در میانگین میزان قند، کلروفیل (a، b، a+b) و کارتنوئید در بین تیمارهای مختلف مشاهده نگردید. اما میانگین کلروفیل b و کل در غلظت‌های بالای دی‌اکسیدکربن نسبت به شاهد کاهش یافت و بالاترین میانگین‌ها مربوط به تیمار شاهد مشاهده گردید (جدول ۴).

بحث

در متابولیسم کربن، دی‌اکسیدکربن و آب نقش اساسی را ایفا می‌کنند. حاصل عمل فتوسنتز، سنتز قند و اکسیژن می‌باشد. نتایج این آزمایش نشان داد که افزایش دی‌اکسیدکربن اثر معنی‌داری بر مقدار قندهای محلول در گیاه زیتون تلخ نداشت. از آنجایی که اثر فاکتورهای رشدی مورد مطالعه در این آزمایش با افزایش دی‌اکسیدکربن افزایش معنی‌داری نشان دادند می‌توان نتیجه‌گیری کرد که قندهای محلول حاصل از عمل فتوسنتز، صرف سنتز ساختار گیاه مورد مطالعه شده است. بطور مثال در این آزمایش مقدار قطر یقه، ارتفاع ساقه، تعداد برگ، وزن تر اندام هوایی و ریشه، وزن خشک اندام هوایی، بیوماس ماده تر و خشک به‌طور معنی‌داری با افزایش دی‌اکسیدکربن افزایش نشان داد. نتایج این تحقیق همچنین نشان داد که در فاکتورهای مرتبط با متابولیسم کربن مثل قند، تعداد برگ، وزن تر اندام هوایی و ریشه، وزن خشک اندام هوایی، بیوماس ماده تر و خشک تفاوت معنی‌داری بین غلظت ۷۵۰ و ۱۱۰۰ پی‌پی‌ام بدست نیامد. این موضوع می‌تواند به مکانیسم باز و بسته شدن روزنه‌ها مرتبط باشد. نتایج در بسیاری از گیاهان نشان می‌دهد که افزایش دی‌اکسیدکربن باعث بسته شدن روزنه‌ها می‌شود.

جدول ۱- تجزیه و تحلیل واریانس صفات مورفولوژیک اندازه‌گیری شده در زیتون تلخ

Table 1- Variation analysis of the measured morphological traits in *Melia azedarach*

صفات Characteristics	منابع تغییرات Source of variation	درجه آزادی Df	مجموع مربعات SS	میانگین مربعات MS	F	P
قطر یقه Collar diameter (mm)	غلظت دی‌اکسیدکربن Carbon Dioxide Concentration	2	2.68	1.34	5.47	0.04
	خطا Error	6	1.47	0.24		
ارتفاع ساقه Stem height (cm)	غلظت دی‌اکسیدکربن Carbon Dioxide Concentration	2	451.55	225.77	5.12	0.05
	خطا Error	6	264.66	44.11		
تعداد برگ Number of leaves	غلظت دی‌اکسیدکربن Carbon Dioxide Concentration	2	1500.66	750.33	9.31	0.01
	خطا Error	6	483.33	80.55		
وزن تر اندام هوایی Shoot wet weight (gr)	غلظت دی‌اکسیدکربن Carbon Dioxide Concentration	2	13.39	6.69	5.22	0.04
	خطا Error	6	7.69	1.28		
وزن تر ریشه Root wet weight(gr)	غلظت دی‌اکسیدکربن Carbon Dioxide Concentration	2	2.56	1.28	5.99	0.03
	خطا Error	6	1.28	0.21		
بیوماس ماده تر Wet matter biomass (gr)	غلظت دی‌اکسیدکربن Carbon Dioxide Concentration	2	27.68	13.84	5.77	0.04
	خطا Error	6	14.40	2.40		
وزن خشک اندام هوایی Shoot dry weight (gr)	غلظت دی‌اکسیدکربن Carbon Dioxide Concentration	2	2.04	1.02	9.37	0.01
	خطا Error	6	0.65	0.109		
وزن خشک ریشه Root dry weight (gr)	غلظت دی‌اکسیدکربن Carbon Dioxide Concentration	2	0.029	0.014	1.95	0.22
	خطا Error	6	0.04	0.007		
بیوماس ماده خشک Dry matter biomass (gr)	غلظت دی‌اکسیدکربن Carbon Dioxide Concentration	2	2.52	1.26	7.83	0.02
	خطا Error	6	0.96	0.16		

به عنوان مثال، در آزمایشی بر روی سه رقم از گیاه بنفشه افریقایی و داودی نشان داده شد که با افزایش غلظت دی‌اکسیدکربن، افزایش وزن خشک همراه با برگ‌های بیشتر و بزرگ‌تر در بنفشه آفریقایی و ایجاد ساقه ضخیم‌تر و طویل‌تر در شاخه‌های جانبی داودی مشاهده گردید (۳۴). آزمایش دیگری (۳۳) همچنین نشان داد که افزایش دی‌اکسیدکربن تا سطح ۱۰۰۰ تا ۱۵۰۰ میکرولیتر در لیتر، ارتفاع ساقه گل‌های داودی، ژربرا، افوربیا را تا ۱۰ سانتی‌متر نسبت به شاهد و تعداد برگ در گل‌های بگونیا، افوربیا و افلاندرا را ۱۰ تا ۲۰ درصد افزایش داد که با نتایج به دست آمده در این تحقیق مطابقت دارد. محققین دیگر نشان دادند که افزایش دی‌اکسیدکربن در گیاهان، همراه با ارتفاع بیشتر و ساقه‌های قطورتر و افزایش تعداد برگ است (۲۲). نتایج آزمایش (۲۰) نیز نشان داد از آنجا که یک رابطه مثبت بین افزایش سرعت رشد با زمان ظهور و توسعه برگ‌های آن وجود دارد. همچنین با افزایش غلظت دی‌اکسیدکربن از ۳۸۰ به ۷۵۰ میکرولیتر در لیتر تعداد برگ‌های گیاه *Guzmania hilda* به طور معنی‌داری افزایش یافت (۱۱).

جدول ۲- مقایسات میانگین صفات مورفولوژیک مورد مطالعه با استفاده از روش دانکن
Table 2- Compare means of the studied morphological traits using Duncan

فاکتورهای مورد اندازه‌گیری Factors measured	غلظت دی‌اکسیدکربن Carbon Dioxide Concentration (ppm)		
	شاهد (450) Control	750	1100
قطر یقه Collar diameter (mm)	1.97 b	3.2 a	2.2 b
ارتفاع ساقه Stem height (cm)	40.7 b	50 ab	58 a
تعداد برگ Number of leaves	22.7 b	47 a	52 a
وزن تر اندام هوایی Shoot wet weight (gr)	2.3 b	4.97 a	4.9 a
وزن تر ریشه Root wet weight(gr)	0.87 b	2 a	2 a
بیوماس ماده تر Wet matter biomass (gr)	3.2 b	6.97 a	6.9 a
وزن خشک اندام هوایی Shoot dry weight (gr)	0.39 b	1.5 a	1.2 a
وزن خشک ریشه Root dry weight (gr)	0.1 a	0.21 a	0.23 a
بیوماس ماده خشک Dry matter biomass (gr)	0.49 b	1.7 a	1.39 a

میانگین‌هایی، در هر ستون، که دارای حرف مشترک هستند بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن درسطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌داری ندارند.
Means, in each column, followed by similar letter are not significantly different at the 5% probability level-using Duncan`s Multiple Range Test.

نتایج تحقیق در گیاه *Kalanchoe blossfeldiana* نشان داد که غلظت ۹۰۰ پی‌پی‌ام دی‌اکسیدکربن سبب افزایش وزن خشک گردید (۲۹). محققان دیگر نیز افزایش تجمع مادهٔ خشک را در برنج (۴۷ و ۱۰) و سویا (۲۰) به علت افزایش غلظت دی‌اکسیدکربن گزارش کردند که با نتایج این تحقیق مشابه می‌باشد. مطالعات (۳۷) نیز نشان می‌دهد که وزن خشک گیاه *Dactylis* با افزایش غلظت دی‌اکسیدکربن در شرایط تامین نیتروژن افزایش می‌یابد. مشابه نتایج این مطالعه (۴۰) بر روی دو گونه درختی *Ochroma lagopus* Swartz و *Pentaclethra macroloba* (Willd.) Kuntze نشان داد که بیوماس کلی هر دو گونه در اثر افزایش دی‌اکسیدکربن افزایش معنی‌داری می‌یابد. نتایج آزمایشات محققین دیگر (۲۴ و ۳۱) نشان می‌دهد که اساسا درشرایط افزایش دی‌اکسیدکربن، تولید بیوماس افزایش می‌یابد. اگرچه گستردگی این واکنش در بین گیاهان، فصل‌های رشد و شرایط آزمایش متفاوت است.

در این تحقیق همانطور که گفته شد غلظت‌های متفاوت دی‌اکسیدکربن بر روی میزان قندهای محلول تاثیر معنی‌داری نداشت اما بعضی محققان (۱ و ۴۴) افزایش میزان قندهای محلول را در غلظت های بالای دی‌اکسید کربن گزارش کرده‌اند.

تعادل بین ازت و کربن در گیاهان برای مراحل رشدی گیاه بسیار حائز اهمیت می‌باشد. ازت در احیای متابولیکی نیترات به اسیدهای آمینه و پروتئین‌ها تبدیل می‌شود. به‌طور کلی زمانی که گیاه مقدار ازت بیشتری را جذب می‌کند، مقدار هیدروکربن‌ها در آن کاهش می‌یابد و بر عکس زمانی که مقدار ازت در گیاه کاهش می‌یابد مقدار هیدروکربن‌ها افزایش می‌یابد. تعادل بین این دو می‌تواند نقش مهمی در مراحل زایشی و رویشی گیاه داشته باشد. هنگامی که ازت به مولکول‌های اسیدهای آمینه وارد و در آن ها تثبیت می‌شود، برخی مواد متابولیکی چرخه TCA (چرخه اسید تری کربوکسیلیک) به مصرف می‌رسند، ولی ادامه عمل چرخه TCA نیاز به این دارد که جای مواد متابولیکی مصرف شده مذکور دوباره پر شود. تامین و پر شدن جای این مواد متابولیکی سبب مصرف هیدروکربن‌ها و مشتقات آن می‌شود. این ترکیبات اسکلت‌های کربن را برای بیوسنتز اسیدهای آمینه تامین می‌کند، بدین ترتیب ازت معدنی سبب کاهش ذخایر کربوهیدرات‌ها در گیاه می‌شود (۳۸). نتایج تحقیق حاضر نشان داد که افزایش غلظت دی‌اکسیدکربن تا ۷۵۰ پی‌پی‌ام باعث افزایش مقدار ازت در گیاه زیتون تلخ شد. در این غلظت افزایش ازت باعث افزایش معنی‌دار اسیدآمینه پرولین شد. که نشان می‌دهد، ازت از طریق چرخه

احیای متابولیکی ازت باعث افزایش اسیدهای آمینه و احتمالا افزایش مقدار پرولین در گیاه شده است. دی‌اکسیدکربن در غلظت ۱۱۰۰ پی‌پی‌ام تاثیری بر میزان ازت در گیاه مورد مطالعه نداشت. کاهش مقدار ازت از ۷۵۰ تا ۱۱۰۰پی‌پی‌ام می‌تواند مربوط به ایجاد تعادل بین ازت و کربن باشد. کاهش مقدار ازت در ۱۱۰۰ پی‌پی‌ام باعث کاهش مقدار پرولین و احتمالا سنتز پروتئین شده است.

جدول ۳- تجزیه و تحلیل واریانس صفات فیزیولوژیک اندازه‌گیری شده در زیتون تلخ

Table 3- Variation analysis of the measured physiological traits in *Melia azedarach*

صفات Characteristics	منابع تغییرات Source of variation	درجه آزادی Df	مجموع مربعات SS	میانگین مربعات MS	F	P
پرولین برگ Proline (mg g^{-1} fw)	غلظت دی‌اکسیدکربن Carbon Dioxide Concentration	2	0.001	0.0	6.9	0.02
	خطا Error	6	0.0	0.0		
قند برگ Sugar (mg g-1 wd)	غلظت دی‌اکسیدکربن Carbon Dioxide Concentration	2	2.9	1.47	0.75	0.5
	خطا Error	6	0.0	0.0		
کلروفیل a Chlorophyll a (mg g-1 fw)	غلظت دی‌اکسیدکربن Carbon Dioxide Concentration	2	51.6	25.8	0.91	0.4
	خطا Error	6	170.7	28.4		
کلروفیل b Chlorophyll b (mg g-1 fw)	غلظت دی‌اکسیدکربن Carbon Dioxide Concentration	2	372.7	186.4	1.76	0.3
	خطا Error	6	636.6	106.1		
کلروفیل کل Total Chlorophyll (mg g-1 fw	غلظت دی‌اکسیدکربن Carbon Dioxide Concentration	2	662.1	331.1	1.57	0.3
	خطا Error	6	1265.2	210.8		
کارتنوئید Carotenoids (mg g-1 fw)	غلظت دی‌اکسیدکربن Carbon Dioxide Concentration	2	45.6	22.9	1.70	0.3
	خطا Error	6	80.5	13.4		
ازت Nitrogen (%)	غلظت دی‌اکسیدکربن Carbon Dioxide Concentration	2	6.1	3.1	8.9	0.02
	خطا Error	6	2.1	0.3		
فسفر Phosphorus (mg/kg)	غلظت دی‌اکسیدکربن Carbon Dioxide Concentration	2	0.0	0.0	0.52	0.6
	خطا Error	6	0.0	0.0		
پتاسیم Potassium (mg/kg)	غلظت دی‌اکسیدکربن Carbon Dioxide Concentration	2	87783603	94389180	0.54	0.2
	خطا Error	6	244166889	40694481		
محتوای نسبی آب برگ Leaf relative water content (%)	غلظت دی‌اکسیدکربن Carbon Dioxide Concentration	2	1690	845	37.9	0.00
	خطا Error	6	133.7	22.3		

جدول ٤- مقایسات میانگین صفات فیزیولوژیک مورد مطالعه با استفاده از روش دانکن
Table 4- Compare means of the studied physiological traits using Duncan

فاکتورهای مورد اندازه‌گیری Factors measured	غلظت دی‌اکسیدکربن Carbon Dioxide Concentration (ppm)		
	شاهد (450) Control	750	1100
پرولین برگ Proline (mg g^{-1} fw)	0.007 b	0.026 a	0.004 b
قند برگ Sugar (mg g-1 wd)	0.08 a	0.08 a	0.09 a
کلروفیل a Chlorophyll a (mg g-1 fw)	28.6 a	29.7 a	24.1 a
کلروفیل b Chlorophyll b (mg g-1 fw)	42.6 a	37 a	27 a
کلروفیل کل Total Chlorophyll (mg g-1 fw)	71 a	66.7 a	51 a
کارتنوئید Carotenoids (mg g-1 fw)	3.3 a	0.7 a	2.3 a
ازت (درصد) Nitrogen (%)	3.8 a	5 a	3.9 b
فسفر Phosphorus (mg/kg)	0.06 a	0.05 a	0.06 a
پتاسیم Potassium (mg/kg)	13 a	13 a	17 a
محتوای نسبی آب برگ (درصد) Leaf relative water content (%)	86 a	67 b	53 c

میانگین‌هایی،درهرستون،که دارای حرف مشترک هستند براساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌داری ندارند.
Means, in each column, followed by similar letter are not significantly different at the 5% probability level-using Duncan`s Multiple Range Test.

مطالعات نشان می‌دهد که افزایش دی‌اکسیدکربن در جامعه گیاهی شبدر معمولی باعث افزایش درصد نیتروژن کل و تثبیت بیولوژیکی نیتروژن می‌شود (۵۲). نتایج محققین دیگر (۲، ۱۸ و ۵۱) همچنین نشان می‌دهد که با افزایش دی‌اکسیدکربن تثبیت نیتروژن هم افزایش می‌یابد. ولی نتایج برخی تحقیقات نشان داد که با افزایش دی‌اکسیدکربن غلظت نیتروژن در انگور کاهش می‌یابد (۳۵). همین طور مطالعات دیگر (۵۴) نشان داد که با افزایش دی‌اکسیدکربن در برنج غلظت نیتروژن در خوشه تا ۷ درصد کاهش یافت.

مشابه نتایج تحقیق حاضر نیز در مطالعات بلوچی و همکاران (۴) بر روی گندم دوروم بدست آمد که درسطوح تشعشع A، B و C با افزایش غلظت دی‌اکسیدکربن میزان پرولین (از ۳/۲۸ به ۱۲/۴۵ میکروگرم در گرم وزن تر برگ) افزایش می‌یابد. اما بلوچی و همکاران (۳) در تحقیق دیگری بر روی گندم نان نشان دادند که با افزایش دی‌اکسیدکربن و تنظیم پتانسیل آب گیاه، سنتز پرولین به عنوان یک اسید آمینه موثر در تنظیم پتانسیل آب گیاه کاهش می‌یابد. که با نتایج این تحقیق همخوانی ندارد.

محتوای نسبی آب برگ در غلظت‌های ۷۵۰ و ۱۱۰۰ پی‌پی‌ام بطور معنی‌داری در گیاه زیتون تلخ کاهش یافت. کاهش مقدار آب در بافت‌های گیاهی می‌تواند مربوط به مصرف آب در عمل فتوسنتز در غلظت‌های بالا باشد. بلوچی و همکاران (۴) نیز بر روی گندم دوروم نشان دادند که افزایش غلظت دی‌اکسیدکربن از ۴۰۰ به ۹۰۰ پی‌پی‌ام موجب کاهش محتوای نسبی آب برگ به میزان ۶ درصد می‌گردد. که با نتایج این تحقیق مطابقت دارد.

پتاسیم عنصری است که بیشتر به عنوان فاکتور مورد نیاز ۴۰ و یا بیش از ۴۰ آنزیم است و همچنین در باز و بسته شدن روزنه‌های هوایی نقش دارد. این عنصر در تنش‌های خشکی و شوری در گیاه افزیش می‌یابد. در این آزمایش تنش شوری و خشکی وجود نداشت. مقدار فسفر با افزایش غلظت دی‌اکسیدکربن افزایش معنی‌داری نشان نداد. فسفر در سلول‌های گیاهی نخست از طریق وارد شدن به مولکول ATP تثبیت می‌شود علاوه بر تثبیت فسفات در مرحله فسفوریلاسیون اکسیداتیو (APP+Pi= ATP + H2O)، مقداری از فسفات جذب شده به وسیله‌ی گیاه آلی در حضور نور از طریق

مرحله‌ی فسفوریلاسیون فتوسنتزی در برگ‌های سبز تثبیت می‌شود. بنابراین در مطالعه حاضر افزایش جذب فسفر وجود دارد که در مراحل بعدی در مولکول‌های فسفره شامل قندهای فسفر، فسفولیپیدها و نوکلئوتیدها تثبیت شده است (۳۸).

در این تحقیق همچنین برای میزان کلروفیل (a، b، کل) و کارتنوئید بین غلظت‌های مختلف دی‌اکسیدکربن اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد اما بعضی محققان کاهش، بدون تاثیر بودن و یا حتی افزایش میزان رنگیزه‌ها را در تحقیقاتشان گزارش کرده‌اند. مشابه با نتایج این تحقیق، در آزمایشی (۱۳) نشان داده شد که افزایش غلظت دی‌اکسیدکربن تأثیر معنی‌داری بر محتوای کلروفیل برگ پرچم در گندمن داشت. همین طور مشابه با نتایج این تحقیق ده‌شیری و همکاران (۱۲) بر روی کلزا نشان دادند که میزان کلروفیل برگ در سطوح مختلف گاز دی‌اکسیدکربن تفاوت معنی‌دارین داشت که نشان می‌دهد میزان ساخت کلروفیل متناسب با توسعه برگ‌ها بوده و غلظت دی‌اکسیدکربن اثر جداگانه‌ای بر آن ندارد. چنارانی و همکاران (۹) نیز در بررسی گیاه کروتون نشان دادند که برهمکنش نور و دی‌اکسیدکربن تاثیر معنی‌داری بر روی سبزینگی برگ نداشت.

اما نتایج برخی آزمایشات (۱۹ و ۳۲) نشان داد که افزایش غلظت دی‌اکسیدکربن باعث افزایش محتویات کلروفیل برگ‌ها می‌گردد که بانتایج این تحقیق مغایرت دارد. محققان دیگر کاهش مقدار کلروفیل را گزارش کرده‌اند. مطالعات (۸) نشان داد که با افزایش غلظت دی‌اکسیدکربن، میزان کلروفیل در گیاه پپینو (*Solanum muricatum* Ait) کاهش می‌یابد. محققان دیگر در گیاه *Guzmania hilda* همچنین نشان دادند که افزایش غلظت دی‌اکسیدکربن، موجب کاهش محتوای کلروفیل می‌گردد (۱۱).

نتیجه‌گیری کلی

وجود اختلاف معنی‌دار بین غلظت‌های دی‌اکسیدکربن و شاهد از نظر صفات مورد اندازه‌گیری نشان داد که افزایش غلظت دی‌اکسیدکربن بر روی صفات مورفولوژیک و برخی از صفات فیزیولوژیک در زیتون تلخ تاثیر گذار بود. در بین غلظت‌های مختلف نیز، اغلب تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد. با توجه به اینکه با ادامه مصرف سوخت‌های فسیلی درسطح جهان غلظت دی‌اکسیدکربن همچنان افزایش خواهد یافت، لذا می‌توان پیشنهاد نمود از آنجا که افزایش دی‌اکسیدکربن تا غلظت ۱۱۰۰ پی‌پی‌ام هیچ گونه تاثیر منفی بر رشد گیاه زیتون تلخ نداشت بنابراین استفاده از این گیاه در مناطق آلوده شهری جهت فضای سبز مناسب به نظر می‌رسد. از طرف دیگر از آنجا که با افزایش دی‌اکسیدکربن تا ۷۵۰ پی‌پی‌ام، رشد گیاه زیتون تلخ افزایش پیدا کرد؛ می‌توان توصیه کرد که در مناطق خشک برای کاهش مصرف آب و افزایش رشد در گلخانه‌ها از این روش استفاده شود. نتایج این تحقیق همچنین نشان داد که به طور کلی تفاوتی بین غلظت ۷۵۰ و ۱۱۰۰ پی‌پی‌ام دی‌اکسیدکربن در مورد گیاه زیتون تلخ وجود ندارد. بنابراین می‌توان نتیجه‌گیری کرد که برای افزایش رشد این گونه فقط تا غلظت ۷۵۰ پی‌پی‌ام استفاده شود چون تاثیر معنی‌داری بین فاکتورهای رشدی بین دو غلظت ۷۵۰ و ۱۱۰۰ پی‌پی‌ام بدست نیامد.

منابع

1- Ainaworth E.A., Rogers A., Nelson R., and Long S. 2004.Testing the source-sink hypothesis of downregulation of photosynthesis in elevated CO2 in the field with single gene substitutions in Glycine max. Agricultural and Forest Meteorology, 122: 85-94.

2- Allen L.H., Valle R.R., Mishoe J.W., and Jones J.W. 1994. Soybean Leaf gas-exchange responses to carbon dioxide and water stress. Agronomy Journal, 86: 625-636.

3- Balouchi H.R., Modarres Sanavy S.A.M., Emam Y., and Barzegar M. 2009. Effects of waterless stress, increasing carbon dioxide and ultraviolet on quantitative traits of durum wheat flag leaf (*Triticum turgidum* L. Var. durum Desf). Journal of Iranian Agriculture Plants Science, 40: 41-52. (in Persian)

4- Balouchi H.R., Modarres Sanavy S.A.M., Emam Y., and Dolatabadian A. 2009. Effect of CO2 Enrichment, Ultra-violet and Drought stress on some traits of Bread Wheat (*Triticum aestivum* L.). Journal of Agricultural Sciences and Natural Resources, 1-16. (in Persian with English abstract)

5- Bates L.S., Waldren R.P., and Teare I.D. 1973. Rapid determination of free proline for water stress student. Plant soil, 39: 205-207.

6- Beerling D.J., and Kelly C.K. 1997. Stomatal density responses of temperate woodland plants over the past seven decades of CO2 increase: a comparison of Salisbury (1927) with contemporary data. American Journal of Botany, 84: 1572–1583.

7- Chen D.X., Hunt H.W., and Morgan J.A. 1996. Responses of a C3 and C4 perennial grass to CO2 enrichment and climate change: comparison between model predictions and experimental data. Ecological Modeling, 87: 11-27.

8- Chen K., Hu G., Keutgen N., Janssens M.J., and Lenz F. 1999. Effects of NaCl salinity and CO2 enrichment on pepino (*Solanum muricatum* Ait.): II. Leaf photosynthetic properties and gas exchange. Scientia Horticulturae, 81:

43-56.
9- Chenarani Gh., Shoor M., Tehranifar A., Neamati S.H., and Davari Nejad Gh.H. 2014. Effect of light intensity and carbon dioxide on rooting of Croton (*Codiaeum variegatum*) cuttings. Journal of Horticultural Science, 28: 116-124. (in Persian)
10- 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: 51-58.
11- Croonenborghs S., Ceusters J., Londers E., and De Proft M.P. 2009. Effect of elevated CO2 on growth and morphological characteristics of ornamental bromeliads. Scientia Horticulture, 121: 192-198.
12- Dehshiri A., Modarres Sanavy S.A.M., Rezaee H., and Shiranirad A.H. 2012. Effect of Elevated Concentration of Atmospheric Carbon Dioxide on Some traits of Three Rapeseed (*Brassicc napus* L.) Varieties under Saline Conditions. Journal of Seed and Seedling Breeding, 2-28: 35-52. (in Persian)
13- Donnelly A., Jones M.B., Burke J.I, and Schnieders B. 2000. Elevated CO2 provides protection from O3 induced photosynthetic damage and chlorophyll loss in flag leaves of spring wheat. Agriculture, Ecosystems and Environment, 80: 159-168.
14- Drake B.G., and Gonzàlez-Meler M.A. 1997. More efficient plants: a consequence of rising atmospheric CO2? Annual Review of Plant Biology, 48: 609-639.
15- Farshadfar E., and Mohammadi R. 2003.An Evaluation of Physiological Indices of Drought Tolerance in Agropyron Using Multiple Selection Index. Iranian Journal of Agricultural Science, 34: 635-646. (in Persian with English abstract)
16- Fritschi F.B., Boote K.J., Sollenberger L.E., Allen Jr L.H., and Sinclair T.R. 1999. Carbon dioxide and temperature effects on forage establishment: photosynthesis and biomass production. Global Change Biology, 5: 441-453.
17- Geissler N., Hussin S., and Koyro H.W. 2009. Interactive effects of NaCl salinity and elevated atmospheric CO2 concentration on growth, photosynthesis, water relations and chemical composition of the potential cash crop halophyte (*Aster tripolium* L.). Environmental and Experimental Botany, 65: 220–231.
18- Hardy R.W.F., and Havelka U.D. 1976.Photosynthate as a major factor limiting nitrogen fixation by field-grown legumes with emphasis on soybean in symbiotic nitrogen fixation in plants, Ed Nutman, p.s, cambrige university press, 421-439.
19- Heagle A.S., Miller J.E., and Booker F.L. 1998. Influence of ozone stress on soybean response to carbon dioxide enrichment: I. foliar properties. Crop Science, 38: 113-121.
20- Heienemann A.B., Maia A.H.N., Dourado-Neto D., Ingram K.T., and Hoogenboom G. 2006. Soybeen (*Glycine max* L.) Merr Growth and development response to CO2 enrichment under different temperature regimes. European Journal of Agronomy, 24: 52-61.
21- IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change), 2001. In: Houghton, J.T., Ding, Y., Griggs, D.J., Noguer, M., van der Linden, P.J., Dai, X., Maskell, K., Johnson, C.A. (Eds.), The Scientific Basis. Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, Cambridge.
22- Jablonski L.M., Xianzhong W., and Curtis P.S. 2002. Plant reproduction under elevated CO2 conditions: a meta metaanalysis of reports on 79 crop and wild species. New Phytologist, 156: 9-26.
23- Jazireii M.H. 2010. Forestation in dryland.Tehran University Press.Third Edition. Tehran.
24- Kimball B.A., Kobayashi K., and Bindi M. 2002. Responses of agricultural crops to free-air CO2 enrichment. Advances in Agronomy, 77: 293-368.
25- Kim H.R., and You Y.H. 2010.The Effects of the Elevated CO2 Concentration and Increased Temperature on Growth, Yield and Physiological Responses of Rice (*Oryza sativa* L. cv. Junam). Advances in Bioresearch, 1: 46-50.
26- Kochert G. 1987. Carbohydrate determination by the phenol sulfuric acid method: 56-97.
27- Koocheki A., and Hosseini M. 2006.Climate Change and Global Crop Prodactivity. Ferdowsi University of Mashhad Publication, Mashhad.
28- Lichtenthaler H.K. 1987. Chlorophyll and carotenoids: pigments of photosynthetic biomembranes. Method Enzym, 148: 350-382.
29- Liu-Gitz L., Britz S.J., and 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.
30- Long S.P., Ainsworth E.A., Rogers A., and Ort D.R. 2004. Rising atmospheric carbon dioxide: plants FACE the future. Annual Review of Plant Biology, 55: 591–628.
31- Mauney J.R., Kimball B.A., Pinter P.J., Lamorte R.L., Lewin K.F., Nagy J., and Hendrey G.R. 1994. The free-air carbon dioxide enrichment (FACE) cotton project: A new field approach to assess the biological consequences of global change. Agricultural and Forest Meteorology, l70: 49-67.

32- Mavrogianopoulos G.N., Spanakis J., and Tsikalas P. 1999. Effect of Co2 enrichment and salinity on photosynthesis and yield in melon. Scientia Horticulture, 79: 51-63.
33- Mortensen L.M. 1986. Effect of relative humidity on growth and flowering of some greenhouse plants. Scientia Horticulturae, 29: 301-307.
34- 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: 283-289.
35- Moutinho-Pereira J., Goncalves B., Bacelar E., Boaventura Cunha J., Cotinho J., Correal C.M. 2009. Effects of elevated Co2 on grapevine (*Vitis vinifera* L.): Physiological and yield attributes.Vitis, 48: 159-165.
36- Nasiri Mahalati M., Kochaki A.R., and Rezvani Moghadam P. 2002. The effect of global climate change on agricultural production. Ferdowsi University of Mashhad Press, Mashhad.
37- Niboyet A.L., Barthes B.A., Hungate X., Le Roux J.M.G., Bloor A., Ambroise S., Fontaine P.M., Price., and Leadley P.W. 2010. Responses of soil nitrogen cycling to the interactive effects of elevated CO2 and inorganic N supply. Plant and Soil, 327: 35-47.
38- Noggle G.R, and Fritz G.J. 1983. Introductory Plant Physiology.Prentice – Hall, Inc, EngleWood Cliffs, New Jersey.
39- Nowak R.S., Ellsworth D.S., and Smith S.D. 2004. Tansley Review: Functional responses of plants to elevated atmospheric CO2 – Do photosynthetic and productivity data from FACE experiments support early predictions?. New Phytologist, 162: 253-280.
40- Oberbauer S.F., Strain B.R, and Fetcher N. 1985.Effect of Co2 – enrichment on seedling physiology and growth of tropical tree species. Physiol Plant, 65: 352-356.
41- Pandey R., Chenhacko 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 hibrida*). Scientia Horticulture, 113: 74-81.
42- Poorter H., Pot C.S. and Lambers H. 1988. The effect of an elevated atmospheric CO2 concentration on growth, photosynthesis and respiration of Plantago major. Physiol Plant, 73: 553-559.
43- Qin D.H., and Zhou G.S. 2006.Global Cycling. China Meteorological Press, Beijing (in Chinese). Journal of Environmental management, 85: 607- 615.
44- 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: 271- 279.
45- Rogers H.H., and Dahlman R.C. 1993. Crop responses to CO2, enrichment.Vegetation, 104/105: 117-131.
46- Rogers H.H., Runion G.B., Krupa S.V., and Prior S.A. 1997. Plant response to atmospheric CO2 enrichment. In: Allen, J. R. (eds.), Advances in carbon dioxide effects research. ASA Special Publication no. 61.ASA.CSSA. Madison. WI, 1-34.
47- Sasaki H., Hara T., Ito S., Uehara N., Kim H.Y., Lieffering M., Okada M., and Kobayashi K. 2007. Effect of free-air CO2 enrichment on the storage of carbohydrate fixed at different stages in rice (*Oryza sativa* L.). Field Crop Research, 100: 24–31.
48- Shoor M., Behzadimoghadam M., and Goldani M. 2012. Study of rooting, some quantitative and anatomical traits in two species of Coleus in high concentrations of carbon dioxide. Journal of Horticultural Science, 26: 277-285. (in Persian)
49- Shoor M., Zargariyan S.M., and Bostani S. 2010. The effect of increasing carbon dioxide on anatomical and morphological traits of (*Tagets tenuifolia*) in greenhouse. Journal of Horticultural Science, 24: 128-135. (in Persian)
50- Torbert H.A., Prior S.A., Rogers H.H., and Runion G.B. 2004. Elevated atmospheric CO2 effects on N fertilization in grain sorghum and soybean. Field Crops Research, 88: 57-67.
51- Wilson P.W., Fred E.B., and Salmon M.R. 1993. Relation between carbon dioxide and elemental nitrogen assimilation in leguminous plants. Soil Science, 35: 145-165.
52- Zanetti S., Hartwing U.A., Luscher A., Hebeisen T., Frehner M., Fischer B.U., Hendrey G.R., Blum H., and Nosberger J. 1996. Stimulation of Symbiotic N2-fixation in (*Trifolium repens* L) under elevated atmospheric PCo2 in a grassland ecosystem. Plant physiol (USA), 112: 575-583.
53- Zavareh M. 2005. Modeling sesame (*Sesamum indicum* L.) growth and development.PhD Thesis from Faculty of Agriculture, Tehran University, Iran. (In Persian with English abstract).
54- Zhang G., Sakai H., Tokida T., Usui Y., Zhu C., Nakamura H., Yoshimoto M., Fukuoka M., Kobayashi K., and Hasegawa T. 2013. The effects of free-air CO2 enrichment (FACE) on carbon and nitrogen accumulation in grains of rice (*Oryza sativa* L.). Journal of Experimental Botany, 64: 3179–3188.
55- Ziska L.H., and Bunce J.A. 2006. Plant responses to raising atmospheric carbone dioxide. PP. 17-47. In: Morison, J.I.L. and M.D. Morecroft (Eds.), Plant Growth and Climate Change, Blackwell Publishing, Ltd., Oxford.