دانشگاه آزاد اسلامی واحد ارسنجان

مجله اکوفیزیولوژی گیاهی
سال پنجم، شماره چهاردهم، ۱۳۹۲

اثر افزایش غلظت دی اکسید کربن در شرایط وجود خشکی بر توانایی رقابتی علف های هرز با ذرت

حمید رضا میری[۱]

تاریخ دریافت: ۹۲/۲/۱۱ تاریخ پذیرش: ۹۲/۷/۲٤

چکیده

به منظور بررسی اثرات افزایش غلظت CO_2 به همراه تغییر میزان رطوبت خاک بر رشد و توانایی رقابتی ذرت در برابر گیاهان زراعی و علف های هرز سه کربنه و چهارکربنه، آزمایش گلخانه ای در دانشگاه آزاد اسلامی واحد ارسنجان در سال ۱۳۹۱ انجام شد. آزمایش شامل بررسی اثر دو تیمار غلظت معمولی (٤۰۰ ppm) و افزایش یافته (۸۰۰ ppm) CO_2 و دو تیمار آبیاری معمولی و تنش خشکی بر گیاهان ذرت، گندم، آفتابگردان، ارزن و علف های هرز تاج خروس، سلمه تره، قیاق و یولاف وحشی بصورت کشت تکی و کشت مخلوط با ذرت بود. صفات سطح برگ، وزن خشک ساقه، برگ، ریشه و شاخص توانایی رقابتی (PRY) برای هر گیاه اندازه گیری شد. نتایج نشان داد که با افزایش غلظت CO_2 رشد اندام های هوایی، سطح برگ و ریشه در گیاهان گندم، آفتابگردان، سلمه تره و یولاف وحشی افزایش یافت، در حالیکه در ذرت، ارزن، تاج خروس و قیاق تغییر معنی داری نشان نداد. تنش خشکی وزن خشک، گندم، آفتابگردان، ذرت و ارزن را به ترتیب ۲۵/۲، ۳۰/۳، ۳۰ و ۳۲ درصد کاهش داد، اما در شرایط CO_2 بالا این مقادیر به ترتیب ۰، ۱۰/۳، ۰ و ۱۹/۷ درصد بود. در واقع در شرایط افزایش CO_2 اثرات تنش خشکی بر گیاهان سه کربنه و چهارکربنه کاهش یافته و بخشی از اثرات تنش خشکی با افزایش CO_2 از بین رفت. همچنین نتایج نشان داد که با افزایش CO_2 توانایی رقابتی علف های هرز سه کربنه در برابر ذرت افزایش می یابد. این امر سبب تغییر برهمکنش رقابتی گیاهان سه کربنه و چهارکربنه با علف های هرز در شرایط تنش خشکی و افزایش CO_2 تغییر می-شود. بطوریکه رقابت علف های هرز سه کربنه در برابر گیاهان زراعی چهارکربنه افزایش یافته و خسارت ناشی از این گیاهان بیشتر شود.

کلمات کلیدی: تغییر اقلیم، رقابت، مسیر فتوسنتزی، سه کربنه، چهار کربنه

۱- استادیار دانشگاه آزاد اسلامی واحد ارسنجان. پست الکترونیک: hmiri2000@yahoo.com

مقدمه

آب و هوا مهمترین دلیل تغییرات سالانه عملکرد و تولید گیاهان زراعی است. این تغییرات حتی در محیط‌های با عملکرد بالا و تکنولوژی مدرن نیز مشاهده می شود. مقدار و الگوی فصلی تابش خورشیدی، درجه حرارت و بارندگی تعیین کننده‌های اصلی رشد گیاهان از طریق تعدادی از مکانیسم‌های مستقیم و غیر مستقیم هستند. دیگر فاکتورهای اقلیمی مانند، سرعت باد و فراوانی وقوع طوفان، نیز تأثیر قابل توجهی بر رشد گیاهان دارند. در سال های اخیر توجه زیادی به این اثرات تغییر اقلیم بر رشد و تولید گیاهان معطوف شده است و منابع زیادی در این زمینه به بررسی اثرات تغییر اقلیم فعلی بر اکوسیستم‌ها پرداخته اند (والتر و همکاران، ۲۰۰۲).

یکی از اثرات تغییرات اقلیمی افزایش غلظت گازهای گلخانه ای است. تغییرات غلظت گازهای اصلی جذب کننده تابش اتمسفری (CO_2، CH_4، N_2O و هالوکربن های مختلف) بوسیله بشر باعث ایجاد یک فشار تابشی بر سیستم اقلیمی شده است. این گازها در درجه اول در اثر فعالیت های صنعتی، حمل و نقل و فعالیت های خانگی و به میزان کمتر از فعالیت های کشاورزی و تغییر استفاده از زمین، آزاد می شوند (IPCC, 2001). اندازه گیری های مستقیم و غیر مستقیم CO_2، CH_4 و N_2O در اتمسفر در طی ۱۰۰۰ سال گذشته افزایش قابل توجه و بی سابقه این گازها را در زمان حاضر نشان می دهد. اندازه گیری‌ها نشان می‌دهد که غلظت CO_2 اتمسفر از دهه ۱۹۵۰ تا کنون از حدود ۳۱۱ به ۳۸۰ppm افزایش یافته است (با نرخ ۰/۵ ppm در سال در حال افزایش است (هوتون و همکاران، ۲۰۰۱)) و انتظار می‌رود تا اواخر قرن بیست و یکم به ۶۰۰-۱۰۰۰ppm برسد (هوتون و همکاران، ۲۰۰۱).

مقادیر بالاتر دی اکسید کربن مستقیما بر فیزیولوژی، روابط آبی، رشد و نمو گیاهان تأثیر می-گذارد (اینسورد و لانگ، ۲۰۰۵؛ لانگ و همکاران، ۲۰۰۴) چراکه درجه حرارت افزایش یافته و در نتیجه تأمین و مصرف آب برای گیاه تغییر خواهد کرد. چنین تغییرات اقلیمی می‌تواند منجر به تغییر نوع و ترکیب پوشش گیاهی و میزان تولید در سیستم های طبیعی و کشاورزی در سطح جهان گردد (نیلسون و مارک، ۱۹۹۴). خشکی مهمترین فاکتور محیطی محدود کننده رشد و تولید گیاهان در سطح جهان است. در بیشتر نواحی گرمسیری و استوایی جهان عملکرد گیاهان زراعی بیشتر با میزان آب دریافت شده و ذخیره شده در خاک محدود می شود تا درجه حرارت هوا.

آزمایشات متعددی به بررسی واکنش گیاهان با مسیر فتوسنتز C_3 و C_4 به تغییرات غلظت دی اکسید کربن اتمسفری در گذشته (پولی و همکاران، ۱۹۹۴؛ تیشو و همکاران، ۱۹۹۸؛ سیج، ۲۰۰۲) و آینده (کولمن و بزاز، ۱۹۹۲؛ دیپری و همکاران، ۱۹۹۵) پرداخته‌اند. پاسخ متفاوت گیاهان C_3 (که کربن اتمسفری را ابتدا بصورت ترکیبات آلی سه کربنه تثبیت می کنند- مانند جو و یولاف وحشی) و C_4 (که کربن اتمسفری را بصورت ترکیب چهار کربنه تثبیت می کنند- مانند ذرت و تاج خروس) به افزایش غلظت CO_2 و درجه حرارت می تواند باعث تغییر پراکنش، رشد، تولید و برهمکنش رقابتی[1] آنها گردد. یکی از مهمترین این برهمکنش های رقابتی در شرایط زراعی بین گیاهان زراعی و علف های هرز اتفاق می-افتد و مطالعات زیادی به بررسی اثر افزایش CO_2 بر گیاهان زراعی و علف های هرز پرداخته اند. زیسکا (۲۰۰۱) مشاهده کرد که با افزایش غلظت CO_2

1- Competition interaction

توانایی رقابتی سورگوم کاهش یافت در حالیکه در علف هرز سلمه تره افزایش یافت. همچنین زیسکا (۲۰۰۰) نشان داد که در شرایط افزایش CO_2 کاهش عملکرد سویا در برابر علف هرز سلمه تره از ۲۸ به ۳۹ درصد افزایش یافت. همچنین در سلمه تره با افزایش CO_2 وزن خشک ٦٥٪ افزایش یافت.

برهمکنش اثرات CO_2 و خشکی ممکن است رشد و عملکرد گیاهان سه کربنه و چهارکربنه را تغییر دهد. در غلظت فعلی CO_2، گونه های چهارکربنه (بویژه تک لپه‌ای ها) بدلیل سرعت جذب CO_2 بالاترو مقاومت روزنه‌ای بیشتر در برابر از دست دادن آب، بطور معمول آب کمتری در مقایسه با گونه‌های سه کربنه نیاز دارند (ونت وورد، ۱۹۸۳؛ الرینگر و همکاران، ۱۹۹۷). تحت شرایط افزایش CO_2 و خشکی ممکن است گونه‌های سه کربنه بدلیل افزایش سرعت جذب CO_2 و هدایت روزنه ای بالاتر که خروج آب را کاهش می‌دهد، ممکن است رقابت کننده‌تر از چهارکربنه ها باشند (هاتنشویلر و همکاران، ۱۹۹۷). وارد و همکاران (۱۹۹۹) نشان دادند که در شرایط افزایش CO_2 و وقوع خشکی گیاهان چهار کربنه برتری مشخصی نسبت به گیاهان سه کربنه دارند.

با توجه به اهمیت علف های هرز در سیستم های زراعی و وجود گونه های متعدد سه کربنه و چهار کربنه از علف های هرز، بررسی واکنش گونه‌های سه کربنه و چهارکربنه زراعی و نیز علف های هرز به افزایش غلظت CO_2 و خشکی به منظور آگاهی از وضعیت رشد و توانایی رقابتی گونه های مختلف ضروری به نظر می رسد. به این منظور آزمایش حاضر طراحی و اجرا شده است.

جدول۱- تراکم در نظر گرفته شده برا ی گونه های گیاهی در آزمایش

گونه گیاهی	تراکم (بوته در مترمربع)	تراکم در گلدان
گندم	۲۰۰	۲۰
ذرت	۱۰	۲
آفتابگردان	۱۰	۲
ارزن	۵۵	۷
تاج خروس	۲۰	۳
سلمه تره	۳۰	٤
یولاف وحشی	۱۵۰	۱۹
قیاق	۱۰	۲

مواد و روش ها

این آزمایش در سال ۱۳۹۱ در گلخانه تحقیقاتی دانشگاه آزاد اسلامی واحد ارسنجان واقع در شهرستان ارسنجان در استان فارس با ارتفاع ١٦٩٠ متر از سطح دریا و طول جغرافیایی ۵۳ درجه و ۱۹ دقیقه و عرض جغرافیایی ۲۹ درجه و ۵۵ دقیقه در ۱۲۰ کیلومتری شمال شرق شیراز صورت گرفت. بافت خاک مزرعه از نوع بافت شنی رسی با یک درصد ماده آلی، ۷/۹ = pH بود و قابلیت هدایت هیدرولیکی (EC) ۰/۵۹ میلی موس بر سانتی متر بود.

آزمایش در شرایط گلخانه و کشت گیاهان در گلدان های ۱۵ کیلوگرمی انجام شد. هر گلدان با خاک با شرایط بالا پر شد و بذر گیاهان زراعی در درون گلدان با تراکم مناسب برای هر گیاه کشت شد.

این تراکم و تعداد بذر در هر گلدان برای گیاهان مختلف در جدول ۱ نشان داده شده است. لازم به ذکر است در کشت های مخلوط تراکم هر گونه گیاهی ۵۰ درصد تراکم ذکر شده در جدول و با نسبت ۵۰:۵۰ در نظر گرفته شد. در طول دوره رشد علاوه بر کنترل غلظت CO_2 درون گلخانه، دمای هوا نیز با استفاده از دستگاه خنک کننده، ثابت نگه داشته شد.

طرح آزمایشی- آزمایش بصورت فاکتوریل با طرح پایه کاملاً تصادفی با سه تکرار با دو فاکتور غلظت CO_2 و تیمار آبیاری بود. غلظت CO_2 شامل ۳۸۰ و $\mu mol\ mol^{-1}$ ۷۰۰ و تیمارهای آبیاری شامل آبیاری معمول (شاهد) بر اساس نیاز گیاه و تیمار تنش (آبیاری معادل ۵۰ درصد آبیاری شاهد) در نظر گرفته شد. گونه های گیاهی مورد استفاده در آزمایش شامل گیاهان زراعی گندم (سه کربنه کشیده برگ)، ذرت و ارزن (چهارکربنه کشیده برگ)، آفتابگردان (سه کربنه پهن برگ) و علف های هرز تاج خروس (چهارکربنه پهن برگ) سلمه تره (سه کربنه پهن برگ)، قیاق (چهار کربنه کشیده برگ) و یولاف وحشی (سه کربنه کشیده برگ) بودند. ترکیب گونه های گیاهی بصورت زیر بود:

۱) کشت خالص ذرت، ۲) مخلوط ذرت- گندم، ۳) مخلوط ذرت- ارزن، ٤) مخلوط ذرت- آفتابگردان، ۵) مخلوط ذرت- تاج خروس، ٦) مخلوط ذرت- سلمه تره، ۷) مخلوط ذرت- قیاق، که هر یک از این کشت‌ها در شرایط غلظت طبیعی و افزایش یافته و در شرایط معمول و خشکی کشت شدند. غلظت افزایش یافته CO_2 بوسیله تزریق گاز CO_2 با استفاده از سیلندر گاز CO_2 ایجاد شد. برای آگاهی از غلظت CO_2 موجود در شرایط گلخانه و ثابت نگه داشتن آن در حدود $\mu mol\ mol^{-1}$ ۷۰۰، بطور مداوم غلظت توسط دستگاه اندازه گیری CO_2[1] (مدل AZ77535- ساخت کشور تایلند) ثبت و تغییرات کنترل شد.

سایر عملیات کاشت و داشت از جمله تغذیه بطور معمول و بر اساس نیاز گیاه برای کلیه تیمارها بصورت یکنواخت اعمال شد. پس از رشد گیاه و رسیدن به مرحله گلدهی، ابتدا سطح برگ بوته‌ها توسط دستگاه اندازه گیری سطح برگ (مدل Δt ساخت کشور انگلستان) اندازه گیری شد، سپس گلدان ها تخلیه و گیاهان بطور کامل از گلدان خارج شد و برای هر گیاه صفات وزن خشک برگ، وزن خشک ساقه، وزن خشک اندام های هوایی و وزن خشک ریشه، اندازه گیری شد. برای اندازه گیری وزن خشک اندام های هوایی، پس از تفکیک شدن در آون در دمای ۷۰ درجه سانتیگراد خشک شدند. برای اندازه گیری وزن خشک ریشه در زمان برداشت (انتهای دوره رشد رویشی) گلدان‌ها برش داده شد و ریشه پس از شستشو بوسیله آب در آون در دمای ٦۰ درجه سانتیگراد (برای ارزن و گندم دمای ۵۰ درجه) خشک شده و وزن آنها اندازه گیری شد. نسبت ریشه به اندام‌های هوایی (R/S) بصورت نسبت وزن خشک ریشه به اندام‌های هوایی (ساقه+برگ) محاسبه شد. توانایی رقابتی گیاه با استفاده از شاخص عملکرد نسبی گیاه[2] (PRY) بر مبنای وزن خشک اندام‌های هوایی گیاه با استفاده از فرمول زیر محاسبه شد.

PRY=وزن خشک در کشت خالص/وزن خشک گونه در کشت مخلوط

در پایان داده های بدست آمده در آزمایش با استفاده از نرم افزار Genstat 11 و بر اساس طرح آزمایشی فاکتوریل بر پایه طرح کاملاً تصادفی تجزیه

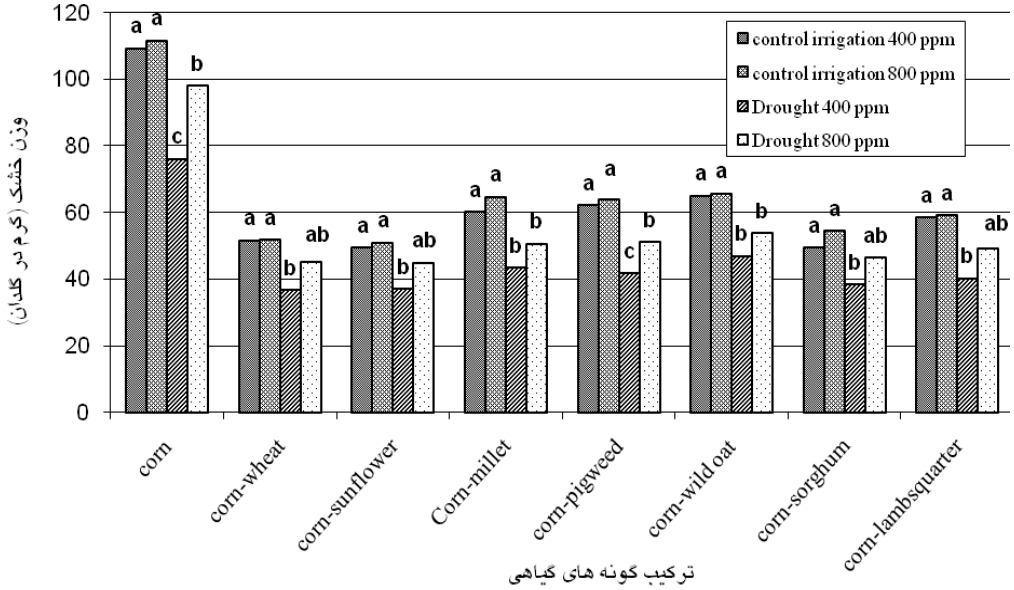
1- CO_2 Analyzer
2- Plant Relative Yield

شد و برای مقایسه میانگین‌ها از آزمون LSD استفاده شد.

نتایج و بحث

وزن خشک کل

افزایش غلظت CO_2 تأثیر معنی داری بر وزن خشک ذرت در شرایط کشت تکی نداشت و تنها ۲ درصد افزایش مشاهده شد (شکل ۱). تنش خشکی باعث کاهش معنی داری وزن خشک در شرایط طبیعی غلظت CO_2 شد، بطوریکه در این شرایط وزن خشک ذرت ۳۰/۳٪ کاهش یافت، در عین حال غلظت بالای CO_2 باعث کاهش اثرات نامطلوب تنش خشکی بر ذرت شد، بطوریکه در شرایط افزایش غلظت CO_2 وزن خشک ذرت در اثر تنش خشکی تنها ۱۲/۲ درصد کاهش یافت.



شکل ۱- وزن خشک کل ذرت در حالت کشت تکی و در ترکیب گونه های مختلف در شرایط آبیاری و خشکی و تغییر غلظت CO_2

درحالت کشت مخلوط با افزایش غلظت CO_2 هیچ گونه افزایش معنی داری در وزن خشک ذرت در مجاورت گندم، آفتابگردان، ارزن، تاج خروس، یولاف وحشی، سورگوم و سلمه تره مشاهده نشد (شکل ۱). در واقع بیشترین افزایش وزن خشک ذرت با افزایش غلظت CO_2 در کشت مخلوط در مجاورت سورگوم (۱۰/۳ درصد) و کمترین افزایش (۰/۰٤ درصد) در مجاورت گندم مشاهد شد که هیچ یک از این تغییرات معنی دار نبود. این امر نشان می دهد که تمایل به افزایش وزن خشک با افزایش غلظت CO_2 در ذرت در مجاورت گیاهان چهار کربنه بیش از گیاهان سه کربنه است، که حاکی از افزایش توانایی رقابتی گیاهان سه کربنه در مقابل گیاهان چهارکربنه با افزایش غلظت CO_2 است.

در شرایط تنش خشکی وزن خشک ذرت در مجاورت تمام گونه ها کاهش یافت. میزان این کاهش برای گونه‌های مختلف متفاوت بود، بطوریکه بیشترین کاهش وزن خشک ذرت در مجاورت یولاف و تاج خروس (به ترتیب ۱۸ و ۱۷/۲ درصد) و کمترین کاهش در مجاورت سورگوم (۳/٦ درصد) مشاهده شد (شکل ۱). همچنین در شرایط افزایش غلظت CO_2 میزان کاهش وزن خشک در اثر تنش خشکی کمتر از حالت طبیعی غلظت CO_2 بود، که این امر نشان می‌دهد با افزایش غلظت CO_2 اثرات نامطلوب تنش خشکی در ذرت کاهش می یابد.

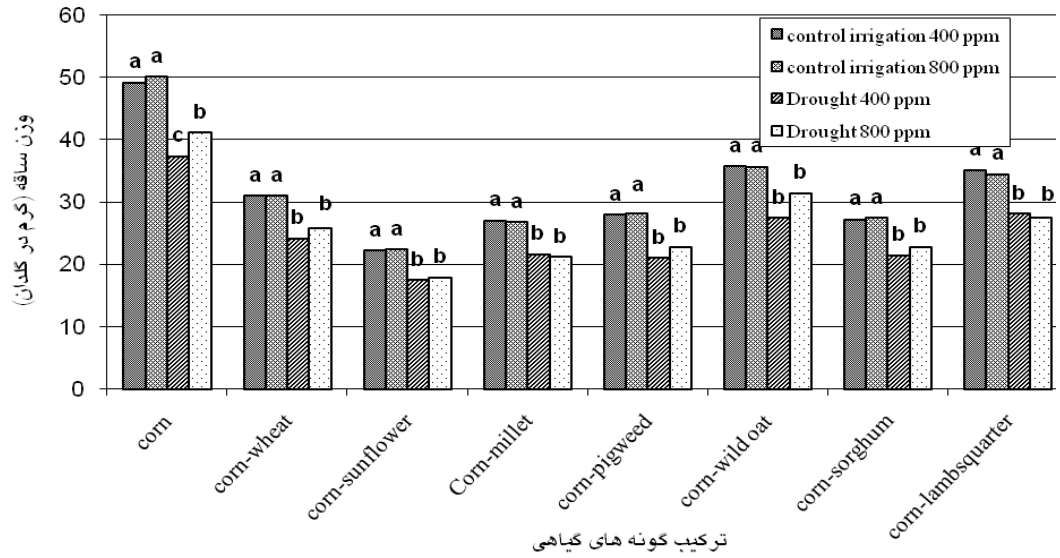
وزن خشک ساقه

افزایش غلظت CO_2 در شرایط طبیعی تأثیر معنی داری بر وزن خشک ساقه ذرت نداشت (شکل ۲)، اگر چه در برخی حالت ها تغییرات جزیی در وزن ساقه مشاهده شد. برای مثال در حالت کشت خالص با افزایش CO_2 وزن ساقه ۲ درصد افزایش یافت. همچنین در حالت کشت مخلوط در مجاورت قیاق و ارزن وزن ساقه به ترتیب ۲ و ۱ درصد کاهش یافت. تنش خشکی باعث کاهش معنی دار وزن خشک ساقه شد. در حالت کشت خالص تنش خشکی باعث کاهش وزن ساقه از ٤۹/۲ به ۳۷/٤ گرم در گلدان شد (۲٤٪ کاهش). در حالت کشت مخلوط وزن ساقه در اثر تنش خشکی بین ۲۰ تا ۲۵ درصد کاهش یافت. بیشترین کاهش مربوط به کشت مخلوط با تاج خروس و کمترین کاهش مربوط به کشت مخلوط قیاق و ارزن بود. در شرایط تنش خشکی با افزایش غلظت CO_2 وزن خشک ساقه ذرت در کشت مخلوط تا حدودی افزایش یافت اما این افزایش معنی دار نبود (شکل ۲). تنها در حالت کشت خالص افزایش وزن ساقه در شرایط وجود خشکی و CO_2 بالا معنی دار بود. بطوریکه در این حالت تنش خشکی باعث ۱٦/٤ درصد کاهش وزن ساقه شد (در مقایسه با ۲٤ درصد در حالت CO_2 معمولی).

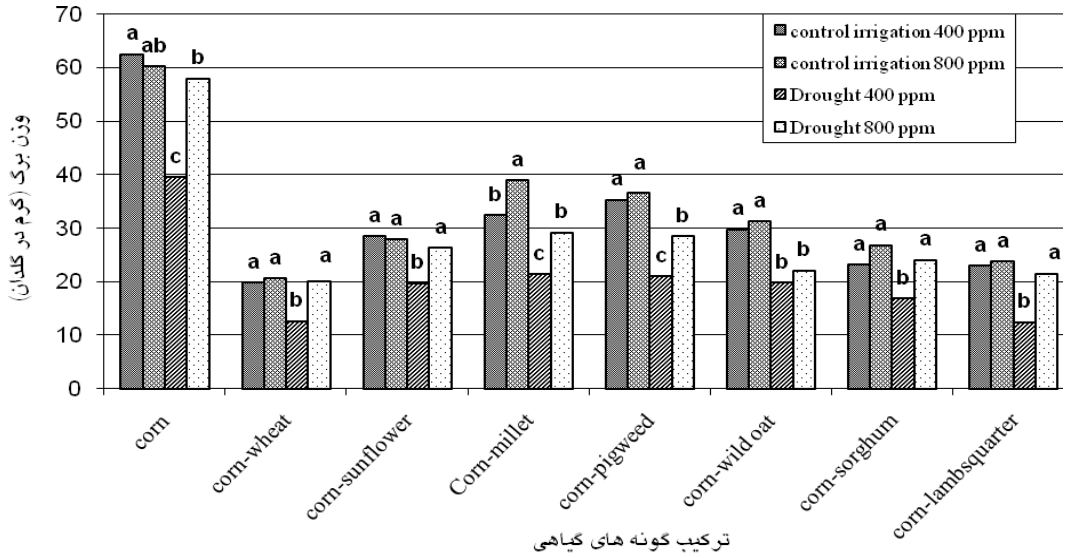
وزن خشک برگ

اثر افزایش غلظت CO_2 و تنش خشکی بر وزن خشک برگ در شکل ۳ نشان داده شده است. با افزایش غلظت CO_2 وزن برگ ذرت تغییر معنی داری نشان نداد، تنها در رقابت با ارزن و قیاق وزن برگ ذرت بطور معنی داری افزایش نشان داد. در حالت کشت خالص ذرت با افزایش CO_2 وزن خشک برگ ۳/۷ درصد کاهش یافت. در مجاورت گیاهان چهار کربنه مانند ارزن، قیاق و تاج خروس، افزایش وزن برگ ذرت مشاهده شد. بطوریکه در مجاورت ارزن و قیاق به ترتیب ۲۰/۲ و ۱۵/۸ درصد افزایش روی داد. در حالیکه در مجاورت گیاهان سه کربنه تغییر معنی داری در ورن خشک برگ ذرت مشاهده نشد.

اثر تنش خشکی بر وزن خشک برگ معنی دار بود (شکل ۳). تنش خشکی باعث کاهش قابل توجه وزن برگ ذرت شد. این کاهش در حالت کشت خالص ۳٦/۸ درصد بود. در حالت کشت مخلوط نیز بیشرین کاهش وزن برگ در مجاورت سلمه تره (٤۵/۷٪ کاهش) و تاج خروس (٤۰/۵٪ کاهش) مشاهده شد. کمترین کاهش وزن خشک نیز در مجاورت قیاق و آفتابگردان مشاهده شد. به نظر می رسد که رابطه مشخصی بین کاهش وزن برگ ذرت در اثر تنش خشکی و نوع گیاه رقابت کننده از نظر مسیر فتوسنتزی وجود ندارد. ممکن است در این شرایط توانایی رقابتی گیاه مجاور از نظر بهره برداری از آب محدود خاک بر میزان کاهش وزن برگ ذرت تأثیر گذار باشد.



شکل ۲- وزن خشک ساقه ذرت در حالت کشت تکی و در ترکیب گونه های مختلف در شرایط آبیاری و خشکی و تغییر غلظت CO_2



شکل ۳- وزن خشک برگ ذرت در حالت کشت تکی و در ترکیب گونه های مختلف در شرایط آبیاری و خشکی و تغییر غلظت CO_2

افزایش CO_2 در شرایط تنش خشکی باعث افزایش معنی دار وزن برگ ذرت شد (شکل ۳). در واقع در شرایط افزایش CO_2 تأثیر کاهشی تنش خشکی بر وزن خشک برگ ذرت کمتر از حالت طبیعی CO_2 بود. برای مثال در برخی از حالت های کشت (در مجاورت گندم و قیاق) وزن برگ ذرت در

شرایط CO_2 بالا و وجود تنش خشکی برابر حالت بدون تنش و CO_2 طبیعی بود. علاوه براین در مجاورت سلمه تره و آفتابگردان نیز با وجود CO_2 بالا تنش خشکی تأثیر معنی داری بر وزن برگ ذرت نداشت. این امر حاکی از آن است که در شرایط CO_2 بالا اثرات نامطلوب تنش خشکی بر برگ ذرت تقلیل می یابد.

نتایج مربوط به تغییرات وزن برگ ذرت نشان می‌دهد که در مقایسه با وزن ساقه و وزن کل گیاه، ورن برگ حساسیت بیشتری در مقابل تغییرات CO_2 و خشکی دارد. برای مثال تنش خشکی باعث ۳٦/۸ درصد کاهش وزن برگ ذرت در حالت کشت خالص شد، در حالیکه این میزان کاهش برای وزن ساقه ۲٤ درصد بود. همچنین با افزایش CO_2 وزن برگ ذرت در مقایسه با وزن ساقه واکنش بیشتری نشان داد (مقایسه شکل ۲ با ۳).

وزن خشک ریشه

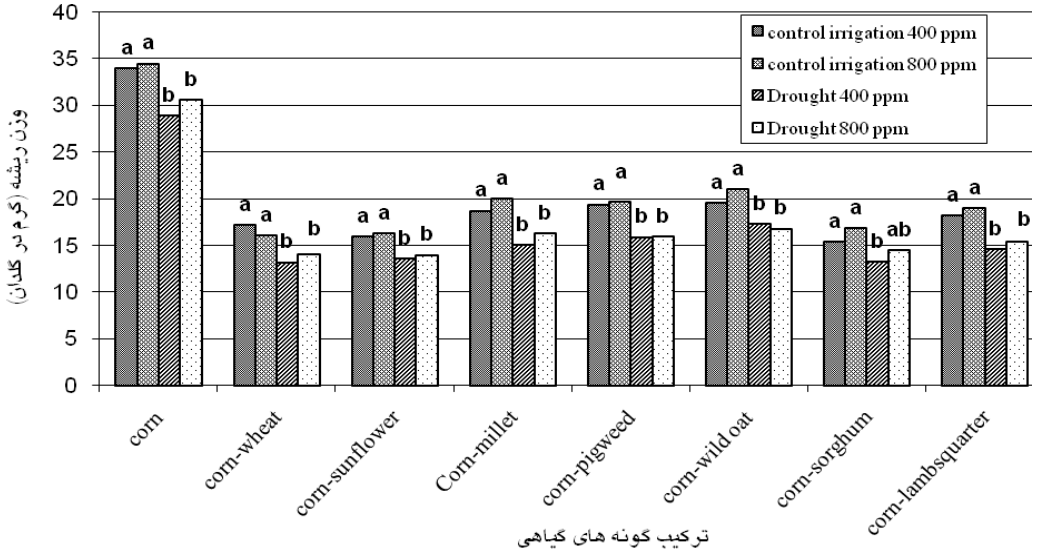
افزایش غلظت CO_2 تأثیر معنی داری بر وزن ریشه ذرت نداشت (شکل ٤). بیشترین میزان تغییرات وزن ریشه در مجاورت قیاق مشاهده شد که ۹/٦ درصد افزایش نشان داد، هرچند این افزایش معنی دار نبود. تنش خشکی باعث کاهش معنی دار وزن ریشه ذرت شد. میزان کاهش در حالت کشت خالص ۱٤/۹ درصد بود. در حالت کشت مخلوط بیشترین کاهش در مجاورت گندم (۲۳/۲٪ کاهش) وکمترین کاهش در مجاورت یولاف وحشی (۱۱/۵٪ کاهش) مشاهده شد. در شرایط تنش خشکی با افزایش غلظت CO_2 تغییرات جزیی (و در مواردی افزایش) در وزن خشک ریشه ذرت مشاهد شد که این تغییرات معنی دار نبود، اما می توان گفت که با افزایش غلظت CO_2 اثرات تنش خشکی بر وزن ریشه ذرت کمتر شده است. برای مثال در کشت مخلوط با قیاق چنین اثری مشاهد شد. بطور کلی می توان گفت که اثرات تنش خشکی و نیز تغییرات CO_2 بر وزن ریشه ذرت کمتر از اثرات بر اندام های هوایی بود.

سطح برگ

افزایش غلظت CO_2 تأثیر معنی داری بر سطح برگ ذرت نداشت، اما در اثر تنش خشکی سطح برگ بطور معنی داری کاهش یافت (شکل ۵). میزان کاهش سطح برگ در اثر تنش خشکی بین ۲۵ تا ۳۲ درصد متفاوت بود. در شرایط CO_2 بالا کاهش ناشی از تنش خشکی کمتر از CO_2 طبیعی بود. بطوریکه میزان کاهش در شرایط CO_2 بالا بین ۲۲/۹ تا ۱٦/۸ درصد متفاوت بود.

بطورکلی با توجه به اینکه ذرت دارای مسیر فتوسنتزی C_4 واکنش اندکی به تغییرات غلظت CO_2 نشان داد. دراک و همکاران (۱۹۹۷) نشان دادند که با افزایش غلظت CO_2 در گیاهان سه کربنه فتوسنتز برگ در شرایط بدون محدودیت برای رشد ریشه تا ۵۸٪ افزایش می‌یابد، اما این غلظت CO_2 هیچ تأثیر مستقیم مثبتی بر گیاهان چهارکربنه ندارد. با این حال کمبود نیتروژن و تنش خشکی باعث نشت CO_2 از سلول‌های غلاف آوندی در برگ های گیاهان چهارکربنه شده و در این شرایط ممکن است فتوسنتز گیاهان چهارکربنه به افزایش CO_2 واکنش مثبت نشان دهد (لانگ، ۱۹۹۹). برخی مطالعات بلند مدت مزرعه ای افزایش فتوسنتز گیاهان چهارکربنه کشیده برگ از جمله سورگوم و ذرت را در شرایط افزایش غلظت CO_2 مشاهده کرده اند (ساماراکون و همکاران، ۱۹۹٦)، اما در کوتاه مدت چنین افزایش مشاهده نشده است. همچنین مسأله مبهم این است که افزایش غلظت CO_2 باعث کاهش هدایت روزنه‌ای

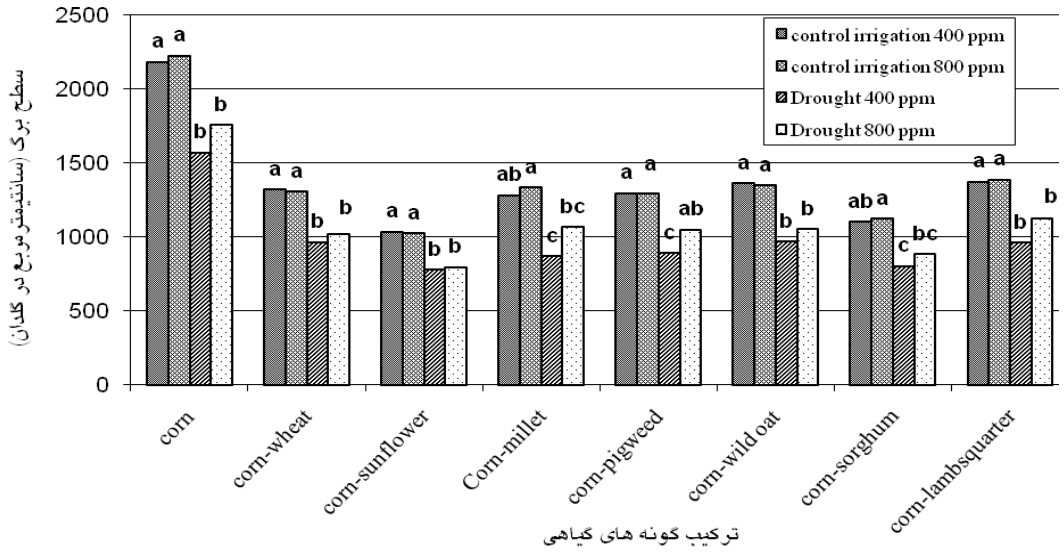
در گیاهان چهارکربنه همانند گیاهان سه کربنه می‌شود. بنابراین گیاهان چهارکربنه رشد یافته در شرایط افزایش CO_2 وضعیت آبی بهتری دارند و این می‌تواند سبب افزایش سرعت فتوسنتز و تولید حتی در شرایط بدون محدودیت آبی گردد.



شکل ۴- وزن خشک ریشه ذرت در حالت کشت تکی و در ترکیب گونه های مختلف در شرایط آبیاری و خشکی و تغییر غلظت CO_2

در شرایط تنش خشکی گیاهان چهارکربنه ممکن است واکنش متفاوتی به افزایش غلظت CO_2 نشان دهند. از نظر تئوری گیاهان چهارکربنه مانند ذرت فاقد تنفس نوری بوده و در شرایط تنش خشکی که روزنه ها بسته می شوند فتوسنتز آنها بیشتر در معرض بازدارندگی نوری[1] فتوسنتز قرار دارند (لال و ادوارد، ۱۹۹۶) و عدم انجام تنفس نوری باعث جلوگیری از چرخش CO_2 داخلی می‌شود. در عمل چرخش داخلی CO_2 در برگ های در معرض خشکی ذرت توسط لال و ادوارد (۱۹۹۶) گزارش شده است. بنابراین با وجود اینکه در ذرت اثرات کوتاه مدت افزایش CO_2 بصورت بدون هیچ گونه تأثیر مثبت بر رشد و تولید گیاه گزارش شده است، اما در شرایط تنش خشکی بدلیل اثرات گفته شده، افزایش CO_2 می تواند باعث بهبود رشد و تولید ذرت شود. مشابه این حالت در آزمایش حاضر نیز مشاهده شد، بطوریکه در شرایط تأمین رطوبت، افزایش CO_2 تأثیر معنی داری بر ورن خشک ذرت نداشت اما در شرایط تنش خشکی، با افزایش CO_2 وزن خشک ذرت بطور معنی داری افزایش یافت. واناجا و همکاران (۲۰۰۸) نیز گزارش کردند که با افزایش غلظت CO_2 ارتفاع ساقه ذرت در حالت آبیاری کامل ۱۳٪ افزایش یافت اما در حالت تنش خشکی این میزان افزایش ۱۸٪ بود.

1- Photoinhibition



شکل ۵- سطح برگ ذرت در حالت کشت تکی و در ترکیب گونه های مختلف در شرایط آبیاری و خشکی و تغییر غلظت CO_2

به عقیده وارد و همکاران (۱۹۹۹) در شرایط افزایش غلظت CO_2 برتری نسبی با گونه های سه کربنه است در حالیکه اگر در این شرایط تنش خشکی شدید وجود داشته باشد این برتری متعلق به گیاهان چهار کربنه است. البته به نظر می رسد چنین برداشتی از نحوه واکنش گیاهان به افزایش توام CO_2 و تنش خشکی بسته به گیاه و مکانیسم های سازگاری آن با تنش خشکی متفاوت باشد. همچنین صفات گیاهی واکنش فیزیولوژیک متفاوتی به این تغییرات نشان می‌دهند. برای مثال واجانا و همکاران (۲۰۰۸) نشان دادند که اثر افزایش CO_2 بر فتوسنتز، تعرق، هدایت روزن های، طول ریشه و اندام های هوایی معنی دار نبود، اما صفاتی مانند وزن ریشه، سطح برگ و وزن برگ بطور معنی داری تحت تأثیر افزایش CO_2 قرار گرفت. همچنین آنها نشان دادند که افزایش سطح برگ، وزن برگ و وزن ریشه با افزایش CO_2 در شرایط تنش خشکی بیشتر از شرایط بدون تنش بود. چنین واکنشی در آفتابگردان نیز مشاهده شد (واجانا و همکاران، ۲۰۱۱).

توانایی رقابتی

مقایسه عملکرد نسبی گیاه[1] (PRY) به عنوان شاخصی از توانایی رقابتی گیاه نشان داد که در گیاهان مختلف با افزایش غلظت CO_2 و تنش خشکی توانایی رقابتی تغییر قابل توجهی نشان می دهد. در ذرت با افزایش CO_2 میزان PRY در برابر گندم، سلمه تره و یولاف وحشی کاهش یافت، در حالیکه در مجاورت سایر گیاهان تغییر اندکی نشان داد. در شرایط تنش خشکی نیز PRY ذرت در برابر ارزن و یولاف وحشی افزایش، در برابر قیاق کاهش و در برابر سایر گیاهان تغییر قابل توجهی نشان نداد (جدول ۲). بنابراین توانایی رقابتی ذرت در مجاورت

1- Plant Relative Yield

گیاهان سه کربنه با افزایش CO_2 کاهش می یابد. همچنین در مجاورت گیاهانی که تحمل خشکی بالایی دارند مانند قیاق توانایی رقابتی ذرت کاهش می‌یابد.

جدول۲- شاخص توانایی رقابتی نسبی (PRY) ذرت در رقابت با گیاهان مختلف در شرایط افزایش غلظت CO_2 و خشکی

ترکیب کشت	آبیاری معمولی		تنش خشکی	
	400 ppm CO_2	800 ppm CO_2	400 ppm CO_2	800 ppm CO_2
ذرت- گندم	۰/۹۵	۰/۹۳	۰/۹۷	۰/۹۲
ذرت- آفتابگردان	۰/۹۰	۰/۹۱	۰/۹۸	۰/۹۲
ذرت- ارزن	۱/۱۰	۱/۱٤	۱/۱٤	۱/۰٤
ذرت- تاج خروس	۱/۱٤	۱/۱٦	۱/۱۰	۱/۰٤
ذرت- یولاف وحشی	۱/۱۹	۱/۱۸	۱/۲٤	۱/۱۰
ذرت- قیاق	۰/۹۱	۰/۹۸	۱/۰۱	۰/۹۵
ذرت- سلمه تره	۱/۰۷	۱/۰٦	۱/۰٦	۱/۰۱

نتایج حاکی از آن است که با افزایش غلظت CO_2 توانایی رقابتی گیاهان سه کربنه در برابر گیاهان چهارکربنه افزایش می یابد، در حالیکه در گیاهان چهارکربنه توانایی رقابتی در برابر گیاهان سه کربنه کاهش می یابد. نتایج مشابهی در دیگر پژوهش ها در این رابطه مشاهده شده است. برای مثال میری و همکاران (۲۰۱۲) نشان دادند که با افزایش غلظت CO_2 توانایی رقابتی سویا در مقابل ارزن و تاج خروس افزایش و در مقابل سلمه تره کاهش یافت. همچنین توانایی رقابتی ارزن در برابر سویا و سلمه‌تره کاهش و در برابر تاج خروس افزایش یافت. توانایی رقابتی تاج خروس نیز در برابر سویا، ارزن و سلمه تره کاهش یافت. توانایی رقابتی سلمه تره نیز در برابر ارزن و تاج خروس افزایش و در برابر سویا کاهش یافت. به عقیده آنها با افزایش غلظت CO_2، توانایی رقابتی گیاهان سه کربنه در برابر گیاهان چهارکربنه افزایش می‌یابد در حالیکه توانایی رقابتی گیاهان چهار کربنه در برابر سه کربنه ها کاهش می‌یابد. همچنین در میان گیاهان چهار کربنه ارزن واکنش بیشتری به افزایش CO_2 نشان داد و در نتیجه توانایی رقابتی آن در برابر تاج خروس افزایش یافت.

نتایج مشابهی از برتری توانایی رقابتی گیاهان سه کربنه با افزایش غلظت CO_2 گزارش شده است. زیسکا (زیسکا، ۲۰۰۱) نشان داد که در شرایط غلظت طبیعی CO_2 توانایی رقابتی (PRY) سورگوم و توق مشابه بود. در حالیکه با افزایش غلظت CO_2، PYR توق در برابر سورگوم افزایش و PRY سورگوم در برابر توق کاهش یافت. به عقیده زیسکا (۲۰۰۱) با افزایش با CO_2 تلفات عملکرد سورگوم ناشی از رقابت توق افزایش می یابد. بزاز و همکاران (۱۹۸۹) نیز نشان دادند که توانایی رقابتی گیاهان سه کربنه با افزایش CO_2، افزایش می یابد، در حالیکه در چهار کربنه‌ها کاهش می‌یابد. همچنین زیسکا (۲۰۰۰) نشان داد که با افزایش غلظت CO_2 توانایی رقابتی سویا در برابر تاج خروس افزایش یافته و در نتیجه تلفات ناشی رقابت تاج خروس بر سویا کاهش می‌یابد

نتیجه گیری

نتایج این پژوهش نشان داد که در شرایط افزایش CO_2 اثرات تنش خشکی بر گیاهان سه کربنه و چهارکربنه کاهش یافته و بخشی از اثرات تنش خشکی با افزایش CO_2 از بین می رود. به عبارت دیگر می توان گفت که تحمل تنش خشکی در شرایط CO_2 بالا افزایش می‌یابد. این امر می تواند سبب کاهش برتری نسبی گیاهان سه کربنه در شرایط تنش خشکی و CO_2 بالا شود. همچنین نتایج نشان داد که با افزایش CO_2 توانایی رقابتی گیاهان سه کربنه در برابر گیاهان چهارکربنه افزایش می یابد. این امر می-تواند سبب تغییر برهمکنش رقابتی گیاهان سه کربنه و چهارکربنه با علف های هرز در شرایط تنش خشکی گردد. بطوریکه رقابت علف های هرز سه کربنه در برابر گیاهان زراعی چهارکربنه افزایش یافته و خسارت ناشی از این گیاهان بیشتر شود. در مقابل به نظر می رسد که در آینده با افزایش غلظت CO_2 گیاهان سه کربنه توانایی رقابتی بیشتری در برابر علف‌های هرز چهار کربنه خواهند داشت (البته لازم تغییرات دمایی ناشی از افزایش CO_2 نیز در این رابطه مورد توجه قرار گیرد). در مقابل در گیاهان زراعی چهار کربنه توانایی رقابتی در برابر علف های هرز سه کربنه کاهش می‌یابد.

در مجموع نتایج پژوهش حاضر نشان می دهد که با تغییرات اقلیمی آینده (افزایش غلظت CO_2 و کاهش فراهمی رطوبت) رشد، تولید و برهمکنش رقابتی گیاهان زراعی و علف های هرز تغییر قابل توجهی خواهد یافت، که لازم به منظور مدیریت علف‌های هرز در گیاهان زراعی کارایی روش‌های مدیریتی (از جمله کارایی علف کش های شیمیایی) مورد بررسی قرار گیرد. علاوه بر این با توجه به تغییر برهمکنش علف هرز- گیاه زراعی در این شرایط لازم است مطالعات بیشتری در رابطه با اثر افزایش غلظت CO_2 بر بانک بذر علف‌های هرز در خاک، کارایی علف کش‌ها و دیگر روابط علف هرز- گیاه زراعی صورت گیرد.

منابع

Ainsworth E.A. and S.P. Long. 2005. What have we learned from 15 years of free-air CO_2 enrichment (FACE)? A meta-analytic review of the responses of photosynthesis, canopy properties and plant production to rising CO_2. New Phytologist, 351-372.

Bazzaz, F.A., K. Garbutt, E.G. Reekie and W.E. Williams. 1989. Using growth analysis to interpret competition between a C3 and a C4 annual under ambient and elevated CO2. Oecologia 79: 223–235.

Colman J.S. and F.A. Bazzaz. 1992. Effects of CO_2 and temperature on growth and resource use of co-occurring C_3 and C_4 annuals. Ecology, 73: 1244-1259.

Dippery J.K., D.T. Tissue, R.B. Thomas and B.R. Strain. 1995. Effects of low and elevated CO_2 on C_3 and C_4 annuals. Oecologia, 101: 13-20.

Drake, B.G., M. Gonzalez-Meler, and S.P. Long. 1997. More efficient plants: a consequence of rising CO2? Ann. Rev. Plant Physiol. Plant Mol. Biol., 48: 609–639.

Ehleringer, J.R., T.E. Cerling, and B.R. Helliker. 1997. C_4 photosynthesis, atmospheric CO_2 and climate. Oecologia, 112: 285-299.

Hattenschwiler, S., F. Miglietta, A. Raschi and Ch. Korner. 1997. Thirty years of *in situ* tree growth under elevated CO_2: a model for future forest responses? Global Change Biology, 3: 463-471.

Houghton, J.T., Y. Ding, D.J. Griggs, M. Noguer, P.J. Van der Linden, and D. Xiaosu. (eds). 2001. Climate Change 2001: The Scientific Basis. Cambridge University Press, Cambridge, UK.

IPCC. 2001. *Climate Change 2001: Impacts, Adaptation, and Vulnerability* (eds J.J. McCarthy, O.F. Canziani, N.A. Leary, D.J. Dokken & K.S. White), 1032 pp. Cambridge University Press,Cambridge, UK.

Lal, A. and G.E. Edwards. 1996. Analysis of inhibition of photosynthesis under water stress in the C4 species *Amaranthus cruentus* and *Zea mays*: electron transport, CO2 fixation and carboxylation capacity. Aust. J. Plant Physiol. 23: 403–412.

Long S.P. 1999. Environmental responses. In: Sage, R.F. and Monson, R.K. (eds) C_4 Plant Biology. Academic Press, San Diego, pp. 215–250.

Long, S.P., E.A. Ainsworth, A. Rogers and D.R. Ort. 2004. Rising atmospheric carbon dioxide: Plants FACE the future. Annual Reviews in Plant Biology, 55: 591–628.

Miri, H.R., A. Rsategar and A. Bagheri. 2012. The impact of elevated CO_2 on growth and competetiveness of C3 and C4 crops and weeds. Eur. J. Expl. Biopl. 2(4): 1144-1150.

Nilson, P.R. and D. Marks. 1994. A global perspective of regional vegetation and hydrologic sensitivities from climatic changes. Journal of Vegetation Science 5: 715-730.

Polley, H.W., H.B. Johnson and H.S. Mayeux. 1994: Increasing CO2: comparative responses of the C4 grass Schizachyrium and grassland invader Prosopis. Ecology, 75: 976-988.

Sage, R.F. 2002. How terrestrial organisms sense, signal and respond to carbon dioxide. Integrative Computational Biology, 42: 469-480.

Samarakoon, A.B. and R.M. Gifford. 1996. Elevated CO2 effects on water-use and growth of maize in wet and drying. Australian Journal of Plant Physiology, 23: 53–62.

Tissue, D.T., J.P. Megonigal and R.B. Thomas. 1997. Nitrogenase activity and N2 fixation are stimulated by elevated CO2 in a tropical N2-fixing tree. Oecologia, 109: 28–33.

Vanaja, M., S.K. Yadav, G. Archana, N. Jyothi Lakshmi, P.R. Ram Reddy, P. Vagheera, S.K. Abdul Razak, M. Maheswari, B. Venkateswarlu. 2011. Response of C_4 (maize) and C_3 (sunflower) crop plants to drought stress and enhanced carbon dioxide concentration. Plant Soil Environ. 57: 207-215.

Vanaja, M., M. Jyothi, P. Ratnakumar, P. Raghuram Reddy, N. Jyothi Lakshmi, S.K. Yadav, M. Maheshwari and B. Venkateshwarlu. 2008. Growth and yield response of castor bean (*Ricinus communis* L.) to two enhanced CO_2 levels. Plant Soil and Environment 54: 38–46.

Walther, G.R.,E. Post, P. Convey, A. Menzel, C. Parmesan, T.J.C. Beebee, J.M. Fromentin, O. Hoegh-Guldberg and F. Bairlein. 2002. Ecological responses to recent climate change. Nature, 416: (6879), 389-395.

Ward, J.K., D.T. Tissue, R.B. Thomas and B.R. Straion. 1999. Comperative responses of model C3 and C4 plants to drought inlow and elevated CO_2. Glob. Chang. Biol. 5: 857-867.

Wentworth T.R. 1983. Distribution of C_4 plants along environmental and compositional gradients in southeastern Arizona. Vegeattion, 52: 21-34.

Ziska L.H. 2000. The impact of elevated carbon dioxide on yield loss from a C3 and C4 weed in field grown soybean. Global Change Biology, 6: 899-905.

Ziska L.H. 2001 Change in competitive ability between a C4 crop and a C3 weed with elevated carbon dioxide. Weed Sci. 49: 622-627.

Ziska, L.H., O. Ghannoum, J.T. Baker, J. Conroy, J.A. Bunce, K. Kobayashi and M. Okada. 2001. A global perspective of ground level, 'ambient' carbon dioxide for assessing the response of plants to atmospheric CO2. Global Change Biol. 7: 789–796.

Effect of CO_2 enrichment under drought stress condition on growth and weed competetiveness against corn

H.R. Miri[1]

Received: 2013-5-1 Accepted: 2013-10-16

Abstract

In order to study the effects of CO_2 enrichment with changed water availability on growth and competetivness of corn against C_3 and C_4 crop and weeds, a greenhouse experiment was conducted at Arsanjan Islamic Azad University in 2012. The experiment was the evaluation of the effect of two CO_2 concentrations (400 ppm and 700 ppm) and two irrigation treatments (control irrigation and drought) on corn, wheat, sunflower, millet and the weeds pigweed, lambsquarter, wild oat and johnson grass in monoculture and mixed culture with corn. Measured traits were leaf area, stem dry weight, leaf dry weight, shoot dry weight and plan relative yield. The results showed that CO_2 enrichment increased shoot growth, leaf area and root growth of wheat, sunflower, lambsquarter and wild oat while there was no significant change in corn, millet, pigweed and Johnson grass. Drought stress reduced wheat, sunflower, corn and millet by 25.2, 30.3, 30 and 32% respectively but, in elevated CO_2 concentration these values were 0, 10.3, 0 and 19.7%. In fact, CO_2 enrichment reduced detrimental effects of drought on C_3 and C_4 plants. The results also showed that with increasing CO_2 concentration, competitiveness of C_3 weeds increased against corn. This means that the competition interaction of C_4 crop changed against weeds in drought and increased CO_2 concentration which increases C_3 weeds damages on crop plants.

Key words: climatic change, competition, photosynthetic pathway, C_3, C_4

1- Assistant Professor, Islamic Azad University, Arsanjan Branch