

## ارزیابی پتانسیل‌های اقلیمی کشت زعفران در شهرستان مرودشت

حسین محمدی: استاد اقلیم‌شناسی، دانشگاه تهران، تهران، ایران  
فیروز رنجبر: دانشجوی کارشناسی ارشد اقلیم‌شناسی، دانشگاه تهران، تهران، ایران\*  
محسن سلطانی: دانشجوی کارشناسی ارشد اقلیم‌شناسی، دانشگاه تهران، تهران، ایران

### چکیده

محدودیت‌ها و مرزهای تولید محصولات کشاورزی وابسته به شرایط اقلیمی است و آب و هوا یکی از مهمترین عوامل موثر در فعالیت‌های انسان به ویژه در بخش کشاورزی است. این تحقیق به منظور ارزیابی شرایط اقلیمی برای کشت محصول زعفران در شهرستان مرودشت صورت گرفته است. برای انجام این کار از داده‌های روزانه دمای شهرستان مرودشت به صورت روزانه و داده‌های بارش ماهانه در یک دوره آماری ۲۰ساله (۱۹۸۶-۲۰۰۵) استفاده شده است. در این تحقیق شرایط دمای حداقل، میانگین و نوسانات روزانه دما با توجه به نیازهای گیاه زعفران در شهرستان مرودشت مورد بررسی قرار گرفت و این شرایط با شهرستان‌های زعفران خیز ایران مقایسه شد. شرایط یخبندان و وقوع دماهای زیر صفر درجه نیز در این شهرستان بررسی شد. میزان درجه روز مورد نیاز برای رشد و گلدهی و همچنین ضریب گیاهی و نیاز آبی این گیاه نیز مورد ارزیابی قرار گرفت. براساس نتایج، از نظر دمایی و نوسانات روزانه دما، شهرستان مرودشت با شهرستان‌های زعفران خیز ایران مانند: قائن و تربت حیدریه به طور نسبی دارای مشابهت است و از این نظر برای کشت زعفران محدودیت وجود ندارد. از نظر احتمال وقوع یخبندان و همچنین درجه روز مورد نیاز برای رشد و گلدهی زعفران در شهرستان مرودشت محدودیتی وجود ندارد و با توجه به ضریب گیاهی و نیاز آبی این محصول در دوره اولیه رشد با توجه به کسری آب مورد نیاز، آبیاری این محصول ضروری است ولی در دوره توسعه و میانی با توجه به بارش‌های زمستانه و وجود رطوبت در خاک می‌توان تعداد دفعات آبیاری را کاهش داد.

واژه‌های کلیدی: شرایط اقلیمی، زعفران، درجه روز، ضریب گیاهی، نیاز آبی، مرودشت

### مقدمه

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 یار احمدی، ۱۳۸۳، ۲۳). یکی از راه‌های اساسی برای تولید و ارتقاء فعالیت‌های زراعی در کشور استفاده بهینه از اراضی متناسب با شرایط اکولوژیک آنها است (فرج

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 موثر در فعالیت‌های انسانها به ویژه در بخش کشاورزی، آب و هوا است به طوری که هر کشتی در هر منطقه ای باید با توجه به شرایط اقلیمی انجام شود

گردد. زعفران با نام عمومی سافرون<sup>۲</sup> و نام علمیکروکاس ساتیواس<sup>۳</sup> گرا نیهاترین گیاه زراعی موجود روی کره زمین است و تنها گیاهی است که واحد خرید و فروش آن به جای تن و کیلو گرم، متقال است (راشد<sup>۴</sup> و دیگران، ۲۰۰۶).

رومیان از دیر باز با خواص درمانی زعفران آشنا بودند، پزشکان سیسیلی به منظور صفای چهره و تسکین کبد از غلبه صفرا مصرف زعفران را تجویز می‌کردند (ابریشمی، ۱۳۷۶، ۵۸۷). بررسی گیاه‌شناسی زعفران به شناخت بهتر علمی این محصول پر ارزش کمک می‌کند. زعفران دارای ویژگی‌هایی است که آن را از سایر گیاهای متمایز می‌کند. برای نمونه در زمانی که کمتر از گلدهی گیاهان خبری است، گل زعفران از دل زمین بیرون می‌آید. زعفران ساقه حقیقی ندارد بلکه دارای ساقه زیر زمینی یا بنه معروف به پیاز زعفران است. زعفران گیاهی کوچک و پیاز دار است که دوره رشد آن از پاییز تا نزدیک بهار است، و یک محصول عمومی را در مناطقی که از لحاظ آب ضعیف‌اند، ایجاد کرده است. تولید کشاورزی در مناطق خشک و نیمه خشک عموماً با کاهش آب روبه‌رو است و زعفران به عنوان محصولی مناسب برای مناطق مستعد خشکسالی شناخته می‌شود (عزیزی<sup>۵</sup> و همکاران، ۲۰۰۷). در حال حاضر ایران جزء مهمترین کشورهای تولید کننده زعفران به شمار می‌رود (مبارکی، ۱۳۸۴، ۱۳). بعد از ایران مهمترین کشورهای تولید کننده زعفران اسپانیا، یونان، هند، مراکش و آذربایجان هستند (کافی، ۱۳۸۱، ۲۴). ایران

زاده و تکلوویغش، 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 پیش بینی مراحل مختلف رشد و نمو تا برداشت محصول ایفا می‌کند و بارش و رطوبت خاک شرایط لازم را برای رشد و نمو محصول تأمین می‌کند (قطره سامانی، ۱۳۸۴، ۱). هالویک<sup>۱</sup> (۱۹۸۵) از طریق روش تجزیه و تحلیل همبستگی، تأثیر آب و هوا را بر عملکرد محصولات زراعی بر اساس انحراف عملکرد محصول از خط رگرسیون بررسی کرد. بررسی رابطه گیاه با عوامل اقلیمی به عهده آب و هواشناسی کشاورزی است. اقلیم شناسی کشاورزی ارتباط متقابل عوامل اقلیمی و هیدرو لوژیکی را با کشاورزی بررسی می‌کند، هدف اقلیم شناسی کشاورزی به کار گیری اطلاعات آب و هوایی به منظور بهبود عملیات کشاورزی و افزایش تولید کشاورز از جنبه 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، ۱۳۷۴، ۸۱).

زعفران گیاهی است نیمه گرمسیری و مناطقی که دارای زمستان‌های ملایم و دارای تابستان‌های گرم و خشک باشند برای کشت زعفران مناسب هستند (کافی ۱۳۸۱ و سپاسخواه و کامگار، ۲۰۰۹).

خصوصیات ویژه زعفران باعث شده که تکنولوژی تولید آن، که در نوع خود از پیچیدگی زیادی نیز برخوردار است بین کشاورزان نسل به نسل منتقل

2- Saffron

3- Crocus sativas

4- Rashed

5-Azizi

1- Haulicek

روستاها نیز می‌توان کمک کرد. بنابراین بررسی شرایط اقلیمی براساس نیازهای محصول زعفران در شهرستان مرودشت با توجه به قابلیت‌های اقلیمی و محیطی منطقه، جهت کشت و گسترش این محصول ضروری به نظر می‌رسد.

### ویژگی‌های فنولوژیکی زعفران

زعفران گیاهی است نیمه گرمسیری و مناطقی که دارای زمستانهای ملایم و دارای تابستان‌های گرم و خشک باشند برای کشت زعفران مناسب هستند (کافی ۱۳۸۱ و سپاسخواه و کامگار، ۲۰۰۹). اراضی آفتاب گیر بدون درخت که در معرض وزش بادهای سرد نباشند برای رشد و نمو زعفران مناسب اند. با وجود این در برخی از روستاهای بیرجند و قائن در زیر بوته‌های زرشک و درختان بادام که در تابستان کمتر آبیاری می‌شوند نیز کشت می‌شود. زعفران از تیره زنبق است و در منطقه آب و هوایی مدیترانه و غرب آسیا از عرض جغرافیایی ۳۰ تا ۵۰ درجه شمالی و طول جغرافیایی ۱۰ درجه غربی تا ۸۰ درجه شرقی در مناطق بسیار کم باران ایران - توران که دارای زمستان سرد و تابستان گرم هستند گسترش دارد (کافی، ۱۳۸۱، ۲۱). از ویژگی‌های بارز این گیاه ظهور گل آن قبل از هر اندام رویشی دیگر، شروع رشد آن در پاییز، انتهای رشد آن در بهار، عدم تولید بذر بارور بر خلاف تولید گل‌های کامل فراوان و ضرورت برداشت گل آن در صبح زود قبل از گرم شدن هوا است (مبارکی، ۱۳۸۴، ۱۱). زعفران ساقه حقیقی ندارد بلکه دارای ساقه زیر زمینی یا بنه معروف به پیاز زعفران است. زعفران گیاهی کوچک و پیاز دار است که دوره رشد آن از پاییز تا نزدیک بهار است، و یک محصول عمومی را

با بیش از ۸۹ درصد از تولید زعفران، اولین رتبه را در دنیا دارا است (بهنیا، ۱۳۷۰، ۱۵۶). از آماري که به گونه ای نه چندان دقیق در باره زعفران و زعفران کاران ایران منتشر شده، چنین بر می‌آید که بیشتر از صد هزار خانوار، به ویژه در شهرستان‌های تربت حیدریه، قائن، بجستان، فردوس، سرایان، گناباد، بیرجند و کاشمر در استان‌های خراسان جنوبی و رضوی با کشت زعفران روزگار می‌گذرانند. با وجود سازگاری گیاه زعفران با مناطق عظیمی از کشور، روش‌های کاشت داشت و برداشت این محصول هنوز متحول نشده و سالیان سال است که به همان روش سنتی انجام می‌گیرد. در نتیجه کشاورزان زعفرانکار با وجود تلاش زیاد و تحمل سختی‌های فراوان چنانچه باید و شاید از زحمات خود بهره لازم را کسب نمی‌کنند (امیر قاسمی، ۱۳۸۰، ۱۱). مقاومت در برابر فناوری کشت جدید، موجب می‌شود تا شکوفه‌های حساس و ظریف زعفران به وسیله دست از مزارع ایران، یونان، ایتالیا، نواحی جنوبی فرانسه و اسپانیا جمع آوری گردد (ویلارد، ۲۰۰۱، ۱۸۵). با توجه به اینکه فصل رویش و گلدهی زعفران فصل سرد است و بیشترین بارندگی کشور نیز در همین فصل نازل می‌شود، بنابراین در این موقع از سال زعفران نیاز کمتری به آبیاری دارد و چون کشور ایران یکی از مناطق کم باران و کم آب دنیا محسوب می‌شود زعفران می‌تواند محصولی مناسب از نظر صرفه جویی در مصرف آب باشد و با گسترش کشت این محصول می‌توان از نزول بارانهای زمستانه استفاده کرد و با توجه به اقتصادی بودن زعفران به رشد و توسعه اقتصاد

شهرستان مرودشت با توجه به نیازهای دمایی گیاه زعفران و همچنین در مقایسه با بیرجند و قائن بررسی شد. برای بررسی میزان انرژی مورد نیاز گیاه زعفران برای رشد و گلدهی از شاخص حرارتی  $GDD^1$  استفاده گردید.

در این تحقیق برای به دست آوردن درجه-روز از شاخص حرارتی  $GDD$  استفاده شده است که به صورت زیر محاسبه می‌شود:

$$GDD = \sum_{n=1}^{\infty} \left( \frac{T_{max} + T_{min}}{2} \right) - T_0$$

در اینجا  $GDD$  معرف درجه روز است که طی  $N$  روز جمع آوری شده است.

$T_{max}$ : حداکثر درجه حرارت روز

$T_{min}$ : حداقل درجه حرارت روز

$T_0$ : درجه حرارت پایه یا صفر فیزیولوژیکی گیاه

$N$ : تعداد روزها در یک زمان مشخص

در این تحقیق برای تعیین احتمال وقوع یخبندان در زمان گلدهی محصول زعفران از روش توزیع نرمال استفاده شده است. همچنین نیاز آبی گیاه زعفران در مراحل رشد از طریق تبخیر و تعرق پتانسیل (ETO) و ضریب گیاهی زعفران (Kc) به دست آمد. برای بر آورد تبخیر و تعرق پتانسیل از روش بلانی - کریدل استفاده شده است.

#### ویژگی‌های جغرافیایی منطقه مورد مطالعه

شهرستان مرودشت بین ۵۱ درجه و ۴۴ دقیقه تا ۵۳ درجه و ۳۰ دقیقه طول شرقی و ۲۹ درجه و ۱۵ دقیقه تا ۳۰ درجه و ۵۹ دقیقه عرض شمالی در استان فارس قرار گرفته است. این شهرستان در ۴۵

در مناطقی که از لحاظ آب ضعیف‌اند، ایجاد کرده است.

مناطق در ارتفاعی بین ۱۳۰۰ تا ۲۳۰۰ متر از سطح دریا قرار گرفته‌اند در صورت دارا بودن سایر شرایط عملکرد خوبی را برای کشت زعفران از خود نشان می‌دهند (فکرت و همکاران، ۱۳۸۲، ۵۷). طول دوره رشد زعفران ۲۲۰ روز است که از ۱۰ مهر تا ۲۰ اردیبهشت ادامه دارد و دارای ۴ مرحله است. رشد زایشی زعفران با اولین آبیاری و ظهور اولین گل آغاز می‌گردد و با ظهور آخرین گل به پایان می‌رسد، طول این دوره ۱۵ تا ۲۵ روز است (مبارکی، ۱۳۸۴، ۲۲). جدول شماره ۱ مراحل رشد زعفران را از مرحله رشد اولیه تا رشد انتهایی نشان می‌دهد.

جدول (۱). مراحل رشد زعفران

ماهها	تعداد روز	مراحل رشد
از ۱۰ مهر تا ۱۰ آبان	۳۰روز	اولیه
از ۱۱ آبان تا ۵ دی	۵۵روز	توسعه
از ۶ دی تا ۲۰ فروردین	۱۰۵روز	میانی
از ۲۱ فروردین تا ۲۰ اردیبهشت	۳۰روز	انتهایی

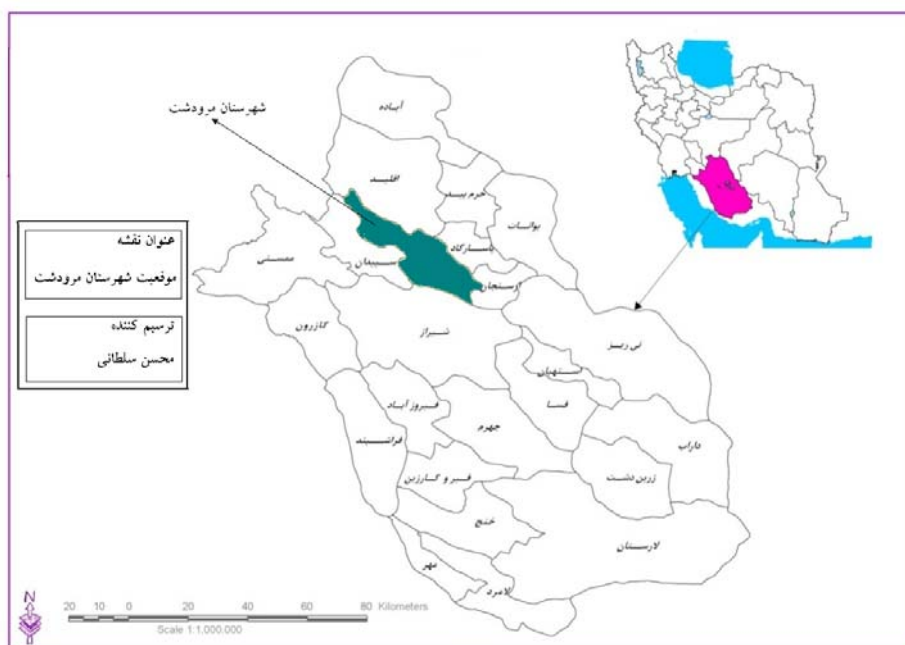
منبع: مبارکی، ۱۳۸۴

#### مواد و روش‌ها

این تحقیق به منظور بررسی شرایط اقلیمی شهرستان مرودشت برای کشت گیاه زعفران انجام گرفته است. برای انجام این تحقیق از داده‌های دمای روزانه و مجموع بارش شهرستان مرودشت در یک دوره آماری ۲۰ ساله (۱۹۸۶ تا ۲۰۰۵) استفاده و برای ارزیابی شرایط اقلیمی شهرستان مرودشت برای کشت زعفران، بین پارامترهای دما و بارش این شهرستان با شهرستان‌های زعفران خیز ایران یعنی تربت حیدریه و قائن همبستگی گرفته شد و در ادامه شرایط دمایی

شهرستان مرودشت را در کشور نشان می‌دهد. کل بارش سالانه به طور متوسط در شهرستان مرودشت حدود ۵۱۶ میلی متر است و تابستان‌ها نیز خشک است. میانگین سالانه دمای منطقه مرودشت ۱۷/۷ درجه سانتیگراد است. میانگین حداکثر دما ۲۳/۹ درجه سانتیگراد و میانگین حداقل دمای منطقه ۱۱/۵ درجه سانتیگراد است. طبق ضریب خشکی دماترن ( $10 < I < 19/9$ ) منطقه مرودشت جزء مناطق نیمه خشک ایران محسوب می‌شود.

کیلومتری شمال شرق شیراز، بر روی دشت وسیع و حاصلخیز مرودشت با مساحت ۴۶۴۹ کیلو مترمربع، حدود ۳ درصد از مساحت استان فارس را به خود اختصاص داده است (بستانی پور، ۱۳۸۲، ۲۸). ارتفاع این شهرستان از سطح آبهای آزاد حدود ۱۶۱۰ متر می‌باشد. منابع آبهای سطحی مهم منطقه رود کر و سیوند است که از شمال شرق استان سرچشمه گرفته و در جنوب مرودشت در محل پل خان به یکدیگر می‌رسند (بستانی پور، ۱۳۸۲، ۳۰). شکل (۱)، موقعیت



شکل ۱- موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه

نتیجه بارندگی بیشترین تأثیر را در رشد گیاه دارد (کافی، ۱۳۸۱، ۷۱).

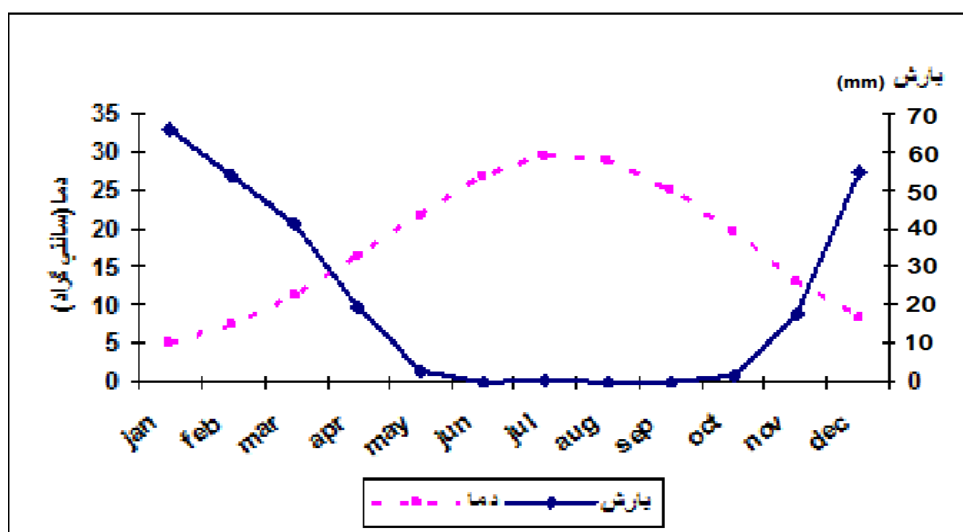
بنابراین یکی از پارامترهای مهم در رشد مناسب زعفران بارش در فصل زمستان است. در شهرستان مرودشت بیشترین میزان بارش همزمان با فصل سرد یعنی پاییز و زمستان نازل می‌گردد و در بین ماه‌های

#### یافته‌های تحقیق

#### شرایط دمایی و بارش

زعفران گیاهی است که فصل رشد آن بین گیاهان زراعی مناطق جنوب خراسان بیشترین تطابق را با الگوی بارش این مناطق دارد. به عبارت دیگر با شروع بارندگی‌های پاییزه رشد گیاه شروع و با اتمام بارندگی‌های بهاره رشد آن خاتمه پیدا می‌کند، در

سال نیز ماه‌های ژانویه و دسامبر بیشترین میزان بارش را در طول سال دریافت می‌کنند (شکل ۲).



شکل ۲- نمودار آمبروترمیک شهرستان مرودشت

شهرهای مورد مقایسه را نشان می‌دهد. با توجه به این جدول در ماه‌های (نوامبر، دسامبر و ژانویه) دماهای حداقل، حداکثر و میانگین در شهرستان‌های مورد بررسی به طور نسبی به یکدیگر نزدیک است. البته، دمای شهرستان مرودشت به میزان اندکی از شهرستانهای قائن و تربت حیدریه بالاتر می‌باشد که این می‌تواند ناشی از اختلاف عرض جغرافیایی باشد.

در مناطق تولید زعفران در استان خراسان متوسط درجه حرارت در زمان گلدهی و رشد برگ در ماه‌های آبان، آذر و دی از ۲۰ درجه تجاوز نمی‌کند. در حالیکه متوسط حداقل دما در همین مدت، نزدیک به صفر درجه است. جوانمرد و همکاران حداکثر سرمای قابل تحمل برای زعفران را ۱۸- درجه سانتیگراد گزارش کرده‌اند (کافی، ۱۳۸۱، ۷۰). جدول ۲ دمای حداقل، حداکثر و میانگین در ماه‌های مورد نظر برای

جدول ۲- وضعیت دما در ماه‌های مورد نظر برای سه منطقه مورد بررسی (سانتی‌گراد)

ماه	حداقل دما			حداکثر دما			میانگین دما		
	Jan	Dec	Nov	Jan	Dec	Nov	Jan	Dec	Nov
مرودشت	۰/۵	۱/۳	۷	۹/۷	۱۳/۱	۱۸/۸	۵/۱	۸/۱	۱۲/۹
تربت	-۴	-۲/۲	۱/۵	۱۱	۱۱/۸	۱۴/۵	۱/۲	۳/۷	۸/۸
قائن	-۳/۵	-۱/۵	۰/۷	۹/۱	۱۲/۵	۱۷/۹	۲/۸	۵/۴	۹/۳

## جدول ۴- میزان همبستگی بین پارامترهای اقلیمی

## شهرهای مرودشت تربت حیدریه و قائن

پارامترهای اقلیمی	مرودشت - قائن	مرودشت ف تربت حیدریه
بارش	۰.۷۳	۰.۶۸
دما	۰.۷۹	۰.۹۹

قرار گرفتن گیاهان در حال رشد در معرض یخبندان، آسیب و مرگ گیاه را در پی خواهد داشت (محمدی ۱۳۸۵، ۹۹). چنانچه یخبندان در زمان رشد و ثمر دهی محصولات کشاورزی آغاز گردد، می‌تواند به گیاه آسیب جدی رساند و یا رشد گیاه را متوقف کند. با توجه به اینکه زعفران یک گیاه مقاوم به سرما است، اما وقوع یخبندان در زمان گلدهی می‌تواند اثر منفی بر محصول زعفران داشته باشد. برای بررسی احتمال وقوع یخبندان در دوره رشد زعفران از روش توزیع نرمال استفاده شده است. اکثر پدیده‌های تصادفی از توزیع نرمال تبعیت می‌کنند (فلاح چای و سپید نژاد فهیم، ۱۳۸۵ و پارسیان، همدانی، ۱۳۸۷). جدول (۵) احتمال وقوع اولین و آخرین یخبندان را در منطقه مورد مطالعه نشان می‌دهد.

## جدول ۵- احتمال های وقوع اولین و آخرین یخبندان در

## شهرستان مرودشت

شروع و پایان یخبندان	احتمال وقوع	روز وقوع یخبندان
وقوع اولین یخبندان	۷۵٪	۱۵ آذر
	۹۵٪	۲۴ آذر
وقوع آخرین یخبندان	۷۵٪	۵ اسفند
	۹۵٪	۲۵ بهمن

طبق جدول ۴ با احتمال ۷۵٪ وقوع اولین یخبندان در شهرستان مرودشت ۱۵ آذر و با احتمال ۹۵٪ احتمال وقوع اولین یخبندان با استفاده از روش توزیع

هرچه دامنه نوسان ماهانه و میزان افت دما در شبهای ماههای سپتامبر و اکتبر که همزمان با اواخر دوره کاشت و آغاز گلدهی و ماه نوامبر که با اوج گلدهی مصادف است بیشتر باشد، صبح روز بعد تعداد گل‌های بیشتری باز شده و در نتیجه میزان محصول بالا می‌رود (مبارکی: ۱۳۸۴، ۲۵). جدول (۳) میزان اختلاف دمای حداقل و حداکثر روزانه را در شهرستانهای مورد نظر در ماههای سپتامبر، اکتبر و نوامبر نشان می‌دهد. براساس جدول ۳ میزان اختلاف دما در شهرستان مرودشت به طورنسبی به شهرهای تربت حیدریه و قائن نزدیک می‌باشد که البته میزان اختلاف دما در شهرستان مرودشت به شهرستان تربت حیدریه بسیار نزدیک می‌باشد و نشان دهنده شرایط مناسب از نظر اختلاف دما در شهرستان مرودشت است.

## جدول ۳- میزان اختلاف دمای حداقل و حداکثر روزانه

## در ماههای سپتامبر، اکتبر و نوامبر

شهرها ماهها	مرودشت	تربت حیدریه	قائن
SEP	۵.۱۴	۱۵	۱۹
OCT	۱۴	۳.۱۵	۲.۱۹
NOV	۱۲	۲.۱۳	۲.۱۷

جدول ۴ میزان همبستگی پارامترهای دما و بارش را برای شهرستانهای مرودشت قائن و تربت حیدریه نشان می‌دهد. به طور کلی با توجه به شرایط جغرافیایی و اقلیمی شهرستانهای قائن مرودشت و تربت حیدریه بین میانگین دمای سالانه و همچنین مجموع بارش سالانه در این شهرستانها رابطه رگرسیونی معنا داری و جود دارد. این رابطه درباره میزان بارش سالانه نیست، بلکه گویای شباهت زمان وقوع بارشها در این شهرستانها است.

برای رشد و گلدهی زعفران به دست می‌آید. جدول (۶) زمان خاتمه کاشت زعفران را برای شهرستان مرودشت را نشان می‌دهد.

#### جدول ۶- زمان خاتمه کاشت محصول در منطقه

مورد مطالعه و درجه- روز مورد نیاز

زمان گلدهی	درجه روز مورد نیاز	زمان خاتمه کاشت زعفران
حدود ۱۰ مهر	۴۱۶	حدود ۱۹ شهریور

ضریب گیاهی ۱ و نیاز آبی ۲ زعفران

ضریب گیاهی (Kc) در گیاهان مختلف متفاوت است (بای بوردی، ۱۳۷۲، ۵۶۳) و به عواملی مانند نوع گیاه، مرحله رشد گیاه و شرایط آب و هوایی منطقه دارد. ضریب گیاهی یک مقدار ثابت نبوده و مقدار آن در طول دوره رشد گیاه تغییر می‌کند. برای به دست آوردن ضریب گیاهی ابتدا گیاه مورد نظر را از نظر طول دوره رشد می‌توان به چهار دوره تقسیم کرد. تقسیم بندی دوره‌های مختلف رشد گیاهان به صورت زیر است.

- مرحله ابتدایی: زمان کاشت تا زمانی که گیاه

حدود ۱۰ درصد از سطح زمین را بپوشاند.

- مرحله رشد یا توسعه: از انتهای مرحله ابتدایی تا زمانی که گیاه به حداکثر رشد رسیده و تقریباً ۷۰ تا ۸۰ درصد سطح زمین را بپوشاند.

- مرحله میانی: از انتهای مرحله میانی تا زمانی که

گیاه در حال کامل شدن است.

نرمال در ۲۴ آذر است. با توجه به این که مرحله گلدهی گیاه زعفران در روزهای قبل از این تاریخ شروع می‌گردد، در برداشت‌های اولیه یخبندان پاییزه به گیاه زعفران اثر گذار نیست.

#### حرارت مورد نیاز زعفران

مقداری از انرژی تابشی خورشید توسط عوارض زمین جذب شده و تبدیل به انرژی حرارتی می‌شود. دما هم یکی از عامل‌های مهم در رشد مطلوب گیاهان به حساب می‌آید. در صورت افزایش یا کاهش دما از یک حد معین رشد گیاه متوقف می‌گردد. بین درجه حرارت‌های حداقل و حداکثر یک درجه حرارت مطلوب قرار دارد که در آن گیاه سریع تر رشد می‌کند. این دو نقطه به عنوان درجه حرارت‌های اصلی در نظر گرفته می‌شوند (فاتح، ۱۳۷۸، ۳۳). گیاه زعفران چون مقاوم به سرما است صفر پایه یا صفر فیزیولوژیکی را ۵ درجه سانتی گراد محاسبه کرده اند. هر گیاه برای رشد و به بار نشستن به تعدادی درجه روز نیاز دارد که برای گیاه زعفران این مقدار از زمان کاشت تا شروع دوره گلدهی حدود ۴۱۶ درجه روز می‌باشد (مبارکی، ۱۳۸۴، ۱۳).

در شهرستان مرودشت با توجه به حداقل و حداکثر دما و درجه روز محاسبه شده، تاریخ وقوع ۴۱۶ درجه روز حدود ۱۹ شهریور خواهد بود. بنابراین، در شهرستان مرودشت زمان خاتمه کشت زعفران در حدود اواخر شهریور ماه است. با توجه به اهمیت دما در رشد مطلوب محصول زعفران، می‌توان گفت منطقه مورد نظر از لحاظ دما و حرارت مورد نیاز، از زمان کشت تا گلدهی در وضعیت مطلوبی قرار دارد و تا زمان شروع یخبندان‌ها میزان دمای لازم



نشان می‌دهد. تبخیر و تعرق پتانسیل از طریق روش بلانی کریدل به دست آمده است:

$$ET_o = P / (46T + 8/1)$$

در این رابطه  $ET_o$  تبخیر و تعرق پتانسیل در ماه مورد نظر،  $T$  متوسط دمای هوا در ماه مورد نظر و  $P$  ضریب روشنائی یا درصد ساعات روشنائی در هر یک از روزهای ماه مورد نظر نسبت به کل ساعات روشنائی سال در محل مورد نظر است.

- مرحله انتهایی: از انتهای مرحله میانی تا مرحله برداشت (علیزاده، ۱۳۸۷، ۲۸۵).

طول دوره رشد زعفران نیز که ۲۲۰ روز است و از ۱۰ مهر تا ۱۰ اردیبهشت ادامه پیدا می‌کند به چهار مرحله تقسیم می‌گردد که ضریب گیاهی در هر یک از مراحل متفاوت است. جدول ۶ میزان ضریب گیاهی ( $K_c$ ) و تبخیر و تعرق پتانسیل ( $ET_o$ ) را در ماههای مختلف مراحل رشد زعفران در شهرستان مرودشت

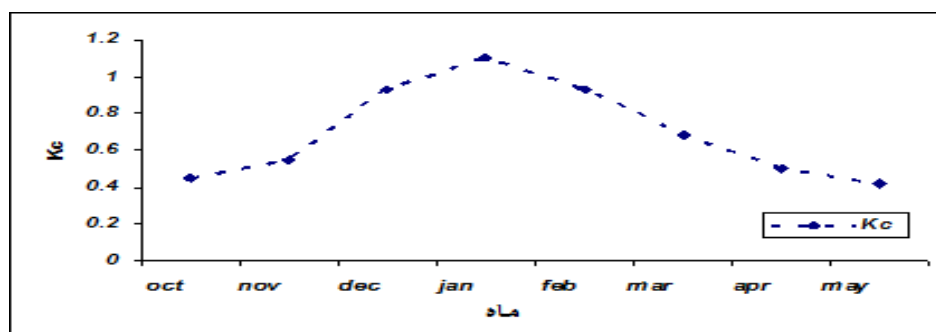
جدول ۶- میزان تبخیر و تعرق پتانسیل و ضریب گیاهی در ماههای رشد زعفران در شهرستان مرودشت

ماهها	Oct	Nov	Dec	Jan	Feb	Mar	Apr	May
$K_c$	/۴۵	/۵۵	/۹۳	۱/۱	/۹۳	/۶۸	/۵۰	/۴۲
$ET_o(mm)$	۳۲۳/۷	۲۸۵/۷	۲۷۷/۶	۲۲۶/۶	۲۵۸	۲۹۴/۵	۳۰۸/۴	۲۸۱

منبع ضریب گیاهی زعفران ( $K_c$ ): سپاسخواه و کامگار، ۲۰۰۹.

ماه‌های آوریل و مه که مرحله انتهایی رشد و ماه‌های اکتبر و نوامبر که مراحل ابتدایی رشد هستند مقدار ضریب گیاهی با افت مواجه است. در ماه‌های دسامبر، ژانویه، فوریه و مارس که همزمان با دوره توسعه و دوره میانی رشد زعفران هستند، ضریب گیاهی دارای افزایش است که در ماه ژانویه دارای یک اوج است (شکل ۳).

با توجه به جدول ۶ میزان تبخیر و تعرق در ماه‌های فصل زمستان به دلیل افت دما کاهش پیدا می‌کند اما به دلیل اینکه گیاه زعفران در مرحله توسعه است میزان ضریب گیاهی در این ماه‌ها افزایش پیدا می‌کند. در ماه‌های فصل بهار به دلیل افزایش دما میزان تبخیر و تعرق نیز افزایش پیدا می‌کند اما به دلیل اینکه در این زمان زعفران در مراحل پایانی رشد است، میزان ضریب گیاهی کاهش پیدا می‌کند. بنابراین، در



شکل ۳: ضریب گیاهی زعفران در طول ماه‌های رشد

این مراحل با توجه به اینکه فصل بارش است و خاک تا عمق معینی دارای رطوبت است، می‌توان تعداد دفعات آبیاری را کاهش داد و از این نظر برای گیاه زعفران محدودیت ایجاد نمی‌گردد. در مرحله پایانی نیز با توجه به اینکه گیاه در حال اتمام فعالیت است و دارای گل نیست، می‌توان طول دوره آبیاری را افزایش داد. جدول ۷ میزان ضریب گیاهی، تبخیر و تعرق و نیاز آبی زعفران را در مراحل مختلف و میزان بارش را در شهرستان مرودشت نشان می‌دهد. با توجه به میزان تبخیر و تعرق پتانسیل و ضریب گیاهی در مراحل چهار گانه گیاه زعفران، مقدار نیاز آبی در شهرستان مرودشت برای این محصول برابر با ۷۶۰ میلی‌متر خواهد بود.

میزان نیاز آبی گیاه از طریق رابطه زیر به دست می‌آید:

$$\text{نیاز آبی} = \text{ETo} \times \text{Kc}$$

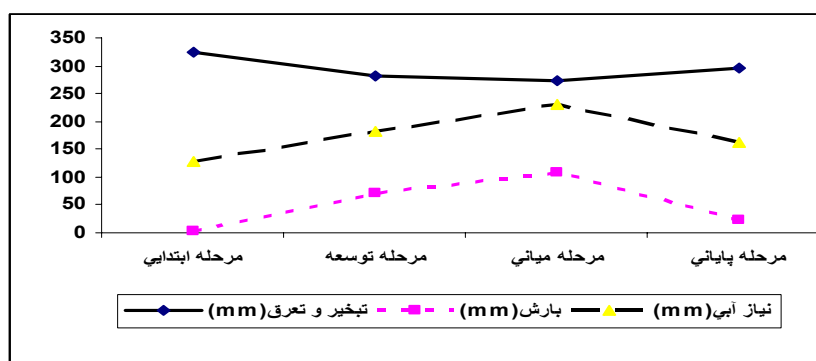
نیاز آبی گیاه زعفران در شهرستان مرودشت و در مرحله ابتدایی حدود ۱۲۹/۴ میلی‌متر است که با توجه به میزان بارش‌ها در این دوره، باید مقدار عمده‌ای از این نیاز آبی را به وسیله آبیاری به گیاه رساند. مرحله ابتدایی به دلیل اهمیت و شروع رویش و جوانه زنی است از نظر دسترسی به آب بسیار اهمیت دارد. در مراحل میانی و توسعه نیز با توجه به اینکه میزان بارش‌ها بیشتر است، اما میزان نیاز آبی این گیاه بیشتر از میزان بارش‌ها است و لازم است مقداری از نیاز آبی به وسیله آبیاری به گیاه رسانده شود. در

جدول ۷- میزان تبخیر و تعرق، ضریب گیاهی و نیاز آبی زعفران در مراحل مختلف رشد

نیاز آبی (mm)	Kc	تبخیر و تعرق (mm)	مراحل رشد
۱۲۹/۴	/۴۰	۳۲۳/۷	مرحله ابتدایی: از ۱۰ مهر تا ۱۰ آبان
۱۸۳/۴	/۶۵	۲۸۱/۶	مرحله توسعه: از ۱۱ آبان تا ۵ دی
۲۳۱/۸	/۸۵	۲۷۲/۸	مرحله میانی: از ۶ دی تا ۲۰ فروردین
۱۶۲	/۵۵	۲۹۴/۷	مرحله انتهایی: از ۲۱ فروردین تا ۲۰ اردیبهشت

و همچنین گلدهی مطلوب آن نیاز به آبیاری در نوبت‌های مختلف است. در نواحی زعفران خیز خراسان و همچنین برخی نواحی استان فارس مانند استهبانات نیز پس از کشت زعفران اقدام به آبیاری می‌شود و پس از هر نوبت آبیاری گل زعفران نمایان می‌شود. در شهرستان مرودشت نیز با توجه به میزان بارش نازل شده در طول دوره رشد و گلدهی محصول زعفران و همچنین آبیاری در مواقع مورد نیاز و جبران میزان تبخیر و تعرق، نیاز آبی این گیاه تأمین خواهد شد.

شکل ۴: تغییرات بارش، نیاز آبی و تبخیر و تعرق را در مراحل رشد زعفران و در شهرستان مرودشت نشان می‌دهد. با توجه به اینکه زعفران در فصول پاییز و زمستان رشد و گلدهی دارد، بارش باران و یا آبیاری در فصل گرم (تابستان) باعث تخریب پیاز آن خواهد شد. زعفران دارای پیاز است و در هنگام کاشت آن که در شهریور ماه است، باید پیازچه را در داخل خاک قرار داد و چون پیاز در عمق چند سانتی متری خاک قرار می‌گیرد، بارش‌های این ماه باعث رسیدن رطوبت به پیاز نخواهد شد. بنابراین، برای شروع رشد زعفران



شکل ۴- تغییرات بارش، تبخیر و تعرق و نیاز آبی گیاه زعفران در مراحل رشد

### نتیجه‌گیری

زعفران گیاهی است که کشت آن در مناطق خشک و نیمه خشک امکان‌پذیر است. در این تحقیق شرایط آب و هوایی شهرستان مرودشت جهت کشت محصول زعفران مورد ارزیابی قرار گرفته است. به این منظور شرایط دمایی مانند دمای حداقل، میانگین و اختلاف درجه حرارتها در شهرستان مرودشت مورد بررسی قرار گرفت و با شهرستان‌های زعفران خیز ایران مثل تربت حیدریه و قائن مورد مقایسه قرار گرفت. از نظر یخبندان نیز در شهرستان مرودشت با توجه به زمان گلدهی و برداشتن محصول دارای محدودیت نیست. محصول زعفران برای رشد و ثمر دهی از زمان کاشت تا گلدهی به حدود ۱۶۰ درجه روز نیاز دارد که با توجه به میزان درجه روز محاسبه شده برای شهرستان مرودشت، این شرایط نیز مطلوب و بهینه است.

با توجه به میزان ضریب گیاهی و میزان تبخیر و تعرق پتانسیل در شهرستان مرودشت، میزان نیاز آبی برای گیاه زعفران در مراحل مختلف رشد مورد بررسی قرار گرفت. در مراحل چهار گانه رشد زعفران همواره میزان نیاز آبی از میزان بارشها بیشتر می‌باشد و جبران کسری نیاز آبی در این گیاه باید از طریق آبیاری انجام گیرد. در مراحل ابتدایی رشد به دلیل نیاز

گیاه به آب برای انجام فعالیت‌های رویشی، آبیاری و رساندن آب به گیاه ضروری است در این مرحله میزان نیاز آبی زعفران در شهرستان مرودشت حدود ۱۲۹ میلی متر است که با توجه به بارش باران در همین زمان، آبیاری زعفران برای انجام فعالیت‌های رویشی ضروری است. در مرحله توسعه و میانی رشد گیاه نیز با توجه به بارش‌های نازل شده و مرطوب بودن خاک می‌توان دفعات آبیاری را کاهش داد.

### تقدیر و تشکر

این مقاله حاصل یک طرح پژوهشی است که از اعتبارات مالی دانشگاه تهران تأمین شده است. بدین وسیله از معاونت پژوهشی دانشگاه تهران تقدیر و تشکر می‌شود

### منابع

- ابریشمی، محمد حسن، (۱۳۷۶)، زعفران ایران، شناخت تاریخی، فرهنگی و کشاورزی، انتشارات آستان قدس رضوی، چاپ اول، مشهد.
- امیر قاسمی، تراب، (۱۳۸۰)، زعفران طلای سرخ ایران، انتشارات نشر آیندگان، چاپ اول، تهران.
- بایبوردی، محمد، (۱۳۷۲) روابط آب و خاک، انتشارات دانشگاه تهران، چاپ ششم، تهران.

فلاح چای، میر مظفر و سپید نژاد فهیم، سید رضا، (۱۳۸۵)، آمار و احتمال کاربردی، انتشارات ندای سبز شمال.

قطره سامانی، سعید، (۱۳۸۴)، کاربرد هواشناسی در کشاورزی- تأثیر دمای پایین در تولیدات کشاورزی، پژوهشکده اقلیم شناسی، نشریه داخلی، ضمیمه نشریه علمی و فنی نیوار، تهران.

کافی، محمد، (۱۳۸۱)، زعفران، فناوری تولید و فرآوری، انتشارات زبان و ادب، مشهد.

مبارکی، زهرا، (۱۳۸۴)، مکانیابی کشت زعفران در استان قزوین، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشکده جغرافیا، دانشگاه تهران.

محمدی، حسین و مقتدری، قاسمعلی، (۱۳۸۳)، ارزیابی پتانسیل های اقلیمی کشت نخل در استان گلستان، پژوهش های جغرافیایی، شماره ۴۹، دانشگاه تهران.

محمدی، حسین، (۱۳۸۵)، آب و هواشناسی کاربردی، انتشارات دانشگاه تهران، چاپ اول، تهران.

Azizi-Zohan, A. Kamgar-Haghighi, A. A. Sepaskhah, A. R. (2007), Crop and Pan Coefficients for Saffron in a Semi- arid region of Iran, Journal of Arid Enviroments 72 (2008) pp270-278 .

Haulicek, J. (1985). The effect of weather on crop production UVTiz, 3, praha.

Rashed, M, H, Kafi, M, Koochaki, A, Nassiri, M (2006), Saffron (crocus sativus) Production and Processing. , Science Publications, 87-96pp .

Sepaskhah, A. R, Kamgar-Haghighi, A A. (2009), Saffron Irrigation Regime. Journal of production. Vol 3 .

Willard, Pat. (2001), Secrets of Saffron, Beacon press, pp 185-192.

بستانی پور، لیلا، (۱۳۸۲)، ارزیابی وضعیت فضایی و استقرار فضاهای آموزشی شهر مرودشت با کمک GIS، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه تهران، گروه جغرافیا.

بهنیا، محمدرضا، (۱۳۷۰)، زراعت زعفران، انتشارات دانشگاه تهران، تهران.

پارسیان، احمد و همدانی، علی، (۱۳۸۷)، مبانی احتمال، نشر شیخ بهایی، اصفهان.

خالدی، شهریار، (۱۳۷۴)، آب و هواشناسی کاربردی (کاربرد آب و هوا در برنامه ریزی ناحیه ای)، نشر قومس، تهران.

عزیزی، قاسم و یاراحمدی، داریوش، (۱۳۸۳)، بررسی ارتباط پارامترهای اقلیمی و عملکرد گندم با استفاده از مدل رگرسیونی، مجله پژوهشهای جغرافیایی، شماره ۴۴، دانشگاه تهران.

علیزاده، امین، (۱۳۸۷) رابطه آب و خاک و گیاه، انتشارات دانشگاه امام رضا، چاپ هشتم، مشهد.

فاتح، شاهرخ، (۱۳۸۷)، بررسی تاثیر عوامل زیانبار اقلیمی بر اجزای عملکرد گندم در سطح ایستگاه های هواشناسی کشاورزی کشور، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشکده کشاورزی، کرج.

فرج زاده، منوچر و تکلویغش، عباس، (۱۳۸۰)، ناحیه بندی آگروکلیمایی استان همدان با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی، مجله پژوهشهای جغرافیایی، شماره ۴۱، دانشگاه تهران.

فکرت، حسین، احتشام، محسن، دادخواه، محمدرضا، (۱۳۸۲)، زعفران ایران گوهری ناشناخته (کاشت، داشت، برداشت، فرآوری)، انتشارات شهر آشوب، چاپ اول، تهران.

# Climatic Potentials Assessment for Saffron Cultivation In Marvdasht

**H. Mohammadi. F. Ranjbar. M. Soltani**

Received: 28 April 2010 / Accepted: 16 February 2011, 33-36 P

## Extended abstract

### 1- Introduction

Climate is numbered amongst the most significant factors which have been considered throughout the history and almost most of agricultural activities deal with a few meteorological factors diurnally (Mohammadi and Moghtaderi, 2005; 163). Therefore, one of the most important and effective factors in human activities especially in the agrarian section, is climate so that nearly all cultivations should be done in connection with climatic conditions, otherwise it might simply fall through the cultivation process. Limitation and boundaries of the agricultural crop productions is highly depends on the climatic conditions (Mohammadi, 2007; 89). This research aims to examine the climatic conditions for Saffron cultivation in Marvdasht city.

Saffron is a semi-tropical plant and regions with mild winters and warm-dried

summers are appropriate to cultivate the Saffron (Kafi, 2003 and Sepaskhah & Kamgar, 2009). Saffron with a common name of Saffron and a scientific name of *Crocus Sativus* is the most invaluable cultivatable plant existing in the globe, and that is the only plant which intercourses based on milligram in lieu of Kilo and/or Tonne (Rashed et al, 2006).

### 2- Methodology

In order to carrying out the present research, the daily temperature data and total precipitation of Marvdasht weather station for a period of 20 years (1986-2005) have been selected. To evaluate the climatic conditions of Marvdasht city for Saffron cultivation, we tried to make a correlation between temperature and rainfall parameters of this city with other Saffron-raise cities in Iran i.e. Torbat-e-Heidarieh and Qaein. In continuation, thermal conditions of Marvdasht - in regard to thermal demands of Saffron plant - as well as in comparison with Birjand and Qaein were investigated. It has been used a thermal index of GDD, for investigating the required energy

---

#### Author

**H. Mohammadi.**

Professor. Of climatology, University of Tehran, Tehran, Iran

**F. Ranjbar. (✉)**

M.A. Student of climatology, University of Tehran, Tehran, Iran  
e-mail: Franjbar464@Gmail.com

**M. Soltani**

M.A. Student of climatology, University of Tehran, Tehran, Iran

value of Saffron plant and also growth and blooming. In this research, we used the thermal index of GDD to evaluate the degree-day which is computed as follows:

$$GDD = \sum_{n=1}^{\infty} \left( \frac{T_{max} + T_{min}}{2} \right) - T_0$$

Here, GDD indicates the degree-day gathered for N days. Tmax: daily maximum temperature, Tmin: daily minimum temperature, to: basic temperature and/or physiologic zero of plant, N: number of days for a given time.

In this research, it has been used a normal distribution to determine the probability of frost occurrence in the time of Saffron's blossoming. As well as, aquatic demand of Saffron in the process of growing was evaluated by potential evapotranspiration (ETO) and plant coefficient of Saffron (Kc). We also used Belani-Keridle method to estimate the potential evapotranspiration.

### 3- Discussion

Based on the carried out researches, we found that climatic condition of Marvdasht is relatively similar with those of Qaein and Torbat-e-Heidarieh saffron-raise cities. Like saffron-raise cities of Khorasan province, parameters of average temperature, min temperature, max temperature and precipitation in the growth' months of Saffron in Marvdasht are relatively in a satisfactory circumstances. There is no limitation of frost and freezing days for cultivation of Saffron plant, which can affects the Saffron's performance in the time of flowering in Marvdasht. In the city under study, the first frost occurs in the late

December with 95% probability whereas the last frost happens in the late February. In Marvdasht city, the amount of degree-day and the required energy for Saffron in the times of cultivation to producing flowers are in appropriate situation. The last date to cultivate the Saffron is almost 19th of September in Marvdasht. Since, precipitation mostly happens in the winter season in the city under study, it is necessary sometimes to irrigate the Saffron plant in the times of principle growth and producing flowers. In fact, the primary development of Saffron takes place in Fall Season in Marvdasht. And the amounts of Fall's precipitation are not adequately enough to support the Saffron's aquatic needs. In Marvdasht, the amount of needed water for Saffron is approximately 760 mm in which a large amount of this related to the ending of producing flower and then harvesting.

### 4- Conclusion

Saffron is a plant which grows in arid and semi-arid areas. In this research, the climatic conditions of Marvdasht were taken into account in order to cultivating the Saffron plant. According to the results, we can express that the climatic parameters required for Saffron cultivation relatively are available and can provide a suitable condition for growth and harvesting such plant in that region. In relation to the existing fertilized soils and significant water resources in the city, it is highly possible to cultivate the Saffron especially in the hilly places.

**Key Words:** Climatic Conditions, Saffron, Degree Day, crop Coefficient, Water requirement, Marvdasht.

## References

- Abrishami, M. H. (1995), Iranian Saffron, an acknowledgement of historical, cultural and agricultural; Asten-e-Qods Razavi publication, first edition, Mashhad.
- Alizadeh, A. (2008), Water, Soil and Plant Relationships, Imam Reza university pub. Eight editions, Mashhad.
- Amir Qasemi, Torab. (2001), Saffron, a red gold of Iran, Nashr-e-Ayandegan publication, first edition, Tehran.
- Azizi, Qasem and Yarahmadi, D. (2004), Investigation of Climatic Parameters Relationships with Performance of Wheat by using Regression Model, Geographic Researches Journal. 44 No. University of Tehran.
- Azizi-Zohan, A. Kamgar-Haghighi, A, A. Sepaskhah, A, R. (2007), Crop and Pan Coefficients for Saffron in a Semi-arid region of Iran, Journal of Arid Environments 72 (2008) pp270-278.
- Baybordi, Mohammad (1989); Water and Soil Relationships, university of Tehran publication, six edition, Tehran.
- Behnia, Mohammad R. (1990), Saffron Cultivation, university of Tehran publication, Tehran.
- Bostani Pour, L. (2003), Spatial Condition Assessment and Educational Spaces Settlement of Marvdasht city by using GIS, M.Sc. thesis, university of Tehran, Geography program.
- Fallah Chay, Mirmozafar and Sepid Nezaad Fahim, Seiyed R. (2005), Applied Probability and Statistics, shomal Sabz Neda publications.
- Farajzadeh, M. and Taklobeighash, A. (2002), Agroclimatic Regionalization of Hamedan Province by using GIS, Geographic Researches Journal, No. 41, university of Tehran.
- Fateh, Sh. (2008), An Investigation on the effect of climatic deleterious factors on wheat performance ingredients in agricultural weather stations throughout the country, M.Sc. thesis, Agricultural Faculty, Karaj.
- Fekrat, H. and Ehtesham, M. and Dadkhah, M. R. (2004), Iranian Saffron, an unknown gold (cultivation, conservation, Harvesting), Shahr Ashob pub. First edition, Tehran.
- Haulicek, J. (1985), the effect of weather on crop production UVTiz, 3, praha.
- Kafi, M, (2003), Saffron, Technology of Production and manufacture, Zaban and Adab pub. Mashhad.
- Khaledi, Sh. (1994), Applied Climatology (application of climate in the regional planning), Qomes pub. Tehran.
- Mobaraki, Z. (2006), Regionalization of Saffron Cultivation in Qazvin Province, M.Sc. thesis, Geography Faculty, University f Tehran, Tehran.
- Mohammadi, H. (2007), Applied Climatology, University of Tehran pub. First edition, Tehran.
- Mohammadi, Hossein and Moghtaderi, Q. (2005), Climatic Potentials Assessment of Palm Tree Cultivation in Golestan Province, Geographic Researches, No. 49, university of Tehran.
- Parsian, Ahmad and Hamedani, A. (2008), A Principle on Probability, Sheikh Bahaei pub., Esfahan.
- Qatreh Samani, S. (2006), Application of Meteorology in Agriculture – the Effect of low Temperatures in Agricultural products, Climatology Institute, Local Mag. An appendix for

- Scientific and Technical Magazine of Niwar, Tehran.
- Rashed, M, H, Kafi, M, Koochaki, A, Nassiri, M. (2006), Saffron (crocus sativus) Production and Processing. Science Publications, 87-96pp.
- Sepaskhah, A.R, Kamgar-Haghighi, A.A. (2009), Saffron Irrigation Regime. Journal of production. vol 3.
- Willard, Pat. (2001), Secrets of Saffron, Beacon press, pp 185-192.