دکتر امین علیزاده
دانشگاه فردوسی مشهد / پژوهشکده امیرکبیر
دکتر غلامعلی کمالی
پژوهشکده اقلیم شناسی / پژوهشکده امیرکبیر
شمارهٔ مقاله: ۵۴۸

اثرات تغییر اقلیم بر افزایش مصرف آب کشاورزی در دشت مشهد*

A. Alizadeh, Ph.D
University of Ferdowsi - Mashad \ Amir Kabir Research Center
Gh. Kamali, Ph.D
Institute for Climatology \ Amir Kabir Research Center

Effect of Climate Change on Agricultural Water Use in Mashhad Valley

Rapid population growth and shortage of water are the two most important problems of any development program in Khorassan province of Iran. In this respect, Mashhad valley, which is the main center of industrial activities of the province, has a very critical position. Almost 40 percent of the population of Khorassan are living in this valley. More than %75 of all water resources in Mashhad valley is used in agriculture. Although water allocation to farmers are based on national irrigation document, but recent droughts and warm weather showed that farmers are actually using more water than those figures which are indicated in this document. It seems that higher temperature, either due to global warming or periodical changes of the weather will increase agricultural water use. In this paper 3 scenarios of temperature increase (2, 4, and 6 degree centigrade) were considered and on agricultural water use has been studied. The results showed that by an increase of 2 degrees in air temperature, water use would increase by 6 percents. An increase of 4 and 6 degrees will increase the water use 11 and 17 percents, respectively. In order to keep the agriculture water demand constant different alternatives of cropping pattern and densities have been constant and equal to 6200 cubic meter per sector. The alternatives are based upon this assumption that irrigation water use does not change with increasing air temperature.

خلاصه

رشد جمعیت و نیاز به محصولات کشاورزی ودامی و محدودیت منابع آب به عنوان بستر اصلی تولیدات غذایی، مسألهٔ کم آبی را به گونه‌ای بسیار جدی فراروی برنامه ریزان استان خراسان

* - این پژوهش با اعتبار حوزه معاونت پژوهشی دانشگاه فردوسی مشهد انجام گردیده است که بدین وسیله سپاسگزاری می شود.

در وضعیت بسیار بحرانی قرار گرفته است. نزدیک به ٤٠ درصد جمعیت استان خراسان در این دشت ساکن‌اند و این دشت تنها قطب صنعتی استان است. با وجود این که به دلیل نیاز فراوان به آب شرب و صنعت بخش کمتری از منابع آب موجود به مصرف کشاورزی این دشت می‌رسد و تنها ۷۵ درصد منابع آب در آبیاری محصولات زراعی و باغی استان مورد استفاده دارد اما این مقدار نیز نسبت به پتانسیل آبی دشت بسیار زیاد است به طوری که مازاد برداشت سالانه آب از منابع غیر قابل تجدید دشت مشهد به بیش از ۱۳٦ میلیون متر مکعب می رسد و این امر باعث شده است که میانگین افت سطح ایستابی در دشت مشهد سالانه ۱/٤۷ متر باشد. خشکسالی‌های اخیر که توأم با افزایش دمای هوا بود باعث گردید که زارعان آب بیشتری به مصرف کشاورزی برسانند به طوری که در سال آبی ۸۱-۱۳۸۰ در استان خراسان حدود ۷٦۲ میلیون متر مکعب بیش از سال‌های قبل از منابع آب زیرزمینی برداشت شد و به همین دلیل متوسط افت سطح آب‌های زیرزمینی دشت مشهد از ۱/٤۷ متر به ۳/۰٤ متر و در بعضی نقاط به بیش از ۷ متر رسید.

افزایش دمای هوا چه به دلیل خشکسالی‌های دوره‌ای و چه به دلیل گرمایش جهانی در سال‌های آتی امری بسیار محتمل است. مدل‌های پیش بینی اقلیم نیز نشان می دهد که دمای هوا در آینده در منطقه شمال شرق ایران و استان خراسان ۲ تا ۲/۷۵ درجه افزایش خواهد یافت. هر چند این رقم اغراق آمیز به نظر می رسد اما در هر صورت لازم است برنامه‌ریزی‌های زراعی صورت گیرد به نحوی که بر منابع آب تجدید شونده بیش از حد متعارف فشار وارد نیاید. بدین منظور ابتدا باید پتانسیل افزایش نیاز آبیاری در اثر بالارفتن دمای هوا برای محصولات مختلف و در الگو و ترکیب کشت موجود بررسی شود. در این مقاله افزایش نیاز آبی در سه سناریوی افزایش دما (۲ ، ٤ و ٦ درجه سانتی گراد) بررسی و روش‌های سازگاری با آن به نحوی که مصرف آب کشاورزی در وضعیت کنونی ثابت بماند مطالعه شده‌اند. نتایج نشان می‌دهد که در صورت افزایش دمای هوا به میزان ۲ درجه سانتی گراد نیاز خالص آبیاری با الگو و ترکیب کشت کنونی ٦ درصد نسبت به وضعیت نرمال افزایش خواهد داشت. میزان افزایش نیاز آبیاری به ازای ٤ و ٦ درجه افزایش دما به ترتیب ۱۱ و ۱۷ درصد برآورد شده است.

مقدمه

دشت مشهد زیرحوزه‌ای از حوزهٔ آبریز قره قوم، واقع در شمال استان خراسان است. این دشت؛ مساحتی بالغ بر ۱۰/۰۰۰ کیلومتر مربع شامل پهنه‌های ارتفاعات به وسعت ٦۰۰۰ کیلومتر مربع و گسترهٔ دشت آبرفتی به وسعت ٤۰۰۰ کیلومتر مربع است. دشت مشهد در بر گیرندهٔ کلان شهر مشهد، و در واقع قطب اصلی صنعتی و کشاورزی استان خراسان است. این دشت علاوه بر

جمعیت شهری، ۱۷ دهستان از سه شهرستان قریب ٤۳۰ پارچه آبادی با سطح زیر کشت حدود ۱۱۰/۰۰۰ هکتار را در خود جای داده است.

منابع آب کشاورزی دشت مشهد عمدتاً از آبخوان این دشت و توسط ۸۷۱ رشته قنات،٤۱۹ دهنه چشمه و ٤٦۱۹ حلقه چاه تأمین می‌شود. قنات‌ها و چشمه‌ها در حاشیهٔ پهنهٔ آبرفتی و ارتفاعات واقع‌اند که حدود ۲۲ درصد از برداشت آب زیرزمینی توسط آن‌ها صورت می‌گیرد و این در حالی است که ۷۸ درصد برداشت آب از مناطق مرکزی و از چاه‌ها انجام می شود. بیش از ۷۵ درصد برداشت آب از دشت مشهد به مصرف آبیاری گیاهان زراعی و محصولات باغی می رسد زیرا متوسط بارندگی سالانه روی این دشت که سالانه ۲۳۲ میلی متر است عمدتاً در فصل زمستان و بهار صورت می‌گیرد و مقدار مؤثر آن برای آبیاری های تابستانه ناچیز است.

پهنهٔ آبرفتی دشت مشهد با وسعتی حدود ٤۰۰۰ کیلومتر مربع دارای ضخامت متوسط ۹۵ متر است. عمق آب زیرزمینی در دشت مشهد به طور متوسط ٤۸ متر و ذخیرهٔ ثابت آن ۵/۵ میلیارد متر مکعب است. گرچه مجموع آب تجدید شوندهٔ دشت مشهد ۹۳۵ میلیون متر مکعب برآورد می شود اما در حال حاضر هر سال ۱۰۷۱ میلیون متر مکعب از آن تخلیه می شود. بدین ترتیب بیلان منفی (کسری مخزن) این دشت سالانه ۱۳٦ میلیون متر مکعب است که این امر باعث شده است سطح ایستابی در دشت مشهد به طور مرتب کاهش یابد. متوسط کاهش افت سطح آب زیرزمینی دشت مشهد ۱/٤۷ متر در سال است که در چند سال گذشته به دلیل برداشت به ۳ متر و در برخی نقاط به ۷ متر رسیده است. مناطق تمرکز برداشت آب توسط چاه‌ها از آب زیرزمینی دشت مشهد در بخش مرکزی است که قسمت اعظم سطح کشت را در خود جای داده است.

کشاورزی و باغداری

در دشت مشهد گیاهان متعددی کشت می شوند که سطح کشت سالانهٔ آن‌ها در سال‌های گوناگون متفاوت است. حدود ۹۲۵۰۰ هکتار از سطح زیر کشت دشت مشهد را محصولات زراعی و ۱۸۰۰۰ هکتار آن را محصولات باغی تشکیل می دهد که با توجه به توسعهٔ صنایع کشاورزی در سال‌های اخیر سطح زیر کشت باغات و گیاهان نقدینگی افزوده شده است. به طور کلی الگو و تراکم کشت دشت مشهد در حال حاضر به صورت زیر است:غلات ۵۰ درصد؛ باغات میوه ۲۵ درصد؛ انواع صیفی ۱۲ درصد؛ علوفه ۸ درصد؛ چغندرقند۵ درصد. گرچه در سند ملی آبیاری که با توجه به آیین نامهٔ قانون توزیع عادلانهٔ آب تحویل حجمی آب به زارعان باید بر اساس آن صورت گیرد نیاز خالص آبیاری گیاهان دشت مشهد به طور ثابت برآورد شده است؛ اما خشکسالی‌های اخیر نشان داد که گیاهان بیش از آنچه در سند آبیاری ذکر شده است نیاز به آب دارند. دلیل این امر می تواند افزایش دما و سرعت باد و یا کاهش باران مؤثر باشد.افزایش دما

در سال‌های اخیر که در برخی نقاط خراسان و در بعضی از دوره‌ها نسبت به میانگین ۲ تا ۷ درجه سانتی گراد بوده است ممکن است پدیده‌ای موقت و جزء نوسان دوره‌ای هواشناختی به حساب آید. اما این نکته را نباید از نظر دور داشت که افزایش دما چه در اثر نوسان‌های وضعیت هوا و چه عوامل دیگری مانند تغییر اقلیم در آن دخالت داشته باشند بر منابع آب و به خصوص نیاز آبیاری مؤثراند و منابع آبی دشت مشهد این توان را نخواهند داشت که افزایش نیاز آبیاری در اثر افزایش دما را تأمین کنند. در رویارویی و سازگاری با چنین پدیده‌ای روش‌های تأمین آب کارساز نخواهند بود و حتی مدیریت مصرف نیز مؤثر نخواهد بود، لذا به ظاهر تنها روش آن است که با کاربرد روش‌های مدیریت تقاضا از افزایش نیاز آبخواهی زارعان جلوگیری کرد و تا حد امکان آن را ثابت نگهداشت . برای رسیدن به این هدف ابتدا لازم است ابعاد موضوع به لحاظ علمی بررسی شود و تأثیر پدیدهٔ گرم شدن هوا و افزایش دما بر نیاز آبیاری مورد مطالعه قرار گیرد.

هدف از این بررسی آن بوده است که مشخص شود چنانچه دمای هوا به دلیل تغییر اقلیم یا هر عامل دیگر افزایش باید و این افزایش پایدار باشد به لحاظ کمی چه تأثیری بر نیاز آبیاری دشت مشهد خواهد داشت و چنانچه بخواهیم نیاز آبی در سطح کنونی ثابت باقی بماند چه کارهایی در مدیریت‌های زراعی باید صورت گیرد تا تقاضا برای آب افزایش نیابد.

بررسی منابع

قبل از پرداختن به مقولهٔ تغییر اقلیم لازم است به پدیدهٔ اثر گلخانه‌ای اشاره شود. اثر گلخانه‌ای پدیده‌ای طبیعی است که تداوم حیات به آن بستگی دارد. در اثر گلخانه‌ای تابش خورشید از لایهٔ نسبتاً شفاف عبور می‌کند و به سطوح گیاهی و خاک می رسد. این تابش توسط سطح زمین جذب می‌شود و باعث گرم شدن آن می گردد. سطوح گرم شده نیز به نوبهٔ خود تابش از خود گسیل می کنند که سرانجام بین تابش‌های ورودی و خروجی توازن برقرار می گردد.

سطح زمین و اتمسفر آن وضعیتی مشابه گلخانه را به وجود می‌آورند. وجود گازهای مختلف در اتمسفر باعث می شوند که تابش‌های با طول موج بلند که از سطح زمین خارج می شود جذب شوند و بخشی از آن‌ها را دوباره به سطح برگشت داده شود. این امر موجب شده است که میانگین دمای کرهٔ زمین حدود ۱۵ درجه سانتی گراد ثابت باقی بماند. بدون وجود این گازها دمای کرهٔ زمین تا حدّ ۱۸- درجه سانتی گراد کاهش می‌یافت که امکان ادامهٔ حیات در آن وجود نداشت. این گازها شامل دی اکسید کربن (CO_2)، بخار آب (H_2O)، متان (CH_4)، اکسید ازت (N_2O)، کلروفلوروکربن (CFCs) و ازن (O_3)، به گازهای گلخانه‌ای معروف‌اند. نقش گازهای گلخانه‌ای در اتمسفر در سال‌های ۱۸۰۰ میلادی مشخص گردید [۱].

در سال ۱۸۹٦ دانشمند سوئدی سوانت آرهنیوس [1] محاسبه کرد که چنانچه میزان CO_2 موجود در اتمسفر به دوبرابر برسد دمای متوسط هوا ۵ تا ٦ درجه سانتی گراد افزایش پیدا خواهد کرد. البته او هیچ وقت آگاهی نیافت که چگونه افزایش CO_2 ممکن است در مدت بسیار کوتاهی به وقوع بپیوندد. این پیش بینی‌ها تا سال‌های دهۀ ۱۹۵۰ مورد توجه قرار نگرفت تا این که در سال ۱۹۵۷ دو نفر از دانشمندان انستیتوی اقیانوس شناسی اسکریپ [2] به نام‌های راجر راول و هانس سوس [3] اظهار داشتند که انسان با اضافه کردن به اتمسفر دست به یک آزمایش ژئوفیزیکی در مقیاس کلان زده است. آن‌ها خاطر نشان ساختند که جذب CO_2 توسط اقیانوس ها به کندی صورت می‌گیرد و لذا CO_2 اضافی که وارد هوا می شود در اتمسفر باقی می ماند. از آن زمان به بعد توجه دانشمندان به اثرات تجمع و دیگر گازهای گلخانه‌ای معطوف گردید.

در سال‌های دهۀ ۱۹۸۰ توجه مردم عادی نیز به اثرات افزایش گازهای گلخانه‌ای مانند CO_2، CH_4 ، N_2O و CFCs جلب شد به طوری که برخی از دانشمندان اظهار کردند که افزایش دما و خشکسالی‌هایی پدید آمده در بعضی نقاط آمریکا نتیجۀ تغییرات اقلیم و گرمایش جهانی است. می‌دانیم که غلظت گازهای گلخانه‌ای اتمسفر در سال‌های اخیر به دلیل فعالیت‌های انسانی افزایش یافته و نیمی از این افزایش مربوط به دی اکسید کربن است. غلظت CO_2 از سال ۱۹۵۸ به طور مرتب توسط آزمایشگاه افلاک نمای مائونا لوآ [4] در هاوائی اندازه گیری و ثبت می شود. با انجام یافتن آزمایش روی حباب‌های هوای محبوس شده در قطعات یخ در نقاط مختلف جهان غلظت CO_2هوا در سال‌های بسیار قبل نیز به دست آمده است. مثلاً غلظت CO_2 اتمسفر در سال ۱۷۵۰ برابر ۲۷۰ قسمت در میلیون بوده است حال آن‌که این مقدار در سال ۱۹۹۰ به ۳۵۳ قسمت در میلیون رسیده است که به طور متوسط افزایش سالانۀ آن ۰/۵ درصد می باشد [۲]. با این روند پیش بینی می شود که غلظت CO_2 و سه گاز دیگر گلخانه ای در ۲۵ سال آینده به دو برابر میزان کنونی آن خواهد رسید که این امر افزایش دمای هوا را به دنبال خواهد داشت [۳].

مدل‌های پیش‌بینی افزایش دما

با اطلاعات به دست آمده در زمینۀ افزایش گازهای گلخانه‌ای مؤسسه‌های تحقیقاتی مدل‌هایی را در مقیاس کلان تهیه کرده‌اند که مدل‌های GCM [5] نامیده می‌شوند. این مدل‌ها که ترکیبی از معادلات ریاضی و روابط طراحی شده‌اند شرایط دما و بارندگی آینده را با توجه به

1- Svante Arrhenius
2- Scripps Institute of Oceanography
3- Roger Revelle & Hans Suess
4- Mauna Loa Observatory
5- General Circulation Model

دگرگونی‌هایی که در غلظت گازهای گلخانه‌ای به وجود می آیند شبیه سازی می کنند. گرچه این مدل‌ها هر کدام نتایجی متفاوت را به دست می‌دهند اما تمامی آن‌ها یک نکتهٔ مشترک دارند و آن این است که دمای کلی هوا در سطح جهانی تا سال ۲۰۲۵ به اندازهٔ یک درجه سانتی‌گراد و تا سال ۲۱۰۰ به اندازهٔ ۳ درجه سانتی‌گراد افزایش پیدا می کند [٤]. این مدل‌ها هم چنین نشان می دهند که بارندگی در مدارهای جغرافیایی بالا افزایش و در مدارهای پایین و متوسط کاهش خواهد داشت در نتیجه در این مناطق تبخیر-تعرق افزایش می‌یابد که خشکسالی و افزایش دما از دیگر عواقب آن است [٥]. اکثر مدل‌های GCM و تغییر اقلیم نشان می‌دهند که چرخهٔ هیدرولوژی متأثر از آن است و لذا به دلیل تأثیر آن بر مصرف آب آبیاری و در نتیجه تولید مواد غذایی باید سیاست آبی کشورها تغییر پیدا کند. در ظاهر امر افزایش ۰/۵ یا ۱ درجه سانتی‌گراد به دمای هوا چندان جدی نمی‌نماید اما باید توجه داشت که این ارقام میانگین افزایش دما در سطح جهانی است و مدل‌های مختلف نشان می‌دهند که دامنهٔ تغییرات در بعضی نقاط جهان بسیار گسترده است.

مثلاً بر اساس مدل هادلی [٦] مقدار بارندگی در شمال شرق ایران ۲۰ تا ۲۵ درصد نسبت به وضعیت کنونی کاهش می‌یابد. دمای سالانهٔ هوا نیز بر اساس پیش بینی این مدل ۲/۵ تا ۲/۷۵ درجه سانتی‌گراد افزایش خواهد داشت. گرچه به نظر می رسد این ارقام اغراق آمیز باشد اما تنها نتیجه‌ای است که در حال حاضر مدل‌ها به دست می‌دهند و لازم است در مورد آن‌ها تعمق بیشتری صورت گیرد زیرا تأثیر بارز افزایش دما و کاهش بارندگی هرچند اندک باشند، این خواهد بود که طول دورهٔ مناسب رشد گیاهان افزایش یابد و احتمال شیوع آفات و بیماری های گیاهی بیشتر شده و نیاز آبیاری گیاهان زراعی و باغی افزایش یابد [٦].

بسیاری از کشورهای جهان با توجه به این پدیده از سال‌ها قبل تحقیقات دامنه‌داری را در زمینهٔ سازگاری کشاورزی در وضعیت تغییر اقلیم و گرم شدن هوا آغاز کرده و جنبه‌های گوناگون آن را ارزیابی کرده‌اند ولازم است چنین پژوهش‌هایی در ایران نیز انجام شود تا بتوان بر اساس یافته‌های آن‌ها برنامه‌ریزی‌های لازم صورت گیرد. پژوهش حاضر در همین جهت و به منظور شناخت مقدار کمی افزایش نیاز آب کشاورزی در شرایط گرم شدن هوا در دشت مشهد که یکی از بحرانی‌ترین دشت‌های کشاورزی کشور می‌باشد به شمار می رود.

مواد و روش مطالعه

با در نظر گرفتن طیف تغییرات دمای ماهانهٔ دشت مشهد (در صورت وقوع تغییر اقلیم) نیاز آبیاری محصولات عمدهٔ این دشت در وضعیتی که به صورت ترکیب در الگوی کشت قرار می‌گیرند برای یک واحد اراضی در شرایط افزایش دما محاسبه و با میانگین دراز مدت آن مقایسه

6- UK Hadley Centre's global climate model

گردید. برای این منظور ۳ سناریوی افزایش دما مد نظر بوده است. سناریوهای افزایش دما عبارت بودند از: (الف) نیاز آبیاری درحالتی که متوسط دما ۲ درجه سانتی‌گراد افزایش یابد(T + 2)؛ (ب) نیاز آبیاری در حالتی که متوسط دما ٤ درجه سانتی گراد افزایش یابد (T+4)؛ (ج) نیاز آبیاری در حالتی که متوسط دما ٦ درجه سانتی گراد افزایش یابد (T+6). که هر یک از حالت‌های بالا با شرایط نرمال کنونی (T+ 0) مقایسه شده‌اند (T میانگین دراز مدت دمای هوا در دشت مشهد در دورهٔ مورد نظر می‌باشد). برای محاسبهٔ نیاز آبی گیاهان در شرایط افزایش دما از روش هارگریوز – سامانی استفاده شده است.معادلهٔ هارگریوز – سامانی به شرح زیر می باشد:

$$ETo = 0.0135\ (KT).\ Ra(TD)^{0.5}\ (T + 17.8) \quad (1)$$

$$KT = 0.00185\ (TD)^2 - 0.0433\ (TD) + 0.4023 \quad (2)$$

در این معادله ها ETo = تبخیر – تعرق مرجع (mm/day) وTD = تفاوت دمای حداکثر و حداقل در دوره مورد نظر (سانتی گراد) است. Ra نیز تابش برون زمینی (بر حسب میلی متر آب) است. بدین ترتیب نیاز آبی گیاه مرجع (ETo) و سپس با انتخاب ضریب گیاهی Kc (با روش پیشنهادی FAO-56) نیاز خالص آبیاری (ETc) برای هر کدام از محصولاتی که در الگوی کشت دشت مشهد قرار دارند در سناریوهای مختلف افزایش دما محاسبه گردیده است.

نتایج و بحث

تبخیر – تعرق گندم در شرایط نرمال و در شرایطی که دمای هوا ۲ تا ٦ درجه افزایش پیدا کند مطالعه گردید. از مقایسهٔ ارقام به دست آمده در سناریوهای مختلف (جدول ۱) مشاهده می‌شود که اگر دمای هوا به ترتیب ۲، ٤ و ٦ درجه افزایش یابد نیاز آبی سالانهٔ گندم به ترتیب ۷، ۱۲ و ۱۹ درصد افزایش پیدا خواهد کرد. نیاز خالص آبی سالانهٔ چغندرقند در دشت مشهد در شرایط عادی کنونی ۸۸۵۰ متر مکعب در هکتار است که اگر افزایش دما صورت گیرد در سناریوهای سه گانه به ترتیب ۹٤۱۰، ۹۸٤۰ و ۱۰۳۳۰ خواهد بود و افزایشی به ترتیب ٦، ۱۱ و ۱٦ درصد خواهد داشت (جدول ۲). در مورد باغات نیز افزایش دما تأثیری مشابه با زراعت چغندرقند خواهد داشت (جدول ۳) و در سناریوهای سه گانه به ترتیب ٦، ۱۰ و ۱٦ درصد افزایش نیاز آبی وجود خواهد داشت. وضعیت افزایش نیاز آبی برای زراعت علوفه و صیفی جات نیز در جدول‌های ٤ و ٥ نشان داده شده است. خلاصهٔ نتایج فوق که در جدول ٦ و شکل ۱ ارائهٔ شده است نشان می دهد که افزایش دما به میزان ۲ درجه سانتی‌گراد، باعث خواهد شد که تقاضای خالص آب برای هر هکتار واحد اراضی زراعی ٦ درصد نسبت به وضعیت نرمال افزایش یابد. با گرم شدن هوا به میزان ٤ درجه سانتی‌گراد نیاز آبیاری ۱۱ درصد و در صورتی که دمای هوا ٦ درجه افزایش یابد تقاضا برای آب ۱۷ درصد افزایش خواهد یافت.

راهکارهای سازگاری

ساده ترین و عملی ترین راه کار برای سازگاری با افزایش دما کاهش سطح زیر کشت آبی و تغییر الگوی کشت است. تغییر برنامهٔ زراعی و استفاده از ارقام زودرس نیز می‌تواند در این امر مؤثر باشد. با توجه به این که باغات و علوفه (یونجه) عمری بیش از یک سال دارند امکان کاهش سطح زیر کشت آن‌ها وجود ندارد. از طرف دیگر کاهش سطح کشت گندم نیز به لحاظ استراتژیک بودن محصول قابل توصیه نیست بنابراین بالاجبار باید از سطح زیر محصولاتی مانند چغندر وصیفی کاست و همزمان از ارقام زودرس استفاده کرد. در این بررسی نیاز آبیاری گندم، چغندر و انواع صیفی در شرایطی که با استفاده از ارقام زودرس بتوان گندم را ۱۵ روز و چغندر و صیفی را ۱۰ روز زودتر برداشت کرد، در سناریوهای مختلف افزایش دما مورد ارزیابی قرار گرفته‌اند.با توجه به شرایط جدید و استفاده از ارقام زودرس در وضعیت افزایش دما به میزان ۲ درجه، دو نوع الگوی کشت به شرح زیر پیشنهاد شده است(جدول‌های ۷ و ۸):

الگوی الف – گندم ۵۰٪ ، باغات ۲۵٪ ، انواع صیفی ۱۳٪ ، علوفه ۸٪ ، چغندر ۰ ٪ و آیش ٤٪؛

الگوی ب – گندم ۵۰٪ ، باغات ۲۵٪ ، انواع صیفی ۱۲٪ ، علوفه ۸٪ ، چغندر ۵ ٪ ؛

به طوری که مشاهده می شود در راه حل اول چغندر از الگوی کشت حذف شده است که با توجه به وجود سه کارخانهٔ قند در دشت مشهد (شیرین و آبکوه و چناران) به نظر می رسد که الگوی ب از درجه پذیرش بالاتری برخوردار خواهد بود. نیاز آبیاری در این دوالگو به ترتیب ٦۲۷۳ و ٦۱۷۲ متر مکعب در هکتار می باشد که تقریباً در همان حد معمول (٦۲۸۲ متر مکعب در سال) ثابت باقی خواهد ماند در وضعیت افزایش دما به میزان ٤ درجه سانتی‌گراد نیز ۳ نوع الگوی کشت به شرح زیر (جداول ۹، ۱۰ و ۱۱) در نظر گرفته شده است :

الگوی ج – گندم ۵۰٪ ، باغات ۲۵٪ ، انواع صیفی ۹٪ ، علوفه ۸٪ ، چغندر ۰ ٪ و آیش ۸٪؛

الگوی د – گندم ۵۰٪ ، باغات ۲۵٪ ، انواع صیفی ۱۲٪ ، علوفه ۸٪ ، چغندرقند ۳٪ و آیش ۲٪؛

الگوی هـ – گندم ۵۰٪ ، باغات ۲۵٪ ، انواع صیفی ۱۲٪ ، علوفه ۸٪ و چغندرقند اصلاح شده ۵٪؛

و در وضعیت افزایش دما به میزان ٦ درجه سانتی گراد نیز ۳ نوع الگوی کشت زیر (جداول ۱۲ و ۱۳ و ۱٤)پیشنهاد شده است:

الگوی ز – گندم ۵۰٪ ، باغات ۲۵٪ ، صیفی جات ۵٪ ، علوفه ۸٪ ، چغندر ۰ ٪ و آیش ۱۲٪؛

الگوی ح – گندم ۵۰٪ ، باغات ۲۵٪ ، صیفی جات ۱۱٪ ، علوفه ۸٪ ، چغندر ۰ ٪ و آیش ٦٪؛

الگوی ط – گندم ۵۰٪ ، باغات ۲۵٪ ، صیفی جات ۱۲٪ ، علوفه ۸٪ ، چغندر ۱ ٪ و آیش ٤٪؛

که با اعمال آن‌ها می توان نیاز آبیاری را در حد معمول کنونی ثابت نگهداشت.

جدول ۱ نیاز آبیاری گندم در سناریوهای مختلف افزایش دما

ماه	T + ۰	T + ۲	T + ۴	T + ۶
ژانویه	۰	۰	۰	۰
فوریه	۴	۴	۴	۵
مارس	۳۷	۴۰	۴۳	۴۵
آوریل	۱۲۹	۱۳۹	۱۴۶	۱۵۶
می	۱۷۷	۱۸۷	۱۹۷	۲۰۷
ژوئن	۱۶	۱۷	۱۷	۱۸
جولای	۰	۰	۰	۰
اگوست	۰	۰	۰	۰
سپتامبر	۰	۰	۰	۰
اکتبر	۰	۰	۰	۰
نوامبر	۰	۰	۰	۰
دسامبر	۰	۰	۰	۰
کل	۳۶۲	۳۸۷	۴۰۷	۴۳۱

جدول ۲ نیاز آبیاری چغندرقند در سناریوهای مختلف افزایش دما

ماه	T + ۰	T + ۲	T + ۴	T + ۶
ژانویه	۰	۰	۰	۰
فوریه	۰	۰	۰	۰
مارس	۰	۰	۰	۰
آوریل	۰	۰	۰	۰
می	۵۹	۶۲	۶۵	۶۸
ژوئن	۹۰	۹۶	۱۰۰	۱۰۴
جولای	۲۰۳	۲۱۲	۲۲۱	۲۳۳
اگوست	۲۲۷	۲۴۲	۲۵۳	۲۶۴
سپتامبر	۱۶۸	۱۷۹	۱۸۶	۱۹۶
اکتبر	۸۵	۹۱	۹۷	۱۰۳
نوامبر	۵۳	۵۹	۶۲	۶۵
دسامبر	۰	۰	۰	۰
کل	۸۸۵	۹۴۱	۹۸۴	۱۰۳۳

جدول ۳ نیاز آبیاری باغ‌های میوه در سناریوهای مختلف افزایش دما

ماه	T + ۰	T + ۲	T + ۴	T + ۶
ژانویه	۰	۰	۰	۰
فوریه	۰	۰	۰	۰
مارس	۳۳	۳۶	۳۶	۴۰
آوریل	۵۵	۵۹	۶۲	۶۶
می	۱۰۴	۱۰۹	۱۱۵	۱۲۱
ژوئن	۱۵۷	۱۶۶	۱۷۳	۱۸۰
جولای	۱۹۰	۱۹۹	۲۰۷	۲۱۸
اگوست	۱۷۰	۱۸۱	۱۹۰	۱۹۸
سپتامبر	۱۲۷	۱۳۵	۱۴۰	۱۴۹
اکتبر	۷۲	۷۷	۸۲	۸۷
نوامبر	۰	۰	۰	۰
دسامبر	۰	۰	۰	۰
کل	۹۰۸	۹۶۲	۱۰۰۵	۱۰۵۹

جدول ٤ نیاز خالص آبیاری گیاهان علوفه‌ای در سناریوهای مختلف افزایش دما

ماه	T + ۰	T + ۲	T + ۴	T + ۶
ژانویه	۰	۰	۰	۰
فوریه	۰	۰	۰	۰
مارس	۳۰	۳۲	۳۵	۳۶
آوریل	۴۶	۴۹	۵۲	۵۵
می	۸۲	۸۷	۹۱	۹۶
ژوئن	۱۷۷	۱۸۷	۱۹۵	۲۰۳
جولای	۲۵۲	۲۶۳	۲۷۴	۲۸۹
اگوست	۲۲۷	۲۴۲	۲۵۳	۲۶۴
سپتامبر	۱۶۸	۱۷۹	۱۸۶	۱۹۶
اکتبر	۱۰۴	۱۱۱	۱۱۹	۱۲۶
نوامبر	۰	۰	۰	۰
دسامبر	۰	۰	۰	۰
کل	۱۰۸۶	۱۱۵۰	۱۲۰۵	۱۲۶۵

جدول ۵ نیاز آبیاری انواع صیفی در سناریوهای مختلف افزایش دما

ماه	T + ۰	T + ۲	T + ۴	T + ۶
ژانویه	۰	۰	۰	۰
فوریه	۰	۰	۰	۰
مارس	۰	۰	۰	۰
آوریل	۴۶	۴۹	۵۲	۵۵
می	۱۰۷	۱۱۳	۱۱۹	۱۲۵
ژوئن	۲۰۷	۲۱۹	۲۲۹	۲۳۸
جولای	۲۲۲	۲۳۲	۲۴۲	۲۵۵
اگوست	۱۵۷	۱۶۷	۱۷۵	۱۸۳
سپتامبر	۰	۰	۰	۰
اکتبر	۰	۰	۰	۰
نوامبر	۰	۰	۰	۰
دسامبر	۰	۰	۰	۰
کل	۷۳۹	۷۸۰	۸۱۷	۸۵۶

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

جدول ٦ نیاز آبی سالانهٔ محصولات دشت مشهد بر حسب متر مکعب با توجه به الگو و تراکم کشت در هر هکتار

محصول	درصد کشت	T+۰	T+۲	T+۴	T+۶
گندم	۵۰	۱۸۱۵	۱۹۳۵	۲۰۳۵	۲۱۵۵
باغات	۲۵	۲۲۷۰	۲۴۰۵	۲۵۱۳	۲۶۴۷
صیفی جات	۱۲	۸۸۶	۹۳۶	۹۸۰	۱۰۲۷
علوفه	۸	۸۶۸	۹۲۰	۹۶۴	۱۰۱۲
چغندرقند	۵	۴۴۳	۴۷۱	۴۹۲	۵۱۶
مجموع	۱۰۰	۶۲۸۲	۶۶۶۷	۶۹۸۴	۷۳۵۷

جدول ۷ نیاز آبیاری دشت مشهد (متر مکعب در هکتار) با توجه به الگوی کشت توصیه شده در سناریوی T+۲
گندم: ۵۰٪، باغات: ۲۵٪، انواع صیفی: ۱۳٪، علوفه: ۸٪، چغندرقند: ۰٪ و سطح آیش: ٤٪

ماه	گندم	باغات	صیفی‌جات	علوفه	چغندرقند	کل
ژانویه	۰	۰	۰	۰	۰	۰
فوریه	۰	۰	۰	۰	۰	۰
مارس	۲۰	۹۰	۰	۲۵	۰	۱۳۵
آوریل	۲۰۰	۱۴۸	۶۴	۳۹	۰	۴۵۱
می	۶۹۵	۲۷۲	۱۴۶	۷۰	۰	۱۱۸۳
ژوئن	۹۳۵	۴۱۵	۲۸۴	۱۵۰	۰	۱۷۸۴
جولای	۸۵	۴۹۸	۳۰۲	۲۱۰	۰	۱۰۹۵
اگوست	۰	۴۵۲	۲۱۷	۱۹۴	۰	۸۶۳
سپتامبر	۰	۳۳۸	۰	۱۴۳	۰	۴۸۱
اکتبر	۰	۱۹۲	۰	۸۹	۰	۲۸۱
نوامبر	۰	۰	۰	۰	۰	۰
دسامبر	۰	۰	۰	۰	۰	۰
کل	۱۹۳۵	۲۴۰۵	۱۰۱۳	۹۲۰	۰	۶۲۷۳

جدول ۸ نیاز آبیاری دشت مشهد (متر مکعب در هکتار) با توجه به الگوی کشت توصیه شده در سناریوی T+۲
گندم: ۵۰٪، باغات: ۲۵٪، انواع صیفی: ۱۲٪، علوفه: ۸٪ و چغندرقند: ۵٪

ماه	گندم زودرس	باغات	صیفی‌جات	علوفه	چغندرقند	کل
ژانویه	۰	۰	۰	۰	۰	۰
فوریه	۲۰	۰	۰	۰	۰	۲۰
مارس	۲۲۰	۹۰	۰	۲۵	۰	۳۳۵
آوریل	۷۰۵	۱۴۸	۵۹	۳۹	۰	۹۵۱
می	۴۹۵	۲۷۲	۱۳۶	۷۰	۳۱	۱۰۰۴
ژوئن	۰	۴۱۵	۲۶۳	۱۵۰	۴۸	۸۷۶
جولای	۰	۴۹۸	۲۷۸	۲۱۰	۱۰۶	۱۰۹۲
اگوست	۰	۴۵۲	۲۰۰	۱۹۴	۱۲۱	۹۶۷
سپتامبر	۰	۳۳۸	۰	۱۴۳	۹۰	۵۷۱
اکتبر	۰	۱۹۲	۰	۸۹	۴۵	۳۲۶
نوامبر	۰	۰	۰	۰	۳۰	۳۰
دسامبر	۰	۰	۰	۰	۰	۰
کل	۱۴۴۰	۲۴۰۵	۹۳۶	۹۲۰	۴۷۱	۶۱۷۲

جدول ۹ نیاز خالص آبیاری الگوی کشت دشت مشهد بر سناریوی T + ۴
گندم: ۵۰٪، باغات: ۲۵٪، انواع صیفی: ۹٪، علوفه: ۸٪، چغندرقند: ۰٪ و سطح آیش: ۸٪

ماه	گندم	باغات	صیفی‌جات	علوفه	چغندرقند	کل
ژانویه	۰	۰	۰	۰	۰	۰
فوریه	۲۰	۰	۰	۰	۰	۲۰
مارس	۲۱۵	۹۰	۰	۲۸	۰	۳۳۳
آوریل	۷۳۰	۱۵۵	۴۷	۴۲	۰	۹۷۴
می	۹۸۵	۲۸۸	۱۰۷	۷۳	۰	۱۴۵۳
ژوئن	۸۵	۴۳۲	۲۰۶	۱۵۶	۰	۸۷۹
جولای	۰	۵۱۸	۲۱۸	۲۱۹	۰	۹۵۵
اگوست	۰	۴۷۵	۱۵۸	۲۰۲	۰	۸۳۵
سپتامبر	۰	۳۵۰	۰	۱۴۹	۰	۴۹۹
اکتبر	۰	۲۰۵	۰	۹۵	۰	۳۰۰
نوامبر	۰	۰	۰	۰	۰	۰
دسامبر	۰	۰	۰	۰	۰	۰
کل	۲۰۳۵	۲۵۱۳	۷۳۶	۹۶۴	۰	۶۲۴۸

جدول ۱۰ نیاز آبیاری دشت مشهد در سناریوی T + ۴ در الگوی کشت توصیه شده
گندم: ۵۰٪، باغات: ۲۵٪، انواع صیفی: ۱۲٪، علوفه: ۸٪، چغندرقند: ۳٪ و سطح آیش: ۲٪

ماه	گندم زودرس	باغات	صیفی‌جات	علوفه	چغندرقند	کل
ژانویه	۰	۰	۰	۰	۰	۰
فوریه	۲۰	۰	۰	۰	۰	۲۰
مارس	۲۳۵	۹۰	۶۲	۲۸	۰	۴۱۵
آوریل	۷۴۰	۱۵۵	۱۴۳	۴۲	۰	۱۰۸۰
می	۵۲۰	۲۸۸	۲۷۵	۷۳	۲۰	۱۱۷۶
ژوئن	۰	۴۳۲	۲۹۰	۱۵۶	۳۰	۹۰۸
جولای	۰	۵۱۸	۲۱۰	۲۱۹	۶۶	۱۰۱۳
اگوست	۰	۴۷۵	۰	۲۰۲	۷۶	۷۵۳
سپتامبر	۰	۳۵۰	۰	۱۴۹	۵۶	۵۵۵
اکتبر	۰	۲۰۵	۰	۹۵	۲۹	۳۲۹
نوامبر	۰	۰	۰	۰	۱۹	۱۹
دسامبر	۰	۰	۰	۰	۰	۰
کل	۱۵۱۵	۲۵۱۳	۹۸۰	۹۶۴	۲۹۶	۶۲۶۸

جدول ۱۱ نیاز آبی دشت مشهد با توجه به الگوی کشت توصیه شده در سناریوی T + ۴
گندم: ۵۰٪، باغات: ۲۵٪، انواع صیفی اصلاح شده: ۱۲٪، علوفه: ۸٪ و چغندرقند اصلاح شده: ۵٪

ماه	گندم زودرس	باغات	صیفی‌جات اصلاح شده	علوفه	چغندرقند اصلاح شده	کل
ژانویه	۰	۰	۰	۰	۰	۰
فوریه	۲۰	۰	۰	۰	۰	۲۰
مارس	۲۳۵	۹۰	۰	۲۸	۰	۳۵۳
آوریل	۷۴۰	۱۵۵	۴۱	۴۲	۰	۹۷۸
می	۵۲۰	۲۸۸	۱۳۶	۷۳	۱۷	۱۰۳۴
ژوئن	۰	۴۳۲	۲۷۲	۱۵۶	۴۹	۹۰۹
جولای	۰	۵۱۸	۲۸۴	۲۱۹	۱۱۶	۱۱۳۷
اگوست	۰	۴۷۵	۸۶	۲۰۲	۱۲۶	۸۸۹
سپتامبر	۰	۳۵۰	۰	۱۴۹	۸۷	۵۸۶
اکتبر	۰	۲۰۵	۰	۹۵	۲۸	۳۲۸
نوامبر	۰	۰	۰	۰	۰	۰
دسامبر	۰	۰	۰	۰	۰	۰
کل	۱۵۱۵	۲۵۱۳	۸۱۹	۹۶۴	۴۲۳	۶۲۳۴

جدول ۱۲ نیاز آبیاری دشت مشهد با توجه به الگوی کشت توصیه شده در سناریوی ۴ + T
گندم: ۵۰٪، باغات: ۲۵٪، انواع صیفی: ۵٪، علوفه: ۸٪، چغندرقند: ۰٪ و سطح آیش: ۱۲٪

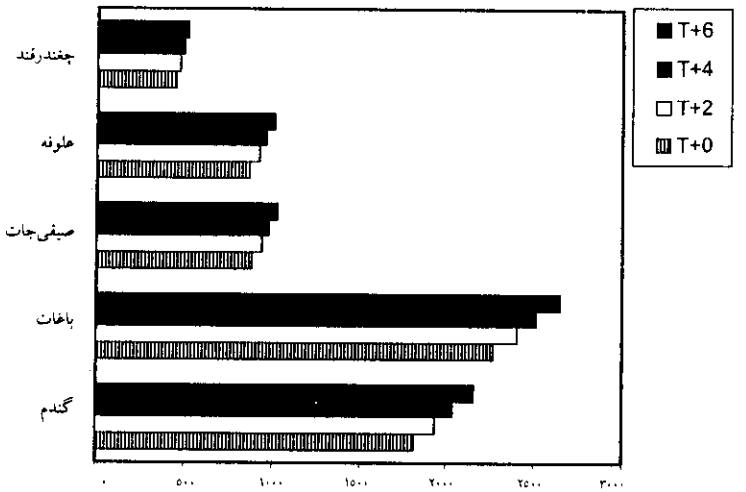
ماه	گندم	باغات	صیفی‌جات	علوفه	چغندرقند	کل
ژانویه	۰	۰	۰	۰	۰	۰
فوریه	۲۵	۰	۰	۰	۰	۲۵
مارس	۲۲۵	۱۰۰	۰	۲۹	۰	۳۵۴
آوریل	۷۸۰	۱۶۵	۲۸	۴۴	۰	۱۰۱۷
می	۱۰۳۵	۳۰۲	۶۲	۷۷	۰	۱۴۷۶
ژوئن	۹۰	۴۵۰	۱۱۹	۱۶۲	۰	۸۲۱
جولای	۰	۵۴۵	۱۲۸	۲۳۱	۰	۹۰۴
اگوست	۰	۴۹۵	۹۲	۲۱۱	۰	۷۹۸
سپتامبر	۰	۳۷۲	۰	۱۵۷	۰	۵۲۹
اکتبر	۰	۲۱۸	۰	۱۰۱	۰	۳۱۹
نوامبر	۰	۰	۰	۰	۰	۰
دسامبر	۰	۰	۰	۰	۰	۰
کل	۲۱۵۵	۲۶۴۷	۴۲۹	۱۰۱۲	۰	۶۲۴۳

جدول ۱۳ نیاز آبیاری دشت مشهد با توجه به الگوی کشت توصیه شده در سناریوی ۶ + T
گندم: ۵۰٪، باغات: ۲۵٪، انواع صیفی: ۱۱٪، علوفه: ۸٪، چغندرقند: ۰٪ و سطح آیش: ۶٪

ماه	گندم زودرس	باغات	صیفی‌جات	علوفه	چغندرقند	کل
ژانویه	۰	۰	۰	۰	۰	۰
فوریه	۲۰	۰	۰	۰	۰	۲۰
مارس	۲۴۰	۱۰۰	۰	۲۹	۰	۳۶۹
آوریل	۷۹۵	۱۶۵	۶۰	۴۴	۰	۱۰۶۴
می	۵۵۰	۳۰۲	۱۳۸	۷۷	۰	۱۰۶۷
ژوئن	۰	۴۵۰	۲۶۲	۱۶۲	۰	۸۷۴
جولای	۰	۵۴۵	۲۸۱	۲۳۱	۰	۱۰۵۷
اگوست	۰	۴۹۵	۲۰۱	۲۱۱	۰	۹۰۷
سپتامبر	۰	۳۷۲	۰	۱۵۷	۰	۵۹۲
اکتبر	۰	۲۱۸	۰	۱۰۱	۰	۳۱۹
نوامبر	۰	۰	۰	۰	۰	۰
دسامبر	۰	۰	۰	۰	۰	۰
کل	۱۶۰۵	۲۶۴۷	۹۴۲	۱۰۱۲	۰	۶۲۰۶

جدول ۱۴ نیاز آبی دشت مشهد با توجه به الگوی کشت توصیه شده در سناریوی ۶ + T
گندم: ۵۰٪، باغات: ۲۵٪، انواع صیفی اصلاح شده: ۱۲٪، علوفه: ۸٪، چغندرقند: ۱٪ و سطح آیش: ۴٪

ماه	گندم زودرس	باغات	صیفی‌جات اصلاح شده	علوفه	چغندرقند	کل
ژانویه	۰	۰	۰	۰	۰	۰
فوریه	۲۰	۰	۰	۰	۰	۲۰
مارس	۲۴۰	۱۰۰	۰	۲۹	۰	۳۶۹
آوریل	۷۹۵	۱۶۵	۴۴	۴۴	۰	۱۰۴۸
می	۵۵۰	۳۰۲	۱۴۳	۷۷	۷	۱۰۷۹
ژوئن	۰	۴۵۰	۲۸۳	۱۶۲	۱۰	۹۰۵
جولای	۰	۵۴۵	۳۰۰	۲۳۱	۲۳	۱۰۹۹
اگوست	۰	۴۹۵	۹۰	۲۱۱	۲۶	۸۲۲
سپتامبر	۰	۳۷۲	۰	۱۵۷	۲۰	۵۴۹
اکتبر	۰	۲۱۸	۰	۱۰۱	۱۰	۳۲۹
نوامبر	۰	۰	۰	۰	۷	۷
دسامبر	۰	۰	۰	۰	۰	۰
کل	۱۶۰۵	۲۶۴۷	۹۶۰	۱۰۱۲	۱۰۳	۶۲۲۷



شکل ۱ نیاز آبی سالانهٔ محصولات دشت مشهد بر حسب متر مکعب با توجه به الگو و تراکم کشت در هر هکتار

پی‌نوشت

1- Kellogg, 1988
2- OTA, 1993
3- IPCC, 1992
4- Semaika and Rady, 1993
5- Mitchell, 1989
6- Ragab, 2000

منابع و مآخذ

۱- شرکت سهامی آب منطقه ای خراسان، ۱۳۸۱. اداره کل امور آب استان، امور حفاظت و مشترکین منابع آب، «گزارش تعیین وضعیت آب زیرزمینی دشت مشهد»، خرداد ۱۳۸۱.

2- International Panel on Climate Change (IPCC), 1992. *Climate change*, Report prepared by working group I, Cambridge, England.

3- Kellogg, W. W., 1988. *Human Impact on Climate the evolution of awareness*, Societal responses to regional climate change edited by M.H. Glantz, Boulder Co. West view press.

4- Mitchell, A. 1989. *Greenhouse and climate change*, Review of geophysics, vol. 27.

5- Office of technology assessment (OTA), 1993. *Preparing for an uncertain climate*-vol. 1, OTA-0-567. Washington D.C., Government printing office.

6- Ragab, R. 2000. *Climate change and water resources management in the arid region.* Institute of hydrology, NERC, Wallingford, Oxon, Ox10, 8BB, UK.

7- Semaika, M.R. and M.A. Rady, 1993. *Potential effect of global warming on evapotranspiration in Egypt. Water and sustainable development in twenty first century.* Oxford Univ. press. Delhi, India.

8- Temesgen, B., Allen, R. G., and D. T. Jensen, 1999. "Adjusting temperature parameters to reflect well-water conditions". J. Irri. Dra. Eng. *ASCE*, Jan/Feb/1999.