نشریه پژوهشهای زراعی ایران
جلد ۱۰، شماره ۱، بهار ۱۳۹۱، ص ۱۴۲-۱۳۳

Iranian Journal of Field Crops Research
Vol. 10, No. 1, Spring. 2012, p. 133-142

اثرات افزایش غلظت دی‌اکسیدکربن در شرایط کودی مختلف بر شاخص‌های فیزیولوژیکی گیاه بادرنجبویه (*Melissa officinalis*) در گلخانه

محمود شور[۱] - فرزاد مندنی[۲*]

تاریخ دریافت: ۱۳۸۹/۹/۱۶
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۰/۳/۲۳

چکیده

افزایش غلظت دی‌اکسید کربن و بهبود شرایط تغذیه‌ای معمولا باعث بهبود فتوسنتز و رشد گیاهان زراعی مختلف و در نتیجه بهبود عملکرد آنها می‌گردد. هدف از انجام این بررسی ارزیابی اثرات افزایش غلظت دی‌اکسیدکربن و شرایط کود مختلف بر صفات فیزیولوژیکی گیاه بادرنجبویه بود. آزمایش بصورت فاکتوریل بر پایه طرح کاملاً تصادفی با ۳ تکرار و ۹ تیمار در گلخانهٔ تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد در سال ۱۳۸۹اجرا شد. تیمارهای آزمایشی شامل غلظت‌های ۳۸۰، ۷۰۰ و ۱۰۵۰ پی‌پی‌ام دی‌اکسیدکربن و شرایط عدم مصرف کود، مصرف کود حیوانی و مصرف کود نیتروژن بود. در این بررسی گیاهچه‌های بادرنجبویه از مرحله ۲ برگی تا اوایل مرحل گلدهی در معرض افزایش غلظت دی‌اکسیدکربن قرار گرفتند. نتایج نشان داد که با افزایش غلظت دی‌اکسیدکربن از ۳۸۰ به ۱۰۵۰ پی‌پی‌ام، سطح برگ، ارتفاع بوته، سرعت رشد نسبی، تجمع ماده خشک و عملکرد نهایی تک بوته افزایش یافت. بیشترین مقادیر صفات مذکور در شرایط مصرف کود نیتروژن و کمترین آنها، در شرایط عدم مصرف کود حاصل شد. همچنین برهمکنش افزایش غلظت دی‌اکسیدکربن و شرایط کودی مختلف نیز بر صفات اندازه گیری شده معنی‌دار بود، به طوری که مصرف کود حیوانی و کود نیتروژن منجر به بهبود اثر افزایش غلظت این گاز گردید. در بین صفات مورد ارزیابی، تجمع مادهٔ خشک و عملکرد نهایی تک بوته بیشترین واکنش را نسبت به افزایش غلظت دی‌اکسیدکربن و کاربرد کود نیتروژن از خود نشان دادند. بنابراین به نظر می‌رسد که در شرایط تغییر اقلیم در آینده، در صورتی که افزایش درجه حرارت ناشی از افزایش غلظت دی‌اکسید کربن مد نظر نباشد و هیچ گونه محدودیتی از نظر آب و عناصر غذایی نیز وجود نداشته باشد، افزایش غلظت دی‌اکسید کربن منجر به بهبود تولید گیاه بادرنجبویه خواهد شد.

واژه‌های کلیدی: تغییر اقلیم، سطح برگ، ارتفاع بوته، سرعت رشد نسبی، عملکرد بوته

مقدمه

از شروع انقلاب صنعتی در اواسط قرن هیجدهم، مصرف بی رویهٔ سوخت‌های فسیلی منجر به افزایش چشمگیری در غلظت دی‌اکسیدکربن شده است، به طوری که غلظت این گاز از حدود ۲۷۰ پی‌پی‌امدر آن سال‌ها، در حال حاضر به حدود ۳۸۰ پی‌پی‌ام افزایش یافته و میانگین درجه حرارت در طی این دوره، حدود ۰/۷۶ درجه سانتیگراد افزایش یافته است. نتایج حاصل از پیش بینی‌ها نشان می‌دهد که تا پایان قرن بیست و یکم غلظت دی‌اکسید کربن به بیش از ۷۰۰ پی‌پی‌ام و متوسط درجه حرارت ۱/۸ تا ۴ درجه سانتیگراد، افزایش خواهد یافت (۱۴ و ۲۷). بنابراین برای پیش بینی شرایط تغییر اقلیم در آینده، لازم است واکنش رشد و عملکرد گیاهان مختلف به این تغییرات در نظر گرفته شود (۳۵ و ۳۶). از طرفی امروزه تأمین غذایی جمعیت در حال افزایش بشر، بیش از هر چیز به استفادهٔ منطقی از منابع بستگی دارد و مباحثی همچون تغییر اقلیم و تغییرات آب و هوایی و تأثیر بلند مدت آن‌ها روی تولیدات کشاورزی و پایداری محیط زیست، امنیت غذایی را به شدت تحت تأثیر خود قرار خواهد داد (۲).

از مهم‌ترین دلایل افزایش غلظت دی‌اکسیدکربن اتمسفر، استفادهٔ بی رویه سوخت‌های فسیلی و قطع جنگل‌ها می‌باشد (۳). افزایش غلظت این گاز علاوه بر افزایش اثرات گلخانه‌ای ناشی از افزایش درجه حرارت، منجر به تغییر الگوهای بارندگی در مناطق مختلف شده و به نظر می‌رسد در آینده، کارکرد بوم نظام‌های زراعی و تولید محصولات مختلف را دگرگون خواهد ساخت (۲۳). همچنین افزایش

۱ – دانشیار، دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد
(*- نویسنده مسئول: (Email: fa_mo300@stu-mail.um.ac.ir
۲- دانشجوی دکتری اکولوژی گیاهان زراعی، دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد

نگرانی‌ها در مورد این تغییرات در سال‌های اخیر و پی‌آمدهای آن بر تولیدات کشاورزی، منجر به اجرای آزمایش‌های مختلفی در محیط های کنترل شده گردید و اطلاعات خوبی نیز در مورد تأثیر افزایش غلظت دی‌اکسیدکربن و درجه حرارت بر فرآیندهای رشد و عملکرد گیاهان فراهم شده است. افزایش توام دی‌کسید کربن و درجه حرارت منجر به ایجاد تغییراتی در مراحل نموی، رشد و عملکرد گیاهان مختلف می‌شود (۳۲). با دو برابر شدن غلظت دی‌اکسید کربن، عملکرد در گیاهان سه کربنه و چهار کربنه به ترتیب ۳۴ و ۱۵ درصد افزایش پیدا می‌کند (۱۱). کوچکی و همکاران (۸) در مطالعه‌ای اثرات تغییر اقلیم را برای گندم آبی شبیه سازی کردند. نامبرگان کاهش طول دورهٔ رشد گندم را با دو برابر شدن غلظت دی‌اکسید کربن در شرایط آب و هوایی مشهد، برای ارقام مختلف بین ۱۴ تا ۳۵ روز برآورد کردند. همچنین نصیری و همکاران (۳۳) نیز گزارش دادند که طول دورهٔ رشد گندم دیم رقم سرداری در شرایط اقلیمی سال‌های ۲۰۲۵ و ۲۰۵۰ به میزان قابل توجه‌ای کاهش می‌یابد و از این طریق عملکرد گندم کاهش می‌یابد. هوگی و فانگمریر (۲۵) در آزمایشی نشان دادند که افزایش غلظت دی‌اکسید کربن تا ۷۰۰ پی‌پی‌ام، منجر به بهبود عملکرد و بازار پسندی غده‌های سیب‌زمینی شد. نامبردگان اظهار داشتند، افزایش غلظت دی‌اکسید کربن منجر به تخصیص میزان بیشتری از مواد فتوسنتزی به سمت غده‌ها شده و از این طریق باعث تغییر در آلومتری این گیاه (کاهش نسبت اندام‌های هوایی به اندام‌های زیر زمینی) می‌شود. افزایش غلظت دی‌اکسید کربن همچنین منجر به بهبود عملکرد در گیاهان دیگر نیز شده است. چنگ و همکاران (۱۴) نشان دادند که غلظت ۶۸۰ پی‌پی‌ام دی‌اکسیدکربن همراه با دمای شبانه ۳۲ درجه سانتیگراد، باعث افزایش وزن خشک و عملکرد برنج می‌شود. در مطالعه‌ای دیگرافزایش غلظت دی اکسید کربن به میزان۷۰۰ تا ۱۴۰۰پی‌پی‌ام سبب افزایش تولید گل‌های رعنا زیبا، جعفری و ابری شد (۵).

در بین گیاهان دارویی، بادرنجبویه گیاهی است معطر و علفی چندساله که خاستگاه اصلی آن شرق مدیترانه بوده و از راسته لب‌گلی‌ها (Lamiales) و تیره نعنائیان (Lamiaceae) می‌باشد (۴ و ۲۲). این گیاه در طول رویش خود به هوای گرم و نور کافی نیاز داشته و از جمله گیاهان روز بلند است. ریشه بادرنجبویه نسبتاً طویل است که این گیاه را قادر به جذب رطوبت در اعماق زمین ساخته و برای مدتی می‌تواند خشکی را تحمل کند ولی کم آبی و خشکی‌های طولانی سبب از بین رفتن آن می‌شود (۱۰، ۱۲، ۲۰، ۲۶).

در ارتباط با تأثیر افزایش غلظت دی‌اکسید کربن بر ویژگی‌های مختلف گیاهان دارویی تا کنون نتایجی منتشر نشده است و این نوع بررسی‌ها بیشتر گیاهان زراعی کلیدی را در بر می‌گیرد. با توجه به این که در بین کشورهای مختلف، ایران دارایی تنوع گیاهی مطلوبی از نظر گیاهان دارویی بوده (۷) و در حال حاضر نیز بررسی‌های متنوعی بر سایر جنبه‌های این گیاهان، نظیر اهلی سازی و نیازهای زراعی، در حال اجرا می‌باشد، بنابراین با توجه به نگرانی‌های اخیر در مورد اثرات تغییر اقلیم و کاربرد رو به افزایش ترکیبات استخراج شده از گیاهان دارویی در مصارف پزشکی، این تحقیق با هدف بررسی تأثیر افزایش غلظت دی‌اکسید کربن و شرایط کودی مختلف بر شاخص‌های فیزیولوژیکی رشدگیاه بادرنجبویه اجرا گردید.

مواد و روش‌ها

این بررسی در سال ۱۳۸۹ در گلخانهٔ تحقیقاتی دانشگاه فردوسی مشهد بصورت یک آزمایش فاکتوریل در قالب طرح پایه کاملاً تصادفی با ۳ تکرار و ۹ تیمار اجرا گردید. تیمارهای آزمایشی شامل غلظت‌های مختلف دی‌اکسیدکربن (۳۸۰، ۷۰۰ و۱۰۵۰ پی‌پی‌ام) و شرایط کودی مختلف (عدم مصرف کود، مصرف کود حیوانی و مصرف کود نیتروژن) بود. برای دست یافتن به غلظت‌های دی اکسیدکربن مورد نظر، ابتدا محفظه‌های به طول ۲ متر، عرض ۱/۵ متر و ارتفاع ۲ متر ساخته شد و سپس با استفاده از پلاستیک کاملاً شفاف، این اتاقک‌ها پوشانده و از یک سیستم کاملاً خودکار جهت تنظیم غلظت گاز استفاده شد. به این صورت که یک فتوسل دستور روشن و خاموش شدن دستگاه را به ترتیب در روز و شب انجام داده و تزریق گاز با استفاده از کپسول‌های ۵۰ کیلوگرمی حاوی دی‌اکسید کربن و شیرهای برقی و تایمرهایی که در مسیر قرار داده شده بودند، صورت گرفت. سپس با استفاده از یک حسگر دی‌اکسیدکربن قابل حمل، اندازه گیری‌های غلظت دی‌اکسیدکربن در طول روز انجام شد.

برای دست یافتن به شرایط کودی مختلف، کود حیوانی معادل ۴۰ تن در هکتار و کود نیتروژن معادل ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار به خاک گلدان‌ها اضافه شد (۱). اعمال شرایط کودی مختلف به روش وزنی انجام شد، به این صورت که ابتدا وزن یک متر مربع خاک به عمق ۳۰ سانتیمتر (عمق شخم) محاسبه و سپس میزان کودی که به هر کیلوگرم خاک در مزرعه اختصاص می‌یابد، مشخص گردید و از این طریق و با در نظر گرفتن وزن هر گلدان پر از خاک (۱۵ کیلوگرم)، شرایط کودی مورد نظر در گلخانه لحاظ گردید. تیمار کود حیوانی در زمان پر کردن گلدان‌ها و کود نیتروژن در مرحله ۴ برگی اعمال شد.

در این آزمایش از گیاه بادرنجبویه (توده بومی استان خراسان رضوی) استفاده شد، به گونه‌ای که در هر گلدان تعداد زیادی بذر کشت شد و هنگامی که ارتفاع گیاه به ۵ تا ۷ سانتیمتر رسید، اقدام به عمل تنک کردن بوته‌ها کرده تا در نهایت تراکم نهایی در هر گلدان به ۱۰ بوته کاهش یافت. در این آزمایش برای هر تیمار ۲ گلدان در نظر گرفته شد، به این صورت که یک گلدان جهت انجام نمونه

برداری‌های تخریبی در طول دورهٔ رشد و گلدان دیگر برای ثبت عملکرد نهایی بود. گیاهچه‌های بادرنجبویه از مرحلهٔ ۲ برگی تا انتهای دورهٔ آزمایش در معرض غلظت‌های مختلف دی‌اکسیدکربن قرار گرفت. در این بررسی متوسط درجه حرارت روزانه ۲۵ ومتوسط درجه حرارت شبانه ۱۸ درجه سانتی‌گراد برای کلیه تیمارها یکسان در نظر گرفته شد. فتوپریود با توجه به زمان آزمایش ۱۴ ساعت روشنایی و ۱۰ ساعت تاریکی بود و میانگین رطوبت نسبی در حدود ۶۵ درصد در طول دوره آزمایش بود.

برای نمونه‌برداری‌های تخریبی در طی دورهٔ رشد، اولین مرحلهٔ نمونه‌برداری در کلیهٔ تیمارها ۱۵ روز پس از سبزشدن همراه با تنک کردن گلدان‌ها آغاز شد و بعد از آن هر ۱۵ روز یک بار تا انتهای دوره رشد تکرار شد. در هر مرحله از نمونه‌برداری، از هر گلدان ۲ بوته به طور تصادفی برداشت شده و صفاتی همچون ارتفاع بوته، سطح برگ و وزن خشک تک بوته اندازه‌گیری شدند. به منظور اندازه‌گیری سطح برگ از دستگاه Leaf Area Meter (مدل Licow) استفاده شد و جهت اندازه‌گیری وزن خشک، نمونه‌ها در آون در دمای ۷۰ درجه سانتیگراد به مدت زمان کافی قرار گرفتند. برای برآورد مقادیر سطح برگ روزانه (LA) از برازش معادله زیر استفاده شد (۶):

$$LA = a + b * 4 * (\exp(-(x-c)/d))/(1+\exp(-(x-c)/d))^2 \quad (۱)$$

در اینجاa؛ عرض از مبداء، b؛ زمان رسیدن به حداکثر سطح برگ، c؛ حداکثر سطح برگ و d؛ نقطه عطف منحنی است که در آن رشد سطح برگ وارد مرحله خطی می‌شود و x؛ زمان بر حسب روز پس از سبز شدن می‌باشد. همچنین برای برآورد مقادیر تجمع مادهٔ خشک روزانه نیز از برازش معادله زیر استفاده شد (۶):

$$TDM = a / (1 + b * \exp(-c * x)) \quad (۲)$$

در اینجا TDM؛ تجمع مادهٔ خشک بر حسب گرم در تک بوته، a؛حداکثر تجمع ماده خشک، b؛ ثابت معادله، c؛سرعت رشد نسبی و x؛ زمان بر حسب روز پس از سبز شدن است و برای برآورد سرعت رشد نسبی تک بوته گیاه بادرنجبویه نیز از معادلهٔ زیر استفاده شد (۹):

$$RGR = (\ln W_2 - \ln W_1) / (T_2 - T_1) \quad (۳)$$

در این معادلهRGR، سرعت رشد نسبی بر حسب گرم بر گرم در روز،W_1 و W_2 به ترتیب وزن خشک تک بوته بر حسب گرم در بوته در زمان نمونه برداری اول و دوم و T_1 و T_2، زمان بر حسب روز پس از سبز شدن می‌باشد. عملکرد نهایی تک بوته نیز در زمان برداشت یعنی اندکی قبل از ظهور اولین گل‌ها (حدود ۸۰ روز پس از سبز شدن) در کلیهٔ تیمارها به طور جداگانه اندازه گیری شد. برای تجزیه و تحلیل‌های آماری داده‌های آزمایش، از نرم افزارهای MSTATC و SAS و برای مقایسهٔ میانگین‌ها از آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۹۵ درصد استفاده شد.

نتایج

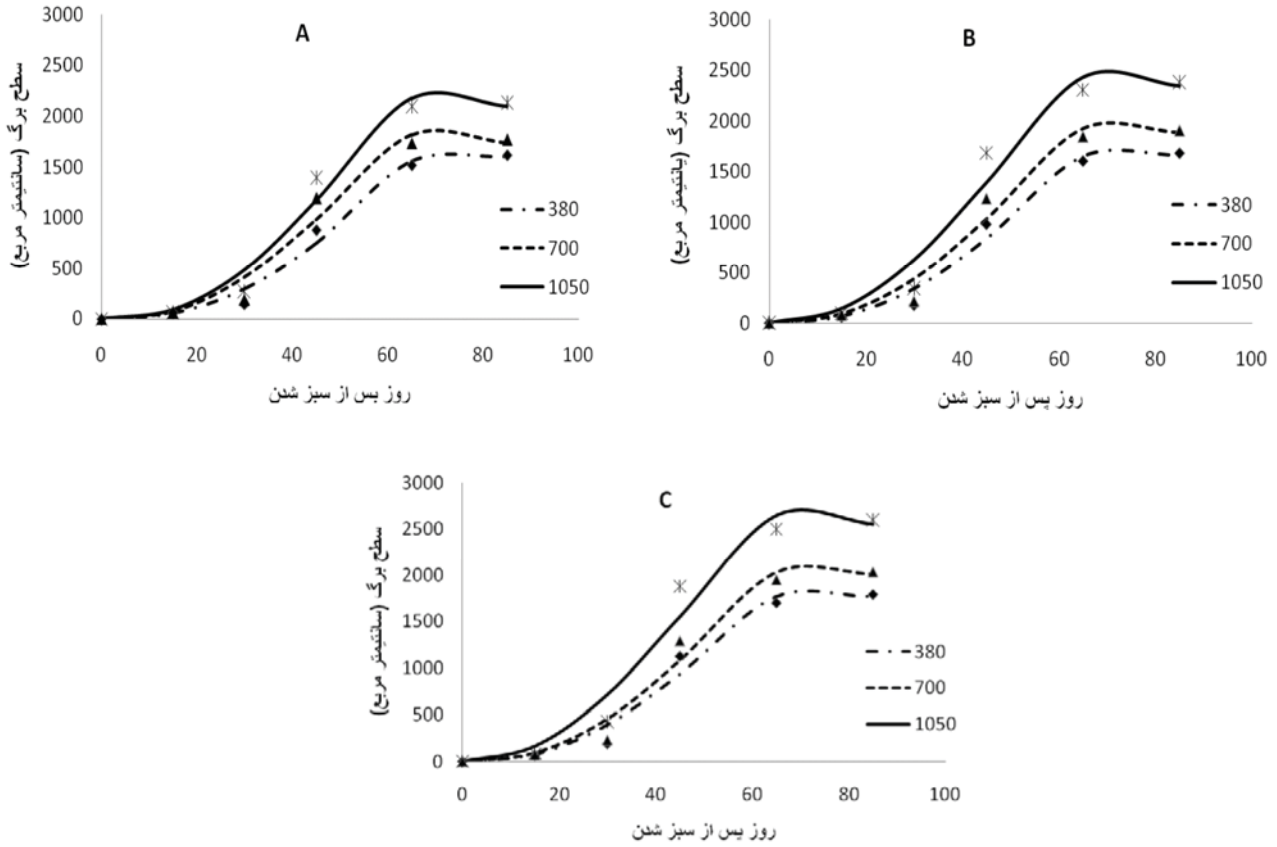
سطح برگ تک بوته

صرفنظر از غلظت‌های مختلف دی‌اکسیدکربن و شرایط کودی مختلف، تغییرات سطح برگ تک بوته بادرنجبویه در طول دورهٔ رشد، روند مشابه‌ای داشت، به طوری که در ابتدا با گذشت زمان سطح برگ به کندی افزایش یافت و در ادامه افزایش سطح برگ روند خطی پیدا کرده و در حدود ۶۰ روز پس از سبز شدن به حداکثر مقدار خود رسید و پس از آن تا انتهای دورهٔ آزمایش (اوایل مرحله گلدهی) تقریباً ثابت بود (شکل۱).

صرفنظر از نوع کود با افزایش غلظت دی‌اکسیدکربن حداکثر میزان سطح برگ بادرنجبویه به طور چشمگیری در غلظت ۱۰۵۰ پی-پی‌ام در مقایسه با غلظت ۳۸۰ پی‌پی‌ام افزایش یافت (شکل ۱). نوع کود نیز تاثیر قابل ملاحظه‌ای بر سطح برگ تک بوته داشت، به طوری در هر سه غلظت دی‌اکسید کربن، کمترین میزان سطح برگ در شرایط عاری از کود و بیشترین آن در شرایط کود نیتروژن مشاهده شد. در غلظت ۳۸۰ پی‌پی‌ام، حداکثر میزان سطح برگ در شرایط مصرف کود نیتروژن نسبت به شرایط بدون کود ۹/۳ درصد و در غلظت ۱۰۵۰ پی‌پی‌ام، ۱۷/۸ درصد افزایش یافت. حداکثر میزان سطح برگ بادرنجبویه برای غلظت ۳۸۰ پی‌پی‌ام در شرایط عاری از کود، مصرف کود دامی و مصرف کود نیتروژن به ترتیب، ۱۶۰۰/۵، ۱۶۶۳/۲ و ۱۷۶۴/۹ سانتیمتر مربع در بوته و برای غلظت ۱۰۵۰ پی‌پی‌ام به ترتیب ۲۰۹۸/۲، ۲۲۴۳/۲ و ۲۵۵۲/۳ سانتیمتر مربع در بوته بود. بنابراین با افزایش غلظت دی‌اکسید کربن از ۳۸۰ به ۱۰۵۰ پی‌پی‌ام، حداکثر میزان سطح برگ تک بوته در شرایط عاری از کود، مصرف کود دامی و مصرف کود نیتروژن به ترتیب، ۲۳/۷، ۲۵/۹ و ۳۰/۹ درصد افزایش یافت.

ارتفاع تک بوته

تأثیر افزایش غلظت دی‌اکسید کربن بر ارتفاع تک بوته گیاه بادرنجبویه معنی دار بود، به نحوی که کمترین ارتفاع در غلظت ۳۸۰ پی‌پی‌ام (۳۷/۴ سانتیمتر) و بیشترین آن در غلظت ۱۰۵۰ پی‌پی‌ام (۴۶/۵ سانتیمتر) بدست آمد (جدول ۱). ارتفاع بادرنجبویه در غلظت ۱۰۵۰ نسبت به ۳۸۰ پی‌پی‌ام، ۲۴/۳ درصد بیشتر بود. صرفنظر از افزایش غلظت دی‌اکسیدکربن، ارتفاع تک بوته نیز به طور معنی داری در شرایط کودی مختلف با یکدیگر متفاوت بود، به طوری که کمترین ارتفاع (۳۷/۳ سانتیمتر) در شرایط عدم مصرف کود و بیشترین آن (۴۵/۱ سانتیمتر) در شرایط مصرف کود نیتروژن حاصل شد (جدول ۱). ارتفاع تک بوته در شرایط مصرف کود نیتروژن نسبت به شرایط عاری از کود ۱۷/۳ درصد افزایش یافت.



شکل ۱- اثر افزایش غلظت دی‌اکسید کربن بر سطح برگ تک بوته گیاه بادرنجبویه (بر حسب سانتیمتر مربع) در شرایط عاری از کود (A)، مصرف کود دامی (B) و مصرف کود نیتروژن (C)

جدول ۱- اثر افزایش غلظت دی‌اکسید کربن و نوع کود و برهمکنش بین آنها بر ارتفاع گیاه بادرنجبویه (بر حسب سانتیمتر)

نوع کود	غلظت دی‌اکسیدکربن (پی‌پی‌ام)			
	۳۸۰	۷۰۰	۱۰۵۰	میانگین
بدون کود	۳۵/۶ c	۳۷/۰ bc	۴۰/۵ b	۳۷/۳ a
مصرف کود آلی	۳۷/۳ bc	۴۱/۴ b	۴۶/۶ ab	۴۱/۳ b
مصرف کود نیتروژن	۳۹/۳ bc	۴۵/۸ ab	۵۲/۵ a	۴۵/۱ c
میانگین	۳۷/۴ a	۴۱/۲ b	۴۶/۵ c	

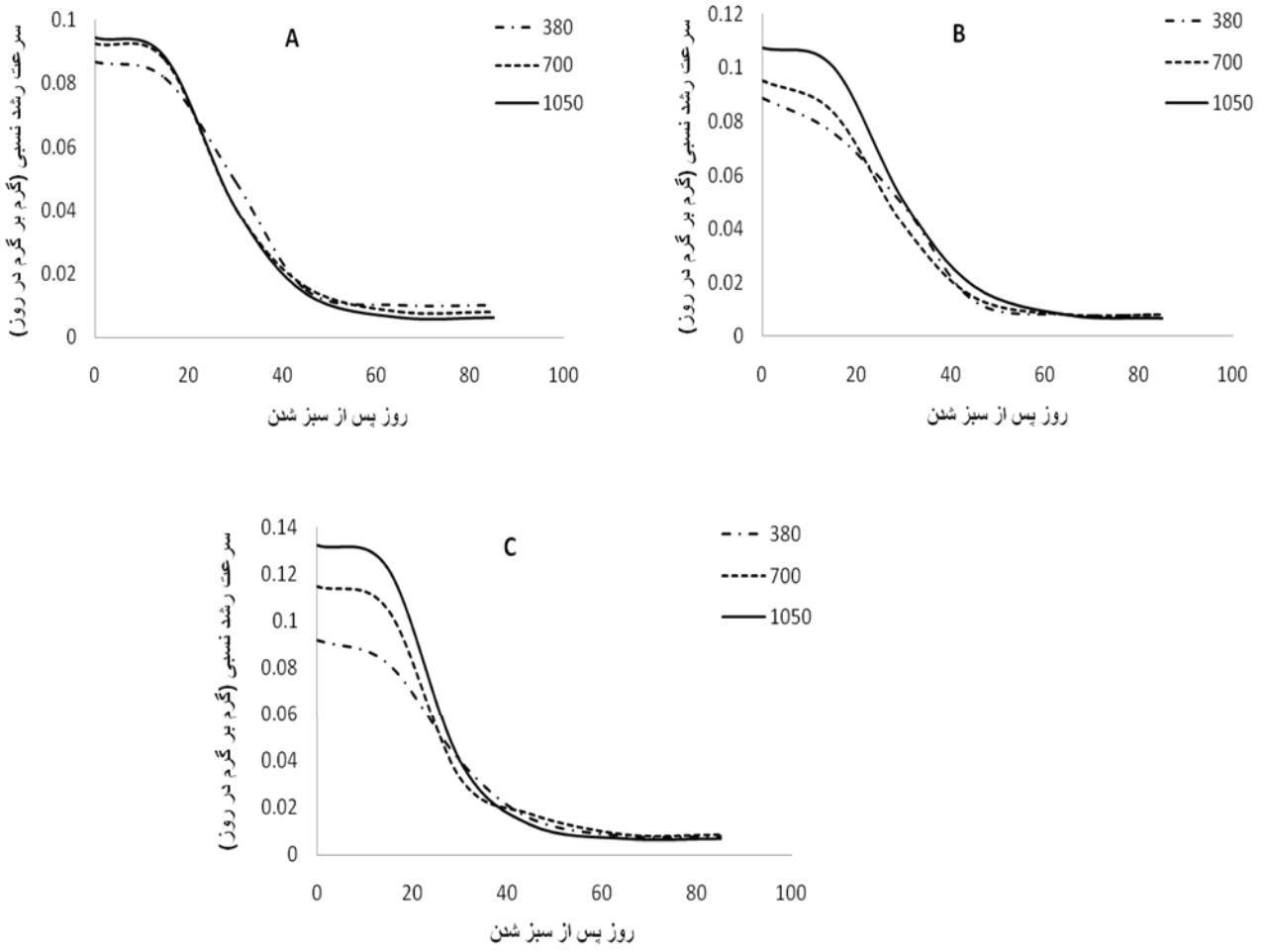
مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن انجام شده و میانگین‌های با حروف مشترک در سطح ۵ درصد دارای اختلاف معنی‌داری نمی‌باشند.

برهمکنش افزایش غلظت دی‌اکسیدکربن و شرایط کودی مختلف بر ارتفاع تک بوتهٔ بادرنجبویه اثرات معنی داری داشت (جدول ۱)، به طوری که در شرایط مصرف کود نیتروژن اثرات افزایش غلظت این گاز بر ارتفاع تک بوته نسبت به شرایط عاری از کود بیشتر بود (جدول ۱). بیشترین ارتفاع تک بوته به غلظت ۱۰۵۰ پی‌پی‌ام و شرایط مصرف کود نیتروژن (۵۲/۵ سانتیمتر) و کمترین آن به غلظت ۳۸۰ پی‌پی‌ام و شرایط عاری از کود (۳۵/۶ سانتیمتر) مربوط بود.

سرعت رشد نسبی تک بوته

سرعت رشد نسبی تک بوته گیاه بادرنجبویه در ابتدای دورهٔ رشد در بالاترین میزان خود بود و سپس با طی شدن روزها، از حدود ۲۵ روز پس از سبز شدن، به علت افزایش وزن گیاه و در پی آن افزایش هزینه‌های نگه داری گیاه، به تدریج شروع به کاهش کرد و در انتهای دورهٔ رشد به حدود صفر رسید (شکل ۲).

با افزایش غلظت دی‌اکسیدکربن از ۳۸۰ به ۱۰۵۰ پی‌پی‌ام، صرفنظر از شرایط کودی مختلف، حداکثر میزان سرعت رشد نسبی نیز افزایش یافت.



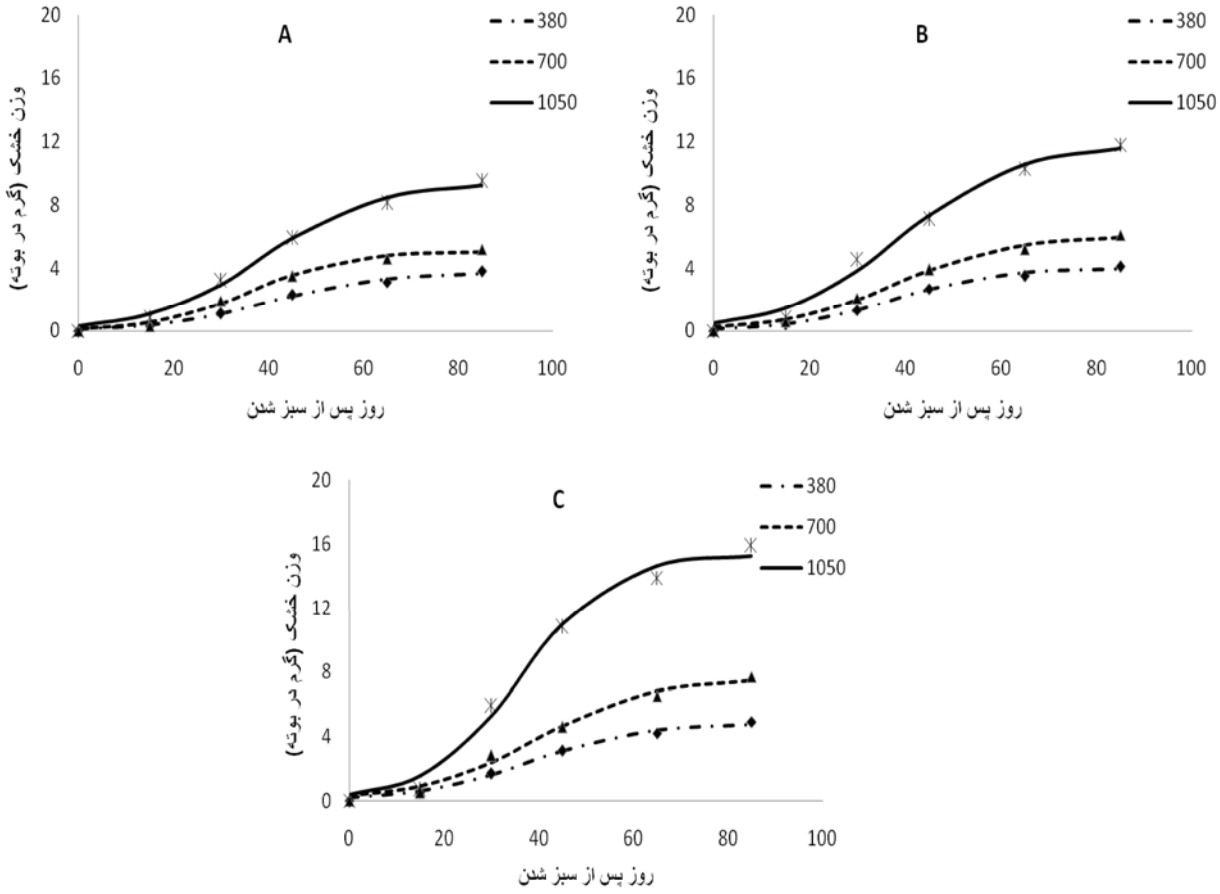
شکل ۲- اثر افزایش غلظت دی‌اکسید کربن بر سرعت رشد نسبی تک بوته گیاه بادرنجبویه (بر حسب گرم بر گرم در روز) در شرایط عاری از کود (A)، مصرف کود دامی (B) و مصرف کود نیتروژن (C)

شرایط کودی مختلف نیز بر سرعت رشد نسبی تأثیر قابل ملاحظه‌ای داشت. کمترین میزان سرعت رشد نسبی در هر سه غلظت دی‌اکسیدکربن به شرایط عاری از کود و بیشترین آن، به شرایط مصرف کود نیتروژن مربوط بود، به طوری که در غلظت ۳۸۰ پی‌پی‌ام حداکثر میزان سرعت رشد نسبی در شرایط مصرف کود نیتروژن نسبت به شرایط عاری از کود ۵/۴ درصد و در غلظت ۱۰۵۰ پی‌پی‌ام ۲۸/۵ درصد افزایش یافت. حداکثر میزان سرعت رشد نسبی برای غلظت ۳۸۰ پی‌پی‌ام در شرایط عاری از کود، مصرف کود دامی و مصرف کود نیتروژن به ترتیب، ۰/۰۸۷، ۰/۰۸۸ و ۰/۰۹۲ گرم بر گرم در روز و برای غلظت ۱۰۵۰ پی‌پی‌ام به ترتیب ۰/۰۹۴، ۰/۱۱ و ۰/۱۳ گرم بر گرم در روز بود. بنابراین با افزایش غلظت دی‌اکسیدکربن از ۳۸۰ به ۱۰۵۰ پی‌پی‌ام، حداکثر میزان سرعت رشد نسبی تک بوته در شرایط عاری از کود، مصرف کود دامی و مصرف کود نیتروژن به ترتیب، ۸/۱، ۱۷/۴ و ۳۰/۷ درصد افزایش یافت.

روند تجمع ماده خشک تک بوته

در ابتدای دورهٔ رشد به دلیل کوچک بودن بوته‌ها تفاوت چندانی بین تیمارهای مختلف از نظر روند افزایش وزن خشک تک بوته گیاه بادرنجبویه مشاهده نشد. ولی از حدود ۲۵ روز پس از سبز شدن، تجمع مادهٔ خشک وارد مرحلهٔ رشد خطی شده و به سرعت شروع به افزایش نمود و در حدود ۶۵ روز پس از سبز شدن (مرحلهٔ حصول حداکثر مادهٔ خشک)، به حداکثر میزان خود رسید و پس از آن روند تقریباً ثابتی را در پیش گرفت (شکل ۳).

صرفنظر از شرایط کودی مختلف، با افزایش غلظت دی‌اکسید کربن حداکثر میزان تجمع ماده خشک به طور چشمگیری در غلظت ۱۰۵۰ پی‌پی‌ام نسبت به ۳۸۰ پی‌پی‌ام افزایش یافت (شکل ۳).



شکل ۳- اثر افزایش غلظت دی‌اکسید کربن بر وزن خشک تک بوته گیاه بادرنجبویه (بر حسب گرم در بوته) در شرایط عاری از کود (A)، مصرف کود دامی (B) و مصرف کود نیتروژن (C)

نوع کود نیز تاثیر قابل ملاحظه‌ای بر روند تجمع ماده خشک کل گیاه داشت، به طوری که در هر سه غلظت دی‌اکسیدکربن، کمترین میزان تجمع ماده خشک در شرایط عاری از کود و بیشترین آن در شرایط مصرف کود نیتروژن مشاهده شد. حداکثر میزان تجمع ماده خشک در غلظت ۳۸۰ پی‌پی‌ام در شرایط مصرف کود نیتروژن نسبت به شرایط عاری از کود، ۲۳/۱ درصد و در غلظت ۱۰۵۰ پی‌پی‌ام، ۳۹/۹ درصد افزایش یافت. حداکثر میزان تجمع ماده خشک برای غلظت ۳۸۰ پی‌پی‌ام در شرایط عاری از کود، مصرف کود دامی و مصرف کود نیتروژن به ترتیب، ۳/۷، ۴/۰ و ۴/۸ گرم در بوته و برای غلظت ۱۰۵۰ پی‌پی‌ام به ترتیب ۹/۲، ۱۱/۵ و ۱۵/۲ گرم در بوته بود. بنابراین با افزایش غلظت دی‌اکسیدکربن از ۳۸۰ به ۱۰۵۰ پی‌پی‌ام، حداکثر میزان تجمع ماده خشک کل تک بوته در شرایط عاری از کود، مصرف کود دامی و مصرف کود نیتروژن به ترتیب، ۵۸/۸، ۶۴/۵ و ۶۷/۸ درصد افزایش یافت.

عملکرد نهایی تک بوته

افزایش غلظت دی‌اکسیدکربن اثر معنی داری بر عملکرد نهایی تک بوته بادرنجبویه داشت، به نحوی که کمترین عملکرد نهایی تک بوته در غلظت ۳۸۰ پی‌پی‌ام (۴/۳ گرم در بوته) و بیشترین آن در غلظت ۱۰۵۰ پی‌پی‌ام (۱۲/۴ گرم در بوته) حاصل شد (جدول ۲). عملکرد نهایی تک بوته بادرنجبویه در غلظت ۱۰۵۰ نسبت به ۳۸۰ پی‌پی‌ام، ۶۵/۳ درصد بیشتر بود. همچنین صرفنظر از افزایش غلظت دی‌اکسیدکربن، عملکرد نهایی تک بوته نیز به طور معنی داری در شرایط کودی مختلف با یکدیگر متفاوت بود، به طوری که کمترین عملکرد نهایی (۶/۲ گرم در بوته) در شرایط عدم مصرف کود و بیشترین آن (۹/۵ گرم در بوته) در شرایط مصرف کود نیتروژن حاصل شد (جدول ۲). عملکرد نهایی تک بوته در شرایط مصرف کود نیتروژن نسبت به شرایط عاری از کود، ۳۴/۷ درصد افزایش یافت. نتایج این بررسی همچنین نشان داد که افزایش غلظت دی‌اکسید-کربن و شرایط کودی مختلف دارای برهمکنش معنی داری بر

عملکرد نهایی تک بوته بود، چرا که در شرایط مصرف کود نیتروژن اثرات افزایش غلظت دی‌اکسیدکربن بر عملکرد نهایی تک بوته نسبت به شرایط عاری از کود بیشتر بود (جدول ۲). بیشترین عملکرد نهایی تک بوته به غلظت ۱۰۵۰ پی‌پی‌ام و شرایط مصرف کود نیتروژن (۱۵/۹ گرم در بوته) و کمترین آن به غلظت ۳۸۰ پی‌پی‌ام و شرایط عاری از کود (۳/۸ گرم در بوته) مربوط بود.

بحث

در این آزمایش افزایش غلظت دی‌اکسیدکربن منجر به بهبود سطح برگ تک بوته گیاه بادرنجبویه در شرایط گلخانه شد (شکل ۱). به نظر می‌رسد افزایش سطح برگ در غلظت‌های بالاتر دی-اکسیدکربن، ناشی از بهبود فتوسنتز و میزان ماده خشک اختصاص یافته به تولید برگ‌ها باشد. بنابراین تحت چنین شرایطی سطح برگ تک بوته افزایش خواهد یافت. این نتایج با یافته‌های گزارش شده توسط شور و همکاران (۵) همخوانی داشت. نامبرداگان در آزمایشی روی گیاهان زینتی به این نتیجه دست یافتند که با افزایش غلظت دی‌اکسیدکربن سطح برگ تک بوته افزایش یافت. اختصاص بیشتر ماده خشک به تولید و گسترش برگ‌ها در شرایط افزایش غلظت این گاز با توجه به کاهش میزان تنفس نوری در گیاهان سه کربنه‌ای همچون بادرنجبویه دور از ذهن نمی‌باشد. همچنین بهبود شرایط تغذیه‌ای ناشی از مصرف کود حیوانی و کود نیتروژن نیز در مقایسه با شرایط عدم مصرف کود، افزایش سطح برگ تک بوته را در پی داشت (شکل ۱) و این اثر در غلظت‌های بالای دی‌اکسیدکربن بیشتر خود را نشان داد. از آنجا که نیتروژن از عناصر اصلی تشکیل دهنده کلروفیل و آنزیم‌های فتوسنتزی نظیر روبیسکو می‌باشد، به نظر می‌رسد افزایش غلظت دی‌اکسیدکربن در شرایطی که گیاه با محدودیت عناصر غذایی همچون نیتروژن روبرو نباشد، تاثیر بیشتری بر افزایش سطح برگ تک بوته داشته باشد، چراکه بر اساس قوانین و تئوری‌های موجود در این زمینه، همچون قانون وان لبیک، در صورتی گیاه می‌تواند از شرایط محیطی فراهم شده در اطراف خود بهترین بهره برداری را داشته باشد که تمامی این عوامل (نور، آب و عناصر غذایی) در محدوده مطلوب فراهمی خود وجود داشته باشند. از آنجا که سطح برگ گیاه یک عامل موثر در میزان جذب نور و افزایش تولید ماده خشک می‌باشد، لذا سطح برگ زیاد از طریق جذب بیشتر نور، فتوسنتز بیشتر را به همراه داشته و در نهایت باعث افزایش تولید می‌شود. کرونبرگ و همکاران (۱۷) نیز گزارش کردند که با افزایش غلظت دی‌اکسیدکربن از ۳۸۰ به ۷۵۰ پی‌پی‌ام سطح برگ گیاه *Guzmania hilda* افزایش یافت. نامبردگان اظهار داشتند که با ۲ برابر شدن غلظت این گازسطح برگ گیاه *Guzmania hilda*، ۳۴ درصد نسبت به تیمار شاهد (غلظت ۳۸۰پی‌پی‌ام) افزایش داشت. با افزایش غلظت دی‌اکسید کربن، وزن برگ در واحد سطح برگ افزایش می‌یابد که این امر توسط افزایش کربوهیدرات‌های غیرساختمانی قابل توضیح است. بررسی‌های انجام شده روی گندم نشان داده است که افزایش غلظت دی‌اکسید کربن موجب افزایش مقدار شاخص سطح برگ از زمان بسته شدن کانوپی تا شروع پیری کانوپی می‌شود (۳۸).

ازدیاد غلظت دی‌اکسیدکربن همچنین منجر به افزایش ارتفاع گیاه بادرنجبویه شد (جدول ۱)، که این افزایش ارتفاع در غلظت‌های بیشتر را نیز می‌توان به بهبود تولید ماده خشک و در نتیجه افزایش سهم مواد فتوسنتزی اختصاص یافته برای رشد ساقه‌های اصلی و فرعی گیاه نسبت داد. ارتفاع گیاه صفت موثری در توزیع سطح برگ تک بوته و به دنبال آن بهبود جذب نور می‌باشد. ردی و همکاران (۳۷) نیز افزایش ارتفاع گیاه پنبه را در غلظت ۷۰۰ پی‌پی‌ام دی‌اکسیدکربن گزارش کردند. از طرفی به نظر می‌رسد کود نیتروژن از طریق بهبود فرایندهای دخیل در تقسیم و طویل شدن سلول‌های سازنده ساقه منجر به افزایش ارتفاع بوته شد. این موضوع نیز به عدم محدودیت نیتروژن در شرایطی که به علت افزایش غلظت دی‌اکسیدکربن و در پی آن افزایش فعالیت‌های فتوسنتزی که خود منجر به افزایش تقاضا برای جذب آب و عناصر غذایی خواهد شد، مربوط می‌شود. در چنین شرایطی اگر عرضه و تقاضای آب و عناصر غذایی از حالت تعادل خارج شود، افزایش یک منبع برای مثال دی‌اکسیدکربن از کارایی کافی برخوردار نخواهد بود. افزایش وزن خشک ساقه گیاه برنج نیز در شرایط افزایش غلظت دی‌اکسیدکربن و نیتروژن مشاهده شده است (۲۹).

به نظر می‌رسد سرعت رشد نسبی بالاتر به ویژه در ابتدای فصل رشد، تسخیر سریع‌تر منابع و به دنبال آن غالبیت گونه‌های هدف در یک بوم نظام را در پی خواهد داشت. برنت سان و بازاز (۱۳) نیز گزارش کردند که افزایش غلظت دی‌اکسیدکربن باعث افزایش میزان و سرعت رشد گیاه، به ویژه دراندام‌های زیرزمینی شد. به نظر می‌رسد با توجه به عدم وجود عوامل محدود کننده برای رشد و نمو گیاه (به ویژه نیتروژن)، افزایش غلظت دی‌اکسیدکربن منجر به بهبود سرعت رشد نسبی تک بوته خواهد شد که این موضوع نیز منجر به تسریع در مراحل نموی و بسته شدن کنوپی می‌شود. لامبرز و همکاران (۳۱) گزارش نمودند که در شرایط افزایش غلظت دی‌اکسیدکربن، میزان مواد فتوسنتزی افزایش پیدا می‌کند و این پدیده از طریق بهبود جریان کربوهیدرات‌ها به سمت مخزن منجر به افزایش فرایندهای مخزن در گیاهان مختلف می‌شود. از طرفی وقتی گیاه در مجاور غلظت بیشتر دی‌اکسیدکربن قرار می‌گیرد، به ویژه زمانی که محدودیت آب و مواد غذایی وجود نداشته باشد، سریع‌تر رشد می‌کند.

میزان تجمع زیست توده برآیند سه عامل طول دوره رشد، شاخص سطح برگ و کارایی فتوسنتزی گیاهاست و افزایش غلظتدی‌اکسیدکربن اثرات مثبتی بر کارایی فتوسنتز و سطح برگ گیاه دارد (۳۸).

جدول ۲- اثر افزایش غلظت دی‌اکسید کربن و نوع کود و برهمکنش بین آن‌ها بر عملکرد ماده خشک بادرنجبویه (بر حسب گرم در بوته)

نوع کود	غلظت دی اکسید کربن (پی‌پی‌ام)			میانگین
	۳۸۰	۷۰۰	۱۰۵۰	
بدون کود	۳/۸ g	۵/۲ ef	۹/۵ c	۶/۲ a
مصرف کود آلی	۴/۱ fg	۶/۱ e	۱۱/۸ b	۷/۳ a
مصرف کود نیتروژن	۴/۹ a	۷/۷ b	۱۵/۹ c	۹/۵ b
میانگین	۴/۳	۶/۲	۱۲/۴	

مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن انجام شده و میانگین‌های با حروف مشترک در سطح ۵ درصد دارای اختلاف معنی‌داری نمی‌باشند.

جفری و همکاران (۲۸) نیز در آزمایشی دیگر نشان دادند افزایش غلظت دی‌اکسیدکربن منجر به افزایش عملکرد غدهٔ سیب‌زمینی و آغازش زود هنگام غده‌ها می‌شود. اثرات افزایش غلظت دی‌اکسیدکربن همچنین منجر به افزایش تعداد غده‌ها، بازار پسندی آن‌ها و در نهایت عملکرد سیب‌زمینی شده است (۱۶).

با توجه به نتایج حاصله از این بررسی به نظر می‌رسد در شرایط افزایش غلظت دی‌اکسیدکربن، تقاضای بیشتر عناصر غذایی به علت افزایش میزان و سرعت فتوسنتز گیاه بادرنجبویه منجر به جذب بیشتر مواد غذایی از خاک شد. به طور کلی نتایج آزمایشات مختلف نشان داد که محدویت نیتروژن خاک منجر به کاهش تولید خالص اولیه گردید و این مسئله باعث جلوگیری از رشد گیاهان در واکنش به افزایش غلظت دی‌اکسیدکربن شد (۳۰). از طرفی افزایش کارایی مصرف نیتروژن در واکنش به افزایش غلظت دی‌اکسیدکربن نیز گزارش شده است، به طوری که بازیابی و مصرف بیشتر عناصر غذایی در شرایط افزایش غلظت این گاز در پنبه و گندم دیده شده است (۳۰). اما در غلات افزایش کارایی مصرف نیتروژن در شرایط افزایش غلظت این گاز به دلیل کاهش غلظت نیتروژن، لزوماً منجر به افزایش عملکرد نیتروژن نمی‌شود. این امر ممکن است به علت سرعت رشد بیشتر در شرایط افزایش غلظت دی‌اکسیدکربن (اثر رقیق شوندگی) باشد (۲۱).

نتایج این بررسی همچنین نشان داد که عملکرد نهایی تک بوته گیاه بادرنجبویه نیز در معرض غلظت بالای دی‌اکسیدکربن افزایش یافت (جدول ۲). به نظر می‌رسد افزایش غلظت این گاز منجر به بهبود شرایط فتوسنتزی گیاه بادرنجبویه و افزایش ماده خشک تولیدی شده و در نهایت عملکرد نهایی افزایش یافت. تولید زیادتر برگ (شکل ۱) و ارتفاع بوته بیشتر (جدول ۱) از جمله ویژگی‌های موثر در بهبود عملکرد نهایی بادرنجبویه بودند. مطالعات مختلف نشان دادند که غنی‌سازی برخی گیاهان نظیر برنج و سویا با دی‌اکسیدکربن، منجر به افزایش رشد و عملکرد به دلیل افزایش میزان فتوسنتز آنها گردیده است (۱۷ و ۳۹). با افزایش غلظت دی‌اکسیدکربن، میزان بالاتر فتوسنتز خالص و به دنبال آن تجمع ماده خشک و افزایش رشد در گیاه مشاهده شد. افزایش فتوسنتز ناشی از افزایش غلظت دی‌اکسیدکربن به دلیل کاهش فعالیت‌های بازدارندگی اکسیژن بر فتوسنتز می‌باشد. کاهش میزان تنفس نیز در شرایط هوای غنی شده با دی‌اکسیدکربن نیز به خوبی مشاهده شده است (۱۵ و ۱۹).

عملکرد نهایی تک بوته بادرنجبویه همچنین در شرایط مصرف کود نیتروژن و کود حیوانی در مقایسه با عدم مصرف کود بیشتر بود و این اثر با افزایش غلظت دی‌اکسیدکربن افزایش یافت (جدول ۲). کیما و همکاران (۲۹) نیز در آزمایشی برهمکنش افزایش غلظت دی‌اکسیدکربن و نیتروژن را روی برنج بررسی کرده و گزارش کردند که اثر افزایش غلظت این گاز بر عملکرد و رشد اندام‌های هوای، در مجاور نیتروژن، افزایش یافت. نامبردگان علت این موضوع را بهبود وضعیت تغذیه‌ای گیاه و تقاضای بیشتر عناصر غذایی به علت افزایش غلظت دی‌اکسیدکربن، عنوان کردند. در آزمایشی دیگر مشخص گردید که در شرایط افزایش غلظت دی‌اکسیدکربن عملکرد گیاه ری‌گراس چندساله (*Lolium perenne* L.) با افزایش نیتروژن پس از ۳ سال ۸ به میزان ۳۰ درصد و در شبدر سفید ۱۱ تا ۲۰ درصد افزایش یافت (۲۴). در مطالعه دیگری دیپ و همکاران (۱۸) نتیجه گرفتند که در شرایط افزایش دی‌اکسیدکربن و کمبود نیتروژن طی یک دوره ۶ ساله، عملکرد گیاه لیلیوم تا ۱۰ درصد افزایش یافت، در صورتی که در شرایط افزایش نیتروژن، عملکرد ۲۵ درصد افزایش یافت. لذا به نظر می‌رسد در شرایط محدودیت عناصر غذایی، افزایش دی‌اکسیدکربن برای گیاهان مختلف از کارایی مطلوبی برخوردار نیست. نیبویت و همکاران (۳۴) نیز نشان دادند که وزن خشک گیاه Dactylis با افزایش غلظت دی‌اکسیدکربن در شرایط تأمین نیتروژن افزایش یافت.

نتیجه‌گیری

آنچه مسلم است گیاهان در پاسخ به افزایش غلظت دی‌اکسیدکربن واکنش‌های مختلفی از خود نشان خواهندداد، که این واکنش‌ها در رابطه با تغییر در عملکرد، ویژگی‌های رشد، تغییر در نسبت اندام هوایی به زیر زمینی و به عبارت دیگر نسبت تخصیص

مواد خواهد بود. همچنین افزایش رشد ناشی از افـزایش غلظـت دی-اکسیدکربن در شرایط تغییر اقلیم در آینده سبب افزایش نیاز بـه مـواد معدنی خاک شده و چنین به نظر می‌رسد که این امـر سـبب افـزایش نیاز کودی در بوم نظام‌های زراعـی و افـزایش رقابـت (بخصـوص در گیاهان سه کربنه) برای جذب این مواد خواهد شد. بنابراین مـی‌تـوان اینگونه اظهار نظر کرد که در شرایط تغییر اقلیم در آینـده در صـورتی که افزایش درجه حرارت ناشـی از افـزایش غلظـت دی‌اکسـیدکـربن (تشدید اثر گلخانه‌ای) مد نظر نباشد و هیچ گونـه محـدودیتی از نظـر آب و عناصـر غـذایی نیـز وجـود نداشـته باشـد، افـزایش غلظـت دی‌اکسیدکربن منجر به بهبود ویژگـی‌هـای رشـدی و عملکـرد گیـاه بادرنجبویه خواهد شد. در پایان پیشنهاد می‌شود برای اطمینان بیشـتر از پیش بینی اثرات تغییر اقلیم بر جنبه‌های مختلـف رشـد و عملکـرد گیاهان، در این گونه بررسی‌ها اثرات افزایش دمـا و تغییـر در الگـوی ریزش نزولات جوی نیز در نظر گرفته شود. هر چند در حال حاضر به علت نبود امکانات کافی، فضای انجام بررسی کامل اثرات تغییر اقلـیم بر رشد و عملکرد گیاهان وجود ندارد، اما امید اسـت کـه در آینـده‌ای نزدیک وجود ابزارهای دقیق و کافی امکان انجام این گونه بررسی‌هـا را فراهم سازد.

منابع

۱- امید بیگی، ر. ۱۳۸۷. تولید و فرآوری گیاهان دارویی. جلد سوم، انتشارات آستان قدس رضوی. ۳۹۷ صفحه.

۲- اندرزیان، ب.، ع. بخشنده.، م. بنایان و ی. امام. ۱۳۸۷. ارزیابی مدل شبیه‌سازی CERES-Wheat در شرایط اهـواز. مجلـهٔ پژوهشـهای زراعـی ایران، ۶(۱): ۱۱-۲۲.

۳- سلطانی، ا و م. قلی‌پور. ۱۳۸۵. شبیه‌ساری اثر تغییر اقلیم بر رشد، عملکرد و مصرف آب نخود. مجلهٔ علوم کشاورزی و منابع طبیعی، ۱۳(۲):۶۹-۷۹.

۴- شاهوردی، ا. ۱۳۸۴. گیاهان دارویی منطقه زاگرس شرقی ایران (خوانسار). انتشارات فارابی. ۱۲۰ صفه.

۵- شور، م.، م. گلدانی و ف. مندنی. ۱۳۸۸. اثر افزایش غلظت دی اکسید کربن بر صـفات مورفوفیزیولـوژیکی گـل جعفـری (*Tagetsspp*)، ابـری (*Ageratum spp*) و رعنا زیبا (*Gaillardia spp*) در شرایط گلخانه. مجلهٔ بوم شناسی کشاورزی، ۱(۲): ۱۰۱- ۱۰۸.

۶- کوچکی، ع.، م. نصیری محلاتی، ف. مندنی.، ح. فیضی و ش. امیر مرادی. ۱۳۸۸. ارزیابی جذب و کـارایی مصـرف نـور توسـط کـانوپی کشـت مخلوط ذرت و لوبیا. مجلهٔ بوم شناسی کشاورزی، ۱(۱): ۱۳ تا ۲۴.

۷- کوچکی، ع.، م. نصیری محلاتی و ف. نجفی. ۱۳۸۳. تنوع زیستی و گیاهان دارویی و معطر در بوم نظامهای زراعی ایران. مجله پـژوهش هـای زراعی ایران، ۲(۲): ۲۰۸-۲۱۴.

۸- کوچکی، ع.، م. نصیری محلاتی.، ح. ر. شریفی.، ا. زند و غ. کمالی. ۱۳۸۰. شبیه‌سازی رشد، فنولوژی و تولید ارقام گندم در اثـر تغییـر اقلـیم در شرایط مشهد. بیابان، ۶(۲): ۱۱۷-۱۲۷.

۹- کوچکی، ع و غ.سرمدنیا. ۱۳۷۷. فیزیولوژی گیاهان زراعی. انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد.۴۰۰ صفحه.

10- Allaverdiyev A., N. Duran., M. Ozguven and S. Koltas. 2004. Antiviral activity of the volatile oils of *Melissa officinalis* L. against Herpes simplex virus type-2. Phytomedicine, 11: 657-61.

11- Allen, L.H. 1990. Plant responses to rising carbon dioxide and potential interactions with air pollutants. J. Environ Quality, 19: 15-34.

12- Awad, R., A. Muhammad., T. Durst., V.L. Trudeau and J.T. Arnason. 2009. Bioassay-guided fractionation of lemon balm (*Melissa officinalis* L.) using an in vitro measure of GABA transaminase activity. Phytother Res. 23: 1075-1081.

13- Berntson, G.M and F.A. Bazzaz. 1996. Belowground positive and negative feedbacks on CO_2 growth enhancement. Plant & Soil, 187: 119-131.

14- Cheng, W., H. Sakai, K.Yagi andT. Hasegawa. 2009. Interactions of elevated CO_2 and night temperature on rice growth and yield. Agri. ForestMeteorol, 149: 51-58.

15- Chunyan, W., Li. Maosong,S. Jiqing, C. Yonggang, W. Xiufen and W. Yongfeng. 2008. Differences in stomatal and photosynthetic characteristics of five diploid wheat species. Acta. Eco. Sin. 28: 3277-3283.

16- Craigon, J., A. Fangmeier, M. Jones, A. Donnelly, M. Bindi, L. De Temmerman, K. Persson and K. Ojanpera. 2002. Growth and marketable-yield responses of potato to increased CO_2 and ozone. Europ. J. Agronomy, 17: 273-289.

17- Croonenborghs, S., J. Ceusters, E. Londers and M.P. De Proft. 2009. Effects of elevated CO_2 on growth and morphological characteristics of ornamental bromeliads. Sci.Horti, 121: 192-198.

18- Daepp, M., D. Suter, J.P.F. Ameida, H. Isopp, U.A. Hartwig, M. Frehner, H. Blum, J. Nosberger and A. Luscher. 2000. Yield response of *Loliumperenne* swards to free air CO_2enrichment increased over six years in a high N input system on fertile soil. Global Change &Biol, 6: 805-816.

19- Das, R. 2003. Characterization of response of Brassica cultivars to elevated carbon dioxide under moisture stresses. Ph.D. Thesis, Indian Agricultural Research Institute, New Delhi.
20- Dastmalchi K., H.J.D. Dorman., P.P. Oinonen., Y. Darwis., I. Laakso and R. Hiltunen. 2008. Chemical composition and in vitro antioxidative activity of a lemon balm (*Melissa officinalis* L.) extract. LWT-Food SciTechnol, 41: 391-400.
21- Fuhrer, J. 2003. Agroecosystem responses to combinations of elevated CO_2, ozone and global climate change. Agri. Ecosys& Environ, 97:1-20.
22- Guginski, G., A.P. Luiz., M.D. Silva., M. Massaro., D.F. Martins., J. Chaves., R.W. Mattos., D. Silveira., V.M.M. Ferreira., J.B. Calixto and A.R.S. Santos. 2009. Mechanisms involved in the antinociception caused by ethanolic extract obtained from the leaves of *Melissa officinalis*(lemon balm) in mice. Pharmaco. Biochem& Behavior, 93, 10-16.
23- Goudriann, J. 1995. Global carbon cycle and carbon sequestration. In: Beran, M. A. (ed.) Carbon sequestration in the biosphere. Springer, 3-18.
24- Hebeisen, T., A. Luscher., S. Zanetti., B.U. Fischer., U.A. Harwig., M. Frehner., G.R. Hendrey., H. Blum and J. Nosberger. 1997. The different response of *Trifoliumrepens* L. and *Loliumperenne* L. grassland to free air CO_2 enrichment and management. Global Change Biol, 3: 149-160.
25- Hogy, P and A. Fangmeier. 2009. Atmospheric CO_2 enrichment affects potatoes: 1. Aboveground biomass production and tuber yield. Europ. J. Agronomy, 30: 78-84.
26- Ibarra. A., N. Feuillere., M. Roller., E. Lesburgere and D. Beracochea. 2010. Effects of chronic administration of *Melissa officinalis* L. extraction anxiety-like reactivity and on circadian and exploratory activities in mice. Phytomedicine, 17: 397-403.
27- IPCC. 2007. Climate change 2007: The physical science basis. Summary for policymakers. Paris: WMO/UNEP.
28- Jeffery, S., C. Verlan and L. Cochran. 2006. Response of potato (*Solanumtuberosum* L.) to elevated atmospheric CO_2 in the North American Subarctic. Agric..Ecosys. Environ. 112: 49-57.
29- Kima, H.Y., M. Lieffering., K. Kobayashic., M. Okadad., M.W. Mitchelle and M. Gumpertze. 2003. Effects of free-air CO_2 enrichment and nitrogen supply on the yield of temperate paddy rice crops. Field Crops Res, 83: 261-270.
30- Kimball, B.A., K. Kobayashi and M. Bindi. 2002. Responses of agricultural crops to free- air CO_2 enrichment. Advanced in Agron, 77: 293-368.
31- Lambers, H., I. Stulen and A. Werf. 1996. Carbon use in root respiration as affected by elevated atmospheric CO_2. Plant and Soil, 187: 251-263.
32- Leakey, A.D.B., C.J. Bernacchi, F.G. Dohleman, D.R. Ort and S.P. Long. 2004. Will photosynthesis of maize (*Zea mays*) in the US Corn Belt increase in future [CO_2] rich atmospheres? An analysis of diurnal courses of CO_2 uptake under free-air concentration enrichment (FACE). Global Change Biol, 10: 951-962.
33- Nassiri, M., A. Koocheki., G.A. Kamali and H. Shahandeh. 2006. Potential impact of climate change on rain fed wheat production in Iran. Archives of Agronomy & Soil Sci, 52: 113-124.
34- Niboyet, A., L. Barthes, B.A. Hungate, X. Le Roux, J.M.G. Bloor, A. Ambroise, S. Fontaine, P.M. Price and P.W. Leadley. 2010. Responses of soil nitrogen cycling to the interactive effects of elevated CO_2 and inorganic N supply. Plant & Soil, 327: 35-47.
35- Polley, H. W. 2002. Implications of atmospheric and climate change for crop yield. Crop Sci, 42: 131-140.
36- Porter, J.R, and M.A. Semenov.2005. Crop responses to climatic variation. Phil. Trans. R. Soc. B, 360, 2021-2035.
37- Reddy, K.R., R.R. Robana., H. F. Hodges., X.J. Liu and J.M. McKinion.1998.Interactions of CO2 enrichment and temperature on cotton growth and leaf characteristics. Environ & Experi Bot, 39: 117-129.
38- Schahczenski, J and H. Hill. 2009. Agriculture, Climate Change and Carbon Sequestration. Available at: www.attra.ncat.org
39- Van Labeke, M.C and P. Dambre. 1998. Effect of supplementary lighting and CO_2 enrichment on yield and flower stem quality of Alstroemeria cultivars. Sci.Horti, 74: 269-278.