

## تأثیر تغییر اقلیم بر نیاز خالص آبیاری و عملکرد گندم دیم

(مطالعه موردی: بهشهر)

مجید سلیمانی ننادگانی<sup>۱\*</sup> - مسعود پارسی نژاد<sup>۲</sup> - شهاب عراقی نژاد<sup>۳</sup> - علیرضا مساح بوانی<sup>۴</sup>

تاریخ دریافت: ۸۹/۵/۱۸

تاریخ پذیرش: ۸۹/۱۰/۱۸

### چکیده

در تحقیق حاضر اثر تغییر اقلیم بر نیاز خالص آبیاری و عملکرد کشت گندم دیم در دوره‌های زمانی آینده با استفاده از داده‌های خروجی مدل CGCM3، از سری مدل‌های AOGCM، در منطقه بهشهر مورد بررسی قرار گرفته است. پارامترهای اقلیمی دما و بارندگی تحت سناریوی انتشار A2، در دوره‌های زمانی ۲۰۱۱-۲۰۴۰، ۲۰۴۱-۲۰۷۰ و ۲۱۰۰-۲۰۷۱، شبیه‌سازی شدند. این کار با کوچک مقیاس سازی دما به روش آماری و بارندگی به روش تناسبی انجام گرفت. برای تخمین نیاز خالص آبیاری، تبخیر و تعرق پتانسیل با استفاده از روش هارگریوز-سامانی و باران مؤثر به روش USDA محاسبه شد. اثر کمبود آب بر عملکرد محصول با استفاده از تابع تولید خطی ارائه شده توسط FAO مورد ارزیابی قرار گرفت. نتایج نشان دادند که بارندگی‌ها در فصل پاییز افزایش اما در فصل‌های زمستان و بهار کاهش می‌یابد این در حالی است که درجه حرارت در تمامی ماه‌های سال افزایشی بین ۱ تا ۲ درجه سانتیگراد تا پایان سال ۲۱۰۰ خواهد داشت. نیاز خالص آبیاری با جابجائی تاریخ کاشت به سمت فصل زمستان افزایش یافته که این افزایش در دوره‌های آبی تحت تأثیر تغییر اقلیم تشدید خواهد شد. به ازای یک تاریخ کاشت مشخص، کمبود عملکرد نسبی محصول در دوره‌های آینده نسبت به دوره پایه تغییر چشمگیری نخواهد داشت اما با جابجائی تاریخ کاشت به سمت فصل زمستان به دلیل افزایش تبخیر و تعرق و استفاده کمتر از باران مؤثر، افزایش می‌یابد.

واژه‌های کلیدی: تغییر اقلیم، نیاز خالص آبیاری، عملکرد گندم، مدل گردش عمومی جو، CGCM3

### مقدمه

افزایش یا کاهش تبخیر و تعرق قرار خواهد داشت. انتخاب زمان مناسب کاشت علاوه بر دامنه حرارتی مطلوب برای جوانه زنی به آب قابل دسترس در زمان کاشت نیز بستگی دارد. پدیده تغییر اقلیم می‌تواند با تغییر در میزان تبخیر و تعرق گیاهان و مدت، شدت و زمان بارش‌ها، عملکرد محصولات همچنین تقاضای آب در بخش کشاورزی را تحت تأثیر قرار دهد (۶). در این راستا مطالعاتی در خصوص تأثیر این پدیده بر کشاورزی و تولید محصول انجام شده است، به عنوان نمونه دول (۷) نشان داد که در دو سوم اراضی زراعی جهان، نیاز خالص آبیاری در دهه‌های ۲۰۲۰ و ۲۰۷۰ افزایش می‌یابد. همچنین تغییر اقلیم در اکثر مناطق باعث جابجائی فصل رشد و تغییر الگوی کشت خواهد شد. لو و همکاران (۱۲) طی یک مطالعه به ارزیابی عملکرد گندم تحت تأثیر تغییر اقلیم در جنوب استرالیا با در نظر گرفتن اثر سه فاکتور بارندگی، درجه حرارت و افزایش غلظت CO<sub>2</sub> پرداختند. نتایج آنها نشان داد که در مناطق با بارش متوسط و کم، بارندگی مؤثرترین فاکتور در میزان عملکرد محصول می‌باشد. تغییر در درجه حرارت باعث تغییر در میزان عملکرد می‌شود اما تأثیر

نیاز خالص آبیاری از یک طرف به مقدار تبخیر و تعرق گیاه و از طرف دیگر به باران مؤثر بستگی دارد. تغییر در تبخیر و تعرق نه تنها به مقدار رطوبت موجود در سطح زمین بلکه به مقدار انرژی و سرعت باد نیز بستگی دارد. تغییر در مقدار و الگو و توزیع مکانی و زمانی بارش‌ها نیز می‌تواند بر مقدار نیاز خالص آبیاری تأثیر بسزائی داشته باشد. کاهش مقدار بارندگی و یا عدم هماهنگی آن با فصل رشد باعث کاهش باران مؤثر و در نتیجه افزایش نیاز خالص آبیاری خواهد شد. بدون شک عملکرد در محصولات دیم که تأمین رطوبت مورد نیاز آنها بستگی مستقیم به بارش‌ها دارد، تحت تأثیر مقدار و زمان بارش‌ها و

۱ و ۳ - به ترتیب دانشجوی کارشناسی ارشد و استادیار گروه مهندسی آبیاری و آبادانی، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج  
\* - نویسنده مسئول: (Email: msn8326@gmail.com)  
۴ - استادیار گروه مهندسی آبیاری و زهکشی، پردیس ابوریحان، دانشگاه تهران، پاکدشت

افزایش و مصرف آب کاهش می‌یابد. با توجه به تأثیرات احتمالی تغییر اقلیم در تشدید مسئله کمبود آب، بررسی تغییرات در نیاز آبی و عملکرد گیاهان بطوریکه از تغییرات دما و سیکل وقوع بارندگی‌های موثر حداکثر استفاده در جهت مدیریت بهتر آب آبیاری به عمل آید، ضروری به نظر می‌رسد. در کشور ما بررسی اثر تغییر اقلیم بر نیاز خالص آبیاری و عملکرد محصولات در منطقه بهشهر مورد مطالعه قرار نگرفته است، لذا در تحقیق حاضر اثر تغییر اقلیم بر نیاز خالص آبیاری و عملکرد کشت گندم در دوره‌های زمانی آینده در این منطقه مورد بررسی قرار خواهد گرفت.

## مواد و روش ها

### منطقه مطالعاتی

شهرستان بهشهر در شرق استان مازندران قرار دارد و از شمال به دریای خزر، از جنوب به سلسله جبال البرز و استان سمنان، از شرق به استان گلستان و از غرب به شهرستان نکاء منتهی می‌شود. این منطقه در موقعیت  $26^{\circ} 48' 53''$  تا  $48^{\circ} 45' 36''$  شرقی و  $36^{\circ} 45'$  تا  $36^{\circ} 45'$  شمالی قرار دارد. اقلیم منطقه به صورت نیمه مدیترانه‌ای با تابستان‌های گرم و مرطوب و بارندگی کم، و زمستان‌های معتدل با بارندگی زیاد است. متوسط بارندگی سالیانه این منطقه ۵۷۷ میلی‌متر و میانگین دمای سالیانه آن ۱۶ درجه سانتیگراد است. در بخش‌های زیادی از این منطقه گندم و جو به صورت دیم کشت می‌شود.

### تولید سناریوهای اقلیمی در دوره‌های زمانی آینده

برای بررسی اثر تغییر اقلیم بر نیاز خالص آبیاری و عملکرد کشت گندم دیم، پارامترهای اقلیمی دما و بارندگی در دهه‌های آینده با استفاده از نتایج خروجی مدل جفت شده اقیانوسی-جوی<sup>۴</sup> CGCM3، تحت سناریوی A2، از سری سناریوهای انتشار گازهای گلخانه‌ای، در سطح منطقه شبیه‌سازی شدند. مدل CGCM3 نسخه سوم از سری مدل‌های گردش عمومی جو است که در مرکز مدل‌سازی و تحلیل اقلیم کانادا (CCCMA)<sup>۵</sup> توسعه یافته است. شبکه‌بندی این مدل دارای طول و عرضی به ابعاد  $3/75 \times 3/75$  درجه می‌باشد. داده‌های اقلیمی دما به روش آماری با استفاده از نرم افزار SDSM4.2 (۱۵) و بارش به روش تناسبی در چهار دوره زمانی ۱۹۷۱-۲۰۰۰، ۲۰۰۰-۲۰۴۰، ۲۰۴۰-۲۰۷۰، ۲۰۷۰-۲۰۴۱ و ۲۰۷۱-۲۰۰۰ کوچک مقیاس و در مراحل بعد مورد استفاده قرار گرفت. در روش تناسبی برای بدست آوردن سری زمانی سناریوی اقلیمی بارندگی در آینده، از رابطه زیر استفاده شد.

آن بسیار کمتر از فاکتور بارندگی است. در این میان غلظت  $CO_2$  کمترین تأثیر را در مقدار عملکرد دارد. این در حالی است که در مناطق پرباران، درجه حرارت بیشترین تأثیر را در مقدار عملکرد محصول دارد. آبراهها و سویج (۴) اثر پتانسیل تغییر اقلیم بر عملکرد ذرت در جنوب آفریقا را بررسی و نشان دادند که تغییر تاریخ کشت در شرایط فعلی، تأثیر چندانی بر عملکرد دانه محصول نخواهد داشت اما تحت شرایط تغییر اقلیم، جلو انداختن تاریخ کشت موجب افزایش عملکرد خواهد شد. هارمسن و همکاران (۹) طی مطالعه‌ای در سه منطقه پورتوریکو<sup>۱</sup> به این نتیجه رسیدند که تحت شرایط تغییر اقلیم در آینده، بارندگی‌ها در فصل پرباران سال افزایش و در فصل خشک سال کاهش می‌یابند. همچنین متوسط بیست ساله کمبود عملکرد نسبی بین سال‌های ۲۰۰۰ تا ۲۱۰۰ در فصل پرباران کاهش و در فصل خشک افزایش می‌یابد. لوم و همکاران (۱۰) با ارزیابی اثر پتانسیل تغییر اقلیم بر گندم دوروم<sup>۲</sup> در دوره زمانی ۲۱۰۰-۲۰۷۱ در نواحی شمالی و مرکزی تانزانیا نشان دادند که درجه حرارت در هر دو ناحیه افزایش، میانگین بارندگی سالانه در مرکز افزایش و در شمال کاهش می‌یابد. کاشت گندم در هر دو منطقه زودتر انجام شده و طول چرخه رشد گندم کاهش می‌یابد. سالتانا و همکاران (۱۴) با بررسی آسیب پذیری و سازگاری تولید گندم به پدیده تغییر اقلیم در چهار ناحیه آب و هوایی پاکستان، نتیجه گرفتند که افزایش درجه حرارت منجر به کاهش عملکرد محصول در نواحی خشک، نیمه خشک و نیمه مرطوب خواهد شد اما در ناحیه مرطوب با افزایش تدریجی در درجه حرارت نسبت به شرایط فعلی به میزان ۴ درجه سانتیگراد، عملکرد دانه گندم روندی افزایشی خواهد داشت. همچنین لو و همکاران (۱۳) ضمن بررسی اثرات پتانسیل تغییر اقلیم بر عملکرد گندم در منطقه کیت<sup>۳</sup> واقع در جنوبی‌ترین قسمت استرالیا، جلو انداختن تاریخ کشت را به عنوان مؤثرترین راهکار برای سازگاری با این پدیده پیشنهاد نمودند. لادیک و همکاران (۱۱) طی تحقیقی با بررسی اثرات تغییر اقلیم بر جنبه‌های هیدرولوژیکی منطقه و عملکرد گندم در جنوب استرالیا نشان دادند که علیرغم اینکه در دوره زمانی ۱۹۷۵ تا ۲۰۰۴ نسبت به ۱۹۴۵ تا ۱۹۷۴ کاهش در بارندگی مشاهده شده، اما به دلیل این که تغییرات الگوی بارش‌ها به گونه‌ای بوده که در طول دوره رشد مقدار بارندگی بیش از نیاز آبی گیاه بوده، عملکرد محصول کاهش نیافته است. سلطانی و قلی پور (۲) با شبیه سازی اثر تغییر اقلیم بر رشد، عملکرد و مصرف آب گیاه نخود نشان دادند که تحت شرایط دوبرابر شدن غلظت  $CO_2$  و در نتیجه تغییرات اقلیمی ناشی از آن، دوره رشد گیاه کاهش، عملکرد دانه در شرایط دیم

- 1- Puerto Rico
- 2- Durum
- 3- Keith

4- AOGCM  
5- Canadian Centre for Climate Modeling and Analysis



شکل ۱- موقعیت منطقه مورد مطالعه

مقادیر این ضریب به صورت خطی برآورد شد. از آنجائی که پارامترهای اقلیمی شبیه‌سازی شده برای دوره‌های آتی دما و بارندگی بودند، برای برآورد تبخیر و تعرق پتانسیل بایستی از مدل‌های مبتنی بر دما استفاده می‌شد که با بررسی صورت گرفته معادله هارگریوز-سامانی در مقایسه با سایر مدل‌ها دارای دقت بیشتری در برآورد تبخیر و تعرق در منطقه مورد نظر بود (با انتخاب مدل پنمن-مونتیث به عنوان شاهد)، به همین دلیل از این معادله در این تحقیق استفاده شد. محاسبه باران مؤثر نیز با استفاده از روش سازمان حفاظت خاک آمریکا، USDA، به صورت زیر انجام شد:

$$P_e = \frac{P \times (4.17 - 0.2P)}{4.17} \quad P \leq 8.3 \frac{\text{mm}}{\text{day}} \quad (3\text{-الف})$$

$$P_e = (4.17 + 0.1P) \quad P > 8.3 \frac{\text{mm}}{\text{day}} \quad (3\text{-ب})$$

در روابط فوق P متوسط مقدار بارندگی در دوره مورد نظر (روزانه یا ماهانه) بر حسب میلی‌متر در روز (که در اینجا متوسط ده روزه در نظر گرفته شد) و  $P_e$  باران مؤثر می‌باشد. و در نهایت نیاز خالص آبیاری ( $I_n$ ) با استفاده از رابطه ۴ محاسبه شد:

$$I_n = ET_c - P_e \quad (4)$$

برای ارزیابی اثر کمبود آب بر عملکرد گندم از تابع تولید خطی ارائه شده توسط FAO (۵) استفاده شد که به صورت زیر نمایش داده می‌شود:

$$P = P_{\text{obs}} \times \frac{P_{\text{GCM,fit}}}{P_{\text{GCM,bas}}} \quad (1)$$

در رابطه ۱،  $P_{\text{obs}}$  بیانگر سری زمانی بارش مشاهداتی در دوره پایه و  $P_{\text{GCM,fit}}$  میانگین ۳۰ ساله بارش شبیه‌سازی شده توسط مدل GCM در دوره‌های آتی و  $P_{\text{GCM,bas}}$  میانگین ۳۰ ساله بارش شبیه‌سازی شده توسط مدل GCM در دوره پایه و P سری زمانی سناریوی اقلیم بارش حاصل می‌باشد. شایان ذکر است که کوچک مقیاس نمودن بارندگی به روش آماری نیز انجام شد اما به علت عدم توانایی مدل آماری مورد استفاده در تولید سناریوهای اقلیمی قابل قبول برای بارش، نتایج آن در ادامه مورد استفاده قرار نگرفتند.

### برآورد تبخیر و تعرق، عملکرد محصول و نیاز خالص آبیاری

برای محاسبه مقدار تبخیر و تعرق ( $ET_c$ ) گندم و باران مؤثر ( $P_e$ ) برای شرایط اقلیمی فعلی و آینده و سپس نیاز خالص آبیاری ( $P_e - ET_c$ ) از روابط مختلفی استفاده شد. بدین منظور تبخیر و تعرق با استفاده از رابطه ۲ برآورد شد.

$$ET_c = k_c \times ET_o \quad (2)$$

در رابطه فوق،  $k_c$  ضریب گیاهی و  $ET_o$  تبخیر و تعرق پتانسیل می‌باشد. مقادیر ضریب  $k_c$  در مراحل مختلف رشد بر اساس گزارشات FAO لحاظ شد، به این صورت که در مرحله اول رشد برابر با ۰/۷، مرحله میانی (سوم) برابر با ۱/۱۵ و مرحله انتهایی برابر با ۰/۴ و بین مرحله اول و مرحله میانی و همچنین بین مرحله میانی و انتهایی

طول می‌کشد تا ریشه گیاه به حداکثر مقدار خود برسد.  $TAW_{Min}$  و  $TAW_{Max}$  به ترتیب کل رطوبت قابل دسترس در زمانی که ریشه گیاه حداقل و حداکثر می‌باشند.  $P_e$  باران مؤثر است که برابر است با:

$$Pe(i) = P(i) - D(i) - R(i) \quad (13)$$

در رابطه ۱۳،  $P(i)$  و  $D(i)$  و  $R(i)$  به ترتیب بارش، نفوذ عمقی و رواناب در روز  $i$ ام هستند. از آنجائی که اطلاعات مربوط به خصوصیات خاک مثل ضریب رواناب و غیره در منطقه موجود نبود باران مؤثر از رابطه ۳ برآورد شد.

## نتایج و بحث

### تغییرات دما و بارندگی منطقه بهشهر در دوره‌های آتی

روند و میزان تغییرات دمای بیشینه و کمینه و بارندگی به ترتیب در بخش‌های الف تا ج شکل ۲ نمایش داده شده است. همانطور که ملاحظه می‌شود بطور کلی درجه حرارت در دوره‌های آتی در همه ماه‌های سال افزایش می‌یابد اما بارندگی در فصل پائیز (اکتبر تا دسامبر) که فصل پرباران سال می‌باشد افزایش خواهد یافت ولی در بقیه فصل‌های سال روندی کاهشی دارد. بطور کلی میانگین افزایش سالانه دما در دوره‌های زمانی ۲۰۴۰-۲۰۱۱، ۲۰۷۰-۲۰۴۱ و ۲۱۰۰-۲۰۷۱، نسبت به دوره پایه به ترتیب برابر با ۰/۵، ۱ و ۲ درجه سانتیگراد خواهد بود. حداکثر افزایش بارندگی در این سه دوره نسبت به دوره پایه به ترتیب ۳۳ درصد (۲۱ میلیمتر)، ۲۶ درصد (۱۵ میلیمتر) و ۵۳ درصد (۳۵ میلیمتر) بوده که مربوط به ماه‌های نوامبر، دسامبر و نوامبر می‌باشد. همچنین حداکثر کاهش بارندگی در این سه دوره نسبت به دوره پایه به ترتیب، ۱۹ درصد (۳/۵ میلیمتر)، ۴۶ درصد (۸ میلیمتر) و ۶۱ درصد (۱۳ میلیمتر) بوده که مربوط به ماه‌های جولای، جولای و ژوئن می‌باشد. به این ترتیب بیشترین افزایش و کاهش بارندگی به ترتیب ۳۵ و ۱۳ میلیمتر بوده که در دوره ۲۰۷۱-۲۱۰۰ رخ خواهد داد و مربوط به ماه‌های نوامبر (آبان) یعنی زمان کاشت و ژوئن (خرداد) یعنی مراحل انتهائی فصل رشد می‌باشد.

این نتایج مشابه است با نتایج لوم و همکاران (۱۰) که افزایش در درجه حرارت و میانگین بارندگی سالانه را در نواحی مرکزی تانزانیا در دوره زمانی ۲۰۷۱-۲۱۰۰ نشان دادند و همچنین هارمسن و همکاران (۹) که افزایش بارش در فصل پرباران سال و کاهش آن را در فصل خشک سال در منطقه پورتوریکو در دوره‌های زمانی آینده اعلام نمودند.

$$YD = \frac{Y_m - Y_a}{Y_m} = k_y \times \left(1 - \frac{\sum ET}{\sum ET_c}\right) \quad (5)$$

در رابطه ۵،  $YD$  کاهش نسبی عملکرد،  $Y_m$  و  $Y_a$  به ترتیب عملکرد پتانسیل و واقعی محصول می‌باشد.  $k_y$  ضریب حساسیت گیاه می‌باشد که مقدار آن برای کل دوره رشد گندم برابر با یک خواهد بود (۸).  $ET_c$  و  $ET$  به ترتیب تبخیر و تعرق گیاه تحت شرایط تنش آبی و شرایط بدون تنش می‌باشد که رابطه زیر بین آنها برقرار می‌باشد:

$$ET = k_s \times ET_c \quad (6)$$

در رابطه ۶،  $k_s$  ضریب تعدیل نام دارد و از رابطه زیر محاسبه شد:

$$K_s = \frac{AW}{TAW - RAW} \quad (7)$$

در رابطه ۷،  $AW$ ،  $TAW$  و  $RAW$  به ترتیب آب قابل دسترس، کل آب قابل دسترس و آب سهل الوصول برای گیاه می‌باشند که با استفاده از روابط زیر برآورد شدند:

$$TAW = (\theta_{FC} - \theta_{PWP}) \times Z_I \quad (8)$$

$$AW = (\theta - \theta_{PWP}) \times Z_I \quad (9)$$

$$RAW = MAD \times TAW \quad (10)$$

در روابط بالا،  $\theta_{FC}$ ،  $\theta_{PWP}$  به ترتیب رطوبت حجمی خاک در حالت ظرفیت زراعی و نقطه پژمردگی و  $MAD$  تخلیه مجاز رطوبتی است که برابر با ۰/۵ در نظر گرفته می‌شود.  $Z_I$  عمق ریشه گیاه که برابر با یک متر لحاظ شده است. لایه بندی بافت خاک منطقه در جدول ۱ آورده شده است.

جدول ۱ - لایه بندی بافت خاک در بهشهر (۱)

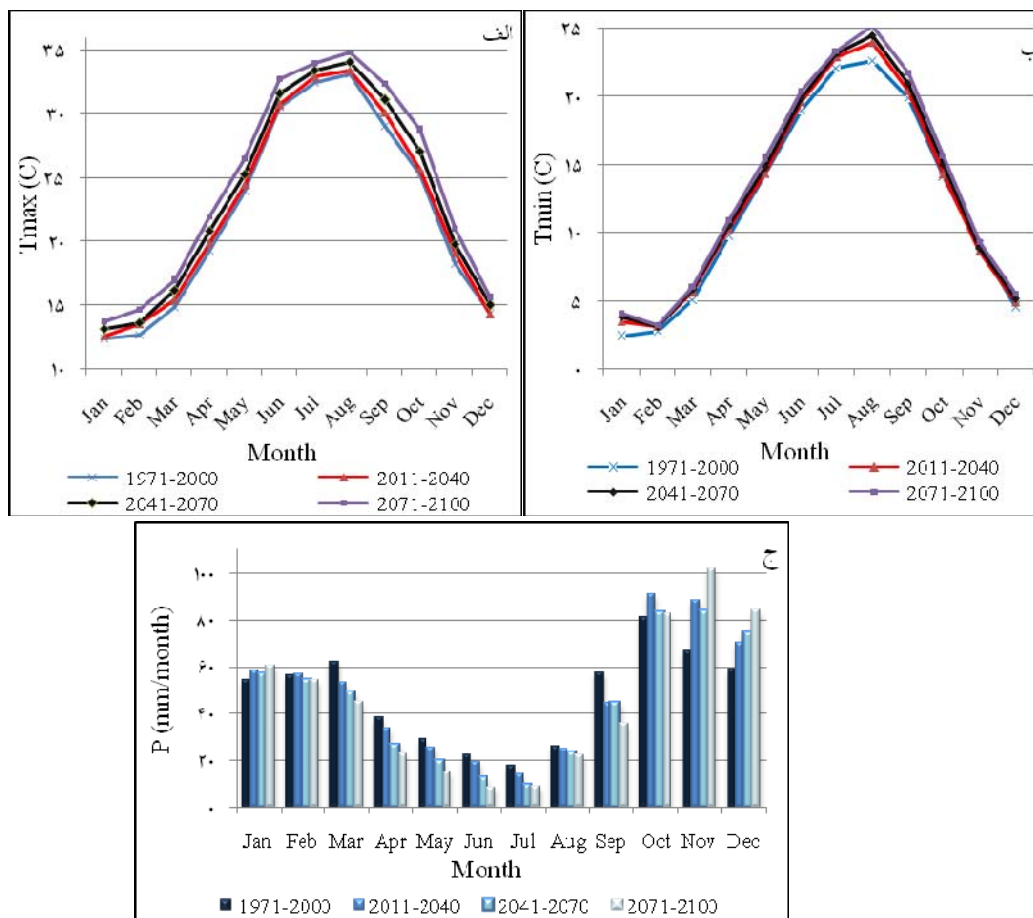
عمق (cm)	بافت خاک
۰-۴۰	شن لومی
۴۰-۱۰۰	لوم سیلتی
۱۰۰-۱۵۰	رس سیلتی

با توجه به بافت خاک، مقادیر  $\theta_{FC}$  و  $\theta_{PWP}$ ، برای لایه اول به ترتیب ۲۱ و ۹ و برای لایه دوم برابر با ۳۱ و ۱۴ میلیمتر در متر می‌باشد (۳). نحوه محاسبه تبخیر و تعرق روزانه گیاه،  $ET_c$  و مقدار آن برای کل دوره رشد،  $\sum ET_c$ ، قبلاً شرح داده شد. برای برآورد کل تبخیر و تعرق واقعی انجام شده توسط گیاه در طول دوره رشد،  $\sum ET$ ، بایستی  $ET$  به صورت روزانه تخمین زده شود که این کار با داشتن مقادیر روزانه  $k_s$  میسر خواهد شد. به همین منظور از دو رابطه زیر استفاده شد:

$$AW(i) = AW(i-1) + Pe(i) - ET(i) \quad (11)$$

$$TAW(i) = TAW_{Min} + \frac{i}{L} (TAW_{Max} - TAW_{Min}) \quad (12)$$

در این روابط،  $i$  شماره روز بعد از کاشت و  $L$  تعداد روزهای است که



شکل ۲- روند تغییرات درجه حرارت و بارندگی در دوره‌های آتی

خرداد) جابجا شده در نتیجه تبخیر و تعرق صورت گرفته توسط گیاه افزایش می‌یابد و از طرف دیگر کاهش باران مؤثر می‌باشد. علت کاهش باران مؤثر را می‌توان به این صورت بیان نمود که بیشتر بارندگی‌ها در فصل پاییز اتفاق می‌افتد و بارندگی‌های بهاره کمتر است، بنابراین با جابجایی تاریخ کاشت و به تبع آن جابجایی فصل رشد نه تنها بارش‌های پاییزی کمتر مورد استفاده قرار می‌گیرند بلکه مراحل انتهایی فصل رشد نیز با کمبود بارش و در نتیجه تنش مواجه خواهند شد. نکته قابل توجه دیگر این است که در تاریخ‌های زودتر کاشت بذر، به عنوان مثال ۹، ۱۹، ۲۹ آبان و حتی ۹ آذر نیاز خالص آبیاری تحت تأثیر تغییر اقلیم در دوره‌های زمانی مختلف تغییر معنی داری ندارد، حال آنکه در تاریخ ۱۹ آذر، نیاز خالص آبیاری در دوره‌های آبی افزایش می‌یابد. علت را می‌توان اینطور بیان نمود که در تاریخ کاشت ۹ آبان، طول دوره رشد گیاه در دوره‌های آبی نسبت به دوره پایه کاهش می‌یابد. بنابراین علیرغم افزایش تبخیر و تعرق روزانه به دلیل افزایش درجه حرارت، تبخیر و تعرق کل فصل رشد کاهش خواهد یافت. همچنین بارندگی‌های پاییزه در این منطقه در

### نیاز خالص آبیاری

تحت شرایط تغییر اقلیم در آینده، بازه زمانی مناسب برای کاشت گندم هم به طرف فصل زمستان جابجا شده و هم طول بازه افزایش می‌یابد. همچنین طول دوره رشد گیاه کوتاه‌تر خواهد شد که مقدار این تغییرات و علت آنها در یک پژوهش جداگانه مورد بررسی قرار گرفته است. آنچه به عنوان نتیجه در اینجا مورد استفاده قرار گرفته این است که زمان مناسب کاشت مشترک بین دوره زمانی پایه و سه دوره زمانی آینده، از اوایل آبان تا اواخر آذر می‌باشد. بنابراین نیاز خالص آبیاری کل دوره رشد گیاه در پنج تاریخ مشخص از این بازه زمانی مشترک، برآورد شده که نتایج آن در جدول ۲ نشان داده شده است. در تمام دوره‌ها، با جابجایی تاریخ کشت از ۹ آبان به ۱۹ آذر، علیرغم کاهش طول دوره رشد، نیاز خالص آبیاری گیاه افزایش یافته که بیشترین مقدار افزایش در دوره ۲۰۷۱-۲۱۰۰ (۱۱۰ میلی‌متر)، اتفاق افتاده است. دلایل این افزایش این است که از یک طرف با جابجایی تاریخ کشت از ۹ آبان به ۱۹ آذر مراحل میانی دوره رشد که تبخیر و تعرق گیاه حداکثر می‌باشد به طرف روزهای گرم‌تر (از فروردین به

آنچه مشهود می‌باشد این است که برای یک تاریخ کشت مشخص، کمبود عملکرد در دوره‌های آبی تفاوت چشمگیری با کمبود عملکرد در دوره پایه ندارد. البته این نکته حائز اهمیت است که کوتاه شدن دوره رشد و دریافت کمتر انرژی تابشی، کاهش عملکرد پتانسیل را در آینده در پی خواهد داشت که در اینجا مورد مطالعه واقع نشده و تنها تغییرات عملکرد نسبی بررسی شده است. همانطور که مشاهده می‌شود در تاریخ ۹ آبان ماه، در دوره‌های ۲۰۴۰-۲۰۱۱ و ۲۰۷۰-۲۰۴۱، کمبود عملکرد، YD، کمتر از دوره پایه بوده و در دوره ۲۱۰۰-۲۰۷۱، تقریباً برابر با دوره پایه می‌باشد. YD در دوره ۲۰۴۰-۲۰۱۱ کاسته می‌شود دلیل آن را می‌توان اینگونه بیان نمود که افزایش بارش و در نتیجه افزایش باران مؤثر قابل توجه می‌باشد بطوریکه علیرغم افزایش تبخیر و تعرق، باز هم بخش بیشتری از آب مورد نیاز گیاه نسبت به دوره پایه تأمین می‌شود در نتیجه گیاه کمتر تحت تنش قرار می‌گیرد. دوره ۲۰۷۰-۲۰۴۱ نیز مشابه دوره ۲۰۱۱-۲۰۴۰ می‌باشد با این تفاوت که بارش مؤثر کمتر می‌باشد ولی تبخیر و تعرق بیشتر افزایش می‌یابد، بنابراین گیاه تنش بیشتری تحمل می‌کند. به عنوان مثال بررسی‌های این تحقیق نشان داد که در دوره ۲۰۴۰-۲۰۱۱ شروع تنش از روز ۱۴۴ام دوره رشد می‌باشد در حالی که در دوره ۲۰۷۰-۲۰۴۱ شروع تنش از روز ۱۳۲ام می‌باشد، بنابراین YD افزایش خواهد یافت. در دوره ۲۱۰۰-۲۰۷۱ هم مشابه دوره ۲۰۷۰-۲۰۴۱، علت افزایش YD نسبت به دوره ۲۰۴۰-۲۰۱۱ قابل توجهی است با این تفاوت که شروع تنش‌ها از روز ۱۰۴ دوره رشد می‌باشد.

دوره‌های آبی افزایش خواهد یافت که در نتیجه آن باران مؤثر نیز افزایش می‌یابد. اگرچه بارندگی در زمان‌های دیگر رشد بخصوص مراحل انتهایی رشد گیاه کاهش می‌یابد ولی مقدار کاهش آن در مقایسه با افزایش بارندگی‌های پاییزه کمتر است.

تاریخ‌های کشت در ۱۹ و ۲۹ آبان ماه و ۹ آذر ماه نیز به همین ترتیب قابل توجه می‌باشد. اما در مورد ۱۹ آذر می‌توان گفت استفاده کمتر از بارندگی‌های مؤثر باعث می‌شود حتی با کوتاه‌تر شدن دوره رشد در دوره‌های آبی، نیاز خالص آبیاری در آینده افزایش یابد. بنابراین توصیه می‌شود که هم در حال حاضر و هم در آینده کاشت گندم در آبان ماه و بخصوص اوایل آن انجام شود زیرا نیاز خالص آبیاری تحت تأثیر تغییر اقلیم قرار نخواهد گرفت.

### عملکرد گندم تحت شرایط دیم

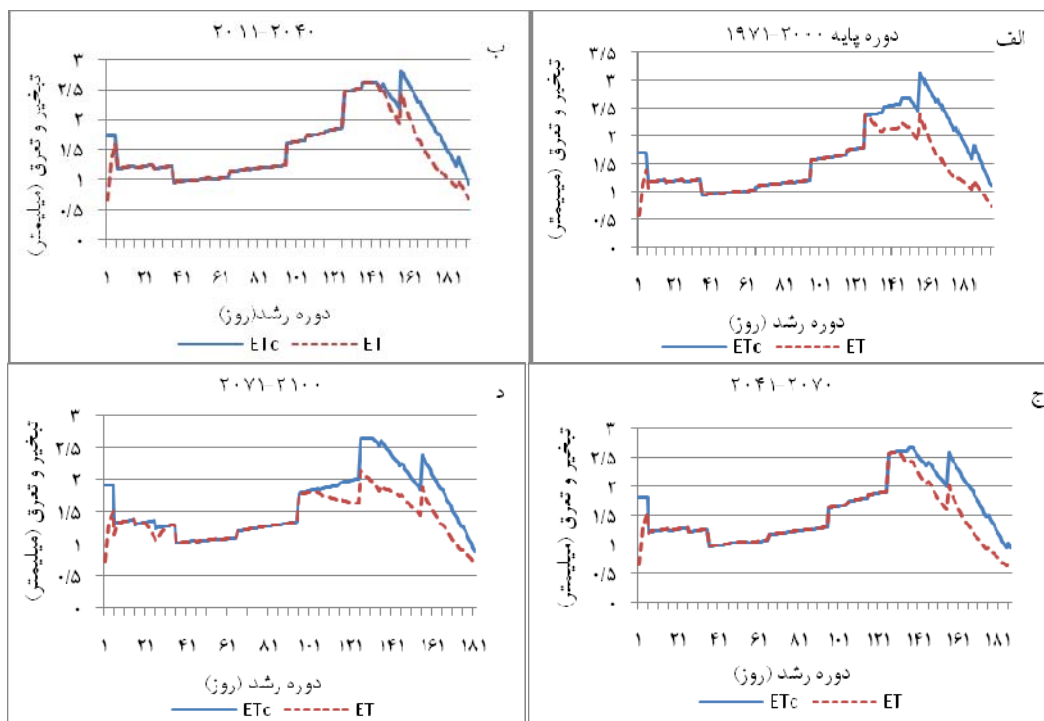
بعد از کاشت بذر، برای جوانه زنی و رشد محصول یا بایستی آبیاری صورت گیرد یا یک بارندگی مناسب به میزانی که رطوبت مورد نیاز خاک برای جوانه زنی گیاه را تأمین کند، در منطقه داشته باشیم. در این تحقیق مینا بر این اساس قرار داده شده که اگر حداقل ۲۰ میلیمتر بارندگی در طی پنج روز متوالی داشته باشیم، شرایط لازم برای جوانه زنی کشت دیم فراهم می‌شود که چهار تاریخ نهم و نوزدهم آبان و نهم و نوزدهم آذر واجد این شرط هستند. در جدول ۳، درصد کاهش عملکرد در شرایط فعلی (دوره پایه) و تحت شرایط تغییر اقلیم در دوره‌های آبی نشان داده شده است.

جدول ۲- تأثیر تغییر اقلیم بر نیاز خالص آبیاری گندم (میلی‌متر)

تاریخ کاشت	۱۹۷۱-۲۰۰۰	۲۰۱۱-۲۰۴۰	۲۰۴۱-۲۰۷۰	۲۰۷۱-۲۱۰۰
۹ آبان	۶۵/۸	۶۳	۶۷/۲	۶۷/۱
۱۹ آبان	۹۳/۴	۹۴/۳	۹۹/۷	۹۷/۲
۲۹ آبان	۱۱۷	۱۲۱	۱۲۶/۳	۱۲۴/۸
۹ آذر	۱۴۴/۳	۱۴۵/۷	۱۵۰/۴	۱۵۱/۷
۱۹ آذر	۱۵۹	۱۶۲/۳	۱۷۲/۵	۱۷۷

جدول ۳- تأثیر تغییر اقلیم بر عملکرد گندم تحت شرایط دیم (درصد)

تاریخ کاشت	۱۹۷۱-۲۰۰۰	۲۰۱۱-۲۰۴۰	۲۰۴۱-۲۰۷۰	۲۰۷۱-۲۱۰۰
۹ آبان	۱۳/۹۵	۷/۶	۹/۶۴	۱۳/۳۵
۱۹ آبان	۱۹/۹۶	۱۵/۵۶	۱۷/۹۸	۱۳/۶۴
۹ آذر	۲۹/۶۷	۲۷/۹۳	۳۰/۲۲	۲۸/۵۸
۱۹ آذر	۳۴/۹۵	۳۴/۶۷	۳۷/۹۳	۳۷/۷۵



شکل ۲- تغییرات تبخیر و تعرق گیاه و تبخیر و تعرق واقعی در دوره‌های زمانی مختلف برای تاریخ کاشت در ۹ آبان ماه

### نتیجه گیری

نتایج نشان داد که در دوره‌های آبی بارندگی در فصل پاییز افزایش، و در بقیه فصل‌های سال روندی کاهشی دارد که این تغییرات نیاز خالص آبیاری را تحت تأثیر قرار خواهد داد. نیاز خالص آبیاری گندم با جابجائی تاریخ کاشت از فصل پاییز به سمت فصل زمستان افزایش می‌یابد که این افزایش در دوره‌های آبی تحت تأثیر تغییر اقلیم تشدید خواهد شد. کمبود عملکرد محصول نیز به زمان کاشت بستگی دارد بطوریکه با جابجائی تاریخ کاشت به سمت فصل زمستان افزایش می‌یابد. همچنین کمبود عملکرد به ازای یک تاریخ کاشت مشخص، در دوره‌های آینده نسبت به دوره پایه تغییر معنا داری نخواهد داشت که این موضوع بیانگر این است که اگر تاریخ کاشت تغییری نکند، عملکرد نسبی تحت تأثیر تغییر اقلیم قرار نخواهد گرفت حال آنکه عملکرد پتانسیل ممکن است تغییر کند. برای سازگاری با اثرات تغییر اقلیم توصیه می‌شود که کاشت بذر در آبان ماه و بخصوص اوایل آن صورت گیرد. همچنین در مناطقی که امکان آبیاری یا حداقل آبیاری تکمیلی وجود دارد، زمان مناسب آبیاری تشخیص داده شده و با انجام به موقع آن، کاهش عملکرد محصول را به حداقل رساند. از آنجائی که در این تحقیق هدف ارائه یک متدولوژی در زمینه بررسی اثرات تغییر اقلیم بر نیاز خالص آبیاری و عملکرد محصولات بوده است تنها از نتایج یک مدل AOGCM

این نتایج مشابه است با نتایج لو و همکاران (۱۲) و لادیک و همکاران (۱۱) که اظهار داشتند بارندگی مؤثرترین فاکتور در میزان عملکرد محصول در مناطق با بارش متوسط و کم می‌باشد. همچنین در دوره زمانی ۱۹۷۵ تا ۲۰۰۴ نسبت به ۱۹۴۵ تا ۱۹۷۴ به دلیل همزمان بودن بارش‌ها با طول دوره رشد، عملکرد گندم در جنوب استرالیا کاهش نیافته است. در شکل ۲ تبخیر و تعرق واقعی، ET، نسبت به تبخیر و تعرق گیاه، ETc، و روز شروع تنش در گیاه در دوره‌های مختلف پیش‌بینی برای تاریخ کاشت در ۹ آبان نشان داده شده است. در دوره پایه تبخیر تعرق واقعی در مراحل میانی و انتهائی فصل رشد (از روز ۱۴۵ به بعد) بیش از سایر دوره‌ها است و همین‌طور دوره ۲۰۴۰-۲۰۱۱ بیش از دو دوره ۲۰۷۰-۲۰۴۱ و ۲۱۰۰-۲۰۷۱ می‌باشد. علت این است که طول دوره رشد در دوره پایه طولانی‌تر می‌باشد در نتیجه مراحل میانی و انتهائی فصل رشد که تبخیر و تعرق بیشتر است در ماه میانی بهار که گرم‌تر است قرار می‌گیرند، اما بتدریج با کوتاه شدن فصل رشد در دوره‌های بعدی این مراحل رشد گیاه در اواخر زمستان و اوایل بهار که هوا خنک‌تر است قرار می‌گیرد. جابجائی تاریخ کاشت از ۹ آبان به سمت ۱۹ آذر درصد کمبود عملکرد در تمام دوره‌ها افزایش در پی خواهد داشت که علت آن افزایش تبخیر و تعرق از یک طرف و کاهش باران مؤثر در مراحل میانی و پایانی فصل رشد از طرف دیگر می‌باشد.

استفاده شده، که نتایج بدست آمده با عدم قطعیت همراه می‌باشد، به همین دلیل پیشنهاد می‌شود از چند مدل گردش عمومی جو و نیز چند روش کوچک مقیاس سازی بطور همزمان در تحقیقات آینده استفاده شود.

## منابع

- ۱- ابراهیمیان ح،، لیاقت ع،، پارسی نژاد م. و اکرم م. ۱۳۸۷. ارزیابی عملکرد سیستم زهکشی زیرزمینی با پوشش پوسته برنج (مطالعه موردی: شبکه زهکشی ران بهشهر). مجله آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی). جلد ۲۲. شماره ۲.
- ۲- سلطانی ا. و قلی پور م. ۱۳۸۴. شبیه‌سازی اثر تغییر اقلیم بر رشد، عملکرد و مصرف آب نخود. مجله علوم کشاورزی و منابع طبیعی. سال سیزدهم، شماره ۲.
- ۳- علیزاده ا. ۱۳۸۵. اصول طراحی سیستم‌های آبیاری سطحی، جلد اول، دانشگاه امام رضا، انتشارات آستان قدس رضوی.
- 4- Abraha M.G., and Savage M.J. 2006. Potential impacts of climate change on the grain yield of maize for the midlands of KwaZulu-Natal, South Africa. *J. of Agriculture, Ecosystems and Environment*. 115:150-160.
- 5- Allen G.R., Pereira L.S., Raes D., and Smith M. 1998. Crop Evapotranspiration-Guidelines for computing crop water requirements. FAO Irrigation and Drainage Paper 56. FAO, Rome, Italy, 78-86.
- 6- Bates B.C., Kundzewicz Z.W., Wu S., and Palutikof Eds J.P. 2008. Climate Change and Water. Technical Paper of the Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC Secretariat, Geneva, 210 pp.
- 7- Doll P. 2002. Impact of climate change and variability on irrigation requirements: a global perspective. *J. of Climatic Change*. 54: 269-293.
- 8- Doorenbos J., and Kassam A. 1979. Yield response to water. FAO irrigation and drainage paper 33.
- 9- Harmsen E.W., Miller N.L., Schlegel N.J., and Gonzalez J.E. 2009. Seasonal climate change impacts on evapotranspiration, precipitation deficit and crop yield in Puerto Rico. *J. of Agricultural Water Management*. 96: 1085-1095.
- 10- Lhomme J.P., Mougou R., and Mansour M. 2009. Potential impact of climate change on durum wheat cropping in Tunisia. *J. of Climatic Change*.
- 11- Ludwig F., Milroy S.P., and Asseng S. 2009. Impacts of recent climate change on wheat production systems in Western Australia. *J. of Climatic Change*. 92:495-517.
- 12- Luo Q., Bellotti W., Williams M., and Bryan B. 2005. Potential impact of climate change on wheat yield in South Australia. *J. of Agricultural and Forest Meteorology*. 132: 273-285.
- 13- Luo Q., Bellotti W., Williams M., and Wang E. 2009. Adaptation to climate change of wheat growing in South Australia: Analysis of management and breeding strategies. *J. of Agriculture, Ecosystems and Environment*. 129:261-267.
- 14- Sultana H., Ali N., Iqbal M. M. and M. Khan A. 2009. Vulnerability and adaptability of wheat production in different climatic zones of Pakistan under climate change. *J. of Climatic Change*. 94:123-142.
- 15- Wilby R.L., and Dawson C.W. 2007. SDSM4.2 – a decision support tool for the assessment of regional climate change impacts -User Manual.





## Study on Climate Change Effect on Net Irrigation Requirement and Yield for Rainfed Wheat (Case Study: Behshahr)

M. Soleymani Nanadegani<sup>1\*</sup> - M. Parsinejad<sup>2</sup> - Sh. Araghinejad<sup>3</sup> - A. Massah Bavani<sup>4</sup>

Received:9-8-2010

Accepted:8-1-2011

### Abstract

In this study, impact of climate change on net irrigation requirement ( $I_n$ ) and yield of wheat using CGCM3 climate projection model, one of the AOGCM models, in Behshahr area is evaluated. changes in temperature and precipitation were simulated run under the IPCC scenario A2 for 2011-2040, 2041-2070 and 2071-2100 periods. This work was done by using statistical and proportional downscaling techniques. For  $I_n$  estimating, Potential evapotranspiration ( $ET_o$ ) and effective rainfall ( $P_e$ ) were calculated using Hargreaves – Samani equation and USDA method, respectively. Impact of water deficit on crop yield was estimated using the linear crop-water production function developed by FAO. Results showed that Net irrigation requirement ( $I_n$ ) will increase when sowing date is moved toward winter season which would be of further limitations under climate change conditions. For the specific proposed sowing dates, the relative crop yield reduction (YD) was not significantly changed in the future compared to base period. If the sowing date is moved forward to winter season, YD will increase due to a higher evapotraspiration and lower available effective rainfall.

**Keywords:** Climate change, Net irrigation requirement, Wheat yield, General Circulation Model, CGCM3

---

1,2,3- MSc Student and Assistant Professors, Department of Irrigation and Drainage Engineering, College of Agriculture and Natural Resource, University of Tehran, Respectively

(\*-Corresponding Author Email: msn8326@gmail.com)

4- Assistant Professor, Department of Irrigation and Drainage Engineering, College of Aboureihan, University of Tehran