نشریه آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۲۳، شماره ۴، زمستان ۱۳۸۸، ص. ۱۲۶-۱۱۵

Journal of Water and Soil
Vol. 23, No. 4, Winter 2009, p. 115-126

ارزیابی کارایی مدل‌های رشد، نمو گیاهان زراعی در شرایط افزایش CO_2

محمد بنایان اول[۱]

تاریخ دریافت: ۸۸/۱/۱۵
تاریخ پذیرش: ۸۸/۸/۳

چکیده

تشعشع، آب و دی اکسید کربن سه جزء اساسی مورد نیاز گیاهان برای رشد و نمو بوده و در یک دامنه وسیع، افزایش هر سه جزء باعث افزایش رشد و بهره دهی زیست کره می‌گردد. افزایش مصرف سوخت‌های فسیلی باعث افزایش غلظت دی اکسید کربن اتمسفر می‌شود و لذا بر اساس اصول پایه فیزیولوژی گیاه افزایش دی اکسید کربن بایستی باعث افزایش فتوسنتز و بهره دهی اولیه اکوسیستم‌ها شود. در عین حال این احتمال وجود دارد که دیگر مکانیزم‌های فیزیولوژیک حاکم بر رشد و نمو گیاهان نیز دستخوش تغییر شود. برای دستیابی به این شناخت نیاز به یک ابزار پیش بینی است و مدل‌های شبیه سازی ابزار مناسب آن هستند. عمده تحقیقات مربوط به تأثیرات تغییر اقلیم بر تولید محصولات زراعی با استفاده از مدل‌های رشد و نمو گیاهان انجام می‌گیرد، با وجود آنکه تمامی مدل‌های رشد و نمو گیاهان برای شرایط فعلی ساخته شده اند. محققین با استفاده از روابط تجربی بین مقادیر دی اکسید کربن و یا دما و رشد و نمو گیاهان و تغییر در این روابط، سازگاری و تغییرمیزان تولید محصولات زراعی را در شرایط احتمالی تغییر اقلیم آینده پیش بینی می‌نمایند. هدف از انجام این تحقیق، بررسی کارایی مدل‌ها و تعیین احتمال نیاز به تغییر برخی روابط کمی شده مکانیسم‌های رشد و نمو گیاهان در شرایط تغییر اقلیم، می‌باشد. برای انجام این تحقیق از داده‌های منتشر شده از دو تحقیق بین المللی بر روی برنج (افزایش دی‌اکسید کربن و ازت) و بادام زمینی (افزایش دی اکسید کربن و درجه حرارت) استفاده شده است. مدل‌های شبیه سازی واکنش گیاهان به افزایش دی‌اکسید کربن افزایش تولید را تا ۳۰٪ در محیطهای کنترل شده در شرایطی که محدودیت آب و عناصر غذایی وجود ندارد، پیش بینی کرده اند، اما داده‌های حاصل از آزمایشات مزرعه ای (Free Air CO_2 Enrichment: FACE) تصویر دیگری را به نمایش گذاشته است. نتایج این تحقیق نشان می‌دهد که روش‌های جدیدی برای مدلسازی واکنش گیاهان به تغییرات دی اکسید کربن برای درک بهتر وضعیت گیاهان و اکوسیستم‌ها در شرایط آینده مورد نیاز می‌باشد. یکی از راهکارهای اساسی برای تصحیح مدل ها، توصیف فرایندهای اساسی وابسته به دی اکسید کربن است. این امر شامل تحلیل داده‌های آزمایشی برای فرآیندهایی همچون فتوسنتز، مصرف آب و اختصاص مواد فتوسنتزی است. نیاز دوم دستیابی به ساختاری از مدل است که در آن اجزای اصلی و فرایندهای اکوسیستم‌ها که در رابطه غیر مستقیم با دی اکسید کربن هستند شامل اثرات متقابل دی اکسید کربن ودیگر متغیرهای مدیریتی و محیطی در نظر گرفته شده باشد. نتایج این تحقیق نشان داد که شبیه سازی شاخص سطح برگ بر اساس کربن در شرایط افزایش دی اکسید کربن منجر به خطای بالای شبیه سازی شده و همچنین اثرات متقابل پارامترهای محیطی به خوبی در مدل‌ها فرموله نشده است.

واژه های کلیدی: تغییر اقلیم و کشاورزی، مدل‌های شبیه سازی گیاهان زراعی، افزایش دی اکسید کربن

مقدمه

افزایش غلظت دی اکسید کربن، یکی از تغییرات تثبیت شده اقلیم در مقیاس جهانی در نیم قرن گذشته است. غلظت دی اکسید کربن از شروع انقلاب صنعتی در حال افزایش است و انتظار می‌رود که تا اواسط قرن فعلی به دو برابر میزان آن در پیش از انقلاب صنعتی افزایش یابد (۱۸). تحقیقات بسیار زیادی به منظور شناخت نحوه واکنش گیاهان در هر دو اکوسیستم‌های طبیعی و تحت مدیریت به افزایش دی اکسید کربن صورت گرفته است. اثرات اولیه افزایش دی اکسید کربن بر گیاهان شامل کاهش هدایت روزنه ای و تعرق، افزایش راندمان مصرف آب، سرعت فتوسنتز و راندمان مصرف نور بالاتر است (۶).

افزایش دی اکسید کربن باعث افزایش سرعت کربوکسیلاسیون رابیسکو و در کنار آن کاهش اکسیژناسیون رابیسکو می‌شود (۶). بطور متوسط براساس کلیه آزمایشات FACE[۱] و گونه‌های گیاهی بکار برده شده، نتیجه افزایش دی اکسید کربن، تا ۳۱٪ افزایش میزان اشباع نوری فتوسنتز برگ و ۲۸٪ افزایش روزانه اسمیلاسیون کربن بوده است. هدایت روزنه ای نیز تا ۲۰٪ کاهش نشان داده است. افزایش

۱- استادیار گروه زراعت دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد
(* - نویسنده مسئول: Email: mobannayan@yahoo.com)

Archive of SID
www.SID.ir

دی اکسید کربن همچنین تا ۵۰٪ راندمان تعرق را افزایش داده است. جمع بندی آینورث و لانگ (۱) در مورد واکنش گیاهان به افزایش دی اکسید کربن نشان داد که بیشترین واکنش از گیاهان C_3 بدون محدودیت عناصر غذایی و بعد برگ باریکهای C_3 مشاهده شده است. بوته زارها و بقولات از این نظر در رتبه‌های بعدی قرار دارند. نوواک و همکاران (۱۴) نشان داده اند که گونه‌های چوبی در مقایسه با گونه‌های علفی واکنش بیشتری به افزایش دی اکسید کربن نشان می‌دهند.

اساساً انتظار می‌رود که تحریک فتوسنتز با افزایش دی اکسید کربن در دماهای بالاتر بیشتر باشد (۶). زمانیکه آزمایشات FACE به دو گروه تحت دمای بیشتر و کمتر از ۲۵ درجه سانتیگراد تقسیم شدند نتایج بدین شرح بود که در دماهای کمتر از ۲۵ درجه سانتیگراد فتوسنتز اشباع ۱۹٪ و در دماهای بیشتر از ۲۵ درجه سانتیگراد تا ۳۰٪ افزایش نشان دادند.

1: Free Air CO_2 Enrichment

در شرایط افزایش دی اکسید کربن تجمع کربوهیدرات‌های غیرساختمانی برگ و کاهش غلظت ازت در برگ و گیاه نیز گزارش شده است (۷ ، ۱۴). عدم کفایت منابع ازت، تشکیل مخازن جدید را در گیاه محدود کرده و لذا در شرایط افزایش دی اکسید کربن عدم موازنه منبع- مخزن در گیاهان بوجود می‌آید (۸). نتایج حاصل از آزمایشات FACE نیز این موضوع را تأیید می‌کند. گزارشات نشان داده اند که تحت شرایط کمبود ازت و دی اکسید کربن بالا، مقدار ازت در واحد سطح برگ تا ۱۲٪ در گیاهان کاهش می‌یابد اما در شرایط مطلوب از نظر میزان ازت، تغییری مشاهده نشده است.

بیوماس و عملکرد اقتصادی گیاه

اساساً در شرایط افزایش دی اکسید کربن، تولید بیوماس افزایش می‌یابد (۱۳ و ۱۴). اگر چه گستردگی این واکنش در بین گیاهان، فصل‌های رشد و شرایط آزمایش متفاوت است. از جمله نتایج افزایش دی اکسید کربن، گیاهان با ارتفاع بیشتر و ساقه‌های قطورتر، افزایش شاخه دهی و تعداد برگ است. عملکرد اقتصادی گیاهان زراعی نیز بطور متوسط ۱۷٪ افزایش نشان داده است که از میزان افزایش مشاهده شده تحت شرایط اتاقک‌های رشد بسیار کمتر است (۱۰). قطر ساقه بطور متوسط ۹٪ افزایش یافته است و رابطه ای با طول مدت در معرض دی اکسید کربن بالا، نداشته است. افزایش ارتفاع گیاهان در سال‌های آخر آزمایشات چند ساله نقض کننده این فرضیه اشتباه است که واکنش گیاهان به دی اکسید کربن به تدریج کاهش می‌یابد و این وضعیت به علت تغییر الگوی اختصاص بیوماس گیاه و فنولوژی آن است (۲۴).

شاخص سطح برگ تغییر چندانی در واکنش به دی اکسید کربن نشان نداده است گرچه گونه‌های مختلف، واکنش متفاوتی را به نمایش گذاشته اند. سطح مخصوص برگ، ۶٪ کاهش نشان داده است گرچه روند یکنواختی در بین گیاهان گزارش نشده است (۲).

مصرف رژیم‌های مختلف کود و آب واکنش گیاهان به افزایش دی اکسید کربن را نیزتغییر می‌دهد. اساساً، تحقیقات مختلف نشان داده اند که برهمکنش عوامل مدیریتی و دی اکسید کربن بطرق مختلف میزان تأثیر تغییر اقلیم بر تولید محصولات زراعی را تعیین می‌کنند (۱۲، ۲۰ و ۲۳).

ازت و دی اکسید کربن

درآزمایشات مزرعه ای متعددی، اثرات متقابل دی اکسید کربن و ازت بر گیاهان مختلف شامل، گندم زمستانه (*Triticum aestivom* L.) (۲۵)؛ پنبه (*Gossipium hirsutum* L.) (۱۳)؛ گندم بهاره (۲۱)؛ بقولات (۲۶)؛ جو (*Hordeum vulgare* L.) (۱۶)؛ ذرت (*Zea mays* L.) (۵)؛ چغندرقند (*Beta vulgaris* L.) (۱۹)؛ آفتابگردان (*Helianthus annus* L.) (۲۷)؛ سویا (*Glycine max* L.) (۲۲)؛ و برنج (*Oryza sativa*) (۲)؛ مورد بررسی و تحقیق قرار گرفته است. مطالعات فوق الذکر نشان داده اند که میزان واکنش گیاهان به دی‌اکسید کربن به میزان زیادی به فراهم بودن ازت بستگی دارد. بسیاری از این تحقیقات نشان داده اند که واکنش گیاهان به افزایش دی اکسید کربن در زمانی که ازت به میزان کافی در دسترس نیست کمتر از زمانی است که ازت به قدر کافی فراهم است.

درجه حرارت و دی اکسید کربن

هر دو متغیر دما و دی اکسید کربن از عوامل کلیدی موثر بر رشد و نمو گیاهان هستند. دمای بالا به تنهایی و یا همراه با افزایش دی‌اکسید کربن قادر است صفات فیزیولوژیک و مرفولوژیک متعددی را تحت تأثیر قرار دهد که آنها نیز به نوبه خود قادرند رشد و عملکرد نهایی گیاه را متأثر سازند. آنچه تولید محصولات زراعی را تحت شرایط تغییر آینده اقلیم به خطر خواهد انداخت، مقادیر حدی متغیرهای اقلیمی خصوصاً دمای بالا است. در عین حال این احتمال وجود دارد که اثرات منفی مقادیر حدی پارامترها با واکنش مثبت گیاهان به افزایش دی اکسید کربن جبران شود. در عین حال عوامل دیگری نیز چون معرفی ارقام جدید یک گیاه نیز می‌تواند در این امر مؤثر واقع شود. بسته به حساسیت رقم به دما، واکنش عملکرد گیاهان به دی اکسید کربن می‌تواند کاهش یا افزایش یابد. به طور کلی در دمای کم افزایش دی اکسید کربن می‌تواند اثر تحریک کنندگی کمتری بر تولید محصول داشته باشد. از طرفی با توجه به کاهش تعرق در شرایط افزایش دی اکسید کربن دمای بالا میتواند خصوصاً در مراحل حساس رشد گیاه به گرما گیاهان را دچار تنش حرارتی کرده و نهایتا منجر به تولید کمتر محصول گردد(۱۴ و ۱۸).

Archive of SID

www.SID.ir

تغییر اقلیم و مدل‌های رشد و نمو گیاهان زراعی

افزایش دی اکسید کربن اتمسفر و دیگر مشخصه‌های تغییر اقلیم به میزان زیادی بر بهره دهی جهانی بخش کشاورزی اثر می‌گذارد (International Panel on Climate Change: IPCC). به همین دلیل بخش بزرگی از تحقیقات در بخش کشاورزی به بررسی و پیش بینی اثرات تغییر اقلیم بر تولید محصولات زراعی اختصاص یافته است (۱۳). در اجرای عمده این تحقیقات از مدل‌های مختلف رشد و نمو گیاهان زراعی جهت ارزیابی واکنش گیاهان به افزایش دی اکسید کربن استفاده شده است. نتایج آزمون مدل‌ها معیار کارایی مدل‌ها جهت بکارگیری آنها در مطالعات تغییر اقلیم را تعیین می‌کند. لذا مدل‌های رشد و نمو گیاهان زراعی را باید با استفاده از داده‌های آزمایشات مختلف مورد بررسی قرار داد. در عین حال نکته ای که باید مد نظر داشت آن است که کلیه مدل‌های موجود برای شرایط فعلی اقلیم جهان ساخته شده اند و مکانیسم‌های واکنش‌های گیاهان به تغییرات اقلیم بایستی در داخل این مدل‌ها فرمول بندی و لحاظ شود تا بتوان پیامدهای تغییر اقلیم را با دقت بیشتری پیش بینی کرد. ارزیابی حقیقی اثرات تغییر اقلیم بر رشد گیاهان با استفاده از مدل‌های گیاهان نیازمند آن است که مدل شبیه سازی به دیگر منابع محدود کننده مثل عناصر غذایی و یا پارامترهای محیطی واکنش نشان دهد. در بسیاری از تحقیقات اگر چه اثرات متقابل ازت و دی اکسید کربن و یا دما و دی اکسید کربن مشخص گردیده است اما تا کنون واکنش گیاهان به این اثرات متقابل بصورت کمی کمتر مورد بررسی قرار گرفته است.

هدف از انجام این تحقیق آزمون دو مدل از گیاهان زراعی و بررسی نحوهٔ شبیه سازی اثرات متقابل ازت و دی اکسید کربن و دما و دی اکسید کربن به تفکیک بر روی دو گیاه برنج و بادام زمینی توسط این دو مدل در دو منطقه در ژاپن و آمریکا است. چنین ارزیابی این امکان را میسر می‌سازد که نتیجه گیری‌های متفاوت حاصل از این مطالعات به منظور پیش بینی تولید محصولات زراعی با استفاده از مدل‌های مختلف واسنجی شده در سطح کشور ایران مورد ارزیابی قرار گیرد تا چنانچه نتایج رضایتبخشی حاصل شود به توان با اصلاحاتی از این مدل‌ها در ایران نیز استفاده کرد.

مواد و روش‌ها

گیاهان مورد مطالعه و منطقه آزمایش

برنج

داده‌های بکار برده شده برای مطالعه شبیه سازی برنج از آزمایشات افزایش دی اکسید کربن در شرایط مزرعه (FACE) کشت شده در ۲ سطح دی اکسید کربن و ۳ سطح ازت در طی ۳ سال (۲۰۰۰–۱۹۹۸) در کشور ژاپن فراهم شده است. جزئیات کامل اجرای طرح توسط کیم و همکاران (۱۲) ارائه شده است. در این مطالعه گیاه برنج از جوانه زنی بذر تا برداشت در معرض مقدار فعلی دی اکسید کربن محیط (۳۶۹ میکرومول بر مول) و میزان فعلی به اضافه ۲۰۰ میکرومول بر مول در طی سالهای (۲۰۰۰–۱۹۹۸) قرار داشته اند. شرایط اجرایی این نوع آزمایشات شبیه شرایط طبیعی مزرعه می‌باشد اما گاز دی اکسید کربن با در نظر گرفتن سرعت و جهت باد به داخل حلقه ای که به دور گیاهان کشت شده قرار گرفته است پمپاژ می‌شود. برای توصیف سیستم کامل FACE به اوکادا و همکاران (۱۵) مراجعه نمایید. سه میزان متفاوت ازت بصورت سولفات آمونیوم شامل ۴ گرم ازت در مترمربع (ازت کم LN)، ۸ گرم ازت در مترمربع (ازت متوسط، MN) و ۱۲ گرم ازت در مترمربع (ازت زیاد HN) بکار برده شده است. فواصل پشته‌ها و ردیف‌ها به ترتیب ۱۷/۵ و ۳۰ سانتیمتر بوده است وآبیاری به صورت غرقابی جهت تأمین آب مورد نیاز گیاه اجرا شده است. زمان‌های نمونه برداری از گیاهان در طول فصل رشد به گونه ای انتخاب شده اند که با اواسط پنجه زنی، القای خوشه دهی، گرده افشانی، اواسط رسیدگی و بلوغ مصادف باشد. برای شبیه سازی و پیشگویی عملکرد در این شرایط از مدل Oryza 2000 استفاده شده است.

بادام زمینی

آزمایش انجام شده در کشور آمریکا بر روی بادام زمینی شامل تیمارهای دو رقم زودرس و دیررس پرونتو و جرجیا گرین، سه سطح دمای شبانه روز شامل :°C ۳۳/۲۱، °C۵، ۵/۲۳، ۳۵، °C ۳۸/۲۶ و دو سطح دی اکسید کربن شامل ۴۰۰ و ۷۰۰ میکرومول دی اکسید کربن در مول هوا در سال ۲۰۰۶ اجرا شده است. این آزمایش در ۶ اتاق رشد با ارتفاع ۲/۲۰ متر و سطح زیرکشت ۸/۶۴ مترمربع اجرا شده است. در طول انجام آزمایش شدت تشعشع برابر ۱۵۰۰ میکرومول بر مترمربع در ثانیه و طول روز ۱۴ ساعت قرار داده شده است. هر کدام از ارقام در ۱۴۴ گلدان با سطح ۶۲۵ سانتیمتر مربع و حجم ۲۰ لیتر کاشته شدند. گلدانها با شن پر شده و در هر گلدان ۵ بذر قرار داده شد و سپس ۴ روز پس از سبز شدن تعداد گیاهان سبز شده به ۲ و ۳۰ روز پس از سبز شدن به یک گیاه در هر گلدان تقلیل داده شد. به منظور حفظ شرایط مطلوب آبی گیاهان هر روز آبیاری شدند. فنولوژی گیاهان بصورت روزانه و نمونه گیری جهت شاخص‌های رشد به تعداد ۸ مرتبه با فواصل کوتاهتر در اوایل رشد نیز ثبت و اندازه گیری شده است. جزئیات کامل اجرای طرح توسط بنایان و همکاران (۳) ارائه شده است. برای شبیه سازی و پیشگویی عملکرد در این شرایط از مدل CSM-DSSAT استفاده شده است.

Archive of SID

www.SID.ir

مدل‌های گیاهان زراعی

Oryza 2000

این مدل رشد و نمو برنج را در سطوح بالقوه، تحت تنش آب و تحت تنش ازت شبیه سازی می‌کند (۴). در شرایط بالقوه رشد خصوصیات ارقام از نظر فنولوژی و فرایندهای فیزیولوژیک و مرفولوژیک عوامل اصلی تعیین کننده رشد گیاه در هر روز محسوب می‌شوند. میزان کل روزانه فتوسنتز گیاه براساس میزان نور، دما و شاخص سطح برگ محاسبه می‌شود. براساس خصوصیات فتوسنتزی تک برگ که به غلظت ازت برگ بستگی دارد و براساس مقدار شاخص سطح برگ، فتوسنتز کل کنوپی محاسبه می‌شود. ماده خشک تولید شده بین بخشهای مختلف گیاه تقسیم می‌گردد. ضرایب اختصاص نیز براساس توابع مربوطه که به فنولوژی گیاه بستگی دارد در مدل گنجانده شده است. زیر مدل ازت گیاه نیز فاکتور تنش ازت را محاسبه می‌کند. ازت در مدل بر فتوسنتز تک برگ، سرعت نسبی رشد برگ و پیری برگ مؤثر است. نقطه اتصال دی اکسید کربن در مدل نیز تأثیر آن بر راندمان مصرف نور و میزان حداکثر فتوسنتز تک برگ می‌باشد. در این مطالعه، تنها واسنجی انجام گرفته، تنظیم فنولوژی رقم برنج مورد استفاده بوده است و مابقی شرایط بر اساس پیش فرض‌های مدل پذیرفته شده است.

مدل CSM-DSSAT

این مدل رشد و نمو گیاه را به عنوان تابعی از آب و هوای روزانه و شرایط خاک و مدیریت گیاه شبیه سازی می‌کند. رشد و نمو گیاه به صورت روزانه محاسبه می‌شود (۱۷). اختصاص ماده خشک تابعی از مرحله رشد و نمو گیاه بوده و به مقدار بیوماس فراهم برای رشد نیز بستگی دارد. تمامی فرایندهای رشد و نمو دینامیک بوده و متأثر از عوامل محیطی و خصوصیات رقم گیاه می‌باشند. شرایط اقلیم در فایل آب و هوا با فراهم نمودن داده‌های روزانه در دسترس خواهد بود. توصیف نمو گیاه بر اساس واحد حرارتی بیان می‌شود و در صورتیکه دمای حداکثر بیشتر از ۴۴°C و یا دمای حداقل کمتر از دمای پایه گیاه باشد داده‌های روزانه به صورت سه ساعتی تقسیم و محاسبات لازم اجرا می‌شود. رشد بالقوه در گیاه تابعی از تشعشع قابل رویت بوده و جذب تشعشع به شاخص سطح برگ بستگی دارد. عواملی چون فواصل ردیف، تراکم کاشت و راندمان مصرف نور نیز بر تولید بالقوه اثر مستقیم می‌گذارند. در این مدل معادلات تجربی برای فرآیندهای نمو فنولوژیک، گسترش کانوپی، تشکیل اندامها، فتوسنتز، تخصیص مواد فتوسنتزی و میزان آب خاک به کار گرفته شده است. بدین ترتیب مدل قادر است اثرات آب و هوا را بر رطوبت و نیتروژن خاک و رشد و عملکرد شبیه سازی کند. توصیف کامل اثرات دما و دی اکسید کربن بر رشد و نمو غلات را می‌توان در ریچی و همکاران (۱۷) یافت.

برای ارزیابی نتایج شبیه سازی هر دو مدل از میانگین جذر مربع اختلاف بین مقادیر شبیه سازی و مشاهدات Root Mean Square (of Difference: RMSD) استفاده شد.

نتایج و بحث

گیاه برنج

شاخص سطح برگ

داده‌های مشاهده شده آزمایش گیاه برنج نشان داد که با افزایش ازت حداکثر مقدار سطح برگ در هر سه سال افزایش یافت اما با افزایش دی اکسید کربن حداکثر مقدار سطح برگ به میزان کمی افزایش نشان داد (۲). مدل برنج حداکثر مقدار بدست آمده برای شاخص سطح برگ را در تمامی سطوح دی اکسید کربن و ازت بیشتر از حد تخمین زد (شکل ۱). مشاهدات نشان داد که افزایش ازت در مقایسه با دی اکسید کربن تأثیر بیشتری بر کسر افزایش سطح برگ داشت (۲)، اما مدل روند معکوسی نشان داد، به این صورت که افزایش دی اکسید کربن تأثیر بیشتری در مقایسه با ازت بر سطح برگ شبیه سازی نمود. این وضعیت احتمالا به آن علت است که در مدل برنج شاخص سطح برگ رابطه مستقیمی با بیوماس دارد. داده‌های مزرعه ای واکنش مثبت شاخص سطح برگ به افزایش دی‌اکسید کربن را درطی رشد رویشی و واکنش منفی در طی رشد زایشی نشان داده است اما نتایج شبیه سازی مدل در در هر دو مرحله رشد رویشی و زایشی گیاه واکنش مثبت شاخص سطح برگ به دی اکسید کربن را نشان می‌دهد.

تجمع بیوماس

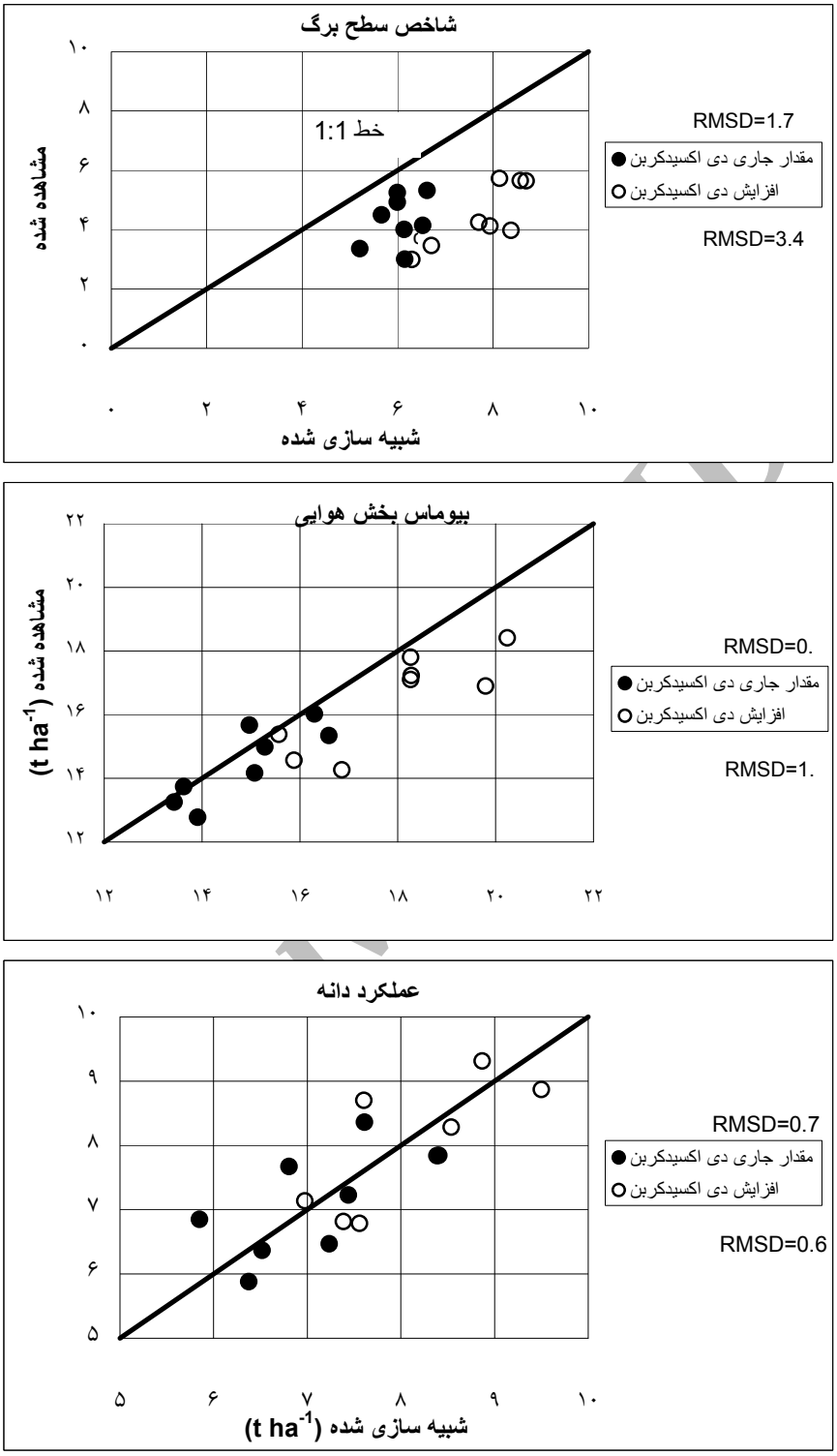
مدل برنج قادر بود که تولید بیوماس (شکل ۱) را بخوبی شبیه سازی کند. لذا مدل با وجود بیش از حد تخمین زدن LAI (شکل ۱)، بیوماس را با دقت قابل قبولی شبیه سازی کرد (شکل ۱). این بدان علت است که در مدل بعد از بسته شدن کنوپی (LAI >۳) میزان تأثیر شاخص سطح برگ بر جذب نور و فتوسنتز در مقایسه با قبل از بسته شدن کنوپی کمتر می‌شود.

عملکرد دانه

نتایج آزمایشات مزرعه ای نشان داد که افزایش ازت ودی اکسید کربن منجر به عملکرد دانه بیشتر می‌شود(شکل ۱). مدل برنج نیز قادر بود بخوبی عملکرد دانه را در دو شرایط متوسط و بالای ازت در هر دو شرایط دی اکسید کربن بخوبی شبیه سازی کند (۲)، اما عملکرد شبیه سازی شده در واکنش به دی اکسید کربن در شرایط ازت کم بیشتر از مقادیر مشاهده شده شبیه سازی بوده است (۲). بطور متوسط در طی سه سال، در شرایط افزایش دی اکسید کربن عملکرد دانه شبیه سازی شده به ترتیب ۱۷/۵٪، ۱۴٪ و ۱۵٪ در مقادیر کم، متوسط و بالای ازت افزایش یافت اما داده‌های مشاهده شده (۲) این مقادیر را ۷٪، ۱۴٪ و ۱۵٪ در همان ترتیب مقادیر ازت نشان داد.

Archive of SID

www.SID.ir



(شکل ۱)- مقایسه حداکثر مقدار شبیه سازی و مشاهده شده شاخص سطح برگ، بیوماس بخش هوایی و عملکرد دانه در زمان برداشت نهایی در طی سه سال آزمایش در هر سه سطح ازت و دی اکسیدکربن

www.SID.ir

گیاه بادام زمینی

شاخص سطح برگ

نتایج این تحقیق نشان داده است که تا قبل از شروع گرده افشانی (۳۲ روز پس از کاشت) افزایش دی اکسید کربن تأثیری بر شاخص سطح برگ نداشته است اما پس از این مرحله نمو، افزایش دی اکسید کربن در تمامی سطوح دمایی منجر به افزایش سطح برگ شده است (شکل ۲). درصد متوسط افزایش سطح برگ در طی فصل رشد در تمامی سطوح دما در واکنش به افزایش سطح برگ برای ارقام پرونتو و جرجیا گرین به ترتیب برابر ۲۸/۳٪ و ۴۹/۳٪ بود که موید تفاوت ارقام در واکنش به دی اکسید کربن است.

بیوماس بخش هوایی

افزایش دی اکسید کربن درهر دو حالت شبیه سازی و مشاهده، بیوماس گیاه را افزایش داد. با افزایش دما، واکنش مثبت بیوماس بادام زمینی به دی اکسید کربن در شرایط اتاقک رشد افزایش یافت اما چنین رفتاری در داده‌های شبیه سازی مشاهده نشد (شکل ۳).

عملکرد غلاف و دانه

افزایش دی اکسید کربن و دما باعث کاهش عملکرد غلاف در شرایط اتاقک رشد شد. کاهش عملکرد غلاف در واکنش به افزایش دی اکسید کربن کمتر از واکنش به افزایش دما بود (شکل ۳). در شرایط شبیه سازی واکنش به دی اکسید کربن مثبت اما دما تأثیری بر عملکرد غلاف نشان نداد. افزایش دی اکسید کربن بطور معنی‌داری عملکرد دانه هر دو رقم را کاهش داد. عملکرد دانه با افزایش دما نیز در هر دو سطح دی اکسید کربن کاهش یافت (شکل ۳). همانند بیوماس و غلاف، عملکرد دانه بادام زمینی در شرایط شبیه سازی در واکنش به دی اکسید کربن افزایش یافت و دما تأثیری بر آن نداشت.

بحث و نتیجه گیری نهایی

پیشگویی تولید محصولات زراعی تحت شرایط احتمالی تغییر اقلیم در آینده بایستی بسیار با احتیاط توصیه شود. جدول‌های ۱ و ۲ واکنش نسبی گیاهان برنج و بادام زمینی را به دی اکسید کربن و در ترکیب با تیمار ازت یا دما نشان می‌دهند. جدول ۱ نمایانگر آنست که هر دو میزان و جهت (مثبت یا منفی بودن عملکرد در مقایسه با مقدار مشاهده شده) پیش بینی محصول مدل برنج در شرایط افزایش دی اکسید کربن در طیف تغییرات میزان مصرف ازت کاملاً متضاد روند مقادیر مشاهده شده است. این شرایط خصوصاً در مقدار ازت کم بسیار مشهود است. مدل برنج قادر نبود که روند صحیح اثرات متقابل ازت × دی اکسید کربن را بر عملکرد نهایی برنج عمدتاً در مقدار مصرف کم ازت نشان دهد. جدول ۲ نیز نشان می‌دهد که مدل CSM-DSSAT نتوانسته است که واکنش نسبی گیاه را به دما × دی اکسید کربن صحیح شبیه سازی کند. مدل مزبور جهت معکوسی از نظر روند واکنش به دما×دی اکسید کربن برای بیوماس نشان داد.

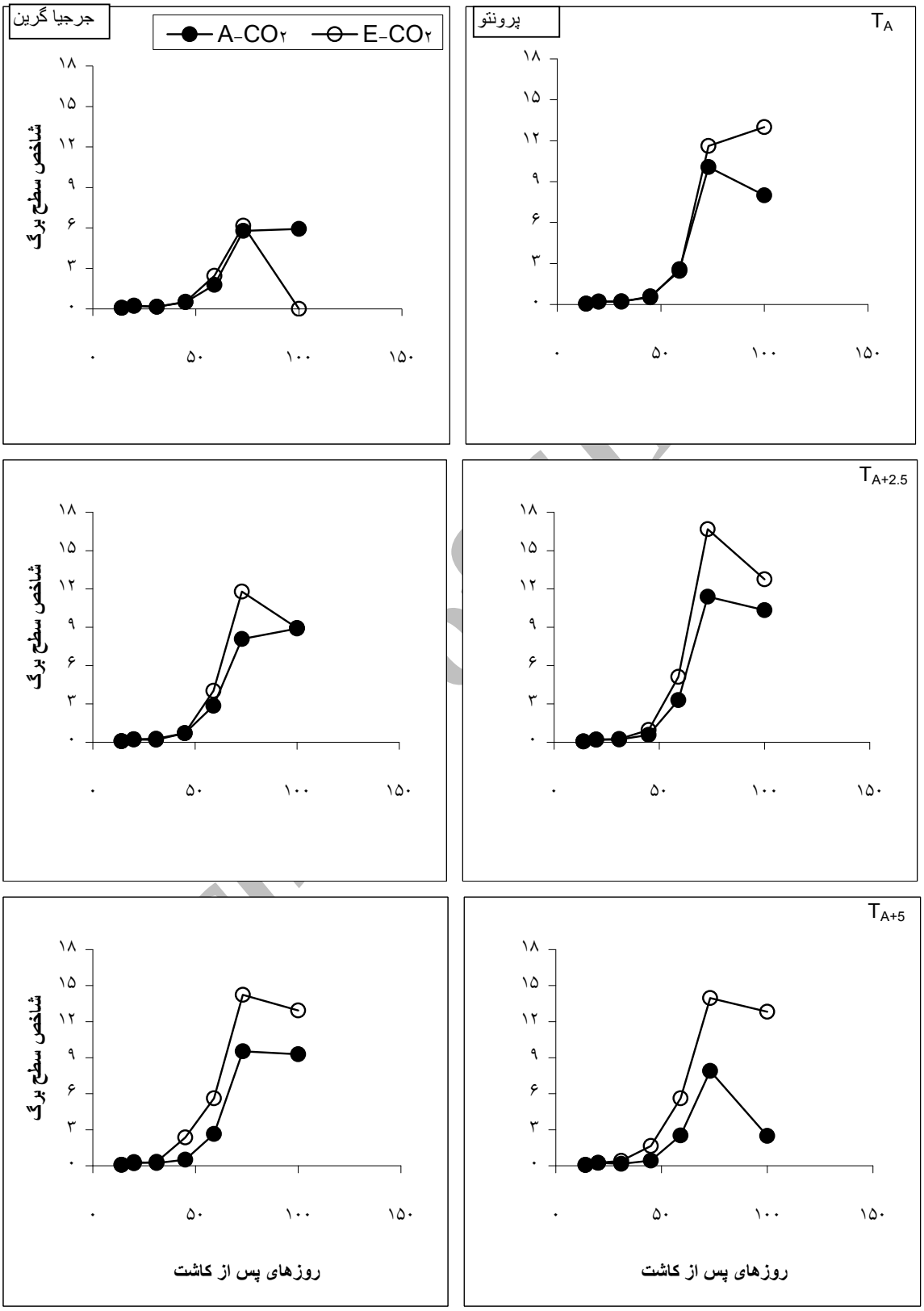
همچنین مدل قادر نبود اثرات جهت و روند T× دی اکسید کربن را بر عملکرد غلاف و دانه گیاه بادام زمینی به نمایش بگذارد. بنظر می‌رسد که مدل قادربه تعدیل اثرات منفی دما بر اثر افزایشی دی‌اکسید کربن بالا نمی باشد.

بطور کلی شاخص سطح برگ را می‌توان بر اساس متغیرهای متفاوت محیطی یا گیاهی شامل اسیمیلاسیون کربن یا ازت شبیه سازی کرد. مدل گیاه برنج شاخص سطح برگ را بر اساس بیلان کربن شبیه سازی می‌کند که نتیجه آن بیش برآوردی خصوصاً در شرایط افزایش دی اکسیدکربن می‌باشد و در این مطالعه نشان داده شد. این امکان وجود دارد که سطح برگ را بر اساس میزان ازت گیاه و یا بیوماس بخش هوایی گیاه شبیه سازی نمود. داده‌های مشاهده شده نشان می‌دهد (شکل ۴) که گسترش سطح برگ‌ها وابستگی بیشتری به میزان ازت بخش هوایی گیاه تا میزان کربن موجود در آن دارد. مدل گیاه بادام زمینی فاقد الگوریتم کد باز است در عین حال آنالیز داده‌های آزمایشی نشانگر نقاط ضعف فرمولاسیون مدل برای در نظر گرفتن اثرات متقابل دی اکسید کربن و دما است. داده‌های آزمایش بادام زمینی نشان میدهد که تعداد بالای گل بیانگر فراهم بودن مواد فتوسنتزی است اما تعداد کمتر غلاف و بذر در مقایسه با تعداد گل موید حساسیت دانه بندی به دما است. بسیاری از تحقیقات نشان داده اند که در دمای بالاتر از ۲۴ °C اختصاص مواد فتوسنتزی از الگوی متفاوتی در ارقام مختلف تبعیت می‌کند. این حساسیت نشاندهنده تفاوت ارقام در واکنش به تغییر احتمالی اقلیم در آینده است. حال آنکه توصیف حساسیت ارقام به عوامل مختلف محیطی در مدل بادام زمینی تنها توسط چند پارامتر بیان می‌شود که احتمالا نیاز به بازبینی و تغییر این مقادیر در شرایط تغییر اقلیم دارد.

با توجه به روند روز افزون مطالعات تغییر اقلیم و تأثیر آن بر تولیدات کشاورزی در کشور ایران بنظر می‌رسد که مطالعه مدل‌های رشد گیاه از این نظر به منظور تصحیح پیش بینی‌ها بسیار حائز اهمیت است. هدف از ارائه نتایج این تحقیق مدلسازی ارائه داده‌های مربوطه به دو گیاه تحت شرایط تغییر پارامترهای اقلیمی- محیطی نیست بلکه بررسی دقت دو مدل رشد و جلب توجه محققین برای تغییر پارامترها و روابطی در مدل که مورد استفاده در تحقیقات تغییر اقلیم قرار میگیرند میباشد.

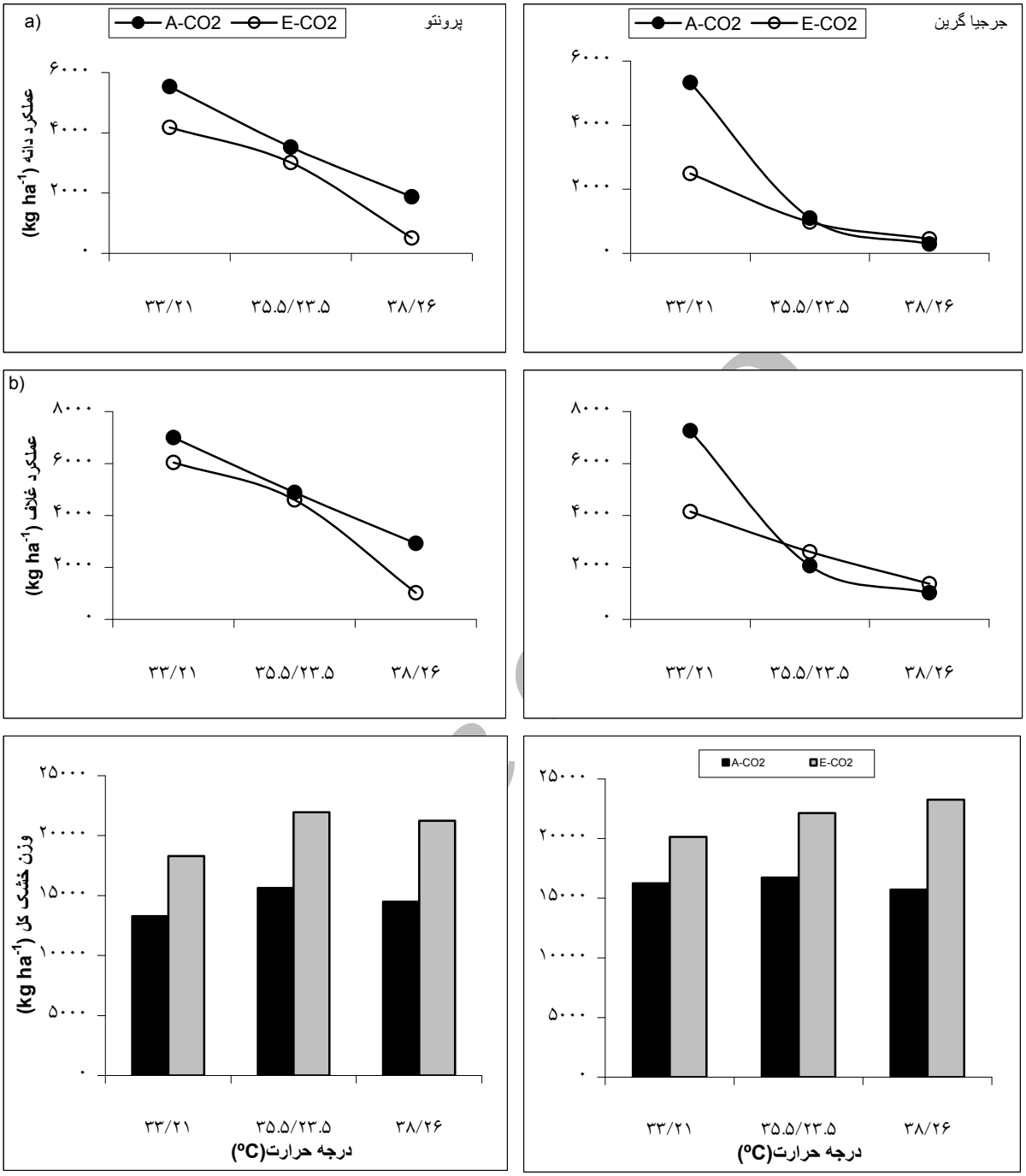
Archive of SID

www.SID.ir



(شکل ۲)- روند مشاهده شده سطح برگ دو رقم گیاه بادام زمینی (رقم گرین سمت راست و رقم جرجیا سمت چپ) در شرایط فعلی غلظت دی اکسید کربن ($A\text{-}CO_2$) و افزایش آن ($E\text{-}CO_2$) تحت سه دمای متفاوت (T_A, T_A+2.5 ,T_A+5)

www.SID.ir



(شکل ۳)- عملکرد دانه، غلاف و وزن خشک کل گیاه بادام زمینی در واکنش به افزایش دی اکسید کربن در سه درجه حرارت متفاوت (عملکردها از تک بوته به واحد سطح زمین تبدیل شده اند)

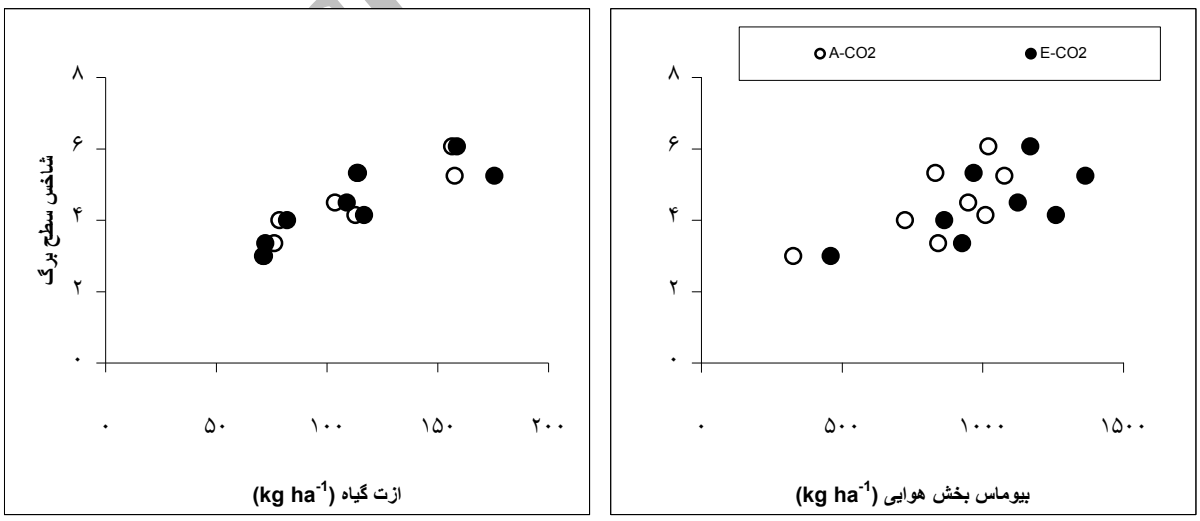
www.SID.ir

(جدول ۱)- واکنش نسبی عملکرد دانه برنج به دی اکسید کربن

میزان ازت (درصد)	نسبت - افزایش دی اکسید کربن / مقدار رایج	
	مقدار مشاهده شده	مقدار شبیه سازی شده
	سال ۱۹۹۸	
ازت بالا	۱/۲۱	۱/۲۰
ازت متوسط	۱/۱۶	۱/۲۱
ازت کم	۱/۱۶	۱/۲۱
	سال ۱۹۹۹	
ازت بالا	۱/۱۱	۱/۲۰
ازت متوسط	۱/۱۳	۱/۱۶
ازت کم	۱/۰۴	۱/۲۲
	سال ۲۰۰۰	
ازت بالا	۱/۱۳	۱/۱۷
ازت متوسط	۱/۱۵	۱/۱۸
ازت کم	۱/۰۷	۱/۲۰

(جدول ۲)- واکنش نسبی بیوماس، عملکرد غلاف و دانه بادام زمینی به دی اکسید کربن

دما $^{\circ}C$	افزایش دی اکسید کربن / مقدار رایج					
	بیوماس		عملکرد غلاف		عملکرد دانه	
	مشاهده	شبیه سازی	مشاهده	شبیه سازی	مشاهده	شبیه سازی
			رقم جرجیا گرین			
۳۳/۲۱	۱/۱۹	۱/۲۳	۰/۵۷	۱/۲۰	۰/۴۷	۱/۲۰
۳۵,۵/۲۳,۵	۱/۳۴	۱/۲۲	۱/۲۶	۱/۱۹	۰/۸۹	۱/۲۰
۳۸/۲۶	۱/۶۶	۱/۲۱	۱/۳۴	۱/۲۰	۱/۵۵	۱/۲۰
			رقم پرونتو			
۳۳/۲۱	۱/۶۲	۱/۲۹	۰/۸۶	۱/۲۶	۰/۷۶	۱/۲۶
۳۵,۵/۲۳,۵	۱/۵۴	۱/۲۷	۰/۹۴	۱/۲۲	۰/۸۵	۱/۲۲
۳۸/۲۶	۱/۷۰	۱/۲۴	۰/۳۵	۱/۲۳	۰/۲۷	۱/۲۴



(شکل ٤)- رابطه بین سطح برگ با میزان کل ازت موجود درگیاه و بیوماس گیاه در مرحله گلدهی برنج در واحد سطح زمین

Archive of SID

www.SID.ir

تشکر و سپاسگزاری

این مقاله بر گرفته از طرح پژوهشی دانشگاه فردوسی مشهد است. بدینوسیله از شورای پژوهشی دانشگاه به خاطر تأمین اعتبار این طرح تشکر می‌شود.

منابع

1- Ainsworth E.A., Rogers A., Nelson R., Long S.P. 2004. 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, 165:351-372

2- Bannayan M., Kobayashi K., Kim H.Y., Liffering M., Okada M., and Miura S., 2005. Modeling the interactive effects of atmospheric CO_2 and N on rice growth and yield. Field Crop Res, 93:237–251.

3- Bannayan M., Tojo Soler C.M., Garcia y., Garcia A., Guerra L.C., Hoogenboom G. 2009. Interactive effects of elevated [CO_2] and temperature on growth and development of a short- and long-season peanut cultivar. Climatic change, 96:389-406.

4- Bouman B.A.M., Kropff M.J., Tuong T.P., Wopereis M.C.S., Ten Berg H.F.M., and van Laar H.H. 2001. Oryza2000: Modeling Lowland Rice. IRRI, 235 pp.

5- Cousins A.B., and Bloom A.J., 2003. Influence of elevated CO_2 and nitrogen nutrition on photosynthesis and nitrate photo-assimilation in maize (Zea mays L.). Plant Cell Environ, 26:1525-1530.

6- Drake B.G., Gonzàlez-Meler M.A. 1997. More efficient plants: a consequence of rising atmospheric CO_2? Ann. Rev. Plant Physiol. Plant Mol. Biol., 48:609-639.

7- Estiarte M, Penuelas J, Kimball BA, Hendrix DL, Pinter PJ, Wall DJ, LaMorte RL, Hunsaker DJ. 1999. Free-air CO_2 enrichment of wheat: leaf flavonoid concentration through the growth cycle. Physiologia Plantarum, 105:423-433.

8- Hymus G.J., Ellsworth D.S., Baker N.R., and Long S.P. 1999. Does free-air carbon dioxide enrichment affect photochemical energy use by evergreen trees in different seasons? A chlorophyll fluorescence study of mature loblolly pine. Plant Physiology, 120:1183-1191.

9- IPCC. 1995. Houghton J.T., Meira Filho L.G., Callander B.A., Harris N., Kattenberg A., and Maskell K. (Eds.), The Science of Climate Change, 1996. Cambridge University Press, Cambridge, p. 572.

10- Jablonski L.M., Xianzhong W., and Curtis P.S. 2002. Plant reproduction under elevated CO_2 conditions: a meta-analysis of reports on 79 crop and wild species. New Phytologist, 156:9-26

11- Kim H.Y., Lieffering M., Kobayashi K., Okada M., Mitchel M.W., and Gumpertz M., 2003b. Effects of free air CO_2 enrichment and nitrogen supply on the yield of temperate paddy rice crops. Field Crops Res. 82, 261-270.

12- Kim H.Y., Liffering M., Miura S., Kobayashi, K., and Okada M., 2001. Growth and nitrogen uptake of CO_2-enriched rice under field conditions. New Phytol, 150:223-229.

13- Kimball B.A., Kobayashi K., Bindi M. 2002. Responses of agricultural crops to free air CO_2 enrichment. Adv. Agron. 77, 293-368.

14- Mauney J.R., Kimball B.A., Pinter P.J., Lamorte R.L., Lewin K.F., Nagy J., and Hendrey G.R., 1994. The free-air carbon dioxide enrichment (FACE) cotton project: A new field approach to assess the biological consequences of global change. Agric. For. Meteor. 170 (1-4), 49-67.

14- Nowak R.S., Ellsworth D.S., and Smith S.D., 2004. Tansley Review: Functional responses of plants to elevated atmospheric CO_2 – Do photosynthetic and productivity data from FACE experiments support early predictions? New Phytologist 162, 253-280.

15- Okada, M., Liffering, M., Nakamura, H., Yoshimoto M., Kim H.Y., and Kobayashi K. 2000. Free air CO2 enrichment (FACE) with pure CO_2 injection: rice FACE system design and performance. New Phytol, 150:251-260.

16- Olmedo P.M., Rees R.M., and Grace J., 2002. The influence of plants grown under elevated CO_2 and N fertilization on soil nitrogen dynamics. Global Change Biol, 8:643-657.

17- Ritchie, J.T., Singh, U., Godwin, D.C., Bowen, and W.T., 1998. Cereal growth, development and yield. In: Tsuji, G.Y., Hoogenboom, G., Thornton, P.K. (Eds.), Understanding Options for Agricultural Production. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, The Netherlands, pp. 79–98

18- Rogers H.H., and Dahlman R.C. 1993. Crop responses to CO_2, enrichment. Vegetatio, 104/105, 117-131.

19- Romanova A.K., Mudrik V.A., Novichkova N.S., Demidova R.N., and Polyakova V.A., 2002. Physiological and biochemical of sugarbeet plants grown at an increased carbon dioxide concentration and at various nitrate doses. Russ. J. Plant Physiol, 49:204-210.

20- Seligman N.G., and Sinclair T.R. 1995. Global environment change and simulated forage quality of wheat. II. Water and nitrogen stress. Field Crops Res., 40:29-37.

21- Schutz M., and Fangmeier A. 2001. Growth and yield responses of spring wheat (Triticum aestivum L.) to elevated CO_2 and water limitation. Environ. Pollut., 114, 187-194.

22- Sims A.D., Luo Y., and Seeman J.R., 1998. Comparison of photosynthetic acclimation to elevated CO_2 and limited

Archive of SID

www.SID.ir

nitrogen in soybean. Plant Cell Environ., 21:945-952.
23- Sinclair, T.R., 1992. Mineral nutrition and plant growth response to climate change. J. Exp. Bot. 43:1141-1146.
24- Ward J.K., and Strain B.R. 1999. Effects of low and elevated CO_2 partial pressure on growth and reproduction of *Arabidopsis thaliana* from different elevations. Plant, Cell and Environment, 20:254-260.
25- Wolf J., 1993. Effects of climate change on wheat production potential in the European Community. Eur. J. Agron., 2:281-292.
26- Yu M., Gao Q., and Shaffer M.J. 2002. Simulating interactive effects of symbiotic nitrogen fixation, carbon dioxide elevation, and climatic change on legume growth. J. Environ Qual., 31;634−41.
27- Zerihun A., Gutschick V.P., and Bassirirad H. 2000. Compensatory roles of nitrogen uptake and photosynthetic N-use efficicicny in determining plant growth response to elevated CO_2: evaluation using a functional balance model. Ann. Bot., 86:723–730.

Archive of SID

www.SID.ir

Journal of Water and Soil
Vol. 23, No. 4, Winter 2009, p. 115-126

نشریه آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۲۳، شماره ۴، زمستان ۱۳۸۸، ص. ۱۲۶-۱۱۵

Crop models efficiency and performance under elevated atmospheric CO_2

M. Bannayan Aval[1]

Abstract

Radiation, water and CO_2 are three major resources requirement for crops growth and development and within a wide range, increasing each of them would increase the biosphere productivity. Higher usage of fossil fuels is increasing the atmospheric CO_2 and according to known crop physiological functions, such conditions should increase the crops production. However there is a possibility that these functions forced to modify as well due to such a change in atmosphere. In order to realize such a change, robust models are required which in turn demands high quality data and complete test of the models. Most climate change studies benefit from crop models however, all models are structured and developed based on current conditions. Our objectives in this study are verification of two crop models for such a possible future climate change and to find whether there are any required modifications for these crop models. Required data for this study were obtained from two international studies on rice plant under FACE experiment in Japan and on peanut crop in USA. Rice experiment included the effects of nitrogen and elevated CO_2 and peanut experiment was looking for the effects of CO_2 and temperature. Observed data were employed within CSM-DSSAT for peanut and Oryza2000 model for rice plant. The results showed that both models wrongly simulated the magnitude and direction of crops responses mostly for interaction of CO_2 and nitrogen and/or temperature which indicated the requirement of modification of some relationships in the crop models in order to be used for any future recommendation under climate change.

Key words: Climate change, Crop models, Rice plant, Peanut crops

Archive of SID

1 - Assistant Prof., Dept. of Agronomy, College of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad
(* - Corresponding author Email: mobannayan@yahoo.com)

www.SID.ir