Archive of SID

بیابان (جلد ٦، شماره ۲، سال ۱۳۸۰)

شبیه‌سازی رشد، فنولوژی و تولید ارقام گندم در اثر تغییر اقلیم در شرایط مشهد

علیرضا کوچکی[۱]، مهدی نصیری محلاتی[۲]، حمیدرضا شریفی[۳]، اسکندر زند[۴] و غلامعلی کمالی[۵]

۱و۲- استاد و استادیار دانشگاه فردوسی ۳و۴- دانشجوی سابق دکتری

۵- استادیار سازمان هواشناسی ایران

تاریخ وصول مقاله ۸۰/۱۰/۲۵

چکیده

به منظور مطالعه خصوصیات رشدی گندم در شرایط دو برابر شدن غلظت CO_2 رشد و تولید ارقام گندم به کمک یک مدل عمومی شبیه‌سازی رشد و نمو این گیاه در شرایط تغییر اقلیم پیش‌بینی و با شرایط فعلی مقایسه گردید. داده‌های آب و هوایی مربوط به شرایط تغییر اقلیم (سال ۱۴۰۰ هجری شمسی) به وسیله مدل‌های عمومی گردش محاسبه شدند. اطلاعات گیاهی لازم نیز از آزمایشهای مزرعه‌ای جمع‌آوری گردید. نتایج شبیه‌سازی نشان داد که تغییر اقلیم از طریق افزایش درجه حرارت باعث ۲۶ روز کاهش در طول دورهٔ رشد گندم در شرایط مشهد خواهد شد. شاخص‌های فیزیولوژیکی نظیر تعداد و سطح برگ‌ها نیز تحت تاثیر تغییر اقلیم قرار خواهد گرفت. میانگین تولید بیوماس حدود ۶٪ افزایش یافت حال آن که عملکرد دانه گندم تا ۳۰٪ افزایش نشان داد. پیش‌بینی مدل نشان داد که تغییر اقلیم با تاثیر بر الگوهای تخصیص ماده خشک بین اندام‌های مختلف باعث افزایش قابل ملاحظه عملکرد در شرایط اقلیمی سال ۱۴۰۰ خواهد شد. علی رغم افزایش درجه حرارت در سال ۱۴۰۰، آب مصرفی گندم در طول فصل رشد کاهش خواهد یافت که با توجه به افزایش عملکرد نشان از بهبود کارآیی مصرف آب دارد. دلایل فیزیولوژیکی واکنش‌های احتمالی گندم به شرایط اقلیمی سال ۱۴۰۰ مورد بحث قرار گرفته است.

کلید واژه‌ها: غلظت CO2 ، گندم، شبیه‌سازی، شاخص سطح سبز.

مقدمه

افزایش غلظت CO_2 اتمسفر با سرعتی معادل ۲/۴ درصد. در سال (۵) باعث بالا رفتن درجه حرارت و تغییر الگوهای بارندگی در مناطق مختلف جهان شده و در نتیجه در آینده بر کارکرد اکوسیستم‌های زراعی و تولید محصولات مختلف تاثیر خواهد گذاشت. بسیاری از فرایندهای فیزیولوژیکی گیاهان زراعی تحت تاثیر این تغییرات اقلیمی قرار خواهد گرفت. افزایش غلظت CO_2 فتوسنتز را تحریک کرده و از سوی دیگر باعث تغییر

www.SID.ir

Archive of SID

هدایت روزنه‌ای (۴) و کارآیی مصرف آب را نیز تحت تاثیر قرار خواهد داد (۱۱). افزایش درجه حرارت نیز با افزایش سرعت نمو محصولات زراعی بر تولید آنها موثر خواهد بود (۶ و ۹). آثار کلی تغییرات اقلیمی بر رشد و نمو و تولید محصولات زراعی توسط محققین مختلف از جمله کوچکی (۲) بررسی شده است. البته این آثار بسته به نوع گیاه، مسیر فتوسنتزی آن و منطقه جغرافیایی مطالعه متغیر بوده (۹) و اظهار نظر کلی در مورد پاسخ گونه‌های مختلف به تغییر اقلیم مستلزم انجام مطالعات موردی می‌باشد. با وجودی که در طی سال‌های اخیر آزمایشهای انجام شده در محیط‌های کنترل شده اطلاعات زیادی را در مورد تاثیر افزایش CO_2 و یا درجه حرارت بر فرایندهای رشد و نمو گیاهان فراهم کرده است ولی این نوع مطالعات بسیار پرهزینه بوده و اجرای آنها به وجود ابزار دقیق وابسته است (۷). توسعهٔ روش‌های مدل‌سازی جایگزینی بسیار مناسب و کم هزینه‌ای برای این نوع مطالعات است که در حال حاضر مورد توجه محققین قرار گرفته است. مدل‌های گردش عمومی (GCM) [۱] ابزار مناسب و در عین حال دقیقی برای پیش‌بینی شرایط اقلیمی در آینده بوده و داده‌های لازم برای اجرای مدل‌های شبیه‌سازی رشد و نمو محصولات زراعی تحت شرایط اقلیم را فراهم می‌سازند (۶، ۷). بنابراین با در اختیار داشتن اطلاعات خروجی از مدل‌های GCM و استفاده از آنها در مدل‌های رشد گیاهان می‌توان فرایندهای مرتبط با تغییر اقلیم را با سرعت زیاد و هزینه کم پیش‌بینی نمود. با این حال این نوع مطالعات در ایران از سابقه چندانی برخوردار نیست و اطلاعاتی در مورد پاسخ محصولات زراعی به شرایط اقلیمی آیندهٔ ایران در اختیار نمی‌باشد.

اخیراً کوچکی و همکاران (۳) با استفاده از مدل‌های GCM تغییرات شاخص‌های اقلیمی ایران را برای سال ۱۴۰۰ هجری شمسی پیش بینی کرده و تغییرات درجه حرارت، تشعشع و الگوهای بارندگی را برای نقاط مختلف کشور گزارش کرده‌اند.

هدف از این تحقیق مقایسه عملکرد چند رقم گندم در شراط فعلی با شرایط اقلیمی سال ۱۴۰۰ هجری شمسی در شرایط مشهد است. در این مطالعه شاخص‌های آب و هوای مشهد در سال ۱۴۰۰ به عنوان ورودی‌های یک مدل عمومی شبیه‌سازی رشد و نمو عملکرد گندم مورد استفاده قرار گرفته و خصوصیات فیزیولوژیکی مرتبط با تولید گندم در شرایط تغییر اقلیم با جزئیات بررسی شده است.

---

۱. General Circulation Models

www.SID.ir

Archive of SID

مواد و روشها

به منظور پیش‌بینی اثر شرایط اقلیمی سال ۱۴۰۰ هجری شمسی بر خصوصیات رشد و نمو و عملکرد ارقام گندم در شرایط مشهد ابتدا شاخص‌های اقلیمی در شرایط دو برابر شدن غلظت CO_2 برای مشهد برآورد گردید. به این منظور از مدل سازمان هواشناسی انگلستان(UKMO) استفاده شد. مدل فوق و جزئیات پیش‌بینی آن قبلاً توسط کوچکی و همکاران (۳) ارائه شده است. با اعمال ضرایب خروجی از مدل در میانگین درازمدت آمار هواشناسی شهرستان مشهد، میزان تشعشع ورودی، درجه حرارت و نزولات ماهانه در سال ۱۴۰۰ محاسبه شدند (۳).

داده‌های آب و هوایی مشهد در شرایط فعلی و شرایط دو برابر شدن غلظت CO_2 (سال ۱۴۰۰) به عنوان ورودی‌های یک مدل شبیه‌سازی رشد و نمو و عملکرد گندم مورد استفاده قرار گرفت. به این منظور از مدل SIMTAG که قبلاً در شرایط مشهد واسنجی و تعیین اعتبار شده بود، استفاده گردید. شرح دقیق و کامل داده‌های رودی و خروجی، نحوهٔ محاسبات و زیربرنامه‌های مدل SIMTAG توسط استاپر (۱۲) ارائه شده است. مدل مراحل نمو رویشی و زایشی، ظهور برگ، اندازهٔ برگ، پیری برگ، پنجه‌زنی، عمق ریشه‌دهی و نیز میزان گرده‌افشانی و رسیدگی را شبیه‌سازی می‌کند. نمو تا قبل از گرده‌افشانی به عنوان تابعی از درجه حرارت و طول روز و بعد از گرده‌افشانی تنها بر حسب درجه حرارت برآورد می‌شود. سطح سبز برگ‌ها تعیین کننده مقدار تشعشع دریافتی توسط گیاه است. مقدار نور جذب شده در طی روزهای رشد انتگرال‌گیری شده و مقدار کل مادهٔ خشک تولیدی بر اساس حاصلضرب تشعشع تجمعی جذب شده در کارآیی مصرف نور (RUE) محاسبه می‌شود. ماده خشک تولیدی سپس بین ریشه، برگ، ساقه، کاه ودانه تقسیم می‌شود و مبنای این تخصیص مرحله نمو می‌باشد. در مدل بارندگی و آبیاری منابع افزایش آب به خاک بوده و موازنه آب خاک بر اساس رواناب سطحی، نفوذ عمقی، تعرق و تبخیر از سطح خاک صورت می‌گیرد. عمق ریشه‌دهی نیز به عنوان تابعی از درجه حرارت، مرحله نمو و میزان فراهمی آب محاسبه می‌شود. نتایج شبیه‌سازی مدل در آزمایشات ایکاردا و سایر مناطق نیمه خشک مطلوب بوده و دقت مدل در پیش‌بینی عملکرد گندم حدود ۸۵٪ گزارش شده است (۱۲).

داده‌های گیاهی مورد نیاز جهت اجرای مدل SIMTAG (تراکم کاشت، تاریخ کاشت و نظایر آن) از آزمایشهای مزرعه‌ای بر روی ۵ ژنوتیپ گندم (امید،بزوستایا،قدس،الموت و الوند) استخراج گردید.

www.SID.ir

Archive of SID

جزئیات اجرای این آزمایش توسط زند و همکاران (۱) ارائه شده است. مدل در شرایط اقلیمی فعلی و نیز در شرایط اقلیمی سال ۱۴۰۰ با شرایط زراعی یکسان از نظر تراکم، تاریخ کاشت و سایر عملیات مدیریت اجرا گردید تا تاثیر تغییر اقلیم بر خصوصیات رشد و نمو عملکرد ارقام گندم مورد مطالعه قرار گیرد.

همانگونه که ذکر شد در مدل SIMTAG مادهٔ خشک بر اساس کارآیی مصرف نور (RUE) محاسبه می‌شود. به منظور سازگار کردن این مدل با شرایط دو برابر شدن CO_2 در سال ۱۴۰۰، اثرات این متغیر بر RUE در مدل تعریف گردید، به این منظور از معادلهٔ ارائه شده توسط تووی و همکاران (۱۴) استفاده شد.

$$RUE=100\times CO_2/(CO_2-b_1Exp(-bCO_2)$$

که در آن مقادیر a و b برای گندم به ترتیب معادل ۷۷۸۴ و ۰/۰۰۱۰۷- می‌باشند (۱۳).

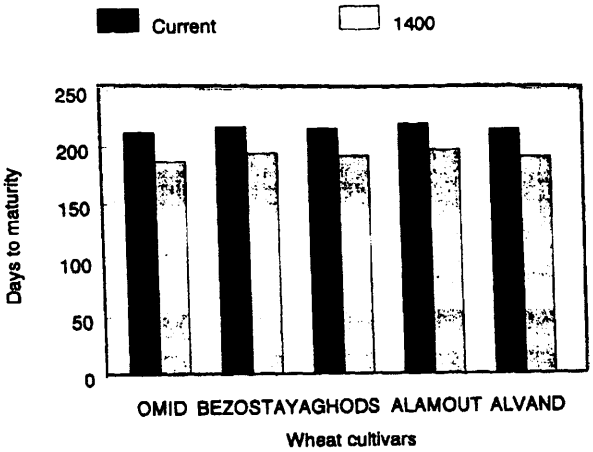
مدل SIMTAG پس از اصلاح RUE تحت شرایط دو برابر شدن غلظت CO_2 با درجه حرارت، بارندگی و تشعشع پیش‌بینی شده برای سال ۱۴۰۰ اجرا گردید و نتایج حاصل با خروجی مدل در مورد رشد و نمو عملکرد ارقام گندم در شرایط فعلی مقایسه گردید.

نتایج و بحث

فنولوژی

نتایج شبیه‌سازی نشان داد که در کلیه ارقام گندم فاصله زمانی کاشت تا رسیدگی کامل در شرایط اقلیمی سال ۱۴۰۰ به طور چشمگیری کاهش می‌یابد (شکل ۱). میزان کاهش در مورد تمام ارقام تقریباً یکسان بود و فاصله کاشت تا رسیدگی از ۲۱۷ روز (شرایط فعلی) به ۱۹۱ روز (سال ۱۴۰۰) تقلیل یافت.

این کاهش در طول دورهٔرویشی با متوسط شبیه‌سازی شده افزایش درجه حرارت در سال ۱۴۰۰ معادل ۳/۳ درجه سانتی‌گراد (۲)انطباق داشته و با رابطهٔ کاملاً شناخته شده و مستقیم سرعت نمو و درجه حرارت (۶) قابل توجیه است.



شکل ۱- فاصله زمانی کاشت تا رسیدگی ارقام مختلف گندم در شرایط فعلی و شبیه‌سازی برای شرایط اقلیمی سال ۱۴۰۰

طبق پیش‌بینی مدل کاهش طول دورهٔرشد گندم عمدتاً ناشی از کاهش فاصله کاشت تا

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۱- تاثیر تغییر اقلیم بر طول دوره رشد رویشی و زایشی گندم، نتایج مربوط به میانگین شبیه‌سازی شده پنج رقم گندم است.

	فاصله کاشت تا گرده‌افشانی (روز)	فاصله گرده‌افشانی تا رسیدگی (روز)
شرایط فعلی	۱۷۹	۳۶
شرایط سال ۱۴۰۰	۱۵۵	۳۴
اختلاف (روز)	۲۴	۲

گرده‌افشانی بوده و مرحله رشد زایشی کمتر تحت تاثیر تغییر اقلیم قرار می‌گیرد (جدول ۱).

تعداد و سطح برگ

تغییر اقلیم در سال ۱۴۰۰ باعث افزایش تعداد برگ در کلیهٔ ارقام گندم شد (شکل ۲a). تعداد برگ‌های تولید شده در فاصله سبز شدن تا شروع رش زایشی تابعی از سرعت ظهور برگ و طول دورهٔ رویشی است. درجه حرارت به عنوان مهم‌ترین عامل محیطی هر دو فرایند را به گونه‌ای مختلف تحت تاثیر قرار می‌دهد (۴ و ۹). بدین صورت که از یک سو طول دوره رشد رویشی را کاهش داده و از سوی دیگر سرعت ظهور برگها را افزایش می‌دهد. نتایج شبیه‌سازی نشان داد که تاثیر مثبت شرایط اقلیمی سال ۱۴۰۰ بر سرعت ظهور برگ بیشتر از تاثیر منفی آن بر کاهش طول دورهٔرشد رویشی است و در نهایت تعداد برگهای تولید شده در تمام ارقام افزایش نشان داد. تعداد برگ‌ها به طور متوسط از ۱۲/۲ برگ (در شرایط فعلی) به ۱۴ برگ (درشرایط سال ۱۴۰۰) رسید. بیشترین و کمترین عکس‌العمل به ترتیب در ارقام الموت (۲/۴+ برگ) و امید (۱/۴+ برگ) حاصل شد (شکل ۲a) شاخص سطح سبز (مجموع سطح برگها و خوشه‌ها) نیز در تمام ارقام در شرایط تغییر اقلیم افزایش نشان داد (شکل ۲b). البته میزان این افزایش در میانگین تنها ۶ درصد می‌باشد در حالی که میانگین تعداد برگ‌ها تا حدود ۱۴٪ افزایش یافت. می‌توان نتیجه گرفت که تغییر شرایط اقلیمی باعث کاهش سطح تک برگ می‌شود که این امر در نهایت با افزایش تعداد برگ جبران خواهد شد و شاخص سطح برگ به طور نسبی افزایش خواهد یافت.

تولید مادهٔ خشک

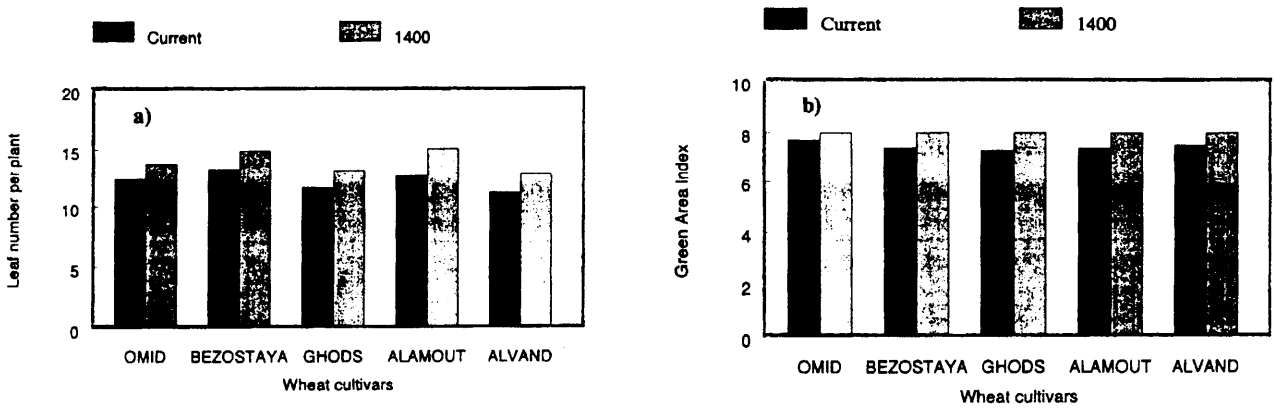
نتایج شبیه‌سازی موید تاثیر مثبت تغییر شرایط اقلیمی بر تولید ماده خشک گندم است. به طوری که میانگین تولید ماده خشک در فاصله کاشت تا گرده‌افشانی و نیز میانگین کل ماده خشک تولیدی در طول فصل رشد در شرایط سال ۱۴۰۰ به ترتیب ۳ و ۶/۵ درصد افزایش نشان داد (جدول ۲). ماده خشک تولیدی در مرحله رشد رویشی در واقع حاصلضرب سرعت رشد محصول (CGR) در طول دورهٔ رشد

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ٢- میانگین تولید ماده خشک تولیدی در فاصله کاشت تاگرده‌افشانی و میزان کل ماده خشک تولیدی در فصل رشد شبیه‌سازی شده برای ٥ رقم گندم در شرایط فعلی و سال ١٤٠٠ در مشهد

	مادهٔ خشک در فاصله کاشت تا گرده‌افشانی (Kg/ha)	کل مادهٔ خشک در طول فصل رشد (Kg/ha)
شرایط فعلی	٢٢٧٣٨	٣١١٧٢
شرایط سال ١٤٠٠	٢٣٤١٨	٣٣١٨٦
میزان افزایش (درصد)	٣	٦/٥



شکل ٢- تعداد برگ (a) و شاخص سطح سبز (b) ارقام گندم در شرایط فعلی و شبیه‌سازی آن برای شرایط اقلیمی سال ١٤٠٠

رویشی است. قبلاً ذکر شد که در شرایط اقلیمی سال ١٤٠٠ طول دورهٔ‌رشد رویشی در کلیه ارقام کاهش می‌یابد بنابراین افزایش تولید ماده خشک الزاماً ناشی از افزایش CGR در شرایط تغییر اقلیم خواهد بود. نتایج قبلی نشان داده است که در شرایط اقلیمی سال ١٤٠٠ میزان تشعشع ورودی ٢/٢ درصد (٢) و شاخص سطح برگ در حدود ٦٪ (شکل 2b) افزایش می‌یابند. به علاوه با دو برابر شدن غلظت CO_2 و تاثیر مثبت آن بر فتوسنتز خالص که در راندمان مصرف نور منعکس خواهد شد (٤ و ١٤) افزایش CGR و تولید بیشتر ماده خشک ناشی از آن دور از انتظار نمی‌باشد.

الگوهای تخصیص ماده خشک

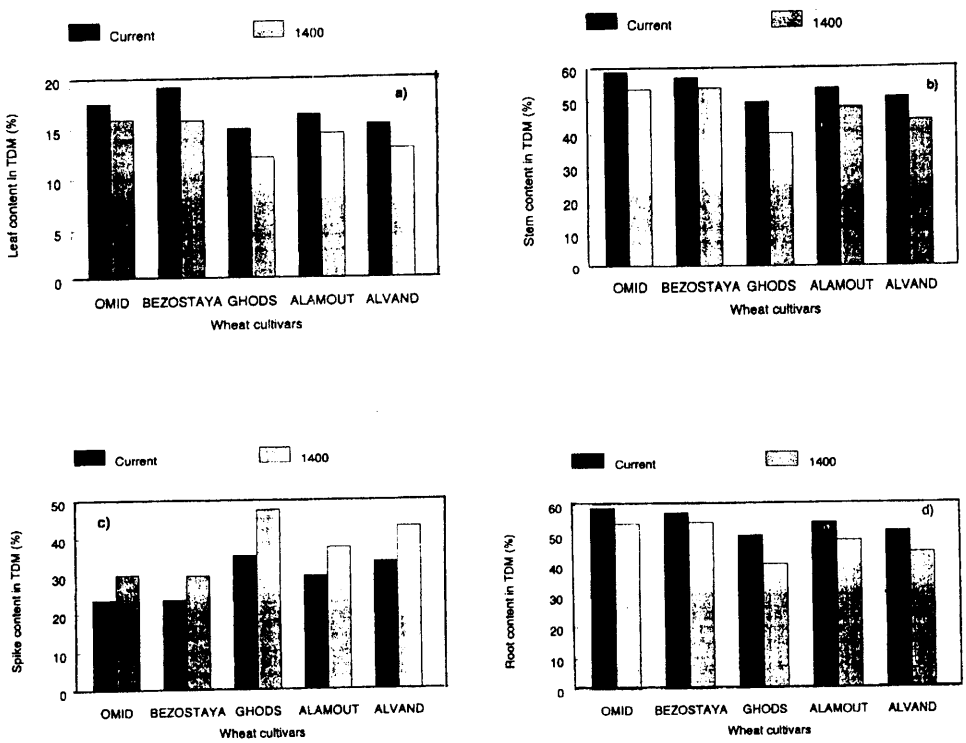
تغییر شرایط اقلیمی باعث تغییرات قابل ملاحظه‌ای در الگوهای تخصیص مواد بین اندام‌های مختلف گندم گردید. شبیه‌سازی نشان داد که سهم برگ‌ها در کل مادهٔ خشک تولیدی در کلیهٔ ارقام تحت بررسی کاهش یافت (شکل 3a) و در میانگین از ١٦/٧٪ در شرایط فعلی به ١٤/٣٪ در سال ١٤٠٠ رسید. از سوی دیگرشاخص‌سطح برگ در شرایط

www.SID.ir

Archive of SID

تغییر اقلیم حدود ۶٪ افزایش نشان داد (شکل ۲b) لذا می‌توان نتیجه گرفت کاهش وزن برگ‌ها و در عین حال افزایش سطح آن احتمالاص به دلیل نازک‌تر شدن سطح برگها و افزایش نسبت سطح برگ (LAR) است. تاثیر افزایش CO_2 بر ضخامت برگ‌هادرمطالعات قبلی نیزگزارش شده‌است (۴ و ۹). با در نظر گرفتن اثرات مثبت افزایش غلظت CO_2 بر سرعت فتوسنتز (NAR) و با توجه به اینکه سرعت رشد نسبی (RGR) حاصلضرب LAR در NAR است به نظر می‌رسد که تغییر شرایط اقلیمی سرعت نسبی رشد گندم را از طریق تغییر الگوهای انتقال مواد به برگ‌ها افزایش خواهد داد.

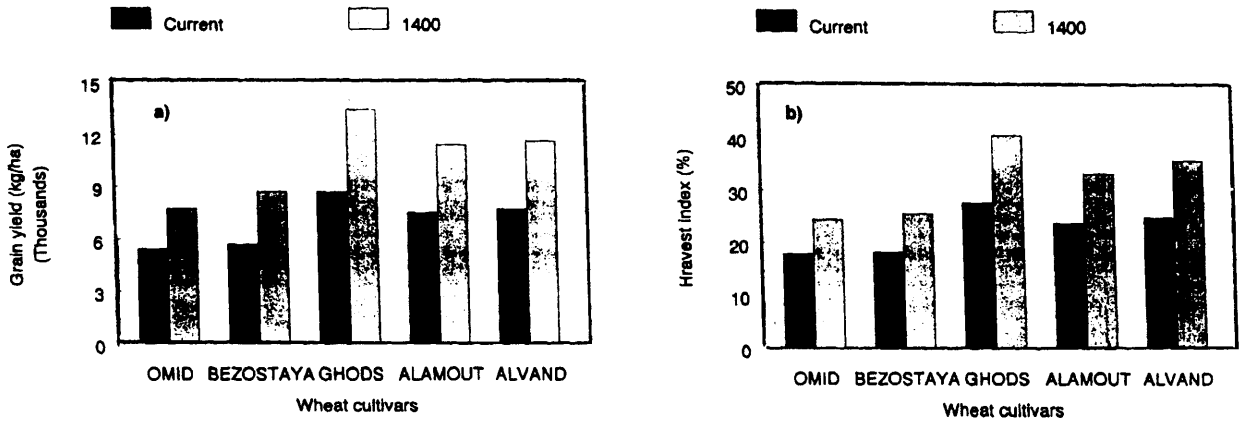
تغییر اقلیم موجب افزایش تخصیص مواد به ساقه (شکل ۳b) و خوشه (شکل ۳c) در تمام ارقام گندم گردید، به طوری که متوسط سهم ساقه در مادهٔ خشک تولیدی از ۴۸٪ (شرایط فعلی) به ۵۴٪ (سال ۱۴۰۰) و سهم خوشه از ۷۷٪ به ۸۵٪ افزایش یافت. البته تخصیص مادهٔ خشک به ریشه بر خلاف قسمت هوایی چندان تحت تاثیر تغییر اقلیم قرار نگرفت (شکل ۳d). کاهش تخصیص مواد به برگها و افزایش سهم ساقه و خوشه در ماده خشک تولیدی در سایر مطالعات نیز مشاهده شده است (۴ و ۱۱). از آنجا که ساقه به عنوان انبار ذخیره اصلی مواد فتوسنتزی عمل می‌کند، افزایش سهم این اندام در هنگام انتقال مجدد مواد به خوشه‌ها موجب وزن بیشتر آنها خواهد شد (۱۵ و ۱۶).



شکل ۳- مقایسه میزان تخصیص مواد به برگ (a) ساقه (b) خوشه (c) و ریشه (d) ارقام مختلف گندم در شرایط فعلی و شبیه‌سازی آن برای شرایط اقلیمی سال ۱۴۰۰

www.SID.ir

Archive of SID



شکل٤-مقایسه عملکرد دانه(a)و شاخص برگ(b) ارقام مختلف گندم در شرایط فعلی و شبیه‌سازی آن برای شرایط اقلیمی سال ١٤٠٠

عملکرد دانه و شاخص برداشت

در کلیه ارقام تحت بررسی عملکرد دانه در شرایط اقلیمی سال ۱۴۰۰ به طور قابل ملاحظه‌ای نسبت به شرایط فعلی افزایش یافت (شکل 4a). این افزایش در عملکرد به مراتب بیشتر از افزایش در کل مادهٔ خشک تولیدی بوده و میانگین آن حدود ۳۰٪ می‌باشد. افزایش عملکرد دانه گندم در شرایط تغییر اقلیم در بسیاری از گزارشات به تایید رسیده است (۸ و ۱۶). مطالعات در مورد گندم نشان دهندهٔ همبستگی مثبت و قوی بین ماده خشک تولیدی در مرحله گرده‌افشانی و عملکرد دانه است (۱۰) و چون شرایط اقلیمی سال ۱۴۰۰ مادهٔ خشک در مرحله گرده افشانی را افزایش می‌دهد (جدول ۲). می‌توان انتظار داشت که عملکرد دانه نیز به موازات آن افزایش یابد. البته افزایش عملکرد دانه به مراتب بیشتر از افزایش ماده خشک در مرحله گرده‌افشانی می‌باشد. زیرا همان گونه که ذکر شد تاثیر افزایش درجه حرارت در سال ۱۴۰۰ عمدتاً بر رشد رویشی بوده و رشد زایشی چندان تحت تاثیر قرار نگرفته است (جدول ۱). از سوی دیگر میزان تخصیص مواد به ساقه یعنی مهمترین منبع انتقال مجدد در گندم نیز به طور قابل ملاحظه‌ای تحت تاثیر اقلیم افزایش یافته است (شکل 3 b). بنابراین به نظر می‌رسد که مواد ذخیره‌ای ساقه و فتوسنتز جاری گیاه در طی دوره رشد زایشی منبع بسیار خوبی برای تامین ذخایر دانه بودهاند و لذا افزایش قابل توجهی در عملکرد دانه مشاهده شده است. شبیه‌سازی شاخص برداشت ارقام گندم تحت بررسی در شرایط تغییر اقلیم و مقایسه آن با شرایط فعلی (شکل 4b) نیز به خوبی این فرضیه را تایید می‌کند.

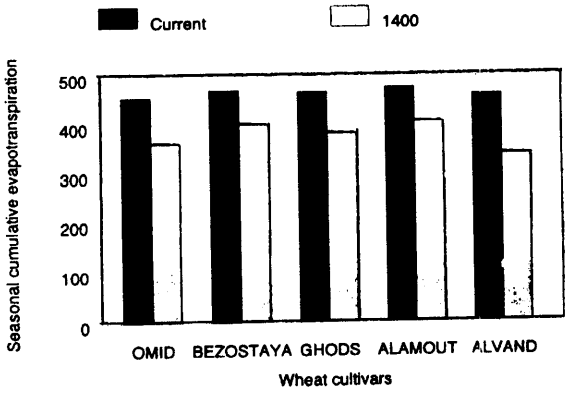
تبخیر و تعرق

مقایسه نتایج شبیه‌سازی تبخیر و تعرق تجمعی ارقام گندم تحت بررسی در شرایط فعلی و سال ۱۴۰۰ نشان دهنده کاهش تبخیر و تعرق در کلیه

www.SID.ir

Archive of SID

ارقام (شکل ۵) و در واقع کاهش نیاز آبی گندم است. با وجودی که افزایش درجه حرارت در سال ۱۴۰۰ نیاز به تبخیری را افزایش خواهد داد ولی گزارشات مختلف نشان داده است که افزایش غلظت CO_2 موجب افزایش مقاومت روزنه‌ای و به دنبال آن کاهش تعرق می‌شود (۴ و ۱۱). این پدیده همراه با کوتاه‌تر شدن طول دورهٔ رویش گندم نهایتاً باعث کاهش آب مصرفی گندم در طی فصل شده است. بنابراین‌به‌نظرمی‌رسد که کاهش مصرف آب و افزایش عملکرد دانه به نوبه خود دلیلی بر بهبود کارآیی مصرف آب گندم در شرایط اقلیمی سال ۱۴۰۰ باشد.



شکل ۵- میزان تبخیر و تعرق فعلی ارقام گندم در شرایط فعلی و شبیه‌سازی آن برای شرایط اقلیمی سال ۱۴۰۰

سپاسگزاری

این طرح از محل اعتبارات طرحهای ملی اجرا شده است.

مراجع مورد استفاده

REFERENCES

۱. زند، ا. و کوچکی، ع. مطالعه مقایسه‌ای خصوصیات مرفولوژیکی ارقام اصلاح شدهٔ گندم ایران در طی ۳۰ سال گذشته. مجله علوم و صنایع کشاورزی (زیر چاپ).

۲. کوچکی، ع. ۱۳۷۸. گیاهان چگونه به تغییر اقلیم واکنش نشان خواهند داد. دومین کنفرانس منطقه‌ای تغییر اقلیم، سازمان هواشناسی کشور، آبان ماه ۱۳۷۸. ۲۹-۱۹.

۳. کوچکی، ع.، نصیر، م.، شریفی، ح.، سلطانی، ا. و ع. کمالی، ۱۳۷۹. شبیه سازی تغییرات آب و هوایی ایران در شرایط دو برابر شدن غلظت CO_2 بوسیله مدل‌های عمومی گردش. مجله علوم و صنایع کشاورزی (زیر چاپ).

4. Cure, J. D. and B. Acock, 1986. Crop responses to carbon dioxdie doubling: a literature survey. Agricultural and forest meteorology. 38: 127-145.
5. Goudriann, J. 1995. Global carbon cycle and carbon sequestration. In: Beran, M. A. (ed.) Carbon sequestration in the biosphere. Springer, 3-18.
6. Leemans, R. and A. M. Soloman. Modelling the potential changes in yield and distribution of the earth's crops under a warmmed climate. Climate research, 3: 76-98.

www.SID.ir

Archive of SID

7. Mattews, R. B., M. J. Kropff and D. Bachelet, 1994. General introduction. In: Matthews, R. B., M. J. Kropff, D. Bachelet and H. H. Vanlaar (ed.) Modeling the Impact of climate change on rice production in Asia. CAB International: PP: 3-7.
8. Nicholls, N. 1997. Increased Australian wheat yield due to recent climate trends. Nature, 387(20): 484-485.
9. Rawlins, S. L. 1991. Global environmental change and agriculture. Journal of Production Agriculture, 4: 291-293.
10. Russel. G., P. Jarvis and J. L. Monteith . 1989. Absorbtion of radiation by canopies and stand growth. In: Russell, G., B. Marshall and P. G. Jarvis. Plant Canopies: Their growth, form and function. Cambridge University press, pp: 21-39.
11. Sionit, N., H. Hellmers and B. R. Strain. 1980. Growth and yield of wheat under CO_2 enrichment and water stress. Crop Science, 20: 456-458.
12. Stapper, M. 1984. SIMTAG: A sinulation model for wheat genotypes. Model documentation. ICARDA, Alleppo, Syria and University of New England, Armidate, NSW, Australia, 108 pp.
13. Stockel, C. O., P. T., Dyker, J. R. Williams, J. R. Jones, and C. A. Rosenberg. 1992. A method for estimating the direct and climatic effects of rising atmospheric carbon dioxide on growth and yield of crops. Part II. Sensetivity analysis at three sites in the mid – western USA. Agriculture systems, 38: 239-256.
14. Towie, A., D. J. Major and C. W. Lindwal. 1993. Sensivity of four wheat simulation models to climate change. Canadian Journal of Plant Science. 75: 69-74.
15. Wang, Y. P. and D. J. Connor, 1996. Simulation of optimal development for spring wheat at two locations in Southern Australia under present and changed climate conditions. Agricultural and forest Meterology, 79: 9-28.
16. Wolf, J. 1993. Effect of climate change on wheat production in the EC. European Journal of Agronomy, 12: 69-77.

www.SID.ir

Archive of SID

A Simulation Study for Growth, Phenology and Yield of Wheat Cultivars Under the Doubled CO_2 Concentration in Mashhad Conditions

A. KOUCHAKI[1], M. NASIRI- MAHALATI[2], H. R. SHARIFI[3], E. ZAND[4], GH. KAMALI[5]

1, 2- Professor and Assistant Professor of Ferdowsi University

3,4- Former Ph.D. Students 5- Assistant Professor of Iranian Meteorogical Organization

Received for Publication 15 Jan. 2002

ABSTRACT

Growth, development and yield of five wheat cultivars were predicated by a general wheat simulation model for arid and semi–arid environments (SIMTAG), after validation with experimental results. Weather inputs of the model including global radiation, temperature and precipitation under Mashhad conditions were generated by running a general circulation model (UKMO) with doubled CO_2 concentration. The SIMTAG model was adapted to increased CO_2 level through its effect on radiation use efficiency. Simulation results under doubled CO_2 level were compared with those under current climatic conditions. Overall response to increased CO_2 level and the resulting climatic changes were the same among the wheat genotypes. Temperature rise due to doubling CO_2 level led to a reduction in average duration from sowing to maturity by 27 days. However, leaf area index, leaf number per plant, and total above-ground dry matter increased by 6, 12, and 6.4%, respectively. Pattern of dry matter partitioning was also affected by climatic conditions. Under doubled CO_2 level contribution of spikes in total dry matter was 8% higher than current conditions which resulted in a 30% increase in grain yield when averaged over all wheat cultivars . It was concluded that wheat will take advantages from doubling CO_2 level under Mashhad climatic conditions by developing a higher green area index, allocation of more dry matter to reproductive organs and consequently higher harvest index and grain yield.

Key words: CO_2 concentration, Wheat, Simulation, Green area index.

www.SID.ir