مجله الکترونیک تولید گیاهان زراعی
جلد پنجم، شماره اول، بهار ۹۱
۱-۱۸
ejcp.gau@gmail.com

اثر افزایش غلظت دی اکسید کربن بر رشد و توانایی رقابتی سویا و ارزن با علف‌های هرز سلمه تره و تاج خروس

*حمیدرضا میری[۱] و احمد رستگار[۲]
[۱]استادیار زراعت دانشگاه آزاداسلامی واحد ارسنجان، [۲]دانشجوی کارشناسی‌ارشد زراعت
دانشگاه آزاداسلامی واحد ارسنجان

تاریخ دریافت: ۹۰/۰۵/۳ ؛ تاریخ پذیرش: ۹۰/۱۱/۲۹

چکیده

به‌منظور بررسی اثر افزایش غلظت CO_2 بر رشد و توانایی رقابتی درون گونه‌ای و بین گونه‌ای سویا (*Glycine max*) و ارزن (*Panicum miliaceum*) در برابر علف‌های‌هرز سلمه‌تره (*Chenopodium album*) و تاج خروس (*Amaranthus retroflexus*) آزمایشی با استفاده از دو غلظت معمولی (۳۵۰ پی‌پی‌ام) و افزایش یافته (۷۰۰ پی‌پی‌ام) انجام شد. گیاهان به‌صورت خالص و مخلوط در قالب طرح کاملاً تصادفی به صورت فاکتوریل در شرایط کنترل شده کشت شدند. نتایج نشان داد که با افزایش غلظت CO_2، شاخص کلروفیل در تمام گونه‌ها بین ۶ تا ۳۰ درصد افزایش یافت اما در گونه‌های سه کربنه در حال مخلوط به‌طور میانگین ۲۰ و در چهار کربنه‌ها ۱۲ درصد افزایش یافت. با افزایش CO_2 وزن ریشه، وزن برگ و وزن ساقه در گونه‌های سه کربنه به‌طور میانگین به‌ترتیب ۰/۷۵، ۲/۶۱ و ۲/۴۳ گرم افزایش یافت، در حالی‌که در گونه‌های چهار کربنه این مقادیر به‌ترتیب ۰/۰۴، ۱/۱۸ و ۰/۴۰ گرم بود. در گونه‌های چهارکربنه در غلظت CO_2 افزایش یافته و در کشت مخلوط با سه کربنه، وزن خشک اندام‌های هوایی کاهش یافت. مقایسه توانایی رقابتی بر اساس عملکرد نسبی (PRY) گیاهان نشان داد که با افزایش CO_2، PRY سویا ۸/۹ و ۹/۶ درصد به‌ترتیب در برابر ارزن و تاج خروس افزایش یافت در حالی‌که در ارزن در برابر گیاهان سه کربنه تا ۳۶ کاهش یافت. این امر نشان می‌دهد برهمکنش گیاه زراعی- علف هرز به شدت تحت تغییرات غلظت CO_2 قرار می‌گیرد.

واژه‌های کلیدی: افزایش غلظت CO_2، رقابت، علف‌های هرز، مسیر فتوسنتزی

*مسئول مکاتبه: hmiri2000@yahoo.com

Archive of SID
www.SID.ir

مقدمه

علف‌های هرز معمولاً به‌عنوان گیاهانی که در بوم‌نظام‌های زراعی در رشد و عملکرد و فرآیندهای تولید گیاهان زراعی اختلال ایجاد می‌کنند شناخته می‌شوند. علف‌های هرز در بوم‌نظام‌های زراعی در اثر رقابت باعث کاهش کیفیت گیاه زراعی، تداخل در عملیات برداشت و کاهش ارزش زمین می‌شوند (دوک، ۱۹۸۵). هزینه‌های کنترل علف‌های هرز نیز امروزه بخش زیادی از هزینه تولید محصولات کشاورزی را شامل می‌شود. برای مثال گزارش شده که در آمریکا علف‌های هرز باعث حدود ۱۲ درصد کاهش عملکرد گیاهان زراعی شده و هزینه‌های کنترل آن‌ها در سال ۱۹۹۸ حدود ۳۵ میلیارد دلار بوده است (پیمنتال و همکاران، ۲۰۰۱). این هزینه در برخی کشورها بیش از این حد است (ماکیاس و همکاران، ۲۰۰۴). علاوه بر این علف‌های هرز ممکن است میزبان آفات و بیماری‌های گیاهی بوده و این باعث افزایش پیچیدگی‌های کنترل علف‌های هرز می‌شود.

شناسایی خصوصیاتی که در رقابت علف‌های هرز نقش دارند در مدیریت آن‌ها نقش مهمی دارد. در این رابطه عوامل محیطی تأثیر زیادی بر توانایی رقابتی علف‌های هرز دارند. یکی از جنبه‌های محیطی که توجه بسیاری از محققان را در سال‌های اخیر به خود جلب کرده است، موضوع تغییر اقلیم است. غلظت CO_2 در حال حاضر در مقایسه با قرن بیستم ۳۰ درصد افزایش یافته است و از ۲۸۵ به ۳۷۰ پی‌پی‌ام رسیده است که بیشتر این افزایش از دهه ۱۹۵۰ به بعد روی داده است (کلینگ و وورف، ۲۰۰۱). پیش‌بینی‌ها بیانگر این است که تا سال ۲۰۵۰ غلظت CO_2 به حدود ۵۵۰ پی‌پی‌ام خواهد رسید (جاگارد و همکاران، ۲۰۱۰). همراه با این تغییر میزان CO_2 درجه حرارت نیز افزایش خواهد یافت. بنابراین آگاهی از اثرات این افزایش CO_2 بر فتوسنتز و متابولیسم گیاهان اهمیت زیادی دارد. گزارش شده است که افزایش CO_2 باعث افزایش رشد و نمو در بیش از ۱۰۰ گونه گیاهی شده است (کیمبال، ۱۹۸۳؛ پورتر، ۱۹۹۳؛ کیمبال، ۱۹۹۳).

یکی از جنبه‌های مهم فعالیت‌های کشاورزی که می‌تواند تحت‌تأثیر تغییرات اقلیمی قرار گیرد، آفات و به‌ویژه رقابت علف‌های هرز است (پرستیج و پوتینگر، ۱۹۹۰). چگونگی رقابت علف‌های هرز با گیاهان زراعی تحت تأثیر شرایط محیطی قرار می‌گیرد و با افزایش غلظت CO_2 تغییر می‌کند (پیترسون و فلینت، ۱۹۸۰). به عقیده مک دونالد و همکاران (۲۰۰۹) نحوه رقابت و میزان خسارت ناشی از گونه‌های مختلف علف هرز در آینده تغییرات زیادی نشان خواهد داد. پاسخ متفاوت گیاهان

Archive of SID

www.SID.ir

C_3 و C_4 به افزایش غلظت CO_2 و درجه حرارت می‌تواند باعث تغییر برهمکنش رقابتی[1] آن‌ها گردد. این تغییر اهمیت ویژه‌ای دارد چرا که بیشتر گونه‌های زراعی در جهان گیاهان C_3 می‌باشند، در حالی‌که بیشتر علف‌های هرز مهم C_4 می‌باشند (دوک، ۱۹۸۵).

بیشتر آزمایش‌ها نشان می‌دهد که رشد گیاهان C_3 با افزایش غلظت CO_2 افزایش می‌یابد (جنگن و جونز، ۱۹۹۸؛ پورتر و ناواس، ۲۰۰۳). با این حال نتایج بیانگر آن است که تنوع بین گونه‌ای زیادی از نظر تحریک رشد بین گیاهان مختلف وجود دارد. برای مثال پورتر و ناواس (۲۰۰۳) نشان دادند که رشد گونه‌های علفی سه کربنه با رشد سریع بیشتر از گیاهان سه کربنه کند رشد یا چهارکربنه‌ها تحت تأثیر افزایش CO_2، افزایش می‌یابد. رشد گیاهان C_4 نیز می‌تواند در پاسخ به افزایش CO_2 تحریک شود، اما این میزان تحریک رشد در مقایسه با گیاهان C_3 کمتر است (زیسکا، ۲۰۰، ۲۰۰۱؛ درنر و همکاران، ۲۰۰۳). واناجا و همکاران (۲۰۱۱) نشان داد که در آفتابگردان افزایش CO_2 باعث افزایش وزن خشک هم در شرایط تنش خشکی و هم بدون تنش می‌شود در حالی‌که در ذرت چنین واکنشی مشاهده نشد.

زیسکا (۲۰۰۱) توانایی رقابتی گیاه چهارکربنه سورگوم در برابر علف هرز سه‌کربنه توق (*Xanthium strumarium*) در غلظت CO_2 معمولی و بالا را بررسی کرد و مشاهده کرد که با افزایش غلظت CO_2 توانایی رقابتی توق به‌طور قابل توجهی افزایش و سورگوم کاهش یافت. نایدو و وارشنی (۲۰۱۱) مشاهده کردند که با افزایش غلظت CO_2 از ۳۷۰ به ۵۵۰ وزن خشک گندم در حضور علف‌های سلمه تره، یولاف و فالاریس افزایش یافت. زیسکا و همکاران (۲۰۰۵) نشان دادند که در غلظت‌های CO_2 بیشتر ۲۷۰ ppm با افزایش هر ۱۰ ppm وزن خشک بروموس (*Bromus tectorum*) ۱/۵ گرم در بوته افزایش می‌یابد.

با توجه به افزایش CO_2 اتمسفری در سال‌های آینده و لزوم آگاهی از برهمکنش رقابتی گیاهان زراعی و علف‌های هرز به‌منظور بهبود روش‌های مدیریتی، آزمایش حاضر به‌منظور بررسی واکنش دو گونه زراعی و علف هرز C_3 و C_4 به‌صورت جدا و در شرایط حضور توام (کشت مخلوط) اجرا گردید.

1- Competition interaction

Archive of SID

www.SID.ir

مواد و روش‌ها

این پژوهش در سال ۱۳۸۹ در شهرستان لامرد در جنوب استان فارس انجام شد. شهرستان لامرد دارای طول جغرافیایی ۵۲ درجه، ۵۴ دقیقه، ۱۹ ثانیه، عرض جغرافیایی ۲۸ درجه، ۲۷ دقیقه، ۳۱ ثانیه، و ارتفاع ۵۰۰ متر از سطح دریا و بارندگی سالانه ۲۵۰ میلی‌متر و تبخیر ۴۰۰۰ میلی‌متر می‌باشد. آزمایش در گلخانه‌ای به مساحت ۸۰۰ مترمربع انجام شد که برای کنترل غلظت CO_2 بخشی از گلخانه به‌وسیله پلاستیک به ابعاد کوچک‌تر محصور شد. گیاهان زراعی ارزن رقم پرسو و سویا رقم سحر، به‌عنوان گیاهان دارای مسیر C_4 و C_3 و علف‌های هرز تاج خروس و سلمه تره به‌عنوان علف‌های هرز دارای مسیر C_4 و C_3 برای آزمایش انتخاب شدند.

آزمایش به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با ۲۰ تیمار و ۴ تکرار اجرا گردید.عامل اول شامل دو غلظت معمولی (۳۵۰ پی‌پی‌ام) و افزایش یافته (۷۰۰ پی‌پی‌ام) CO_2 و عامل دوم شامل کشت چهار گیاه آزمایشی به‌صورت کشت ساده و مخلوط (نسبت ۵۰:۵۰) با یکدیگر به‌صورت زیر بود: ۱) ارزن، ۲) سویا، ۳) تاج خروس، ۴) سلمه تره، ۵) ارزن- سویا، ۶) ارزن- تاج خروس، ۷) ارزن- سلمه تره، ۸) سویا- تاج خروس، ۹) سویا- سلمه تره، ۱۰) سلمه تره- تاج خروس.

برای افزایش غلظت CO_2، از کپسول حاوی این گاز در مرحله ۲-۳ برگی گیاهچه‌ها استفاده شد و تا انتها مرحله رشد رویشی ادامه داشت. همچنین برای اندازه‌گیری غلظت CO_2 از دستگاه اندازه‌گیری غلظت CO_2[1] (مدل AZ77535 ساخت تایلند) استفاده شد و همواره در تیمار افزایش غلظت، غلظت CO_2 در حد ثابتی نگه داشته شد. تغییرات درجه حرارت گلخانه در مدت آزمایش توسط دماسنج کنترل می‌گردید و توسط دستگاه‌های خنک‌کننده در طول فصل رشد در حدود ۳۵ درجه سانتی‌گراد روز و ۲۵ درجه سانتی‌گراد شب نگهداری شد. گیاهان در گلدان‌های پلاستکی به قطر ۴۵ و ارتفاع ۵۵ سانتی‌متر در اوایل اردیبهشت ماه ۱۳۸۹ کشت شدند. خاک گلدان دارای ترکیب متعادلی از رس، شن و کود دامی بود. همچنین برای جلوگیری از تشکیل سله سطح گلدان‌ها با کود آلی پوشانده شد. در تیمارهای کشت خالص، تراکم معمول گیاهان محاسبه و تعداد بوته در گلدان تعیین شد و در تیمارهای کشت مخلوط نیز گیاهان با نسبت ۵۰:۵۰ در گلدان کشت شدند. کودهای مصرفی شامل فسفات آمونیم به میزان ۰/۳ گرم در گلدان (۱۰۰ کیلوگرم در هکتار) قبل از کاشت و ۰/۴۵ گرم درگلدان (۳۰۰

1- CO_2 meter

Archive of SID

www.SID.ir

کیلوگرم) اوره به‌صورت سرک در دو مرحله بود. برای گیاه سویا با توجه به توانایی تثبیت نیتروژن، کود اوره یک سوم سایر گیاهان به‌کار برده شد.

اندازه‌گیری شاخص کلروفیل با استفاده از دستگاه کلروفیل سنج (مدل CCM-200 ساخت شرکت Opti-sciences آمریکا) انجام شد که اندازه‌گیری‌ها روی آخرین برگ کاملا باز شده گیاهان در سه برگ تصادفی از هر گلدان و سه نقطه از هر برگ صورت گرفت. برای اندازه‌گیری وزن خشک برگ و ساقه در انتها دوره رشد رویشی پس از تفکیک شدن در آون در دما ۷۰ درجه سانتی‌گراد خشک شدند. برای اندازه‌گیری وزن خشک ریشه در زمان برداشت، گلدان‌ها برش داده شد و ریشه پس از شستشو به‌وسیله آب در آون در دما ۶۰ درجه سانتی‌گراد (برای ارزن دما ۵۰ درجه) خشک شده و وزن آن‌ها اندازه‌گیری شد. نسبت ریشه به اندام‌های هوایی (R/S) به‌صورت نسبت وزن خشک ریشه به اندام‌های هوایی (ساقه+ برگ) محاسبه شد. عملکرد نسبی گیاه[1] (PRY) بر مبنا وزن خشک اندام‌های هوایی گیاه با استفاده از فرمول زیر محاسبه شد.

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

تجزیه داده با استفاده از نرم‌افزار Genstat 11 انجام شد و برای مقایسه میانگین‌ها از آزمون LSD و خطا استاندارد استفاده شد.

نتایج و بحث

شاخص کلروفیل: شاخص کلروفیل به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر غلظت CO_2 و اثر متقابل CO_2 و گونه قرار گرفت (جدول ۱). شاخص کلروفیل برگ در کلیه گونه‌ها با افزایش غلظت CO_2، افزایش یافت (جدول ۲). میزان این افزایش برای گونه‌های مختلف و در کشت های خالص و مخلوط متفاوت بود. میزان افزایش شاخص کلروفیل برای گونه‌های ارزن، سویا، تاج خروس و سلمه تره به‌ترتیب ۷/۸، ۶/۶، ۶/۵ و ۷/۰ درصد، در حالت کشت خالص بود. به‌نظر می‌رسد گونه‌های سه کربنه به‌ویژه در حالت کشت مخلوط (وجود رقابت بین گونه‌ای) واکنش بیشتری به افزایش غلظت CO_2 نشان می‌دهند، به‌طوری‌که بیشترین افزایش (۳۰/۷ درصد افزایش) در بین تیمارهای آزمایشی مربوط به سلمه‌تره در کشت مخلوط با ارزن (سلمه تره–ارزن) و پس از آن (۲۵/۴ درصد افزایش) سویا در کشت مخلوط با سلمه تره (سویا–سلمه تره) بود (جدول ۲). کم‌ترین میزان افزایش شاخص کلروفیل

1- Plant Relative Yield

Archive of SID

www.SID.ir

در بین تیمارهای کشت مخلوط مربوط به تاج خروس در کشت مخلوط با ارزن (۴/۳ درصد افزایش) و ارزن در کشت مخلوط با سلمه تره (۶/۷ درصد افزایش) بود. افزایش بیشتر شاخص کلروفیل در تیمارهای کشت مخلوط می‌تواند ناشی از رقابت بین گونه‌ای و بهره‌برداری بیشتر گونه‌های سه کربنه از این شرایط باشد.

جدول ۱- میانگین مربعات صفات مورد بررسی

منابع تغییر	درجه آزادی	شاخص کلروفیل	وزن خشک ریشه	وزن خشک برگ	وزن خشک ساقه
CO_2	۱	۴۵۰/۶۷**	۷/۷۱**	۰/۹۵^{ns}	۳۳/۹۴**
ترکیب گونه‌ای	۱۵	۵۹۵/۵۷**	۱۵/۳۱**	۲۵/۳۴**	۲۵۶/۰۹**
گونه×CO_2	۱۵	۱۲/۳۲**	۱/۳۳**	۱/۵۲**	۱۵/۳۲**
خطا	۶۴	۰/۷۸۹	۰/۰۶۴	۰/۱۳۱	۰/۱۸۶

جدول ۲- اثر افزایش غلظت CO_2 بر شاخص کلروفیل گونه‌های مختلف*

گونه	شاخص کلروفیل		درصد تغییر
	۳۵۰ ppm	۷۰۰ ppm	
ارزن	۴۷/۲±۰/۷۶	۵۰/۸±۱/۰۴	۷/۸
سویا	۳۳/۰±۱/۰	۳۵/۲±۰/۷۶	۶/۶
تاج خروس	۴۸/۷±۱/۵۳	۵۱/۸±۱/۰۴	۶/۵
سلمه تره	۳۱/۰±۱/۰	۳۳/۲±۰/۷۶	۷/۰
ارزن (سویا)	۴۸/۰±۱/۰	۵۳/۵±۰/۵	۱۱/۵
ارزن (تاج خروس)	۴۵/۲±۰/۷۶	۵۴/۸±۰/۷۶	۲۱/۴
ارزن (سلمه تره)	۵۲/۰±۱/۰	۵۵/۵±۱/۳۲	۶/۷
سویا (تاج خروس)	۲۸/۲±۱/۱	۳۳/۷±۰/۷۶	۱۹/۵
سویا (سلمه تره)	۲۹/۵±۱/۳۲	۳۷/۰±۰/۵	۲۵/۴
سویا (ارزن)	۳۰/۸±۰/۷۶	۳۶/۵±۰/۵	۱۸/۴
تاج خروس (ارزن)	۴۷/۰±۰/۵	۴۹/۰±۰/۵	۴/۳
تاج خروس (سویا)	۴۹/۳±۱/۳	۵۳/۵±۱/۳۲	۸/۵
تاج خروس (سلمه تره)	۴۶/۰±۰/۵	۵۵/۵±۰/۵	۲۰/۷
سلمه تره (ارزن)	۲۷/۲±۰/۷۶	۳۵/۵±۰/۵	۳۰/۷
سلمه تره (سویا)	۲۹/۳±۱/۲۶	۳۴/۰±۰/۴۶	۱۵/۹
سلمه تره (تاج خروس)	۲۸/۰±۰/۵	۳۱/۲±۰/۲۹	۱۱/۳
LSD	۱/۴۵		

*در کشت‌های مخلوط صفت موردنظر برای گونه خارج از پرانتز، ذکر شده است. مقادیر بعد از میانگین‌ها نشان‌دهنده خطا استاندارد است.

Archive of SID

www.SID.ir

در رابطه با تأثیر افزایش غلظت CO_2 بر میزان کلروفیل نتایج متفاوتی در آزمایش‌های گزارش شده است. در پنبه (پینتر و همکاران، ۱۹۹۳) و شبدر (کاو و همکاران، ۱۹۸۱) افزایش غلظت CO_2 باعث افزایش میزان کلروفیل برگ شد. هگل و هکاران (۱۹۹۸) گزارش کرد که افزایش غلظت CO_2 از ۳۷۰ به ppm ۷۱۳، میزان کلروفیل گندم را ۳ درصد افزایش داد. به عقیده هینمن و همکاران (۲۰۰۵) پاسخ گیاه به افزایش CO_2 در طول زمان به‌علت محدودیت‌های بیوشیمیایی مثل کاهش در فعالیت روبیسکو، محدودیت‌های فراساختاری مثل تخریب کلروپلاست یا تغییر در سطح کانوپی مثل سایه‌اندازی ممکن است تغییر یابد.

وزن خشک ریشه: وزن خشک ریشه به‌طور معنی‌داری تحت‌تأثیر تیمارهای آزمایشی قرار گرفت (جدول ۱). اثر افزایش غلظت CO_2 بر وزن خشک ریشه گونه‌های مختلف در جدول ۳ نشان داده شده است. گونه‌های مختلف پاسخ متفاوتی به افزایش CO_2 نشان دادند. در حالت کشت خالص در سویا و سلمه تره وزن خشک ریشه افزایش یافت در حالی‌که در تاج خروس و ارزن وزن خشک ریشه تغییر قابل توجهی نشان نداد. این امر بیان‌گر پاسخ‌پذیری و تحریک بیشتر رشد گونه‌های سه کربنه با افزایش غلظت CO_2 است. در حالت رقابت (کشت مخلوط) نحوه واکنش ارزن با سایر گونه‌ها متفاوت بود، به‌طوری‌که در مجاورت تاج خروس و سویا تغییر قابل توجهی در وزن ریشه ارزن مشاهده نشد، در حالی‌که در مجاورت سلمه تره وزن ریشه ارزن تا حدودی کاهش یافت (جدول ۳). این امر نشان می‌دهد که توانایی رقابت بین گونه‌ای ارزن در برابر یک گونه سه کربنه (سلمه تره) کاهش یافته و در نتیجه این امر وزن ریشه کاهش یافته است. در رابطه با تاج خروس نیز نتایج مشابهی مشاهده شد، به‌طوری‌که وزن ریشه تاج خروس در مجاورت ارزن بدون تغییر بود، در حالی‌که در مجاورت سویا و سلمه تره کاهش یافت. به‌عبارت دیگر در شرایط غلظت معمولی CO_2 تاج خروس و ارزن توانایی رقابتی بیشتری دارند (وزن ریشه بیشتر) در حالی‌که با افزایش CO_2 این برتری مشاهده نمی شود. واناجا و همکاران (۲۰۰۶) نشان دادند که با افزایش غلظت CO_2 در گیاه *Vigna mungo* طول و وزن ریشه به‌ترتیب ۳۵ و ۴۰ درصد افزایش یافت. درنر و همکاران (۲۰۰۱) نیز نشان دادند واکنش رشد ریشه به افزایش CO_2 به میزان زیادی به وضعیت رطوبتی خاک بستگی دارد و با توجه به اثرات تغییر اقلیم بر فراهمی رطوبت خاک، بررسی اثرات افزایش CO_2 و رطوبت خاک باید به‌طور هم‌زمان صورت گیرد.

Archive of SID

www.SID.ir

در سویا نیز مشاهده شد که با افزایش CO_2، وزن ریشه این گیاه در حالت کشت مخلوط با ارزن و تاج خروس به‌طور معنی‌داری افزایش یافت (جدول ۳)، اما در مجاورت سلمه تره چنین افزایشی مشاهده نشد. همچنین در سلمه تره در مجاورت تاج خروس و تا حدودی ارزن وزن ریشه افزایش یافت، که بیانگر افزایش توانایی رقابتی گونه‌های سه کربنه در برابر چهارکربنه‌ها با افزایش CO_2 است.

جدول ۳- اثر افزایش غلظت CO_2 بر وزن خشک ریشه گونه‌های مختلف*.

گونه	وزن ریشه (گرم در بوته)		درصد تغییر
	۳۵۰ ppm	۷۰۰ ppm	
ارزن	۵/۷۸±۰/۱۷	۵/۸۸±۰/۰۳	۰/۱۷
سویا	۳/۷۹±۰/۲۷	۴/۶۳±۰/۱۰	۲۲/۱۶
تاج خروس	۸/۷۰±۰/۳۳	۸/۷۷±۰/۳۶	۰/۸۰
سلمه تره	۴/۲۹±۰/۳۸	۴/۹۶±۰/۶۱	۱۵/۶۲
ارزن (سویا)	۵/۲۸±۰/۳۰	۵/۲۵±۰/۱۰	-۰/۵۷
ارزن (تاج خروس)	۵/۵۰±۰/۱۵	۵/۴۲±۰/۰۷	-۱/۴۵
ارزن (سلمه تره)	۴/۸۱±۰/۲۱	۴/۴۲±۰/۱۱	-۸/۱۱
سویا (تاج خروس)	۲/۶۰±۰/۰۷	۳/۸۳±۰/۲۴	۴۷/۳۱
سویا (سلمه تره)	۲/۹۵±۰/۰۹	۳/۱۳±۰/۰۹	۶/۱۰
سویا (ارزن)	۳/۰۹±۰/۱۳	۳/۴۷±۰/۰۶	۱۲/۳۰
تاج خروس (ارزن)	۶/۷۲±۰/۴۲	۶/۷۴±۰/۵۰	۰/۳۰
تاج خروس (سویا)	۶/۴۲±۰/۴۳	۶/۱۲±۰/۱۶	-۴/۴۷
تاج خروس (سلمه تره)	۵/۴۲±۰/۰۸	۵/۰۱±۰/۱۹	-۷/۵۶
سلمه تره (ارزن)	۳/۴۳±۰/۳۰	۳/۷۳±۰/۲۶	۸/۷۵
سلمه تره (سویا)	۳/۸۰±۰/۱۶	۳/۷۰±۰/۱۲	-۲/۶۳
سلمه تره (تاج خروس)	۳/۲۱±۰/۱۱	۴/۱۰±۰/۱۱	۲۷/۷۳
LSD	۰/۲۳۹		

*در کشت‌های مخلوط صفت مورد نظر برای گونه خارج از پرانتز، ذکر شده است. مقادیر بعد از میانگین‌ها نشان‌دهنده خطا استاندارد است.

پریچارد و همکاران (۲۰۰۶) مشاهده کردند که رشد ریشه در شرایط افزایش غلظت CO_2 در گیاهان C_4 مثل سورگوم کاهش می‌یابد. دیپری و همکاران (۱۹۹۵) نیز مشاهده کردند که رشد ریشه گاوپنبه (*Abutilon theophrasti*) در مقایسه با تاج خروس واکنش بیشتری به افزایش CO_2 نشان داد. به‌طوری‌که با افزایش CO_2 از ۱۵۰ به ۷۰۰ پی‌پی‌ام رشد ریشه گاوپنبه از ۰/۳۸ گرم به ۱۱/۷ گرم افزایش یافت. چنین تغییراتی در زیست‌توده و رشد ریشه می‌تواند باعث تغییر توانایی رقابتی گونه

Archive of SID

www.SID.ir

گردد. برای مثال بزاز و همکاران (۱۹۸۹) مشاهده کردند که تاج خروس به‌دلیل رشد ریشه بیشتر توانایی رقابتی بیشتری برای منابع زیرزمینی (به‌ویژه نیتروژن) دارد، در حالی‌که با افزایش CO_2 این برتری رقابتی در تاج خروس کاهش یافت.

وزن خشک برگ: تیمارهای آزمایشی تأثیر معنی‌داری در سطح آماری یک درصد بر وزن خشک ریشه نشان دادند (جدول ۱). در حالت کشت خالص با افزایش غلظت CO_2 وزن خشک برگ در ارزن، سویا و سلمه تره افزایش یافت در حالی‌که تاج خروس تغییری نیافت (جدول ۴). در حالت کشت خالص بیشترین افزایش وزن خشک (۴۷/۹ درصد افزایش) مربوط به گونه سویا و پس از آن (۲۹/۵ درصد افزایش) سلمه تره بود. در ارزن وزن خشک برگ ۲۱/۲ درصد افزایش یافت و در تاج خروس افزایش CO_2 تنها باعث ۱/۸ درصد افزایش وزن خشک برگ شد (جدول ۴). در واقع بیشترین افزایش مربوط به گونه‌های سه کربنه بود. زیسکا (۲۰۰۱) نیز مشاهده کرد که در شرایط افزایش غلظت CO_2 وزن خشک برگ و سطح برگ در توق به‌ترتیب ۵۰ و ۳۵ درصد افزایش یافت، در حالی‌که در سورگوم میزان افزایش وزن برگ و سطح برگ به‌ترتیب ۰/۵ و ۲/۴ درصد افزایش یافت. در عین حال با گذشت زمان میزان واکنش در دو گیاه کاهش یافت. روند مشابهی در واکنش پنبه و سورگوم به افزایش غلظت CO_2 مشاهده شد (درنر و همکاران، ۲۰۰۳). به عقیده قانوم و همکاران (۲۰۰۰) برگ‌های جوان گیاهان چهارکربنه واکنش مشابه گیاهان سه کربنه به افزایش CO_2 نشان می‌دهند.

در حالت کشت مخلوط و وجود رقابت واکنش متفاوتی از گیاهان مشاهده شد. در ارزن با افزایش غلظت CO_2 وزن برگ در مجاورت تاج خروس ۱۷/۸ درصد افزایش یافت در حالی‌که در مجاورت سویا و سلمه تره رشد برگ ارزن به‌ترتیب ۲/۷ و۳ /۱۹ درصد کاهش یافت (جدول ۴). همچنین در تاج خروس وزن برگ در مجاورت تمام گونه‌ها به‌ویژه سویا و سلمه تره کاهش یافت. در مقابل در گونه‌های سه کربنه (سلمه تره و سویا) روند متفاوتی مشاهده شد. به‌طوری‌که در مجاورت ارزن و تاج خروس وزن برگ سویا به‌طور قابل توجهی افزایش یافت. همچنین وزن برگ سلمه تره در مجاورت ارزن و تاج خروس افزایش یافت، در حالی‌که وزن برگ سویا در مجاورت سلمه تره و یا برعکس تغییر قابل توجهی نداشت (جدول ۴). در واقع می‌توان نتیجه گرفت که در گونه‌های سه کربنه افزایش غلظت CO_2 باعث افزایش فتوسنتز و رشد برگ شده است. این افزایش باعث افزایش توانایی رقابتی بین گونه‌ای شده و می‌تواند منجر به برتری گیاهان سه کربنه در مقابل چهارکربنه‌ها گردد. در حالی‌که در گونه‌های چهارکربنه با افزایش غلظت CO_2 توانایی رقابتی در برابر گونه‌های سه کربنه کاهش یافته است. واند و همکاران

Archive of SID

www.SID.ir

(۱۹۹۹) با بررسی نتایج آزمایشات مختلف مشاهده کردند که رشد رویشی هر دو گونه‌های سه کربنه و چهارکربنه واکنش مثبتی به افزایش CO_2 نشان می‌دهند، اما میزان واکنش برای گونه‌های سه کربنه به‌طور نسبی بیشتر از چهار کربنه است. همچنین نحوه واکنش گیاهان در شرایط کشت خالص و در حالت کشت مخلوط (وجود رقابت بین گونه‌ای) متفاوت است.

جدول ۴- اثر افزایش غلظت CO_2 بر وزن خشک برگ گونه‌های مختلف*

گونه	وزن برگ (گرم در بوته)		درصد تغییر
	۳۵۰ ppm	۷۰۰ ppm	
ارزن	۱۰/۴۱±۰/۴۰	۱۲/۶۲±۰/۲۹	۲۱/۲
سویا	۶/۲۶±۰/۸۲	۹/۲۶±۰/۴۱	۴۷/۹
تاج خروس	۸/۷۲±۰/۳۱	۸/۸۸±۰/۱۶	۱/۸
سلمه تره	۷/۵۲±۰/۳۹	۹/۷۴±۰/۴۰	۲۹/۵
ارزن (سویا)	۱۰/۰۹±۰/۱۲	۹/۸۲±۰/۱۲	-۲/۷
ارزن (تاج خروس)	۹/۵۵±۰/۴۱	۱۱/۲۵±۰/۱۳	۱۷/۸
ارزن (سلمه تره)	۱۰/۹۸±۰/۱۹	۸/۸۶±۰/۳۸	-۱۹/۳
سویا (تاج خروس)	۴/۹۴±۰/۴۰	۷/۴۸±۰/۰۸	۵۱/۴
سویا (سلمه تره)	۵/۲۴±۰/۲۰	۵/۸۲±۰/۱۳	۱۱/۱
سویا (ارزن)	۵/۱۴±۰/۰۸	۷/۸۴±۰/۱۸	۵۲/۶
تاج خروس (ارزن)	۷/۷۰±۰/۲۱	۷/۰۲±۰/۱۰	-۸/۸
تاج خروس (سویا)	۶/۸۶±۰/۳۲	۵/۹۳±۰/۱۱	-۱۳/۶
تاج خروس (سلمه تره)	۷/۹۰±۰/۳۷	۷/۱۲±۰/۶۴	-۹/۹
سلمه تره (ارزن)	۴/۹۱±۰/۲۸	۶/۶۱±۰/۱۱	۳۴/۶
سلمه تره (سویا)	۷/۲۰±۰/۳۵	۶/۹۶±۰/۱۱	-۳/۳
سلمه تره (تاج خروس)	۶/۰۹±۰/۵۵	۸/۰۴±۰/۲۱	۳۲/۰
LSD	۰/۲۵۶		

* در کشت‌های مخلوط صفت موردنظر برای گونه خارج از پرانتز، ذکر شده است. مقادیر بعد از میانگین‌ها نشان‌دهنده خطا استاندارد است.

وزن خشک ساقه: در این آزمایش تیمارهای تأثیر معنی‌داری بر وزن خشک ساقه در سطح ۱٪ نشان دادند (جدول ۱). وزن ساقه گونه‌های ارزن، سویا، تاج خروس و سلمه تره در حالت کشت خالص به‌ترتیب ۱/۹، ۴۲/۲، ۳/۴ و ۱۵/۶ درصد با افزایش غلظت CO_2، افزایش یافت. در حالت کشت مخلوط وزن ساقه ارزن در مجاورت سویا تغییر قابل توجهی نشان نداد، اما در مجاورت تاج خروس ۱۳ درصد افزایش و در مجاورت سلمه تره ۱۵ درصد کاهش یافت (جدول ۵). این امر نشان می‌دهد که توانایی رقابتی ارزن در برابر تاج خروس افزایش و در مجاورت سلمه تره کاهش یافته است.

Archive of SID

www.SID.ir

وزن ساقه سویا در مجاورت ارزن و تاج خروس به‌ترتیب ۷۶ و ۶۹ درصد افزایش یافت (جدول ۵) که نشان دهنده استفاده بیشتر سویا در مقایسه با این دو گونه از افزایش غلظت CO_2 است. وزن ساقه سویا در مجاورت سلمه تره تغییرات کمتری نشان داد و به‌طور جزیی کاهش یافت. وزن ساقه تاج خروس در مجاورت، ارزن، سویا و سلمه تره به‌ترتیب ۱۱، ۱۲ و ۱۵ درصد کاهش یافت. این نتایج نشان می‌دهد با وجودی‌که ارزن و تاج خروس هردو جزء گیاهان چهارکربنه می‌باشند، اما با افزایش غلظت CO_2، ارزن قادر است سرعت فتوسنتز و رشد خود را افزایش دهد. به‌عبارت دیگر گیاه ارزن واکنش مثبت به افزایش CO_2 نشان می‌دهد. با افزایش غلظت CO_2 وزن ساقه سلمه تره در مجاورت ارزن، سویا و تاج خروس به‌ترتیب ۱۹، ۵ و ۲۶ درصد افزایش یافت. میشرا و همکاران (۱۹۹۹) نشان دادند که با افزایش غلظت CO_2 وزن خشک ساقه در گونه‌های مختلف براسیکا به‌طور معنی‌داری افزایش یافت. نتایج مشابهی نیز توسط پورتر (۱۹۹۳)، اینسورت و لانگ (۲۰۰۵)، کولاتز و همکاران (۱۹۹۸) و گزارش شده است.

جدول ۵- اثر افزایش غلظت CO_2 بر وزن خشک ساقه گونه‌های مختلف*

گونه	وزن ساقه (گرم در بوته)		درصد تغییر
	۳۵۰ ppm	۷۰۰ ppm	
ارزن	۸/۸۵±۰/۱۲	۹/۰۲±۰/۳۳	۱/۹
سویا	۴/۹۳±۰/۱۲	۷/۰۱±۰/۲۳	۴۲/۲
تاج خروس	۱۷/۹۲±۰/۲۱	۱۸/۵۳±۰/۷۷	۳/۴
سلمه تره	۱۷/۸۷±۰/۱۶	۲۰/۶۶±۰/۸۵	۱۵/۶
ارزن (سویا)	۷/۲۹±۰/۲۲	۷/۰۸±۰/۱۹	-۲/۹
ارزن (تاج خروس)	۷/۸۱±۰/۱۵	۸/۸۱±۰/۰۹	۱۲/۸
ارزن (سلمه تره)	۷/۹۸±۰/۰۵	۶/۷۸±۰/۴۴	-۱۵/۰
سویا (تاج خروس)	۳/۰۸±۰/۱۲	۵/۴۲±۰/۳۱	۷۶/۰
سویا (سلمه تره)	۳/۹۲±۰/۰۷	۳/۵۱±۰/۴۵	-۱۰/۵
سویا (ارزن)	۳/۷۴±۰/۱۸	۶/۳۴±۰/۴۷	۶۹/۵
تاج خروس (ارزن)	۱۳/۸۱±۰/۱۵	۱۲/۲۱±۰/۲۱	-۱۱/۶
تاج خروس (سویا)	۱۵/۲۹±۰/۳۸	۱۳/۳۸±۰/۷۲	-۱۲/۵
تاج خروس (سلمه تره)	۱۴/۳۵±۰/۳۷	۱۲/۲۰±۰/۳۵	-۱۵/۰
سلمه تره (ارزن)	۱۵/۸۹±۰/۰۸	۱۸/۹۶±۰/۵۵	۱۹/۳
سلمه تره (سویا)	۱۷/۸۵±۰/۰۷	۱۸/۶۹±۰/۱۹	۴/۷
سلمه تره (تاج خروس)	۱۵/۴۷±۰/۳۱	۱۹/۴۵±۰/۶۰	۲۵/۷
LSD	۰/۶۱۰		

*در کشت‌های مخلوط صفت مورد نظر برای گونه خارج از پرانتز، ذکر شده است. مقادیر بعد از میانگین‌ها نشان‌دهنده خطا استاندارد است.

Archive of SID

www.SID.ir

نسبت ریشه به اندام‌های هوایی: نسبت ریشه به اندام‌های (R/S) با افزایش غلظت CO_2 در بیشتر موارد کاهش یافت (جدول ۶). در کشت خالص در ارزن، سویا و سلمه تره به ترتیب ۱۱، ۱۶ و ۳ درصد کاهش یافت و در تاج خروس تغییر قابل توجهی نیافت. در بین تیمارهای کشت مخلوط نیز در کلیه موارد نسبت R/S کاهش یافت. تنها استثنا در این رابطه تاج خروس و ارزن بود. در شرایط کشت ارزن در مجاورت سلمه تره نسبت R/S حدود ۱۱ درصد افزایش یافت. همچنین در کشت تاج خروس در مجاورت ارزن، سویا و سلمه تره نسبت R/S به‌ترتیب ۱۲، ۹ و ۶ درصد افزایش یافت (جدول۶).

جدول ۶- اثر افزایش غلظت CO_2 بر نسبت ریشه به اندام‌های هوایی (R/S) گونه‌های مختلف*.

گونه	وزن برگ (گرم در بوته)		درصد افزایش
	۳۵۰ ppm	۷۰۰ ppm	
ارزن	۰/۳۰±۰/۰۱۲	۰/۲۷±۰/۰۰۹	-۱۰/۸
سویا	۰/۳۴±۰/۰۱۳	۰/۲۸±۰/۰۱۱	-۱۶/۰
تاج خروس	۰/۳۳±۰/۰۱۳	۰/۳۳±۰/۰۱۴	۰/۹
سلمه تره	۰/۱۷±۰/۰۰۶	۰/۱۶±۰/۰۲۲	-۳/۴
ارزن (سویا)	۰/۳۰±۰/۰۱۲	۰/۳۱±۰/۰۰۵	۲/۳
ارزن (تاج خروس)	۰/۳۲±۰/۰۱۳	۰/۲۷±۰/۰۰۴	-۱۴/۷
ارزن (سلمه تره)	۰/۲۵±۰/۰۱۰	۰/۲۸±۰/۰۱۳	۱۱/۴
سویا (تاج خروس)	۰/۳۲±۰/۰۱۵	۰/۳۰±۰/۰۰۷	-۱۹/۸
سویا (سلمه تره)	۰/۳۲±۰/۰۱۳	۰/۳۴±۰/۰۰۸	۴/۲
سویا (ارزن)	۰/۳۵±۰/۰۱۳	۰/۲۴±۰/۰۰۹	-۲۴/۹
تاج خروس (ارزن)	۰/۳۱±۰/۰۱۳	۰/۳۵±۰/۰۰۹	۱۲/۲
تاج خروس (سویا)	۰/۲۹±۰/۰۱۱	۰/۳۲±۰/۰۱۱	۹/۳
تاج خروس (سلمه تره)	۰/۲۴±۰/۰۰۹	۰/۲۶±۰/۰۱۷	۶/۵
سلمه تره (ارزن)	۰/۱۶±۰/۰۰۶	۰/۱۵±۰/۰۱۰	-۱۱/۵
سلمه تره (سویا)	۰/۱۵±۰/۰۰۶	۰/۱۴±۰/۰۰۵	-۴/۹
سلمه تره (تاج خروس)	۰/۱۵±۰/۰۰۶	۰/۱۵±۰/۰۰۱	۰/۲
LSD	۰/۰۱۶		

*در کشت‌های مخلوط صفت موردنظر برای گونه خارج از پرانتز، ذکر شده است. مقادیر بعد از میانگین‌ها نشان‌دهنده خطا استاندارد است.

Archive of SID

www.SID.ir

بنابراین به‌نظر می‌رسد با افزایش غلظت CO_2 تسهیم مواد پرورده بین اندام‌های هوایی و ریشه تغییر یافته و نسبت R/S کاهش می‌یابد. در عین در گیاهان چهار کربنه در شرایط رقابت بین گونه‌ای نسبت R/S افزایش می‌یابد. این نشان می‌دهد که در این شرایط با افزایش غلظت CO_2 رقابت برای منابع هوایی (نور و CO_2) به نفع گونه‌های مجاور بوده و در نتیجه رشد اندام‌های هوایی بیشتر کاهش می‌یابد. در حالی‌که در رابطه با منابع زیرزمینی (آب و نیتروژن) گیاهان چهار کربنه با افزایش غلظت CO_2 همچنان توانایی رقابتی بالایی داشته و در نتیجه وزن ریشه‌ها کمتر تحت تأثیر قرار می‌گیرند و بنابراین نسبت R/S افزایش می‌یابد.

عملکرد نسبی گیاه: مقایسه عملکرد نسبی گیاه (PRY) به‌عنوان شاخصی از توانایی رقابتی در گونه‌های مختلف نشان داد که با افزایش غلظت CO_2 توانایی رقابتی سویا در مقابل ارزن و تاج خروس افزایش یافت، در حالی‌که در مقابل سلمه تره کاهش یافت (جدول ۷). همچنین توانایی رقابتی ارزن در برابر سویا و سلمه تره کاهش و در برابر تاج خروس افزایش یافت. توانایی رقابتی تاج خروس 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 (جدول ۷). به‌طور کلی نتایج نشان می‌دهد که 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. بین گیاهان چهار کربنه ارزن واکنش بیشتری به افزایش CO_2 نشان داد و در نتیجه توانایی رقابتی آن در برابر تاج خروس افزایش یافت، به شکلی مشابه سویا در مقایسه با سلمه تره واکنش بیشتری به افزایش غلظت CO_2 نشان داد و در نتیجه توانایی رقابتی سویا در برابر سلمه تره افزایش یافت (جدول ۷).

نتایج مشابهی از برتری توانایی رقابتی گیاهان سه کربنه با افزایش غلظت CO_2 گزارش شده است. 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 می‌یابد. بزاز و همکاران (۱۹۸۹) نیز نشان دادند که توانایی رقابتی گیاهان سه کربنه با افزایش CO_2، افزایش می‌یابد، در حالی‌که در چهار کربنه‌ها کاهش می‌یابد.

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ۷- عملکرد نسبی گیاه (PRY) برای چهار گونه ارزن، سویا، تاج خروس و سلمه تره در دو غلظت CO_2 معمولی (۳۵۰ پی‌پی‌ام) و افزایش یافته (۷۰۰ پی‌پی‌ام) (مقادیر بر اساس وزن خشک اندام‌های هوایی محاسبه شده است).

گونه	در رقابت با	PRY در ۳۵۰ppm	PRY در ۷۰۰ppm	درصد تغییر
ارزن	سویا	۰/۹۰۲	۰/۷۸۱	-۱۵/۵
ارزن	تاج خروس	۰/۹۰۱	۰/۹۲۷	۲/۸
ارزن	سلمه تره	۰/۹۸۴	۰/۷۲۳	-۳۶/۲
سویا	ارزن	۰/۷۹۴	۰/۸۷۲	۸/۹
سویا	تاج خروس	۰/۷۱۷	۰/۷۹۳	۹/۶
سویا	سلمه تره	۰/۸۱۹	۰/۵۷۳	-۴۲/۷
تاج خروس	ارزن	۰/۸۰۷	۰/۷۲۳	-۱۱/۷
تاج خروس	سویا	۰/۸۳۱	۰/۷۲۸	-۱۴/۶
تاج خروس	سلمه تره	۰/۸۳۵	۰/۷۲۶	-۱۵/۰
سلمه تره	ارزن	۰/۸۱۹	۰/۸۴۱	۲/۶
سلمه تره	سویا	۰/۹۸۷	۰/۸۴۴	-۱۶/۹
سلمه تره	تاج خروس	۰/۸۴۹	۰/۹۰۴	۶/۱
میانگین		۰/۸۵۴	۰/۷۸۶	

نتیجه‌گیری

به‌طور کلی نتایج این آزمایش نشان داد که با افزایش غلظت CO_2 رشد رویشی گیاهان سه کربنه سویا و سلمه تره افزایش یافت. این افزایش رشد در اندام‌های هوایی بیش از ریشه بوده، در نتیجه نسبت ریشه به اندام‌های هوایی در این گیاهان در شرایط CO_2 بالا، کاهش یافت. گیاه ارزن در مقایسه با تاج خروس واکنش بیشتری به افزایش CO_2 نشان داد. در نتیجه این امر توانایی رقابتی (براساس PRY) گیاهان سویا و سلمه تره در مقایسه با تاج خروس و ارزن افزایش یافت. این امر نشان می‌دهد که در آینده با افزایش غلظت CO_2 گیاهان سه کربنه توانایی رقابتی بیشتری در برابر علف‌های هرز چهار کربنه خواهند داشت (البته لازم است 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 علف‌های هرز سه کربنه کاهش می‌یابد. علاوه بر این با توجه به تغییر برهمکنش علف هرز- گیاه زراعی در این

Archive of SID

www.SID.ir

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 Long, S.P. 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 Phytol. 165: 351-372.

Bazzaz, F.A., Garbutt, K Reekie, E.G., and Williams, W.E. 1989. Using growth analysis to interpret competition between a C_3 and a C_4 annual under ambient and elevated CO_2. Oecologia 79: 223-235.

Cave, G., Tolley, L.C., and Strain, B.R. 1981. Effect of carbon dioxide enrichment on chlorophyll content, starch content and starch grain structure in Trifolium subterraneum leaves. Physiol. Plant. 51: 171-174.

Chen, D.X., Hunt, H.W., and Morgan, J.A. 1996. Responses of a C_3 and C_4 perennial grass to CO_2 enrichment and climate change: Comparison between model predictions and experimental data. Ecol. Model. 87: 11-27.

Collatz, G.J., Berry, J.A., and Clark, J.S. 1998. Effects of climate and atmospheric CO_2 partial pressure on the global distribution of C_4 grasses: present, past, and future. Oecologia. 114: 441-454.

Derner, J., Polley, H.W., Johnson, H.B., and Tischler, C.R. 2001. Root system response of C_4 grass seedling to CO_2 and soil water. Plant Soil. 231: 97-104.

Derner, J., Johnson, H., Kimball, B.A., Pinter, P.J., Polley, H.W., Tishler, C.R., Otman, R.L., Matthias, A.D., and Brooks, T.J. 2003. Above and below ground responses of C_3-C_4 species mixtures to elevated CO_2 and soil water availability. Global Change Biol. 9: 452-460.

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

Duke, S.O. 1985. Weed Physiology. CRC Press. Boca Raton, Florida.

Ghannoum, O., Von Caemerer, S., Ziska, L.H., and Conroy, J.P. 2000. The growth response of C_4 plants to rising atmosphere CO_2 partial pressure: a reassessment. Plant Cell Environ. 23: 931-942.

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 Sci. 38:113-121.

Heinemann, A.B., Maia, H.N., Dourado-Neto, A.D., Ingram, K.T., and Hoogenboom, G. 2005. Soybean (*Glycine max* L. Merr.) growth and development response to CO_2 enrichment under different temperature regimes. Europ. J. Agron. 24: 52-61.

Archive of SID

www.SID.ir

Houghton, J.T., Meira Filho, L.G., Callander, B.A., Harris, N., Kattenberg A., and Maskell, K. 1996. Climate change. The science of climate change: Contribution of working group I to the second assessment report of the intergovernmental panel on climate change. Cambridge, England: Cambridge University Press. 432p.

Jaggard, K.W., Qi, A., and Ober, E.S. 2010. Possible changes to arable crop yields by 2050. Phil. Trans. R. Soc. B. 365: 2835-2851.

Jongen, M., and Jones, M.B. 1998. Effects of elevated CO_2 on plant biomass production and competition in a simulated neutral grassland community. Ann. Bot. 82: 111-123.

Keeling, C.D., and Whorf, T.P. 2001. Atmospheric CO_2 records from sites in the SIO air sampling network, in: Trends: A Compendium of Data on Global Changes, Carbon Dioxide Inf. Anal. Cent., Oak Ridge Natl. Lab., U.S. Dep. of Energy, Oak Ridge, Tenn.

Kimball, B.A. 1983. Carbon dioxide and agricultural yield: An assemblage and analysis of 430 prior observations. Agron. J. 75: 779–788.

Kimball, B.A. 1993. Ecology of crops in changing CO2 concentration. J. Agric. Meteorol. 48: 559-566.

Macias, F.A., Lopez, A., Varela, R.M., Torres, A., and Molinillo, J.M.G. 2004. Bioactive *Apocarotenoids annuionones* F., and G: structural revision of a*nnuionones* A.B., and E. Phytochem. 65: 3057-3063.

McDonald, A., Riha, S. DiTommaso, A. DeGaetano, A. 2009. Climate change and the geography of weed damage: Analysis of U.S. maize systems suggests the potential for significant range transformations. Agric. Ecosys. Environ. 130: 131-140.

Mishra, R.S., Abdin, M.Z., and Uprety, D.C. 1999. Interactive effects of elevated CO_2 and moisture stress on the photosynthesis, water relation and growth of *Brassica* species. J. Agron. Crop Sci. 182: 223-229.

Naidu, V.S., and Varshney, J.G. 2011. Interactive effect of elevated CO_2, drought and weed competition on carbon isotope discrimination in wheat (*Triticum aestivum*) leaves. Indian J. Agric. Sci. 81: 1026-1029.

Patterson, D.T., and Flint, E.P. 1980. Potential effects of global atmospheric CO_2 enrichment on the growth and competitiveness of C_3 and C_4 weed and crop plants. Weed Sci. 28: 71-75.

Pimentel, D., McNair, S., and Janecka, J. 2001. Economic and environmental threats of alien plant, animal, and microbe invasions. Agric. Ecol. Environ. 84: 1-20.

Pinter, P.J., Idso, S.B., Hendrix, D.L., Rokey, R.R. Rauschkolb, R.S. Mauney, J.R. Kimball, B.A., Hendrey, G.R., Lewin, K.F., and Nagy, J. 1993. Effect of free-air CO_2 enrichment on the chlorophyll content of cotton leaves. Agric. For. Meteorol. 70-163-169.

Archive of SID

www.SID.ir

Poorter, H. 1993. Interspecific variation in the growth response of plants to an elevated ambient CO_2 concentration. In: J. Rozema, H. Lambers, S., Van de Geijn, and M.L., Cambridge (Eds.). CO_2 and Biosphere. Kluwer Acacemic Publishers, Dordrecht, Netherlands.

Poorter, H., and Navas, M.L. 2003. Plant growth and competition at elevated CO_2: on winers, losers and functional groups. New Phytoil. 157: 175-198.

Prestidge, R.A., and Pottinger, R.P. 1990. The impact of climate change on pests, diseases, weeds and beneficial organisms present in New Zealand Agricultural and horticultural systems. Hamilton: MAF Technol.

Pritchard, S.A., Prior, H., Rogers, H., Davis, M.A., Runion, G.B., and Popham, T.W. 2006. Effects of elevated atmospheric CO_2 on root dynamics and productivity of sorghum grown under conventional and conservation agricultural management practices. Agric. Ecol. Environ. 113: 175-183.

Vajan, M., Ratnakumar, P., Vegheera P., Jyothi, M., Raghuram P., Mahashwari, M., and Yadav, S.K. 2006. Initial growth responces of blackgram (*Vigna mungo*) under elevated CO_2 and moisture stress. Plant Soil Environ. 52: 499-504.

Vajan, M., Yadav, S.K., Archana, G., Jyothi, Lalshmi, N.J., Reddy, P.R., Vagheera, P., Maheswari, M., and Venkateswarlu, B. 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.

Wand, S.J.E., Midgley, G.F., Jones, M.H., and Curtis, P.S. 1999. Using growth analysis to interpret competition between a C_3 and a C_4 annual under ambient and elevated CO_2. Global Change Biol. 5: 723-741.

Ziska, L.H. 2000. The impact of elevated CO_2 on yield loss from a C_3 and C4 weed in field-grown soybean. Global Change Biol. 6: 899-905.

Ziska, L.H. 2001. Changes in competitive ability between a C_4 crop and a C_3 weed with elevated carbon dioxide. Weed Sci. 49: 62-627.

Ziska, L.H. 2003. Evaluation of the growth response of six invasive species to past, present and future atmospheric carbon dioxide. J. Exp. Bot. 54: 395-404.

Ziska, L.H., Bunce, J.A., Caulfield, F. 1998. Intraspecific variation in seed yield of soybean (*Glycine max*) in response to increased atmospheric carbon dioxide. Aust. J. Plant Physiol. 25: 801-807.

Ziska, L.H., Reeves, J.B., and Blank, B. 2005. The impact of recent increases in atmospheric CO_2 on biomass production and vegetative retention of cheat grass (*Bromus tectorum*): Implication for fire disturbance. Global Change Biol. 11: 1325-1332.

Archive of SID

www.SID.ir

EJCP., Vol. 5 (1): 1-18
ejcp.gau@gmail.com

Effect of CO_2 enrichment on growth and competitiveness of soybean and millet against lambs quarters and pigweed

***H.R. Miri[1] and A. Rastegar[2]**
[1]Assistant Prof., Islamic Azad University, Arsanjan Branch,
[2]Graduated Student, Islamic Azad University, Arsanjan Branch
Received: 2011-7-25; Accepted: 2012-2-18

Abstract

In order to study the effects of CO_2 enrichment on growth and competitiveness of soybean (*Glycine max*) and millet (*Panicum miliaceum*) against redroot pigweed (*Amaranthus retroflexus*) and lambsquarter (*Chenopodium albam*) an experiment was conducted using two CO_2 concentrations (350 and 700 ppm). For evaluating effects of CO_2 variation on inter-and intra-specific competition plants were grown in monoculture and intercropping in greenhouse as factorial experiment based on the completely randomized design. The results indicated that with increasing CO_2, chlorophyll index increased in all species but in average higher increase observed in C_3 plants in mixture (20% increase) compare to C_4 plants (12% increase). By increasing CO_2 concentration root weight, leaf weight and stem weight in C_3 species increased 0.75, 2.61 and 2.43 g respectively while, in C_4 species these values were 0.04, 1.18 and 0.40 g respectively. Shoot dry weight of C_4 species decreased in competition with C_3 in high CO_2 concentration. Comparison of plants PRY indicated that by increasing CO_2 concentration soybean PRY increased by 8.9 and 9.6 against millet and pigweed respectively while, millet PRY decreased against C_3 plants. This means that competition interaction of crop-weed could be affected by variation of CO_2 in environment.

***Keywords*:** CO_2 enrichment; Competition; Weeds; Photosynthesis pathway

*Corresponding author; Email: hmiri2000@yahoo.com

Archive of SID
www.SID.ir