

ارزیابی شرایط تغییر اقلیم و اثر آن بر روی تقویم زراعی کشت گندم در مشهد

سید علی اصغر مروت، کارشناس ارشد زراعت دانشگاه آزاد اسلامی مشهد
حسین ابراهیمی، عضو هیأت علمی دانشگاه آزاد اسلامی مشهد
کیومرث بخش کلارستاقی*، عضو هیأت علمی دانشگاه آزاد اسلامی مشهد

چکیده

با آغاز انقلاب صنعتی از سال ۱۸۳۰ میلادی و نیاز بیش از حد بشر به انرژی و مصرف سوخت های فسیلی، افزایش گازهای گلخانه ای در جو زمین نیز حالت صعودی به خود گرفت. این افزایش در میزان گازهای گلخانه ای خود منجر به ایجاد پدیده ای تحت عنوان پدیده اثر گلخانه ای گردید. پدیده اثر گلخانه ای دمای زمین را بطور نامتعادلی بالا برد و باعث افزایش روند تغییرات اقلیمی گردید. به منظور ارزیابی شرایط تغییر اقلیم در شهر مشهد، خروجی های مدل گردش عمومی جو ECHO-G سناریوی A1 را بوسیله مدل آماری LARS-WG ریز مقیاس نمودیم. در این مطالعه سال های ۱۹۷۶-۲۰۰۵ میلادی به عنوان دوره گذشته (دوره آماری) و سال های ۲۰۱۰-۲۰۳۹ میلادی به عنوان دوره آینده (دوره تغییر اقلیم) انتخاب گردیدند. نتایج حاصل از اجرای مدل نشاندهنده این بود که در دوره آینده نسبت به دوره آماری، دمای شهر مشهد تغییری نمی یابد ولی بارش ها در این شهر به میزان ۶/۱٪ افزایش می یابد. سپس با استفاده از فرمول درجه روزهای رشد (GDD) و داده های خروجی مدل برای دوره ی آینده به تنظیم تقویم زراعی و تعیین مناسب ترین تاریخ کاشت گیاه گندم در شهر مشهد پرداختیم. بر این اساس در سال های زراعی ۱۳۸۹ تا ۱۴۱۸ بهترین تاریخ کاشت گندم در مشهد اواسط آبان ماه تعیین گردید و تاریخ وقوع دیگر مراحل فنولوژیک گندم به این صورت بدست آمد که جوانه زنی اوایل آذر، پنجه زنی اوایل اسفند، گلدهی اواسط اردیبهشت و تاریخ رسیدگی و برداشت نیمه دوم خرداد ماه می باشد.

واژه های کلیدی: درجه روز رشد، مدل ECHO-G، مدل LARS-WG، مدل های گردش عمومی جو

* نویسنده مسئول: E-mail: Bakhsh0525@mshdiau.ac.ir

مقدمه

رشد فزاینده جمعیت جهان و افزایش تقاضا برای مواد غذایی در دهه های اخیر موجب گردیده است که محققان سعی در معرفی و ایجاد شرایط برای تولید محصولات کشاورزی در قالب کشاورزی پایدار بکنند. پایداری در تولید به عوامل گوناگونی وابسته است. یکی از مهمترین عواملی که پایداری در تولید را به شدت تحت تاثیر قرار می دهد و باعث افزایش یا کاهش عملکرد محصولات می گردد، عوامل محیطی بویژه عوامل اقلیمی می باشد. در این راستا پدیده ای که در سال های اخیر به طور جدی مورد بحث و مطالعه محققان و دانشمندان قرار گرفته است، پدیده ای بنام "تغییر اقلیم" می باشد که همانطور که گفته شد می تواند اثرات سوء و یا مفیدی بر تولید محصولات کشاورزی داشته باشد. حال سوال اینست که پدیده تغییر اقلیم چیست و عوامل ایجاد کننده این پدیده چه می باشد؟ با آغاز انقلاب صنعتی در سال ۱۸۳۰ میلادی و رشد روز افزون دانش بشری، تغییرات گوناگونی نیز در زندگی انسانها رخ داده است. نیاز بشر به انرژی و مصرف انواع سوختهای فسیلی مانند زغال سنگ، نفت و گاز طبیعی باعث افزایش شدید موادی مانند دی اکسید کربن و بخار آب در جو شده است. همچنین جمعیت کره زمین نیز روز به روز افزایش پیدا کرده و این افزایش جمعیت نیز خود پیامدهای گوناگونی به همراه داشته است. این تغییرات همگی باعث آن شده است که شرایط آب و هوایی و جو زمین دستخوش دگرگونی هایی شود (۲). پدیده تغییر اقلیم که عمدتاً مربوط به افزایش گازهای گلخانه ای در جو است از نمونه های بارز در این زمینه است. علت اصلی این پدیده، رهاش بیش از حد گازهای گلخانه ای در جو است که خود باعث به وجود آمدن بسیاری از مشکلات کنونی مانند گرم شدن ناگهانی آب و هوا، بالا آمدن سطح آب دریاها و بارش رگبارهای سیل آسا در بعضی از مناطق زمین است (۲۶).

گازهای گلخانه ای که در این پدیده شرکت می کنند عبارتند از: بخار آب (H_2O)، دی اکسید کربن (CO_2)، اکسید نیتروژن (N_2O)، متان (CH_4)، ازن جو پایین (O_3)، کلروفلوئوروکربن ها (CFCs)، هیدروفلوئوروکربن ها (HFCs) و پرفلوئوروکربن ها (PFCs). در این بین دی اکسید کربن بیشترین تاثیر را در گرم شدن دمای کره زمین دارد (۳۱). پیش بینی شرایط اقلیمی برای سال های آینده، یعنی اینکه بدانیم وضعیت آب و هوایی مناطق مختلف جهان در سال های آینده چگونه تغییر خواهد کرد. پس باید بتوان پارامترهایی را که بطور غیر مستقیم در تغییر وضعیت آب و هوایی مؤثر می باشند را نیز پیش بینی کنیم. بدین منظور مدل های گردش عمومی جو (General Circulation Models) ابداع گردیدند. یک مدل اقلیمی شامل چندین مدل کوچک می باشد. مدل های اقلیمی بحث جدیدی است که در حدود ۳۰ سال از عمر آن می گذرد. هر مدل اقلیمی تلاش می کند تا با استفاده از یکسری از سناریوهای تعریف شده، فرآیندهایی که روی اقلیم تاثیر می گذارند را شبیه سازی کرده و بر اساس آن برای سال های آینده پیش بینی دهد (۱۸). این مدل ها خروجی هایی دارند، اما یک ایراد بسیار بزرگ بر این مدل ها وارد می باشد

و آن اینست که این مدل ها برای مقیاس های خیلی بزرگ (۳۰۰ کیلومتر در ۳۰۰ کیلومتر) خروجی ایجاد می کنند. برای رفع این نقیصه خروجی این مدل ها را بوسیله مدل های آماری مانند LARS-WG و یا مدل های دینامیکی برای ابعاد کوچکتر (۳۰ کیلومتر در ۳۰ کیلومتر) ریز مقیاس می کنند (۱). برای بررسی تغییر اقلیم آینده به سناریو های اثرات اقلیمی آینده نیاز است. سناریو های اقلیمی نتایج قابل قبول و سازگاری برای اقلیم آتی هستند، که بر اساس اثرات حیات انسانی بر اقلیم بنا شده اند. تمام سناریو های اقلیمی با مدل های GCM شبیه سازی شده اند این پیش بینی های اقلیمی بر مبنای تغییرات انتشار و غلظت گازهای گلخانه ای و دیگر آلاینده های جوی (دی اکسید سولفور و...) با توجه به فرضیات اجتماعی و اقتصادی و گسترش و توسعه تکنولوژی آینده می باشند. در این رابطه هیات بین الدول تغییر اقلیم (IPCC) چهار سناریو پایه با نامهای A1، A2، B1 و B2 را با فرضیات متفاوت ایجاد کرده است. سناریوی بکار رفته در این مقاله سناریوی A1 می باشد و علت انتخاب آن اینست که در این سناریو بدترین حالت را در انتشار و غلظت گاز CO₂ داریم. در اینحالت در سال ۲۱۰۰ میلادی میزان گاز CO₂ به ۱۱۰۰ PPM و سه برابر مقدار کنونی می رسد. میانگین مصرف سرانه انرژی در جهان به ۷/۸ تن معادل نفت (۴/۹ برابر اکنون) و مصرف سوخت فسیلی جهان به ۶ برابر امروز افزایش می یابد. در این سناریو برای توسعه اقتصادی فرض بر این است که رشد بسیار سریع اقتصادی و معرفی صنایع جدید و کارآمد اتفاق خواهد افتاد. و در مورد جمعیت نیز فرض بر آن گذاشته شده است که افزایش یکنواخت جمعیت تا سال ۲۰۵۰ (۹ بیلیون نفر) و کاهش بعد از آن تا سال ۲۱۰۰ رخ خواهد داد (۱۴ و ۱۵). تا کنون تعدادی پژوهش مرتبط با روش های ریز مقیاس نمایی آماری که مربوط به شاخه خاصی با نام Weather Generator در کشورمان انجام شده است. بابائیان و همکاران (۱)، با استفاده از تکنیک ریز مقیاس نمایی آماری، خروجی های مدل گردش عمومی جو ECHO-G سناریوی انتشار A2، به ارزیابی شرایط تغییر اقلیم بر روی چند ایستگاه سینوپتیک سطح استان خراسان رضوی پرداخته و به این نتیجه رسیدند که در افق ۱۴۰۰ شمسی بارش ها حدود ۱۰٪ کاهش و میانگین دمای سالانه بین ۱/۵ تا ۳ درجه افزایش می یابد. در مطالعه صورت گرفته توسط محققین پژوهشکده اقلیم شناسی خراسان رضوی، از داده های مدل گردش عمومی جو ECHO-G سناریوی A1 برای ارزیابی تغییرات اقلیمی کشور در افق ۱۴۰۰ (۲۰۳۹-۲۰۱۰) و بر ۴۲ ایستگاه سینوپتیک کشور با استفاده از روش ریز مقیاس نمایی LARS-WG استفاده شد. نتایج این مطالعه نشاندهنده این بود که بطورکلی در کل کشور بارش ها به میزان ۹٪ کاهش و میانگین دما در این دوره بطور متوسط ۰/۵ درجه سانتی گراد در مقایسه با دوره آماری ۲۰۰۵-۱۹۷۶ افزایش می یابد (۶). حبیبی و همکاران نیز با بکارگیری مدل MAGICC SCENGEN و داده های چندین مدل GCM نتایج این مدل ها را بر روی ایران ریز مقیاس نموده و وضعیت بارش و دمای کشور را تا سال ۲۱۰۰ میلادی با استفاده از دو مدل HadCM₂ و ECHAM₄ مدلسازی نمودند. نتایج حاصل از اجرای

مدل با استفاده از داده های مدل HadCM₂، نشاندهنده این بود که در دهه های آینده میانگین بارش در کشور روند کاهشی و دما روند افزایشی دارد. نتایج در مورد اجرای مدل با استفاده از داده های ECHAM4 نیز حاکی از این بود که در کل کشور بارشها و دما هر دو روند افزایشی خواهند داشت (۷). بعد از اینکه خروجی مدل های گردش عمومی جو به وسیله مدل های آماری و یا دینامیکی ریز مقیاس شدند، از این خروجی ها که به صورت یکسری داده های خام هواشناسی می باشند استفاده های زیادی می شود. این خروجی ها کاربردهای فراوانی دارد، که یکی از این کاربردها بررسی و پیش بینی شرایط تغییر اقلیم در یک منطقه بر روی محصولات کشاورزی آن می باشد. در خصوص اثر تغییر اقلیم بر کشاورزی نیز مطالعات زیادی در ایران و جهان انجام گرفته است. در قاره ی آفریقا، گرم شدن جهانی احتمالاً بطور منفی تولید محصولات غذایی اصلی (برنج، گندم، ذرت، لوبیا و سیب زمینی) را تغییر می دهد. گندم و ذرت که با عرض های جنب حاره سازگار شده، ممکن است کاهش در محصول را در نتیجه ی دمای بالا متحمل شود و برنج ممکن است در نتیجه ی دماهای بالاتر در منطقه از بین برود (۲۱ و ۲۵). مطالعات انجام گرفته در اروپا نشاندهنده این است که بر اثر گرمایش آب و هوایی نواحی کشت غلات (گندم و ذرت) به طرف قسمت های شمالی گسترش خواهد یافت (۱۱). برای گندم افزونی دما منجر به کاهش بازده و افزایش دی اکسید کربن سبب افزایش بازده گندم خواهد شد (۱۳). بررسی اثرات تغییر اقلیم در استرالیا نشان می دهد که افزایش قابل توجهی در تولید گندم (در برخی از نقاط تا ۶۵٪) رخ خواهد داد (۲۴). بررسیهای انجام گرفته در آمریکا نشان می دهند که عرض های بالاتر آمریکای شمالی متحمل گرمایش شده اند که این عامل در فصل رویش در این ناحیه تأثیر گذاشته است و باعث تغییر عرضهای جغرافیایی برای کشت محصولات زراعی می شوند و احتمالاً به طرف نواحی شمالی پیشروی می کنند (۹، ۲۰ و ۲۸). بررسی ها در آسیا نشان می دهند که بطور کلی مناطقی در عرض های میانه و بالا افزایش هایی درباره محصول را تجربه خواهند کرد، در حالی که بار دهی محصولات در مناطقی در عرضهای پایین تر بطور عمومی کاهش خواهد یافت (۱۷). در ایران نیز نصیری و همکاران به این نتیجه رسیدند که طول فصل رشد گندم در شرایط تغییر اقلیم کاهش پیدا خواهد کرد. همچنین ایشان کاهش عملکرد گندم دیم در مقیاس ملی برای سالهای ۲۰۲۵ و ۲۰۵۰ میلادی به ترتیب ۱۳.۸ و ۲۰.۷٪ پیش بینی کرده اند (۲۳). کوچکی و همکاران دریافتند که در شرایط تغییر اقلیم عملکرد گندم دیم سرداری کاهش قابل توجهی حدود ۱۸٪ خواهد داشت. کوچکی و همکاران در مطالعه دیگری دریافتند که در نهایت الگوی گرمایش باعث خواهد شد تا فراوانی درجه حرارت های بالاتر از ۳۰ درجه سانتیگراد در مرحله گلدهی و گرده افشانی گندم در اغلب مناطق تولید گندم کشور در مقایسه با شرایط فعلی بطور قابل ملاحظه ای افزایش یابد (۱۶). همانطور که گفته شد تغییر اقلیم بر روی کشاورزی تأثیرات زیادی دارد. برای تعدیل این تأثیرات باید راهکارهایی را اندیشید. یکی از راهکارهای مهم جهت تعدیل شرایط تغییر

اقلیم سازگاری با این شرایط می باشد. در مناطق مختلف دنیا راهکارهایی را جهت مقابله و سازگاری با شرایط تغییر اقلیم انجام می دهند. یکی از این راهکارها تغییر تاریخ کشت محصولات می باشد. نصیری و کوچکی نشان دادند که تغییر تاریخ کاشت و اصلاح ارقام جدید با مقاومت بیشتر به خشکی و درجه حرارت بالا، کاهش عملکرد گندم دیم کشور را در شرایط اقلیمی سالهای ۲۰۲۵ و ۲۰۵۰ میلادی به ترتیب ۱۳ و ۲۱٪ بهبود خواهد بخشید (۲۲). لذا به منظور نیل به این هدف می بایست تقویم زراعی مناسبی را برای هر محصول در منطقه تدوین کرد و بر اساس آن کشت انجام گیرد.

مواد و روش ها

این مطالعه در سال ۱۳۸۸ و به منظور ارزیابی شرایط تغییر اقلیم و تعیین مناسب ترین تقویم زراعی کشت گندم در شهر مشهد انجام گردید. بخش عمده و مهم این مطالعه برگرفته از آمار و اطلاعات دیده بانیهای انجام گرفته در ایستگاه سینوپتیک مشهد با عرض جغرافیایی ۳۶,۲۸ شمالی و طول جغرافیایی ۵۹,۶۰ جنوبی و ارتفاع ۹۹۹/۲ متر از سطح دریا می باشد. برای بررسی شرایط تغییر اقلیم در شهر مشهد باید یک دوره آماری و یک دوره به عنوان دوره تغییر اقلیم تعیین گردد. لذا دوره آماری از سالهای ۱۹۷۶ تا ۲۰۰۵ میلادی و دوره تغییر اقلیم از سال های ۲۰۱۰ تا ۲۰۳۹ انتخاب گردید. آمار مربوط به دیده بانیهای انجام گرفته ایستگاه سینوپتیک مشهد (سال ۱۹۷۶-۲۰۰۵) از بانک آمار و اطلاعات سازمان هواشناسی کشور دریافت گردید. داده های برداشت شده از این آمار شامل: دمای حداکثر و حداقل روزانه، بارش روزانه و تابش (ساعت آفتابی) بود.

از این آمار در مراحل بعد استفاده های زیادی می شود، به عنوان مثال: به منظور داده های ورودی مدل های انتخاب شده، مقایسه داده های خروجی مدل LARS-WG برای دوره گذشته و دوره آماری برای پی بردن به اینکه آیا بین این دو همبستگی مناسبی وجود دارد و مقایسه دوره ی آماری (آمار واقعی) و خروجی مدل LARS-WG برای دوره آینده (سال ۲۰۱۰-۲۰۳۹) و تعیین شرایط و پارامترهای تغییر اقلیم. در این تحقیق با استفاده از تکنیک ریز مقیاس نمایی آماری، خروجی های مدل گردش عمومی جو ECHO-G که هم اکنون در دانشگاه هامبورگ آلمان و مرکز تحقیقات سازمان هواشناسی کشور کره جنوبی مورد استفاده قرار می گیرد (۶)، برای دوره زمانی ۲۰۱۰ تا ۲۰۳۹ میلادی ریز مقیاس گردیدند و نتایج آن بر روی ایستگاه مورد مطالعه تجزیه و تحلیل می گردد. خروجی مدل شامل داده های بارش، دمای حداکثر، دمای حداقل و تابش بود. سناریوی فرضی این مطالعه در مدل ECHO-G سناریوی انتشار A1 می باشد. مدل ریز مقیاس نما نیز مدل LARS-WG انتخاب گردید. این مدل از مدل های مولد داده های هواشناسی یا Weather Generator (WG) می باشند. این مدلها ابزاری برای پیش بینی وضع هوا یا اقلیم نیستند، بلکه آنها برای بررسی اثرات و ارزیابی اقلیم دهه های آتی طراحی شده اند. این مدل ها

قادر به تولید داده های روزانه از خروجی ماهانه مدل های گردش عمومی جو هستند. با داشتن داده های روزانه می توان مطالعات مفیدی روی میزان و دوره برگشت بارش های سیل آسا و سایر مطالعات مرتبط با مباحث هیدرولوژی و همچنین کشاورزی را انجام داد. هر چند ممکن است بایاس روزانه مدل های Weather Generator از صحت قابل قبولی برخوردار نباشند، اما مشخصه آماری آنها با آنچه که در واقعیت رخ می دهد، بسیار نزدیک است (۲۹ و ۳۰).

نسخه اولیه LARS-WG در بوداپست طی سال ۱۹۹۰ به عنوان بخشی از پروژه ارزیابی ریسک های کشاورزی در کشور مجارستان ابداع شد (۲۷). این مدل هم اکنون بطور گسترده ای در کشور انگلیس مورد استفاده قرار می گیرد. یک مؤسسه تحقیقات کشاورزی با عنوان LARS در انگلیس تدوین این مدل (نسخه جدید) را به عهده داشته است. در نسخه اولیه این مدل برای هر ایستگاه بایستی بطور مجزا اجراء می شد اما نسخه های جدیدتر آن می توانند پهنه بندی کل منطقه یا کشور مورد مطالعه را نیز انجام دهند. بعد از انتخاب مدل ها و تبدیل داده های خروجی مدل ECHO-G توسط مدل LARS-WG برای شهر مشهد به ترتیب مراحل ذیل بررسی های اصلی این پژوهش انجام گردید:

صحت سنجی مدل LARS-WG بر روی ایستگاه مشهد

هدف از این بخش ارزیابی مدل LARS-WG بر روی ایستگاه مشهد می باشد. توانمندی مدل مولد داده های آب و هوایی اثرات مستقیمی بر برآورد و ارزیابی تغییر اقلیم در شهر مشهد دارد. بنابراین توانمندی این مدل با استفاده از ۳۰ سال داده ی دیده بانی شده در این ایستگاه انجام می گیرد. در این مدل از ۴ پارامتر دمای کمینه و بیشینه روزانه، بارش و تابش (ساعت آفتابی) استفاده شد. ارزیابی مدل LARS-WG از طریق مقایسه داده های دوره ی آماری و داده های تولید شده توسط مدل انجام می شود. مقایسه داده های دیده بانی شده و تولید شده توسط مدل به دو روش انجام شد: ۱- از طریق نقشه ها و نمودارها ۲- مقایسه آماری (۱ و ۶). داده های دیده بانی و مصنوعی برای ۴ پارامتر مورد نیاز و خصوصیات آماری آنها شامل میانگین ماهانه، انحراف معیار، خطاهای نسبی مقادیر متوسط، خطاهای نسبی، انحراف معیار و میزان همبستگی و دیگر تست ها برای ارزیابی خروجی های مدل LARS-WG تهیه شدند.

ارزیابی تغییر اقلیم شهر مشهد برای دوره ۲۰۱۰ تا ۲۰۳۹ میلادی

در مرحله قبل توانمندی مدل LARS-WG در مدل سازی اقلیم گذشته ایستگاه سینوپتیک مشهد در دوره ۳۰ ساله ۱۹۷۶ تا ۲۰۰۵ میلادی مورد بررسی و تجزیه و تحلیل قرار گرفت. سپس با تدوین یک سناریوی تغییر اقلیم برای ایستگاه مشهد، اقلیم دوره گذشته این ایستگاه را بر اساس این سناریو پایشیده^۱ می نمایم (۱). سناریوی تغییر اقلیم از مقایسه میانگین خروجی مدل GCM در گذشته با آینده و همچنین

^۱ - Perturbation

داده های واقعی ایستگاه مشهد به دست می آید. پس از آن موضوع تغییر اقلیم را روی پارامترهای دمای میانگین و بارش میانگین سالانه مورد ارزیابی قرار می دهیم.

بررسی شرایط کشت گندم در دوره تغییر اقلیم با استفاده از تقویم زراعی و تنظیم تاریخ کشت
بعد از انجام مراحل هواشناسی و تعیین پارامترهای تغییر اقلیم در شهر مشهد، با استفاده از داده های خروجی مدل LARS-WG به بررسی چگونگی تاثیر شرایط تغییر اقلیم بر روی کشت گیاه گندم در دوره آینده پرداختیم.

برای اینکار ابتدا تاریخ مقادیر روزانه مدل را از میلادی به شمسی تغییر می دهیم تا ارزیابی بر روی سال زراعی (سالهای زراعی ۱۳۸۹ تا ۱۴۱۸ شمسی) انجام پذیرد. از این مرحله به بعد تمامی کار انجام گرفته در نرم افزار Excel انجام گرفت. همانطور که گفته شد یکی از راهکارهای اساسی و مهم در رابطه با مقابله با تغییرات اقلیمی هماهنگی و سازگاری با آن می باشد. در این مطالعه سعی شده است تا با تعیین بهترین تاریخ کاشت و تقویم زراعی مناسب کشت گیاه گندم در مشهد به نوعی با این شرایط به سازگاری برسیم. لذا با توجه به موارد مطروحه بالا تقویم زراعی کشت گندم در دوره ی آینده (سال زراعی ۱۳۸۹ تا ۱۴۱۸) تدوین گردید. این تقویم زراعی بر اساس درجه روزهای رشد (GDD)^۱ تنظیم گردید.

محاسبه درجه روز رشد (GDD)

درجه روز رشد برای فاصله سبز شدن تا برداشت با استفاده از فرمول زیر محاسبه شد:

$$GDD = \sum_{i=1}^n \left(\left[\frac{T_{max} - T_{min}}{2} \right] - T_b \right)$$

که در آن Tmax و Tmin به ترتیب دمای حداکثر و حداقل روزانه، Tb دمای پایه و n تعداد روز از یک مرحله نموی تا مرحله دیگر در نظر گرفته شد. در روش رایج برای گندم Tmax بالاتر از ۲۵ درجه سانتی گراد برابر با ۲۵ درجه سانتی گراد و Tmin پایین تر از دمای پایه، برابر با دمای پایه در نظر گرفته شد. دمای پایه برای ارقام گندم صفر درجه سانتی گراد در نظر گرفته شد (۳۲، ۱۹، ۱۲، ۱۰، ۸).

تقسیم بندی مراحل فنولوژیک گندم جهت محاسبه درجه روز رشد

برای محاسبه GDD و تنظیم تقویم زراعی در وحله اول لازم است تا مراحل فنولوژیک گندم را تعیین نماییم. در این مطالعه بطور کلی مراحل فنولوژیک گندم به مرحله کاشت تا تولید جوانه، مرحله جوانه زدن تا تولید پنجه، مرحله پنجه زدن تا گل دادن و مرحله گل دادن تا رسیدن کامل و برداشت تقسیم بندی گردید.

مقدار حرارت مورد نیاز در مورد گندم پاییزه از کاشت تا رسیدن کامل برابر با ۲۲۰۰ تا ۲۳۰۰ درجه سانتی‌گراد و برای مراحل ذکر شده به اینصورت است که از کاشت تا جوانه زنی در حدود ۱۰۰ تا ۱۵۰ درجه سانتی‌گراد، از جوانه زنی تا پنجه زنی در حدود ۴۰۰ تا ۵۰۰ درجه سانتی‌گراد، از پنجه زنی تا گلدهی در حدود ۸۰۰ تا ۸۵۰ درجه سانتی‌گراد و از گلدهی تا برداشت در حدود ۷۰۰ درجه سانتی‌گراد می باشد (۳).

در این تقویم رعایت نکات ذیل ضروری می باشد:

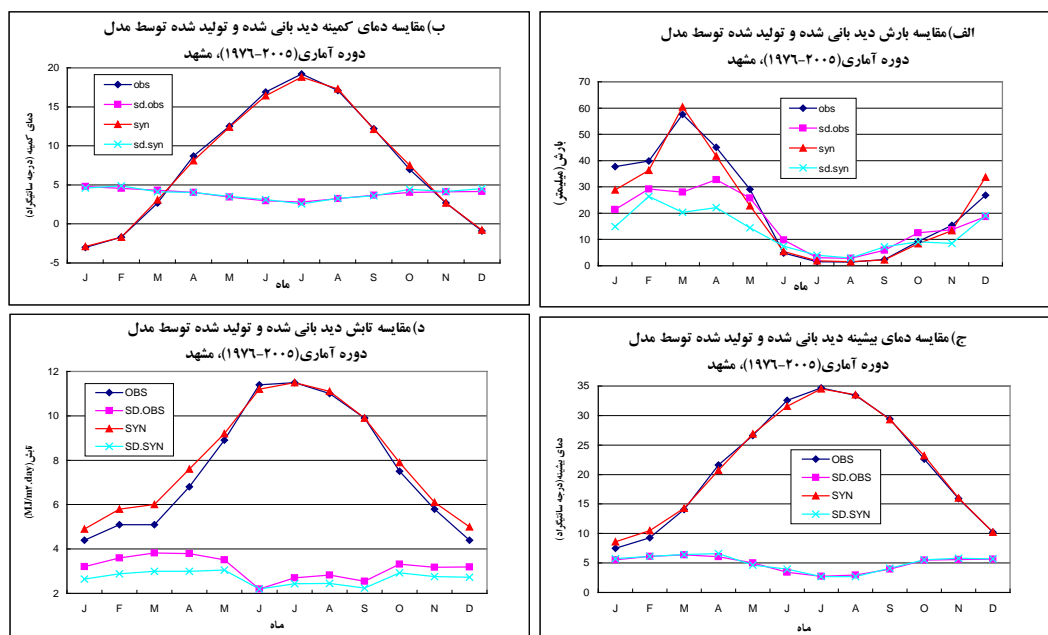
تعیین تاریخ کاشت مناسب

بهترین زمان کشت گندم های پاییزه وقتی است که گرمای تابستان به کلی اتمام یافته باشد و سرمای زمستان نیز شروع نشده باشد، احتمال شروع بارندگی ها باشد و زمان کاهش دمای هوا فرا رسیده باشد. گندم در دمای ۳ تا ۵ درجه سانتی‌گراد جوانه می زند، در دمای ۱۲ تا ۱۵ درجه سانتی‌گراد به خوبی جوانه می زند و به طور عادی به ساقه می رود، و بالاترین دما برای جوانه زنی ۲۵ تا ۳۰ درجه سانتی‌گراد می باشد. در دمای ۴- تا ۵- به طور کلی جوانه زنی متوقف می گردد. بهترین دما برای پنجه زنی ۱۰ تا ۱۲ درجه سانتی‌گراد می باشد. دمای ۱۰- تا ۱۷- را به خوبی تحمل می کند. حتی می تواند دمای ۳۵- را به شرط ماندگاری کم تحمل کند. سنبله و گلدهی گندم در دمای ۱۸ تا ۲۴ درجه سانتی‌گراد به خوبی انجام می گیرد. رسیدگی دانه در دمای ۲۰ تا ۲۵ درجه سانتی‌گراد به خوبی انجام می گیرد. (۳، ۴ و ۵).

نتایج و بحث

تجزیه و تحلیل نتایج داده های مدل و دیده بانی

دراستگاه مشهد مدل‌سازی دمای کمینه و بیشینه کاملاً با داده‌های دیدبانی شده مطابقت دارند. در مدل‌سازی تابش بیشترین اختلاف بین مقدار شبیه سازی شده و واقعی مربوط به ماه مارس است. مدل‌سازی انحراف معیار تابش برای تمامی ماه‌های سال کمتر از داده‌های دیدبانی می‌باشد. اما مدل‌سازی بارش در ماه‌های ژانویه و دسامبر دارای ضعف نسبی بوده به طوری که مقدار مدل‌سازی در ژانویه ۸/۹ میلی‌متر کمتر از مقدار دیدبانی و در دسامبر ۶/۹ میلی‌متر بیشتر از داده‌های دیدبانی شده است. با در نظر گرفتن آزمون t، اختلاف بین مقدار مدل‌سازی شده و مقدار واقعی آن در ماه ژانویه در سطح ۱٪ و در دسامبر در سطح ۵٪ معنی دار نیست. بنابراین مقادیر مدل شده قابل قبول هستند. برای سایر ماه‌ها بارش مدل‌سازی شده با داده‌های واقعی تطابق خوبی دارند. انحراف معیار ماه‌های ژانویه تا ژوئیه همچنین در ماه‌های اکتبر و نوامبر کمتر از نرمال است. در حالیکه مدل‌سازی انحراف معیار ماه‌های سپتامبر، دسامبر و ژوئیه بیشتر از داده‌های مشاهداتی است.



شکل ۱- مقایسه مقادیر مدل شده و دیدبانی برای پارامترهای الف: بارش، ب: دمای کمینه، ج: دمای بیشینه و د: تابش در ایستگاه سینوپتیک مشهد برای دوره ۱۹۷۶-۲۰۰۵

تحلیل کلی توانمندی مدل LARS-WG

با تحلیل آماری نتایج مدلسازی ایستگاه سینوپتیک هواشناسی شهر مشهد ملاحظه می شود که توانمندی مدل LARS-WG برای مدلسازی دماهای بیشینه و کمینه و انحراف معیار آنها کاملاً در سطح ۰.۵٪ قابل قبول هستند. مدلسازی بارش ماهانه و انحراف معیار آن هم در سطح اعتماد مورد اشاره قابل قبول است. انحراف معیار مقادیر مدل شده اغلب کمتر از مقادیر دیدبانی شده هستند. در جدول ۱٪ خطای میانگین و بایاس (اختلاف مقدار محاسبه شده یا پیش بینی از مقدار واقعی) داده های مدل شده آورده شده است.

جدول ۱: بایاس و درصد میانگین خطای داده های مدل شده روزانه توسط LARS-WG نسبت به داده های دیدبانی شده

نام ایستگاه	تابش		دمای حداکثر		دمای کمینه		بارش	
	Bias	Mae	Bias	Mae	Bias	Mae	Bias	Mae
مشهد	۴/۴	۰/۴	۱/۴	۰/۴۸	-۰/۴	۰/۲۵	-۱۴/۳	۲/۹

در جدول ۱ میانگین خطا و بایاس چهار پارامتر مورد بررسی شامل بارش، دمای کمینه، دمای بیشینه و تابش برای ایستگاه سینوپتیک مشهد آورده شده است. بطور کلی مدل LARS-WG توانمندی مدلسازی اقلیم دوره گذشته این ایستگاه را بر اساس سناریوی حالت پایه دارا است.

ارزیابی تغییر اقلیم شهر مشهد در دوره ۲۰۱۰ تا ۲۰۳۹ میلادی

در بحث قبل توانمندی مدل LARS-WG در مدلسازی اقلیم دوره گذشته ایستگاه سینوپتیک مشهد در دوره ۳۰ ساله ۱۹۷۶ تا ۲۰۰۵ میلادی مورد بررسی و تجزیه و تحلیل قرار گرفت. حال با تدوین ۱۵ سناریوی مختلف برای هرکدام از شبکه های مدل ECHO-G و با استفاده از رفتار اقلیمی دوره گذشته ایستگاه مورد مطالعه، اقلیم دوره ۲۰۱۰ تا ۲۰۳۹ این ایستگاه را مدل می نماییم. در ادامه به تحلیل خروجی هر کدام از پارامترهای میانگین بارش و دما می پردازیم.

میانگین بارش

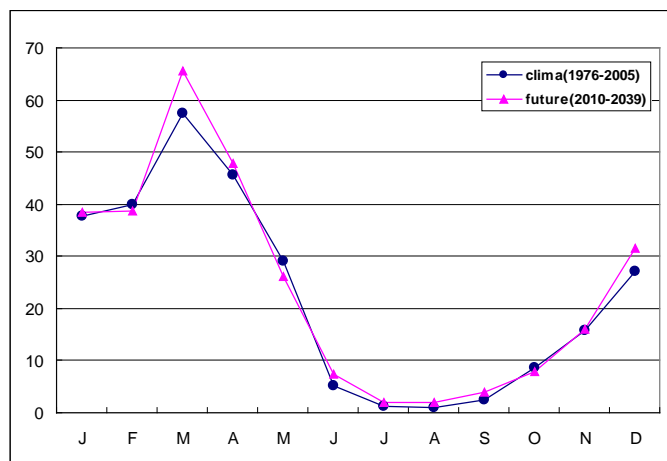
میزان بارش های روزانه ایستگاه سینوپتیک مورد مطالعه در دوره ۲۰۱۰-۲۰۳۹ (دهه ۲۰۲۰)، با توجه به رفتار اقلیمی آن در دوره گذشته و همچنین سناریوهای اقلیمی تهیه شده از خروجی مدل های ECHO-G، محاسبه گردید. سپس با استفاده از روش میانگین گیری حسابی مقدار میانگین ماهیانه بارش این شهر در دهه ۲۰۲۰ و دوره آماری (از سال ۱۹۷۶ تا ۲۰۰۵) و همچنین انحراف معیار آنها (جدول ۲) محاسبه شد.

جدول ۲: مقایسه میانگین بارش ها و انحراف معیار بارش (میلی متر) در دوره آماری و دهه ۲۰۲۰ در مشهد

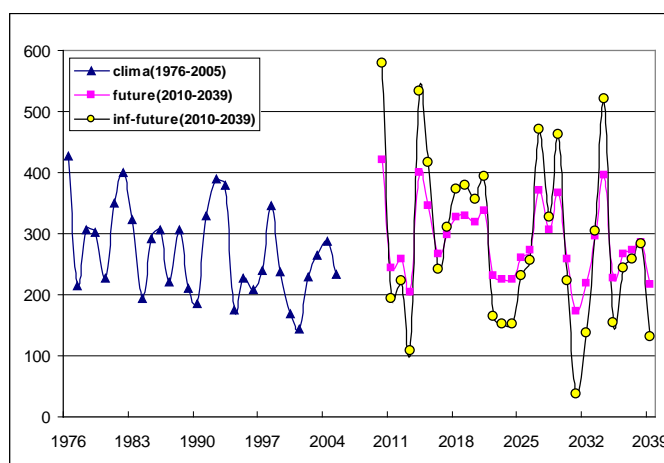
		J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
دوره	میانگین بارش	۳۷/۷	۳۹/۸	۵۷/۴	۴۵/۵	۲۹	۵/۱	۱/۳	۱	۲/۴	۸/۶	۱۵/۸	۲۷/۲
آماري	انحراف معيار	۳/۳	۳/۴	۳/۴	۴/۷	۳/۳	۱/۲	۰/۶	۰/۴	۱/۱	۱/۶	۲/۳	۲/۸
دهه	میانگین بارش	۳۸/۴	۳۸/۷	۶۵/۶	۴۷/۹	۲۶/۲	۷/۳	۱/۲	۱/۹	۳/۹	۸	۱۵/۹	۳۱/۵
۲۰۲۰	انحراف معيار	۳/۵	۴/۴	۴/۸	۵/۲	۳/۱	۱/۶	۰/۷	۰/۷	۱/۵	۱/۵	۲	۳/۳

بر اساس جدول فوق علیرغم کاهش کم بارشهای ماههای فوریه، می و اکتبر در مقایسه با دوره، در بقیه ماهها شاهد افزایش بارشها هستیم. در شکل ۲ نمودار ماهانه بارش ایستگاه مورد مطالعه آورده شده است. ملاحظه می شود که به طور کلی میانگین بارش مشهد به جز ماه فوریه، می و اکتبر که در مقایسه با دوره آماری کاهش یافته است، در سایر ماه های سال بارشها افزایش یافته و یا تغییری چندانی نداشته است. انحراف معیار بارش در بیشتر ماه های سال روند افزایشی دارد.

افزایش بارندگی در فصول مختلف سال دیده می شود به طوریکه در فصل زمستان ۵/۸٪، در فصل بهار ۲/۳٪، در فصل تابستان ۶۸/۱٪ (از ۴/۷ میلی متر در دوره آماری به ۷/۹ میلی متر در دوره آینده رسیده است) و در فصل پاییز ۷/۴٪ افزایش را مشاهده می کنیم. شکل ۳ میانگین بارش سالانه مشهد در دوره ۱۹۷۶ تا ۲۰۳۹ نشان می دهد.



شکل ۲- میانگین ماهانه بارش ایستگاه مشهد در دوره ۲۰۱۰ تا ۲۰۳۹ (دهه ۲۰۲۰) و مقایسه آن با دوره آماری (۱۹۷۶-۲۰۰۵)



شکل ۳- میانگین بارش سالانه مشهد تا سال ۲۰۳۹ میلادی. داده‌های دوره ۲۰۱۰ تا ۲۰۳۹ مقادیر مدل‌سازی شده می باشند

جدول ۳ میانگین بارش در دوره ۲۰۱۰ تا ۲۰۳۹ و همچنین دوره آماری را نشان می‌دهد. مطابق این جدول بارندگی ایستگاه مشهد در مقایسه با دوره آماری افزایش یافته است

جدول ۳: درصد افزایش یا کاهش بارندگی ایستگاه مورد مطالعه در دهه ۲۰۲۰ در مقایسه با دوره آماری

نام ایستگاه	۱۹۷۶-۲۰۰۵	۲۰۱۰-۲۰۳۹	درصد کاهش یا افزایش بارندگی
مشهد	۲۷۰/۸	۲۸۷/۳	۶/۱

دما

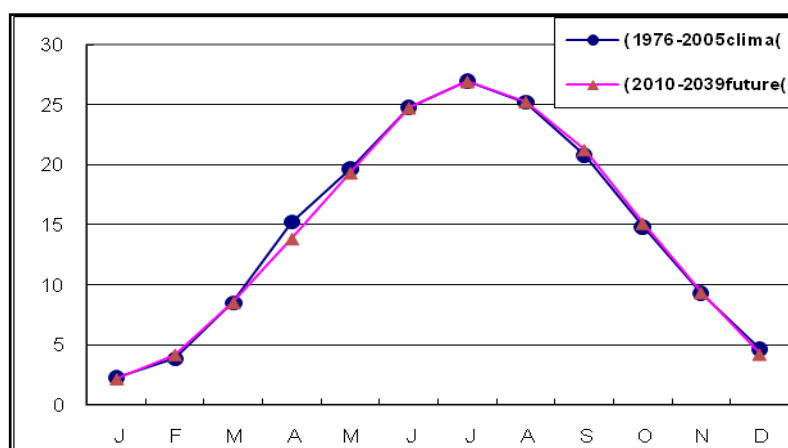
میانگین دمای مشهد با استفاده از روش میانگین‌گیری حسابی محاسبه شد. در جدول ۴ میانگین و انحراف معیار دمای مشهد در دوره آماری و دهه ۲۰۲۰ آورده شده است. انحراف معیار مقادیر دمای سالانه

خروجی های مدل GCM در دوره ۲۰۱۰ تا ۲۰۳۹ به نسبت انحراف معیار دوره آماری تفاوت آنچنانی را نشان نمی دهند. نتایج مدل نشان می دهند که میانگین دمای کشور در دوره ۲۰۱۰ تا ۲۰۳۹ در مقایسه با دوره آماری در ماه های فوریه، ژوئن، آگوست، سپتامبر، اکتبر و نوامبر افزایش و در ماه های آوریل، دسامبر و مارس کاهش می یابد. بیشترین افزایش دما به ترتیب مربوط به ماه های سپتامبر با ۰/۶، فوریه با ۰/۴ و اکتبر با ۰/۳ درجه سانتیگراد است. همچنین در ماه های آوریل، دسامبر و مارس کاهش دمایی در حدود ۱/۴ و ۰/۴ و ۰/۲ را داریم. بطور کلی در بررسی دمای فصول مختلف، فقط فصل پاییز بود که تغییری در میزان دمای دوره آماری با دوره ۲۰۱۰ تا ۲۰۳۹ دیده نمی شود، ولی در بقیه فصول تغییراتی را در دمای دوره ۲۰۱۰ تا ۲۰۳۹ نسبت به دوره آماری مشاهده می کنیم.

جدول ۴: مقایسه میانگین دما و انحراف معیار دما (درجه سانتیگراد) در دوره آماری و دهه ۲۰۲۰ در ایستگاه مشهد

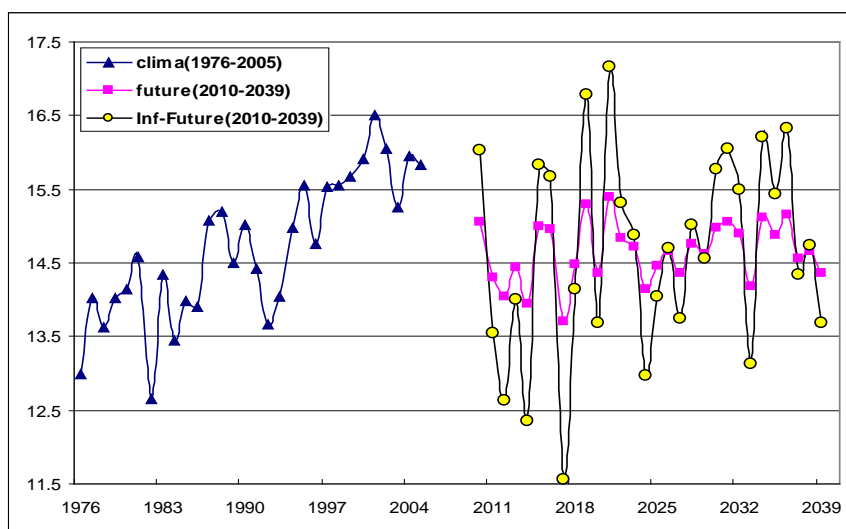
		J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
دوره	میانگین دما	۲/۲	۳/۸	۸/۵	۱۵/۳	۱۹/۶	۲۴/۷	۲۷	۲۵/۲	۲۰/۷	۱۴/۸	۹/۳	۴/۶
آماري	انحراف معيار	۴/۵	۴/۸	۴/۹	۴/۶	۳/۷	۲/۷	۱/۲	۲/۵	۳/۲	۱/۴	۱/۴	۳/۴
دهه	میانگین دما	۲/۲	۴/۲	۸/۵	۱۳/۹	۱۹/۴	۲۴/۸	۲۷	۲۵/۳	۲۱/۳	۱۵/۱	۹/۴	۴/۲
۲۰۲۰	انحراف معيار	۴/۲	۴/۷	۴/۹	۴/۲	۳/۷	۳/۱	۲/۵	۲/۹	۳/۴	۴	۳/۴	۴/۲

در فصل بهار کاهش و در فصول تابستان و زمستان افزایش دمای فصلی را مشاهده می کنیم. به عبارت دیگر در دو فصل سرد و گرم سال ما افزایش دما را داریم. شکل ۴ میانگین ماهانه دمای مشهد را در دهه ۲۰۲۰ و دوره آماری نشان می دهد.



شکل ۴- میانگین ماهانه دمای مشهد در دهه ۲۰۲۰ و دوره آماری

شکل ۵ میانگین دمای سالانه دوره مورد مطالعه را تا سال ۲۰۳۹ نشان می دهد. در این نمودار نیز روند افزایشی یا کاهش دما در دهه ۲۰۲۰ مشخص است. در جدول شماره ۵ میزان تغییرات دمای هوای مشهد آورده شده است.



شکل ۵- میانگین دمای سالانه مشهود تا سال ۲۰۳۹

جدول ۵: تغییرات دما در ایستگاه سینوپتیک مشهود در دوره ۲۰۱۰-۲۰۳۹

ایستگاه	۱۹۷۶-۲۰۰۵	۲۰۱۰-۲۰۳۹	درصد کاهش یا افزایش دما
مشهود	۱۴/۶	۱۴/۶	۰

تعیین تقویم زراعی در سال های زراعی ۱۳۸۹ تا ۱۴۱۸

بعد از بررسی شرایط تغییر اقلیم در مشهود، به تنظیم تقویم زراعی مناسب کشت گندم در سالهای زراعی ۱۳۸۹ تا ۱۴۱۸ می پردازیم. لذا این تقویم به صورت جدول شماره ۶ تنظیم گردید.

ولی ذکر این مسئله لازم و ضروری است که همانطور که قبلا گفته شد مدل LARS-WG، مدلی برای بررسی روزانه یا سالانه پارامترهای هواشناسی نمی باشد، بلکه مدلی برای بررسی شرایط آب و هوایی در یک دوره طولانی مدت می باشد. زیرا به عنوان مثال، به طور قطع نمی توان گفت که در کدام سال (دوره تغییر اقلیم) بارندگی بیش از سالهای دیگر می باشد، بلکه میزان میانگین بارندگی را در طی دوره ۳۰ ساله عنوان می کنند. لذا باید اطلاعات این بررسی ها همگی به روش میانگین گیری محاسبه گردد.

جدول ۶: تقویم زراعی کشت گیاه گندم در مشهد در دوره تغییر اقلیم (سالهای زراعی ۱۳۸۹ تا ۱۴۱۸) بر اساس داده های مدل ECHO-G سناریوی A1 (تمامی داده ها بر اساس درجه روز رشد (GDD) محاسبه گردیده اند)

سال زراعی	تاریخ کاشت	تاریخ جوانه زنی	تاریخ پنجه زنی	تاریخ گلدهی	تاریخ برداشت
۱۳۸۹-۱۳۹۰	۱۴ آبان	۲۳ آبان	۲ اسفند	۱۷ اردیبهشت	۲۱ خرداد
۱۳۹۰-۱۳۹۱	۳ آبان	۱۵ آبان	۲۷ بهمن	۱۴ اردیبهشت	۲۲ خرداد
۱۳۹۱-۱۳۹۲	۲۷ مهر	۱۱ آبان	۱۴ بهمن	۸ اردیبهشت	۱۶ خرداد
۱۳۹۲-۱۳۹۳	۱ آبان	۱۳ آبان	۱ بهمن	۱۳ اردیبهشت	۲۲ خرداد
۱۳۹۳-۱۳۹۴	۱۲ آبان	۲۲ آبان	۲۰ بهمن	۱۵ اردیبهشت	۲۱ خرداد
۱۳۹۴-۱۳۹۵	۶ آبان	۱۷ آبان	۲ بهمن	۱ اردیبهشت	۱۰ خرداد
۱۳۹۵-۱۳۹۶	۱۴ آبان	۲۵ آبان	۸ اسفند	۲۶ اردیبهشت	۳۱ خرداد
۱۳۹۶-۱۳۹۷	۸ آبان	۲۱ آبان	۱۳ اسفند	۲۱ اردیبهشت	۲۶ خرداد
۱۳۹۷-۱۳۹۸	۱۸ آبان	۲ آذر	۵ اسفند	۱۴ اردیبهشت	۲۰ خرداد
۱۳۹۸-۱۳۹۹	۲۸ مهر	۱۱ آبان	۶ بهمن	۱۲ اردیبهشت	۲۰ خرداد
۱۳۹۹-۱۴۰۰	۲۰ آبان	۴ آذر	۳ اسفند	۱۸ اردیبهشت	۲۵ خرداد
۱۴۰۰-۱۴۰۱	۱۶ آبان	۳ آذر	۲۱ بهمن	۱۱ اردیبهشت	۲۰ خرداد
۱۴۰۱-۱۴۰۲	۲۵ آبان	۱۴ آذر	۲۶ اسفند	۲۷ اردیبهشت	۳۱ خرداد
۱۴۰۲-۱۴۰۳	۱۳ آبان	۲۶ آبان	۴ اسفند	۲۲ اردیبهشت	۲۶ خرداد
۱۴۰۳-۱۴۰۴	۲۱ آبان	۱۲ آذر	۲۰ اسفند	۲۲ اردیبهشت	۲۷ خرداد
۱۴۰۴-۱۴۰۵	۱۶ آبان	۹ آذر	۱۸ اسفند	۲۱ اردیبهشت	۲۷ خرداد
۱۴۰۵-۱۴۰۶	۱۶ آبان	۵ آذر	۲۹ اسفند	۲۸ اردیبهشت	۳۱ خرداد
۱۴۰۶-۱۴۰۷	۱۸ آبان	۶ آذر	۲۶ اسفند	۲۷ اردیبهشت	۱ تیر
۱۴۰۷-۱۴۰۸	۱۷ آبان	۲ آذر	۱ فروردین	۲۷ اردیبهشت	۳۰ خرداد
۱۴۰۸-۱۴۰۹	۹ آبان	۲۳ آبان	۳۰ بهمن	۲۰ اردیبهشت	۲۵ خرداد
۱۴۰۹-۱۴۱۰	۶ آذر	۱۸ آذر	۱۱ اسفند	۱۷ اردیبهشت	۲۲ خرداد
۱۴۱۰-۱۴۱۱	۲۸ آبان	۱۳ آذر	۱۸ اسفند	۲۰ اردیبهشت	۲۶ خرداد
۱۴۱۱-۱۴۱۲	۲۱ آبان	۷ آذر	۵ اسفند	۲۲ اردیبهشت	۲۸ خرداد
۱۴۱۲-۱۴۱۳	۱۵ آبان	۳ آذر	۱۶ اسفند	۲۴ اردیبهشت	۲۷ خرداد
۱۴۱۳-۱۴۱۴	۱۵ آبان	۱ آذر	۱۳ اسفند	۱۷ اردیبهشت	۲۰ خرداد
۱۴۱۴-۱۴۱۵	۲۰ آبان	۱۰ آذر	۱۹ اسفند	۲۶ اردیبهشت	۳۰ خرداد
۱۴۱۵-۱۴۱۶	۲ آبان	۱۴ آذر	۸ اسفند	۲۲ اردیبهشت	۲۷ خرداد
۱۴۱۶-۱۴۱۷	۱۸ آبان	۹ آذر	۶ اسفند	۱۷ اردیبهشت	۲۳ خرداد
۱۴۱۷-۱۴۱۸	۱۴ آبان	۱ آذر	۱ اسفند	۱۶ اردیبهشت	۲۲ خرداد

در نتیجه اینگونه بیان می شود که در سالهای زراعی ۱۳۸۹ تا ۱۴۱۸ بهترین تاریخ کاشت گندم در اواسط آبان (از ۲۷ مهر تا ۶ آذر)، تاریخ جوانه زنی اوایل آذر (از ۱۱ آبان تا ۱۸ آذر)، تاریخ پنجه زنی اوایل اسفند (از ۱ بهمن تا ۱ فروردین)، تاریخ گلدهی اواسط اردیبهشت (از ۱ اردیبهشت تا ۲۸ اردیبهشت) و بالاخره تاریخ رسیدگی کامل گندم و برداشت نیمه دوم خرداد ماه (از ۱۰ خرداد تا ۱ تیر) می باشد.

منابع

۱- بابائیان، ا. و نجفی نیک، ز. ۱۳۸۵. ارزیابی تغییرات اقلیمی ایستگاههای سینوپتیک استان خراسان رضوی در افق ۱۴۰۰ شمسی، پژوهشکده اقلیم شناسی، گزارش نهایی پروژه.

- ۲- تقدیسیان، ح. و میناپور، س. ۱۳۸۲. تغییر آب و هوا، سازمان حفاظت محیط زیست، دفتر طرح ملی تغییر آب و هوا.
- ۳- خداینده، ناصر. ۱۳۷۷، غلات، انتشارات دانشگاه تهران.
- ۴- راشد محصل، م. ح.، حسینی، م.، عبدی، م. و ملافیلابی، ع. ۱۳۷۶. زراعت غلات، انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد.
- ۵- کریمی، هادی. ۱۳۷۱، گندم، مرکز نشر دانشگاهی تهران.
- ۶- مدلسازی اقلیم و مطالعه تغییر اقلیم در ایران، فاز اول، ۱۳۸۶. پژوهشکده اقلیم شناسی.
- ۷- مدلسازی اقلیم و مطالعه تغییر اقلیم در ایران، فاز چهارم. مطالعه اقلیم ایران در دهه های آینده با استفاده از مدل MAGICC SCENGEN، ۱۳۸۷، پژوهشکده اقلیم شناسی.
- 8- Baker, C. K., Pinter, P. J., Reginato, R. J. and Kanemasu, E. T. 1986. Effects of temperature on leaf appearance in spring and winter wheat cultivars. *Agron. J.* 78: 605-613.
- 9- Brklacich, M., Bryant, C., Veenhof, B. and Beauchesne, A. 1997. Implications of global climate change for Canadian agriculture: A review and appraisal of research from 1994-1997. In Koshida, G. and Avis, W. (Eds.), *Canada Country Study: Climate Impacts and Adaptations* (pp. 220-256). Ottawa: Environment Canada.
- 10- Cao, W. and Moss, D. N. 1989. Temperature effect on leaf emergence and phyllochoron in wheat and barley. *Crop Sci.* 29: 1018-1021.
- 11- Carter, T.R., Saarikko, R.A. and Nierni, K. J. 1996. Assessing the risks and uncertainties of regional crop potential under a changing climate in Finland. *Agricultural and Food.*
- 12- Frank, A. B. and Bauer, M A. 1997. Temperature effects piror to double ridge on apex development and phyllochoron in spring barley. *Crop Sci.* 37: 1527-1531.
- 13- Harrison, P. A. and Butterfield, R. E. 1996. The effect of climate chang on Europe-wide winter wheat and sunflower productivity. *Climate Research* 7: 225-241.
- 14- IPCC. 1996. *Climate Change 1995*. The Science of Climate Change. Intergovernmental panel on Climate Change, World Meteorological Organization and United Nations Environment Program. Cambridge: Cambridge University Press, p. 37.
- 15- IPCC 2001. HoughtonM, J.T., Ding, Y., Griggs, D. J., Noguer, M., van der Linden, P. J., Dai X, et al. eds *Climate Change. 2001*.The Scientific Basis. Intergovernmental Panel on Climate Change, Working Group 1. Cambridge: Cambridge University Press.
- 16- Koochaki, A., M. Nassiri, A. Soltani, Sharifi, H. and Ghorbani, R. 2006. Effects of the climate change on growth criteria and yield of sunflower and chickpea crops in Iran. *Climate Research*, 30: 247-253.
- 17- Lou, Q. and Lin, E. 1999. Agricultural vulnerability and adaptation in developing countries: The Asia Pacific region. *Climate chang* 43: 729-743.
- 18- Manabe S 1998 Study of global warming by GFDL climate models. *Ambio* 27(3): 182-186.
- 19- McMaster, GS, and Wilhelm, WW. 1998. Is using soil temperature better than air temperature for predicting winter wheat phenology? *Agron. J.* 90: 602-607.
- 20- Mills, PF. 1994. The agricultural potential of northwestern Canada and Alaska and the impact of climate change. *Arctic* 47: 115-123.
- 21- Muchena, P. and Iglesias, A. 1995. Vulnerability of maize yields to climate change in different farming sectors in Zimbabwe. In Rosenzweig, C. (ED), *Climate change and agriculture: Analysis of potential international impacts*, pp 229-239.
- 22- Nassiri, M. and Koochaki, A. 2007. Adapting dryland wheat production systems of Iran to climate change. *Farming System Design 2007: An International Symposium on Methodologies for Intergrated Analysis of Farm Production System*, Italy-Catania. Sicily, pp: 52-54.
- 23- Nassiri, M., Koochaki, A., Kamali, G. A. and Shahandeh, H. 2006. Potential impact of climate change on rainfed wheat production in Iran. *Archives of Agronomy and Soil Science* 52: 113-124.
- 24- Obsi, G. O. P. 2000. The Impact of Climate Change on Socio-economic Development in the Third World, Lecture presented at 12th General Meeting of the Third World Academy of Science (TWAS), 23 October 2001, Tehran, I.R. Iran.
- 25- Pimentel, D. 1993. Climate change and food supplay. FO/11171 fpr Applied Research and Public Policy 8: 54-60.
- 26- Ramanathan, V. 1988. The greenhouse theory of climate change: a test by an inadvertent global experiment. *Science* 240:293-299.
- 27- Rasco, P., Szeidl, L. and Semenov, M. A. 1991. A serial approach to local stochastic models. *J. Ecological Modeling* 57, 27-41.

-
- 28- Rosenzweig, C. and Tubiello, E. N. 1997.** Impacts of future climate change on Mediterranean agriculture. Current methodologies and future directions.
- 29- Semenov, M. A. and Barrow, E. M. 2002.** LARS-WG a stochastic weather generator for use in climate impact studies. User's manual, Version 3.0.
- 30- Semenov, M. A., Brooks, R. J., Barrow, E. M. and Richardson, C.W. 1998.** Comparison of the WGEN and LARS-WG stochastic weather generators in diverse climates. *Climate Research* 10, 95-107.
- 31- UNEP 2001** United Nations Environment Programme: Introduction to Climate Change. Accessed April 17, 2001 from: www.grida.no/climate/vital/intro.htm.
- 32- Xue, Q, Weiss, A. and Baenziger, P. S. 2004.** Predicting leaf appearance in field- grown winter wheat: evaluating liner and non-liner models. *Ecological Modelling*. 175: 261-270. Banus, Philippines. P: 83.