



## مقاله پژوهشی

# ارزیابی تأثیر پارامترهای اقلیمی بر رفتار گلدهی و عملکرد زعفران (*Crocus sativus* L.) در استان‌های خراسان رضوی و جنوبی

حسین صحابی<sup>۱\*</sup> و فاطمه معلم بنهنگی<sup>۲</sup>

تاریخ دریافت: ۷ اردیبهشت ۱۴۰۰ تاریخ پذیرش: ۱۵ شهریور ۱۴۰۰

صحابی، ح.، معلم بنهنگی، ف. ۱۴۰۰. ارزیابی تأثیر پارامترهای اقلیمی بر رفتار گلدهی و عملکرد زعفران (*Crocus sativus* L.) در استان‌های خراسان رضوی و جنوبی. زراعت و فناوری زعفران، ۹(۴): ۳۵۷-۳۷۳.

## چکیده

به منظور ارزیابی روند عملکرد زعفران و مطالعه رابطه نوسانات عملکرد زعفران با پارامترهای مختلف آب و هوایی پژوهشی در شهرستان‌های مشهد، تربت حیدریه، کاشمر، بیرجند و قائن طی ۲۰ سال (از سال ۱۳۷۷-۱۳۹۷) طراحی و اجرا شد. بررسی داده‌های هواشناسی ۲۰ سال گذشته نشان داد که در شهرهای مورد مطالعه به طور میانگین ۳۳ درصد از میزان بارندگی کاسته و ۰/۵ درجه سانتیگراد بر میانگین دما افزوده شد. این در حالی است که نتایج حاصل از رگرسیون بین عملکرد و پارامترهای آب و هوایی نشان داد که الگوی افزایش دما و کاهش بارندگی در تمامی شهرستان‌های مورد مطالعه تا حد قابل توجهی با روند کاهش عملکرد زعفران در طی این دوره انطباق داشت. نتایج حاصل از پژوهش همچنین نشان داد که طی ۲۰ سال گذشته از مجموع شهرستان‌های مورد مطالعه به طور میانگین سالانه ۱۱۲/۳ هکتار به سطح زیر کشت زعفران افزوده شده و در عین حال به طور میانگین ۰/۰۸ کیلوگرم در هکتار از عملکرد زعفران کاسته شده است. کاهش عملکرد زعفران در خراسان رضوی و جنوبی به طور قابل توجهی تحت تأثیر شاخص‌های آب و هوایی قرار داشت. نتایج نشان داد که دمای حداکثر و میانگین دما اصلی‌ترین متغیرهای مؤثر بر کاهش عملکرد زعفران بودند به طوری که در تربت حیدریه متغیر میانگین دما به تنهایی ۴۲ درصد از تغییر پذیری میزان عملکرد را تبیین کرد و در سایر شهرستان‌های مورد مطالعه متغیر حداکثر دما بین ۲۴ تا ۵۶ درصد از تغییر پذیری عملکرد را پیش‌بینی کرد. همچنین نتایج حاصل از آنالیز سری زمانی عملکرد زعفران نشان داد که عملکرد زعفران تا سال ۲۰۲۵ در تمامی شهرستان‌های مورد مطالعه روندی کاهشی و منفی از خود نشان خواهد داد. مشهد با شیبی در حدود ۰/۰۹ کیلوگرم در هکتار و کاشمر با شیبی در حدود ۰/۰۷ کیلوگرم در هکتار به ترتیب بیشترین و کمترین روند کاهشی عملکرد تا سال ۲۰۲۵ را نشان دادند.

**کلمات کلیدی:** بارش، تغییر اقلیم، دما، سری زمانی

۱- استادیار گروه تولیدات گیاهی دانشگاه تربت حیدریه و پژوهشگر پژوهشکده زعفران تربت حیدریه

۲- مدرس گروه تولیدات گیاهی دانشگاه تربت حیدریه و دانشجوی دکتری آگرواکولوژی دانشگاه فردوسی مشهد

(\*) نویسنده مسئول: (h.sahabi@torbath.ac.ir)

## مقدمه

افزایش گازهای گلخانه‌ای در چند دهه گذشته باعث برهم خوردن تعادل اقلیمی کره زمین شده است که از آن تحت عنوان پدیده تغییر اقلیم نام برده می‌شود (Hsiang et al., 2017). تغییر اقلیم منجر به تغییر الگوی بارش، به وجود آمدن ناهمگنی در سری داده‌های تاریخی، تنزل کیفیت منابع آب، کاهش تولیدات کشاورزی، تغییر در ترکیب و تولید گیاهی و بروز پدیده گرمایش جهانی می‌گردد (Grusson et al., 2021). مالهی و همکاران (Malhi et al., 2021) بیان داشتند که یکی از تأثیرات چشمگیر تغییر اقلیم، بر فعالیت‌های کشاورزی است به طوری که ادامه این روند باعث بروز تغییرات قابل ملاحظه‌ای در فرآیندهای رشد و نمو محصولات غذایی و نیز تولید سیستم‌های زراعی در مقیاس منطقه‌ای خواهد شد. زعفران با نام علمی *Crocus sativus L.* گیاهی است تک لپه‌ای از خانواده زنبقیان که از نظر گیاه‌شناسی چرخه زندگی خود را در یک سال تکمیل می‌کند، اما از نظر زراعی به عنوان یک محصول چند ساله زراعت می‌شود (Koocheki & Seyyedi, 2020). این گیاه به عنوان گران‌ترین محصول دارویی جهان (Sahabi et al., 2018) جایگاه ویژه‌ای در بین محصولات صنعتی و صادراتی ایران دارد. ایران در حال حاضر بزرگترین تولیدکننده زعفران در دنیا محسوب می‌شود و بیشترین سطح زیر کشت این محصول نیز در ایران است (Shahnoushi et al., 2020). بر طبق آمارنامه جهاد کشاورزی (Ministry of Agriculture-Jihad, 2020) سطح زیر کشت و میزان تولید زعفران در سال ۱۳۹۸ به ترتیب ۱۲۰/۲۲۳ هکتار و ۴۳۹/۱۷۵ تن و عملکرد زعفران ۳/۲۲ کیلوگرم در هکتار گزارش شد. در شرایط فعلی تغییرات اقلیمی به واسطه‌ی تغییر شرایط آب و هوایی می‌تواند مراحل کاشت یک نوع گیاه را تحت تأثیر قرار دهد (Maricinkowski &

Piniewski, 2018). از این رو برای هر منطقه می‌توان پتانسیل‌ها و محدودیت‌های جوی محصولات مختلف را شناسایی و سپس مناسب‌ترین تقویم کشت را برای آن‌ها مشخص نمود (Lv et al., 2020). آگاهی از زمان کاشت، داشت و برداشت محصولات زراعی مختلف و شناخت شاخص‌های اقلیمی، این امکان را برای برنامه‌ریزان فراهم می‌سازد تا بتوانند در مورد تخصیص منابع به محصولات مختلف تصمیم بگیرند (Ma & Maystadt, 2017). همچنین نتایج تحقیقات بر روی ارتباط داده‌های هواشناسی و عملکرد و سطح زیر کشت گیاهان زراعی نشان می‌دهد که تغییرات دما و بارندگی بر میانگین و واریانس عملکرد گیاهان زراعی اثر می‌گذارد به طوری که متوسط عملکرد گیاهان زراعی با بارندگی بیشتر افزایش و با دماهای بالاتر کاهش می‌یابد (Hoseyni et al., 2008). مطالعه تغییرات سطح زیر کشت و عملکرد زعفران در طی ادوار گذشته نشان داده است که علی‌رغم آنکه سطح زیر کشت زعفران در ایران از روند صعودی برخوردار است، ولی عملکرد در هکتار این محصول از روند نزولی تبعیت می‌کند؛ به نحوی که میانگین میزان تولید از ۵/۷۶ کیلوگرم در هکتار در سال ۱۳۵۲ به ۳/۴۲ کیلوگرم در هکتار در سال ۱۳۹۶ رسیده است (Feizi & Tosan, 2017; Koocheki, 2018; Koocheki & Seyyedi, 2020). مقایسه میانگین عملکرد کلاله در بین سه کشور عمده تولیدکننده این محصول در دنیا بیان‌کننده اختلاف زیاد عملکرد کلاله خشک در ایران با سایر کشورها همچون اسپانیا و یونان (به ترتیب با ۱۲ و ۷ کیلوگرم در هکتار) است (Koocheki, 2018). فلاحی و همکاران (Fallahi et al., 2018) در پژوهشی بیان داشتند که طی دو دهه‌ی گذشته تغییر پارامترهای آب و هوایی در ایران مانند تنش گرمایی در هنگام شروع گل‌دهی، دمای پایین در زمستان و کم بارشی در طول فصل رویشی باعث ایجاد شرایط نامطلوب برای رشد زعفران

در مقیاس منطقه‌ای و ملی در بسیاری از نقاط جهان مطالعه شده است، انجام این قبیل مطالعات در ایران نیز ضروری به نظر می‌رسد. لذا با عنایت به مطالب فوق و با توجه به اهمیت بالای زعفران در ایران به خصوص در خراسان، هدف از این مطالعه ارزیابی روند عملکرد زعفران در سال‌های اخیر و مطالعه رابطه نوسانات آن با پارامترهای مختلف آب و هوایی است.

### مواد و روش‌ها

به منظور بررسی روند عملکرد زعفران طی ۲۰ سال آمار مربوط به عملکرد زعفران از سال ۱۳۷۷-۱۳۹۷ (۱۹۹۸-۲۰۱۸ میلادی) از سازمان جهاد کشاورزی استان خراسان رضوی و جنوبی جمع‌آوری شد و پس از بررسی داده‌ها، عملکرد زعفران برای شهرستان‌های مشهد، تربت حیدریه، کاشمر، بیرجند و قائن که آمار کاملی برای آن‌ها موجود بود استخراج و مورد استفاده قرار گرفت. در طی سال‌های مطالعه، شهرستان‌های استان خراسان جنوبی با تقسیم بندی جدید مواجه شدند. به طوریکه بخش‌های خوسف، درمیان و سربیشه از شهرستان بیرجند و بخش زیرکوه از شهرستان قائن جدا شد.

شده است. حداکثر سرمای قابل تحمل زعفران ۱۸- درجه سانتی‌گراد است (Mobaraki, 2005). سرمای شدید باعث کاهش عملکرد زعفران می‌گردد (Koocheki et al., 2017) به طوریکه در سال ۱۳۸۶ در برخی مناطق کشت زعفران در خراسان رضوی سرما از مرز ۲۰ درجه سانتیگراد گذشت و ۲۷/۲- درجه سانتیگراد رسید، خشکسالی‌های ممتد و متوالی با چند ماه گرمای شدید تابستان و متعاقب آن سرمای سخت و طولانی پاییز و زمستان با یخبندان‌های شدید ۱۰۳- تا ۷۰ روزه باعث از بین رفتن مزارع زعفران در بخش‌های زیادی شد (Behdani et al., 2008). این امر نشان می‌دهد که محدودیت‌ها و مرزهای تولید محصولات کشاورزی وابسته به شرایط اقلیمی است و میزان تولید محصولات کشاورزی، همبستگی بالایی با نزولات جوی و مساعد بودن شرایط آب و هوایی دارد (Togliatti et al., 2017).

با توجه به تأثیر تغییرات آب و هوایی بر عملکرد محصولات زراعی، مطالعه روند دراز مدت عملکرد این محصولات که بر اساس روش‌های متداول آماری صورت می‌گیرد می‌تواند راهکار مناسبی جهت تعیین سهم عوامل آب و هوایی بر نوسانات عملکرد باشد و از آنجا که روند تغییرات عملکرد گیاهان زراعی

جدول ۱- مشخصات پارامترهای هواشناسی مورد استفاده در شهرستان‌های مورد مطالعه (میانگین ۲۰ سال)

Table 1- Specifications of meteorological parameters used in the surveyed cities (average 20 years)

نام شهر City	میانگین دما Average temperature (° C)	میانگین حداکثر دما Average of max. temperature (° C)	میانگین حداقل دما Average min. temperature (° C)	بارندگی سالانه Annual rainfall (mm)
مشهد Mashhad	16.10	22.66	9.5	233.34
تربت حیدریه Torbat- Heydariye	14.9	21.6	8.21	198.13
کاشمر Kashmar	18.13	23.88	12.3	166.15
بیرجند Birjand	16.6	24.47	8.7	115.96
قائن Qayen	15.40	23.27	7.52	120.77

## نتایج و بحث

### مشهد

شکل ۱ روند تغییرات عملکرد و سطح زیر کشت زعفران در مشهد طی ۲۰ سال گذشته را نشان می‌دهد. عملکرد زعفران در مشهد در سال ۱۹۹۷ حدود ۵/۵ کیلوگرم در هکتار بوده است که با کاهش شدید عملکرد تا سال ۲۰۰۲ همراه بود و از سال ۲۰۰۲ تا ۲۰۱۸ با میانگین ۳ کیلو گرم در هکتار در نوسان بود (شکل ۱) طی ۲۰ سال گذشته عملکرد زعفران در مشهد حدود ۴۰ درصد کاهش داشت. سطح زیر کشت زعفران در مشهد با روندی خطی افزایش یافت به طوریکه سالانه ۱۲۲/۸ هکتار به سطح زیر کشت زعفران در مشهد افزوده شد (شکل ۱). برخی از خصوصیات زعفران از جمله نیاز آبی کم، سازگاری بالا با شرایط اقلیمی خشک و نیمه خشک و سیستم‌های کم نهاده و امکان بهره برداری طولانی مدت با یک‌بار کشت باعث توجه کشاورزان به این محصول و افزایش سطح زیر کشت این محصول شده است (Mizab & Falsafian, 2017; Sahabi et al., 2018). نتایج حاصل از رگرسیون بین بارندگی و عملکرد نشان داد افزایش میزان بارندگی سالانه از ۲۵۰ میلیمتر به بالا میتواند منجر به افزایش عملکرد زعفران گردد (شکل ۲). این در حالی است که بررسی داده‌های اقلیمی نشان داد که در مشهد طی ۲۰ سال گذشته ۱۱ درصد از میزان بارندگی کاسته شد که این امر باعث کاهش ظرفیت منابع آبی در این شهرستان شده است. به نظر می‌رسد که افزایش سالانه ۱۲۲ هکتار بر اراضی زیر کشت زعفران توأم با کاهش میزان بارندگی، منجر به کاهش هرچه بیشتر سهم منابع آبی برای مزارع زعفران این شهرستان شده و می‌تواند بر عملکرد زعفران تأثیر منفی داشته باشد.

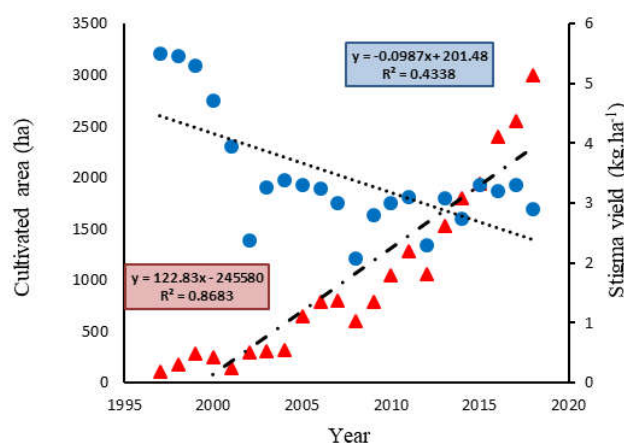
به همین دلیل در طی دوران مطالعه، سطح زیر کشت این شهرستان‌ها با کاهش مواجه شد. از طرفی با توجه به اینکه کاهش سطح زیر کشت زعفران بر میزان تولید زعفران هر شهرستان تأثیر مستقیم دارد، در این مطالعه عملکرد زعفران مورد بررسی قرار گرفت. از آنجایی که عملکرد زعفران در واحد سطح بیان میشود، تفکیک شهرستان‌ها و کاهش سطح زیر کشت زعفران تأثیر مستقیمی بر عملکرد نخواهد داشت.

مطالعه روند تغییرات عملکرد بر اساس تجزیه و تحلیل سری زمانی انجام شد. برای این منظور توابع خطی و غیرخطی به داده‌های عملکرد برازش داده شد و در نهایت فرم مناسب تابع با توجه به قدرت برازش آن به داده‌ها، انتخاب شد. همچنین روند عملکرد در سری زمانی، به مدت ۵ سال پس از آخرین داده پیش بینی شد.

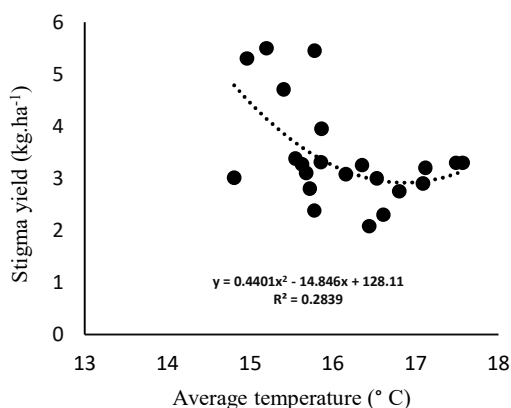
به منظور بررسی رابطه عملکرد زعفران در مناطق تحت بررسی، شاخص‌های آب و هوایی داده‌های ۲۰ ساله (از سال ۱۳۷۷ تا ۱۳۹۷) شامل بارندگی ماهانه، حداقل، حداکثر و میانگین دمای ماهانه در شهرهای تحت بررسی جمع آوری شد. ارزیابی رابطه عملکرد با آب و هوا، به وسیله رگرسیون‌های ساده و چند متغیره انجام گرفت. برای این منظور ابتدا عملکرد زعفران (Y) با دمای حداقل، حداکثر و میانگین ماهانه و نیز بارندگی هر ماه (X) برای تمام شهرهای تحت مطالعه به صورت جداگانه توسط رگرسیون آنالیز شد و سپس با استفاده از رگرسیون چند متغیره رابطه بین عملکرد زعفران (Y) و متغیرهای آب و هوایی برای هر شهر تعیین و در معرض حذف گام به گام متغیرهای مستقل قرار گرفت. در نهایت مدل نهایی توصیف عملکرد با مهمترین متغیرهای اقلیمی محاسبه شد.

جهت آنالیز سری زمانی از نرم افزار Minitab, ver 17 و

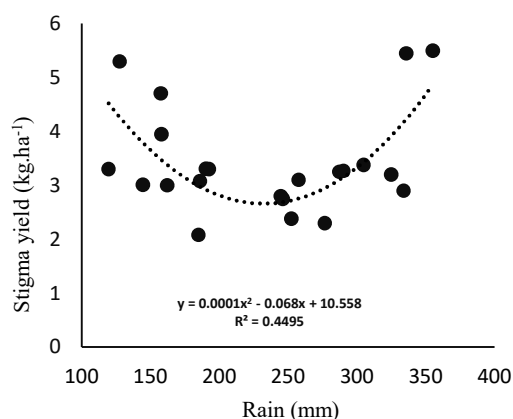
جهت آنالیز رگرسیون از نرم افزار Excel استفاده شد.



شکل ۱- روند ۲۰ ساله تغییرات سطح زیر کشت و عملکرد زعفران در مشهد  
 Figure 1- The 20-year yield and cultivated area trend of saffron in Mashhad.  
 ● Yield ▲ Cultivated area



شکل ۳- رابطه میانگین دما با عملکرد زعفران در مشهد طی ۲۰ سال گذشته  
 Figure 3- Relationship between average temperature and saffron yield in Mashhad during the last 20 years.



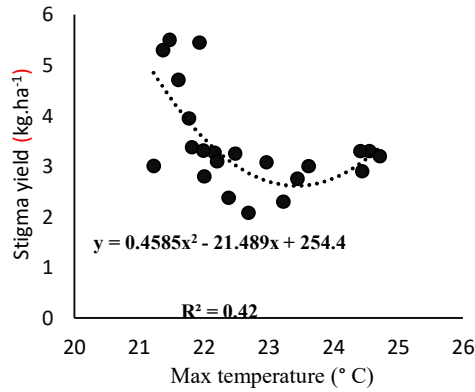
شکل ۲- رابطه بارندگی با عملکرد زعفران در مشهد طی ۲۰ سال گذشته  
 Figure 2- Relationship between rainfall and saffron yield in Mashhad during the last 20 years.

کاهش عملکرد زعفران همراه بود (شکل ۳). در این راستا حسینی و همکاران (Hoseyni et al., 2008) نیز با استفاده از سری‌های زمانی نشان دادند که طی ۱۰ سال گذشته عملکرد زعفران روند کاهشی داشته است و افزایش میانگین دمای ماهانه همبستگی بسیار بالایی با کاهش عملکرد داشت. با افزایش

میانگین دمای در این شهرستان در سال مبدا (۱۹۹۷) ۱۵/۱۹ درجه سانتیگراد و در سال ۲۰۱۸، ۱۷/۰۸ درجه سانتیگراد گزارش شد به طوریکه طی ۲۰ سال در مشهد سالانه ۰/۰۹ درجه سانتیگراد افزایش میانگین دما مشاهده شد. نتایج حاصل از رگرسیون نشان داد که افزایش دمای میانگین در مشهد با

تابستان باعث سقط جنین برخی از گل‌های زعفران شده و در نتیجه کاهش گلدهی در پاییز را به همراه خواهد داشت.

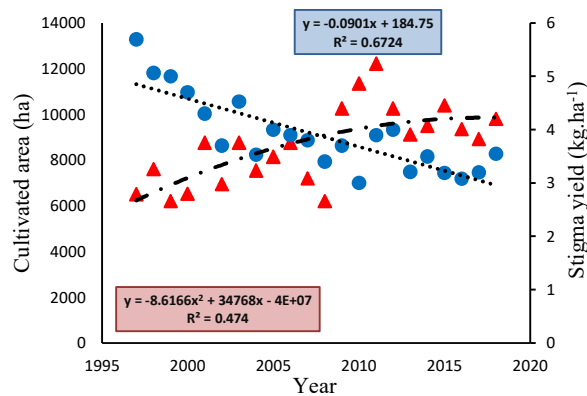
حداکثر دما در طی دوره‌ی مطالعه در مشهد میزان عملکرد زعفران کاهش یافت (شکل ۴). در این راستا مولینا و همکاران (Molina et al., 2005) بیان داشتند که دمای بالا در طول



شکل ۴- رابطه حداکثر دما با عملکرد زعفران در مشهد طی ۲۰ سال گذشته  
Figure 4- Relationship between max. temperature and saffron yield in Mashhad during the last 20 years.

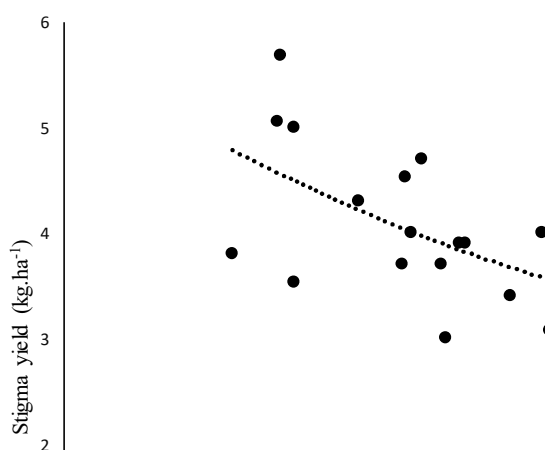
که به ۳/۵ کیلوگرم در هکتار کاهش یافت. در این بازه زمانی سطح زیر کشت زعفران افزایش یافت به طوری که حداکثر سطح زیر کشت زعفران در تربت حیدریه در سال ۲۰۱۱ با ۱۲۲۲۰ هکتار مشاهده شد و از سال ۲۰۱۱ به بعد تقریباً روند ثابتی از خود نشان داد (شکل ۵).

تربت حیدریه بررسی سطح زیر کشت و عملکرد در ۲۰ سال گذشته در تربت حیدریه نشان داد که سالانه ۰/۰۹ درصد از عملکرد زعفران در این شهرستان کاسته شده است (شکل ۵). حداکثر عملکرد زعفران در سال ۱۹۹۷ معادل ۵/۶ کیلوگرم در هکتار بود



شکل ۵- روند ۲۰ ساله تغییرات سطح زیر کشت و عملکرد زعفران در تربت حیدریه  
Figure 5- The 20-year yield and cultivated area trend of saffron in Torbat-Heydarieh.  
● Yield ▲ Cultivated area

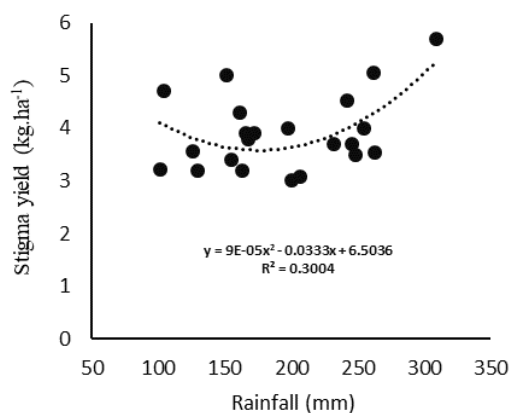
که کاهش میزان بارندگی در شهرستان، بر ترغیب بیشتر کشاورزان به کشت زعفران مؤثر بوده است. بر اساس نتایج به دست آمده طی ۲۰ سال گذشته میانگین دما در تربت حیدریه با یک درجه سانتی‌گراد افزایش و میزان بارش با ۱۶ درصد کاهش رو به رو بود. در حالی که نتایج حاصل از رگرسیون پارامترهای اقلیمی و عملکرد نشان داد که افزایش میانگین دما می‌تواند منجر به کاهش عملکرد شود و افزایش بارندگی افزایش عملکرد را در پی دارد (شکل ۶ و ۷).



شکل ۷- رابطه میانگین دما با عملکرد زعفران در تربت حیدریه طی ۲۰ سال گذشته

Figure 7- Relationship between average temperature and saffron yield in Torbat-Heydarieh during the last 20 years.

افزایش سطح زیر کشت زعفران در سال‌های ابتدایی مطالعه در حالی صورت می‌گرفت که میزان بارندگی در این شهرستان با ۱۶ درصد کاهش رو به رو بود. بذرافشان و ابراهیم زاده (Bazrafshan & Ebrahim Zadeh, 2006) بیان داشتند که رابطه معناداری بین کاهش میزان بارندگی سالانه و افزایش سطح زیر کشت زعفران در ۲۵ سال اخیر شکل گرفته است. باتوجه به اینکه زعفران از نظر نیاز آبی نسبت به بسیاری از محصولات کشاورزی دیگر توقعات اندکی دارد، به نظر می‌رسد



شکل ۶- رابطه بارندگی با عملکرد زعفران در تربت حیدریه طی ۲۰ سال گذشته

Figure 6- Relationship between rainfall and saffron yield in Torbat-Heydarieh during the last 20 years.

رسد تداوم کاهش بارندگی و افزایش دما در شهرستان تربت حیدریه در طول زمان با افزایش تأثیر منفی بر عملکرد زعفران در این شهرستان همراه خواهد بود.

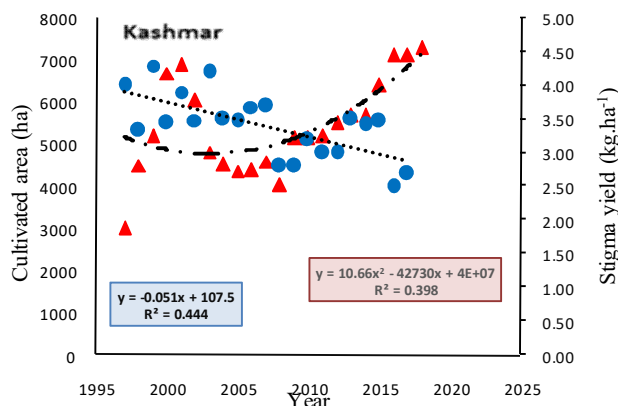
#### کاشمر

نتایج داده‌های شهرستان کاشمر نشان داد که، در این شهرستان نیز مشابه با دیگر شهرهای مورد بررسی از خراسان رضوی کاهش عملکرد طی ۲۰ سال گذشته مشاهده شده است.

جعفرزاده و همکاران (Jafarzadeh et al., 2015) با بررسی اثرات تغییر اقلیم روی نیاز آبی زعفران با استفاده از پارامترهای اقلیمی نظیر بارش و متوسط دما بیان داشتند که تمامی مناطق مستعد کشت زعفران در سال ۲۰۴۰ میلادی با افزایش نیاز آبی مواجه خواهند شد. از آنجایی که اقلیم‌های خشک و نیمه خشک به تغییرات اقلیمی حساس‌ترند و آسیب‌پذیری بیشتری دارند (Mukherje et al., 2018) به نظر می‌-

روبه رو شد اما بعد از آن تا سال ۲۰۱۸ افزایش چشمگیری داشت (شکل ۸).

به طوریکه سالانه ۰/۰۵ کیلوگرم در هکتار از عملکرد زعفران در این شهرستان کاسته شد (شکل ۸). در حدود سال‌های ۲۰۰۳ تا ۲۰۰۵ سطح زیر کشت زعفران در شهرستان کاشمر با کاهش



شکل ۸- روند ۲۰ ساله تغییرات سطح زیر کشت و عملکرد زعفران در کاشمر  
Figure 8- The 20-year yield and cultivated area trend of saffron in Kashmar.  
● Yield ▲ Cultivated area

دوره‌ی زمانی که بنه‌ها در معرض دمای بالا قرار می‌گیرند نیز بر گلدهی زعفران تأثیر دارد و چنانچه دمای بالا به مدت ۱۲۰ روز یا بیشتر ادامه یابد مانع از ظهور گل خواهد شد (Molina et al., 2005). به همین دلیل به نظر می‌رسد که افزایش دمای حداکثری در منطقه با ایجاد تأثیر منفی بر مکانیسم گلدهی زعفران، کاهش عملکرد زعفران را در پی داشته است. (Koocheki et al., 2010).

#### بیرجند

از سال ۱۹۹۷ تا ۲۰۱۸ سالانه ۰/۰۹ کیلوگرم در هکتار از عملکرد زعفران در شهرستان بیرجند کاسته شد. سطح زیر کشت زعفران در شهرستان بیرجند تا حدود سال ۲۰۰۵ افزایشی از سال ۲۰۰۵ تا ۲۰۱۵ روندی ثبات و از ۲۰۱۵ به بعد روندی کاهش داشت (شکل ۱۱). در سال‌های گذشته تفکیک شهرستان‌های خراسان جنوبی باعث جدا شدن بعضی از بخش‌ها

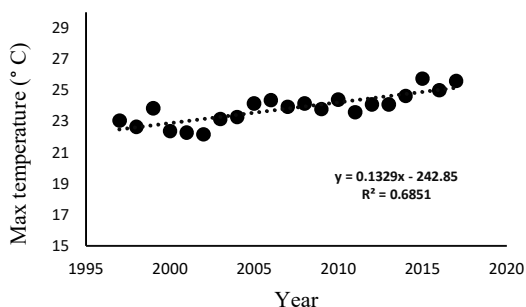
نتایج حاصل از رگرسیون میانگین دما و بارندگی با میزان عملکرد، با سایر شهرستان‌های خراسان رضوی مشابه بود به طوریکه افزایش میانگین دما با کاهش عملکرد و افزایش میزان بارندگی با افزایش عملکرد همراه بود. دمای حداکثر در تمامی ۲۰ سال مورد مطالعه در این شهرستان با روند خطی افزایش یافت به طوریکه در سال ۱۹۹۷ حداکثر دمای مشاهده شده در شهرستان کاشمر معادل ۲۳ درجه سانتیگراد بود که با روند خطی و افزایش ۱۱ درصدی به حدود ۲۵/۵ درجه سانتیگراد در سال ۲۰۱۸ رسید (شکل ۱۰). این درحالی است که به ازای افزایش هر یک درجه دمای حداکثری، ۰/۲۴ کیلوگرم بر هکتار از عملکرد کاسته شد (شکل ۹).

افزایش دما در مناطق کشت زعفران باعث کوتاه‌تر شدن دوره رشد رویشی و بروز اختلالاتی در گلدهی زعفران می‌گردد (Wang et al., 2021) از طرفی علاوه بر دما، افزایش طول

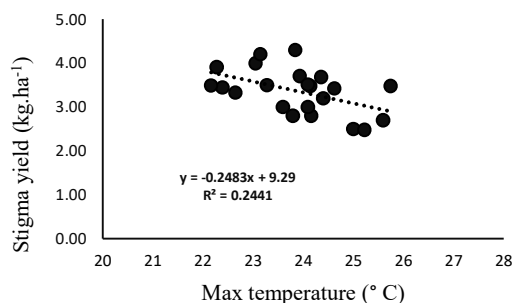


و سربیشه در طی سال‌های مطالعه از شهرستان بیرجند بوده است.

از شهرستان‌های بزرگتر و تبدیل شدن به شهرستان‌های مجزا شده است. لذا به نظر می‌رسد مهمترین دلیل کاهش سطح زیر کشت در شهرستان بیرجند، تفکیک بخش‌های خوسف، درمیان

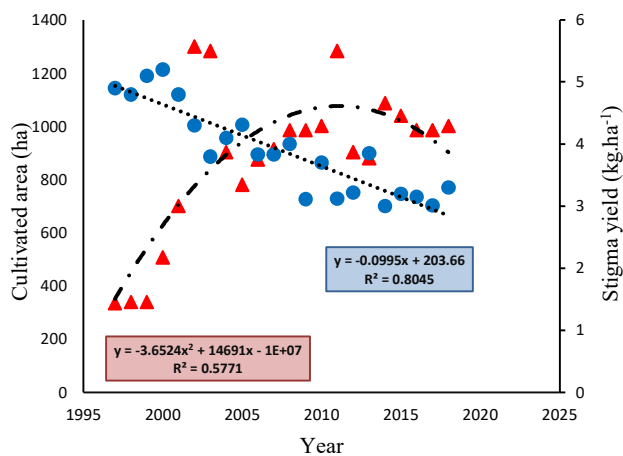


شکل ۱۰- روند ۲۰ ساله تغییرات حداکثر دما در کاشمر  
Figure 10- Trend of max. temperature in Kashmar during the last 20 years.



شکل ۹- رابطه حداکثر دما با عملکرد زعفران در کاشمر طی ۲۰ سال گذشته

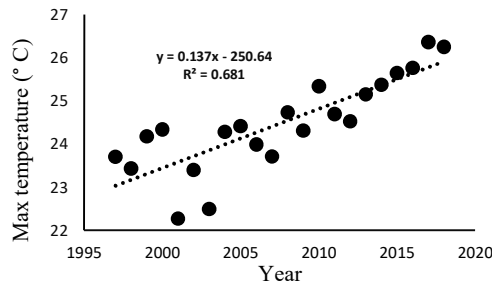
Figure 9- Relationship between max. temperature and saffron yield in Kashmar during the last 20 years.



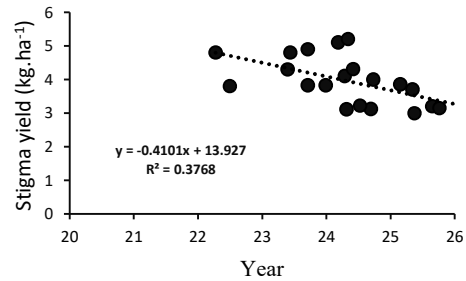
شکل ۱۱- روند ۲۰ ساله تغییرات سطح زیر کشت و عملکرد زعفران در بیرجند  
Figure 11- The 20-year yield and cultivated area trend of saffron in Birjand.  
● Yield ▲ Cultivated area

بیش از ۲۲ درجه، ۰/۴۱ کیلوگرم در هکتار کاهش عملکرد مشاهده می‌شود (شکل ۱۲).

در طی ۲۰ سال مورد مطالعه دمای حداکثری در بیرجند سالانه با ۰/۱۳ درجه سانتیگراد افزایش مواجه بود (شکل ۱۲). درحالی که نتایج رگرسیون بین دمای حداکثری و عملکرد نشان می‌دهد که به ازای افزایش یک درجه سانتیگراد دمای حداکثری



شکل ۱۳- روند ۲۰ ساله تغییرات حداکثر دما در بیرجند  
Figure 13- Trend of max. temperature in Birjand during the last 20 years.



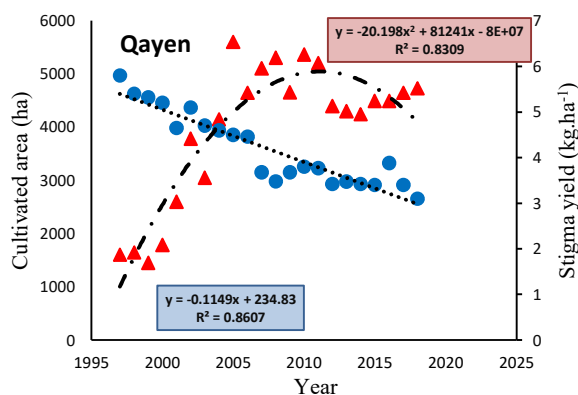
شکل ۱۲- رابطه حداکثر دما با عملکرد زعفران در بیرجند طی ۲۰ سال گذشته  
Figure 12- Relationship between max. temperature and saffron yield in Birjand during the last 20 years.

گرفته است (Bazrafshan & Ebrahim Zadeh, 2006).

#### قائن

حداکثر عملکرد مشاهده شده در قائن در سال ۱۹۹۷ معادل ۵/۸ و حداقل عملکرد مشاهده شده در سال ۲۰۱۸ معادل ۳/۱ بود (شکل ۱۴). بر اساس نتایج به دست آمده طی ۲۰ سال عملکرد زعفران در قائن سالانه ۰/۱۱ کیلوگرم در هکتار کاهش یافت (شکل ۱۴). قائن یکی از اولین قطب‌های تولید زعفران در ایران است که نتایج نشان می‌دهد سطح زیر کشت در این شهرستان در سال‌های پایانی مطالعه، کاهش یافت. به نظر می‌رسد که مهم‌ترین دلیل کاهش سطح زیر کشت در شهرستان قائن نیز تفکیک بخش زیرکوه در طی سال‌های مطالعه از قائن بوده است. بررسی‌های اقلیمی شهرستان نشان می‌دهد که ۱۶ درصد افزایش میانگین دما و ۲۱ درصد کاهش در بارندگی طی ۲۰ سال گذشته در قائن مشاهده شده است. دمای حداقلی بین ۵ تا ۸ درجه در حال نوسان بود که سالانه ۰/۰۳ درجه سانتیگراد افزایش یافته است (شکل ۱۶). هر یک درجه افزایش دمای حداقلی در قائن باعث کاهش ۰/۹۳ کیلوگرم در هکتار از عملکرد زعفران شد (شکل ۱۵).

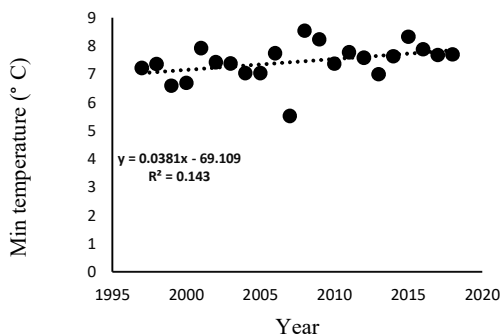
گلدهی زعفران شامل یک دوره تلقیح در دماهای بالا برای لقای گلدهی و یک دمای پایین برای ظهور گل‌ها می‌باشد (Wang et al., 2021). با توجه به حساسیت فرآیند گلدهی این گیاه به تغییرات دما به نظر می‌رسد که افزایش دما ناشی از تغییر اقلیم در شهرستان بیرجند بر گلدهی آن تأثیر منفی داشته است. میانگین دما طی ۲۰ سال حدود یک درجه افزایش و بارندگی ۱۲ درصد کاهش داشته است. کوچکی و همکاران (Koocheki et al., 2009) با بررسی تأثیر تغییر اقلیم بر رفتار گلدهی یک گیاه، با استفاده از یک مدل شبیه سازی برای پیش بینی مراحل نمو زعفران بیان داشتند که به ازای هر یک درجه سانتیگراد افزایش میانگین دمای روزانه، گلدهی زعفران حدود ۳۲ روز به تاخیر می‌افتد که به نوبه‌ی خود میتواند سهم قابل توجهی بر کاهش عملکرد زعفران داشته باشد. تأثیرات ناشی از تغییرات اقلیمی به ویژه افزایش دمای حداکثری سبب شده است تا الگوهای اقلیمی مناسب‌تر زعفران در مناطق دیگر کشور نیز فراهم شود لذا به نظر می‌رسد که به دلیل مهیا بودن شرایط و امکانات تولید زعفران در سایر نقاط کشور نسبت به کانون‌های اولیه، سطح زیر کشت در این کانون‌ها تنزل پیدا کرده و متقابلاً سطح زیر کشت در کانون‌های جدید تولید نظیر تربت حیدریه و کاشمر شکل



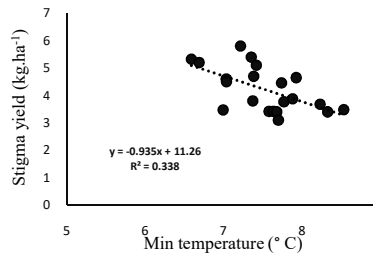
شکل ۱۴- روند ۲۰ ساله تغییرات سطح زیر کشت و عملکرد زعفران در قائن  
 Figure 14- Yield and cultivated area trend of Saffron in Qayen during the last 20 years.  
 • Yield ▲ Cultivated area

آن مناطق پایین می‌افتد از نظر گلدهی جلوتر می‌باشند (Hoseyni et al., 2008) با افزایش دمای هوا، تاریخ گلدهی و زمان انجام اولین آبیاری به اواسط و در گاهی مواقع به اواخر پاییز منتقل می‌شود (Behdani et al., 2008) که این امر می‌تواند باعث کوتاه‌تر شدن طول دوره گلدهی و کاهش عملکرد شود.

تنظیم گلدهی گیاهان پیاز دار از جمله زعفران حساسیت زیادی به تغییرات دمایی از خود نشان می‌دهد (Bashiri & Salari, 2016). میزان گل تولیدی هر روز، تابعی از دمای حداقل در طول شب مخصوصا در طول فصل گلدهی است (Molina et al., 2004). مکانیزم عمل گلدهی در زعفران به صورتی است که هرچه افت دما در شب بیشتر باشد روز بعد تعداد گل بیشتری ظاهر خواهد شد و مناطقی که دما زودتر در



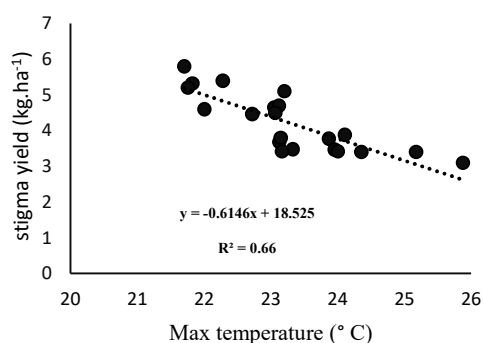
شکل ۱۶- روند ۲۰ ساله تغییرات حداقل دما در قائن  
 Figure 16- Trend of min. temperature of Qayen.



شکل ۱۵- رابطه حداقل دما با عملکرد زعفران در قائن طی ۲۰ سال گذشته  
 Figure 15- Relationship between Min temperature and saffron yield in Qayen during the last 20 years.

می‌شود که گلدهی در اغلب مناطق تولید زعفران به تاخیر افتاده و در صورت گرمایش بیشتر، به طور کامل گلدهی انجام نخواهد شد. به نظر می‌رسد با بروز چنین تغییراتی نوعی جابه‌جایی در مناطق کشت زعفران صورت گرفته و در بخش شمالی‌تر خراسان پتانسیل اقلیمی لازم برای نمو این گیاه فراهم شود.

نتایج بررسی حاصل از رگرسیون بین حداکثر دما و عملکرد کلالة در شهرستان قائن نشان داد که افزایش یک درجه دمای حداکثری منجر به کاهش ۰/۶۱ عملکرد زعفران می‌گردد (شکل ۱۷). در همین راستا کوچکی و همکاران نیز ( Koocheki et al., 2010) با بررسی تأثیر افزایش دما بر رفتار گلدهی زعفران بیان داشتند که بروز تغییر اقلیم و افزایش دمای حداکثری باعث



شکل ۱۷- رابطه حداکثر دما با عملکرد زعفران در قائن طی ۲۰ سال گذشته

Figure 17- Relationship between Max temperature and saffron yield in Qayen during the last 20 years.

طی ۲۰ سال گذشته در شهرهای مورد مطالعه می‌تواند ناشی از وقوع خشکسالی و محدودیت در تامین آب مورد نیاز گیاه باشد. از طرفی بدیهی است که افزایش سطح زیر کشت زعفران طی ۲۰ سال گذشته، منجر به افزایش نیاز به آبیاری می‌گردد. این درحالی است که به واسطه‌ی کاهش بارندگی، محدودیت تامین منابع آب بیشتر شده است، لذا هم‌زمانی افزایش سطح زیر کشت و کاهش بارندگی می‌تواند محدودیت تامین منابع آب را در منطقه تشدید بخشد.

نتایج حاصل از آنالیز رگرسیون بین عملکرد ۲۰ ساله زعفران و متغیرهای ۲۰ ساله آب و هوایی (دمای حداقل، حداکثر، میانگین و بارندگی) پس از حذف متغیرها با تکنیک گام به گام نشان داد که مدل موجود با اطمینان ۰/۹۹ درصد در تمام

طی ۲۰ سال گذشته از مجموع شهرستان‌های مورد مطالعه به طور میانگین سالانه ۱۱۲/۳ هکتار به سطح زیر کشت زعفران افزوده شد این در حالی است که به طور میانگین ۰/۰۸ کیلوگرم در هکتار از عملکرد زعفران کاسته شد. در تمامی شهرهای مورد مطالعه نتایج حاصل از رگرسیون بین عملکرد و بارش نشان داد که افزایش میزان بارندگی، افزایش عملکرد زعفران را به دنبال دارد. همچنین بررسی داده‌های اقلیمی در ۲۰ سال گذشته نشان داد که در شهرهای مورد مطالعه به طور میانگین ۳۳ درصد از میزان بارندگی کاسته شده است. با توجه به اینکه محدودیت در آبیاری، به ویژه در طی دوره فعال رشد بنه‌های دختری، می‌تواند بر عملکرد زعفران تأثیر منفی بگذارد ( Koocheki et al., 2017)، به نظر می‌رسد که بخشی از کاهش عملکرد زعفران در

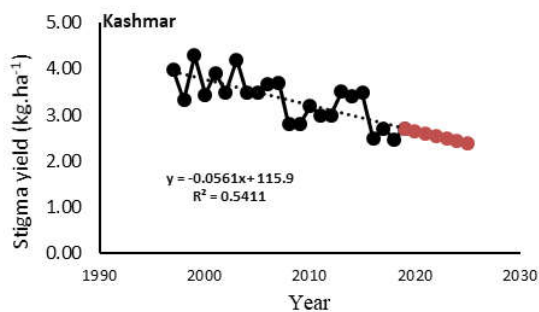
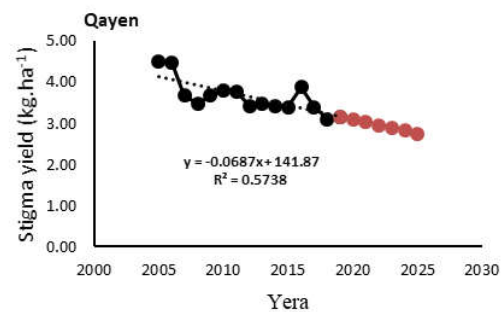
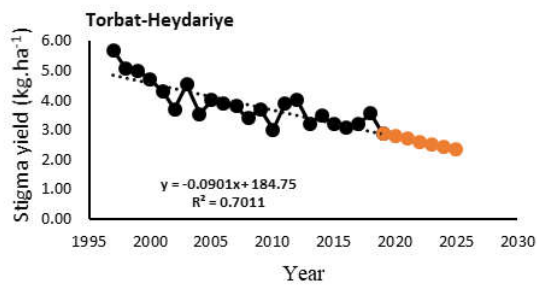
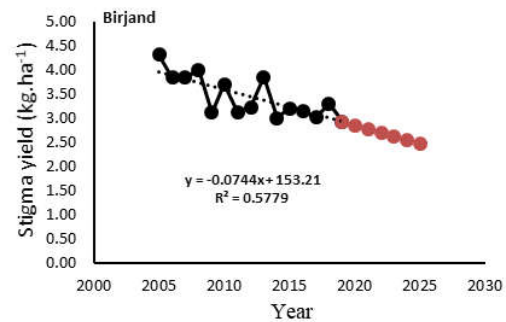
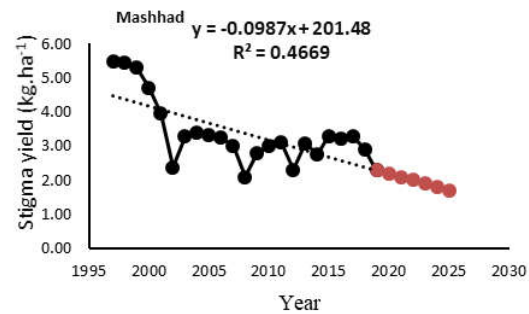
شهرهای مورد مطالعه معنی دار بود (جدول ۲).

جدول ۲- خلاصه نتایج حاصل از رگرسیون گام به گام عملکرد و پارامترهای آب و هوایی در استان خراسان رضوی و جنوبی  
Table 2- Summary of the results of stepwise regression of yield and climatic parameters in Razavi and South Khorasan province

City شهرستان	Predictive variables متغیرهای پیش بینی	B Coefficient ضریب بتا	t Coefficient ضریب t	P.value	R Squire ضریب تعیین	Adjusted R square ضریب تعیین اصلاح شده	F Coefficient ضریب F	df درجه آزادی	P.value
تربت حیدریه Torbat-Heydariye	Average temperature (° C) میانگین دما	-0.651	-3.831	0.001	0.423	0.349	14.674	1	0.001
مشهد Mashhad	Max temperature (° C) حداکثر دما	-0.702	-4.407	0.000	0.493	0.467	19.423	1	0.000
کاشمر Kashmar	Max temperature (° C) حداکثر دما	-0.494	-2.541	0.019	0.244	0.206	6.459	1	0.019
بیرجند Birjand	Max temperature (° C) حداکثر دما	-0.614	-6.477	0.002	0.377	0.346	12.093	1	0.002
قائن Qayen	Max temperature (° C) حداکثر دما	-0.750	-5.074	0.000	0.563	0.541	25.749	1	0.000

با (Koocheki et al., 2007; Koocheki et al., 2010). توجه به اینکه تطابق مراحل گلدهی زعفران با دمای محیط بسیار بالاست (Molina et al., 2005)، به نظر می‌رسد که تغییرات دمایی نمو گیاه را تحت تأثیر قرار داده و نتیجه منفی بر عملکرد زعفران داشته است. در این راستا بسیاری از محققان تغییرات دراز مدت عملکرد گیاهان زراعی را به تغییر اقلیم به ویژه افزایش دما نسبت داده اند (Matiu et al., 2017; Iizumi et al., 2017; Leng & Huang., 2017; Burke et al., 2015).

در تربت حیدریه تنها متغیر میانگین دما در معادله وارد شده است و این متغیر به تنهایی ۴۲ درصد از تغییر پذیری میزان عملکرد را بیان کرد. در سایر شهرستان‌های مورد مطالعه نیز تنها متغیر حداکثر دما معنی دار شد، به طوریکه در شهرستان‌های مشهد، کاشمر، بیرجند و قائن حداکثر دما به ترتیب ۴۹، ۲۴، ۳۷ و ۵۶ درصد از تغییر پذیری عملکرد را پیش بینی کرد. کاردون و همکاران (Cardone et al., 2019) با بررسی تأثیر شرایط آب و هوایی بر عملکرد و کیفیت زعفران بیان کردند که دما عامل اصلی تنظیم مکانیزم گلدهی در زعفران است. نتایج حاصل از سایر پژوهشگران نیز نشان می‌دهد که دما مهمترین عامل در گل‌انگیزی و عملکرد زعفران است (Molina et al., 2004; Molina et al., 2005; )



شکل ۱۸- سری زمانی پیش بینی ۵ ساله عملکرد زعفران در خراسان رضوی و جنوبی  
 Figure 18- 5 year time series of saffron yield forecast in Razavi and South Khorasan.

داد (شکل ۱۸). مشهد با شیئی در حدود ۰/۰۹ کیلوگرم در هکتار و کاشمر با شیئی در حدود ۰/۰۷ کیلوگرم در هکتار به ترتیب بیشترین و کمترین روند کاهشی را دارا بودند. کوچکی و

نتایج حاصل از آنالیز سری زمانی عملکرد زعفران حاکی از آن بود که عملکرد زعفران تا سال ۲۰۲۵ در تمامی شهرستان- های مورد مطالعه روندی کاهشی و منفی از خود نشان خواهد

متغیر میانگین دما به تنهایی ۴۲ درصد از تغییر پذیری میزان عملکرد را بیان کرد و در سایر شهرستان‌های مورد مطالعه متغیر حداکثر دما بین ۲۴ تا ۵۶ درصد از تغییر پذیری عملکرد را پیش بینی کرد. همچنین بررسی آنالیز سری زمانی عملکرد زعفران نشان داد که عملکرد زعفران تا سال ۲۰۲۵ در تمامی شهرستان‌های مورد مطالعه روندی کاهشی و منفی از خود نشان خواهد داد به طوری که مشهد با شیبی در حدود ۰/۰۹ کیلوگرم در هکتار و کاشمر با شیبی در حدود ۰/۰۷ کیلوگرم در هکتار به ترتیب بیشترین و کمترین روند کاهشی عملکرد تا سال ۲۰۲۵ را نشان دادند.

### سپاسگزاری

این مقاله مستخرج از نتایج طرح تحقیقاتی اجرا شده به شماره ابلاغیه ۱۳۹۸/۰۴/۱۵۴۸ UTH: از محل اعتبارات پژوهشی دانشگاه تربت حیدریه می‌باشد که بدین وسیله تشکر و قدردانی می‌گردد.

همکاران (Koocheki et al., 2017) با بررسی دلایل کاهش عملکرد طی ۳۰ سال اخیر بیان داشتند که علاوه بر بروز تغییر اقلیم و خشکسالی‌های اخیر، عواملی مانند سوء مدیریت در بخش کشاورزی، اقتصادی و فرآوری پس از برداشت از جمله عوامل کاهش عملکرد در ۳۰ سال گذشته بوده است. با توجه به اینکه بروز تأثیرات شدیدتر تغییر اقلیم در سال‌های آینده در مناطق خشک و نیمه خشک مثل خراسان رضوی و جنوبی غیر قابل انکار است به نظر می‌رسد که تمرکز بر مدیریت بهتر و استفاده از فناوری‌های جدید در بخش کشاورزی بتواند به کم کردن شیب کاهش عملکرد در سال‌های آینده کمک کند.

### نتیجه‌گیری

بر اساس یافته‌های این پژوهش، طی ۲۰ سال گذشته عملکرد زعفران در استان‌های خراسان رضوی و جنوبی با کاهش محسوسی همراه بوده است. نتایج حاصل از پژوهش نشان داد که دمای حداکثر و میانگین دما اصلی‌ترین متغیرهای مؤثر بر کاهش عملکرد زعفران بودند به طوری که در تربت حیدریه

### منابع

- Bazrafshan, J., and Ebrahim Zadeh, E. 2006. The analysis of saffron spatial- positional extension in Iran with emphasis on Khorasan. *Geography and Development Iranian Journal* 4 (8): 61-84. (In Persian with English Summary).
- Bashiri, M., and Salari, A. 2016. Using geostatistics for zoning areas suitable for saffron cultivation in the Khorasan Razavi Province Based on Climatological Parameters. *Saffron Agronomy and Technology* 4 (2): 155-167. (In Persian with English Summary).
- Behdani, M.A., Nassiri Mahallati, M., and Koocheki, A. 2008. Evaluation of irrigation management of saffron at agroecosystem scale in dry regions of Iran. *Asian Journal of Plant Sciences* 7 (1): 22-25.
- Burke, M., Hsiang, S.M., and Miguel, E. 2015. Global non-linear effect of temperature on economic production. *Nature* 527 (7577): 235-239.
- Cardone, L., Castronuovo, D., Perniola, M., Cicco, N., and Candido, V. 2019. Evaluation of corm origin and climatic conditions on saffron (*Crocus sativus* L.) yield and quality. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 99 (13): 5858-5869.
- Fallahi, H.R., Aghhavani Shajari, M., Sahabi, H., Abolhasani, S., Zareie, E., Hashemi, S.S., and Kadkhodaei Barkook, R. 2018. Evaluation of

- saffron yield changes in response to temperature and rainfall variations in Birjand. In 5th National Conference on Saffron. p. 146-151. (In Persian with English Summary).
- Feizi, H., and Tosan, M. 2017. Saffron yield variability by climatic factors in the northeast of Iran. *Acta Horticulturae* 1184 (15): 109-114.
- Jafarzadeh, A., Khashei-Siuki, A., and Shahidi, A. 2015. Modeling of climate change effects on saffron water requirement in south Khorasan province by GIS. *Journal of Saffron Research* 3 (2): 163-174. (In Persian with English Summary).
- Hoseyni, M., Molafilaby, A., and Nassiri Mahalati, M. 2008. Spatial and temporal patterns in saffron (*Crocus sativus* L.) yield of Khorasan province and their relationship with long term weather variation. *Iranian Journal of Field Crops Research* 6 (1): 79-88. (In Persian with English Summary).
- Izumi, T., Furuya, J., Shen, Z., Kim, W., Okada, M., Fujimori, S., and Nishimori, M. 2017. Responses of crop yield growth to global temperature and socioeconomic changes. *Scientific Reports* 7 (1): 1-10.
- Hsiang, S., Kopp, R., Jina, A., Rising, J., Delgado, M., Mohan, S., and Houser, T. 2017. Estimating economic damage from climate change in the United States. *Science* 356 (6345): 1362-1369.
- Grusson, Y., Wesström, I., and Joel, A. 2021. Impact of climate change on Swedish agriculture: Growing season rain deficit and irrigation need. *Agricultural Water Management* 251: 106858.
- Koocheki, A., and Seyyedi, S.M. 2020. Saffron “seed”, the corm. In: A. Koocheki and M. Khajeh-Hosseini (Eds.). *Saffron: Science, Technology and Health*. Elsevier Inc. 93-118.
- Koocheki, A. R., Nassiri, M., Alizadeh, A., and Ganjali, A. 2009. Modelling the impact of climate change on flowering behaviour of Saffron (*Crocus sativus* L.). *Iranian Journal of Field Crops Research* 7 (2): 583-594. (In Persian with English Summary).
- Koocheki, A., Karbasi, A., and Seyyedi, M. 2017. Some reasons for saffron yield loss over the last 30 years period (Review Article). *Saffron Agronomy and Technology* 5 (2): 107-122. *Journal of Saffron Research* (In Persian with English Summary).
- Koocheki, A., Alizadeh, A., and Ganjali, A. 2010. The effect of increased temperature on flowering behavior of saffron (*Crocus sativus* L.). *Iranian Journal of Field Crops Research* 8 (2): 336-346. (In Persian with English Summary).
- Leng, G., and Huang, M. 2017. Crop yield response to climate change varies with crop spatial distribution pattern. *Scientific Reports* 7 (1): 1-10.
- Lv, Z., Li, F., and Lu, G. 2020. Adjusting sowing date and cultivar shift improve maize adaption to climate change in China. *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change* 25 (1): 87-106.
- Ma, J., and Maystadt, J.F. 2017. The impact of weather variations on maize yields and household income: income diversification as adaptation in rural China. *Global Environmental Change* 42: 93-106.
- Matiu, M., Ankerst, D.P., and Menzel, A. 2017. Interactions between temperature and drought in global and regional crop yield variability during 1961-2014. *Plos One* 12 (5): 0178339.
- Malhi, G.S., Kaur, M., and Kaushik, P. 2021. Impact of climate change on agriculture and its mitigation strategies: A Review. *Sustainability* 13 (3): 1318.
- Ministry of Agriculture-Jahad. 2020. *Agricultural Statistics*, (Vol. 2). Islamic Republic of Iran, Ministry of Agriculture-Jihad, Press. (In Persian).
- Marcinkowski, P., and Piniewski, M. (2018). Effect of climate change on sowing and harvest dates of spring barley and maize in



- Poland. International Agro Physics 32 (2): 102-112.
- Mizab, K.A., and Falsafian, A. 2017. Factors affecting land allocation to saffron and its expansion in Marand County, Iran. International Journal of Agricultural Management and Development 7 (1047): 267-273. (In Persian with English Summary).
- Molina, R.V., Valero, M., Navarro, Y., Garcia-Luis, A., and Guardiola, J.L. 2004. The effect of time of corm lifting and duration of incubation at inductive temperature on flowering in the saffron plant (*Crocus sativus* L.). Scientia Horticulturae 103: 79-91.
- Molina, R.V., Valero, M., Navarro, Y., Guardiola, J.L., and Garcia-Luis, A. 2005. Temperature effects on flower formation in saffron (*Crocus sativus* L.). Scientia Horticulturae 103: 361-379.
- Molina, R.V., Garcia-Luis, A., Coll, V., Ferrer, C., and Valero, M. 2004. Flower formation in the saffron *Crocus sativus* L., the role of temperature. Acta Horticulturae 650: 39-47.
- Mukherjee, S., Mishra, A., and Trenberth, K.E. 2018. Climate change and drought: a perspective on drought indices. Current Climate Change Reports 4 (2): 145-163.
- Sahabi, H., Jahan, M., Koocheki, A., and Nassiri Mahallati, M. 2018. Effects of corm origin, corm weight and nutrient foliar application on yield and qualitative traits of saffron (*Crocus sativus* L.). Saffron Agronomy and Technology 6 (3): 269-277. (In Persian with English Summary).
- Shahnoushi, N., Abolhassani, L., Kavakebi, V., Reed, M., and Saghaian, S. 2020. Economic analysis of saffron production. In: A. Koocheki and M. Khajeh-Hosseini (Eds.). Saffron: Science, Technology and Health. Elsevier Inc. p. 337-356.
- Togliatti, K., Archontoulis, S.V., Dietzel, R., Puntel, L., and VanLooche, A. 2017. How does inclusion of weather forecasting impact in-season crop model predictions? Field Crops Research 214: 261-272.
- Wang, Z., Li, X., Xu, J., Yang, Z., and Zhang, Y. 2021. Effects of ambient temperature on flower initiation and flowering in saffron (*Crocus sativus* L.). Scientia Horticulturae 279: 109859.

## Evaluation the Impact Climatic Parameters on Flowering Behaviour and Yield Of Saffron (*Crocus sativus* L.) in Razavi and Southern Khorasan Provinces

Hossein Sahabi<sup>1\*</sup> and Fatemeh Moallem Banhangi<sup>2</sup>

Submitted: 27 April 2021

Accepted: 6 September 2021

Hossein Sahabi, H., Moallem Banhangi, F. 2022. Evaluation the Impact Climatic Parameters on Flowering Behaviour and Yield Of Saffron (*Crocus sativus* L.) in Razavi and Southern Khorasan Provinces, Saffron Agronomy & Technology, 9(4): 357-373.

### Abstract

In order to evaluate the trend of saffron yield and study the relationship between saffron yield fluctuations and various climatic parameters, research was designed and conducted in Mashhad, TorbatHeydariyeh, Kashmar, Birjand, and Qaen during 20 years (1998-2018). According to meteorological data from the last 20 years, the average rainfall decreased by 33%, and the average temperature increased by 0.5 °C. On the other hand, the regression results between yield and climatic parameters indicate that the pattern of temperature rise and decreased rainfall in all studied cities was significantly in line with saffron yield declining. The results revealed that the saffron cultivation area had been increased by 112.3 ha each year. Meanwhile, saffron yields have dropped by an average of 0.08 kg per hectare per year. Climatic indicators significantly affected decreased saffron yield in Razavi and South Khorasan. The results also revealed that the average and maximum temperature were the main variables influencing the reduction of saffron yield. For instance, in Torbat-e Heydarieh, the average temperature predicted 42 percent of the variability of the yield, and in other studied cities, the maximum temperature variable resulted in 24 and 56% of the variability of the yield. Furthermore, the time series analysis of saffron yield results revealed that saffron yield will show a decreasing and negative trend by 2025 in all studied cities. Up to 2025, Mashhad and Kashmar, with a slope of 0.09 and 0.07 kg.ha<sup>-1</sup>, had the highest and lowest decreasing trends, respectively.

**Keywords:** Climate change, Rain, Temperature, Time series analysis

1- Assistant professor, Department of plant production, university of TorbatHeydarieh, Saffron institute, University of TorbatHeydarieh, TorbatHeydarieh, Iran.

2- Lecturer, Department of Plant Production, university of TorbatHeydariyeh, PhD Student in Agroecology, Department of Agrotechnology, Ferdowsi University of Mashhad

(\*- Corresponding author Email: h.sahabi@torbath.ac.ir)

DOI: 10.22048/jsat.2021.283088.1423