

## بررسی و پهنه‌بندی یخبندان های زود هنگام پاییزه، دیر هنگام بهاره و زمستانه با استفاده از GIS در استان خراسان رضوی

آمنه میان آبادی<sup>۱</sup> - محمد موسوی بایگی<sup>۲\*</sup> - حسین ثنائی نژاد<sup>۳</sup> - احمد نظامی<sup>۲</sup>

تاریخ دریافت: ۸۷/۴/۱۰

تاریخ پذیرش: ۸۷/۸/۲۰

### چکیده

گیاهان در دامنه گرمایی مشخصی قابلیت رشد و نمو و فعالیت زیستی دارند. اگرچه در هواشناسی دمای صفر درجه سلسیوس به عنوان دمای یخبندان مطرح است، اما در هواشناسی کشاورزی یخبندان در دماهای پایین‌تری که برای هر گیاهی متفاوت است، اتفاق می‌افتد و منجر به آسیب به بافت‌های گیاهی می‌شود. در استان خراسان نخستین یخبندان های پاییزه باعث وارد آوردن خسارت پنبه و چغندر قند در زمان برداشت می‌شود و بر زمان کشت گندم و جو موثر است. آخرین یخبندان بهاره نیز همه ساله خسارات زیادی به محصولات کشاورزی وارد می‌آورد. چرا که وقوع این یخبندان هنگام گلدهی درختان میوه باعث از بین رفتن گل ها می‌شود. برای بررسی این پدیده در استان خراسان رضوی، یخبندان‌های پاییزه، بهاره و زمستانه با تعیین آستانه‌های دمایی مناسب بررسی و احتمال وقوع آن‌ها به دست آمد. در نهایت سطح استان خراسان رضوی از لحاظ وقوع پدیده یخبندان پهنه‌بندی شد. نتایج نشان داد که وقوع یخبندان‌های پاییزه از شمال استان آغاز شده و سپس مناطق جنوبی را در بر می‌گیرد. همچنین یخبندان‌های بهاره در جنوب استان زودتر به پایان می‌رسد. یخبندان‌های زمستانه نیز بیشتر در شمال استان به وقوع می‌پیوندد.

**واژه های کلیدی:** یخبندان پاییزه، یخبندان بهاره، یخبندان زمستانه، خراسان رضوی، پهنه‌بندی

### مقدمه

است. تاثیر سرما و یخ زدگی در گیاه به شدت سرما، مدت آن و مرحله رشدی گیاه بستگی دارد و در این میان مدت سرما اثر بیشتری نسبت به شدت سرما دارد (۱).

منطقه مورد مطالعه در این پژوهش استان خراسان رضوی می‌باشد که در منطقه معتدله شمالی قرار داشته و از نظر موقعیت طبیعی، به دو بخش شمالی و جنوبی تقسیم می‌شود. اقلیم منطقه معمولاً خشک و نیمه خشک می‌باشد. بلندترین نقطه استان در ارتفاعات بینالود در شمال نیشابور با ارتفاع ۳۲۱۱ متر از سطح دریا قرار دارد و پست ترین نقطه استان در دشت سرخس در حاشیه مرز ایران و ترکمنستان با ارتفاع ۳۰۰ متر از سطح دریا واقع شده است. بخش‌های شمال استان بیشتر کوهستانی هستند که بین آن‌ها دشت‌های حاصلخیز قرار گرفته و به سبب بارندگی‌های قابل توجه، از شرایط مناسب کشاورزی و دامداری برخوردار شده است. بخش‌های جنوبی استان به سبب مجاورت با کویر و پست بودن ناحیه دارای بارندگی‌های کمی است، که این امر موجب فقر پوشش گیاهی و فقدان شرایط مناسب برای کشاورزی شده است (۶). در استان خراسان اولین یخبندان های پاییزه باعث وارد آوردن خساراتی به پنبه و چغندر قند

محصولات کشاورزی در دامنه گرمایی مشخصی قابلیت رشد و نمو و فعالیت زیستی دارند. آستانه پایین‌تر از این دامنه گرمایی، دمایی است که در آن اندام‌های گیاهی یخ زده و رشد متوقف می‌شود. به طور کلی یخبندان به شرایطی اطلاق می‌شود که در آن دمای سطح زمین و اشیایی که در پیوند با آن می‌باشند به کمتر از صفر درجه سلسیوس برسد (۱۰) و کریستال‌های نازک یخ بر روی آن‌ها تشکیل شود. در هواشناسی کشاورزی، یخبندان به وقوع دماهای پایین در حدی که منجر به خسارت به بافت‌های گیاهی شود اطلاق می‌گردد که این نوع یخبندان با توجه به دماهای بحرانی برای هر محصولی متفاوت است (۳، ۱).

تحمل گیاهان مختلف نسبت به سرما در فصل زمستان متفاوت

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد هواشناسی کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد

۲- دانشیار دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد

\* - نویسنده مسئول : (Email: [mousavi500@yahoo.com](mailto:mousavi500@yahoo.com))

۳- استادیار دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد

در زمان برداشت می‌شود و بر زمان کشت گندم و جو موثر است. آخرین یخبندان بهاره نیز همه ساله خسارات زیادی به محصولات کشاورزی وارد می‌آورد. چرا که وقوع این یخبندان هنگام گلدھی درختان میوه باعث از بین رفتن گل‌ها می‌شود (۱۰، ۲).

هربر<sup>۱</sup> و اشمیر<sup>۲</sup> (۱۹۶۳) نخستین بار مشخص کردند که گونه‌های سوزنی برگ نخستین سرماهای پاییزه را بهتر از سایر گیاهان تحمل می‌کنند و آستانه حرارتی کمینه آن‌ها از سایر گیاهان پایین‌تر است (۷). تام<sup>۳</sup> و شاو<sup>۴</sup> نشان دادند که تاریخ‌های وقوع اولین سرماهای پاییزه و آخرین سرماهای بهاره در عین تصادفی بودن کاملاً مستقل از یکدیگرند و می‌توان دوره برگشت برای طول دوره بدون یخبندان را برای هر گیاه زراعی تعیین نمود (۱۷). رزبرگ<sup>۵</sup> و مایر<sup>۶</sup> که نوع یخبندان را در کشاورزی مهمتر از میانگین تاریخ وقوع می‌دانستند، سعی داشتند که به صورت تفکیک شده سرماهای تابشی و همرفتی را دسته بندی کنند. این دو نفر نتایج تحقیقات خود را بر اساس تاریخی که آخرین سرماهای بهاره و اولین سرماهای پاییزه و به صورت تابشی و همرفتی واقع شده بود ارائه دادند. آن‌ها با توجه به مطالعات خود در نبراسکا نشان دادند که ۷ تا ۳۰ درصد آخرین سرماهای بهاره و ۱۷ تا ۴۲ درصد اولین سرماهای پاییزه از نوع فرارفتی است (۱۶).

سازمان هواشناسی جهانی با پیشنهاد ۱۲ آستانه حرارتی از کشور های عضو خواسته است که تحقیقات خود را برای این آستانه ها که می‌تواند غالب گیاهان زراعی را پوشش دهد به انجام برسانند. این آستانه ها عبارتند از: ۴/۴، ۳/۳، ۲/۲، ۱/۱، ۰، ۱/۱-، ۲/۲-، ۳/۳-، ۴/۴-، ۵/۶-، ۶/۷- و ۸/۹- درجه سلسیوس (۱۸).

هاشمی در سال ۱۳۴۸ با استناد به تحقیقات انجام شده در آمریکا سری‌های زمانی شروع و خاتمه سرما و یخبندان در تهران را برای چهار آستانه حرارتی تحلیل نمود (۱۴). علیزاده و موسوی با تحلیل داده‌های ایستگاه‌های خراسان و انتخاب آستانه‌های مختلف به این نتیجه رسیدند که به عنوان مثال به احتمال ۸۰ درصد یخبندان‌های ملایم بهاره مشهود در ۲۹ اسفند و یخبندان‌های شدید آن در ۱۳ اسفند پایان می‌پذیرد. همچنین یخبندان‌های پاییزه ملایم ۱۶ آبان و یخبندان‌های شدید ۸ آذر آغاز می‌گردد (۱۰).

کمالی در تهران، یخبندان‌ها را به سه گروه ملایم (صفر تا ۱/۱-)، متوسط (۱/۱- تا ۳/۳-) و شدید (کمتر از ۳/۳-) تقسیم بندی کرد. نتایج نشان داد که به طور متوسط تاریخ وقوع آخرین یخبندان بهاره در تهران روز ۱۹ مارس (۲۹ اسفند) و اولین سرمای

پاییزه نیز به طور متوسط در ۳۰ نوامبر (۱۰ آذر) اتفاق می‌افتد (۱۱). طباطبایی و همکاران تحقیقی مشابه را در یزد انجام داده و تاریخ وقوع اولین یخبندان‌های پاییزه و آخرین یخبندان‌های بهاره را تعیین نمودند (۹). توکلی و حسینی با مطالعه روی بیش از ۸۰۰۰ داده مربوط به دمای کمینه دمای روزانه ایستگاه اکباتان طی ۲۳ سال نتیجه گرفتند که یخبندان‌های شدید بیشتر در ماه‌های دی و بهمن، یخبندان‌های متوسط در ماه‌های مهر، آبان، بهمن و اسفند و یخبندان‌های ملایم بیشتر در آبان ماه اتفاق می‌افتد. همچنین با بررسی فراوانی وقوع یخبندان‌ها روند کاهشی در وقوع این پدیده مشاهده شد. آن‌ها همچنین به این نتیجه رسیدند که تاریخ شروع یخبندان پاییزه با تاریخ پایان یخبندان بهاره در همان سال همبستگی خوبی دارد (۳). رسولی (۱۳۸۳) برای بررسی اثر یخبندان بر گیاهان مقابله با سرمازدگی در گندم و جو را مورد بررسی قرار داده و نتیجه گرفت که مقاومت گندم به سرمازدگی بیشتر از جو است. وی پیشنهاد کرد که تاریخ کاشت گندم باید به گونه‌ای باشد که در زمستان گذرانی در مرحله پنجه‌زنی باشد (۵). در سال ۱۹۶۵ سازمان کشاورزی ایالات متحده امریکا<sup>۷</sup> یک طبقه بندی براساس میانگین دمای سالانه مطرح کرد. این طبقه بندی باعث تولید نقشه مناطق تحمل گیاهان (از نظر دمایی) برای ایالات متحده، مکزیک و کانادا گردید (۱۳).

آرون<sup>۸</sup> و ربرت<sup>۹</sup> مطالعاتی را در مورد درجه حرارت‌های زیان بخش و اثرات سرمازدگی بر روی گیاهان در منطقه کالیفرنیا انجام دادند. پارامترهای مورد بررسی دمای بیشینه، دمای کمینه، میانگین رطوبت نسبی و دمای دماسنج تر بودند که پس از تعیین احتمالات وقوع سرما در هر منطقه، نقشه‌های مربوطه تهیه شد (۱۳). کریستینا<sup>۱۰</sup> و همکاران مدل سازی تغییرات سرما در مقیاس محلی با استفاده از سامانه‌های اطلاعات جغرافیایی را مورد توجه قرار دادند. در نهایت براساس نتایج به دست آمده از مدل، نقشه مناطق مستعد وقوع درجه حرارت‌های بحرانی و وقوع سرمازدگی برای منطقه تهیه شد (۱۳). کردیلیس<sup>۱۱</sup> (Cordilis) و همکاران نیز در مورد پهنه بندی مناطق مستعد وقوع سرما در فرانسه از GIS استفاده کردند (۱۵). خواجه‌الدین و همکاران، مناطق قابل کشت بادام بدون خطر سرمازدگی در استان چهارمحال و بختیاری را با استفاده از GIS تعیین کردند (۱۳).

ضیایی و همکاران (۱۳۸۵) در استان فارس، بر اساس داده‌های ۲۵ ایستگاه موجود اقدام به تهیه اطلس احتمال وقوع کمینه دمای

7 - USDA

8 - Aron

9 - Robert

10 - Christina

11 - Cordilis

1 - Herber

2 - Schmeer

3 - Thom

4 - Shaw

5 - Rosenberg

6 - Myers

میلادی می باشد. در بخش خدمات ماشینی سازمان هواشناسی کشور بر روی داده ها کنترل کیفی صورت گرفته و کلیه آزمون های همگنی، استقلال و کفایت داده ها انجام شده است. فقط در بعضی موارد خلاء داده ها با استفاده از ایستگاه های مجاور و به روش نسبت ها برطرف شده است. جدول ۱ ایستگاه های مورد بررسی و تعداد سال های آماری موجود و نیز تعداد سال های مورد استفاده در این پژوهش را نشان می دهد. به دلیل کم بودن سال های آماری موجود در بعضی از ایستگاه ها و برای مقایسه بهتر میان ایستگاه ها تنها به دوره آماری هم پوشان (۱۳ سال) پرداخته شده است. با توجه به اطلاعات سطوح زیر کشت محصولات زراعی استان خراسان رضوی، ارقام مهم استان از لحاظ میزان سطح زیر کشت تعیین شدند. به این منظور میانگین سطح زیر کشت برای هر رقم در هر شهرستان در دوره آماری موجود مشخص گردید و در نهایت محصولات مهم منطقه انتخاب گردید. سپس با توجه به نیازهای اقلیمی این گیاهان آستانه های مختلف در مورد پدیده های زیان بخش انتخاب شده و مورد بررسی قرار گرفت.

استان نمودند. آن ها نشان دادند که هر چه عرض جغرافیایی ایستگاه کمتر شود، اولین یخبندان ها دیرتر و آخرین یخبندان ها زودتر اتفاق می افتد (۸). با بررسی پژوهش های گذشته می توان نتیجه گرفت که بررسی پدیده یخبندان و به خصوص پهنه بندی آن برای تعیین مناطق پرمخاطره ناشی از این پدیده و تمهیدات لازم برای مقابله با این مخاطره در بخش کشاورزی ضرورت بسیار دارد.

## مواد و روش ها

برای تهیه داده های کشاورزی، اطلاعات سطح زیر کشت محصولات زراعی استان خراسان رضوی مورد استفاده قرار گرفت. این اطلاعات که از پایگاه سازمان جهاد کشاورزی استان خراسان رضوی گرفته شد، شامل سطوح زیر کشت محصولات زراعی استان به تفکیک شهرستان ها از سال زراعی ۶۳-۱۳۶۲ تا ۸۵-۱۳۸۴ می باشد. داده های ده ایستگاه همدیدی فعال استان خراسان رضوی از بخش خدمات ماشینی سازمان هواشناسی کشور تهیه گردید. این اطلاعات شامل داده های سه ساعته و روزانه دما تا پایان سال ۲۰۰۵

جدول ۱- ایستگاه های همدیدی مورد مطالعه استان خراسان رضوی

ایستگاه	عرض جغرافیایی	طول جغرافیایی	ارتفاع از سطح دریا (متر)
قوچان	۴ ۳۷	۳۰ ۵۸	۱۲۸۷
گلمکان	۲۹ ۳۶	۱۷ ۵۹	۱۱۷۶
گناباد	۲۱ ۳۴	۴۱ ۵۸	۱۰۵۶
کاشمر	۱۲ ۳۵	۲۸ ۵۸	۱۱۰۹/۷
مشهد	۱۶ ۳۶	۳۸ ۵۹	۹۹۹/۲
نیشابور	۱۶ ۳۶	۴۸ ۵۸	۱۲۱۳
سبزوار	۱۲ ۳۶	۴۳ ۵۷	۹۷۷/۶
سرخس	۳۲ ۳۶	۱۰ ۶۱	۲۳۵
تربت حیدریه	۱۶ ۳۵	۱۳ ۵۹	۱۴۵۰/۸
تربت جام	۱۵ ۳۵	۳۵ ۶۰	۹۵۰/۴

حبس سنبله در پرچم<sup>۱</sup> و خوشه دهی، چغندر و پنبه در مرحله کاشت تا سبز شدن، زیره در مراحل رویشی، یونجه در مرحله باز رویشی و زعفران در حالت خواب می باشد. خربزه، هندوانه و کنجد دیم اگر زود کشت نشده باشند، معمولاً با این یخبندان مصادف نمی شوند (۱۲) و (۴). به این ترتیب با توجه به دماهای بحرانی در این مراحل برای هر گیاه آستانه دمایی صفر درجه سلسیوس انتخاب گردید.

بررسی پدیده یخبندان، به سه بخش تقسیم شد که شامل یخبندان دیررس بهاره، یخبندان زودرس پاییزه و یخبندان زمستانه می باشد. برای بررسی بهتر این پدیده از لحاظ تاثیر آن بر کشاورزی، ابتدا مراحل رشدی گیاهان که همزمان با این یخبندان ها می باشد، تعیین گردید. سپس با توجه به نیازهای گرمایی گیاهان و دماهای بحرانی در این مراحل رشدی آستانه آسیب پذیر یخبندان مشخص شد.

## یخبندان دیررس بهاره

به طور کلی در زمان وقوع این یخبندان، گندم و جو در مرحله

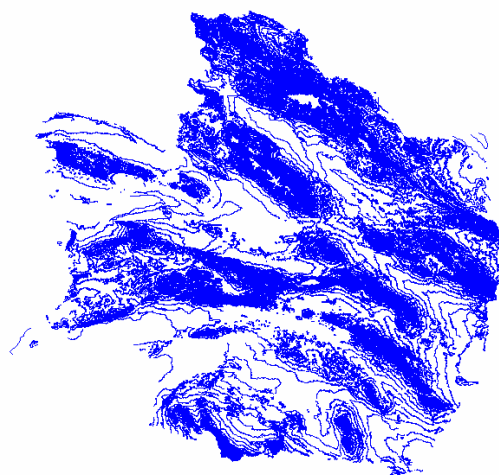
### یخبندان زودرس پاییزه

در این زمان اکثر گیاهان مورد نظر برداشت شده و یا در حال برداشت می‌باشند. گندم و جو در مرحله سبز شدن و استقرار و گندم و جو آبی در مرحله پنجه زنی می‌باشند. زیره و کنجد نیز معمولاً با این یخبندان مصادف نمی‌شوند (۴، ۱۲). به این ترتیب آستانه دمایی صفر درجه سلسیوس برای این یخبندان انتخاب شد.

### یخبندان زمستانه

هنگام وقوع یخبندان زمستانه، گندم و جو آبی در مرحله پنجه

زنی، گندم و جو در مرحله گیاهچه‌ای و ظهور پنجه و زعفران در مرحله رویشی می‌باشند. یونجه نیز بخشی از این مرحله را در خواب به سر می‌برد. سایر گیاهان با این یخبندان همزمان نمی‌شوند. به این ترتیب کمینه آستانه‌های دمایی قابل تحمل برای گیاهان این فصل (یونجه، گندم و جو) -۱۰، -۱۵ و -۲۰ انتخاب گردید (۱۲). البته از آن جایی که دماهای زیر -۲۰ درجه سلسیوس در دوره آماری مورد بررسی در منطقه فقط در دو مورد به وقوع پیوسته است، این آستانه دمایی حذف گردید.



(شکل ۱) - مدل ارتفاع رقومی (DEM) استان خراسان رضوی

(جدول ۲) معادلات استخراج شده برای هر پارامتر و ضریب تبیین مربوط به هر معادله

$R^2$	معادلات برای دوره ۱۳ ساله	پارامتر
0.99	$I = -67.99 + 0.0078h + 0.000013y + 0.000013x + 0.0000021(h - 1045.47)^2 + 9.122 * 10^{-11}(y - 3975041)^2 + 3.565 * 10^{-11}(x - 693635)^2$	تعداد روزهای با دمای کمینه کمتر از -۱۰
0.52	$I = -1.36 + 0.000287h + 0.0000018x$	تعداد روزهای با دمای کمینه کمتر از -۱۵
0.9	$I = 506.31 - 0.0478h - 0.000072y - 0.000148x$	روز شمار آغاز یخبندان با احتمال ۵۰٪
0.93	$I = -167.19 + 0.037h + 0.000072y + 0.0000706x$	روز شمار پایان یخبندان با احتمال ۵۰٪
0.83	$I = 527.86 - 0.049h - 0.000075y - 0.000141x$	روز شمار آغاز یخبندان با احتمال ۷۵٪
0.89	$I = -117.07 + 0.036h + 0.0000618y + 0.0000702x$	روز شمار پایان یخبندان با احتمال ۷۵٪
0.91	$I = -672.49 + 0.0846h + 0.0001441y + 0.000219x$	طول دوره یخبندان
0.87	$I = -666.3 + 0.085h + 0.0001305y + 0.0001824x$	تعداد روزهای یخبندان
0.88	$I = -119.1 + 0.0066h + 0.0000256y + 0.0000183x + 1.166 * 10^{-10}(y - 3975041)^2$	طول فصل مطلق یخبندان

### تهیه نقشه‌های پهنه‌بندی

برای تهیه نقشه‌های پهنه‌بندی ابتدا با توجه به ارتفاع و طول و عرض جغرافیایی معادلات مناسب با استفاده از نرم‌افزار آماری Jmp به دست آمد (جدول ۲). همچنین با استفاده از مدل ارتفاعی رقومی (شکل ۱) نقشه‌های مبنای ارتفاع، طول و عرض جغرافیایی تهیه شد. سپس این معادلات و نقشه‌ها وارد محیط نرم‌افزار Arcview 3.2 شده و نقشه‌های پهنه‌بندی حاصل شد. برای محاسبه پارامترهای آماری با توجه به توزیع آماری داده‌ها از نرم‌افزار Excel و Jmp استفاده شده است.

### نتایج

برای یخبندان بهاره و پاییزه مبنای صفر درجه در نظر گرفته شد. البته باید توجه داشت که دمای صفر درجه هوا به معنی دمای صفر درجه در گیاه نمی باشد و عموماً بافت گیاه کمی سردتر از هوای پیرامون آن است (۱). بنابراین می‌توان در مورد گیاهانی که زیر صفر درجه دچار یخبندان می‌شوند، مبنای صفر درجه را با اطمینان بیشتری به کار برد. همچنین در مورد یخبندان زمستانه مبنای ۱۰- و ۱۵- در نظر گرفته شد. لازم به ذکر است که داده‌های آغاز و پایان یخبندان و همچنین طول دوره یخبندان از توزیع نرمال و داده‌های روزهای با دمای کمینه کمتر از ۱۰- و ۱۵- در بعضی موارد از توزیع نرمال و در بعضی دیگر از توزیع پواسون تبعیت می‌نمایند. نتایج بررسی یخبندان در جدول های ۳ تا ۱۰ آمده است. در مورد یخبندان‌های زمستانه در این دوره قوچان با میانگین ۵/۶ روز در سال بیشترین وقوع دمای زیر ۱۰- درجه سلسیوس را دارا می باشد. به طور کلی از شکل ۲-الف پیداست که در نواری از شمال به سمت جنوب شرقی این یخبندان‌ها بیشتر به وقوع پیوسته است. در مورد دماهای زیر ۱۵- درجه سلسیوس نیز تربت جام با میانگین ۰/۵ روز در سال بیشترین تعداد وقوع این دما را به خود اختصاص داده است. شکل ۲-ب نیز نشان می‌دهد که نیمه شرقی استان بیشتر با این مخاطره رو به رو شده است. در این دوره، به طور میانگین گل‌مکان و نیشابور زودترین (۲۴ اکتبر، ۲ مهر) و سبزوار دیرترین (۲۹ نوامبر، ۸ آذر) میانگین تاریخ وقوع یخبندان پاییزه را داشته‌اند. شکل ۳-الف نشان می‌دهد که آغاز یخبندان با احتمال ۷۵ درصد از شمال استان و ارتفاعات شروع شده و سپس قسمت های مرکزی و بعد غرب استان را در بر می‌گیرد. سرخس نیز به دلیل شرایط پستی بلندی و قرار گرفتن در دشت از روند مذکور پیروی نمی‌کند.

آخرین یخبندان بهاره به طور میانگین در گناباد و سرخس (۱۳ مارس، ۲۲ اسفند) زودتر از دیگر مناطق به وقوع می‌پیوندد و دیرترین

آن در نیشابور و قوچان (۷ آوریل، ۱۸ فروردین) می‌باشد. شکل ۳-ب نشان می‌دهد یخبندان بهاره از غرب استان شروع به خاتمه نموده و سپس در بخش مرکزی و آن‌گاه در بخش شمالی استان به پایان می‌رسد.

یکی از پارامترهای مهم در یخبندان طول فصل یخبندان می‌باشد که به صورت تعداد روزهای بین اولین یخبندان پاییزه و آخرین یخبندان بهاره تعریف می‌شود و با توجه به آن طول فصل رشد مشخص می‌شود. بر این اساس طولانی‌ترین دوره یخبندان در سال در نیشابور با ۱۶۶ روز و کوتاه‌ترین آن در سبزوار با ۱۰۷ روز دیده می‌شود (جدول ۴). همچنین بیشترین تعداد روزهای یخبندان (روزهایی که دمای حداقل کمتر از صفر می‌باشد) مربوط به قوچان و ۹۷ روز در سال می‌باشد (جدول ۴). با توجه به شکل ۴-الف در نواری در میانه استان بیشترین طول دوره یخبندان و در نیمه غربی استان کمترین طول دوره یخبندان را شاهد هستیم. طول فصل مطلق یخبندان نیز به روزهایی اطلاق می‌شود که در آن دمای بیشینه نیز از صفر درجه سلسیوس کمتر باشد (جدول ۷). همچنین از آن جا که تاریخ آغاز و پایان یخبندان با احتمالات مختلف بررسی می‌شود، در ادامه میانگین تاریخ آغاز و پایان یخبندان با احتمالات ۲۵، ۵۰ و ۷۵ درصد ارائه می‌شود. ملاحظه می‌شود که با احتمال ۷۵ درصد یخبندان پاییزه از روز سوم نوامبر (۱۲ آبان) آغاز شده و تا روز پانزدهم دسامبر (۲۴ آذر) سراسر منطقه را در بر می‌گیرد. همچنین با همین احتمال یخبندان بهاره بیستم مارس (۱۹ اسفند) در سرخس پایان یافته و تا پانزدهم آوریل (۲۶ فروردین) کل منطقه یخبندان بهاره را پشت سر می‌گذارد.

### بحث

اولین یخبندان پاییزه در قوچان، گل‌مکان، نیشابور، تربت حیدریه و تربت جام زودتر از سایر نقاط شروع می‌شود. ایستگاه سبزوار نیز به دلیل قرار گرفتن در حاشیه ارتفاعات جغتای، تحت تاثیر جریان‌های غربی می‌باشد که دیرتر از جریان‌های شمالی منطقه را تحت تاثیر قرار می‌دهد. مهمترین محصولات مشترک در این مناطق گندم و جو می‌باشد که در این زمان در مراحل سبز شدن و استقرار و پنجه زنی می‌باشند. به منظور استقرار یک گیاهچه سالم و قوی از این غلات پاییزه باید آن‌ها را به اندازه کافی زود کشت نمود تا پیش از آن که دچار تنش سرما یا یخ زدگی شوند، به خوبی استقرار یابند. گیاهان مهم دیگر در این مناطق یونجه، چغندر قند، پنبه و خربزه می‌باشند که همه این گیاهان در آخر فصل رشد قرار دارند و می‌توان با دانستن تاریخ آغاز یخبندان، تا قبل از وقوع آن به برداشت محصول اقدام نمود.

(جدول ۳) - میانگین تعداد روزهای با دمای کمینه کمتر از ۱۰- و ۱۵- درجه سلسیوس در سال در دوره ۱۳ ساله (۱۹۹۳-۲۰۰۵)

ایستگاه	کمتر از ۱۰- درجه سلسیوس	کمتر از ۱۵- درجه سلسیوس
قوچان	۵/۶	۰/۲
گلمکان	۳/۴	۰/۴
گناباد	۱/۳	.
کاشمر	۰/۰۸	.
مشهد	۱/۸	۰/۱
نیشابور	۲/۷	.
سرخس	۱	۰/۲
سبزوار	۰/۱	.
تربت حیدریه	۴/۲	۰/۲
تربت جام	۲/۲	۰/۵

(جدول ۴) - میانگین آغاز و پایان یخبندان و طول دوره و تعداد روزهای یخبندان در سال در دوره ۱۳ ساله (۱۹۹۳-۲۰۰۵)

ایستگاه	میانگین آغاز یخبندان		میانگین خاتمه یخبندان		تعداد روزهای یخبندان (روز)	طول دوره یخبندان (روز)
	روزشمار از اول سپتامبر	تاریخ (میلادی)	روزشمار از اول سپتامبر	تاریخ (میلادی)		
قوچان	۵۶	۱۰/۲۶	۲۱۹	۴/۷	۱۶۴	۹۷
گلمکان	۵۴	۱۰/۲۴	۲۱۷	۴/۵	۱۶۴	۸۸
گناباد	۸۰	۱۱/۱۹	۱۹۴	۳/۱۳	۱۱۵	۵۱
کاشمر	۸۴	۱۱/۲۳	۱۹۶	۳/۱۵	۱۱۳	۳۸
مشهد	۶۴	۱۱/۳	۲۰۹	۳/۲۸	۱۴۶	۷۲
نیشابور	۵۴	۱۰/۲۴	۲۱۹	۴/۷	۱۶۶	۹۳
سبزوار	۹۰	۱۱/۲۹	۱۹۶	۳/۱۵	۱۰۷	۳۹
سرخس	۷۵	۱۱/۱۴	۱۹۴	۳/۱۳	۱۲۰	۳۹
تربت	۵۷	۱۰/۲۷	۲۱۴	۴/۲	۱۵۸	۸۵
حیدریه						
تربت جام	۵۶	۱۰/۲۶	۲۰۸	۳/۲۷	۱۵۳	۷۸

(جدول ۵) - احتمال وقوع تعداد روزهای با دمای کمینه کمتر و مساوی ۱۰- درجه سلسیوس در سال

احتمال وقوع										تعداد روزهای با دمای کمینه کمتر و مساوی ۱۰- درجه سلسیوس
قوچان	گلمکان	گناباد	کاشمر	مشهد	نیشابور	سبزوار	سرخس	تربت حیدریه	تربت جام	
۰/۰۰۴	۰/۰۳۳	۰/۲۷۳	۰/۹۲۳	۰/۱۶۵	۰/۰۶۷	۰/۹۰۵	۰/۳۶۸	۰/۰۱۵	۰/۱۱۱	۰
۰/۰۲۴	۰/۱۴۷	۰/۶۲۷	۰/۹۹۷	۰/۴۶۳	۰/۲۴۹	۰/۹۹۵	۰/۷۳۶	۰/۰۷۸	۰/۳۵۵	۱
۰/۰۸۲	۰/۳۴۰	۰/۸۵۷	۱	۰/۷۳۱	۰/۴۹۴	۱	۰/۹۲۰	۰/۲۱۰	۰/۶۲۳	۲
۰/۱۹۱	۰/۵۵۸	۰/۹۵۷	۱	۰/۸۹۱	۰/۷۱۴	۱	۰/۹۸۱	۰/۳۹۵	۰/۸۱۹	۳
۰/۳۴۲	۰/۷۴۴	۰/۹۸۹	۱	۰/۹۶۴	۰/۸۶۳	۱	۰/۹۹۶	۰/۵۹۰	۰/۹۲۸	۴
۰/۵۱۲	۰/۸۷۱	۰/۹۹۸	۱	۰/۹۹۰	۰/۹۴۳	۱	۰/۹۹۹	۰/۷۵۳	۰/۹۷۵	۵
۰/۶۷۰	۰/۹۴۲	۱	۱	۰/۹۹۷	۰/۹۷۹	۱	۱	۰/۸۶۷	۰/۹۹۳	۶
۰/۷۹۷	۰/۹۷۷	۱	۱	۰/۹۹۹	۰/۹۹۳	۱	۱	۰/۹۳۶	۰/۹۹۸	۷
۰/۸۸۶	۰/۹۹۲	۱	۱	۱	۰/۹۹۸	۱	۱	۰/۹۷۲	۱	۸
۰/۹۴۱	۰/۹۹۷	۱	۱	۱	۰/۹۹۹	۱	۱	۰/۹۸۹	۱	۹
۰/۹۷۲	۰/۹۹۹	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۰/۹۹۶	۱	۱۰

(جدول ۶) - احتمال وقوع تعداد روزهای با دمای کمینه کمتر و مساوی ۱۵- درجه سلسیوس در سال

احتمال وقوع										تعداد روزهای با دمای کمینه کمتر و مساوی ۱۵- درجه سلسیوس
تربت جام	تربت حیدریه	سرخس	سبزوار	نیشابور	مشهد	کاشمر	گناباد	گلمکان	قوچان	
۰/۶۰۷	۰/۸۱۹	۰/۸۱۹	۱	۱	۰/۹۰۵	۱	۱	۰/۶۷۰	۰/۸۱۹	۰
۰/۹۱۰	۰/۹۸۲	۰/۹۸۲	۱	۱	۰/۹۹۵	۱	۱	۰/۹۳۸	۰/۹۸۲	۱
۰/۹۸۶	۰/۹۹۹	۰/۹۹۹	۱	۱	۱	۱	۱	۰/۹۹۲	۰/۹۹۹	۲
۰/۹۹۸	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۰/۹۹۹	۱	۳
۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۴

(جدول ۷) - میانگین تعداد روزهای فصل مطلق یخبندان در سال در دوره ۱۳ ساله (۱۹۹۳-۲۰۰۵)

ایستگاه	طول فصل مطلق یخبندان (روز)
قوچان	۸
گلمکان	۶
گناباد	۰/۶
کاشمر	۰/۶
مشهد	۵
نیشابور	۲
سرخس	۲
سبزوار	۰/۲
تربت حیدریه	۳
تربت جام	۳

(جدول ۸) - میانگین تاریخ آغاز یخبندان (میلادی) با احتمالات مختلف در دوره ۱۳ ساله (۱۹۹۳-۲۰۰۵)

ایستگاه	احتمال (درصد)		
	۷۵	۵۰	۲۵
قوچان	۱۱/۵	۱۰/۲۶	۱۰/۱۶
گلمکان	۱۱/۳	۱۰/۲۴	۱۰/۱۴
گناباد	۱۱/۲۸	۱۱/۱۹	۱۱/۱۰
کاشمر	۱۲/۵	۱۱/۲۳	۱۱/۱۱
مشهد	۱۱/۱۷	۱۱/۳	۱۰/۲۰
نیشابور	۱۱/۴	۱۰/۲۴	۱۰/۱۳
سبزوار	۱۲/۱۵	۱۱/۲۹	۱۱/۱۳
سرخس	۱۱/۲۶	۱۱/۱۴	۱۱/۲
تربت حیدریه	۱۱/۷	۱۰/۲۷	۱۰/۱۶
تربت جام	۱۱/۵	۱۰/۲۶	۱۰/۱۶

(جدول ۹) - میانگین تاریخ پایان یخبندان (میلادی) با احتمالات مختلف در دوره ۱۳ ساله (۲۰۰۵-۱۹۹۳)

ایستگاه	احتمال (درصد)		
	۷۵	۵۰	۲۵
قوچان	۴/۱۴	۴/۷	۳/۳۰
گلمکان	۴/۱۳	۴/۵	۳/۲۸
گناباد	۳/۲۴	۳/۱۳	۲/۳
کاشمر	۳/۲۴	۳/۱۵	۳/۶
مشهد	۴/۸	۳/۲۸	۳/۱۷
نیشابور	۴/۱۵	۴/۷	۳/۳۰
سبزوار	۳/۲۳	۳/۱۵	۲/۸
سرخس	۳/۲۰	۳/۱۳	۳/۶
ترت حیدریه	۴/۹	۴/۲	۳/۲۶
ترت جام	۴/۶	۳/۲۷	۳/۱۷

(جدول ۱۰) - احتمال وقوع طول فصل مطلق یخبندان در سال

ترت جام	احتمال وقوع									طول فصل مطلق یخبندان (روز در سال)
	ترت حیدریه	سرخس	سبزوار	نیشابور	مشهد	کاشمر	گناباد	گلمکان	قوچان	
۰/۰۵	۰/۰۵۰	۰/۱۳۵	۰/۸۱۹	۰/۱۳۵	۰/۰۰۷	۰/۵۴۹	۰/۵۴۹	۰/۰۰۲	۰	۰
۰/۱۹۹	۰/۱۹۹	۰/۴۰۶	۰/۹۸۲	۰/۴۰۶	۰/۰۴۰	۰/۸۷۸	۰/۸۷۸	۰/۰۱۷	۰/۰۰۳	۱
۰/۴۲۳	۰/۴۲۳	۰/۶۷۷	۰/۹۹۹	۰/۶۷۷	۰/۱۲۵	۰/۹۷۷	۰/۹۷۷	۰/۰۶۲	۰/۰۱۴	۲
۰/۶۴۷	۰/۶۴۷	۰/۸۵۷	۱	۰/۸۵۷	۰/۲۶۵	۰/۹۹۷	۰/۹۹۷	۰/۱۵۱	۰/۰۴۲	۳
۰/۸۱۵	۰/۸۱۵	۰/۹۴۷	۱	۰/۹۴۷	۰/۴۴۰	۱	۱	۰/۲۸۵	۰/۱	۴
۰/۹۱۶	۰/۹۱۶	۰/۹۸۳	۱	۰/۹۸۳	۰/۶۱۶	۱	۱	۰/۴۴۶	۰/۱۹۱	۵
۰/۹۶۶	۰/۹۶۶	۰/۹۹۵	۱	۰/۹۹۵	۰/۷۶۲	۱	۱	۰/۶۰۶	۰/۳۱۳	۶
۰/۹۸۸	۰/۹۸۸	۰/۹۹۹	۱	۰/۹۹۹	۰/۸۶۷	۱	۱	۰/۷۴۴	۰/۴۵۳	۷
۰/۹۹۶	۰/۹۹۶	۱	۱	۱	۰/۹۳۲	۱	۱	۰/۸۴۷	۰/۵۹۳	۸
۰/۹۹۹	۰/۹۹۹	۱	۱	۱	۰/۹۶۸	۱	۱	۰/۹۱۶	۰/۷۱۷	۹
۱	۱	۱	۱	۱	۰/۹۸۶	۱	۱	۰/۹۵۷	۰/۸۱۶	۱۰

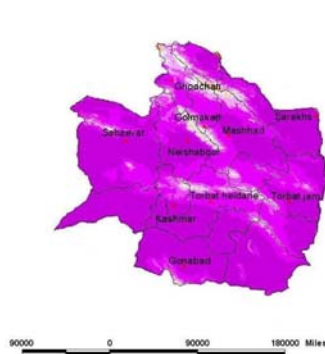
با دانستن تاریخ آخرین یخبندان بهاره نیز می توان تاریخ کاشت بسیاری از گیاهان زراعی را تعیین نمود. در استان خراسان رضوی، قوچان، گلمکان، نیشابور و نیز ترت حیدریه دیرتر با این یخبندانها روبه‌رو می شوند. از آنجا که آخرین یخبندانها هنگامی که دامنه فعالیت سامانه شمالی کم شده و سامانه کم فشار گرمایی از جنوب خراسان شروع به فعالیت می کند پایان می یابد، یخبندانهای بهاره در جنوب زودتر به پایان می رسد. در زمان وقوع این یخبندان، معمولاً گندم و جو در مرحله حبس سنبله در پرچم می باشند که به شدت به وقوع یخبندان حساس بوده و در صورت رویارویی با آن در گیاه علائمی ظاهر می شود. خربزه و هندوانه معمولاً با این یخبندان روبه رو نمی شوند. چغندر قند در این زمان در مرحله کاشت تا سبز شدن به سر می برد که کمینه دمای مورد نیاز آن صفر درجه می باشد. در

مورد محصول پنبه‌ای که در مرحله کاشت تا سبز شدن است، دمای صفر درجه دمای کشنده به حساب می آید. بنابراین باید کاشت آن را زمانی انجام داد که این مرحله با یخبندان همراه نشود. مخاطره دیگری که گیاهان را تهدید می کند، روبه‌رو شدن با روزهایی است که دمای کمینه کمتر از ۱۰- و ۱۵- درجه سلسیوس است (۱۲)، هرچند وقوع این دامنه از دما در چند سال اخیر به ندرت رخ داده است. از لحاظ تعداد روزهای با دمای زیر ۱۰- درجه، قوچان و ترت حیدریه و تا حدودی نیز گلمکان و چناران بیشتر در معرض خطر قرار دارند. از نظر دماهای زیر ۱۵- درجه نیز ترت جام و گلمکان و تا حدودی تایباد پرمخاطره‌ترین مناطق می باشند. وقوع این دامنه دمایی به دلیل ورود سامانه پرفشار سیبری است که در زمستان از سمت شمال شرق وارد کشور شده و استان خراسان رضوی را تحت

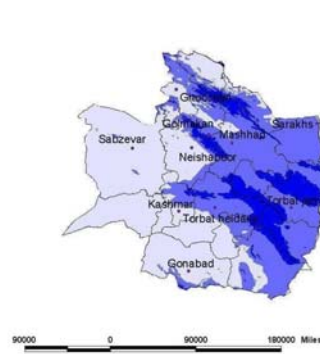
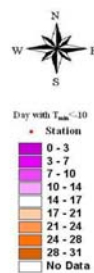


در جریان یخبندان تابشی به دلیل وارونگی دما، معمولاً تفاوت زیادی بین دمای هوا در ارتفاع ۲ متری پناهگاه هواشناسی و هوای مجاور سطح زمین مشاهده می‌شود. به علاوه اگر بخش های مختلف گیاه یا سطوح سایر اشیاء در معرض آسمان صاف شبانه قرار گیرند، هدررفت گرما به صورت تابشی از این سطوح باعث می‌شود که دمای آن ها ۲ تا ۳ درجه سلسیوس کمتر از لایه هوای مجاور آن ها گردد. بدین ترتیب ممکن است حتی هنگامی که دمای ثبت شده در یک ایستگاه هواشناسی زیر نقطه یخ زدگی هم نباشد، یخبندان در فاصله نزدیکی از آن ایستگاه روی سطح زمین تشکیل شود.

تأثیر قرار می‌دهد. گندم و جو معمولاً به دلیل گذراندن مراحل سخت شدن، این یخبندان را تحمل می‌کنند. چغندر قند و خربزه معمولاً در این شرایط قرار نمی‌گیرند، چرا که به طور کلی در سراسر استان تا اواخر آبان برداشت می‌شوند (۱۵). البته پوشش برف در این مواقع باعث می‌شود که صدمات یخبندان کم شود. به طور مثال در پاره ای از مناطق سردسیر روسیه بعضی از ارقام گندم زمستانه حتی تا ۴۱/۵ درجه سانتی گراد زیر صفر را بدون آسیب دیدن گذرانده و عملکرد مناسبی داشته‌اند. مسلماً در این گونه موارد حتماً باید بوته‌ها پوشش برفی مناسبی داشته باشند تا با چنین دماهای پایین محیط در تماس نباشند (۷).



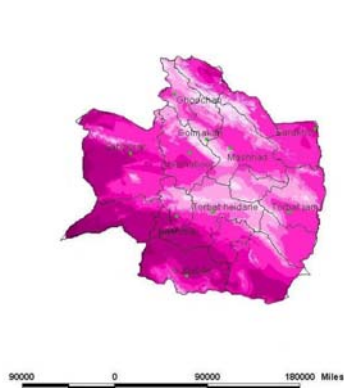
(ب)



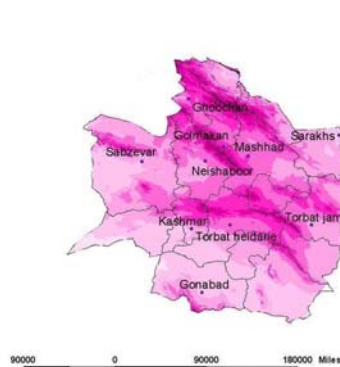
(الف)



(شکل ۲) - نقشه پهنه‌بندی استان خراسان رضوی براساس روزهای با دمای کمینه کمتر از (الف) ۱۰- درجه و (ب) ۱۵- درجه سلسیوس



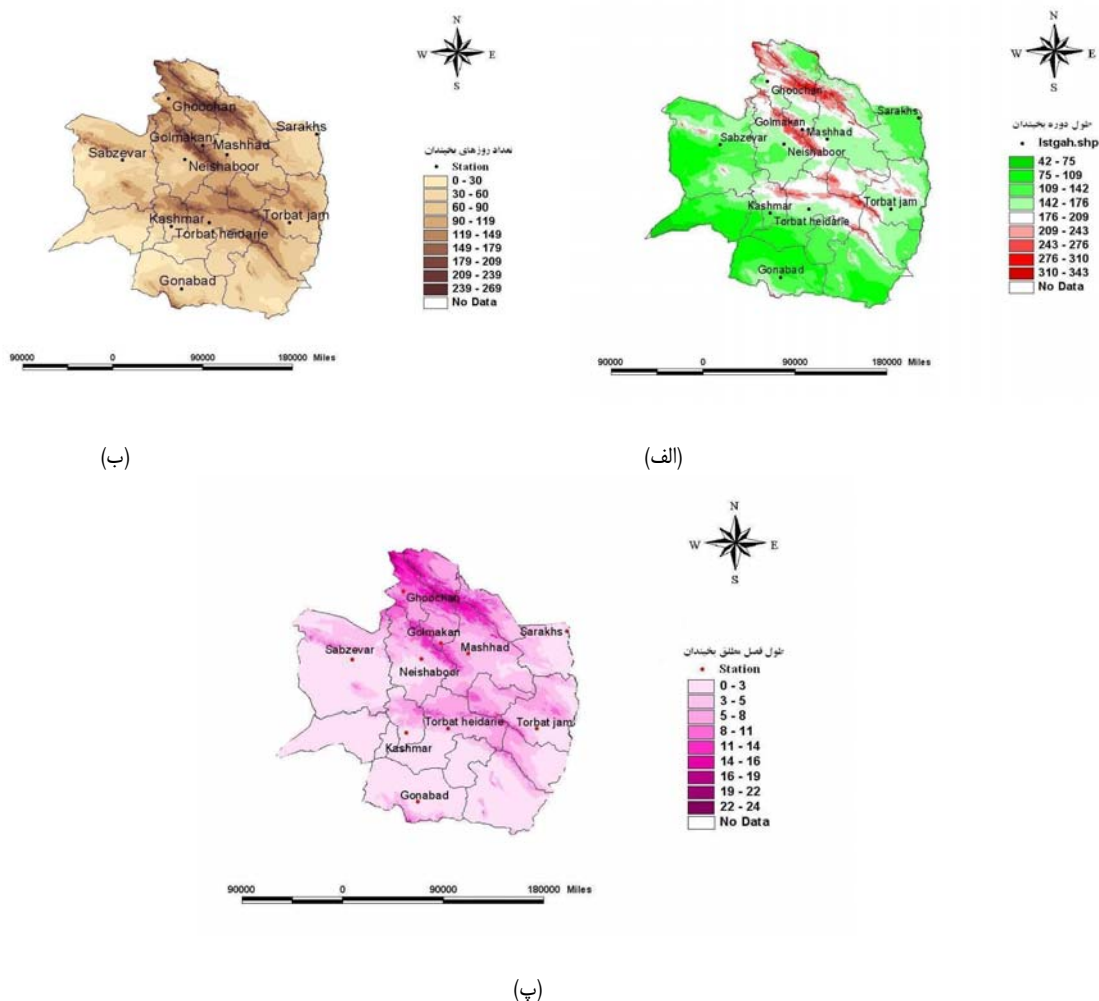
(ب)



(الف)



(شکل ۳) - نقشه پهنه‌بندی استان خراسان رضوی براساس روزشمار (الف) آغاز یخبندان و (ب) پایان یخبندان با احتمال ۷۵ درصد (بر مبنای اول سپتامبر)



(شکل ۴) - نقشه پهنه‌بندی استان خراسان رضوی براساس (الف) طول دوره یخبندان، (ب) تعداد روزهای یخبندان و (پ) طول فصل مطلق یخبندان

## منابع

- ۱- امیر قاسمی، ت.، ۱۳۸۱، سرمازدگی گیاهان (یخبندان، صدمات، پیشگیری)، انتشارات آیندگان، ۱۲۳ صفحه.
- ۲- بری ابرقویی، ح.، ۱۳۸۴، سامانه‌های جوی تاثیر گذار بر استان یزد و پیامدهای آن، مجموعه مقالات همایش علمی کاربردی راه‌های مقابله با سرمازدگی، وزارت جهاد کشاورزی، سازمان جهاد کشاورزی استان یزد، ص ۶۴-۷۲.
- ۳- توکلی، م. و م. حسینی، ۱۳۸۵، ارزیابی شاخص‌های یخبندان و شروع پاییزه آن در ایران، نشریه نیوار، شماره ۶۰ و ۶۱ ص ۳۱-۴۲.
- ۴- خداینده لو، ن.، ۱۳۷۳، زراعت گیاهان صنعتی، مرکز نشر سپهر، ۴۵۴ صفحه.
- ۵- رسولی، ج.، ۱۳۸۳، مقابله با سرمازدگی در گندم و جو، بولتن علمی پژوهشکده اقلیم شناسی، شماره ۴، ص ۲۶-۲۴.
- ۶- شرکت فنی و مهندسی نیوار، ۱۳۸۰، اقلیم و گردشگری در استان خراسان، گزارش نهایی، سازمان هواشناسی کشور.
- ۷- ضیایبار احمدی، م. و م. رائینی، ۱۳۷۴، اقلیم و پراکنش گیاهی، انتشارات دانشگاه مازندران، ۲۴۲ صفحه.
- ۸- ضیایی، ع. ع. کامگار حقیقی، ع. سپاسخواه و س. رنجبر، ۱۳۸۵، تعیین اطلس احتمال وقوع کمینه دمای استان فارس با استفاده از آمار هواشناسی، مجله علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی، سال دهم، شماره سوم، ص ۲۷-۱۳.
- ۹- طباطبایی عقدا، ع.، ۱۳۸۴، سرماهای زیان بخش به کشاورزی ایران در قالب معیارهای احتمالاتی مطالعه موردی: یزد، مجموعه مقالات همایش علمی کاربردی راه‌های مقابله با سرمازدگی، وزارت جهاد کشاورزی، سازمان جهاد کشاورزی استان یزد، ص ۸۴-۹۰.

- ۱۰- علیزاده، ا. و م. موسوی بایگی، ۱۳۷۴، بررسی تاریخ وقوع اولین یخبندان های پاییزه و آخرین یخبندان های بهار در استان خراسان، طرح پژوهشی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد، شماره ۱۳۷.
- ۱۱- کمالی، غ.، ۱۳۸۱، سرماهای زیان بخش به کشاورزی ایران در قالب معیار های احتمالاتی، مطالعه موردی: تهران، فصل نامه علمی پژوهشی تحقیقات جغرافیایی، شماره ۶۳ تا ۶۷ ص ۱۶۵-۱۴۹.
- ۱۲- کوانتا، مهندسین مشاور، ۱۳۵۶، برآورد نیازها و محدودیت‌های کشاورزی ۱۵ محصول اصلی ایران، سازمان هواشناسی کشور.
- ۱۳- مهربان، ا. و ا. غریب عشقی، ۱۳۸۴، استفاده از سیستم های اطلاعات جغرافیایی (GIS) در شناسایی مناطق مستعد سرمازدگی، مجموعه مقالات همایش علمی کاربردی راه های مقابله با سرمازدگی، وزارت جهاد کشاورزی، سازمان جهاد کشاورزی استان یزد، ص ۱۷۱-۱۶۲.
- ۱۴- هاشمی، ف.، ۱۳۴۸، تجزیه و تحلیل استاتستیکی از سرمای تهران، سازمان هواشناسی کشور.
- 15- Maluf, J., 1986, Agroclimatic zoning of maize crop for the state of Riogrand, *Agronomia Sulgrandens*, 22, 261 - 281
- 16- Rosenberg, N., B. Blad, and S. Rerma, 1983, *Microclimate*, John Wiley and Sons, New York, p. 495.
- 17- Shaw, R. H., 1954, Leaf and air temperatures under freezing conditions, *Plant Physiol*, 29, 102-104.
- 18- World Meteorological Organization, 1983, *Guide to Climatological Practices*, WMO, No. 100.

## Assessment and mapping of early autumn, late spring and winter freezing in Khorasan Razavi province using GIS

A. Mianabadi – M. Mousavi- Baygi\* – H. Sanai Nejad – A. Nezami<sup>1</sup>

### Abstract

Plants growth and development and physiological activities occur in a certain air temperature range. Spite of this fact that zero temperature named as a freezing temperature, in agriculture meteorology, freezing happen in lower temperature which is different for plants that lead to their tissues damage. Early autumn freezing cause damage to harvesting of cotton and sugar beet and affect on time of wheat and barley planting in Khorasan Razavi. There are also many damages on agricultural products due to late spring freezing each year. This problem leads to loss the flowers during the trees flowering. In order to investing this phenomenon in Khorasan Razavi, the autumn, spring and winter freezing were considered based on suitable temperature threshold and the occurrence probability obtained and mapped. Results show that early freezing in autumn begins from the north and then spread toward the southern regions. The late freezing in spring ends in the south sooner than other areas. Results also show that the winter freezing more occurs in the north.

**Keywords:** early autumn freezing, late spring freezing, winter freezing, Khorasan Razavi, mapping.

---

(\* - Corresponding author Email: mousavi500@yahoo.com)

1 - Contribution from College of Agriculture Ferdowsi University of Mashhad