



انجمن علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرجان

نشریه پژوهش‌های حفاظت آب و خاک  
جلد بیست و یکم، شماره چهارم، ۱۳۹۳  
<http://jwsc.gau.ac.ir>

## بررسی تاریخ یخبندان‌ها و سرماهای مؤثر در کشاورزی تحت تأثیر تغییر اقلیم (مطالعه موردی: مشهد، تبریز و قزوین)

\* خلیل قربانی<sup>۱</sup> و اسماعیل ولیزاده<sup>۲</sup>

<sup>۱</sup> استادیار گروه مهندسی آب، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان،  
<sup>۲</sup> دانش‌آموخته کارشناسی ارشد گروه هواشناسی کشاورزی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری  
تاریخ دریافت: ۹۲/۶/۱۵؛ تاریخ پذیرش: ۹۳/۲/۱۸

### چکیده

بررسی پدیده یخبندان و سرمازدگی از بنیادی‌ترین پژوهش‌ها در زمینه اقلیم‌شناسی کشاورزی می‌باشد که شناخت چگونگی و زمان وقوع آن، می‌تواند کمک قابل‌توجهی به بخش کشاورزی داشته باشد. تغییر اقلیم که باعث تغییراتی در پارامترهای دمایی شده است، پدیده یخبندان را نیز تحت تأثیر قرار خواهد داد. بر این اساس پژوهشی انجام شد تا شروع اولین یخبندان و سرمای پاییزه، آخرین یخبندان و سرمای بهاره، همچنین طول دوره و تعداد وقایع یخبندان و سرما در ۳ ایستگاه هواشناسی سینوپتیک، تبریز، مشهد و قزوین، طی سال‌های ۱۹۶۱-۲۰۰۵ به‌عنوان دوره مشاهداتی و دوره ۲۰۰۵-۲۰۰۵ به‌عنوان دوره آتی بررسی شود. داده‌های دوره آتی براساس خروجی مدل گردش عمومی جو HadCM3 تحت سناریوی AIB با استفاده از نرم‌افزار مولد داده LARS-WG تولید شد، سپس سری زمانی تاریخ‌های اولین و آخرین یخبندان و سرمای پاییزه و بهاره برای هر یک از سال‌ها طی دوره‌های مطالعاتی تشکیل و بهترین توزیع آماری بر هر یک از آن‌ها برازش داده شد و احتمالات وقوع آن‌ها محاسبه شد. نتایج نشان داد در تمام ایستگاه‌های مطالعاتی تحت تأثیر پدیده تغییر اقلیم اولین یخبندان و سرمای پاییزه و آخرین یخبندان و سرمای بهاره زودتر رخ خواهد داد و طول دوره یخبندان و سرما کاهش خواهد یافت.

واژه‌های کلیدی: یخبندان، تغییر اقلیم، مولد LARS-WG، سرما

\* مسئول مکاتبه: [ghorbani.khalil@yahoo.com](mailto:ghorbani.khalil@yahoo.com)

## مقدمه

دمای هوا یکی از مهم‌ترین فاکتورهای اقلیمی مؤثر بر رشد گیاهان و تولیدات کشاورزی محسوب می‌شود. گیاهان برای هر مرحله از دوران رویشی و زایشی خود محدوده دمایی خاصی را نیاز دارند، گیاه در شرایط خارج از این محدوده دمایی، با تنش روبرو شده و ممکن است خسارت ببیند. کاهش دما به پایین‌تر از حد آستانه تحمل گیاه، باعث بروز سرمازدگی می‌شود و در صورتی که این کاهش موجب رسیدن دمای هوا به پایین‌تر از صفر درجه سانتی‌گراد شود باعث یخ‌زدگی گیاه و بروز پدیده یخبندان می‌شود. از دیدگاه هواشناسی کشاورزی، یخبندان به وقوع دماهای پایین در حدی که منجر به خسارت به بافت‌های گیاهی شود، اطلاق می‌گردد. اثرات یخبندان در بخش کشاورزی بیش‌تر از سایر بخش‌ها است. در پایان فصل سرما با توجه به تغییر فصل، شاهد نوسانات دمایی شدیدی می‌باشیم به‌طوری‌که در برخی از سال‌ها شاهد افزایش دمای هوا طی چند روز متوالی هستیم و این باعث تحرک گیاهان چندساله و بیداری آن‌ها از خواب زمستانی می‌شود، وقوع سرما و یخبندان بعد از این دوره باعث نابودی بافت‌های نارس گیاهان، جوانه و شکوفه درختان میوه می‌شود، همچنین محصولات زراعی که مراحل حساس دوره رشد آن‌ها با این سرما مواجه می‌شود خسارت می‌بینند. این نوع سرما و یخبندان که معمولاً در فصل بهار و اواخر زمستان رخ می‌دهد به آخرین یخبندان و سرمای بهار شهرت دارد و بیش‌ترین خسارت را به بخش کشاورزی وارد می‌کند. اما آگاهی از آغاز شروع سرما و یخبندان که معمولاً در فصل پاییز رخ می‌دهد و به اولین سرمای پاییزه شهرت دارد این امکان را به کشاورز می‌دهد تا با به‌کارگیری اقدامات امنیتی شامل استفاده از بخاری‌ها و وسایل گرم‌کننده، ایجاد دود، آبیاری، استفاده از پوشش‌های مالچی، کاه، کلش و روش‌های دیگر، خسارت‌های احتمالی وارده به گیاهان را به حداقل رسانده یا از آن جلوگیری کنند. طول دوره سرما و یخبندان، همچنین تعداد وقوع آن‌ها نیز می‌تواند در تصمیم‌گیری برای مناسب بودن الگوی کشت گیاهان زراعی و درختان باغی با توجه به هزینه لازم برای کاهش و جبران خسارت‌ها مؤثر باشد. بنابراین مطالعه سرماها و یخبندان‌ها در بخش کشاورزی می‌تواند از بنیادی‌ترین مطالعات در بخش کشاورزی باشد. در این زمینه مطالعاتی نیز صورت گرفته که به‌طور نمونه می‌توان به پژوهش وایلن (۱۹۸۸) اشاره کرد که براساس تحلیل‌های احتمالی، ویژگی‌های یخبندان‌ها، تاریخ آغاز و خاتمه آن‌ها، سردترین دما و خطر وقوع دوره‌های سرد را در فلوریدای مرکزی بررسی و توزیع احتمالی آن را پیش‌بینی کرده است، تحلیل رگرسیون سری‌های متوسط دمای کمینه روزانه و واریانس‌های سالانه آن‌ها نشان داد که با افزایش واریانس،

احتمال وقوع یخبندان نیز افزایش می‌یابد. از این نظر خطر وقوع یخبندان در یک مکان با عواملی مانند تعداد یخبندان‌های سالانه، شدت متوسط آن‌ها، میانگین و واریانس تاریخ‌های وقوع، قابل شناسایی است. بونسال (۲۰۰۱) از طریق روندیابی دماهای روزانه و کرانه‌ای نتیجه گرفت که تعداد روزهای یخبندان در کشور کانادا کاهش یافته است. فریچ و همکاران (۲۰۰۲) نیز شواهدی مبنی بر طولانی‌تر شدن فصل رشد و کاهش تعداد روزهای یخبندان در بسیاری از نواحی عرض‌های میانی و بالای نیم‌کره شمالی در طی ۵۰ سال اخیر ارائه دادند. استرلینگ (۲۰۰۲) تغییرات تعداد روزهای یخبندان و بدون یخبندان را که به سبب گرمایش جهانی جو در طی نیمه دوم قرن بیستم ایجاد شده است، برای ۹ ناحیه کشور آمریکا به روش آماری مورد مطالعه قرار داد، او نتیجه گرفت که طول فصل بدون یخبندان برای دوره ۱۹۹۹-۱۹۴۸ در ایالات متحده افزایش یافته است. مارتینز و همکاران (۲۰۱۰) با بررسی روند دماهای کمینه و بیشینه کاتالونیا طی دوره زمانی ۲۰۰۴-۱۹۷۵ نتیجه گرفتند که دمای بیشینه و کمینه سالانه در فصل بهار و تابستان ۰/۵ درجه سلسیوس و برای فصل زمستان ۰/۷ درجه سلسیوس در هر دهه رو به افزایش است در حالی که در فصل پاییز روند دمای کمینه و بیشینه کاهش یافته است و میزان آن برابر ۰/۵- درجه سانتی‌گراد در هر دهه است. ایران نیز جزو کشورهایی است که سالانه مخاطرات اقلیمی به‌ویژه یخبندان زیان‌های اقتصادی فراوانی به آن وارد می‌سازد این مسأله موجب توجه بیشتر پژوهشگران آب و هواشناسی به آن شده و پژوهش‌هایی نیز صورت گرفته است. سمیعی و همکاران (۱۹۸۸) با استفاده از اطلاعات دمای کمینه روزانه ایستگاه‌های هواشناسی کشور و با کاربرد معکوس توابع توزیع مدل‌های ترکیبی، تاریخ وقوع و خاتمه یخبندان‌های پاییزه و بهاره، در سطوح احتمالات انتخابی و در ۱۲ آستانه بحرانی دما را محاسبه نموده‌اند. علیزاده و همکاران (۱۹۹۴) براساس مطالعه داده‌های کمینه دمای روزانه ۱۵ ایستگاه هواشناسی استان خراسان و با بهره‌گیری از احتمال وقوع تجربی به روش کاین به تجزیه و تحلیل احتمال وقوع یخبندان‌های ملایم (دمای ۰-۱/۵)، متوسط (دمای بین ۱/۵ تا ۳-) و شدید (دمای پایین‌تر از ۳- درجه سانتی‌گراد) پرداخته و نتیجه گرفتند که با احتمال ۸۰ درصد یخبندان‌های ملایم ایستگاه مشهد در ۲۹ اسفند خاتمه می‌پذیرد، در حالی که این تاریخ برای یخبندان‌های شدید، ۱۳ اسفندماه است. مجرد قره‌باغ (۱۹۸۹) در مطالعه خود در زمینه اصول و روش‌های تحلیل و پیش‌بینی کمی یخبندان در منطقه آذربایجان، ویژگی آن‌ها را بر مبنای ۱۶ شاخص معتبر و معکوس بین سری‌های زمانی آغاز و خاتمه یخبندان تحلیل نموده است. نتایج این مطالعه نشان می‌دهد هر اندازه شروع یخبندان در منطقه زودتر از میانگین کل شروع‌ها رخ دهد، خاتمه

آن نیز در بهار دیرتر از میانگین کل پایان‌ها رخ خواهد داد. این مطالعه کاهش طول دوره بدون یخبندان در محدوده زمان بین سال‌های ۱۹۷۰ و ۱۹۹۰ در منطقه مورد مطالعه را نشان داده است. با توجه به صنعتی شدن و افزایش مصرف سوخت‌های فسیلی، انتشار گازهای گلخانه‌ای در جو افزایش یافته است. طبق گزارش هیأت بین‌المللی تغییر اقلیم (IPCC)<sup>۱</sup>، غلظت این گازها از ۲۸۰ ppm<sup>۲</sup> (قسمت در میلیون) در سال ۱۷۵۰ به ۳۷۹ ppm در سال ۲۰۰۵ رسیده و در صورت ادامه این روند، غلظت این گاز تا پایان قرن ۲۱ از ۶۰۰ ppm نیز تجاوز خواهد کرد. گازهای گلخانه‌ای امواج حرارتی فرسرخ ساطع شده از سطح زمین را جذب می‌کنند و بخشی از آن را دوباره به سطح زمین بر می‌گردانند. این عمل باعث برهم زدن توازن حرارتی زمین و در نتیجه گرم شدن زمین می‌شود. براساس گزارش هیأت بین‌المللی تغییر اقلیم، شواهد موجود نشان داده است که دمای هوا در جهان طی صد سال گذشته به‌طور متوسط ۰/۳-۰/۶ درجه افزایش یافته است. سرماها و یخبندان‌ها نیز از این تغییرات دمایی متأثر خواهند شد، بر این اساس این پژوهش به مقایسه و بررسی پدیده سرما و یخبندان در چند ایستگاه هواشناسی در دوره مشاهداتی گذشته و دوره پیش‌بینی شده آینده براساس خروجی مدل مولد داده LARS-WG می‌پردازد.

### مواد و روش‌ها

منطقه مطالعاتی و داده‌های مورد نیاز: منطقه مطالعاتی شامل ۳ ایستگاه هواشناسی سینوپتیک مشهد، قزوین و تبریز (جدول ۱) می‌باشد این مناطق دارای اقلیمی نیمه‌خشک و از نظر وضعیت تعداد ماه‌های گرم (ماهی که میانگین ماهانه دمای آن بیش از ۲۰ درجه سانتی‌گراد باشد) جزو اقلیم‌های معتدل می‌باشند این ایستگاه‌ها به ترتیب از شرق تا غرب کشور پراکنده شده‌اند، هر ساله سرما و یخبندان را به دفعات زیاد تجربه می‌کنند و جزو مناطق مهم کشاورزی و باغی نیز به حساب می‌آیند. داده‌های روزانه این ایستگاه‌ها شامل حداقل و حداکثر دمای روزانه طی دوره آماری ۲۰۰۵-۱۹۶۱ مورد استفاده قرار گرفت.

1- IPCC: Intergovernmental Panel on Climate Change  
2- ppm: Part Per Million

جدول ۱- مشخصات ایستگاه‌های مطالعاتی.

نام ایستگاه	طول جغرافیایی	عرض جغرافیایی	ارتفاع (متر)	بارش (میلی‌متر)	پارامترهای آماری حداقل دمای روزانه (سانتی‌گراد)		
					میانگین روزانه دما (سانتی‌گراد)	میانگین بیشینه	کمینه
مشهد	۵۹/۳۸	۳۶/۱۶	۹۹۹	۲۵۶	۱۴/۳	۲۷	-۲۸
تبریز	۴۶/۱۷	۳۸/۰۵	۱۳۶۱	۲۷۷	۱۲/۸	۲۸	-۲۵
قزوین	۵۰/۰۳	۳۶/۱۶	۱۲۸۰	۳۲۰	۱۴/۱	۲۶	-۲۴

مدل تولید داده LARS-WG: برای تولید داده در دوره اقلیمی آینده از مولد داده LARS-WG مطابق با مدل گردش عمومی جو HadCM3 تحت سناریوی A1B استفاده شد. مدل مولد داده LARS-WG از پرستفاده‌ترین مدل‌های ریزمقیاس نمایی آماری و مولد مصنوعی داده‌های هواشناسی است. این مدل با استفاده از داده‌های دیده‌بانی شده و بررسی آمار اقلیمی ایستگاه‌ها در دوره آماری و همچنین داده‌های شبکه‌ای و مدل‌های گردش عمومی جو در آینده می‌تواند داده‌های روزانه دوره‌های آینده را مدل‌سازی کند. مولد داده LARS-WG، ابتدا توسط راسکو و همکاران (۱۹۹۱) ارایه و سپس توسط سمینوف و همکاران (۱۹۹۸) بازنگری شد. تاکنون نگارش‌های متعددی از مولد داده LARS-WG ارایه شده است که در این مطالعه، از نگارش چهارم این مولد استفاده شده است. مولد داده LARS-WG برای شبیه‌سازی طول دوره‌های خشک و تر، بارندگی و تابش روزانه خورشید از توزیع‌های نیمه‌تجربی به فرم کلی

$$Emp = \{a_i, a_i; h_i, i = 1, \dots, 10\} \quad (1)$$

استفاده می‌کند که هیستوگرامی شامل ۱۰ طبقه است و هر یک از طبقات آن در فاصله  $[a_{i-1}, a_i)$  تعریف می‌شود به طوری که،  $a_{i-1} < a_i$  و  $h_i$  فراوانی پدیده‌های مشاهده شده در طبقه  $i$  ام می‌باشد. برای تولید مقادیر متغیرهای تصادفی وضع هوا با استفاده از یک توزیع نیمه‌تجربی، ابتدا یکی از طبقات ده‌گانه به تصادف انتخاب می‌شود. سپس، با فرض پیروی داده‌ها از توزیع یکنواخت در طبقه مورد نظر، یک مقدار در آن فاصله برای متغیر انتخاب می‌شود. توزیع نیمه‌تجربی، انعطاف‌پذیر است زیرا با تغییر فواصل  $[a_{i-1}, a_i)$ ، شکل توزیع فراوانی نیز تغییر می‌کند. فواصل  $[a_{i-1}, a_i)$ ، براساس

ویژگی‌های مورد انتظار داده‌های وضع هوا انتخاب می‌شوند. در مورد تابش خورشید، این فاصله بین حداکثر و حداقل داده‌ها، به قسمت‌های مساوی تقسیم می‌شود اما در مورد طول سری‌های خشک و تر و مقدار بارندگی، اندازه فاصله با افزایش  $i$  (شماره طبقه) افزایش می‌یابد. دلیل انعطاف‌پذیری فواصل در مورد دو متغیر اخیر آن است که معمولاً فراوانی مقادیر کم آن‌ها، بیش‌تر از فراوانی مقادیر بزرگ آن‌ها است و در صورتی که فواصل به‌طور یکسان انتخاب شوند، ممکن است بخش اعظم فراوانی‌ها در یک فاصله قرار گیرد و کارایی مدل کاهش یابد (بذرافشان، ۲۰۰۹).

**آزمون  $t$  برای مقایسه میانگین داده‌ها و تشخیص تغییر در داده‌ها:** یکی از راه‌های تشخیص تغییر در داده‌های هواشناسی و تشخیص تغییر اقلیم، آزمون مقایسه میانگین‌ها بین سری داده‌های تاریخی و داده‌های دوره آتی براساس آزمون  $t$  می‌باشد. در این آزمون دو فرضیه به‌صورت زیر مطرح می‌شود:

فرضیه  $H_0$ : میانگین داده‌های شبیه‌سازی شده مساوی میانگین داده‌های مشاهده شده است.

فرضیه  $H_1$ : میانگین داده‌های شبیه‌سازی شده با میانگین داده‌های مشاهده شده فرق می‌کند.

آماره آزمون  $t$  در شرایطی که اندازه و واریانس دو نمونه یکسان نباشد به فرم زیر است:

$$t = \frac{\bar{X}_1 - \bar{X}_2}{\sqrt{\frac{S_1^2}{n_1} + \frac{S_2^2}{n_2}}} \quad (2)$$

که در آن،  $n$ : اندازه نمونه،  $S^2$ : واریانس نمونه و  $\bar{X}$ : میانگین نمونه و اندیس‌های ۱ و ۲ معرف نمونه‌های مشاهده شده و شبیه‌سازی شده‌اند. پس از محاسبه  $t$ ، احتمال مقادیر بزرگ‌تر از  $|t|$  (یعنی  $p$ -value) به‌دست آمده از توزیع آماری  $t$  با درجه آزادی  $n_1+n_2-2$  در سطوح معنی‌داری ۵ و ۱ درصد مقایسه می‌شود. چنان‌چه  $p$ -value کم‌تر از ۵ یا ۱ درصد باشد، فرضیه تساوی میانگین‌ها رد می‌شود و تغییر در داده‌ها تأیید می‌شود.

**تعیین آستانه‌های دمایی و تاریخ‌های شروع، پایان و طول دوره یخبندان و سرما:** در این پژوهش داده‌ها به دو دوره آماری ۴۵ ساله، یکی دوره آماری ۱۹۶۱-۲۰۰۵ براساس داده‌های موجود به‌عنوان دوره گذشته و دیگری داده‌های تولید شده توسط مدل LARS-WG به‌عنوان دوره آینده تقسیم و سری زمانی دماهای کمینه برای هر یک از روزهای سال طی هر دوره برای هر یک از ایستگاه‌های مورد مطالعه تشکیل شد. برای تبدیل تاریخ به عدد از ابتدای مهرماه شماره مسلسل روزها به‌عنوان

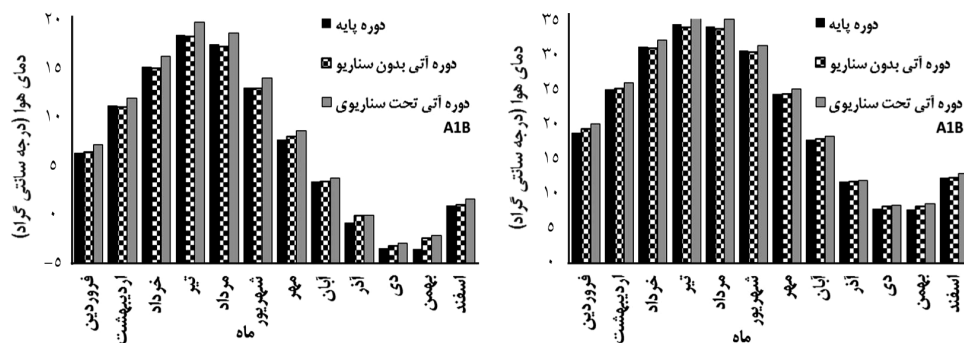
شماره روز در نظر گرفته شد. براساس توصیه سازمان هواشناسی جهانی (۲۰۱۰) دماهای پایین‌تر از آستانه‌های دمایی ۳/۳-، ۲/۲-، ۱/۱- و صفر درجه سانتی‌گراد به ترتیب به عنوان روزهای یخبندان و آستانه‌های دمایی ۱/۱، ۲/۲ و ۳/۳ به عنوان روزهای سرمای تعیین و در هر سال شماره اولین و آخرین روزهایی که دمای کمینه آن‌ها کم‌تر از این آستانه‌ها بودند استخراج شدند. همچنین در هر سال فاصله بین شماره اولین و آخرین روزهایی که دما از این آستانه‌ها پایین‌تر بودند به عنوان طول دوره یخبندان و سرما به حساب آمد. پس از تشکیل سری زمانی شماره روز و طول دوره سرماها و یخبندان‌ها، بهترین توزیع آماری بر آن‌ها برازش داده شد و براساس آن، مقادیر با احتمال ۵۰ درصد یا احتمال میانگین برآورد و نتایج آن مورد تحلیل قرار گرفت.

### نتایج و بحث

در بررسی نتایج ابتدا وضعیت تغییر اقلیم در منطقه مشخص شد و سپس تغییرات زمانی و طول دوره‌های یخبندان‌ها و سرماهای زودرس و دیررس مورد تحلیل قرار گرفت.

**بررسی تغییر اقلیم:** بررسی وضعیت تغییر اقلیم در ایستگاه‌های مطالعاتی نشان می‌دهد که در تمام آن‌ها، پارامترهای دمایی حداقل و حداکثر روزانه به‌طور میانگین افزایش یافته است (شکل‌های ۱، ۲ و ۳). این افزایش دما در ماه‌های مختلف سال یکسان نبوده بلکه در ماه‌های گرم سال بیش‌تر از دیگر ماه‌های سال می‌باشد. همچنین افزایش دمای حداقل روزانه نسبت به دمای حداکثر روزانه بیش‌تر می‌باشد. آزمون مقایسه میانگین‌ها نیز این مطلب را تأیید می‌کند و با در نظر گرفتن مقادیر  $t$  بزرگ‌تر از ۱/۹۶ (یعنی در سطح ۵ درصد بین میانگین‌ها اختلاف معنی‌داری وجود دارد) مشخص می‌شود که بین داده‌های مشاهداتی و تولید شده توسط مدل LARS-WG بدون در نظر گرفتن سناریوی انتشار هیچ‌گونه اختلاف معنی‌داری وجود ندارد و این به آن معنی است که مدل LARS-WG به خوبی داده‌های دمای حداقل و حداکثر را شبیه‌سازی کرده است. همچنین اختلاف معنی‌داری که بین مقادیر مشاهداتی دوره گذشته و مقادیر شبیه‌سازی شده دوره آینده در چند ماه گرم سال دیده می‌شود نشان از افزایش دما در این ماه‌های سال در دوره آینده می‌باشد. این مورد در ایستگاه مشهد در ماه‌های خرداد، تیر و مرداد برای دمای حداقل روزانه و در ماه‌های تیر و مرداد برای دمای حداکثر در ایستگاه مشهد دیده می‌شود (جدول ۲).

نشریه پژوهش‌های حفاظت آب و خاک جلد (۲۱)، شماره (۴) ۱۳۹۳



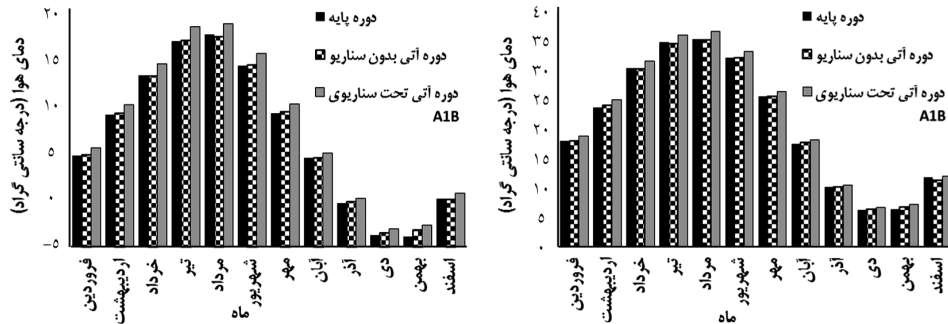
شکل ۱- میانگین ماهانه حداقل دماهای روزانه (سمت چپ) و حداکثر دماهای روزانه (سمت راست) در ایستگاه مشهد.

جدول ۲- آزمون t برای مقایسه اختلاف میانگین‌های ماهانه حداقل و حداکثر دماهای روزانه مشاهداتی با داده‌های تولید شده دوره آبی تحت سناریوی AIB و بدون سناریو در ایستگاه مشهد.

ماه	دمای حداقل بدون سناریو	دمای حداکثر بدون سناریو	دمای حداقل سناریوی AIB	دمای حداکثر سناریوی AIB
فروردین	۰/۰۶	۰/۳۹	۰/۹۶	۱/۰۲
اردیبهشت	۰/۱۹	۰/۰۶	۱/۰۶	۰/۸۹
خرداد	۰/۲۳	۰/۲۸	۱/۷۰	۱/۲۶
تیر	۰/۳۹	۰/۸۴	۲/۲۷	۲/۰۱
مرداد	۰/۳۶	۰/۵۱	۱/۸۷	۲/۲۱
شهریور	۰/۰۲	۰/۳۸	۱/۴۳	۰/۹۷
مهر	۰/۴۰	۰/۱۵	۱/۱۰	۰/۶۴
آبان	۰/۰۵	۰/۰۰	۰/۳۶	۰/۴۱
آذر	۰/۸۷	۰/۰۱	۰/۸۰	۰/۰۹
دی	۰/۲۲	۰/۲۶	۰/۵۱	۰/۴۵
بهمن	۱/۰۵	۰/۳۳	۱/۳۸	۰/۶۷
اسفند	۰/۰۱	۰/۰۱	۰/۶۷	۰/۴۸

برای ایستگاه قزوین نیز دمای حداقل روزانه در ماه‌های خرداد، تیر، مرداد و شهریور و دمای حداکثر روزانه در ماه‌های تیر، مرداد و شهریور افزایش معنی‌داری را در سطح ۵ درصد برای دوره آبی نشان می‌دهد (جدول ۳).





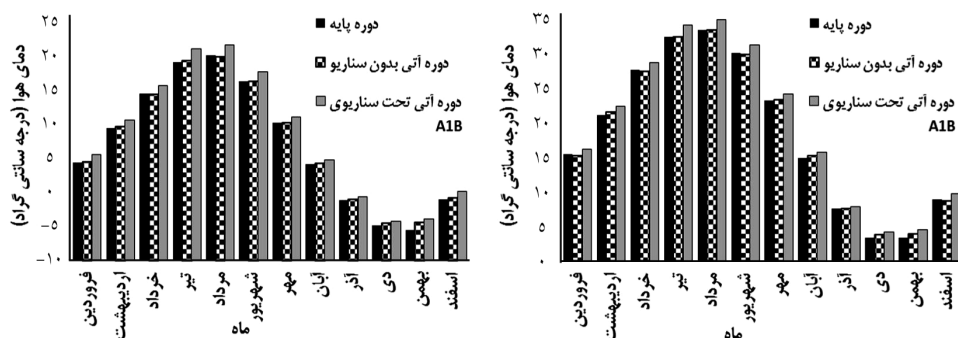
شکل ۲- میانگین ماهانه حداقل دماهای روزانه (سمت چپ) و حداکثر دماهای روزانه (سمت راست) در ایستگاه قزوین.

جدول ۳- آزمون t برای مقایسه اختلاف میانگین‌های ماهانه حداقل و حداکثر دماهای روزانه مشاهداتی با داده‌های تولید شده دوره آتی تحت سناریوی AIB و بدون سناریو در ایستگاه قزوین.

ماه	دمای حداقل بدون سناریو	دمای حداکثر بدون سناریو	دمای حداقل سناریوی AIB	دمای حداکثر سناریوی AIB
فروردین	۰/۱۷	۰/۰۵	۰/۸۶	۱/۱۸
اردیبهشت	۰/۲۹	۰/۴۵	۱/۵۴	۱/۷۸
خرداد	۰/۰۵	۰/۲۳	۱/۶۰	۲/۱۰
تیر	۰/۱۸	۰/۵۴	۲/۰۲	۲/۹۹
مرداد	۰/۴۱	۰/۱۴	۲/۷۹	۲/۳۸
شهریور	۰/۲۶	۰/۰۴	۱/۸۲	۲/۲۳
مهر	۰/۲۱	۰/۰۰	۰/۹۷	۱/۴۳
آبان	۰/۰۰	۰/۱۸	۰/۷۳	۰/۶۹
آذر	۰/۱۷	۰/۰۶	۰/۴۸	۰/۶۶
دی	۰/۲۲	۰/۰۷	۰/۴۹	۰/۶۸
بهمن	۰/۷۷	۰/۳۷	۰/۹۰	۱/۳۱
اسفند	۰/۱۲	۰/۵۵	۰/۱۰	۰/۶۶

آزمون مقایسه میانگین‌ها برای ایستگاه تبریز نیز افزایش معنی‌دار دمای حداقل روزانه را در ماه‌های اردیبهشت، خرداد، تیر، مرداد و شهریور و دمای حداکثر روزانه را در ماه‌های تیر و مرداد در دوره آتی در سطح ۵ درصد تأیید می‌کند (جدول ۴).

نشریه پژوهش‌های حفاظت آب و خاک جلد (۲۱)، شماره (۴) ۱۳۹۳



شکل ۳- میانگین ماهانه حداقل دماهای روزانه (سمت چپ) و حداکثر دماهای روزانه (سمت راست) در ایستگاه تبریز.

جدول ۴- آزمون t برای مقایسه اختلاف میانگین‌های ماهانه حداقل و حداکثر دماهای روزانه مشاهداتی با داده‌های تولید شده دوره آبی تحت سناریوی AIB و بدون سناریو در ایستگاه تبریز.

ماه	دمای حداقل بدون سناریو	دمای حداکثر بدون سناریو	دمای حداقل سناریوی AIB	دمای حداکثر سناریوی AIB
فروردین	۰/۱۴	۰/۲۶	۱/۴۸	۰/۷۹
اردیبهشت	۰/۳۲	۰/۳۳	۱/۸۹	۱/۲۴
خرداد	۰/۱۶	۰/۳۳	۲/۰۱	۱/۲۰
تیر	۰/۴۷	۰/۰۶	۳/۳۶	۲/۳۷
مرداد	۰/۱۷	۰/۰۶	۳/۰۳	۲/۶۷
شهریور	۰/۰۵	۰/۲۶	۲/۲۳	۱/۵۶
مهر	۰/۱۵	۰/۰۷	۱/۴۵	۱/۰۷
آبان	۰/۱۷	۰/۴۵	۰/۹۴	۰/۹۰
آذر	۰/۲۵	۰/۰۲	۰/۶۶	۰/۳۹
دی	۰/۲۸	۰/۵۱	۰/۶۴	۰/۸۶
بهمن	۱/۰۵	۰/۵۰	۱/۵۹	۰/۹۹
اسفند	۰/۲۱	۰/۱۵	۱/۳۷	۰/۷۴

تغییرات شروع و پایان و طول دوره یخبندان: پس از استخراج تاریخ یخبندان‌های هر سال با چهار آستانه دمایی کم‌تر از صفر، ۱/۱-، ۲/۲- و ۳/۳- درجه سانتی‌گراد، توزیع‌های آماری بر روی آن‌ها برآزش و آزمون‌های نکویی برآزش مشخص کرد توزیع آماری مقادیر حدی بهترین برآزش را بر تاریخ

وقوع یخبندان‌ها دارد. براساس تابع چگالی احتمالاتی توزیع مقادیر حدی، شماره روز با مقادیر احتمالاتی ۵۰ درصد تعیین شد. بررسی این مقادیر احتمالاتی، (جدول ۲) نشان می‌دهد در ایستگاه مشهد یخبندان‌ها بین ۱۲-۵ روز زودتر شروع شده و تا حدود ۶ روز زودتر نیز به پایان می‌رسد. در ایستگاه قزوین نیز آخرین یخبندان‌ها ۸-۵ روز زودتر اتفاق می‌افتد ولی در شروع یخبندان‌ها تغییر قابل ملاحظه‌ای ایجاد نمی‌شود. در ایستگاه تبریز این تغییرات کم‌تر دیده می‌شود (جدول ۵).

جدول ۵- تاریخ اولین و آخرین و طول دوره یخبندان.

ایستگاه	آستانه یخبندان	دوره مشاهداتی			دوره آتی	
		اولین یخبندان	آخرین یخبندان	طول دوره یخبندان (روز)	اولین یخبندان	آخرین یخبندان
مشهد	۰	۶ آبان	۵ فروردین	۱۵۳	۷ آبان	۲۵ اسفند
	-۱/۱	۱۷ آبان	۲۳ اسفند	۱۳۰	۱۲ آبان	۱۸ اسفند
	-۲/۲	۲۷ آبان	۱۸ اسفند	۱۱۵	۱۵ آبان	۱۲ اسفند
	-۳/۳	۱ آذر	۱۴ اسفند	۱۰۶	۲۴ آبان	۸ اسفند
قزوین	۰	۲۰ آبان	۱۰ فروردین	۱۴۴	۲۳ آبان	۲ فروردین
	-۱/۱	۳۰ آبان	۲۹ اسفند	۱۲۳	۳۰ آبان	۵ فروردین
	-۲/۲	۱ آذر	۲۵ اسفند	۱۱۷	۴ آذر	۱۹ اسفند
	-۳/۳	۷ آذر	۲۱ اسفند	۱۰۷	۷ آذر	۱۳ اسفند
تبریز	۰	۲۱ آبان	۸ فروردین	۱۴۱	۲۳ آبان	۴ فروردین
	-۱/۱	۲۶ آبان	۲۹ اسفند	۱۲۷	۲۷ آبان	۲۷ اسفند
	-۲/۲	۲ آذر	۲۴ اسفند	۱۱۵	۳۰ آبان	۲۲ اسفند
	-۳/۳	۷ آذر	۲۱ اسفند	۱۰۷	۶ آذر	۱۵ اسفند

تغییرات تعداد روزهای یخبندان: نتایج جدول‌های ۶، ۷ و ۸ نشان می‌دهد تعداد روزهای یخبندان در آینده در تمام ایستگاه‌های مطالعاتی حدود ۱۳ روز کاهش می‌یابد. همچنین در دوره‌های آتی شاهد کاهش انحراف معیار، میانگین بیشینه و کمینه تعداد روزهای یخبندان در سال خواهیم بود و این بیانگر آن است که تعداد سال‌های با وقایع حدی زیاد، کاهش خواهد یافت.

نشریه پژوهش‌های حفاظت آب و خاک جلد (۲۱)، شماره (۴) ۱۳۹۳

جدول ۶- تعداد روزهای یخبندان طی دوره مشاهداتی و دوره آتی در ایستگاه مشهد.

دوره	پارامتر آماری	آستانه‌های دمایی یخبندان‌ها		
		۰	-۱/۱	-۲/۲
دوره مشاهداتی	میانگین	۸۷/۷	۶۳/۴	۴۹/۴
	بیشینه	۱۲۵	۱۰۵	۹۴
	کمینه	۳۹	۲۰	۱۳
	انحراف معیار	۲۱/۷	۱۹/۶	۱۹/۳
دوره آتی	میانگین	۷۵/۴	۵۷/۶	۴۱/۵
	بیشینه	۹۳	۷۳	۵۸
	کمینه	۶۷	۴۵	۳۱
	انحراف معیار	۶/۱	۶/۶	۶/۸
اختلاف تعداد روز یخبندان بین دوره‌ها		۱۲/۳	۵/۸	۷/۹

جدول ۷- تعداد روزهای یخبندان طی دوره مشاهداتی و دوره آتی در ایستگاه قزوین.

دوره	پارامتر آماری	آستانه‌های دمایی یخبندان‌ها		
		۰	-۱/۱	-۲/۲
دوره مشاهداتی	میانگین	۸۹	۶۵/۱	۵۳/۳
	بیشینه	۱۳۶	۱۰۱	۹۵
	کمینه	۴۵	۱۰	۵
	انحراف معیار	۱۷	۱۸/۸	۱۸/۷
دوره آتی	میانگین	۷۶	۵۷/۴	۴۳/۸
	بیشینه	۸۸	۶۸	۵۷
	کمینه	۶۴	۴۴	۲۹
	انحراف معیار	۵/۱	۵/۲	۶/۵
اختلاف تعداد روز یخبندان بین دوره‌ها		۱۳	۷/۷	۹/۵

## خلیل قربانی و اسماعیل ولیزاده

جدول ۸- تعداد روزهای یخبندان طی دوره مشاهداتی و دوره آتی در ایستگاه تبریز.

دوره	پارامتر آماری	آستانه‌های دمایی یخبندانها		
		-۳/۳	-۲/۲	-۱/۱
دوره مشاهداتی	میانگین	۵۳/۹	۶۶/۵	۷۹/۳
	بیشینه	۱۰۲	۱۱۵	۱۲۶
	کمینه	۱۴	۲۹	۴۴
	انحراف معیار	۱۹/۸	۱۸/۳	۱۶/۴
دوره آتی	میانگین	۴۶/۶	۵۸/۸	۷۳/۸
	بیشینه	۵۸	۷۰	۸۷
	کمینه	۲۹	۴۳	۵۹
	انحراف معیار	۶	۵/۶	۴/۷
اختلاف تعداد روز یخبندان بین دوره‌ها		۷/۳	۷/۷	۵/۵

**تغییرات شروع و پایان و طول دوره سرما:** در مورد سرماها نیز تاریخ سرماهای زودرس و دیررس هر سال با سه آستانه دمایی کم‌تر از ۱/۱، ۲/۲ و ۳/۳ درجه سانتی‌گراد، استخراج و توزیع‌های آماری بر روی آن‌ها برآزش داده شد. نتایج آزمون‌های نکویی برآزش نشان داد توزیع آماری مقادیر حدی بهترین برآزش را بر تاریخ وقوع سرماها دارد. براساس تابع چگالی احتمالاتی توزیع مقادیر حدی، شماره روز با مقادیر احتمالاتی ۵۰ درصد برای هر آستانه دمایی از شهرستان‌های مورد مطالعه تعیین شدند. نتایج بررسی سرماها نیز نشان می‌دهد (جدول ۹) در ایستگاه مشهد اولین سرما، ۴-۱ روز زودتر شروع شده و بین ۱۱-۸ روز زودتر نیز به پایان می‌رسد. در ایستگاه قزوین شروع اولین سرما، ۵-۱ روز دیرتر شروع شده و ۱۰-۸ روز زودتر نیز پایان می‌یابد. در ایستگاه تبریز نیز در شروع اولین سرما تغییر قابل ملاحظه‌ای ایجاد نمی‌شود ولی پایان آخرین سرما بین ۷-۴ روز زودتر اتفاق می‌افتد.

نشریه پژوهش‌های حفاظت آب و خاک جلد (۲۱)، شماره (۴) ۱۳۹۳

جدول ۹- تاریخ اولین و آخرین و طول دوره یخبندان.

ایستگاه	آستانه‌های دمایی (سلسیوس)	دوره مشاهداتی			دوره آتی		
		اولین سرمای زودرس	آخرین سرمای زودرس	طول مدت سرما (روز)	اولین سرمای دیررس	آخرین سرمای دیررس	طول مدت سرما (روز)
مشهد	۱/۱	۲۸ مهر	۱۱ فروردین	۱۶۷	۲۹ اسفند	۱۵۶	
	۲/۲	۲۴ مهر	۱۲ فروردین	۱۷۲	۴ فروردین	۱۶۸	
	۳/۳	۱۹ مهر	۲۱ فروردین	۱۸۶	۱۰ فروردین	۱۷۷	
قزوین	۱/۱	۱۳ آبان	۱۵ فروردین	۱۵۶	۷ فروردین	۱۴۴	
	۲/۲	۹ آبان	۲۴ فروردین	۱۷۰	۱۴ فروردین	۱۵۸	
	۳/۳	۳ آبان	۳۰ فروردین	۱۸۱	۲۲ فروردین	۱۶۸	
تبریز	۱/۱	۱۶ آبان	۱۳ فروردین	۱۵۱	۹ فروردین	۱۴۵	
	۲/۲	۱۳ آبان	۱۹ فروردین	۱۶۰	۱۴ فروردین	۱۵۵	
	۳/۳	۸ آبان	۲۶ فروردین	۱۷۲	۱۹ فروردین	۱۶۶	

تغییرات تعداد روزهای سرما: تغییرات تعداد روزهای سرما نیز نشان می‌دهد تعداد روزهای سرما در آینده در تمام ایستگاه‌های مطالعاتی، به‌طور متوسط تا حدود ۱۱ روز در ایستگاه تبریز و ۸ روز در ایستگاه‌های مشهد و قزوین کاهش خواهد یافت (جدول‌های ۱۰، ۱۱ و ۱۲).

جدول ۱۰- تعداد روزهای سرما طی دوره مشاهداتی و دوره آتی در ایستگاه مشهد.

دوره	پارامتر آماری	آستانه‌های دمایی سرماها		
		۱/۱	۲/۲	۳/۳
دوره مشاهداتی	میانگین	۱۰۲/۷	۱۱۶/۷	۱۱۶/۷
	بیشینه	۱۴۰	۱۵۱	۱۵۱
	کمینه	۵۶	۸۲	۸۲
	انحراف معیار	۲۰	۱۷/۴	۱۷/۴
دوره آتی	میانگین	۹۳/۵	۱۰۸/۸	۱۰۸/۸
	بیشینه	۱۰۹	۱۲۳	۱۲۳
	کمینه	۸۲	۹۹	۹۹
	انحراف معیار	۵/۹	۵/۸	۵/۸
اختلاف تعداد روز سرما بین دوره‌ها		۹/۲	۷/۹	۷/۹

### خلیل قربانی و اسماعیل ولیزاده

جدول ۱۱- تعداد روزهای سرما طی دوره مشاهداتی و دوره آتی در ایستگاه قزوین.

دوره	پارامتر آماری	آستانه‌های دمایی سرماها		
		۱/۱	۲/۲	۳/۳
دوره مشاهداتی	میانگین	۱۰۲/۷	۱۱۶/۹	۱۱۶/۹
	بیشینه	۱۴۶	۱۵۷	۱۵۷
	کمینه	۵۹	۸۵	۸۵
	انحراف معیار	۱۵/۶	۱۴/۱	۱۴/۱
دوره آتی	میانگین	۹۲/۵	۱۰۸/۵	۱۰۸/۵
	بیشینه	۱۰۳	۱۲۰	۱۲۰
	کمینه	۷۷	۹۴	۹۴
	انحراف معیار	۵	۵	۵
اختلاف تعداد روز سرما بین دوره‌ها		۱۰/۳	۸/۳	۸/۳

جدول ۱۲- تعداد روزهای سرما طی دوره مشاهداتی و دوره آتی در ایستگاه تبریز.

دوره	پارامتر آماری	آستانه‌های دمایی سرماها		
		۱/۱	۲/۲	۳/۳
دوره مشاهداتی	میانگین	۱۱۴	۱۲۷/۳	۱۲۷/۳
	بیشینه	۱۳۸	۱۴۷	۱۴۷
	کمینه	۸۶	۱۰۰	۱۰۰
	انحراف معیار	۱۱/۲	۱۰/۲	۱۰/۲
دوره آتی	میانگین	۱۰۳/۱	۱۱۶/۴	۱۱۶/۴
	بیشینه	۱۱۲	۱۲۵	۱۲۵
	کمینه	۹۱	۱۰۷	۱۰۷
	انحراف معیار	۴	۴/۴	۴/۴
اختلاف تعداد روز سرما بین دوره‌ها		۱۰/۹	۱۱	۱۱

نتایجی که از این پژوهش به دست آمد با نتایج دیگر پژوهشگران مانند صداقت‌کردار و رحیم‌زاده (۲۰۰۸)، مبنی بر افزایش طول دوره رشد و کاهش طول دوره یخبندان در ایران، همچنین بونسال (۲۰۰۱) که شاهد کاهش تعداد روزهای یخبندان در کانادا بود و فریچ و همکاران (۲۰۰۲) که افزایش طول فصل رشد را در عرض‌های بالا و میانی نیم‌کره شمالی گزارش کرده بود هم‌خوانی دارد.

### نتیجه‌گیری کلی

در این پژوهش که به بررسی وضعیت سرماها و یخبندان‌ها در ایستگاه‌های هواشناسی مشهد، قزوین و تبریز تحت تأثیر پدیده تغییر اقلیم پرداخته شده است ابتدا وضعیت تغییر اقلیم در ایستگاه‌های مطالعاتی مورد بررسی قرار گرفت که نشان از افزایش در میانگین ماهانه حداقل و حداکثر دمای روزانه در دوره آبی تا حدود ۳ درجه سانتی‌گراد دارد. بر این اساس بررسی وضعیت یخبندان‌ها و سرماها نیز نشان می‌دهد که اولین سرما و یخبندان‌های پاییزه در دوره آبی زودتر از قبل آغاز شده و سرما و یخبندان‌های بهاره نیز زودتر به پایان می‌رسند. همچنین طول دوره سرما و یخبندان نیز کاهش می‌یابد، که این خود نشانگر پیامد تغییر اقلیم در ایستگاه‌های مطالعاتی است.

### منابع

1. Alizadeh, A., Mousvi, M., and Kamali, G. 1994. Since the occurrence of the first frost of autumn and last spring frost in Khorasan. *Nivar J.* 24: 38-56.
2. Bazrafshan, J. 2009. Agricultural Drought Risk Assessment and Searching a Sufficient Method for Estimating its Quantitative Impact on Crops Yield of Wheat and Barley. Ph.D. Thesis of agrometeorology, University of Tehran. 253p.
3. Bonsal, B.R., Zhang, X., Vincent, L.A., and Hogg, W.D. 2001. Characteristics of Daily and Extreme Temperatures over Canada. *J. Clim.* 14: 1959-1976.
4. Easterling, D.R. 2002. Recent changes in frost days and the frost-free season in the United States, *Bull. Am. Meteorol. Soc.* 83: 1327-1332.
5. Frich, P., Alexander, L., Della-Marta, P., Gleason, B., Haylock, M., Tank, A.K., and Peterson, T. 2002. Observed coherent changes in climatic extremes during the second half of the twentieth century, *Climate Research.* 19: 193-212.
6. Martinez, M.D., Serra, C., Burgueno, A., and Lana, X. 2010. Time trends of daily maximum and minimum temperatures in Catalonia (ne Spain) for the period 1975-2004, *Inter. J. Clim.* 30: 267-290.
7. Mojarad Gharebagh, F. 1989. The Analysis and Forecast of Frost in Azerbaijan, Ph.D. thesis, Tarbiat Moaalem University, Tehran. 187p.
8. Racsco, P., and Szeidl, L. 1991. A serial approach to local stochastic weather models. *Ecological Modelling.* 57: 27-41.
9. Samiei, M., and Bastani, Kh. 1988. Climatic data analysis and probability since the beginning and end of winter and spring frost at critical thresholds of temperature and growing season length in Iran. Iran Meteorological Organization Publications.



10. Sedaghat Kerdar, A., and Rahimzade, F. 2008. Variation of growing season length (GSL) over second half of 20<sup>th</sup> in Iran. *Pajouhesh and Sazandegi*. 75: 182-193.
11. Semenov, M.A., Brooks, R.J., Barrow, E.M., and Richardson, C.W. 1998. Comparison of the WGEN and LARS-WG stochastic weather generators for diverse climates. *Climate Research*. 10: 95-107.
12. Waylen, P.R. 1988. Statistical analysis of freezing temperatures in Central and Southern Florida. *J. Clim.* 8: 6. 607-628.
13. World meteorological organization. 2010. *Agricultural meteorological practices*, WMO, No. 134. 799p.



Gorgan University of Agricultural  
Sciences and Natural Resources

*J. of Water and Soil Conservation, Vol. 21(4), 2014*  
<http://jwsc.gau.ac.ir>

## **Studying frost and chilling dates affecting agriculture under climate change (Case study: Mashhad, Tabriz and Qazvin)**

**\*Kh. Ghorbani<sup>1</sup> and E. Valizadeh<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Assistant Prof., Dept. of Water Engineering, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, <sup>2</sup>M.Sc. Graduate, Dept. of Agrometeorology, Sari University of Agricultural Sciences and Natural Resources

Received: 09/06/2013; Accepted: 05/08/2014

### **Abstract**

Studying the phenomenon of frost and chilling is one of the fundamental researches in the field of Agroclimatology and knowing how and when they occur, could be useful significantly in the agricultural sector. Climate change which causes changes in temperature parameters influences the frost. To this end, a research was done so that the beginning of the first frost and chilling in autumn, the last frost and chilling in spring and also period of the frost and freezing at three weather stations in Tabriz, Qazvin and Mashhad would be checked during 1961-2005 as the basis period and during 2005-2050 as the future period. The data of the future period was produced based on output of Hadcm3, under the scenario A1B, using the software of data generator LASR-WG. Then time series of the dates of the first and last frost and chilling in autumn and spring was formed for each year during the periods of the study and the best statistic distribution was fitted for each of them and the possibilities of their happening were calculated. The results showed that at all stations affected by the climate change, the first frost and chilling in autumn will occur earlier and the last frost and chilling in spring will occur earlier and length of frost and chilling period will decrease.

**Keywords:** Frost, Climate change, LARS-WG, Chilling

---

\* Corresponding Author; Email: [ghorbani.khalil@yahoo.com](mailto:ghorbani.khalil@yahoo.com)