اثر نوسانات درازمدت درجه حرارت و بارندگی بر عملکرد زعفران (*Crocus sativus* L.)

محمد حسینی[۱]، عبدا... ملافیلابی[۱]، مهدی نصیری محلاتی[۲]

چکیده

بر اساس یافته‌های این پژوهش، کاهش عملکرد زعفران استان خراسان در طی ۱۰ سال گذشته بطور قابل توجهی تحت تأثیر تغییرات شاخص‌های آب و هوایی بویژه درجه حرارت و رطوبت قرار دارد بطوریکه در میان شهرستان‌های اصلی تولید کننده زعفران استان از ۳۱ تا ۶۶ درصد تغییرات عملکرد را می‌توان با این متغیرهای آب و هوایی توصیف کرد. در این پژوهش از بین پارامترهای هواشناسی، تأثیر بارندگی در مقایسه با درجه حرارت ماهانه کمتر بوده است و نتایج نشان داده است که بارندگی تنها در یکی از شهرهای اصلی تولید زعفران یعنی تربت حیدریه نقش قابل ملاحظه‌ای بعهده دارد درحالیکه درجه حرارت حداقل و حداکثر ماهانه اصلی‌ترین متغیرهای مؤثر بر کاهش عملکرد زعفران محسوب می‌شوند و در این میان نتیجه‌گیری شد که درجه حرارت‌های ماههای بهار (فروردین، اردیبهشت و خرداد) و تا حدودی ماههای اول تابستان (تیرماه) بیشترین تأثیر منفی را بر عملکرد زعفران نشان می‌دهند. الگوی افزایش درجه حرارت‌های حداقل و حداکثر این ماهها در شهرستانهای تولید کننده زعفران در استان خراسان در طی ۱۰ سال گذشته تا حد قابل توجهی با روند کاهش عملکرد زعفران در طی این دوره انطباق نشان داده است. بر این اساس الگوهای مکانی- زمانی تغییرات عملکرد زعفران (در کنار سایر متغیرهای مؤثر زراعی، مدیریتی و اقتصادی) از تغییرات آب و هوایی نیز تبعیت داشته و بنظر می‌رسد که با تداوم تغییرات آب و هوایی، عملکرد زعفران در سالهای آینده روند کاهشی خود را ادامه خواهد داد.

واژه‌های کلیدی: زعفران، الگوهای زمانی- مکانی، درجه حرارت، بارندگی، *Crocus sativus* L.

مقدمه

اثر تغییر اقلیم در بسیاری از نقاط دنیا برای گیاهان زراعی مختلف مشخص شده است (۳ و ۱۳) که این تأثیر مربوط به سه عامل غلظت CO_2 جوّی، بارندگی و درجه حرارت می‌باشد(۶).

نتایج تحقیقات بر روی ارتباط داده‌های هواشناسی و عملکرد و سطح زیر کشت گیاهان زراعی نشان می‌دهد که تغییرات درجه حرارت و بارندگی بر میانگین و واریانس عملکرد گیاهان زراعی اثر می‌گذارد به‌طوریکه متوسط عملکرد گیاهان زراعی با بارندگی بیشتر افزایش و بالعکس با درجه حرارت‌های بالاتر کاهش می‌یابد و یا بزبانی دیگر می‌توان گفت، افزایش بارندگی باعث کاهش تغییرپذیری عملکرد گیاهان و افزایش درجه حرارت باعث افزایش تغییرپذیری عملکرد گیاهان زراعی می‌شود (۲).

کمالی (۱) اظهار داشت که ترسیم رژیم‌های حرارتی مناطق جنوب خراسان نشان می‌دهد که گرمترین ماههای سال ماه جولای (۱۰ تیر تا ۹ مرداد) و سردترین ماه سال دسامبر و در بعضی از مناطق ژانویه یعنی ماههای دی و بهمن می‌باشد. بطورکلی هر چه از شمال به جنوب منطقه نزدیکتر می‌شویم پتانسیل حرارتی ناحیه افزایش می‌یابد. عامل درجه حرارت حداقل ماهانه در ماههایی که مصادف با ظهور گل در زعفران می‌باشد از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. مکانیزم عمل گلدهی در زعفران به‌صورتی است که هر چه افت درجه حرارت در شب بیشتر باشد روز بعد تعداد گل

۱- به ترتیب، محقق و عضو هیأت علمی پژوهشکده علوم و صنایع غذایی خراسان رضوی، ۲- عضو هیأت علمی دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد.

Archive of SID

www.SID.ir

بیشتری ظاهر خواهد شد و مناطقی که درجه حرارت زودتر در آن مناطق پائین می‌افتد از نظر گلدهی جلوتر می‌باشند. بطور مثال اولین منطقه‌ای که گلدهی زعفران آغاز می‌شود ارتفاعات اطراف قائن می‌باشد. اوج ظهور گل زعفران نیز پس از قائن در بیرجند و گناباد و دیگر نواحی اتفاق می‌افتد. نامبرده همچنین مشخص کرده است که توزیع بارندگی ماهیانه در نواحی مختلف زعفران کاری تقریباً ثابت می‌باشد. بدین ترتیب که حداکثر بارندگی ماهیانه در ماههای اسفند و فروردین (مارس و آوریل) و حداقل آن در ماههای تیر و مرداد و شهریور (ژوئن، ژوئیه و اوت) نازل می‌شود. بارشها در منطقه اکثراً بصورت باران و در مناطق مرتفع و فصول سرد سال بصورت برف نازل می گردد. ضریب تغییرات بارندگی ماهیانه در طی سال در ایستگاههای مختلف مقادیر متفاوتی را نشان می‌دهد و حداکثر مقدار ضریب تغییرات در ماههای فصل پائیز که پربارانترین زمان منطقه می‌باشد قرار دارد و حداقل آن نیز در تابستان اتفاق می‌افتد.

نصیری و همکاران (۱۱) میانگین داده‌های ماهانه هواشناسی را از سال ۱۹۶۸ تا سال ۲۰۰۰ برای دوازده منطقه تولید عمده گندم دیم در شمال غربی و غرب ایران در یک مدل اقلیمی تجزیه و تحلیل کردند، تا اثر تغییر اقلیم بر تولید گندم دیم برای سالهای ۲۰۲۵ و ۲۰۵۰ پیش‌بینی شود. مدل مورد استفاده در غلظت‌های ۴۲۵ و ۵۰۰ پی‌پی‌ام CO_2 و افزایش درجه حرارت هوا بین ۲/۷ الی ۴/۷°C کاهش معنی داری در عملکرد گندم دیم برای سالهای ۲۰۲۵ و ۲۰۵۰ پیش‌بینی کرد. کاهش عملکرد با کمبود بارندگی (۸/۳ تا ۱۷/۷٪) و کوتاه شدن دوره رشد گندم (۸ تا ۳۶ روز) رابطه داشت. عملکرد زمینهای زراعی استفاده شده برای تولید گندم دیم تحت انگاره‌های تغییر اقلیم ممکن است ۱۵ تا ۴۰٪ کاهش یابد که پیشرفت‌های بالقوه سازگاری گندم برای تغییر اقلیم در ایران ممکن است شامل به نژادی ارقام جدید و تغییر عملیات زراعی مانند تاریخ کاشت باشد.

مطالعات در مقیاس جهانی نشان داده است که تغییرات آینده اقلیمی با تأثیر بر میزان درجه حرارت و بارندگی، استعداد کشاورزی در مناطق مختلف را از طریق تغییر طول فصل رشد تحت تأثیر قرار خواهند داد (۱۰). داونینگ و همکاران (۵) و روزنزویگ و پری (۱۳) طول فصل رشد را بر اساس تلفیق درجه حرارتهای بالاتر از صفر و قابلیت دسترسی رطوبت برای رشد گیاهان محاسبه کردند. مقادیر ارائه شده حاکی از کوتاهتر شدن طول فصل رشد در مناطق خشک و نیمه خشک دنیا از جمله کشور ایران است، در حالیکه در عرض‌های جغرافیایی بالا طول فصل رشد در آینده افزایش خواهد یافت. شواهد نشان می‌دهد که افزایش طول فصل رشد در نواحی شمالی کانادا و بطور کلی عرض‌های جغرافیایی بالا به دلیل افزایش درجه حرارت و کاهش طول فصل رشد در عرض‌های حد واسط (نواحی خشک و نیمه خشک) عمدتاً ناشی از کاهش میزان بارش می‌باشد. در این بررسی محققین اظهار داشته‌اند تغییرات عملکرد محصولات زراعی با طول فصل رشد مرتبط می‌باشد و در ایران نیز با توجه به انگاره اقلیمی در نظر گرفته شده، میانگین عملکرد محصولات زراعی ۲/۵ تا ۵ درصد احتمالاً کاهش خواهد یافت.

بالا رفتن احتمال پدیده‌های حدی در مناطق خشک و نیمه خشک دنیا شرایط را برای تولیدات زراعی در این مناطق بسیار محدود خواهد کرد. شواهد حاکی از آن است که در شرایط تغییر اقلیم، کمبود آب (بارندگی) اصلی‌ترین محدودیت تولید غلات در این نقاط خواهد بود (۱۲ و ۱۵). کوچکی و همکاران (۹) اظهار داشتند که تا سال ۲۰۵۰، افزایش درجه حرارت برابر با ۲/۷°C و کاهش بارندگی برابر با ۱۲٪ در ایران پیش‌بینی می‌شود. در سال ۲۰۵۰، بنظر می‌رسد طول فصل رشد ۱۶ روز افزایش یابد و بخاطر تأخیر در اولین روز یخبندان و تسریع در آخرین روز یخبندان و متعاقباً افزایش درجه حرارت و کاهش بارندگی طول فصل خشک تا ۲۲ روز افزایش خواهد یافت. همچنین پیش‌بینی شده است که مناطق ده گانه زراعی فعلی در سال ۲۰۵۰ به هفت منطقه کاهش خواهد یافت. تغییر اقلیم اختلافات جغرافیایی مربوط به درجه حرارت و بارندگی را در ایران کاهش خواهد داد و بارندگی شاخص مهمی در آینده خواهد بود.

شورای بین‌الدول تغییر اقلیم[1] (IPCC) افزایش جهانی درجه حرارت را بین ۱/۴ تا ۵/۸ °C تا سال ۲۱۰۰ پیش‌بینی

1 - Inter governmental Panel on Climate Changes

Archive of SID

www.SID.ir

کرده است (۷). این افزایش در خط استوا کمترین و در قطبین با توجه به عرض جغرافیایی بیشترین است. بعنوان مثال، در کانادا ۴ تا ۶ °C افزایش پیش‌بینی می‌شود (۴). در ایران که در منطقه معتدله (۲۶° تا ۴۰° عرض شمالی و ۴۴° تا ۶۲° طول شرقی) واقع شده است پیش‌بینی می‌شود تغییر اقلیم باعث مهاجرت نظامهای تولید محصولات زراعی موجود به سمت شمال گردد (۸ و ۱۳). افزایش گازهای گلخانه‌ای در جوّ و پیامدهای آن مانند گرم شدن دنیا، با تأثیر بر میزان نزولات سالانه، اثرات قابل توجهی را بر کشاورزی دنیا بر جای خواهد گذاشت. علیرغم اهمیت این اثرات، مطالعات و پژوهشهای انجام شده در این زمینه در کشورهای توسعه یافته و مطالعات منطقه‌ای در خصوص تأثیر تغییر اقلیم بر تولیدات کشاورزی در کشورهای در حال توسعه کم می‌باشد.

از سوی دیگر اکثر مناطق خشک و نیمه خشک دنیا که بدلیل ساختار اکولوژیکی خود حساسیت شدیدتری نسبت به تغییرات اقلیمی دارند در کشورهای در حال توسعه واقع شده‌اند. افزایش جمعیت، اتکاء به تولیدات کشاورزی و فقدان اطلاعات کافی از شرایط اقلیمی آینده، در کنار یکدیگر، امنیت غذایی آینده ساکنان این مناطق را تهدید می‌کند. بر این اساس تحقیقات گسترده‌ای در زمینه پیامدهای تغییر اقلیم بصورت منطقه‌ای به منظور دست یابی به چشم انداز آینده و اتخاذ راه حل‌های مناسب جهت مقابله با آن از ضرورت‌های پژوهشی در این کشورها محسوب می‌شود (۱۴).

بنابراین با توجه به تأثیر تغییرات آب و هوایی بر عملکرد محصولات زراعی، مطالعه روند درازمدت 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 این روند تغییرات عملکرد گیاهان زراعی در مقیاس منطقه‌ای و ملی در بسیاری از نقاط جهان مطالعه شده است لذا انجام این قبیل مطالعات در ایران نیز ضروری بود. بهمین منظور با توجه به اهمیت اقتصادی و اجتماعی زعفران برای استان خراسان و کشور، ارزیابی روند عملکرد زعفران در سالهای اخیر و مطالعه رابطه نوسانات آن با تغییرات آب و هوایی هدف این پژوهش قرار گرفته است.

مواد و روش‌ها

- مطالعه روند عملکرد زعفران:

آمار مربوط به عملکرد زعفران برای دوره ۲۰ ساله ۸۳-۱۳۶۳ از سازمان جهاد کشاورزی استان خراسان جمع‌آوری گردید و پس از بررسی داده‌ها، عملکرد زعفران برای شهرهای تربت حیدریه، بیرجند، گناباد، قائن، فردوس و طبس که آمار کاملی برای آنها موجود بود استخراج و مورد استفاده قرار گرفت.

مطالعه روند تغییرات عملکرد بر اساس تجزیه و تحلیل سری زمانی انجام شد. بطور کلی در آنالیز سری‌های زمانی تغییرات هر متغیر (Y) در طی زمان (t) بوسیله معادله (۱) تعریف می‌شود:

$$Y_t = f(t) + e_t \qquad (۱)$$

که در آن:

Y_t: مقدار متغیر در هر زمان t (در اینجا عملکرد زعفران در هر سال).

$f(t)$: تابعی است که تغییرات Y را بر حسب زمان توصیف می‌کند.

e_t: خطای برآورد Y در هر سال می‌باشد.

تابع f(t) به دو صورت خطی و درجه ۲ (معادلات ۲ و ۳) تعریف گردید.

$$f(t) = b_1 + b_2 t \qquad (۲)$$

$$f(t) = b_1 + b_2 t + b_3 t^2 \qquad (۳)$$

در فرم خطی (معادله ۲)، f(t) تغییرات عملکرد را بصورت تابعی خطی (معمولاً با روند افزایشی) در طول زمان توصیف می‌کند. درحالیکه در فرم درجه ۲ (معادله ۳) تابع عملکرد بر حسب زمان غیرخطی بوده و کاهش عملکرد در طول زمان را بیان خواهد کرد. در این مطالعه هر دو تابع خطی و غیرخطی (درجه ۲) به داده‌های عملکرد برازش داده شد و نهایتاً فرم تابع f(t) با توجه به قدرت برازش آن به داده‌ها انتخاب گردید.

روند عملکرد در سری زمانی، به مدت ۵ سال پس از آخرین داده پیش‌بینی شد. جهت پیش‌بینی روند عملکرد روشهای متعددی وجود دارد که از جمله می‌توان به میانگین

Archive of SID

www.SID.ir

متحرک[1]، میانگین متحرک دوگانه[2]، هموارسازی نمایی[3] و نیز روش وینترز[4] اشاره کرد. البته روشهای پیشرفته‌تری مانند ARMA[5] و ARIMA[6] نیز وجود دارد که در مورد داده‌های خاص بکار گرفته می‌شود. در این مطالعه جهت پیش‌بینی روند عملکرد زعفران از روش وینترز استفاده شد. در این روش پیش‌بینی بر اساس تکنیک هموارسازی نمایی دوگانه[7] انجام می‌گیرد و پارامترهای لازم جهت اجرای پیش‌بینی توسط روشهای مذکور در منابع آماری قابل محاسبه می‌باشد.

لازم به ذکر است که در آنالیز روند عملکرد توسط سری زمانی از روش مستقیم استفاده شد. در روش مستقیم، اولین سال آماری به عنوان سال مبدأ در محاسبات وارد خواهد شد.

- ارزیابی همبستگی بین‌عملکرد زعفران وشاخصهای آب‌وهوایی:

به‌منظور بررسی رابطه عملکرد زعفران در مناطق تحت بررسی، شاخص‌های آب و هوایی داده‌های ۲۰ ساله (۸۳-۱۳۶۳) آب و هوایی شامل بارندگی ماهانه، حداقل، حداکثر و میانگین درجه حرارت ماهانه در شهرهای تحت بررسی از مرکز اقلیم شناسی خراسان جمع‌آوری شد. ارزیابی رابطه عملکرد با آب و هوا، بوسیله رگرسیون‌های ساده و چند متغیره انجام گرفت.

به این منظور ابتدا عملکرد زعفران (Y) با درجه حرارت حداقل، حداکثر و میانگین ماهانه و نیز بارندگی هر ماه (X) برای تمام شهرهای تحت مطالعه بصورت جداگانه توسط رگرسیون آنالیز شد تا به این ترتیب برای هر شهر نوع شاخص آب و هوایی (درجه حرارت/ بارندگی) و مهمترین ماه سال از نظر تأثیر بر عملکرد تعیین شود.

سپس با استفاده از رگرسیون چندمتغیره رابطه بین عملکرد زعفران (Y) و متغیرهای آب و هوایی مؤثر بر آن (X_1 , X_2 , ... ,X_n) برای هر شهر تعیین گردید. معادله رگرسیون چند متغیره‌ای که به این صورت بدست آمده بود در معرض حذف گام به گام متغیرهای مستقل قرار گرفت. به این منظور از روش رگرسیون گام به گام رو به عقب[8] استفاده شد. به این ترتیب مدل نهایی توصیف عملکرد با مهمترین متغیرهای اقلیمی محاسبه گردید. جهت آنالیز سری‌های زمانی از نرم افزار Minitab, ver. 13.1 و جهت آنالیز رگرسیون از Sigma Stat.ver.1 استفاده شد.

نتایج و بحث:

روند عملکرد زعفران:

- تربت حیدریه:

شکل ۱- الف روند تغییرات عملکرد زعفران را در تربت حیدریه در طی ۲۰ سال نشان می‌دهد. عملکرد زعفران در این شهرستان که در سال مبدأ (۱۳۶۳) در حدود ۴ کیلوگرم در هکتار بوده است، در سالهای ۷۳-۷۲ به طور چشمگیری افزایش داشته و به حدود ۶ کیلوگرم در هکتار رسیده است. پس از این دوره با کاهش مجدد، عملکرد زعفران در این ناحیه نهایتاً به سطح اولیه مشابه سال مبدأ نزول یافته است.

حذف روند از داده‌ها (شکل ۱ ب) تغییرات فصلی عملکرد را در طی دوره ۲۰ ساله نشان می‌دهد. نوسانات فصلی در این منطقه نسبتاً شدید بود و از ۰/۶ تا ۱/۶ کیلوگرم در هکتار از تغییرات عملکرد را در بر می‌گیرد. تصحیح داده‌های عملکرد برای تغییرات فصلی (شکل ۱ ج) نشان دهنده روند خطی افزایش در میانه دوره و کاهش عملکرد در سالهای انتهایی است.

شکل ۲ نشان می‌دهد که روند ۲۰ ساله عملکرد زعفران در تربت حیدریه از مدل درجه دوم تبعیت دارد. برازش تابع درجه ۲ به داده‌ها حاکی از کاهش عملکرد پس از یک دوره اوج است که بوضوح بوسیله آنالیز روند مشخص شده است.

- بیرجند:

روند ۲۰ ساله تغییرات عملکرد زعفران در بیرجند (شکل ۳ الف) نشان می‌دهد که حداکثر عملکرد که حدود ۷ کیلوگرم در میانه ۱۰ سال اول بوده روندی نزولی را دنبال کرده است. در این میان سهم تغییرات فصلی عملکرد در محدوده ۰/۶ تا ۱/۳ کیلوگرم در هکتار بود (شکل ۳ ب) و

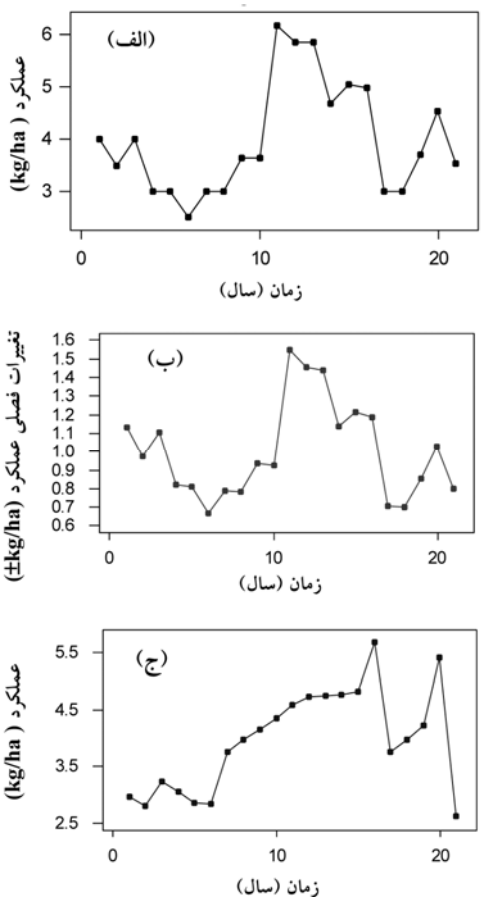
1 - Moving Average
2 - Double Moving Average
3 - Exponential Smoothing
4 - Winters method
5 - Autoregressive Moving Average
6 - Autoregressive Integrated Moving Average
7 - Double Exponential Smoothing
8 - Backward Stepwise Regression

Archive of SID

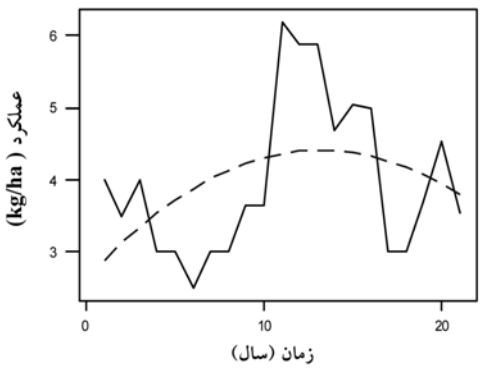
www.SID.ir

تصحیح روند برای تغییرات فصلی (شکل ۳ ج) روند نزولی عملکرد در این شهرستان را تأیید می‌کند.

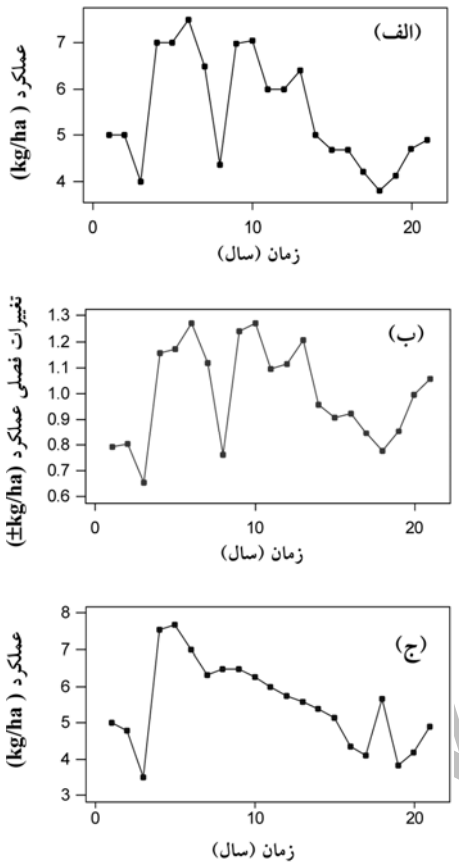
در بیرجند نیز روند تغییرات عملکرد زعفران در طی ۲۰ سال گذشته از مدل درجه ۲ تبعیت دارد (شکل ۴) و کاهش مداوم عملکرد در طی ۱۰ سال دوم دوره کاملاً مشهود می‌باشد.



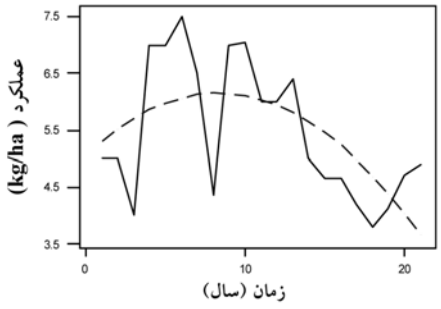
شکل ۱: الف) روند تغییرات عملکرد زعفران در تربت حیدریه در طی ۲۰ سال گذشته، ب) تغییرات فصلی عملکرد زعفران در طی بیست سال گذشته با حذف روند از داده‌ها، ج) تصحیح داده‌های عملکرد زعفران در بیست سال گذشته.



شکل ۲: روند ۲۰ ساله عملکرد زعفران در تربت حیدریه.



شکل ۳: الف) روند تغییرات عملکرد زعفران در بیرجند در طی ۲۰ سال گذشته، ب) تغییرات فصلی عملکرد زعفران در طی بیست سال گذشته با حذف روند از داده‌ها، ج) تصحیح داده‌های عملکرد زعفران در بیست سال گذشته.



شکل ۴: روند ۲۰ ساله عملکرد زعفران در بیرجند.

Archive of SID

www.SID.ir

- گناباد، قائن و فردوس:

مشابه سایر مراکز تولید زعفران خراسان، در شهرستانهای گناباد، قائن و فردوس نیز عملکرد زعفران در فاصله بعد از سال ۱۳۷۰، روندی کاهشی را از خود نشان می‌دهد. با حذف اثرات فصلی از داده‌های این شهرستان، افزایش عملکرد تا نیمه دوره و سپس کاهش آن را در ۱۰ ساله دوم سری زمانی به خوبی مشخص شده است. بهمین دلیل در این شهرستانها نیز مدل درجه ۲ توصیف بهتری از روند تغییرات ۲۰ ساله عملکرد زعفران در شهرستان گناباد بدست خواهد داد.

- طبس:

در شهرستان طبس، عملکرد حدود ۵ کیلوگرم در هکتار سال مبدأ در پایان نیمه اول دوره به شدت کاهش یافته ولی سپس با صعود به مقادیر بالاتر تا پایان دوره روند نزولی را دنبال کرده بطوریکه در نهایت به حدود ۳/۵ کیلوگرم در هکتار تقلیل یافته است. شدت تغییرات فصلی در این منطقه نسبتاً شدید بوده و در حدود ۳- تا ۲ کیلوگرم در هکتار نوسان داشته است. تصحیح روند عملکرد برای تغییرات فصلی نیز بوضوح کاهش عملکرد زعفران در شهرستان طبس را در طی ۱۰ سال پایان دوره نشان می‌دهد. روند عملکرد زعفران در طبس طی دوره ۲۰ ساله مطالعه از الگوی خطی تبعیت دارد، هر چند بنظر می‌رسد که شدت کاهش عملکرد در طی ده ساله دوم بیشتر از ده ساله اول سری زمانی است.

نتایج آنالیز روند ۲۰ ساله عملکرد زعفران در ۶ شهرستان اصلی تولیدکننده این محصول در استان خراسان، نشان می‌دهد که صرفنظر از نوسانات فصلی اقلیم، در کلیه شهرستانهای تحت بررسی، عملکرد زعفران پس از یک افزایش قابل ملاحظه در فاصله سالهای ۷۲-۱۳۶۳ ، در طی ۱۰ سال بعدی دوره، روندی نزولی را دنبال کرده است و در نتیجه مدل درجه ۲ توصیف کننده این تغییرات می‌باشد.

بنابراین، فرضیات اولیه این تحقیق مبنی بر اینکه عملکرد زعفران در مناطق اصلی تولید آن در خراسان در حال کاهش می‌باشد تأکید می‌شود و با وجود اینکه در چند سال اخیر عوامل متعدد زراعی، مدیریتی، اقتصادی و اجتماعی همه رو به رشد بوده و می‌باید در این الگوی عمومی عملکرد اثر مثبت داشته باشند ولی در ادامه این تحقیق و بر اساس اهداف آن، ارتباط این روند کاهش عملکرد فقط با تغییرات شاخص‌های آب و هوایی مورد بررسی قرار خواهد گرفت تا مشخص شود که سهم این تغییرات آب و هوایی در روند تغییرات عملکرد زعفران خراسان تا چه اندازه قابل توجه می‌باشد.

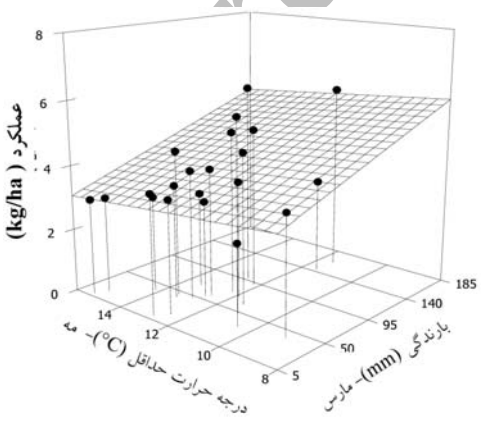
بررسی رابطه بین الگوی تغییرات آب و هوا و عملکرد زعفران:

- تربت حیدریه:

در شهرستان تربت حیدریه بیشترین همبستگی بین عملکرد زعفران و حداقل درجه حرارت ماه مه (۱۰ اردیبهشت تا ۱۰ خرداد) و بارندگی ماه مارس (۱۰ اسفند تا ۱۰ فروردین) بدست آمد. معادله رگرسیون بین عملکرد و این دو متغیر به صورت زیر است:

$$Y = 4.1 - 0.06X_1 + 0.123X_2$$

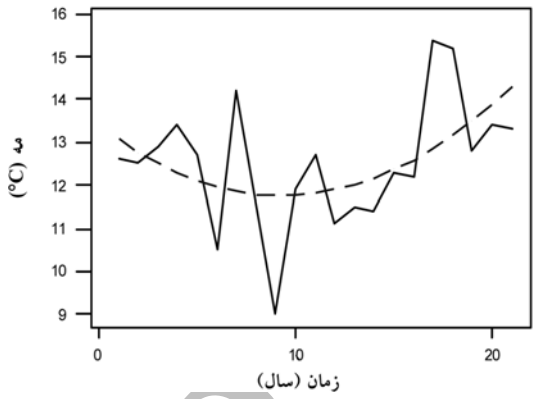
بر اساس این معادله ($R^2 = ۰/۳۷^*$) که در حدود ۳۷ درصد از تغییرات عملکرد زعفران در تربت حیدریه را توصیف می‌کند با افزایش حداقل درجه حرارت ماه مه عملکرد زعفران کاهش و با افزایش میزان بارندگی ماه مارس افزایش خواهد یافت (شکل ۵). روند تغییرات ۲۰ ساله درجه حرارت حداقل ماه مه (شکل ۶) و میزان بارندگی ماه مارس (شکل ۷) هر دو از مدل درجه ۲ تبعیت دارند با این تفاوت که درجه حرارت حداقل ماه مه در طی ۱۰ ساله دوم دوره افزایش یافته درحالیکه بارندگی ماه مارس روندی کاهشی داشته است.



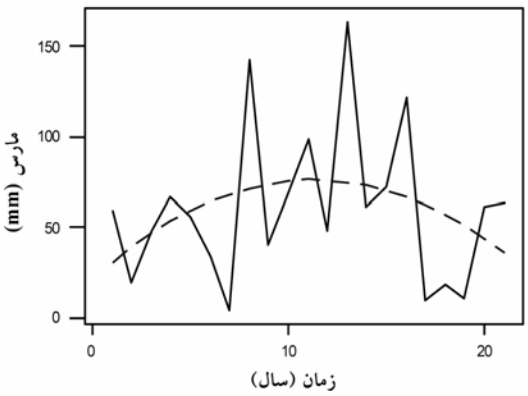
شکل ۵: رابطه بارندگی ماه مارس و درجه حرارت حداقل ماه مه با عملکرد زعفران در تربت حیدریه در ۲۰ سال گذشته.

Archive of SID

www.SID.ir



شکل ۶: روند تغییرات ۲۰ ساله درجه حرارت حداقل ماه مه.



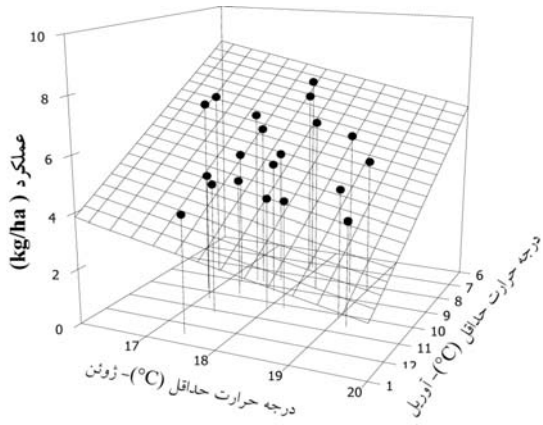
شکل ۷: روند تغییرات ۲۰ ساله بارندگی ماه مارس.

- بیرجند:

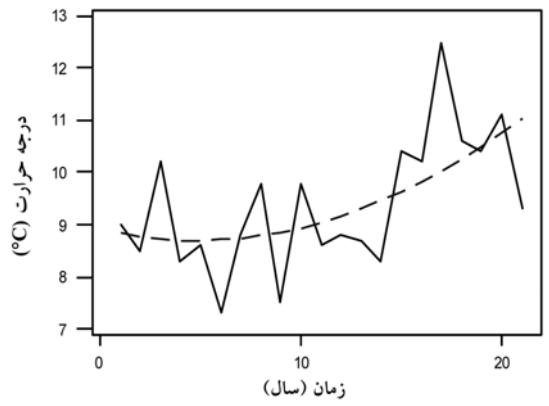
نتایج آنالیز رگرسیون بین عملکرد ۲۰ ساله زعفران در شهرستان بیرجند و متغیرهای ۲۰ ساله آب و هوایی (درجه حرارت حداقل، حداکثر، میانگین و بارندگی ماهانه) پس از حذف متغیرها با تکنیک گام به گام نشان داد که از میان تمامی متغیرهای آب‌وهوایی حداقل درجه حرارت ماه آوریل (۱۰ فروردین تا ۱۰ اردیبهشت) و حداقل درجه حرارت ماه ژوئن (۱۰ خرداد تا ۱۰ تیرماه) بیشترین تأثیر را در توصیف تغییرات عملکرد زعفران در این شهرستان دارند. معادله رگرسیون مربوط به این شهرستان به صورت زیر است:

$$Y = 20.3 - 0.67X_1 - 0.48X_2$$

ضریب تبیین این معادله $R^2 = ۰/۶۶^{**}$ بوده که نشان می‌دهد ۶۶٪ از تغییرات عملکرد زعفران در بیرجند را می‌توان توسط دو متغیر X_1 و X_2 توصیف کرد. نمودار معادله رگرسیون دو متغیره بین عملکرد زعفران (Y) و درجه حرارت حداقل ماههای آوریل و ژوئن (شکل ۸) بوضوح کاهش عملکرد زعفران با افزایش درجه حرارتهای حداقل در دو ماه مذکور را نشان می‌دهد. شکلهای ۹ و ۱۰ به ترتیب روند ۲۰ ساله تغییرات درجه حرارت حداقل ماههای آوریل و ژوئن در شهرستان بیرجند را نشان می‌دهند. همان گونه که مشاهده می‌شود درجه حرارت حداقل آوریل روندی درجه ۲ داشته و در طی ۱۰ ساله دوم دوره در حدود ۱/۵ °C افزایش یافته است (شکل ۹). همچنین درجه حرارت حداقل ماه ژوئن در تمامی دوره ۲۰ ساله با الگوی خطی در حال افزایش بوده و میانگین حدود ۱ °C افزایش یافته است (شکل ۱۰).



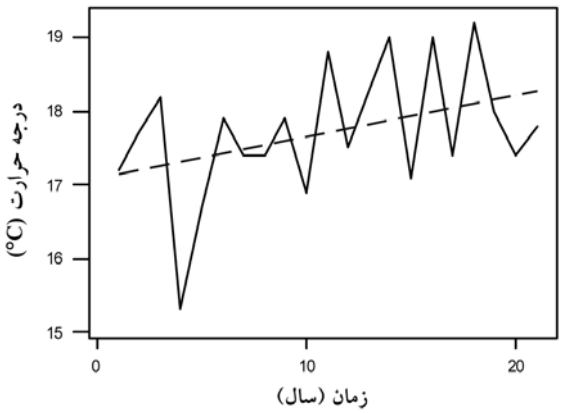
شکل ۸: رابطه درجه حرارت حداقل ماههای آوریل و ژوئن با عملکرد زعفران در بیرجند در ۲۰ سال گذشته.



شکل ۹: روند تغییرات ۲۰ ساله درجه حرارت حداقل ماه آوریل.

Archive of SID

www.SID.ir



شکل ۱۰: روند تغییرات ۲۰ ساله درجه حرارت حداقل ماه ژوئن.

- گناباد:

در شهرستان گناباد اصلی‌ترین متغیرهای آب و هوایی کنترل کننده عملکرد زعفران که پس از آنالیز رگرسیون در مدل نهایی باقی ماندند شامل درجه حرارت حداقل ماه مارس و درجه حرارت حداکثر ماه جولای می‌باشند. معادله رگرسیون مربوط به این شهرستان بصورت زیر است:

$$Y = 19.7 - 0.382X_1 - 0.605X_2$$

ضریب تبیین این معادله $R^2 = ۰/۴۱^*$ و معادله رگرسیون نشان می‌دهد که با افزایش هر دو متغیر عملکرد زعفران کاهش می‌یابد. روند تغییرات ۲۰ ساله این دو متغیر در شهرستان گناباد بوسیله مدل درجه ۲ توصیف شده و مقدار آنها در طی دوره ۲۰ ساله و بویژه در ۱۰ ساله دوم دوره افزایش یافته است.

- قائن:

در شهرستان قائن درجه حرارت حداکثر ماه آوریل (۱۰ فروردین تا ۱۰ اردیبهشت) تنها متغیری است که پس از آنالیز رگرسیون بین عملکرد زعفران و متغیرهای آب و هوایی در مدل نهایی باقی ماند. این مدل با معادله:

$$Y = 18.46 - 0.601X$$

۳۱٪ تغییرات عملکرد ($R^2 = ۰/۳۱^*$) در قائن تحت تأثیر درجه حرارت حداکثر ماه آوریل قرار دارد. روند تغییرات ۲۰ ساله درجه حرارت حداکثر ماه آوریل در شهرستان قائن نیز با الگوی درجه ۲ در حال افزایش بوده که شدت آن در ۱۰ ساله دوم به حدود ۴ °C می‌رسد. همچنین نتایج مشابهی نیز برای شهرستانهای فردوس و طبس بدست آمده است.

براساس یافته‌های این پژوهش، کاهش عملکرد زعفران استان خراسان در طی ۱۰ سال گذشته بطور قابل توجهی تحت تأثیر تغییرات شاخص‌های آب و هوایی بویژه درجه حرارت و رطوبت قرار دارد، بطوریکه در میان شهرستان‌های اصلی تولیدکننده زعفران استان از ۳۱ تا ۶۶ درصد از تغییرات عملکرد را می‌توان با این متغیرهای آب و هوایی توصیف کرد. در این پژوهش از بین پارامترهای هواشناسی، تأثیر بارندگی در مقایسه با درجه حرارت ماهانه کمتر بوده است و نتایج نشان داده است که بارندگی تنها در یکی از شهرهای اصلی تولید زعفران یعنی تربت حیدریه نقش قابل ملاحظه‌ای بعهده دارد درحالیکه درجه حرارت حداقل و حداکثر ماهانه اصلی‌ترین متغیرهای مؤثر بر عملکرد زعفران محسوب می‌شوند و در این میان نتیجه گیری شد که درجه حرارت ماههای بهار (فروردین، اردیبهشت و خرداد) و تا حدودی ماههای اول تابستان (تیرماه) بیشترین تأثیر را بر عملکرد زعفران نشان می‌دهند. الگوی افزایش درجه حرارت‌های حداقل و حداکثر این ماهها در شهرستان‌های تولید کننده زعفران در استان خراسان در طی ۱۰ سال گذشته تا حد قابل توجهی با روند کاهش عملکرد زعفران در طی این دوره انطباق نشان داده است. بر این اساس الگوهای مکانی- زمانی تغییرات عملکرد زعفران (در کنار سایر متغیرهای مؤثر زراعی، مدیریتی و اقتصادی) از تغییرات آب و هوایی نیز تبعیت داشته و بنظر می‌رسد که با تداوم تغییرات آب و هوایی، عملکرد زعفران در سالهای آینده روند کاهشی خود را ادامه خواهد داد.

قدردانی

بدینوسیله از پژوهشکده علوم و صنایع غذایی خراسان رضوی جهت تأمین هزینه‌های اجرایی این طرح تحقیقاتی تشکر و قدردانی می‌شود.

Archive of SID

www.SID.ir

منابع

۱- کمالی، غ. ۱۳۶۸. مطالعات بیوکلیمایی زعفران در جنوب خراسان. سازمان پژوهشهای علمی و صنعتی ایران. مرکز خراسان.

2- Adams, R.M. 2000. Climate variability and climate change: Implications for agriculture. IRI Proceedings. Oregon State University, U.S.A.

3- Antle, J.M. 1996. Meteorological issues in assessing potential impacts of climate change on agriculture. Agric. Forest Meteorol. 80: 67-85.

4- Canadian Institute for Climate Studies. 2001. The climate company [online]. Available at http://www.cics. uvic. ca.

5- Downing, T.E., Ringlus, L., Hulme, M., and D. Waughray. 1997. Adapting to climate of cold regions. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers. pp. 809-825.

6- Holden, N.M., Brereton, A.J., Fealy, R., and J. Sweeney. 2003. Possible change in Irish climate and its impact on barely and potato yields. Agric. Forest Meteorol. 116: 181-196.

7- IPCC. 2001a. Climate change 2001: The scientific basis [online]. In: Houghton, J.T., Y. Ding, D.J. Griggs, M. Noguer, P.J. van dr Linden, X. Dai, K. Maskell, and C.A. Johnson. (Eds.). Contribution of Working Group I to the Third Assessment Report of the IPCC. Cambridge University Press, London, U. K. Available from http://www.ipcc.ch [updated 15 July 2004].

8- Koocheki, A., Nassiri, M., and G.A. Kamali. 2003. Weather condition of Iran under climate change. Project report. Iran Meteorological Organization, Tehran, Iran.

9- Koocheki, A., Nassiri, M., Kamali, G.A., and H. Shahandeh. 2006. Potential impacts of climate change on agroclimatic indicators in Iran. Arid Land Research and Management. 20: 245-259.

10- Menzel, A., and P. Fabian. 1999. Growing season extended in Europe. Nature. 397: 659.

11- Nassiri, M., Koocheki, A., Kamali, G.A., and H. Shahandeh. 2006. Potential impact of climate change on rainfed wheat production in Iran. Archives of Agronomy and Soil Science. 52 (1): 113-124.

12- Parry, M.L. 1995. The impact of climate variations on agricultural margins. In: Kates, R.W., Ausubel, J.H., and M. Berberian. (Eds.). Climate Impact Assessment, SCOPE 27. John Wiley and Sons, pp. 351-368.

13- Rosenzweig, C. and M.L. Parry. 1994. Potential impacts of climate change on world food supply. Nature. 367: 133-138.

14- Slingo, J.M., Challinor, A.J., Hoskins, B.J., and T.R. Wheeler. 2005. Food crops in a changing climate. Phil. Trans. R. Soc. B. 360:1983-1989.

15- Wigley, T.M.L. 1985. Impact of extreme events. Nature. 316: 106-107.

Archive of SID

www.SID.ir

Spatial and temporal patterns in Saffron (*Crocus sativus L.*) yield of Khorasan province and their relationship with long term weather variation

M. Hosseini, A. Mollafilabi, M. Nassiri[1]

Abstract

With respect to effect of climatic changes on crop yields, study of long term trend of yields is conducted on the basis of statistical procedures that will be a suitable way to determine contribution of climatic factors affecting yield changes. As this trend of yield changes has been studied at regional and national levels in many parts of the world, conducting these studies will be necessary for Iran. So, with respect to economical importance and social aspect of saffron for Khorasan province and Iran, evaluation of yield trend of saffron in recent years and study of relationship of its changes to climatic changes have been purpose of this research. Findings show that yield reduction of saffron in Khorasan has been affected by changes in climatic indices particularly temperature and precipitation during the past ten years, so that among main cities of saffron cultivation in Khorasan 31 to 66 percent of yield variation can be explained by these climatic variables. In this research, from meteorological parameters, effect of precipitation compared with monthly temperature has been less and results show that precipitation has been effective only in Torbat-e-heidarieh while minimum and maximum monthly temperatures are considered as the most important variables affecting saffron yield. It was also concluded that temperatures of spring season and almost the first month of summer have highest effects on saffron yield. Patterns of increasing minimum and maximum temperatures of these months during the past ten years are related to trend of yield reduction in saffron, and It seems that this decreasing trend will be continued.

Keywords: Saffron, yield variability, climate variation, *Crocus sativus L.*

1- Contribution from Khorasan Research Institute for Food Science and Technology and College of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, respectively

Archive of SID

www.SID.ir