

مطالعه‌ی روند رخداد یخبندان دیررس بهاره، زودرس پاییزه، طول دوره‌ی بدون یخبندان و تعداد روزهای یخبندان به منظور کاهش خسارت‌های کشاورزی در چند نمونه‌ی اقلیمی ایران

وحید ورشاپیان^۱، نوذر قهرمان^۲، علی خلیلی^۳ و سهراب حجام^۴

چکیده

همه ساله وقوع یخبندان زودرس پاییزه و دیررس بهاره به دلیل هم‌زمانی با مراحل حساس زندگی گیاه باعث ایجاد خسارت و کاهش بازده محصولات زراعی و باغی در مناطق مختلفی از کشور می‌گردد. آگاهی از تاریخ‌های محتمل وقوع یخبندان به کشاورزان در مواجهه و کاهش خسارات ناشی از یخبندان کمک می‌کند. در این مطالعه، داده‌های تاریخی روزانه مربوط به دمای حداقل در یک دوره‌ی ۴۴ ساله (۲۰۰۴-۱۹۶۱) از شش ایستگاه سینوپتیک تبریز، تهران (مهرآباد)، زاهدان، شیراز، کرمانشاه و مشهد به منظور استخراج شاخص‌های هواشناسی کشاورزی شامل تاریخ اولین یخبندان پاییزه (شماره روز)، آخرین یخبندان بهاره (شماره روز)، طول دوره‌ی بدون یخبندان (روز) و تعداد روزهای یخبندان (۲۰۰۵-۱۹۵۱) مورد استفاده قرار گرفت. این ایستگاه‌ها نماینده اقلیم‌های مختلف بر اساس طبقه‌بندی کوپن بودند. در ابتدا نرمال بودن هر یک از سری‌های زمانی (تاریخ‌های یخبندان، دوره‌های بدون یخبندان و تعداد روزهای یخبندان)، به کمک آزمون کولموگروف-اسمیرنوف بررسی شد. معنی‌دار بودن روند سری‌های زمانی به کمک روش‌های پارامتری و ناپارامتری مورد بررسی قرار گرفت. در مورد زاهدان (اقلیم استپی)، روند معنی‌داری مشاهده نشد. اما تهران (نماینده دیگر اقلیم استپی)، روند مثبت معنی‌دار در سری زمانی طول دوره‌ی بدون یخبندان و تاریخ اولین یخبندان پاییزه و هم‌چنین روند منفی معنی‌دار در سری زمانی آخرین یخبندان بهاره و تعداد روزهای یخبندان نشان داد. در مورد نمایندگان اقلیم معتدل مرطوب، تبریز تنها روند معنی‌دار منفی در سری زمانی تعداد روزهای یخبندان نشان داد. بررسی ایستگاه‌های مشهد و کرمانشاه به طور مشابه نشانگر روند مثبت معنی‌دار در سری زمانی طول دوره‌ی بدون یخبندان و تاریخ اولین یخبندان پاییزه و روند معنی‌دار منفی در تعداد روزهای یخبندان بود. شیراز نیز، همانند تهران، در تمامی سری‌های زمانی ناشی از عامل‌های مورد مطالعه روند معنی‌دار داشت. به طور کلی، جز در مورد تبریز و زاهدان، طول دوره‌ای که گیاه به دور از ریسک مواجه با یخبندان می‌تواند به رشد و توسعه به‌پردازند، به‌طور معنی‌دار افزایش یافته است. هم‌چنین جز زاهدان، تعداد روزهای یخبندان در سایر ایستگاه‌ها به‌طور معنی‌دار کاهش یافته است.

واژه‌های کلیدی: یخبندان دیررس بهاره، یخبندان زودرس پاییزه، تعداد روزهای یخبندان، دوره‌ی بدون یخبندان، هواشناسی کشاورزی

۱، ۲ و ۳ به ترتیب دانش‌آموخته کارشناسی ارشد هواشناسی کشاورزی، استادیار و استاد بخش هواشناسی کشاورزی، گروه مهندسی آبیاری و آبادانی، دانشکده

مهندسی آب و خاک، دانشگاه تهران

۴. استادیار موسسه ژئوفیزیک، دانشگاه تهران

مقدمه

هر ساله وقوع یخ‌بندان زودرس پاییزه و یخ‌بندان دیررس بهاره به دلیل هم‌زمانی با مراحل حساس زندگی گیاه باعث ایجاد خسارت و کاهش بازده محصولات زراعی و باغی در مناطق مختلفی از سراسر جهان می‌گردد. به‌نظر می‌رسد در سال‌های اخیر پدیده‌ی گرمایش جهانی، شاخص‌های خاص هواشناسی کشاورزی را که در ارتباط مستقیم با تولید و بازده محصولات کشاورزی می‌باشند، تحت تاثیر قرار داده است. در این راستا مطالعه‌ی تاریخ‌های وقوع اولین یخ‌بندان پاییزه، آخرین یخ‌بندان بهاره و تعداد روزهای یخ‌بندان به عنوان عامل تاثیرگذار بر بازده تولید محصول به‌خصوص در باغات میوه و هم‌چنین طول دوره‌ی بدون یخ‌بندان به عنوان دوره‌ی بالقوه انجام عملیات کشاورزی به‌عنوان چهار شاخص مهم هواشناسی کشاورزی نتایج بسیار مفید و کاربردی به‌دست خواهد داد. قدر مسلم تغییر اقلیم در ایجاد و تشدید این تغییرات نقش مهمی را عهده‌دار است. هینو و همکاران (۱۹۹۹)، با مطالعه‌ی ۱۹ ایستگاه هواشناسی در اروپای شمالی و مرکزی، هیچ تغییری در مقادیر جدی بارش مشاهده نکردند. دمای حداقل تقریباً در اکثر نقاط دنیا و دمای متوسط و ماکزیمم در شمال و مرکز اروپا، به علاوه روسیه، کانادا (بوتسما، ۱۹۹۴)، استرالیا و نیوزلند (پلومر، ۱۹۹۹)، افزایش یافته بود. این نتایج نظرات اسمیت و همکاران (۱۹۸۸)، را که مناطق واقع در عرض‌های میانی، هم‌چون نیمه‌ی غربی آمریکا، جنوب اروپا و آسیا، گرم‌تر و خشک‌تر و عرض‌های پایین‌تر گرم‌تر و مرطوب‌تر شده‌اند، تایید می‌کند. مونن و همکاران (۲۰۰۲)، شاخص‌های متعددی از جمله تاریخ یخ‌بندان‌های بهاره و پاییزه و طول دوره‌ی بدون یخ‌بندان را از ۱۲۲ سال آمار، برای دو دوره‌ی ۳۰ ساله در ایتالیا مورد مقایسه قرار دادند. ایران نژاد و همکاران (۱۳۸۶)، در پژوهش خود سهم تغییرات فراوانی و شدت بارش روزانه در روند بارش در ایران را مورد بررسی قرار دادند. در این مطالعه تغییرات بلند مدت بارش سالانه، تعداد روزهای بارانی سالانه و فصلی و شدت بارش روزانه را به کمک آمار بارش روزانه‌ی دوره‌ی ۱۹۶۰ تا ۲۰۰۱ در ۳۸ ایستگاه مورد پژوهش قرار دادند و روند کاهش بارش

سالانه را در ایستگاه‌های واقع در غرب و شمال غرب و روند افزایشی را بیشتر در نواحی جنوبی و مرکزی ایران مشاهده نمودند. معروفی (۱۳۸۲)، بامقایسه‌ی داده‌های بارندگی و جریان رودخانه‌ای، وضعیت خشک‌سالی‌های منطقه‌ای را با استفاده از داده‌های ۴۳ ایستگاه باران سنجی و ۳۵ ایستگاه آب سنجی مورد بررسی قرار داد. سبزی پرور و همکاران (۱۳۷۸) تغییر اقلیم را از دیدگاهی دیگر یعنی کاهش اقلیمی ازن کلی و اثرات آن بر موجودات آبی را مورد بررسی قرار دادند. در این پژوهش با اشاره به اثر تغییر اقلیم و وضعیت لایه‌ی ازن، به بیان آثار سوء کاهش این گاز پرداخته شده است. ساری صراف و همکاران (۱۳۸۲)، در ارزیابی تغییر اقلیم ایستگاه‌های منتخب حوضه‌ی شهری تبریز، رژیم دماهای متوسط و مطلق حداکثر و حداقل و هم‌چنین دمای متوسط روزانه را مورد بررسی قرار دادند. قهرمان (۲۰۰۶)، روند زمانی دمای متوسط سالانه در ایران را بررسی نمود. طباطبایی و حسینی (۱۳۸۲)، بر اساس عامل‌های بارش ماهیانه و متوسط دمای ماهیانه، به بررسی تغییر اقلیم در شهر سمنان پرداختند. آن‌ها در این پژوهش به این نتیجه رسیدند که بارش در فصل زمستان تا حدودی افزایش می‌یابد (حدود ۵٪) و در تابستان تبخیر بیشتر شده و اقلیم خشک و گرم‌تر ایجاد می‌شود. از جمله مهم‌ترین و جدیدترین مطالعه‌ی انجام شده می‌توان به طرح ملی پهنه‌بندی هواشناسی کشاورزی ایران جهت بیمه در برابر خطرات خشک‌سالی، یخ‌بندان و باران‌های سیل آسا (خلیلی، ۱۳۸۶) اشاره نمود. هدف از مطالعه حاضر بررسی تغییرات زمانی وقوع یخ‌بندان‌های دیررس بهاره، زودرس پاییزه و طول دوره‌ی بدون یخ‌بندان به منظور بهینه‌سازی زمان کاشت و مدیریت زراعی و تصمیم‌سازی در شرایط اقلیمی آتی می‌باشد.

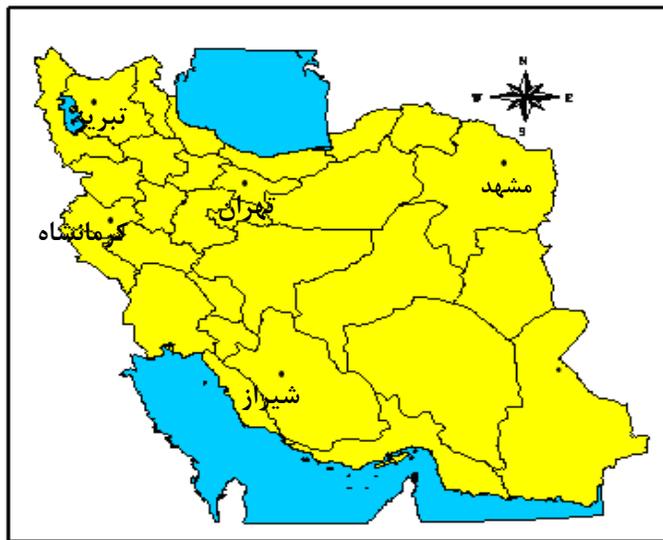
مواد و روش‌ها

ایستگاه‌های هواشناسی

در این مطالعه، داده‌های تاریخی روزانه مربوط به دمای حداقل در یک دوره‌ی ۴۴ ساله (۲۰۰۴-۱۹۶۱) مربوط به شش ایستگاه سینوپتیک از سازمان هواشناسی کشور تهیه شد. این ایستگاه‌ها نماینده اقلیم‌های مختلف بر اساس طبقه‌بندی بندی کوپن بودند. این ایستگاه‌ها

عرض جغرافیایی ۲۹ درجه و ۳۲ دقیقه شمالی و ارتفاع ۱۴۸۴ متر از سطح دریا، کرمانشاه (طول جغرافیایی ۴۷ درجه و ۹ دقیقه شرقی، عرض جغرافیایی ۳۴ درجه و ۲۱ دقیقه شمالی و ارتفاع ۱۳۱۸/۶ متر از سطح دریا) و مشهد (طول جغرافیایی ۵۹ درجه و ۳۸ دقیقه شرقی، عرض جغرافیایی ۳۶ درجه و ۱۶ دقیقه شمالی و ارتفاع ۹۹۹/۲ متر از سطح دریا). این ایستگاه‌ها از ژانویه ۱۹۵۱ شروع به کار کرده بودند، اما داده‌های روزانه از ژانویه ۱۹۶۱ تا دسامبر ۲۰۰۴ موجود بود.

عبارت بودند از تبریز (طول جغرافیایی ۴۶ درجه و ۱۷ دقیقه شرقی، عرض جغرافیایی ۳۸ درجه و ۵ دقیقه شمالی و ارتفاع ۱۳۶۱ متر از سطح دریا)، تهران- مهرآباد (طول جغرافیایی ۵۱ درجه و ۱۹ دقیقه شرقی، عرض جغرافیایی ۳۵ درجه و ۴۱ دقیقه شمالی و ارتفاع ۱۱۹۰/۸ متر از سطح دریا)، زاهدان (طول جغرافیایی ۶۰ درجه و ۵۳ دقیقه شرقی، عرض جغرافیایی ۲۹ درجه و ۲۸ دقیقه شمالی و ارتفاع ۱۳۷۰ متر از سطح دریا)، شیراز (طول جغرافیایی ۵۲ درجه و ۳۶ دقیقه شرقی،



شکل ۱: موقعیت ایستگاه‌های مورد مطالعه

کمیت‌های هواشناسی و هواشناسی کشاورزی

جدول ۱ کمیت‌های هواشناسی و هواشناسی کشاورزی مورد استفاده در این مطالعه را نشان می‌دهد. دمای حداقل روزانه کم‌ترین میزان اندازه‌گیری شد دما در هر روز می‌باشد. یک روز یخبندان به‌عنوان روزی با دمای حداقل روزانه‌ی کوچک‌تر یا برابر با صفر درجی سانتی‌گراد تعریف می‌شود. تاریخ اولین یخبندان پاییزه و آخرین یخبندان بهار به‌صورت شماره روز نسبت به ۳۱ دسامبر سال قبل بیان می‌شود. طول دوری بدون یخبندان نیز به‌صورت تعداد روزهای بین آخرین روز یخبندان در بهار و اولین روز یخبندان در پاییز تعریف می‌شود (کارلسن و همکاران، ۱۹۹۴). هم‌چنین تعداد روزهای با دمای کم‌تر یا برابر صفر (تعداد روز یخبندان) در هر سال تهیه گردید.

تجزیه و تحلیل داده‌ها

روند سری‌های زمانی ناشی از کمیت‌های هواشناسی کشاورزی به‌صورت سالانه مورد بررسی قرار گرفت. تمامی سری‌های زمانی از لحاظ نرمال بودن به وسیله‌ی آزمون کلموگروف-اسمیرنوف مورد آزمون قرار گرفتند. رگرسیون خطی حداقل مربعات جهت آزمون روند افزایشی یا کاهش‌ی در این سری‌ها مورد استفاده قرار گرفت. برای سری‌های زمانی‌های با توزیع نرمال ($P < 0.05$)، معنی‌دار بودن روند از لحاظ آماری به کمک آزمون پیرسون مشخص گردید. در مورد سایر سری‌های زمانی که از توزیع نرمال پیروی نمی‌کردند، آزمون ناپارامتری معنی‌دار بودن تاوکندال (سوفیا و هنسی، ۱۹۹۸) و آزمون رواسپیرمن مورد استفاده قرار گرفت.

جدول ۱: کمیت‌های هواشناسی و هواشناسی کشاورزی مورد استفاده در مطالعه

کمیت هواشناسی	کمیت‌های هواشناسی کشاورزی
دمای حداقل روزانه (درجه‌ی سانتی‌گراد) Tmin	تاریخ آخرین یخبندان بهاره AF (روز)
	تاریخ اولین یخبندان پاییزه SF (روز)
	طول دوره‌ی بدون یخبندان LFF (روز)
	تعداد روزهای یخبندان FD

نتایج و بحث

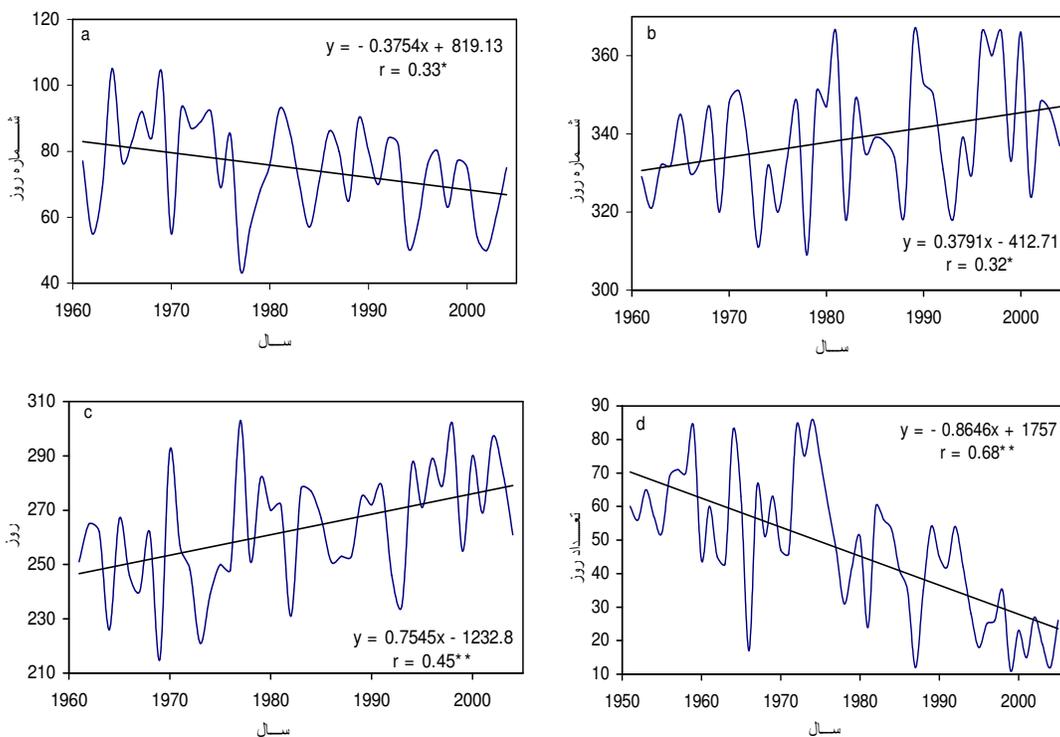
کاهش‌ی در تاریخ آخرین یخبندان بهاره و روند معنی‌دار افزایشی را در تاریخ اولین یخبندان پاییزه آشکار ساخت. طی ۴۴ سال تاریخ آخرین یخبندان بهاره از روز ۷۷ به روز ۶۱ منتقل شده بود. طی همین مدت تاریخ وقوع اولین یخبندان پاییزه از روز ۳۲۹ به روز ۳۳۷ تغییر یافته بود. تاخیر در وقوع یخبندان پاییزه و زودتر واقع شدن یخبندان بهاره موجب شده تا به‌طور متوسط افزایشی به میزان ۳۳ روز یعنی از ۲۵۱ روز به ۲۸۴ روز در طول دوره‌ی بدون یخبندان مشاهده گردد. به‌همین دلیل روند به شدت معنی‌دار افزایشی در سری زمانی طول دوره‌ی بدون یخبندان مشاهده شد. هم‌چنین کاهش تعداد روزهای یخبندان طی دوره‌ی ۲۰۰۵-۱۹۵۱ از ۶۰ روز به ۱۲ روز، موجب بروز روند به شدت معنی‌دار کاهش‌ی در سری زمانی تعداد روزهای یخبندان در ایستگاه تهران مهرآباد گردید (شکل ۲). در مورد ایستگاه زاهدان (دیگر نماینده اقلیم استپی)، اگر چه تاریخ آخرین یخبندان بهاره و اولین یخبندان پاییزه طی دوره‌ی مذکور به ترتیب از روزهای ۶۵ و ۳۰۲ به روزهای ۴۲ و ۳۳۴ منتقل شده بود، اما هیچ روند معنی‌داری در سری‌های زمانی مربوط مشاهده نگردید.

در دوره‌ی ۱۹۶۱ تا ۲۰۰۴، اولین یخبندان پاییزه به‌طور متوسط در روز ۳۱۸، ۳۳۹ و ۳۱۶ و آخرین یخبندان بهاره در روز ۹۱، ۷۵ و ۷۰ به ترتیب برای ایستگاه تبریز، تهران و زاهدان به وقوع پیوسته است. طول دوره‌ی بدون یخبندان نیز به‌طور متوسط برای این سه ایستگاه به ترتیب ۲۲۵، ۲۶۳ و ۲۴۵ روز بوده است. هم‌چنین حداقل‌های سال‌های ۱۹۵۱ تا ۲۰۰۵ به‌طور متوسط ۱۰۱، ۴۷ و ۵۳ روز یخبندان در ایستگاه‌های مذکور رخ داده است. هم‌چنین برای ایستگاه‌های مشهد، شیراز و کرمانشاه تاریخ اولین یخبندان پاییزه به‌طور متوسط و به ترتیب در روز ۳۰۱، ۳۳۲ و ۳۰۹ و آخرین یخبندان بهاره در روز ۸۹، ۶۴ و ۹۹ واقع شده بود. طول دوره‌ی بدون یخبندان در این ایستگاه‌ها به ترتیب ۲۱۱، ۲۶۷ و ۲۰۹ روز بوده است. البته تعداد روزهای یخبندان برای این ایستگاه‌ها در فاصله‌ی سال‌های ۲۰۰۵-۱۹۵۱ به‌طور متوسط و به ترتیب ۸۹، ۴۵ و ۹۳ روز بوده است. جدول ۲ روند زمانی شاخص‌های هواشناسی کشاورزی مورد مطالعه را نشان می‌دهد. در بررسی ایستگاه تهران مهرآباد (نماینده اقلیم استپی) از روش‌های پارامتری در بررسی روند استفاده شد. نتایج وجود روند معنی‌دار

جدول ۲: مقدار شیب و ضریب همبستگی شاخص‌های هواشناسی کشاورزی مورد مطالعه

ایستگاه	آخرین یخبندان بهاره		طول دوره بدون یخبندان		اولین یخبندان پاییزه		تعداد روزهای یخبندان	
	شیب	r	شیب	r	شیب	r	شیب	r
تهران	-۰/۳۸	*-۰/۳۳	۰/۷۵	**۰/۴۵	۰/۳۸	*۰/۳۲	-۰/۸۶	**۰/۶۸
زاهدان	-۰/۰۴	-۰/۰۴	۰/۴۳	۰/۲۶	۰/۴۰	۰/۲۸	-۰/۲۳	-۰/۲۸
تبریز	-۰/۲۷	-۰/۲۹	۰/۳۶	۰/۲۸	۰/۰۸	۰/۱	-۰/۴۶	**۰/۵۱
شیراز	-۰/۸۷	**۰/۵۰	۱/۶۶	**۰/۶۵	۰/۷۹	**۰/۶۲	-۰/۵۸	**۰/۵۰
کرمانشاه	-۰/۲۲	-۰/۲۱	۰/۵۸	*۰/۳۷	۰/۳۷	*۰/۳۹	-۰/۶۰	**۰/۶۱
مشهد	-۰/۲۲	-۰/۲۱	۰/۶۲	**۰/۴۵	۰/۸۳	**۰/۴۶	-۰/۷۶	**۰/۶۰

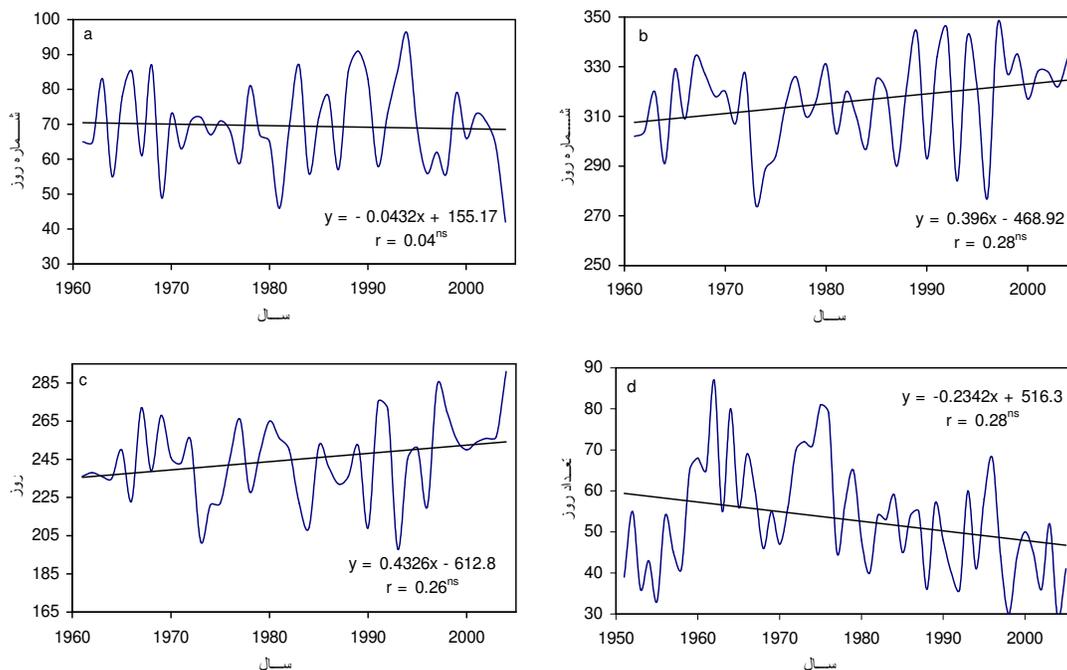
r: ضریب همبستگی *: همبستگی در سطح ۰/۰۵ معنی‌دار است (دو دامنه) **: همبستگی در سطح ۰/۰۱ معنی‌دار است (دو دامنه)



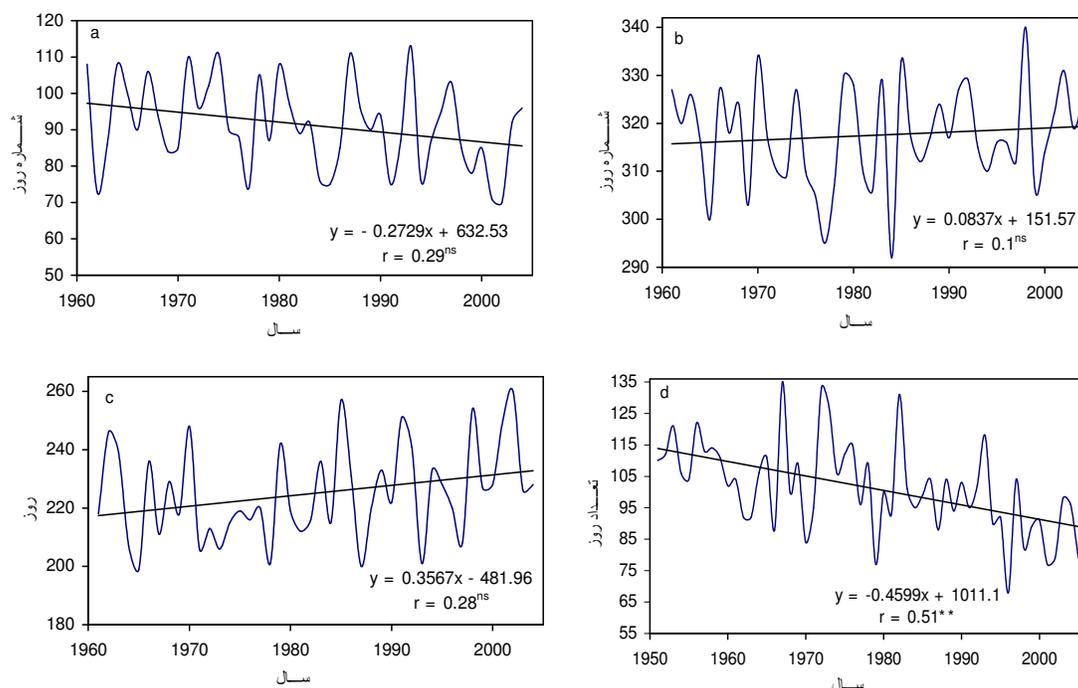
شکل ۲: نمودار سری‌های زمانی تاریخ آخرین یخبندان بهاره (a)، اولین یخبندان پاییزه (b)، طول دوره‌ی بدون یخبندان (c) و تعداد روزهای یخبندان (d) ایستگاه تهران مهرآباد

تعداد روزهای یخبندان نیز علی‌رغم کاهش ۱۰ روزه، طی دوره‌ی مورد مطالعه، روند معنی‌دار افزایشی یا کاهش‌ی را آشکار نکرد (شکل ۳).

در نتیجه سری زمانی طول دوره‌ی بدون یخبندان نیز با وجود افزایش حدود دو هفته‌ای این دوره، روند معنی‌داری از خود نشان نداد. در این ایستگاه سری زمانی



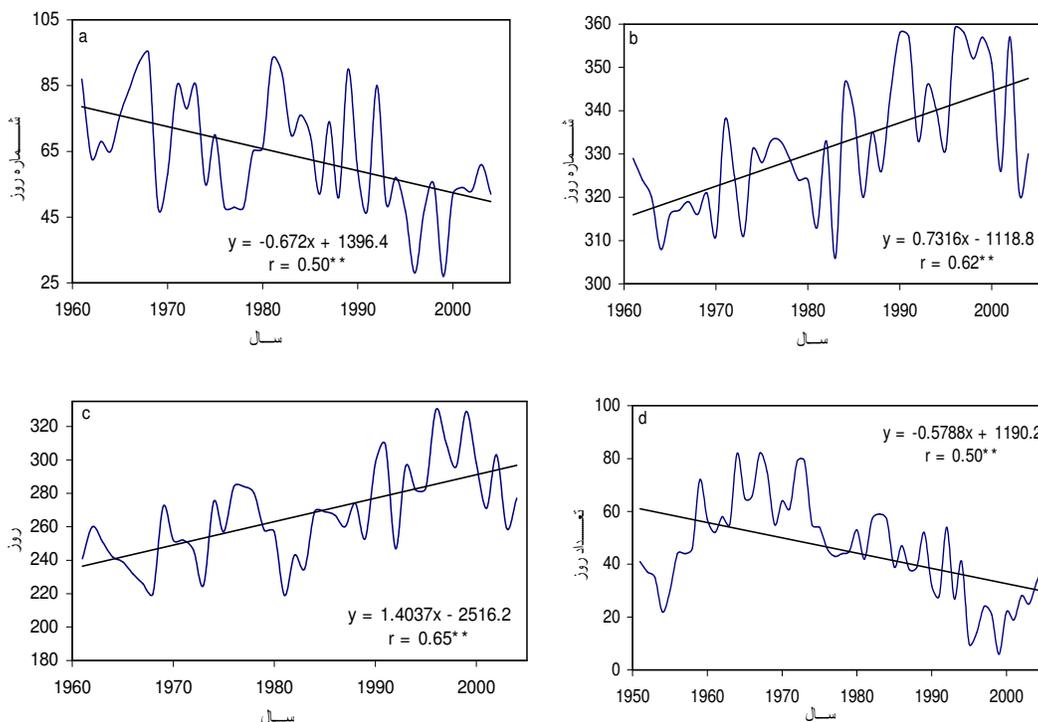
شکل ۳: نمودار سری‌های زمانی تاریخ آخرین یخبندان بهاره (a)، اولین یخبندان پاییزه (b)، طول دوره‌ی بدون یخبندان (c) و تعداد روزهای یخبندان (d) ایستگاه زاهدان



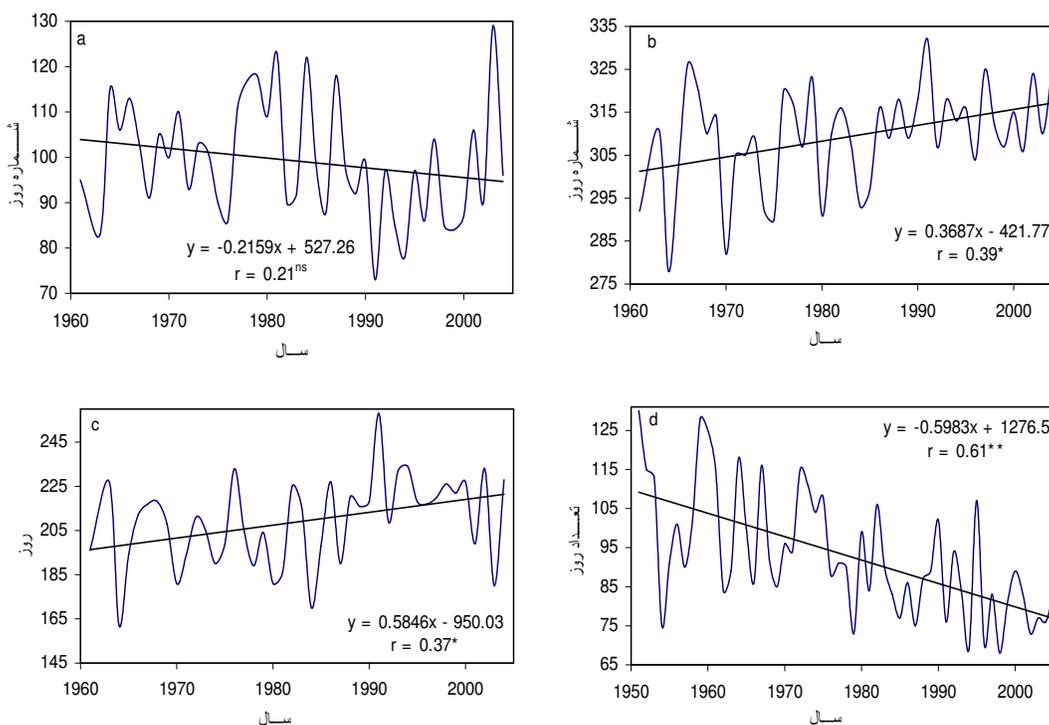
شکل ۴: نمودار سری‌های زمانی تاریخ آخرین یخبندان بهاره (a)، اولین یخبندان پاییزه (b)، طول دوره‌ی بدون یخبندان (c) و تعداد روزهای یخبندان (d) ایستگاه تبریز

با افزایش متوسط ۳۶ روزه طی همین دوره، روند افزایشی به شدت معنی‌دار را آشکار نمود. تعداد روزهای یخبندان نیز در این ایستگاه با روند کاهشی به شدت معنی‌دار روبرو بود (شکل ۵). نمودار سری‌های زمانی مربوط به کمیتهای هواشناسی کشاورزی ایستگاه کرمانشاه (نماینده‌ی اقلیم معتدل مرطوب)، در مورد تاریخ آخرین یخبندان بهاره علی-رغم جابجایی متوسط دو هفته‌ای به سمت زمستان، روند معنی‌داری را آشکار نکرد (شکل ۶). در حالی که تاریخ اولین یخبندان پاییزه با جابجایی متوسط ۳۳ روز به سمت زمستان، موجب نمایان شدن روند معنی‌دار افزایشی در سری زمانی مربوط طی دوره‌ی مورد مطالعه (۱۹۶۱-۲۰۰۴) گردید. جابجایی در تاریخ‌های فوق باعث به وجود آمدن روند معنی‌دار افزایشی در سری زمانی طول دوره‌ی بدون یخ‌بندان در این ایستگاه گردید. سری زمانی مربوط به تعداد روزهای یخبندان با توجه به کاهش متوسط ۴۰ روز طی دوره‌ی مورد مطالعه (۱۹۵۱-۲۰۰۵)، روند به شدت معنی‌دار کاهشی را نشان داد.

در بررسی ایستگاه تبریز (نماینده‌ی اقلیم معتدل مرطوب)، تغییر تاریخ آخرین یخبندان بهاره از روز ۱۰۸ به ۹۶ و تاریخ اولین یخبندان پاییزه از روز ۳۲۰ به ۳۲۵، در دوره‌ی مورد مطالعه مشاهده گردید. البته سری زمانی مربوط به تاریخ‌های مذکور روند معنی‌دار افزایشی یا کاهشی از خود نشان نداد. در نتیجه سری زمانی حاصل از طول دوره‌ی بدون یخبندان با وجود افزایش حدود ۱۰ روز، روند معنی‌دار مشخصی را آشکار نکرد. البته کاهش تعداد روزهای یخبندان طی دوره‌ی ۲۰۰۵-۱۹۵۱ از ۱۱۰ به ۷۹ روز در این ایستگاه، موجب بروز روند به شدت معنی‌دار کاهشی در سری زمانی تعداد روزهای یخ‌بندان گردید (شکل ۴). تمامی سری‌های زمانی مربوط به کمیتهای مورد مطالعه در ایستگاه شیراز (نماینده‌ی اقلیم معتدل مرطوب)، روند به شدت معنی‌دار از خود نشان دادند. در این ایستگاه روند تاریخ آخرین یخبندان بهاره با کاهش به شدت معنی‌دار و اولین یخبندان پاییزه با افزایش به شدت معنی‌دار طی دوره‌ی مورد مطالعه، به ترتیب از روزهای ۸۷ و ۳۰۸ به روزهای ۵۲ و ۳۵۷ منتقل شده بود. بر این اساس دوره‌ی بدون یخبندان نیز



شکل ۵: نمودار سری‌های زمانی تاریخ آخرین یخبندان بهاره (a)، اولین یخبندان پاییزه (b)، طول دوره‌ی بدون یخبندان (c) و تعداد روزهای یخبندان (d) ایستگاه شیراز

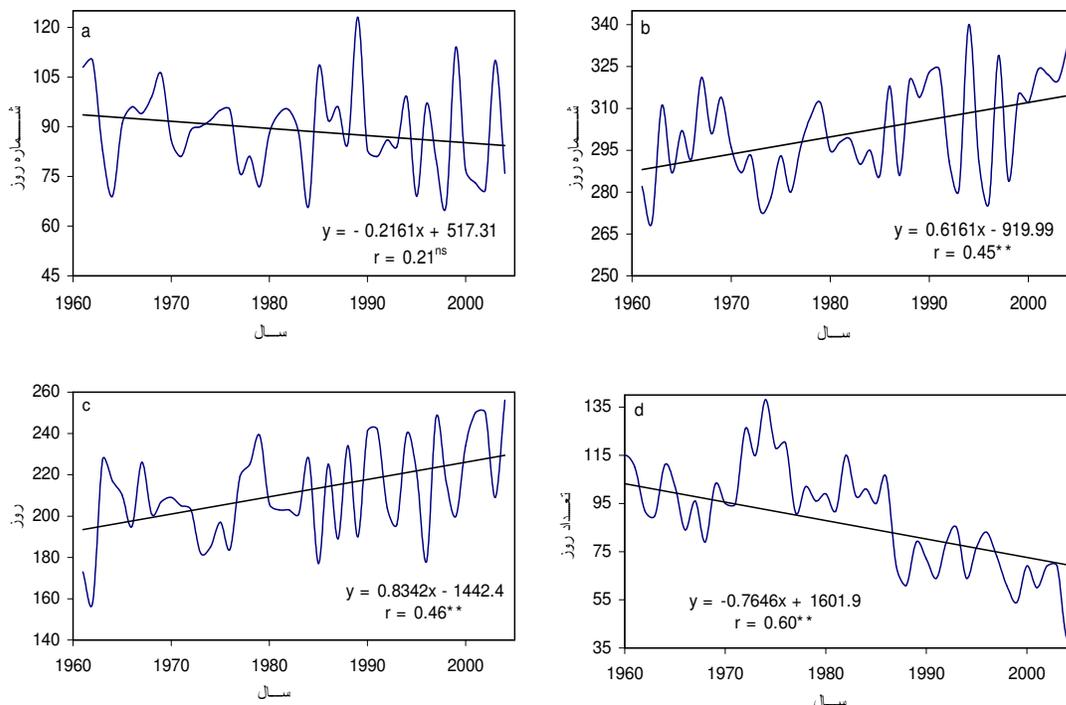


شکل ۶: نمودار سری‌های زمانی تاریخ آخرین یخبندان بهاره (a)، اولین یخبندان پاییزه (b)، طول دوره‌ی بدون یخبندان (c) و تعداد روزهای یخبندان (d) ایستگاه کرمانشاه

آخرین یخبندان بهاره بسیار مهم است. زیرا امکان انجام عملیات کشاورزی، بر اساس یک برنامه‌ی زمانی قابل اطمینان و کم خطر را کاهش می‌دهد. نتایج این مطالعه نشان داد که تعداد روزهای یخبندان در اغلب ایستگاه‌ها کاهش محسوسی داشته است. در برخی از مناطق، عملیات کاشت می‌تواند زودتر انجام گیرد. هم‌چنین در مناطقی که طول دوره‌ی بدون یخبندان افزایش دارد، می‌توان محصولاتی که به زمان طولانی‌تری برای تکمیل مراحل رشد نیاز دارند، کشت کرد. در کانادا نیز افزایشی مشابه در طول دوره‌ی بدون یخبندان گزارش شده است (بوتسما، ۱۹۹۴). این افزایش همانند ایستگاه تهران مهرآباد و شیراز به دلیل تاخیر در وقوع اولین یخبندان پاییزه و پایان زود هنگام فصل سرما و وقوع آخرین یخبندان بهاره بوده است. به‌طور مسلم تغییرات حادث شده در تاریخ‌های یخبندان و طول دوره‌ی بدون یخبندان بر برنامه ریزی‌های آبی کشاورزی به منظور کاهش خسارات ناشی از سرما و انتخاب ارقام زراعی مناسب‌تر برای هر منطقه تاثیرگذار خواهد بود.

نتایج بررسی‌ها در ایستگاه مشهد (نماینده‌ی اقلیم معتدل مرطوب)، مشابه ایستگاه کرمانشاه بود، البته معنی‌داری روند در سری‌های زمانی مربوط به تاریخ اولین یخبندان پاییزه و طول دوره‌ی بدون یخبندان با ایستگاه کرمانشاه متفاوت بود. سری زمانی تاریخ آخرین یخبندان بهاره علی‌رغم جابجایی به میزان متوسط ۳۲ روز طی دوره‌ی مورد بررسی، روندی معنی‌دار را آشکار نکرد. تاریخ اولین یخبندان پاییزه و طول دوره‌ی بدون یخبندان به‌طور متوسط و به ترتیب از روز ۲۸۲ و ۱۷۳ به روز ۳۳۳ و ۲۵۶ منتقل شده بود. در نتیجه سری زمانی مربوط روند معنی‌دار به شدت افزایشی را نمایان نمود. تعداد روزهای یخبندان در این ایستگاه نیز با کاهش به‌طور متوسط ۴۱ روز در دوره‌ی مورد نظر، موجب به وجود آمدن روند به شدت معنی‌دار کاهش‌ی در سری زمانی مربوط گردید (شکل ۷).

در دوره‌ای که ریسک یخبندان وجود دارد، غلات زمستانه در مرحله‌ی پنجه زنی هستند. این دسته از گیاهان در این مرحله بیش‌ترین مقاومت را در برابر دماهای پایین دارند. با وجود این مقاومت، به نظر می‌رسد دماهای پایین بر رسیدن محصول تاثیر منفی گذاشته و در نتیجه بازده بالقوه را کاهش می‌دهند (مک مستر، ۱۹۹۷). متغیر بودن تاریخ



شکل ۷: نمودار سری‌های زمانی تاریخ آخرین یخبندان بهاره (a)، اولین یخبندان پاییزه (b)، طول دوره‌ی بدون یخبندان (c) و تعداد روزهای یخبندان (d) ایستگاه مشهد

منابع

- ایران نژاد، پ.، کتیرایی، پ. و حجام، س. ۱۳۸۶. سهم تغییرات فراوانی و شدت بارش روزانه در روند بارش در ایران طی دوره ۱۹۶۰ تا ۲۰۰۱. فیزیک زمین و فضا، ۳۳ (۱) ۶۷-۸۳.
- خلیلی، ع. ۱۳۸۶. طرح ملی پهنه‌بندی هواشناسی کشاورزی ایران جهت بیمه در برابر خطرات خشک‌سالی، یخ‌بندان و باران‌های سیل‌آسا.
- ساری صراف، ب.، ریحانی، ر. و فاتحی، ر. ۱۳۸۲. ارزیابی توپوکلیمایی (تغییر اقلیم) ایستگاه‌های منتخب حوضه‌ی شهری تبریز. مجموعه مقالات سومین کنفرانس منطقه‌ای و اولین کنفرانس ملی تغییر اقلیم. ۲۲۱-۲۲۵.
- سبزی پرور، ا.، ایزدی، م. و قائدی، م. ۱۳۷۸. نگرشی بر کاهش اقلیمی ازن کلی و اثرات آن بر موجودات آبی. مجموعه مقالات دومین کنفرانس منطقه‌ای تغییر اقلیم. ۲۵۲-۲۶۴.
- طباطبایی، ع. و حسینی، م. ۱۳۸۲. بررسی تغییر اقلیم در شهر سمنان بر اساس کمیت‌های بارش ماهیانه و متوسط دمای ماهیانه. مجموعه مقالات سومین کنفرانس منطقه‌ای و اولین کنفرانس ملی تغییر اقلیم. دانشگاه اصفهان و سازمان هواشناسی ایران.
- معروفی، ص. ۱۳۸۲. مقایسه‌ی داده‌های بارندگی و جریان رودخانه‌ای به منظور مطالعات خشک‌سالی‌های منطقه‌ای. مجموعه مقالات سومین کنفرانس منطقه‌ای و اولین کنفرانس ملی تغییر اقلیم. ۲۸۳-۲۸۷.
- Bootsma, A., 1994. Long-term (100 years) climate trends for agriculture at selected locations in Canada. *Climatic Change* 26, 65-88.
- Carlson, R. E., Enz, J. W., Baker, D. G., 1994. Quality and variability of long term climate data relative to agriculture. *Agric. For. Meteorol.* 69, 61-74.
- Ghahraman, B., 2006. Time Trend in the Mean Annual Temperature of Iran. *Turk. J. Agric. For.* 30, 439-448.
- Heino, R., Brázdil, R., Forland, E., Tuomenvirta, H., Alexandersson, H., Beniston, M., Pfister, C., Rebetez, M., Rosenhagen, G., Rösner, S., Wibig, J., 1999. Progress in the study of climatic extremes in northern and central Europe. *Climatic Change* 42, 151-181.
- McMaster, G. S., 1997. Phenology, development, and growth of the wheat (*Triticum aestivum* L.) shoot apex: a review. *Adv. Agron.* 59, 63-118.
- Moonen, A. C., Ercoli, L., Mariotti, M., Masoni, A., 2002. Climate change in Italy indicated by agrometeorological indices over 122 years. *Agric. For. Meteorol.* 111, 13-27.
- Plummer, N., Salinger, M. J., Nicholls, N., Suppiah, R., Hennessy, K. J., Leighton, R. M., Trewin, B., Page, C. M., Lough, J. M., 1999. Changes in climate extremes over the Australian region and New Zealand during the twentieth century. *Climatic Change* 42, 183-202.
- Smit, B., Ludlow, L., Brklacich, M., 1988. Implications of a global climatic warming for agriculture: a review and appraisal. *J. Environ. Qual.* 17, 519-527.
- Suppiah, R., Hennessy, K., 1998. Trends in total rainfall, heavy rain events and number of dry days in Australia, 1910-1990. *Int. J. Climatol.* 10, 1141-1164.

Study the Trend of Early and Late Frost Occurrences, Length of Frost-free Period and Number of Frost Day to reduce of Agricultural Damages in Several Climatic Regions of Iran

Varshavian¹, V., Ghahreman², N., Khalili³, A. and Hajjam⁴, S.

Abstract

Occurrence of the early frost in autumn and the late frost in spring cause damage to crops in different climatic regions of Iran each year. Information about the probable dates of frost occurrence, helps farmers to avoid or reduce the damages caused by frost. In this study, high quality historical daily minimum temperature data in a 44 years period (1961-2004) from six synoptic stations, Tabriz, Tehran, Zahedan, Shiraz, Kermanshah, and Mashhad were used to derive agrometeorological indices i.e. date of last spring frost, SF (day), first autumn frost, AF (day), length of frost-free period, LFF (day), and number of frost day (1951-2005). These stations represent different climates of Iran based on Koppen climatic classification. First, time series (dates of frost, frost-free period and number of frost day) were checked for normality with the Kolmogorov-Smirnov test. Time trends for all variables were analyzed using parametric and nonparametric techniques. Zahedan (Steppe climate) didn't show significant trend. Tehran (As the other example of steppe climate) showed significant positive trend in length of frost-free period and date of first autumn frost and a significant negative trend in date of last spring frost and number of frost day. Among representatives of temperate humid climate, Tabriz showed significant negative trend just in the number of frost day. Analyzing Mashhad and Kermanshah showed a similar significant positive trend in both length of frost-free period and date of first autumn frost and a significant negative trend in number of frost day. Also Shiraz, similar Tehran, showed significant trend in all studied time series. Generally, except Tabriz and Zahedan, length of period that plant can develop without the risk of frost has increased. Also, except Zahedan, number of frost day in other stations has decreased significantly.

Keywords: Late spring frost, Early autumn frost, Number of frost day, Frost free period, Agrometeorology

1, 2 and 3, Msc Student, Assistant Professor and Professor, Department of Irrigation and Reclamation Engineering, College of Soil and Water Engineering, University of Tehran

4. Assistant Professor, Geophysics Institute, University of Tehran
