چکیده

در حال حاضر، کشاورزی یکی از مهم‌ترین بخش‌های اقتصادی کشور به شمار می‌آید تا جایی که می‌توان گفت رشد اقتصادی کشور بدون رشد کشاورزی امکان‌پذیر نیست. از آنجا که هریک از محصولات کشاورزی شرایط اقلیمی و محیطی خاصی را می‌طلبند، لذا محققان و کارشناسان منابع طبیعی و اقلیم‌شناسان توجه ویژه‌ای به آمایش سرزمین داشته و بر پایهٔ مدل‌های اکولوژی ـ کشاورزی، منابع اکولوژیکی زمین را با روش‌های مناسب شناسایی، ارزیابی و به منظور اهداف خاصی قابلیت‌سنجی می‌کنند. هدف عمدهٔ این تحقیق، ارزیابی روند تغییرات پارامترهای آگروکلیمایی مؤثر بر رشد زرشک در شهرستان مشهد است. برای این منظور داده‌های روزانهٔ دمای کمینه، بیشینه، بارش، میانگین دما، رطوبت نسبی، دما، خاک، ساعات آفتابی و میانگین دما، رطوبت نسبی و دما خاک در روز اتمام مرحلهٔ فنولوژی ایستگاه سینوپتیک مشهد اخذ و از طریق آن‌ها مقادیر پارامترهای اقلیمی در سطوح احتمالی مختلف در مراحل فنولوژی محاسبه شد. در مرحلهٔ بعد، از آزمون مَن ـ کِندال به بررسی روند عناصر اقلیمی در مراحل مختلف فنولوژی محصول زرشک استفاده شد. نتایج این تحقیق نشان داد که میانگین رطوبت نسبی در روز تمام شدن مرحله با توجه به درجهٔ روز در مرحلهٔ اول، سوم و ششم، میانگین رطوبت نسبی در مرحلهٔ دوم و ششم، بارندگی در مرحلهٔ چهارم، میانگین دمای خاک و ساعات آفتابی در مرحلهٔ سوم روند کاهشی معنادار در سطح ۵ درصد دارند. ساعات آفتابی در مرحلهٔ پنجم و ششم روند کاهشی معنادار در سطح ۵ درصد دارد. میانگین دما در مرحلهٔ سوم و چهارم، میانگین دما حداکثر، حداقل و میانگین دما در روز اتمام مرحله در مرحلهٔ چهارم، روند افزایشی معنادار در سطح ۵ درصد از خود نشان می‌دهند.

کلیدواژه‌ها: زرشک، مَن ـ کندال، پارامتر اقلیمی، مشهد

دکتر غلام‌عباس فلاح قالهری
استادیار گروه جغرافیا، دانشگاه حکیم سبزواری

حسن رضایی
دانشجوی دکتری جغرافیا
و اقلیم‌شناسی دانشگاه حکیم سبزواری

پارامترهای اقلیمی بر مراحل فنولوژی زرشک در شهرستان مشهد

مقدمه

آب و هوا یکی از مهم‌ترین عواملی است که در طول تاریخ مورد توجه بشر بوده و کمتر فعالیت کشاورزی وجود دارد که در طول روز با یک یا چند عامل هواشناسی برخورد نداشته باشد (محمدی و مقتدری، ۱۳۸۳: ۱۶۳). بنابراین یکی از مهم‌ترین عوامل مؤثر در فعالیت‌های انسان‌ها به ویژه در بخش کشاورزی، آب و هواست به طوری که هر کشتی در هر منطقه‌ای باید با توجه به شرایط اقلیمی انجام شود و در غیر این صورت عملیات کشاورزی ممکن است با شکست مواجه شود. محدودیت‌ها و مرزهای تولید محصولات کشاورزی وابسته به شرایط اقلیمی است (محمدی، ۱۳۸۵: ۸۹). میزان تولید محصولات کشاورزی، همبستگی بالایی با نزولات جوی و مساعد بودن شرایط آب و هوایی دارد (عزیزی و یاراحمدی، ۱۳۸۳: ۲۳). یکی از راه‌های اساسی برای تولید و ارتقای فعالیت‌های زراعی در کشور، استفادهٔ بهینه از اراضی متناسب با شرایط اکولوژیک آن‌هاست (فرجزاده و تکلوبیغش، ۱۳۸۰: ۹۳). تولید در بخش کشاورزی وابستگی زیادی به آب و هوا و قابلیت‌های جذب آب دارد. دما و بارش نقش مهمی در رشد و نمو و به ثمر رسیدن محصول دارند. دما نقش عمده‌ای در تاریخ کشت و پیش‌بینی مراحل مختلف رشد و نمو تا برداشت محصول ایفا می‌کند. بارش و رطوبت خاک شرایط لازم را برای رشد و نمو محصول تأمین می‌کند (قطره سامانی، ۱۳۸٤: ۱). هالویک (۱۹۸۵) همبستگی تأثیر آب و هوا را بر عملکرد محصولات زراعی براساس انحراف عملکرد محصول از خط رگرسیون بررسی کرد. بررسی رابطهٔ گیاه با عوامل اقلیمی بر عهدهٔ آب و هواشناسی کشاورزی است. اقلیم‌شناسی کشاورزی ارتباط متقابل عوامل اقلیمی و هیدرولوژیکی را با کشاورزی بررسی می‌کند، هدف اقلیم‌شناسی کشاورزی به‌کارگیری اطلاعات آب و هوایی به منظور بهبود عملیات کشاورزی و افزایش تولید کشاورز از جنبهٔ کیفی و کمی است (محمدی، ۱۳۸۵: ۹۳). برخی دانشمندان بر این اعتقادند که نوع تولید کشاورزی و نوسان محصولات به آب و هوا بستگی دارد (خالدی، ۱۳۷٤: ۸۱).

تحقیقات زیادی در زمینهٔ اقلیم کشاورزی انجام شده است. از جمله، برای تعیین نیازهای بیولوژیکی محصول سیب‌زمینی، کیفیت و ویژگی‌های زمین برای کشت سیب‌زمینی در ناحیهٔ کاچمنت کنت بریتانیا، با استفاده از GIS قابلیت‌های این منطقه برای این کشت شناسایی شد (غفاری و همکاران، ۲۰۰۰). لوبل و همکاران[1] (۲۰۰٦) اثر تغییر تقلیم در دورهٔ ۲۰۵۰ را بر عملکرد گیاهان چندساله از جمله انگور، بادام، گردو، پرتقال، آواکادو در کالیفرنیای امریکا بررسی کردند و دریافتند که اثر منفی تغییر اقلیم بر عملکرد این محصولات، حتمی و کاهش محصول تا بیش از ٤۰ درصد قابل پیش‌بینی است. تویت[2] و همکارانش (۲۰۰۱) با استفاده از آمار ۷۸۸ ایستگاه در دورهٔ نرمال ۹۰ـ ۱۰٦۱ در پنج کشور: فنلاند، دانمارک، سوئد، نروژ و ایسلند با استفاده از GIS نقشه اگروکلیمایی تهیه شد و کاربرد GIS و نقشه‌های رقومی در تحلیل‌های اقلیم‌شناسی ثابت شد. در کشور مکزیک هم برای شناسایی مناطق مستعد کشت هلو از GIS استفاده شد. آبراها[3] و سویج (۲۰۰٦) اثر پتانسیل تغییر اقلیم بر عملکرد ذرت در جنوب آفریقا را بررسی کردند و نشان دادند که تغییر کشت در شرایط فعلی، تأثیر چندانی بر عملکرد دانهٔ محصول نخواهد داشت، اما تحت شرایط تغییر اقلیم، جلو انداختن تاریخ کشت موجب افزایش عملکرد خواهد شد.

سان و همکاران[4] (۲۰۰۷) با استفاده از مدل رگرسیونی به بررسی رابطهٔ بین پارامترهای اقلیمی و عملکرد محصول ذرت سال‌های ۱۹۵۲ تا ۲۰۰۱ در ایالت نسبتاً خشک سیرا در کشور برزیل پرداختند و توانایی پیش‌بینی عملکرد محصول ذرت را با استفاده از پیش‌بینی‌های فصلی اقلیم منطقه بر مبنای الگوی عمومی دمای سطح دریا ارزیابی کردند. آن‌ها یک ضریب آب و هوایی به منظور اندازه‌گیری شدت

خشک‌سالی ارائه و آن را به‌عنوان بهترین پارامتر در پیش‌بینی عملکرد ذرت معرفی کرده‌اند.

فِنگ مِی[5] و همکاران (۲۰۰۷) از سناریوی B2 و مدل تخمین محصول از طریق محرک‌های اکولوژیکی و محیطی[6] (CERIES) و مدل‌های اقلیم منطقه‌ای[7] (RCM) برای ارزیابی پیامدهای تغییر اقلیم بر روی برنج در خلال سال‌های ۲۰۷۰ تا ۲۰۹۰ میلادی استفاده کردند. آن‌ها نشان دادند که با در نظر گرفتن اثر مستقیم دی‌اکسید کربن، عملکرد برنج در همهٔ ایستگاه‌ها افزایش می‌یابد، اما بدون در نظر گرفتن اثر مستقیم دی‌اکسید کربن، عملکرد برنج کاهش می‌یابد. محمدی و مقتدری (۱۳۸۳) در پژوهشی به ارزیابی پتانسیل‌های اقلیمی کشت نخل در استان گلستان پرداختند و نتایج پژوهش آن‌ها نشان می‌دهد که منطقه شرایط نسبتاً مساعدی برای کشت نخل خرما

در مناطق زرشک‌کاری، آب و خاک بسیاری از این مناطق از کیفیت پایینی برخوردار است. به طوری که بسیاری از زمین‌های زیر کشت موجود این محصول برای تولید سایر محصولات کشاورزی مناسب نیستند.

(زودرس) است. جهانگیری و همکاران (۱۳۸٤) به مطالعهٔ تأثیرات سرمازدگی بر محصول پسته در استان کرمان پرداخته و به این نتیجه رسیده‌اند که احتمال وقوع سرمازدگی در بافت بیشتر و در سیرجان کمتر است. سرمازدگی باعث می‌شود که گل‌های درخت توانایی باروری خود را از دست بدهند و شروع به ریزش کنند.

سیتا پریا برای پهنه‌بندی محصول گندم دیم در کشور هند، از عوامل و عناصر آب و هوایی، نظیر ارتفاع از سطح دریا، شیب، نوع خاک، بارش و دمای هوا استفاده کرده و به این نتیجه رسیده است که توزیع بارش ماهانه و ارتفاع منطقه، عامل مؤثری در تعیین مناطق مساعد برای کشت گندم دیم است (رسولی، ۱۳۸٤: ۱۸٤). علیجانی و دوستان (۱۳۸۵) در تحقیقی به تعیین نواحی مستعد کشت زرشک در استان خراسان جنوبی با استفاده از GIS پرداختند و نشان دادند که زمین‌های متسعد در نواحی مرکزی، شمالی و شمال غربی و قسمت‌های شمال شرقی استان قرار دارند. یاراحمدی و همکاران (۱۳۹۰) به بررسی پتانسیل اقلیمی استان آذربایجان به منظور کشت گردو پرداختند. در این تحقیق با بررسی عناصر اصلی اقلیمی مؤثر، مناطق مناسب و مساعد کشت گردو شناسایی شد و نتایج نشان داد که از لحاظ عناصر اقلیمی ٥٥/٤ درصد از کل مساحت استان دارای شرایط کاملاً مناسب، ۳۳ درصد دارای شرایط نسبتاً مناسب و ۱۱/٦ درصد دارای تناسب بحرانی برای کشت گردوست.

رمضانی و کاظم‌نژاد (۱۳۹۰) به بررسی تأثیر نوسانات بارش بر میزان تولید زیتون در شهرستان رودبار پرداخته و با انتشار آن نتیجه گرفته‌اند که این شهرستان از نظر فراوانی وقوع در سال‌های ۷۳ـ ۷۲ و ۸۷ـ ۸٦ به ترتیب با خشک‌سالی و ترسالی مواجه بوده است و از طرفی بین میزان تولید محصول با خشک‌سالی و ترسالی رابطه‌ی معنادار وجود دارد. سلیمانی و صفری‌شاد (۱۳۹۰) به بررسی تأثیر عوامل اقلیمی بر روند تغییرات عملکرد محصول کیوی استان مازندران پرداخته‌اند و افزایش دمای پاییزه و رطوبت بالای فصل زمستان، نیازهای آب و هوایی محصول کیوی، یعنی آب و هوای معتدل برای رشد و نمو فراهم می‌کند. این دو متغیر اقلیمی بیشترین تأثیر را بر عملکرد و بازدهی کیوی نسبت به سایر فاکتورهای هواشناسی دارند و باعث بالا رفتن محصول می‌شدند. حسین‌زاده کرمانی و اسماعیل‌نژاد (۱۳۹۱) به بررسی پهنه‌بندی نیاز آبی محصول پسته در غرب و جنوب غربی استان خراسان رضوی با تأکید بر توسعهٔ پایدار کشاورزی در محیط GIS پرداخته‌اند و نتایج آن‌ها نشان می‌دهد که مهم‌ترین محورها در شرایط اقلیمی و محیطی منطقه، زمینه را برای کشاورزی فراهم کرده است.

ده‌حبه و بریم‌نژاد (۱۳۹۱) در تحقیقی تأثیر نوسان اقلیم (درجهٔ حرارت و بارندگی) بر عملکرد گندک دیم شهرستان بیجار و حساسیت پارامترهای اقلیمی (دما و بارندگی) روی عملکرد را با استفاده از مدل لگاریتمی بررسی کرده‌اند. با توجه به تغییرات اقلیمی مشاهده شده در این منطقه در دورهٔ مورد مطالعه افزایش عرضهٔ گندم وجود داشته است. با توجه به آثار نوسانات پارامترهای اقلیمی پیشنهاد شده است که سازگاری‌های لازم با این پدیده همانند جلوگیری از انتشار گازهای گلخانه‌ای، تناوب زراعی و دادن اطلاعات هواشناسی به کشاورزان صورت پذیرد. رفعت‌جو و همکاران (۱۳۹۱) به بررسی اثر برخی از پارامترهای اقلیمی و تولید عملکرد نیشکر در شمال خوزستان با استفاده از مدل رگرسیونی چندمتغیره پرداخته‌اند. نتایج تحقیق آن‌ها نشان می‌دهد که میانگین حداکثر مطلق درجه حرارت سالانه، میانگین حداکثر رطوبت سالانه، میانگین بارش سالانه و جمع بارش سالانه، همبستگی مثبت با عملکرد نیشکر با میانگین حداقل مطلق درجه حرارت سالانه، تعداد روزهای یخبندان، مدت زمان یخبندان و میانگین تبخیر سالانه، همبستگی مثبت با عملکرد نیشکر با میانگین حداقل مطلق درجه حرارت سالانه، تعداد پارامترهای اقلیمی، کشت و توسعه این گیاه در صورت اعمال مدیریت زراعی، مناسب پارامترهای محیطی محدودکننده نخواهد بود.

سلاجقه و همکاران (۱۳۹۲) به تأثیر پارامترهای جوی بر محصولات کشاورزی شهر کرمان پرداختند و با توجه به وجود همبستگی بین عملکرد محصولات کشاورزی با شرایط آب و هوایی، آن را مورد بررسی قرار داده‌اند. نتایج حاصل از همبستگی‌های ساده نشان داد که کاهش عملکرد محصولات زراعی با تغییرات دما در فصل زمستان و تغییرات بارندگی در اسفندماه همبستگی بالایی دارد و عملکرد محصولات باغی با تغییرات میزان بارندگی در فصل بهار همبستگی منفی معنادار دارد. کریم‌زاده و همکاران (۱۳۹۲) به بررسی شرایط اگروکلیمایی

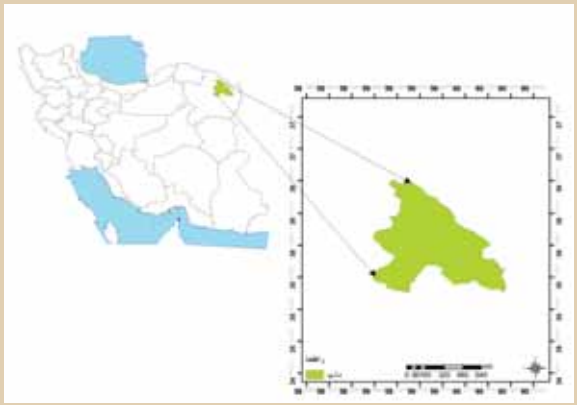
کشت سیب‌زمینی در شهرستان نهاوند پرداخته‌اند. نتایج آن‌ها نشان داده است که براساس روش پتانسیل گرمایی، ماه فروردین تا اواخر ماه آبان در منطقه جزء ماه‌های فعال از نظر کشاورزی به حساب می‌آیند و براساس آستانه‌های دمایی مراحل فنولوژیک سیب‌زمینی، تقویم اقلیمی در منطقه مبتنی بر کشت محصول در اواسط ماه فوریه و برداشت آن در اوایل ماه می خواهد بود.

در مناطق زرشک‌کاری، آب و خاک بسیاری از این مناطق از کیفیت پایینی برخوردار است. به طوری که بسیاری از زمین‌های زیر کشت موجود این محصول برای تولید سایر محصولات کشاورزی مناسب نیستند. در مجموع با توجه به شرایط خاص منطقهٔ خراسان، از جمله کمبود بارندگی و کم‌آبی عمومی، گرما و کاهش رطوبت نسبی هوا در تابستان، شوری آب و شور یا قلیایی بودن خاک‌ها که مانع گسترش کشت و کار بسیاری از گیاهان متداول به‌صورت تجاری شده است، کشت زرشک بی‌دانه اقتصادی است. در مورد درختچهٔ زرشک تحقیقی مناسب انجام نشده و این تحقیق، اولی کار تحقیقی است که نقش اقلیم را به‌عنوان مهم‌ترین عامل مؤثر در کشت و توسعهٔ زرشک بررسی کرده و با استفاده از تعیین پارامترهای اقلیمی مناسب در طول دورهٔ کشت، در طی دورهٔ بیست ساله به بررسی داده‌های اقلیمی روزانه در شهرستان مشهد پرداخته و روند پارامترهای اقلیمی در طول دورهٔ رشد با استفاده از آزمون منکندال انجام شده است.

مواد و روش‌ها

منطقهٔ مورد مطالعه

شهر مشهد با موقعیت جغرافیایی ۳۶ درجه و ۱۶ دقیقه عرض شمالی، ۵۹ درجه و ۳۸ دقیقه طول شرقی و ارتفاع ۹۹۹/۲ متر از سطح دریا قرار دارد (شکل ۱). در طی یک دورهٔ آماری بیست ساله (۲۰۱۳ـ۱۹۹۳) حاصل از ایستگاه هواشناسی سبزوار، متوسط بارش سالیانهٔ منطقه ۲۳۰٤/۷ میلی‌متر است. همچنین متوسط درجه حرارت ۱۵/٤ درجهٔ سانتی‌گراد است که حداقل آن در دی‌ماه و برابر با ۳/٤ و حداکثر آن در مردادماه و برابر با ۲۷/۵ درجهٔ سانتی‌گراد مشخص شده است. متوسط رطوبت نسبی ٤۷/۷ و حداقل و حداکثر رطوبت ثبت شده در ایستگاه در این دوره به ترتیب برابر با ۳۲ و ۷۰ درصد است. براساس روش طبقه‌بندی اقلیمی دو مارتن، این شهر دارای اقلیمی خشک با دمای ۲۵/٤ درجهٔ سانتی‌گراد و بارندگی ۲۳٤/۷ میلی‌متر است.



شکل ۱. موقعیت جغرافیایی شهرستان مشهد در استان خراسان رضوی

روش تحقیق

با توجه به هدف مورد نظر در این مطالعه، شرایط اقلیمی برای کشت زرشک تعیین شد. شروع رشد زرشک در دمای روزانه ۱۵ تا ۱۸ درجهٔ سانتی‌گراد، گُل‌دهی در ۱۹ تا ۲۳ درجه و شروع رکود زمستانی آن در ۷ تا ۱۱ درجهٔ سانتی‌گراد است (کافی و بالندری، ۱۳۸۱). زرشک بی‌دانه نسبت به سرما مقاوم است و در نواحی کوهستانی با زمستان‌های سرد به خوبی رشد می‌کند. از طرفی گرمای شدید تابستان در دشت‌های کم‌ارتفاع همراه با بادهای گرم (در منطقه به تف باد معروف است)، عامل محدودکننده در رشد محصول است و تأثیر منفی روی میوه‌های زرشک دارد. دورهٔ رویشی درختچهٔ زرشک ۲۲۰ تا ۲۳۵ روز به طول می‌انجامد (کافی و بالندری، ۱۳۸۱) در حالی‌که سرمازدگی شکوفه‌های درختچهٔ زرشک به دلیل ظهور دیرهنگام آن‌ها به ندرت اتفاق می‌افتد، اما سرمازدگی میوه‌ها در صورت روبه‌رو شدن با سرمای زودرس پاییزه و با برداشت دیرهنگامِ آن‌ها به محصول ضرر می‌رساند. مناطق زرشک‌کاری منطقه عمدتاً در ۱۰۰۰ تا ۲۰۰۰ متر ارتفاع از سطح دریا قرار دارند که از آب و هوای سردتر و معتدل‌تری برخوردارند. رشد جوانه‌های گیاه زرشک در منطقهٔ مورد مطالعه از اوایل فروردین‌ماه شروع و تا زمان ظاهر شدن گل‌ها ۳۰ تا ٤۰ روز طول می‌کشد و گل‌دهی گیاه، اواسط اردیبهشت و حدود ۲۰ روز

است (کافی و بالندری، ۱۳۸۱). در این دوره در برخی از مناطق زرشک‌کاری، بادهای گرم و بهاری با ریزش گل‌ها عملکرد محصول را کاهش می‌دهد. آغاز تشکیل میوه از اواخر اردیبهشت و اوایل خرداد است و در اواخر تیرماه، میوه‌ها تغییر رنگ می‌دهند و تا اواسط مردادماه رنگ آن‌ها از سبز به ارغوانی تغییر می‌کند. در این دوره نیز بادهای گرم کویری با دمای بالا به میوه‌ها آسیب می‌رسانند. میوه‌ها از اواخر مهرماه تا اواسط آبان‌ماه، کاملاً رسیده و آمادهٔ برداشت‌اند. آستانه‌های شروع، پایان و تحمل فنولوژی درختچهٔ زرشک در جدول شمارهٔ ۱ درج شده ست. این آستانه‌ها براساس مقایسهٔ بین منابع علمی (کافی و بالندری، ۱۳۸۱)، شرایط اقلیمی شهرستان قاین به‌عنوان مرکز اصلی تولید زرشک (آمار روزانهٔ پارامترهای اقلیمی) و مصاحبه (مهندسین و کشاورزان با تجربه) منطقه تعیین شد.

جدول ۱: آستانه‌های اقلیمی مراحل فنولوژیکی زرشک

مرحله فنولوژیکی	جوانه‌زنی	گل‌دهی	میوه دادن	پایان رشد
دورهٔ رشد	اواخر اسفند تا اواخر فروردین	اواخر فروردین تا اواخر اردیبهشت	اواخر اردیبهشت تا اوایل آبان	اواسط آبان
عناصر اقلیمی مؤثر	۱۵ درجه	۱۹ درجه	۲۳ درجه	دمای روزانه ۷ درجه و کمتر
عوامل منفی	یخبندان‌های دیررس بهاره	دمای روزانه ۳٤ درجه و بیشتر	دمای روزانه ۳٤ درجه و بیشتر و یخبندان‌های زودرس پاییزه	

مرجع: علیجانی و دوستان، ۱۳۸۵

براساس آستانه‌های کشت زرشک (جدول ۱)، مقادیر پارامتر آب و هوایی شامل میانگین دمای روزانه، میانگین دما در روز تمام شدن مرحله، میانگین حداکثر دما، میانگین حداقل دما، میانگین رطوبت نسبی، میانگین رطوبت نسبی در روز تمام شدن مرحله، میانگین دمای خاک، میانگین دمای خاک در روز تمام شدن مرحلهٔ بارش، ساعات آفتابی و سرعت باد از سازمان هواشناسی خراسان رضوی برای دورهٔ ۲۰۱۳ـ ۱۹۹۳ شامل ایستگاه گناباد به مدت بیست سال مورد استفاده قرار گرفته است. برای مرتب کردن و مدیریت داده‌ها از نرم‌افزار Excel و به دست آوردن همبستگی بین متغیرهای مورد نظر از نرم‌افزارهای spss استفاده شده است. با استفاده از اطلاعات مربوط به مراحل فنولوژی و درجهٔ هوای مورد نیاز روزهای رشد محصولات برای گذر از هر مرحلهٔ فنولوژیکی در مراحل مختلف رشد، تاریخ آغاز و پایان مراحل مختلف فنولوژیکی در ایستگاه مورد مطالعه شناسایی شد. در مرحلهٔ بعد، مقادیر پارامتر آب و هوایی شامل میانگین دمای روزانه، میانگین دما در روز تمام شدن مرحله، میانگین حداکثر دما، میانگین حداقل دما، میانگین رطوبت نسبی در روز تمام شدن مرحله، میانگین دمای خاک، میانگین دمای خاک در روز تمام شدن مرحلهٔ بارش، ساعات آفتابی پس از برازش بر توزیع‌های نظری در سطوح احتمالی ۵۰، ٦۰، ۷۰، ۸۰، ۹۰، ۹۵ و ۹۹ درصد در محیط نرم‌افزار SMADA محاسبه شد.

درجه ـ روز رشد

هر گیاه به تعداد واحد گرمایی معینی برای جوانه‌زنی، رشد، به ساقه رفتن، بلوغ و رسیدن احتیاج دارد. این تعداد واحد گرمایی را ثابت حرارتی می‌نامند که از گیاهی به گیاه دیگر فرق می‌کند. یکی از مباحث مهم در آب و هواشناسی، بررسی درجهٔ روزهاست. اکثر تحولات فیزیولوژیکی مانند رشد گیاهان و برخی پدیده‌های هیدرولوژیکی مانند ذوب برف، تابع حرارتی محیط‌اند. برای این منظور از نمایهٔ درجه ـ روز به‌عنوان شاخص گرما استفاده می‌شود. هر فرایند در آستانهٔ دمایی معینی فعال می‌شود، برای مثال آستانهٔ فعالیت برای جذب برف صفر درجهٔ سانتی‌گراد می‌باشد. بنابراین برآورد درجه ـ روز برای تعیین دوره‌های مختلف کشت، یکی از کارهای بسیار ضروری است. فرمول محاسبهٔ GDD به شرح زیر است:

$$GDD = \sum_{a}^{b}\left(\frac{T_{max} + T_{min}}{۲} - T_b\right)$$

در این رابطه GDD درجهٔ روز رشد (حرارت تجمعی) T_{max} و T_{min} درجه حرارت‌های حداکثر و حداقل روزانه (برحسب درجهٔ سانتی‌گراد)، T_b دمای مبنا (در اینجا ۱۰ درجهٔ سانتی‌گراد)، a و b تاریخ شروع و پایان مرحلهٔ فنولوژی است (کمالی و بازیگر، ۱۳۸۷).

مراحل فنولوژی زرشک مورد استفاده در تحقیق

تعیین درجهٔ روز مورد نیاز هر یک از مراحل فنولوژیکی و زمان‌های مختلف برداشت میوهٔ زرشک بی‌دانه در این مقاله در هر یک از مراحل فنولوژیکی به شرح زیر تعیین شد:

۱. مرحلهٔ شروع رشد آغازه‌های برگ (تأمین درجهٔ حرارت پایهٔ رشد گیاه تا گل‌دهی)؛

۲. مرحلهٔ گل‌دهی تا اولین تاریخ برداشت (۱۹ شهریور)؛

۳. مرحلهٔ تاریخ برداشت اول تا تاریخ برداشت دوم (۱۰ مهرماه)؛

٤. مرحلهٔ تاریخ برداشت دوم تا سومین تاریخ برداشت (۱ آبان)؛

۵. مرحلهٔ تاریخ برداشت سوم تا تاریخ برداشت چهارم (۲۲ آبان)؛

و ٦. مرحلهٔ تاریخ برداشت چهارم تا ریزش کامل برگ‌های درخت (۱۰ آبان).

مقدار درجه حرارت مورد نیاز برای هر یک از مراحل شش‌گانهٔ فوق به ترتیب ۹۷/۵، ۱٦۷، ۱۲۳۱، ۱۲۳، ۲۲ و ۱٤/۵ درجه ـ روز تعیین شد که نتایج آن در جدول ۲ آورده شده است.

جدول ۲: مراحل فنولوژی و نیازهای آب و هوایی زرشک

واحدهای حرارتی تجمعی	واحدهای حرارتی مورد نیاز	شرح	احتمال مراحل فنولوژی
۹۷/۵	۹۷/۵	گل دهی	اول
۱۲۵۰/۵	۱۲۳۱	گل‌دهی تا اولین تاریخ برداشت	دوم
۱۴۱۷/۵	۱۶۷	تاریخ برداشت اول تا تاریخ برداشت دوم	سوم
۱۵۴۰/۵	۱۲۳	تاریخ برداشت دوم تا سومین تاریخ برداشت	چهارم
۱۵۶۲/۵	۲۲	تاریخ برداشت سوم تا تاریخ برداشت چهارم	پنجم
۱۵۷۷	۱۴/۵	برداشت چهارم تا ریزش کامل برگ‌های درخت	ششم

آزمون من ـ کندال

وجود یا عدم وجود روند و تحلیل سری‌های زمانی و تغییر اقلیم ارائه شده در دو دسته روش‌های پارامتریک و ناپارامتریک تقسیم‌بندی می‌شوند. روش‌های پارامتریک عمدتاً براساس رابطهٔ رگرسیونی بین سری داده‌ها با زمان استوارند. روش‌های ناپارامتریک از کاربرد نسبتاً وسیع‌تر و چشمگیرتری نسبت به روش‌های پارامتریک برخوردارند. برای سری‌هایی که توزیع آماری خاصی بر آن‌ها قابل برازش نیست و چولگی یا کشیدگی زیادی دارند استفاده از روش‌های ناپارامتریک مناسب‌تر است. آزمون من ـ کندال جزء پرکاربردترین روش‌های ناپارامتریک تحلیل روند سری‌های زمانی به‌شمار می‌رود (همتی، ۱۳۹۰).

آزمون من ـ کندال ابتدا توسط من (۱۹۴۵) ارائه و سپس توسط کندال (۱۹۷۵) بسط و توسعه یافت (سیرانو، ۱۹۹۹: ۸۷). این روش به‌طور متداول و گسترده در تحلیل روند سری‌های هیدرولوژیکی و هواشناسی به‌کار گرفته می‌شود (لتن مایر و همکاران، ۱۹۹۴: ۲۲۸). از نقاط قوت این روش می‌توان به مناسب بودن کاربرد آن برای سری‌های زمانی‌ای که از توزیع آماری خاصی پیروی نمی‌کنند اشاره کرد. اثرپذیری ناچیز این روش از مقادیر حدی که در برخی از سری‌های زمانی مشاهده می‌شوند نیز از دیگر مزایای استفاده از این روش است (تورگی و ارکن، ۲۰۰۵: ٤). فرض صفر این آزمون بر تصادفی بودن و عدم وجود روند در سری داده‌ها دلالت دارد. پذیرش فرض یک (رد فرض صفر) دال بر وجود روند در سری داده‌هاست. این آزمون به دو شیوه انجام می‌شود:

۱. آزمون من ـ کندال برای محاسبهٔ روند سری‌های زمانی؛

۲. آزمون نموداری من ـ کندال برای شناسایی نقطهٔ جهش در سری‌های زمانی؛

مراحل انجام آزمون من ـ کندال برای محاسبهٔ روند به شرح زیر است:

الف. محاسبهٔ اختلاف بین تک‌تک مشاهدات با همدیگر و اعمال تابع علامت و استخراج پارامتر S به شرح زیر:

$$S=\sum_{i=2}^{n}\sum_{j=1}^{i-1}\operatorname{sign}(x_i-x_j) \qquad (۲)$$

که در آن n تعداد مشاهدات سری، و x_j و x_i به ترتیب داده‌های زام و ام سری هستند. تابع علامت نیز به شرح زیر قابل محاسبه است:

$$\operatorname{Sign}(x)=\begin{cases}1 & \text{if} \quad x_i-x_j>0\\ 0 & \text{if} \quad x_i-x_j=0\\ -1 & \text{if} \quad x_i-x_j<0\end{cases} \qquad (۳)$$

برای متغیرهای تصادفی مستقل و دارای توزیع یکنواخت و بدون گره (دو یا چندین داده با مقادیر عددی مساوی که در سری مرتب شده به دنبال هم قرار می‌گیرند) میانگین و واریانس s به صورت زیر است:

$$E(s)=0$$
$$\operatorname{var}(s)=\frac{n(n-1)(2n+5)}{18} \quad n\geq 10 \qquad (۴)$$

که در آن n تعداد داده‌های سری مشاهدات است. اگر در سری مشاهدات، داده‌های تکراری وجود داشته باشد، مقدار واریانس از رابطهٔ زیر محاسبه می‌شود:

$$\operatorname{var}(s)=\frac{1}{18}[n(n-1)(2n+5) \qquad (۵)$$
$$-\sum_{p=1}^{q} t_p(t_p-1)(2t_p+5)] \quad n<10$$

در آن که q تعداد گروه‌های تکراری است. برای مثال اگر در یک سری داده، فقط دو عدد با مقادیر مساوی وجود داشته باشد، یک گروه با ظرفیت دو (t_p-1) خواهیم داشت.

اگر تعداد داده‌های یک سری بیش از ده عدد باشد، s از توزیع نرمال تبعیت خواهد کرد و نمرهٔ معیار استاندارد (z) به‌صورت زیر محاسبه می‌شود:

$$Z=\begin{cases}\dfrac{s-1}{\sqrt{\operatorname{var}(s)}} & \text{if} \quad s>0\\ 0 & \text{if} \quad s=0\\ \dfrac{s+1}{\sqrt{\operatorname{var}(s)}} & \text{if} \quad s<0\end{cases}$$

جدول ٤: مقادیر پارامترهای اقلیمی در مرحلهٔ اول در سطوح احتمالی مختلف در مراحل فنولوژی زرشک

مرحلهٔ اول	۰/۵	۰/۶	۰/۷	۰/۸	۰/۹	۰/۹۵	۰/۹۹
میانگین رطوبت در روز اتمام هر مرحله	٦٥	٦٨/٣	٧٠/٢	٧٢/٦	٧٤/٦	٧٦/٢	٧٩
میانگین رطوبت	٦٥/٨	٦٧	٦٩/٧	٧١/٦	٧٣/٦	٧٥/٧	٧٨
میانگین حداکثر دما	٩/٩	١٢/٢	١٤/٣	١٦/٥	١٩	٢٠/٦	٢٢
میانگین حداقل دما	-٠/٧	٠/٧	٢	٣/٦	٥/١	٦/١	٧/١
میانگین دما	٥/٨	٧/٥	٨	١٠/٢	١٢/٥	١٣/٦	١٥
میانگین دما در روز اتمام هر مرحله	٧/٦	٨/٥	٩	٩/٧	١٠/٤	١٠/٩	١١/٤
میانگین دمای خاک	-٤	-٢	-٠/١	٢	٤/٤	٥/٨	٧/٢
میانگین سرعت باد	٣	٣/٢	٣/٨	٤/٤	٥/٢	٥/٨	٦
مجموع بارندگی	١٤٠	١٦٦	١٩١	٢١٧	٢٤٦	٢٦٤	٢٨١
مجموع ساعات آفتابی	٥٣٩	٦٣٩	٦٨٤	٧٣٢	٧٨٣	٨١٦	٨٤٥

جدول ٥: مقادیر پارامترهای اقلیمی در مرحلهٔ دوم در سطوح احتمالی مختلف در مراحل فنولوژی زرشک

مرحلهٔ دوم	۰/۵	۰/۶	۰/۷	۰/۸	۰/۹	۰/۹۵	۰/۹۹
میانگین رطوبت در روز اتمام هر مرحله	٤٠	٤٤/٤	٤٦	٥٠	٥٤/٤	٥٥	٥٧
میانگین رطوبت	٣٥/٦	٣٧/٨	٤٠/١	٤٢/٦	٤٥/٥	٤٧/٤	٤٩/٣
میانگین حداکثر دما	٢٦/٣	٢٧/٧	٢٩/٢	٣٠/٧	٣٢/٤	٣٣/٤	٣٤/٤
میانگین حداقل دما	١٢/٣	١٣/٧	١٤/٩	١٦/٢	١٧/٦	١٨/٥	١٩
میانگین دما	١٩/٣	٢٠/٦	٢١/٨	٢٣	٢٤/٤	٢٥/٣	٢٦
میانگین دما در روز اتمام هر مرحله	٢٤/٧	٢٥/١	٢٥/٤	٢٥/٧	٢٥/٧	٢٦	٢٦/٤
میانگین دمای خاک	١١	١٢/٤	١٣/٧	١٥/٢	١٦/٦	١٧/٦	١٨/٥
میانگین سرعت باد	٣	٣/٥	٣/٨	٤/١	٤/٨	٥/٦	٦/٤
مجموع بارندگی	٣٠	٤١	٥١	٦٢	٧٣	٨١	٨٧
مجموع ساعات آفتابی	١٣١٧	١٣٧٢	١٤٢٦	١٤٨٦	١٥٥٤	١٥٩٩	١٦٤١

جدول ٦: مقادیر پارامترهای اقلیمی در مرحلهٔ سوم در سطوح احتمالی مختلف در مراحل فنولوژی زرشک

مرحلهٔ سوم	۰/۵	۰/۶	۰/۷	۰/۸	۰/۹	۰/۹۵	۰/۹۹
میانگین رطوبت در روز اتمام هر مرحله	٢٩/٢	٣٢/٣	٣٥/٢	٣٨/٤	٤١/٧	٤٣/٨	٤٥
میانگین رطوبت	٣١/٧	٣٤/٨	٣٧/٨	٤١	٤٤/٥	٤٦	٤٨
میانگین حداکثر دما	٣٣/٦	٣٥/٢	٣٦/٨	٣٨/٥	٤٠/٣	٤١	٤٢
میانگین حداقل دما	١٨/٥	٢٠/٥	٢٢/٥	٢٤/٦	٢٦/٨	٢٨/٣	٢٩
میانگین دما	٢٦	٢٧/٨	٢٩/٤	٣١/٢	٣٣	٣٤/٣	٣٥
میانگین دما در روز اتمام هر مرحله	٢٤/٥	٢٥/٣	٢٦	٢٧	٢٨	٢٨/٦	٢٩/٢
میانگین دمای خاک	١٢	١٤/٤	١٦/٦	١٩	٢١/٥	٢٣/٢	٢٤/٦
میانگین سرعت باد	٣	٣/٤	٤	٤/٢	٤/٨	٥/٥	٦
مجموع بارندگی	١/٣	٣/٤	٥/٣	٧	٩	١١	١٢/٥
مجموع ساعات آفتابی	١٩٥	٢٠٢	٢١٠	٢١٩	٢٢٨	٢٣٤	٢٤٠

جدول ٧: مقادیر پارامترهای اقلیمی در مرحلهٔ چهارم در سطوح احتمالی مختلف در مراحل فنولوژی زرشک

مرحلهٔ چهارم	۰/۵	۰/۶	۰/۷	۰/۸	۰/۹	۰/۹۵	۰/۹۹
میانگین رطوبت در روز اتمام هر مرحله	٣٣	٣٨	٤٤	٤٩	٥٥	٥٧/٥	٥٩
میانگین رطوبت	٣٢	٣٦	٤٠	٤٥	٤٩	٥٢	٥٥
میانگین حداکثر دما	٣١	٣٣	٣٥	٣٧	٣٩	٤١	٤٢
میانگین حداقل دما	١٥	١٦	١٨	٢٠	٢٢	٢٣	٢٤
میانگین دما	٢٣	٢٥	٢٦	٢٨	٢٩	٣٠	٣١
میانگین دما در روز اتمام هر مرحله	٢١	٢٣	٢٤	٢٦	٢٨	٢٩	٣٠
میانگین دمای خاک	٨	٩/٨	١١/٦	١٣/٤	١٥/٤	١٦/٧	١٧/٩
میانگین سرعت باد	٣	٣/٢	٣/٨	٤/١	٤/٧	٥/٢	٦
مجموع بارندگی	١	١/٤	٢/٢	٣/١	٣/٩	٤/٥	٥
مجموع ساعات آفتابی	١٥٢	١٧٦	١٩٩	٢٢٤	٢٥٠	٢٦٧	٢٨٢

جدول ٨: مقادیر پارامترهای اقلیمی در مرحلهٔ پنجم در سطوح احتمالی مختلف در مراحل فنولوژی زرشک

مرحلهٔ پنجم	۰/۵	۰/۶	۰/۷	۰/۸	۰/۹	۰/۹۵	۰/۹۹
میانگین رطوبت در روز اتمام هر مرحله	٣٠	٣٣	٣٥	٤٢	٤٩	٥٤	٥٨
میانگین رطوبت	٣٤	٣٩/٢	٤٣/٤	٤٧/٨	٥٢/٦	٥٥/٧	٥٨/٤
میانگین حداکثر دما	٢٩	٣١	٣٣	٣٥	٣٧	٣٩	٤٠
میانگین حداقل دما	١٢	١٤	١٦	١٩	٢١	٢٢	٢٤
میانگین دما	٢٠	٢٣	٢٥	٢٧	٢٩	٣٠	٣٢
میانگین دما در روز اتمام هر مرحله	٢٠	٢١/٧	٢٣/٤	٥٢/٢	٢٧/١	٢٨/٣	٢٩/٥
میانگین دمای خاک	٥/٩	٧/٤	٨/٩	١٠/٥	١٢/٢	١٣/٣	١٤/٣
میانگین سرعت باد	٢/٧	٢/٩	٣/٥	٤	٤/٤	٤/٥	٤/٦
مجموع بارندگی	١/٣	٣/٨	٦/٢	٨/٧	١١/٤	١٣/٢	١٤/٨
مجموع ساعات آفتابی	٣٢/٩	٤٢	٥١	٦٠	٧١	٧٧	٨٣

جدول ٩: مقادیر پارامترهای اقلیمی در مرحلهٔ ششم در سطوح احتمالی مختلف در مراحل فنولوژی زرشک

مرحلهٔ ششم	۰/۵	۰/۶	۰/۷	۰/۸	۰/۹	۰/۹۵	۰/۹۹
میانگین رطوبت در روز اتمام هر مرحله	٣٠	٣٥	٤٠	٤٦	٥٢	٥٥	٥٩/٣
میانگین رطوبت	٣١	٣٨	٤٥	٥٢	٥٩	٦٤	٦٨
میانگین حداکثر دما	٢٩	٣٠	٣٢	٣٣	٣٤	٣٥	٣٦
میانگین حداقل دما	١٢	١٤	١٦	١٨	٢٠	٢١	٢٣
میانگین دما	٢٠	٢٢	٢٣	٢٥	٢٧	٢٨	٢٩
میانگین دما در روز اتمام هر مرحله	١٩	٢٠	٢١/٤	٢٢/٥	٢٣	٢٤	٢٥
میانگین دمای خاک	٦/٢	٨/٤	١٠/٥	١٢/٧	١٥/١	١٦/٦	١٨
میانگین سرعت باد	٢/٥	٢/٩	٣/٧	٤/٢	٤/٩	٥/٥	٦
مجموع بارندگی	٠/٧	١/٥	٢/٣	٣/٣	٤/٧	٥/٨	٨
مجموع ساعات آفتابی	١٩	٢٥	٣٠	٣٦	٤٢	٤٥	٤٩

جدول ١٠: بررسی روند عناصر اقلیمی در مراحل مختلف فنولوژی محصول زرشک با استفاده از آزمون من ـ کندال

مراحل فنولوژی	میانگین دما		میانگین دمای خاک		میانگین سرعت باد		میانگین بارندگی		میانگین ساعات آفتابی	
	P-Value	z	P-Value	z	P-Value	z	P-Value	z	P-Value	z
مرحلهٔ اول	۰/۰۳	-۲	۰/۰۷	-۱/۴٦	۰/۳۳	۰/۴۲	۰/۱٦	-۰/۹۷	۰/۳٦	۰/۳۵
مرحلهٔ دوم	۰/۴۸	-۰/۰۳	۰/۰۴	-۱/۹۸	۰/۴۷	۰/۰٦	۰/۴۸	۰/۰۳	۰/۴	۰/۲۲
مرحلهٔ سوم	۰/۰۱	۲/۱۱	۰/۳۸	-۰/۲۹	۰/۱	۱/۲٦	۰/۳۱	۰/۴۸	۰/۲۳	۰/۷۱
مرحلهٔ چهارم	۰/۴۷	۰/۰٦	۰/۴	۰/۲۲	۰/۰۲	۲/۰۲	۰/۰۰۰	۲/۹۵	۰/۰۰۰	۲/۹۵
مرحلهٔ پنجم	۰/۴۸	-۰/۰۳	۰/۴۲	۰/۲	۰/۲۷	۰/۵۸	۰/۱۸	۰/۹۱	۰/۲۳	۰/۷۱
مرحلهٔ ششم	۰/۰۴	-۱/۹۸	۰/۰۲	۲/۰۲	۰/۴۸	۰/۰۳	۰/۱۷	۰/۹۴	۰/۰۷	۰/۴٦

جدول ١١: بررسی روند عناصر اقلیمی در مراحل مختلف فنولوژی محصول زرشک با استفاده از آزمون من ـ کندال

مراحل فنولوژی	میانگین دما		میانگین دمای خاک		میانگین سرعت باد		میانگین بارندگی		میانگین ساعات آفتابی	
	P-Value	z	P-Value	z	P-Value	z	P-Value	z	P-Value	z
مرحلهٔ اول	۰/۲۲	۰/۷۴	۰/۰۷	-۱/۴۲	۰/۴٤	۰/۱۲	۰/۱۸	-۰/۹	۰/۲٤	۰/۷
مرحلهٔ دوم	۰/۲٦	۰/٦۱	۰/۳۲	-۰/٤٦	۰/۱۳	۱/۱	۰/۱۱	۱/۲	۰/۲۲	-۰/۷٤
مرحلهٔ سوم	۰/۰۲	۲/۰۲	۰/۰۵	-۱/۹٦	۰/۲	۰/۹	۰/۱۳	۱/۱	۰/۰۳	-۲
مرحلهٔ چهارم	۰/۰۱	۲/۱۱	۰/۲٦	-۰/٦۲	۰/۰٤	۱/۹۸	۰/۰۳	-۲	۰/۳۱	۰/۴۸
مرحلهٔ پنجم	۰/۱۲	۱/۱۳	۰/۰٦	-۱/٦۵	۰/۳۱	۰/۴۸	۰/۲۲	-۰/۷٤	۰/۴	۰/۲۲
مرحلهٔ ششم	۰/۲٤	۰/٦۸	۰/۲۵	-۰/٦۵	-۰/۲٦	۰/٦۱	۰/۴۵	۰/۱	۰/۱۲	-۱/۱٦

این آزمون، یک آزمون دوطرفه است، بنابراین در صورتی که $|Z| \leq Z_{\frac{a}{2}}$ باشد، فرض صفر پذیرفته می‌شود.

این بدان معناست که در نتایج حاصل از آزمون من ـ کندال، اعداد با علامت مثبت دارای روند افزایشی و اعداد با علامت منفی دارای روند کاهشی و صفر نشان‌دهندهٔ عدم وجود روند است. گفتنی است که در این آزمون، اعداد روند بین ۱/۹۶± معنادار نیستند، اما اعداد خارج از بازه‌های ۱/۹۶± و ۲/۵۸± به ترتیب در سطح اطمینان ۹۵ و ۹۹ درصد معنا دارند.

یافته‌ها

نتایج و بحث

مقادیر پارامترهای هواشناسی در سطوح احتمالی مختلف در مراحل فنولوژی محصول زرشک

جدول (۳) تاریخ آغاز مراحل فنولوژی را در سطوح احتمالی مختلف نشان می‌دهد که مراحل رشد فنولوژی محصول زرشک با توجه به اقلیم مشهد از ۲۷۲ تا ۳۰۱ روز است. در جدول (٤) میزان پارامترهای اقلیمی در سطوح احتمالی مختلف در مراحل مختلف فنولوژی درج شده است. همان‌طور که مشاهده می‌شود با توجه به جداول ٤ تا ۹ بیشترین میانگین رطوبت نسبی و بارندگی در مرحلهٔ اول، حداکثر دما در مرحلهٔ سوم، میانگین دمای خاک در مرحلهٔ سوم، مجموع ساعت آفتابی در مرحلهٔ دوم و سرعت باد در مرحلهٔ دوم و کمترین دمای حداقل در مرحلهٔ اول اتفاق افتاده است.

جدول ۳: تاریخ آغاز مراحل فنولوژی در سطوح احتمالی مختلف برای محصول زرشک

احتمال مراحل فنولوژی	۵۰	٦۰	۷۰	۸۰	۹۰	۹۵	۹۹
اول	۱۱۲	۱۱۵	۱۱۸	۱۲۱	۱۲۳	۱۲٦	۱۳۰
دوم	۲۳۵	۲۳۸	۲٤۱	۲٤۵	۲٤۷	۲۵۰	۲۵۵
سوم	۲۵۱	۲۵٤	۲۵۷	۲٦۱	۲٦۳	۲٦٦	۲۷۰
چهارم	۲٦۷	۲۷۱	۲۷۵	۲۸۰	۲۸۳	۲۸۷	۲۹۳
پنجم	۲۷۰	۲۷٤	۲۷۹	۲۸٤	۲۸۸	۲۹۲	۲۹۸
ششم	۲۷۲	۲۷۷	۲۸۲	۲۸۷	۲۹۰	۲۹۵	۳۰۱

بررسی روند عناصر اقلیمی در مراحل مختلف فنولوژی زرشک در شهرستان مشهد با استفاده از آزمون من ـ کندال

جدول ۱۰ و ۱۱ روند متغیرهای مؤثر بر رشد در مراحل فنولوژی را به روش آزمون من ـ کندال نشان می‌دهد. همان‌طور که مشاهده می‌شود، در مرحلهٔ اول در بین پارامترهای اقلیمی رطوبت نسبی در روز اتمام مرحله دارای روند کاهشی معنادار در سطح ۵ درصد است. در مرحلهٔ دوم میانگین رطوبت نسبی روند کاهشی معنادار در سطح ۵ درصد از خود نشان می‌دهد. در بقیهٔ پارامترهای اقلیمی هیچ نوع روند کاهشی یا افزایشی معنادار مشاهده نمی‌شود. در مرحلهٔ سوم رطوبت نسبی در روز اتمام مرحله و میانگین دمای خاک دارای روند کاهشی و میانگین دما و ساعات آفتابی دارای روند افزایشی معنادار در سطح ۵ درصد است و بقیهٔ پارامترهای اقلیمی هیچ نوع روند کاهشی یا افزایشی معنادار از خود نشان نمی‌دهند. در مرحلهٔ چهارم بارندگی دارای روند کاهشی، میانگین دما در روز اتمام مرحله، میانگین دما، دمای حداکثر و حداقل روند افزایشی معنادار در سطح ۵ درصد است و بقیهٔ پارامترهای اقلیمی هیچ نوع روند کاهشی یا افزایشی معنادار نشان نمی‌دهند. در مرحلهٔ پنجم هیچ یک از پارامترهای اقلیمی دارای روند کاهشی و افزایشی معنادار در سطح ۵ درصد نیستند و در مرحلهٔ ششم رطوبت نسبی در روز اتمام مرحله و میانگین رطوبت نسبی روند کاهشی معنادار در سطح ۵ درصد از خود نشان می‌دهد و بقیهٔ پارامترهای اقلیمی هیچ نوع روند کاهشی یا افزایشی معنادار ندارند. جدول ۱۰ و ۱۱ نشان می‌دهد که در بین پارامترهای اقلیمی تنها رطوبت نسبی در تمام مراحل فنولوژی روند کاهشی معنادار در سطح ۵ درصد از خود نشان می‌دهد.

نتیجه‌گیری

زرشک دارای بیش از ٦٦۰ گونه است که فقط نوع بی‌دانهٔ آن به‌عنوان محصول باغی پرورش می‌یابد. زرشک بی‌دانه در هیچ جای جهان کاشت نمی‌شود و مخصوص ایران است. این درختچه در جنوب خراسان بیش از دویست سال قدمت دارد (کافی و همکار، ۱۳۸۱) و یکی از محصولات عمدهٔ کشاورزی منطقه به شمار می‌رود که درآمد هزاران خانوار به‌طور مستقیم و غیرمستقیم به آن وابسته است. در خشک‌سالی اخیر خراسان این درختچه نشان داد که در برابر کم‌آبی مقاوم و زنده می‌ماند، بنابراین این محصول از منابع پایدار منطقه به حساب می‌آید و توجه به گسترش و توسعهٔ کشت آن، نوعی اطمینان خاطر برای کشاورزان و ثبات اقتصادی منطقه است. آزمون روند من ـ کندال بر پارامترهای اقلیمی مؤثر بر رشد، در مراحل فنولوژی محصول زرشک، نشان می‌دهد که میانگین رطوبت نسبی در روز تمام شدن مرحله با توجه به درجهٔ روز در مرحلهٔ اول، سوم و ششم، میانگین رطوبت نسبی در مرحلهٔ دوم و ششم، بارندگی در مرحلهٔ چهارم، میانگین دمای خاک و ساعات آفتابی در مرحلهٔ سوم دارای روند کاهشی معنادار در سطح ۵ درصد است. ساعات آفتابی در مرحلهٔ پنجم و ششم دارای روند کاهشی معنادار در سطح ۵ درصد است. میانگین دما در مرحلهٔ سوم و چهارم، میانگین دمای حداکثر، حداقل و میانگین دما در روز اتمام مرحله در مرحلهٔ چهارم، روند افزایشی معنادار در سطح ۵ درصد از خود نشان می‌دهند.

پی‌نوشت‌ها

1. Lobell
2. Tveit
3. Abraha
4. Sun
5. Fengmei
6. Ecology and environmental stimuli
7. Regional climate model

منابع

در دفتر مجله موجود است.