نشریه پژوهشهای زراعی ایران
جلد ۹، شماره ۳ ، سال ۱۳۹۰، ص ۳۶۷-۳۵۶

Iranian Journal of Field Crops Research
Vol. 9, No. 3, 2011, p. 356-367

بررسی اثر افزایش غلظت Co_2 بر رقابت بین گونه‌های زراعی و علف‌های هرز C_3 و C_4 در شرایط گلخانه ای

سپیده انورخواه[۱*] - علیرضا کوچکی [۲]- مهدی نصیری محلاتی [۳]

تاریخ دریافت: ۱۳۸۸/۳/۲
تاریخ پذیرش: ۱۳۸۸/۸/۳۰

چکیده

با توجه به این که کشاورزی هم منبع و هم مخزن گازهای گلخانه ای است و گیاهان در پاسخ به افزایش غلظت CO_2 واکنش‌های مختلفی از خود نشان می‌دهند، آزمایشی با هدف بررسی تأثیر افزایش غلظت CO_2 بر قابلیت رقابت گونه‌های زراعی و علف‌های هرز، در سال ۱۳۸۵ در گلخانه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملا تصادفی در سه تکرار انجام شد. فاکتورهای مورد مطالعه شامل دو سطح غلظت CO_2 شامل۳۶۰ ppm (طبیعی) و ۷۰۰ ppm (افزایشی) و ترکیب‌های مختلف کشت گونه‌های زراعی (ارزن و سویا) و علف‌های هرز (تاج‌خروس و سلمه) C_3 و C_4 اعم از کشت خالص و کشت مخلوط گونه ها بودند. با افزایش غلظت CO_2، طول ریشه در ارزن در مقایسه با غلظت طبیعی CO_2 افزایش اما در سایر گونه ها کاهش نشان داد و وزن خشک ریشه در هریک از ترکیب‌های کشت در شرایط افزایش غلظت CO_2 نسبت به شرایط غلظت طبیعی این گاز کاهش نشان داد. در شرایط افزایش غلظت CO_2، سطح برگ و وزن خشک برگ در ارزن در مقایسه با غلظت طبیعی CO_2 افزایش و در سایر گونه ها کاهش نشان داد. میزان کلروفیل در مقایسه با غلظت طبیعی CO_2 در علف هرز سلمه افزایش، اما در تاج‌خروس، ارزن و سویا کاهش نشان داد.

واژه‌های کلیدی : افزایش غلظت CO_2، گونه‌های C_3 و C_4، رقابت، *Panicum miliaceum*، *Glycine max* L. Merr.، *Amaranthus retroflexus* و *Chenopodium album*

مقدمه

در دو قرن اخیر با رشد جمعیت و افزایش فعالیت‌های صنعتی، مقدار قابل ملاحظه ای گازهای دی اکسید کربن، متان، کلرو فلورو کربن، اکسیدهای نیترو و ازن تروپوسفری به موجودی گازهای طبیعی در جو اضافه شده است (۶ و ۱۷). کشاورزی هم منبع و هم مخزن گازهای گلخانه ای [۴](GHGs) است (۵). بیش از ۹۷ درصد غذای دنیا در بوم‌نظام‌های خشکی تولید می‌شود و در این بوم‌نظام ها عملیات فشرده کشاورزی نیز موجب انتشار گازهای گلخانه ای شده است (۱۲). یکی از مهم ترین گازهای گلخانه ای که توسط انسان به درون جو رها می‌شود گاز CO_2 است (۶). گیاهان در پاسخ به افزایش غلظت CO_2 واکنش‌های مختلفی از خود نشان می‌دهند. این واکنش ها شامل ویژگی‌های رشد و نمو، تغییرات عملکرد، تغییر در نسبت اندام‌های مختلف و به عبارت دیگر تغییر در اختصاص مواد می‌باشد که به خصوصیات گونه‌های گیاهی و مسیر فتوسنتزی آن‌ها بستگی دارد (۱). با افزایش غلظت CO_2، تخصیص ماده خشک به ترتیب در ریشه، ساقه و برگ سویا افزایش یافت (۴). افزایش غلظت گاز CO_2 میزان تثبیت کربن درگیاهان C_3 را افزایش داده و می‌تواند اختصاص کربن به ریشه ها را دچار تغییر کند (۱۴). غلظت CO_2 اتمسفری می‌تواند فرآیندهای زیرخاک رابه شدت تحت تأثیر قراردهد و موجب واکنش پیچیده ای در بوم‌نظام شود (۱۴). ولف (۳۴)، بیان کرد که افزایش غلظت CO_2 اتمسفری موجب افزایش سرعت و میزان فتو سنتز و توقف تنفس نوری در اغلب گیاهان می‌شود. در مطالعاتی که در آن ها گونه های C_3 و C_4 در رقابت مستقیم با یکدیگر رشد کرده‌اند همواره افزایش غلظت CO_2 منجر به رشد و نمو گونه های C_3 در مقایسه با گونه‌های C_4، به شکلی مناسب شده است (۴). در اثر افزایش غلظت CO_2، گیاهان C_3، تولید خالص اولیه بیشتری نسبت به گیاهان C_4 نشان می‌دهند (۸). افزایش غلظت CO_2 موجب

۱، ۲ و ۳- به ترتیب دانشجوی دکتری اکولوژی و استادان گروه زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد
(*- نویسنده مسئول: (Email: sa_sah_sa25@yahoo.com

4- Green house Gases

افزایش فتوسنتز درگیاهان سه کربنه فراهمی بیشتر مواد پرورده می‌شود (۲). در آزمایشی (۱۶) مشاهده شد که افزایش غلظت CO_2 در کوتاه مدت موجب افزایش عملکرد سویا شد. در آزمایش الیس و همکاران (۱۳)، افزایش CO_2 به‌وضوح اثر تحریک کنندگی بر ظهور دانه بقولات (C_3) داشت اما بر سورگوم (C_4) بی تأثیر بود. افزایش غلظت CO_2، وزن غلاف ها، بذرها و ساقه ها را در سویا افزایش داد اما اثری بر تعداد بذر نداشت (۱۶). مطالعات ماراکو و همکاران (۲۰) روی ذرت نشان داد که افزایش غلظت CO_2 اتمسفری اثر بسیار مثبتی بر تولید ذرت (C_4)، خصوصاً درمناطق خشک که رطوبت خاک برای تولید گیاهان زراعی C_3 کافی و مناسب نیست، داشت. مطالعات وارد و همکاران (۳۳) بر روی گونه های C_3 و C_4 نشان داد که اغلب افزایش فتوسنتز در اثر افزایش غلظت CO_2 موجب افزایش وزن خشک کلی گیاه در گونه های C_3 شد اما در گونه‌های C_4 تغییری مشاهده نشد.

مطالعات انجام شده روی گندم نشان داد که افزایش غلظت CO_2 می‌تواند باعث افزایش یا کاهش نسبت ریشه به اندام هوایی شود که این امر به مقادیر بهینه یا محدود مواد غذایی بستگی دارد (۳۴). آزمایش زواره و همکاران (۱)، روی کنجد نمایانگر این مطلب است که افزایش غلظت CO_2 منجر به افزایش ۱۳ درصدی نسبت ریشه به اندام هوایی (R/S [1]) شد. هم چنین افزایش غلظت CO_2 معمولاً کاهش نسبت ریشه به ماده خشک کل (R/TDM)[2] را بعد از رسیدن به حداکثر به تعویق انداخت. ازطرف دیگر، غلظت بالای CO_2 انتقال ماده خشک به ریشه ها را به مدت طولانی تری حفظ نمود (۱).

سیج و همکاران (۲۶)، گزارش نمودند که در سلمه (*Chenopodium.album*)، در بوته های رشد یافته در غلظت بالای CO_2 درمقایسه با بوته های رشد یافته در غلظت کمتر، میزان رابیسکو کاهش یافت. در آزمایشی مشاهده شد که افزایش غلظت CO_2 فعالیت اکسیژنازی رابیسکو (RUBP کربوکسیلاز-اکسیژناز) را در گیاهان C_3 کاهش داد (۲۷).

افزایش غلظت CO_2 باعث افزایش فتوسنتز و تولیدزیست توده در بسیاری از گیاهان C_4 شد. به علاوه افزایش غلظت CO_2 اتمسفری باعث افزایش کارایی مصرف آب درگیاهان C_4 شد که احتمالاً باعث گسترش دامنه زیستگاهی گیاهان C_4 خصوصاً در مناطقی که به دلیل کمبود رطوبت خاک امکان رشد سایر گیاهان وجود ندارد، می‌شود (۳۲).

مطالعه علف‌های هرز C_4 مثل تاج‌خروس (*Amaranthus retroflexus*) و C_3 سلمه (*Chenopodium albam*) نشان داده است که چون با افزایش غلظت CO_2، سرعت رشد و فتوسنتز گونه‌های C_3 افزایش می‌یابد، باعث قدرت رقابتی بیشتر گونه‌های C_3 می‌شود اما در C_4 ها تفاوت چندانی ایجاد نمی شود (۳۶). نسبت زیست توده علف‌های هرز به گیاهان زراعی در شرایط افزایش غلظت CO_2 در مقایسه ایچ گرس (*Rottboellia cochinchinensis*) (C_4) با سویا (*Glycine max* L. Merr.) (C_3) و نیز در مقایسه سوروف (*Echinochloa crus-galli*)، (*Eleusine indica*) و علف خرچنگ (*Digitaria*. sp) (همگی C_4) با سویا (*Glycine max* L. Merr.) (C_3) کاهش یافت (۴).

برآیند رقابت گیاه زراعی و علف‌های هرز در افزایش غلظت CO_2 در مسیرهای فتوسنتزی مختلف، به جای اینکه به وسیله اختلاف در واکنش های فتو سنتزی تعیین شود احتمالاً به وسیله عوامل مؤثر بر نمو گیاه تعیین می‌شود (۴).

افزایش غلظت CO_2 اتمسفری، پاسخ‌های متفاوتی را در گیاهان C_3 و C_4 در پی دارد و بنابراین تعادل رقابتی بین این گونه ها در آینده تغییر خواهد کرد. تغییر در رقابت بین گونه ها موجب تغییر در سطح فرآیندهای بوم‌نظام نظیر تبادل گاز و تغییر در چرخه کربن و نیتروژن می‌شود (۱۲). به‌نظر می‌رسد در نهایت با افزایش غلظت CO_2 اتمسفری، در بسیاری از گیاهان، تغییرات شکل زندگی و پراکندگی جغرافیایی بروز خواهد کرد (۸).

هدف از این آزمایش بررسی اثر افزایش غلظت CO_2 بر رقابت گونه‌های زراعی و علف‌های هرز C_3 و C_4، در شرایط گلخانه ای بود.

مواد و روش ها

این آزمایش به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملا تصادفی با سه تکرار در گلخانه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد در سال زراعی ۸۶-۱۳۸۵ اجرا شد.

فاکتورهای آزمایشی عبارت بودند از ۱- دو سطح غلظت CO_2 شامل غلظت معمولی (۳۶۰ppm و غلظت دو برابر ۷۰۰ppm و ۲- مخلوط‌های مختلف گونه‌های زراعی و علف‌های هرز C_3 و C_4. گیاهان مورد مطالعه عبارت بودند از : ارزن پروسو (*Panicum miliaceum*) به‌عنوان گیاه زراعی C_4، سویا (*Glycine max* L.) به‌عنوان گیاه زراعی C_3، تاج‌خروس (*Amaranthus retroflexus*) به‌عنوان علف هرز C_4 و سلمه (*Chenopodium album*) به‌عنوان علف هرز C_3 برای سادگی روند اندازه گیری ها ازرقم رشد محدود سویا (رقم سحر) استفاده شد. تیمار CO_2 از طریق کپسول حاوی این گاز در گلخانه از مرحله ۵-۴ برگی تا انتهای رشد، اعمال شده و غلظت CO_2 توسط رایانه گلخانه کنترل شد.

تیمار ترکیب‌های مختلف کشت

آزمایش در جعبه‌های‌ی به ابعاد ۴۵×۳۵×۳۰ cm در مخلوط خاک و کود گاوی پوسیده به نسبت ۴:۱ انجام شد که به علت

1- Root/Shoot
2- Root / Total Dry Matter

سنگینی خاک مورد استفاده و برای جلوگیری از تشکیل سله، سطح خاک با مالچ (کوکوپیت) پوشانده شد. ترکیب‌های مختلف کشت عبارت بودند از کشت خالص هر گونه به‌منظور ارزیابی رقابت درون گونه ای که در جدول ۱ آورده شده است.

جدول ۱- ترکیب‌های مختلف کشت خالص از هر گونه

تعداد بوته در گونه گیاهی	سه بوته در یک جعبه	دو بوته در یک جعبه
(A) تاج‌خروس	AAA	AA
(C) سلمه	CCC	CC
(P) ارزن	PPP	PP
(G) سویا	GGG	GG

تیمارهای کشت خالص دو بوته ای از تاج‌خروس (AA)، سلمه (CC)، ارزن (PP) و سویا (GG)، به‌عنوان شاهد در نظر گرفته شد و تغییرات سایر تیمارها نسبت به شاهد بررسی گردید. به این ترتیب که با افزایش یک بوته از گونه مشابه با شاهد و یا یک یا دو بوته از گونه رقیب تغییرات خصوصیات مورفولوژیکی و فیزیولوژیکی گونه‌ها مورد ارزیابی قرار گرفت.

جهت ارزیابی رقابت بین گونه‌های زراعی C_3 و C_4 با علف‌های هرز C_3 و C_4 و به‌منظور بررسی تغییرات قدرت رقابتی گونه‌های زراعی و علف‌های هرز در شرایط افزایش غلظت CO_2 محیط، تیمار ترکیب‌های مختلف کشت مخلوط طراحی شد که آرایش آن در جدول ۲ آورده شده است. میانگین دما در طول اجرای آزمایش۷۱ /۲۳ درجه سانتی گراد و میانگین طول روز ۱۴ ساعت بود.

درطی اجرای آزمایش گیاهان از نظر آب و مواد غذایی دچار تنش نبوده و در اواسط مرحله رویشی کود ازت به صورت سرک و در ادامه آزمایش کود گریمور (کود کامل) به میزان ۲ در هزار و هم چنین سم ارتوکس جهت مبارزه با آفات به میزان ۲ در هزار استفاده شد.

نمونه گیری ها طی دو مرحله، به ترتیب انتهای مرحله رویشی و انتهای مرحله زایشی انجام شد.

صفات مورد بررسی

صفات اندازه گیری شده در هر مرحله نمونه‌گیری عبارت بودند از میزان کلروفیل برگ ها، از سه برگ انتهایی ساقه برای پهن برگ‌ها و در مورد ارزن، از سه برگ زیر برگ پرچمی که کاملاً از غلاف خارج شده بودند؛ با استفاده از دستگاه کلروفیل متر مدل SPAD-502 اندازه‌گیری شد. سپس کلیه برگ ها از بوته ها جدا شده و سطح برگ هر بوته با کمک دستگاه سطح برگ سنج (Leaf Area Meter) اندازه گیری شد.

جدول۲- ترکیب‌های مختلف کشت و نسبت گونه ها در مخلوط

گونه علف هرز	(C) سلمه		(A) تاج‌خروس	
گونه زراعی				
(P)	PCC	PPC	PAA	PPA
ارزن	۱:۲	۲:۱	۱:۲	۲:۱
(G)	GCC	GGC	GAA	GGA
سویا	۱:۲	۲:۱	۱:۲	۲:۱

پس از خارج کردن گیاه از خاک و شستشوی ریشه ها، طول آن‌ها با کمک خط‌کش اندازه گیری شد. جهت اندازه‌گیری طول ریشه برای ارزن که دارای ریشه‌های افشان می‌باشد، طول بلندترین تار ریشه به‌عنوان طول کل ریشه در نظر گرفته شد و برای سایر گونه ها که دارای ریشه‌های اصلی و راست هستند طول ریشه اصلی به‌عنوان طول کل ریشه در نظر گرفته شد.

برای اندازه گیری وزن خشک برگ‌ها و ریشه‌ها، نمونه‌ها به آون با دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۴۸ ساعت منتقل شده و پس از خروج از آون هریک از بخش ها جداگانه توزین شدند.

برای تجزیه آماری داده ها ازنرم افزار MINITAB و برای رسم نمودارها از نرم افزار EXCEL استفاده شد.

نتایج و بحث

اثر افزایش غلظت CO_2 بر طول ریشه

با توجه به شکل (الف-۱)، در شرایط افزایش غلظت CO_2، در ترکیب PCC، افزایش تراکم سلمه در برابر ارزن احتمالاً افزایش اثر دگرآسیبی (۱۱) سلمه، بر ارزن و کاهش بیشتر طول ریشه در ارزن را نسبت به شاهد (PP) به همراه داشت اما در همین شرایط، احتمالاً به دلیل اثرات مثبت افزایش غلظت CO_2 بر ارزن به‌عنوان گونه C4، توان رقابتی آن در مقابل سلمه افزایش یافته و در نتیجه طول ریشه ارزن در شرایط افزایش غلظت CO_2 در مقایسه با غلظت طبیعی CO_2 افزایش یافت.

با افزایش تراکم سلمه و کاهش تراکم ارزن از قدرت رقابتی ارزن کاسته شده و طول ریشه نسبت به غلظت طبیعی CO_2، کم تر شد. در ترکیب PAA، احتمالاً به دلیل اثرات مثبت افزایش غلظت CO_2 بر ارزن، توان رقابتی آن در مقابل تاج‌خروس افزایش یافته و طول ریشه آن در مقایسه با غلظت طبیعی افزایش پیدا کرد. با توجه به ترکیب PPP، با افزایش غلظت CO_2 طول ریشه ارزن در مقایسه با غلظت طبیعی افزایش یافت که می‌تواند به دلیل اثرات مثبت افزایش غلظت CO_2 بر ارزن و به طور کلی افزایش رشد اندام‌های آن باشد.

با توجه به شکل (ب-۱)، در ترکیب CCG، با افزایش تراکم علف‌هرز سلمه در مقابل سویا چون ریشه‌های سلمه گسترده‌تر و

حجیم‌تر از سویا هستند، اجازه رشد کافی به سویا داده نشد و علاوه بر آن احتمالاً سلمه به علت دارا بودن خاصیت دگرآسیبی (۱۱)، از رشد گیاهان مجاور جلوگیری نمود و به‌نظر می‌رسد که افزایش غلظت CO_2 باعث تشدید توان رقابتی سلمه در برابر سویا شده است. در ترکیب GGG احتمالاً به دلیل افزایش رقابت درون گونه ای در سویا در شرایط افزایش غلظت CO_2 طول ریشه آن در مقایسه با غلظت طبیعی CO_2 کاهش یافت.در ترکیب GAA طول ریشه در سویا در شرایط افزایش غلظت CO_2 کاهش یافت که احتمالاً به دلیل اثرات مثبت افزایش غلظت CO_2 بر تاج‌خروس به‌عنوان گونه C_4 و افزایش فشار رقابتی بر سویا از سوی آن بود.

آندالو و همکاران (۷)، بیان کردند که افزایش غلظت CO_2، باعث تولید بیشتر و ریشه های بلندتر و انشعابات بیشتر ریشه در گونه‌های C_4 شد. آندالو و همکاران (۷)، گزارش نمودند که افزایش غلظت CO_2، روی طول ریشه و سرعت افزایش طول ریشه تأثیر گذاشت و تراکم ریشه (هم زیست توده و هم طول ریشه) خصوصا در قسمت سطحی خاک افزایش یافت.

با توجه به شکل (ج – ۱)، ملاحظه می‌شود که با افزایش تراکم تاج‌خروس به تعداد سه بوته در جعبه در ترکیب AAA و با افزایش غلظت CO_2 احتمالاً به علت افزایش فعالیت‌های فتوسنتزی نسبت به شرایط غلظت طبیعی CO_2 و کاهش منابع، رقابت درون گونه ای شدید بین بوته‌های تاج‌خروس ایجاد شده و در نتیجه طول ریشه تاج‌خروس نسبت به شاهد (AA) کاهش یافته است. در ترکیب APP، با افزایش تراکم ارزن در مقابل تاج‌خروس در شرایط افزایش غلظت CO_2، احتمالاً فشار رقابتی ارزن به‌عنوان گیاه زراعی C_4 بر تاج‌خروس، نسبت به شرایط غلظت طبیعی CO_2 بیشتر شده و در نهایت طول ریشه تاج‌خروس نسبت به شاهد (AA) کاهش یافته است. با افزایش تراکم سویا (G) در مقابل تاج‌خروس در ترکیب GGA، و احتمالاً به علت افزایش فعالیت‌های فتوسنتزی در شرایط افزایش غلظت CO_2، قابلیت رقابت سویا در مقابل تاج‌خروس افزایش یافته و این مسئله باعث کاهش منابع در دسترس و کاهش طول ریشه در تاج‌خروس نسبت به شاهد (AA) شده است.

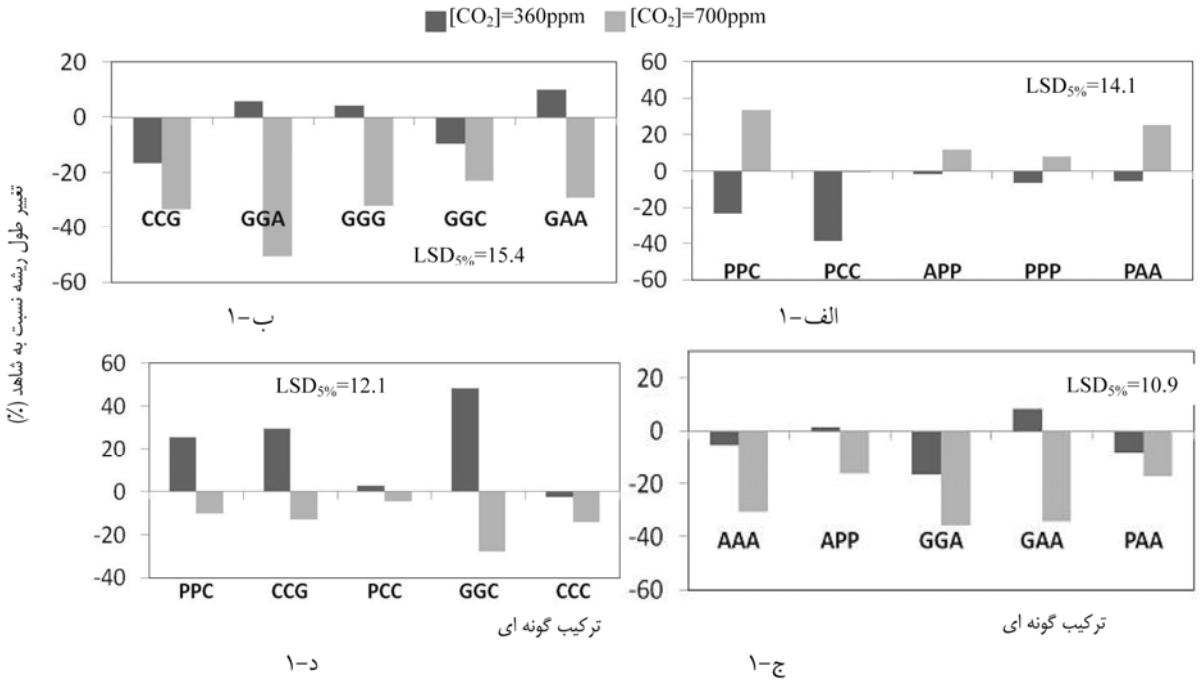
در ترکیب PPC، با افزایش تراکم ارزن به‌عنوان گونه زراعی C_4 در مقابل سلمه، و با افزایش غلظت CO_2 احتمالاً فعالیت‌های فتوسنتزی ارزن در این شرایط افزایش یافته و فشار رقابتی ارزن روی سلمه نیز افزایش یافته و رشد ریشه سلمه و طول آن نسبت به شاهد (CC)، کاهش یافته است (شکل د–۱). در ترکیب GGC، افزایش تراکم سویا در شرایط افزایش غلظت CO_2 در مقابل سلمه باعث افزایش فشار رقابتی از جانب سویا شده و با افزایش غلظت CO_2 احتمالاً توان رقابتی آن افزایش یافته، شده و باعث کاهش طول ریشه سلمه نسبت به شاهد (CC) شده است. افزایش سه بوته سلمه در جعبه در ترکیب CCC، در شرایط افزایش غلظت CO_2 احتمالاً باعث افزایش دگرآسیبی هر یک از بوته ها و در نتیجه کاهش طول ریشه سلمه نسبت به شاهد (CC) شده است (۱۱). داده های مربوط به تجزیه آماری در جدول ۳ قابل مشاهده است.

مطالعات کینگ و همکاران (۱۹) نشان داد که در شرایط افزایش غلظت CO_2، تجمع کربوهیدرات باعث کاهش طول ریشه شد. برنستون و بزاز (۸) نشان دادند که در شرایط افزایش غلظت CO_2، پیری در ریشه ها سریع تر اتفاق می‌افتد. در آزمایشی مشاهده شد که افزایش غلظت CO_2 رشد رویشی اندام هوایی را بیشتر از ریشه تحریک کرد که موجب کاهش نسبت R/S شد (۲۵). مطالعات بیسواس و همکاران (۱۰) نشان می‌دهد افزایش غلظت CO_2، در ۵۲ درصد از گیاهان زراعی مورد مطالعه باعث افزایش نسبت R/S و در ۱۲ درصد از مطالعات، باعث کاهش این نسبت شده است.

اثر افزایش غلظت CO_2 بر وزن خشک ریشه

با توجه به شکل (الف–۲) ملاحظه می‌شود که در ترکیب PCC، شرایط افزایش تراکم سلمه نسبت به ارزن در شرایط افزایش غلظت CO_2 می‌توان گفت که به علت ایجاد رقابت شدید درون گونه ای بین دو بوته سلمه، فشار رقابتی وارد بر ارزن کاهش یافته و با توجه به اثرات مثبت افزایش غلظت CO_2 بر ارزن، وزن خشک ریشه آن نسبت به شرایط غلظت طبیعی CO_2 افزایش نشان داد. در ترکیب PPP با افزایش غلظت CO_2، احتمالاً رقابت درون گونه ای در ارزن کاهش یافته و نیز رشد اندام ها در ارزن افزایش یافته و بنابراین میزان کاهش وزن خشک ریشه نسبت به شاهد (PP) در مقایسه با غلظت طبیعی CO_2 کمتر بود. افزایش تراکم تاج‌خروس در مقابل ارزن در ترکیب PAA، به علت توان بالای رقابتی تاج‌خروس در مقایسه با ارزن (علی رغم اثرات مثبت افزایش غلظت CO_2 بر ارزن(۴) و هم چنین اثرات مثبت افزایش غلظت CO_2 بر تاج‌خروس به‌عنوان علف هرز استثنایی C_4 (۴)، موجب کاهش وزن خشک ریشه ارزن نسبت به شرایط غلظت طبیعی CO_2 و شاهد (PP) شده است.

در شکل (ب–۲) ملاحظه می‌شود که وزن خشک ریشه در ترکیب‌های مختلف کشت نسبت به شاهد (GG)، در گیاه سویا به‌عنوان گونه C_3 در شرایط افزایش CO_2 کاهش بیشتری را در مقایسه با شرایط CO_2 طبیعی نشان داده است. در شرایط غلظت طبیعی CO_2 کاهش وزن خشک ریشه سویا در تمامی تیمارها غیر از تیمار GGC مشاهده شد. در این تیمار که دو گونه C_3 باهم در رقابت قرار گرفته اند به علت تراکم بیشتر، کاهش وزن خشک ریشه در سویا مشاهده نشد. با افزایش تراکم سویا در حضور علف هرز تاج‌خروس به دلیل ایجاد رقابت درون گونه ای بین دو بوته سویا با توجه به افزایش فتوسنتز و مصرف مواد در شرایط افزایش غلظت CO_2 و نیز اثرات مثبت افزایش غلظت CO_2 بر تاج‌خروس (۴)، احتمالاً کاهش منابع ایجاد شده و وزن خشک ریشه سویا نسبت به شاهد (GG)، کاهش یافته است.



شکل۱- اثر افزایش CO_2 بر طول ریشه گیاه زراعی C_4 (ارزن) (شکل الف-۱)، گیاه زراعی C_3(سویا)(شکل ب-۱)، علف هرز C_4(تاج‌خروس) (شکل ج-۱) و علف هرزC_3 (سلمه) (شکل د-۱) در مجاورت سایر گونه ها. (حروف P ،G ،A و C به ترتیب ارزن(*Panicum miliaceum*)، سویا (*Glycine max* L)، تاج‌خروس(*Amaranthusretroflexus*) وسلمه(*Chenopodium album*) می‌باشد.)

در آزمایش انجام شده توسط سوزانا و همکاران (۲۹)، مشاهده شد که بقولات، در شرایط افزایش غلظت CO_2، رشد ریشه ها به علت نسبت بیشتر C:N و یا محتوای لیگنین کاهش یافت. در آزمایشی (۲۳) مشاهده شد که افزایش غلظت CO_2 موجب کاهش قابل ملاحظه در نسبت ریشه به اندام هوایی R/S در زمان بالا بودن سطح تغذیه ای در گندم شد. پریچارد و همکاران (۲۳)، طی مطالعات خود، مشاهده نمودند رشد ریشه در شرایط افزایش غلظت CO_2، حداقل در گیاهان C_4 مثل سورگوم به علت تبدیل از حالت افزایش طول و حجم ریشه به حالت حفظ بقا، کاهش می‌یابد. افزایش غلظت CO_2، می‌تواند نسبت ریشه به ساقه در گونه‌های C_4 مثل *Bouteloua gracilis* را در خاک های فقیر از نظر موادغذایی و شرایط کمبود آب کاهش دهد (۲۵).

با توجه به شکل (ج-۲) ملاحظه می‌شود که افزایش تراکم ارزن در مقابل تاج‌خروس در ترکیب APP، که هر دو از گونه‌های C_4 هستند به علت افزایش غلظت CO_2 احتمالاً باعث افزایش مصرف منابع و رقابت شدید بین تاج‌خروس و ارزن که احتمالاً به علت افزایش تراکم و افزایش غلظت CO_2 قابلیت رقابت بیشتری با تاج‌خروس پیدا کرده است، شد که این مسئله موجب کاهش وزن خشک ریشه در تاج‌خروس نسبت به شاهد (AA) و نیز شرایط غلظت طبیعی CO_2 شده است. افزایش تراکم سویا در مقابل تاج‌خروس در ترکیب GGA، در شرایط افزایش غلظت CO_2 احتمالاً باعث افزایش قابلیت رقابت سویا در مقابل تاج‌خروس نسبت به شرایط غلظت طبیعی CO_2 شده و باعث کاهش وزن خشک ریشه تاج‌خروس نسبت به شاهد (AA) شده است. در ترکیب AAA، افزایش تراکم تاج‌خروس باعث افزایش رقابت درون گونه ای و کاهش منابع در شرایط افزایش غلظت CO_2 (به دلیل اثرات افزایش غلظت CO_2 بر سرعت رشد تاج‌خروس (۴)) و در نتیجه کاهش وزن خشک ریشه تاج‌خروس نسبت به شاهد (AA) در مقایسه با غلظت طبیعی CO_2 شد. داده های مربوط به تجزیه آماری در جدول ۳ قابل مشاهده است.

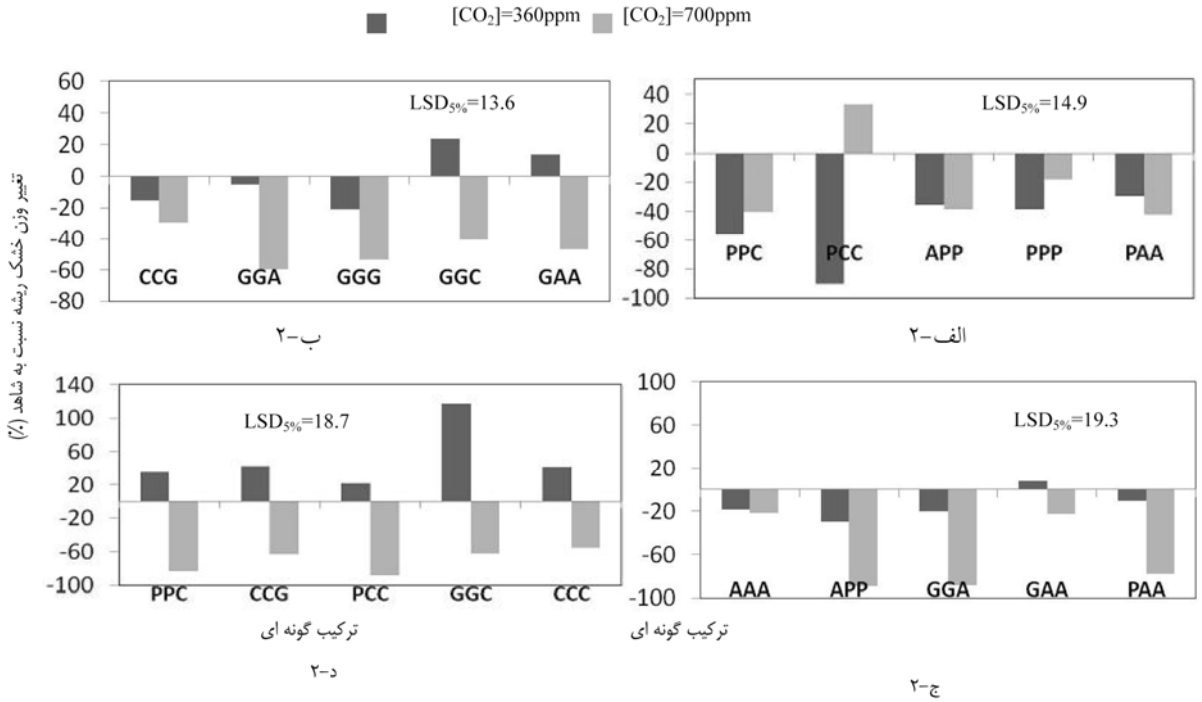
با توجه به شکل (د-۲)، در ترکیب PPC، افزایش تراکم ارزن به‌عنوان یک گیاه زراعی C_4 در شرایط افزایش غلظت CO_2 احتمالاً موجب ایجاد فشار رقابتی زیاد بر سلمه شده و وزن خشک ریشه سلمه نسبت به شاهد (CC) و غلظت طبیعی CO_2، کاهش یافته است. در ترکیب GGC، با افزایش غلظت CO_2 احتمالاً توان رقابتی سویا در مقابل سلمه افزایش یافته و باعث افزایش فشار رقابتی وارد بر سلمه و کاهش وزن خشک ریشه آن نسبت به شاهد در مقایسه با غلظت طبیعی CO_2 شد. افزایش تراکم سلمه به تعداد سه بوته در جعبه در ترکیب CCC، احتمالاً باعث افزایش رقابت درون گونه ای و

هم چنین ایجاد دگر آسیبی شدید در مقایسه با شرایط غلظت طبیعی CO_2 و در نتیجه کاهش وزن خشک ریشه در سلمه نسبت به شاهد (CC) شد (۱۱).

کینگ و همکاران (۱۹)، دریافتند که در شرایط افزایش غلظت CO_2، تجمع کربوهیدرات باعث کاهش طول ریشه شد. با افزایش غلظت CO_2 در گیاه سویا، نسبت R/S کاهش یافت اما CO_2 اثر معنی داری بر نسبت ریشه به اندام هوایی در گیاه پنبه (*Gossypium hirsutum*) نداشت (۲۸). آزمایش زواره و همکاران (۱)، روی کنجد نمایانگر این است که افزایش غلظت CO_2 منجر به افزایش ۱۳ درصدی نسبت R/S شد.

اثر افزایش غلظت CO_2 بر سطح برگ

با توجه به شکل (الف-۳) مشاهده می‌شود که افزایش تراکم سلمه در مقابل ارزن در ترکیب PCC، در شرایط افزایش غلظت CO_2 سبب افزایش رقابت درون گونه ای بوته‌های سلمه شده و به علت کاهش فشار رقابتی بر ارزن و هم چنین اثرات مثبت افزایش غلظت CO_2 بر ارزن و افزایش سرعت و میزان فتوسنتز، سطح برگ افزایش یافته است. افزایش غلظت CO_2 و افزایش تراکم ارزن در ترکیب PPP، احتمالاً به علت اثرات مثبت افزایش غلظت CO_2 بر گیاه C_4، باعث بهبود و افزایش سطح برگ ارزن در مقایسه با شرایط غلظت طبیعی CO_2 شده است.افزایش غلظت CO_2 و افزایش تراکم تاج‌خروس در ترکیب PAA، احتمالاً باعث افزایش فعالیت‌های فتوسنتزی در تاج‌خروس، استفاده بیشتر از منابع و افزایش رقابت درون گونه ای بوته‌های تاج‌خروس شده و در نهایت سبب کاهش فشار رقابتی وارد بر ارزن و افزایش سطح برگ آن نسبت به شرایط غلظت طبیعی CO_2 شد. با توجه به شکل (ب-۳)، در ترکیب CCG، با افزایش غلظت CO_2، افزایش تراکم سلمه نسبت به سویا (G) احتمالاً افزایش فتوسنتز در اثر افزایش غلظت CO_2 ایجاد شده و می‌توان گفت که توان رقابتی بالا در سلمه نسبت به سویا باعث کاهش سطح برگ سویا نسبت به غلظت طبیعی CO_2 شد. در این شرایط احتمالاً به علت افزایش اثرات محدود کننده رقابت، کاهش سطح برگ نسبت به شاهد (GG)، مشاهده شد. در ترکیب GGG، افزایش تراکم سویا به سه بوته در جعبه در شرایط افزایش غلظت CO_2 احتمالاً موجب افزایش رقابت درون گونه ای و کاهش سطح برگ در سویا نسبت به شاهد (GG) شد. با افزایش تراکم تاج‌خروس نسبت به سویا در ترکیب GAA، و احتمالاً به علت اثرات مثبت افزایش غلظت CO_2 بر گونه C_4 و قابلیت رقابت بالا در تاج‌خروس نسبت به سویا و افزایش سایه اندازی بوته‌های تاج‌خروس بر آن، کاهش سطح برگ در سویا نسبت به شاهد (GG) در مقایسه با غلظت طبیعی CO_2، مشاهده شد.



شکل۲- اثر افزایش CO_2 بر وزن خشک ریشه گیاه زراعی C_4 (ارزن) (شکل الف-۲)، گیاه زراعی C_3(سویا)(شکل ب-۲)، علف هرز C_4 (تاج‌خروس) (شکل ج-۲) و علف هرز C_3 (سلمه) (شکل د-۲) در مجاورت سایر گونه ها. (حروف P ،G ،A و C به ترتیب ارزن (*Panicum miliaceum*)، سویا (*Glycine max* L)، تاج‌خروس (*Amaranthus retroflexus*) و سلمه (*Chenopodium album*) می‌باشد.).

مطالعات ترمبلی و همکاران (۳۱)، نشان داد کـه افـزایش غلظـت CO_2 موجب کاهش نسبت سـطح بـرگ در گیـاه کـرفس (*Apium graveolens* L.) شد. مطالعات سوتر و همکاران (۳۰) نشـان داد کـه در پایان فصل رشد در علف های چمنـی چنـد سـاله، تحـت شـرایط افزایش غلظت CO_2 گیاه با کمبود مخزن برای تثبیـت کـربن مواجـه شد که این مسئله باعث کاهش سـطح بـرگ، براثـر افـزایش غلظـت کربوهیدرات های غیر ساختمانی در برگ های منبع و کاهش صادرات کربوهیدرات های غیر ساختمانی شد. گلوی (۵)، نشان داد که رقابـت علف های هرز منجر به کاهش سطح پوشـش زمـین بوسـیله سـویا و کـاهش شـاخص سـطح بـرگ (LAI)[1] شـد، درنتیجـه تولیـد مـواد فتوسنتزی کاهش یافته و سبب افت عملکرد و وزن خشک سویا شـد. مطالعات وارد و همکاران (۳۳)، نشان داد که در شرایط تنش آب بدون درنظر گـرفتن غلظـت CO_2، گیاهـان C_3، دچارکـاهش سـطح بـرگ بیشتری نسبت به گیاهـان C_4 شـدند درهمـین شـرایط، گیاهـان C_3، کاهش متوسط فتوسنتز بیشتری رانسبت به گیاهان C_4 نشان دادنـد و به همین جهت وزن خشک کل در گیاهـان C_4 کـم تـر تحـت تـأثیر تنش‌های محیطی نسبت به گیاهان C_3، قرارگرفت.

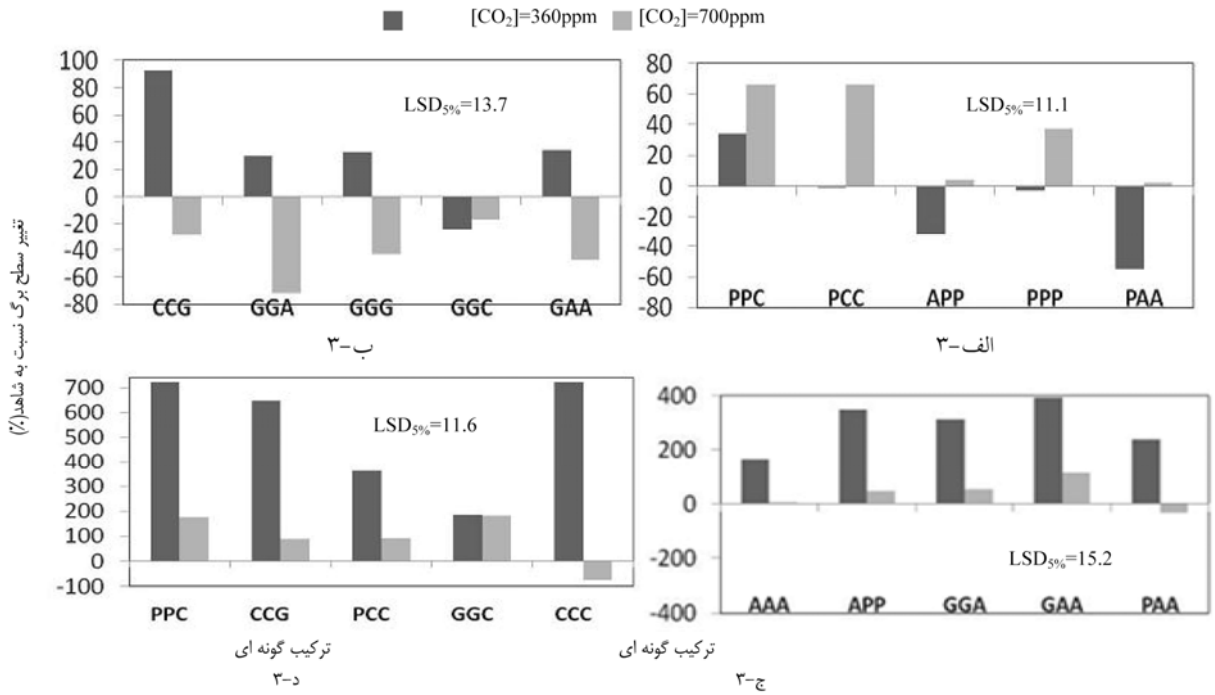
شکل (ج – ۳) نشان می‌دهد که با افزایش غلظت CO_2، به دلیل افزایش میزان و سرعت رشد تاج‌خـروس در ایـن شـرایط (۴)، رقابـت درون گونه ای بین بوته‌های تاج‌خروس در ترکیب AAA، نسبت بـه شرایط غلظت طبیعی CO_2 بیشتر شده و در نتیجه کاهش سطح برگ در تاج‌خروس نسبت به شاهد (AA) و شـرایط غلظـت طبیعـی CO_2 مشاهده شده است. افزایش تراکم ارزن به‌عنـوان گیـاه زراعـی C_4 در ترکیب APP، احتمالاً باعث افـزایش فعالیـت‌هـای فتوسـنتزی آن در شرایط افزایش غلظت CO_2 و هم چنین افزایش توان رقابتی ارزن در مقابل تاج‌خروس شده ودر نتیجه آن رشد کلی تاج‌خروس و به دنبـال آن سطح برگ نیز نسبت به شرایط غلظت طبیعی CO_2 کاهش یافتـه است. با افزایش تراکم تاج‌خروس در ترکیب GAA و افزایش رقابـت درون گونه ای بین بوتـه‌هـای آن و نیـز افـزایش تـوان رقـابتی ارزن به‌عنوان گیاه زراعی C_4، در شرایط افـزایش غلظـت CO_2 در مقابـل تاج‌خروس، کاهش سطح برگ در تاج‌خروس نسبت به شرایط غلظـت طبیعی CO_2 مشاهده شد.

با توجه به شکل (د–۳)، مشاهده می‌شود که افزایش تـراکم ارزن به‌عنوان گیـاه زراعـی C_4 در مقابـل سـلمه (C) در ترکیـب PPC، در شرایط افـزایش غلظـت CO_2 احتمـالاً باعـث افـزایش فعالیـت‌هـای فتوسنتزی آن شده و ارزن سریع تر به حداکثر سطح برگ خود رسیده و این مسئله باعث افزایش سایه اندازی بر سلمه و در نتیجـه کـاهش سطح برگ و کاهش فتوسنتز در سلمه نسبت به شرایط غلظت طبیعی CO_2 شده اسـت. در ترکیـب GGC، افـزایش غلظـت CO_2 احتمـالاً موجب افزایش توان رقـابتی سـویا در مقابـل سـلمه و افـزایش فشـار رقابتی بر آن شده و در نتیجه کاهش رشد و کـاهش سـطح بـرگ در سلمه مشاهده شد. هم چنین تاخیر در جوانه زنی و سبز شدن سلمه و برخلاف آن رشد سریع تر و تشکیل سریع تر حداکثر سـطح بـرگ در سویا و نیز افزایش رقابت درون گونه ای و دگر آسیبی (۱۱) بوته‌های سلمه بر یکدیگر، باعث افزایش توان رقابتی سویا در شـرایط افـزایش غلظت CO_2 نسبت به شرایط غلظت طبیعـی CO_2 و کـاهش سـطح برگ سلمه شده است. در ترکیب CCC، در شـرایط افـزایش غلظـت CO_2 با افزایش تراکم بوته‌های سلمه بـه تعـداد سـه بوتـه در جعبـه، رقابت درون گونه ای و دگـر آسـیبی (۱۱) افـزایش یافـت و افـزایش غلظت CO_2 تشدید کننده این اثرات بود؛ بنابراین کاهش سطح بـرگ سلمه نسبت به شاهد (CC) در مقایسه با غلظت طبیعی CO_2 مشاهده شد. داده های مربوط به تجزیه آماری در جدول ۳ قابل مشاهده است. مطالعات راشل و همکاران (۲۵)، روی گیـاه سـویا نشـان داد کـه اثـر تنفس درجه حرارت بالا و کمبـود آب در دو تیمـار CO_2، افزایشـی و CO_2 طبیعـی بـر سـرعت فتوسـنتز مـوثر بـود و ایـن امـر بـه دلیـل فاکتورهای روزنه ای و غیرروزنه ای در زمان عدم بهبود کامل سرعت فتوسنتز بود که این امر خود به کاهش سطح برگ مربوط بود.

اثر افزایش غلظت CO_2 بر وزن خشک برگ

با توجه به شکل (الف–۴)، مشاهده می‌شود که در ترکیـب PCC، در شرایط افزایش غلظت CO_2 احتمالاً به علت اثرات مثبـت افـزایش غلظت CO_2 بر گونه‌های C4 و افزایش قابلیت رقابت ارزن در مقابـل سلمه و به طور کلی افزایش رشد در ارزن، افزایش وزن خشک بـرگ ارزن نسبت به شاهد در مقایسه با شرایط غلظت طبیعی CO_2 مشاهده شد. افزایش تراکم بوته‌های ارزن به تعداد سه بوته در جعبه در ترکیب PPP، به علت افزایش اثرات مثبـت افـزایش غلظـت CO_2 بـر رشـد گونه‌هـای C_4 و هـم چنـین کـاهش رقابـت درون گونـه ای در ارزن افزایش وزن خشک در برگ ارزن نسبت به شاهد در مقایسه با شرایط غلظت طبیعی CO_2 دیده شد. در ترکیب PAA، احتمـالاً بـا افـزایش توان رقابتی ارزن در مقابل تاج‌خروس و افـزایش رشـد آن در شـرایط افزایش غلظت CO_2 وزن خشک برگ نسبت به شاهد در مقایسـه بـا غلظت طبیعی CO_2 افزایش یافت. شکل (ب–۴) نشان می‌دهد که در شرایط افزایش غلظت CO_2 با افزایش تراکم سلمه در مقابل سـویا در ترکیب CCG، احتمالاً به علت افزایش رقابت درون گونه‌ای بوته‌های سلمه در اثر افزایش سرعت و میزان فتوسنتز نسبت به شرایط غلظـت طبیعی CO_2 از فشار رقابتی وارد بر سویا کاسته شـده و سـطح بـرگ سویا نسبت به شرایط غلظت طبیعیCO_2 افزایش نشان داده است.

1- Leaf Area Index



شکل۳- اثر افزایش CO_2 بر سطح برگ گیاه زراعی C_4 (ارزن) (شکل الف-۳)، گیاه زراعی C_3 (سویا)(شکل ب-۳)، علف هرز C_4 (تاج‌خروس) (شکل ج-۳) و علف هرزC_3 (سلمه) (شکل د-۳) در مجاورت سایر گونه ها. (حروف P ،G، A و C به ترتیب ارزن (*Panicum miliaceum*)، سویا(*Glycine max* L.)، تاج‌خروس(*Amaranthusretroflexus*) و سلمه(*Chenopodium album*) می‌باشد.).

با افزایش تراکم بوته‌های سویا نسبت به شاهد (GG) در ترکیب GGG، رقابت درون گونه ای در شرایط افزایش غلظت CO_2 احتمالاً به علت افزایش میزان و سرعت فتوسنتز و نیاز به منابع، بیشتر شده و وزن خشک برگ سویا کاهش یافت. در ترکیب GAA، با افزایش تراکم بوته‌های تاج‌خروس در مقابل سویا و احتمالاً افزایش میزان و سرعت فتوسنتز بوته‌های تاج‌خروس به‌عنوان گونه C_4 در شرایط افزایش غلظت CO_2 (۴)، قابلیت رقابت بوته سویا در مقابل تاج‌خروس کاهش یافته و در نهایت کاهش وزن خشک برگ در سویا، نسبت به شاهد (GG) مشاهده شد.

در آزمایشی مشاهده شد که وزن خشک کل گیاهان C_4 نسبت به گیاهان C_3، کم تر تحت تأثیر تنش های محیطی قرار گرفت (۳۳). مطالعات زیسکا و همکاران (۳۵) برروی ۴گونه C_4، نشان داد که با افزایش غلظت CO_2 اتمسفری گیاهان C_4 توانستند رشد خود را افزایش دهند. در مطالعه انجام شده بر روی گیاه سویا، وزن نسبی برگ[1] (LWR) در اثر تیمار افزایش غلظت CO_2،۱۵ روز بعد از کاشت، افزایش نشان داد اما ۵۷ روز بعد از کاشت، کاهش یافت (۲۱). ایشی زاکی و همکاران (۱۸)، گزارش کردند که افزایش نسبت ریشه به اندام هوایی و کاهش وزن نسبی برگ و کاهش نسبت وزن گیاه در برگ را می‌توان در گیاهان رشد یافته در شرایط افزایش غلظت CO_2 مشاهده نمود.

ایشی زاکی و همکاران (۱۸)، مشاهده کردند که گیاهان لزوماً واکنش‌های پیش بینی شده را نسبت به افزایش غلظت CO_2 از خود بروز ندادند و در مورد نسبت وزن (میزان تخصیص وزن گیاه) در برگ گزارش‌های فراوانی وجود دارد که حاکی از کاهش آن در اثر افزایش غلظت CO_2 بود.

با توجه به شکل (ج-۴)، در ترکیب AAA، با افزایش غلظت CO_2 رقابت درون گونه ای بین بوته‌های تاج‌خروس نسبت به شرایط غلظت طبیعی CO_2 بیشتر شده و در نتیجه کاهش وزن خشک برگ در تاج‌خروس نسبت به شاهد (AA) و شرایط غلظت طبیعی CO_2 مشاهده شده است. در ترکیب APP، افزایش غلظت CO_2 احتمالاً باعث افزایش توان رقابتی و افزایش رشد در ارزن و افزایش فشار رقابتی وارد بر تاج‌خروس شده که این موضوع باعث کاهش وزن خشک برگ تاج‌خروس نسبت به شاهد در مقایسه با غلظت طبیعی CO_2 شد. افزایش تراکم سویا (G) در ترکیب GGA و احتمالاً افزایش توان رقابتی و فعالیت فتوسنتزی سویا در شرایط افزایش غلظت CO_2، باعث کاهش وزن خشک برگ در تاج‌خروس نسبت به

1- Leaf Weight Ratio

شاهد (AA) و شرایط غلظت طبیعی CO_2 شد.

با توجه به شکل (د-۴)، افزایش تراکم ارزن (P) به‌عنوان گیاه زراعی C_4 در ترکیب PPC، در شرایط افزایش غلظت CO_2 احتمالاً باعث افزایش فعالیت‌های فتوسنتزی ارزن شده و به همین علت سریع‌تر به حداکثر سطح برگ خود رسیده و این موضوع باعث افزایش فتوسنتز و افزایش رشد در ارزن و هم چنین افزایش سایه اندازی بر سلمه و در نتیجه کاهش سطح برگ و کاهش فتوسنتز و کاهش رشد و بالطبع کاهش وزن خشک برگ در سلمه نسبت به شرایط غلظت طبیعی CO_2 شد. هم چنین تاخیر در جوانه زنی و سبز شدن سلمه موجب افزایش فشار رقابتی بر سلمه شده و در نتیجه کاهش رشد و کاهش وزن خشک برگ در سلمه مشاهده شد. هم چنین تاخیر در جوانه زنی و سبز شدن سلمه و برخلاف آن رشد سریع ترسویا و نیز افزایش توان رقابتی سویا در مقابل سلمه احتمالاً باعث افزایش فشار رقابتی وارد بر سلمه در شرایط افزایش غلظت CO_2 نسبت به شرایط غلظت طبیعی CO_2 شد و در نتیجه آن وزن خشک برگ سلمه در مقایسه با غلظت طبیعی CO_2 کاهش یافت. افزایش تراکم سلمه در ترکیب CCC، در شرایط افزایش غلظت CO_2 احتمالاً موجب افزایش رقابت درون گونه ای در سلمه و کاهش وزن خشک برگ در آن نسبت به شاهد در مقایسه با غلظت طبیعی CO_2 شد. داده های مربوط به تجزیه آماری در جدول ۳ قابل مشاهده است.

ایشی زاکی و همکاران (۱۸)، بیان کردند که افزایش نسبت ریشه به اندام هوایی و کاهش نسبت وزن برگ و کاهش نسبت وزن گیاه در برگ را می‌توان در گیاهان رشد یافته در شرایط افزایش غلظت CO_2 مشاهده نمود.

در آزمایش انجام شده توسط باتاچاریا و همکاران (۹) در کلیه غلظت‌های CO_2، کاهش وزن مخصوص برگ[1](SLW) در فاصله زمانی روزهای ۲۰ و ۳۵ مشاهده شد اما از روز ۳۵ تا ۵۰ بدون تغییر باقی ماند.

اثر افزایش غلظت CO_2 بر میزان کلروفیل

با توجه به شکل (الف-۵)، مشاهده می‌شود که کلروفیل دراغلب ترکیب‌های مختلف کشت نسبت به شاهد (PP)، در گیاه ارزن در شرایط افزایش غلظت CO_2، در مقایسه با شرایط غلظت معمولی CO_2، کاهش نشان داد.

هم چنین، کلروفیل دراغلب ترکیب‌های مختلف کشت نسبت به شاهد (GG)، در گیاه سویا در شرایط افزایش غلظت CO_2، در مقایسه با شرایط غلظت معمولی CO_2، کاهش نشان داد (ب-۵). این نتایج نشان داد که چه در گونه‌های زراعی C_3 و چه گونه‌های زراعی C_4 با افزایش غلظت CO_2 میزان غلظت کلروفیل کاهش می‌یابد به‌نظر می‌رسد این کاهش به علت کاهش غلظت نیتروژن گیاه باشد.

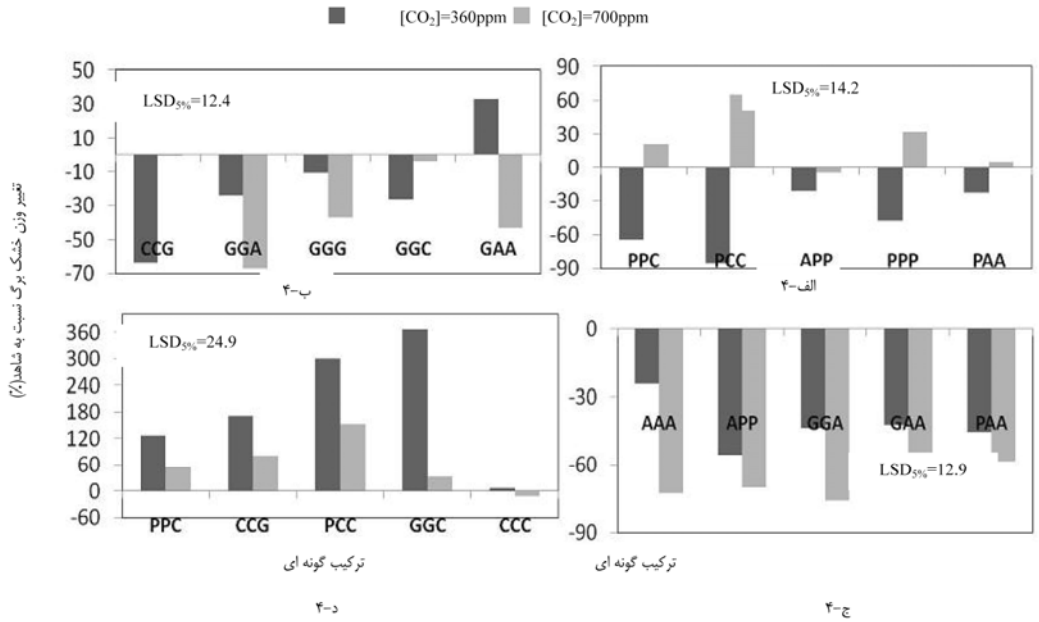
با افزایش غلظت CO_2 محتوای نیتروژن برگ سیب زمینی شیرین کاهش یافت (۲). افزایش غلظت CO_2 سبب کاهش محتوای نیتروژن برگ درختان شد (۲). صالحی (۲) اظهار کرد که افزایش غلظت CO_2 میزان عدد کلروفیل متر را ۳ درصد کاهش داد و در نتیجه این کاهش اختلاف بین دو تیمار CO_2 افزایشی و CO_2 طبیعی، در گیاه گندم معنی دار شد. وی بیان کرد که افزایش CO_2 موجب کاهش محتوای کلروفیل برگ شد. هگل و همکاران (۱۵)، نشان دادند که افزایش دی اکسید کربن در سویا موجب کلروز شد.

در تاج‌خروس، کلروفیل در ترکیب‌های مختلف کشت نسبت به شاهد (AA) در شرایط افزایش غلظت CO_2، در مقایسه با شرایط غلظت معمولی CO_2، کاهش نشان داد و نیز کلروفیل در شرایط غلظت معمولی CO_2 نسبت به نمونه شاهد (AA) کاهش نشان داده بود که احتمالاً به علت رقابت بین گونه ها بود ولی میزان این کاهش در شرایط افزایش غلظت CO_2 بیشتر بود که علت آن می‌تواند افزایش فعالیت‌های جذبی و قابلیت رقابت سایر گونه‌های مجاور با تاج‌خروس دانست که قادر به جذب نیتروژن بیشتری از خاک نسبت به شرایط غلظت طبیعی CO_2 بودند و به همین خاطر جذب نیتروژن توسط تاج‌خروس کاهش یافت (شکل ج-۵).

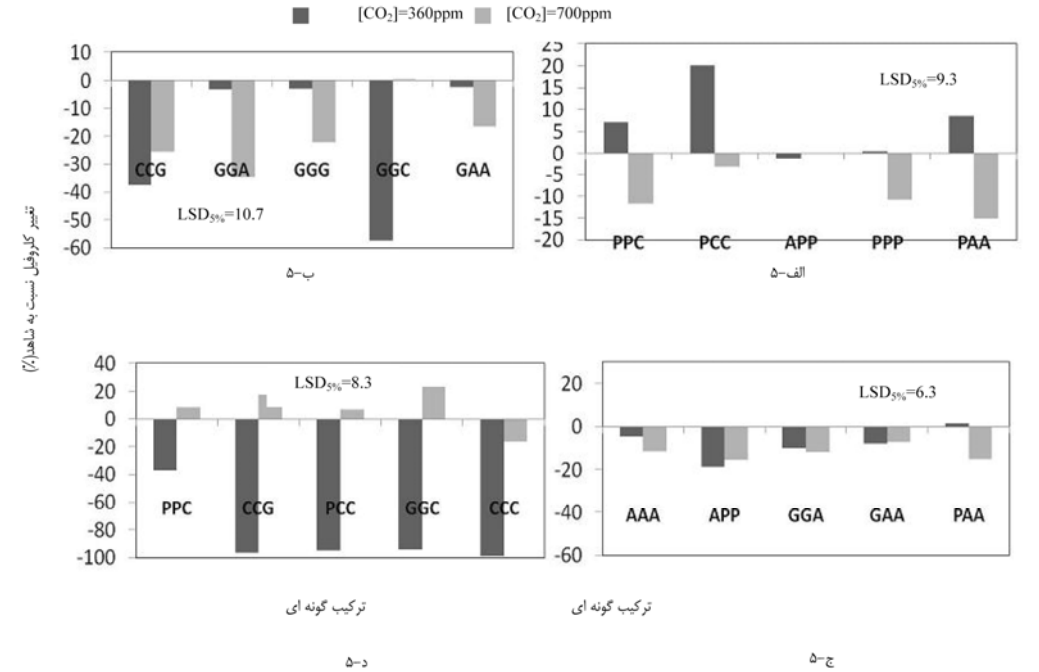
در شکل (د -۵) ملاحظه می‌شود که کلروفیل در اغلب ترکیب‌های مختلف کشت نسبت به شاهد(CC)، در گیاه سلمه در شرایط افزایش غلظت CO_2، در مقایسه با شرایط غلظت معمولی CO_2، افزایش یافت که این موضوع را می‌توان به دلیل افزایش فعالیت‌های جذبی و افزایش جذب نیتروژن توسط این علف هرز در شرایط افزایش غلظت CO_2 نسبت به شرایط غلظت طبیعی CO_2 دانست. داده های مربوط به تجزیه آماری در جدول ۳ قابل مشاهده است.

در آزمایشی انجام شده توسط رید و همکاران (۲۵) مشاهده کردند که با توجه به تغییر نسبت ریشه به ساقه گیاهان C_3 نسبت به گیاهان C_4 میزان نیتروژن بیشتری را به اندام هوایی اختصاص می‌دهند. هینمن و همکاران (۱۷)، بیان کردند که پاسخ کل گیاه به افزایش سطح CO_2 در طول زمان، به علت محدودیت‌های بیوشیمیایی مثل کاهش در فعالیت رابیسکو، محدودیت‌های ساختمانی مثل تخریب کلروپلاست،یا تغییرات در سطح کانوپی مثل خود سایه اندازی، ممکن است به صورت فرایند کاهشی باشد. سیج و همکاران (۲۶)، گزارش کردند که میزان کلروفیل در دو گیاه *B.oleracea* , *C.album* در شرایط CO_2 افزایش یافته نسبت به شرایط CO_2 طبیعی، کاهش نشان داد.

1- Specific Leaf Weight



شکل٤- اثر افزایش CO_2 بر وزن خشک برگ گیاه زراعی C_4 (ارزن) (شکل الف-٤)، گیاه زراعی C_3 (سویا) (شکل ب-٤)،علف هرز C_4 (تاج‌خروس) (شکل ج-٤) و علف هرزC_3 (سلمه) (شکل د-٤) در مجاورت سایر گونه ها. (حروف P، G، A و C به ترتیب ارزن (*Panicum miliaceum*)، سویا(*Glycine max* L)، تاج‌خروس(*Amaranthus retroflexus*) و سلمه (*Chenopodium album*) می‌باشد.)



شکل۵- اثر افزایش CO_2 بر میزان کلروفیل گیاه زراعی C_4 (ارزن) (شکل الف-۵)، گیاه زراعی C_3(سویا)(شکل ب-۵)، علف هرز C_4 (تاج‌خروس) (شکل ج-۵) و علف هرزC_3 (سلمه) (شکل د-۵) در مجاورت سایر گونه ها. (حروف P، G، A و C به‌ترتیب ارزن (*Panicum miliaceum*)، سویا (*Glycine max* L.)، تاج‌خروس (*Amaranthus retroflexus*) و سلمه(*Chenopodium album*) می‌باشد.).

نتیجه‌گیری

رقابت درون گونه ای در علف‌های هرز در شرایط افزایش غلظت CO_2، افزایش یافت. در عین حال به‌نظر می‌رسد که در این شرایط خاصیت دگرآسیبی (۱۱) گیاهانی مثل سلمه روی گیاهان مجاور (اغلب مشابه) بیشتر شد. افزایش تراکم گیاهان زراعی با مسیر فتوسنتزی C_3 در شرایط افزایش غلظت CO_2 در مقابل علف‌های هرز با مسیر فتوسنتزی C_4 و C_3، موجب افزایش قابلیت رقابت آن و حتی گاهی غالب شدن بر علف هرز C_3 و C_4 شد. اثرات مثبت افزایش غلظت CO_2 بر گونه‌های C_4 مورد مطالعه بیشتر بود که این مطلب احتمالاً با توجه به این موضوع اتفاق افتاده است که گیاهی مانند ارزن جهت استفاده بهتر و بیشتر از کربن، اصلاح شده و نیز تاج‌خروس به‌عنوان یک گونه C4 استثنایی، از افزایش غلظت CO_2 بهره بیشتری بردند (۴).

منابع

۱- زواره، م.، رحیمیان مشهدی، ح.، هوگنبوم، گ.، توکل افشاری، ر.، نصیری محلاتی، م. و شریف زاده، ف. ۱۳۸۵. اثر تغییرات دما و افزایش غلظت CO_2 بر تسهیم ماده خشک به ریشه ژنوتیپ‌های کنجد (*Sesamum indicum* L.). علوم کشاورزی ایران. جلد ۱-۳۷، شماره ۱ (۱۵۶-۱۴۵).

۲- صالحی، م. ۱۳۸۱. اثر افزایش CO_2 و تنش‌های شوری، خشکی و نیتروژن بر برخی پارامترهای فیزیولوژیک و مورفولوژیک گندم بهاره. پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد.

۳- کوچکی، ع.ر. ، ح.، ظریف کتابی و ع.ر.، نخ فروش.۱۳۸۰. رهیافت‌های اکولوژیکی مدیریت علف‌های هرز(ترجمه) . انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد.

۴- کوچکی، ع.ر. و م.، حسینی. ۱۳۸۵. تغییر اقلیم و تولیدات زراعی در جهان(ترجمه) . انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد.

۵- گلوی، م. ۱۳۸۲. بررسی جنبه‌های اکوفیزیولوژیک رقابت تاج‌خروس با ارقام سویا با تاکید بر ساختار کانوپی.پایان نامه دکترا، دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد.

۶- نوریان، م. ع. ۱۳۷۴. بحران تغییر اقلیم ملی است یا جهانی. بولتن کمیسیون آب. ۱۳:۱۳-۹.

7- Andalo, CH. , CH. Raquin , N. Machon , B. Godelle , and M. Mousseau, 1998. Direct and maternal effects of elevated CO_2 on early root growth of germination *Arabidopsis thaliana* seedling. Annals of Botany. 81:405-411.

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

9- Bhattacharya , N.C. , P.K. Biswas , S. Bhattacharya , N. Sionit , and B.R. Srtain. 1985. Growth and yield response of sweet potato to atmospheric CO_2 enrichment. Crop Science. 25:975-981.

10- Biswas , P.K. , D.R. Hileman , P.P Ghosh , N.C. Bhattacharya, and J.N. McCrimmon. 1996. Growth and yield responses of field-grown sweetpotato to elevated carbon dioxide. Crop Science. 36:1234-1239.

11- Bond , W. , RJ. Turner, and AC. Grundy. 1996. A Review of Non-chemical Weed Management.The soil association marketing company Ltd.

12- Chen , D.X. H.W. Hunt , and J.A. Morgan. 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. Ecological Modelling. 87:11-27.

13- Ellis, R.H. , P.Q. Craufurd, R.J. Summerfield, and E.H. Roberts, 1995. Linear relations between carbon dioxide concentration and rate of development towards flowering in sorghum , cowpea and soyabean. Annals of Botany. 75:193-198.

14- Griffin , K.L. , M.A. Bashkin , R.B. Thomas , and B.R. Strain. 1997. Interactive effects of soil nitrogen and atmospheric carbon dioxide on root/rhizosphere carbon dioxide efflux from loblolly and ponderosa pine seedlings. Plant and Soil.190:11-18.

15- Heagle, A.S. , J.E. Millerand F.L. Booker, 1998. Influence of ozone stress on soybean response to carbon dioxide enrichment :I. foliar properties. Crop Science. 38:113-121.

16- Heagle, A.S. , J.E. Miller, and W.A. Pursley, 1998. Influence of ozone stress on soybean response to carbon dioxide enrichment: III. Yield and seed quality. Crop Science. 38:128-134.

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

18- Ishizaki , SH. , K. Hikosaka , and T. Hirose , 2003. Increase in leaf mass per area benefits plant growth at

elevated CO_2 concentration. Annals of Botany. 91:905-914.
19- King, J.S. , R.B. Thomas, and B.R. Strain. 1997. Morphology and tissue quality of seedling root systems of *Pinus taeda* and *Pinus ponderosa* as affected by varying CO_2 , tempreture, and nitrogen. Plant and Soil.195:107-119.
20- Maroco , G.P. , G.E. Edwards, and M.S.B. Ku. 1999. Photosynthetic acclimation of maize to growth under elevated levels of carbon dioxide. Planta.210:115-125.
21- Miller,J.E. , A.S. Heagle, and W.A. Pursley, 1998. Influence of ozone stress on soybean response to carbon dioxide enrichment: II. Biomass and development. Crop Science. 38:122-128.
22- Prior, S.A. , G. Breet Runion , H. Allen , H.H. Rogers, and D. Wayane Reeves. Effects of elevated atmospheric CO_2 on biomass production and Csequestration:Conventional and conservation cropping systems. Available at www.ars.usda.gov/research/publications/publications.htm?SEQ_NO_ 115=142355
23- Pritchard , S.G. , S.A. Prior , H.H. Rogers , M.A. Davis , G.B. Runion , and T.W. Popham , 2006. Effects of elevated atmospheric CO_2 on root dynamics and productivity of sorghum grown under conventional and conservation agricultural management practices. Agriculture , Ecosystems and Environment. 113: 175-183.
24- Rachel F. , T.R. Wheeler , P.Hadley , and R.H. Ellis. 1998. Recovery of photosynthesis after environmental stress in soybean grown under elevated CO_2. Crop Science. 38:948-955.
25- Read , J.J. and J.A. Morgan , 1996. Growth and partitioning in *Pascopyrum smithii* (C_3) and *Bouteloua gracilis* (C_4) influenced by carbon dioxide and tempreture. Annals of Botany 77:487-496.
26- Sage, R.F. , T.D. Sharkey, and J.R. Seeman, 1989. Acclimation of photosynyhesis to elevated CO_2 in five C_3 species. Plant Physiology. 89:590-596.
27- Sherwood , K. and C. Idso. 2007. C_4 plants not always the poorest responders to atmospheric CO_2 enrichment. Available at
28- www.CO_2science.org/scripts/CO_2 science B2C /articles/v10/N3/Edit.jsp.
29- Sionit , N. , D.A. Mortensen , B.R. Strain , and H. Hellmers. 1981. Growth response of wheat to CO_2 enrichment and different levels of mineral nutrition. Agronomy Journal. 73:1023-1027.
30- Soussana , J.F. and U.A. Hartwig. 1996. The effects of elevated CO_2 on symbiotic N_2 fixation : a link between the carbon and nitrogen cycles in grassland ecosystems. Plant and Soil. 187:321-332.
31- Suter, D. , J. Nosberger, and A.Luscher. 2001. Response of perennial ryegrass to free-air CO_2 enrichment (FACE) is related to the dynamics of sward structure during regrowth. Crop Science. 41:810-817.
32- Trembley, N. and A. Gosselin. 1998. Effect of carbon dioxide enrichment and light. Hort Technology. Available at www.imok.ufl.edu/veghort/docs/physio-12122b.pdf
33- Vasilakoglou , I. , Dhima , K. and Eleftherohorinos, I. 2005. Allelopathic potential of bermudagrass and johnsongrass and their interference with cotton and corn.Agronomy Journal. 97:303-313.
34- Ward, J.K. , D.T. Tissue, R.B. Thomas, and B.R. Strain. 1999. Comparative responses of model C_3 and C_4 plants to drought in low and elevated CO_2. Global Change Biology. 5:857-867.
35- Wolf , J. 1996. Effects of nutrient supply (NPK) on spring wheat response to elevated atmospheric CO_2. Plant and Soil. 185:113-123.
36- Ziska , L.H. and J.A. Bunce. 1999. Effect of elevated carbon dioxide concentration at night on the growth and gas exchange of selected C_4 species. Australian Journal of Plant Physiology. 26:71-77.
37- Ziska , L.H. , J.R. Teasdale , and J.A. Bunce. 1999. Future atmospheric carbon dioxide may increase tolerance to glyphosate. Weed Science. 47:608-615.