نشریه پژوهش‌های زعفران (دو فصلنامه)
جلد چهارم، شماره دوم، پاییز و زمستان ۱۳۹۵
شماره صفحه: ۱۷۱-۱۵۹

بررسی و پهنه بندی تنش‌های گرمایی مؤثر بر زعفران در استان خراسان جنوبی

مرتضی اسمعیل‌نژاد
استادیار گروه جغرافیا، دانشگاه بیرجند
*نویسنده مسئول: E-mail: esmailnejad.m@birjand.ac.ir

تاریخ دریافت: ۹۴/۴/۴؛ تاریخ پذیرش: ۹۴/۷/۷

چکیده

اقلیم از مهمترین عوامل تعیین کننده توزیع جغرافیایی گونه‌های گیاهی از جمله زعفران می‌باشد. تنش‌های گرمایی از مهمترین عوامل کاهش دهنده عملکرد محصولات کشاورزی است. استان خراسان جنوبی به عنوان قطب تولید زعفران نیز از تنش‌های حرارتی برخوردار می‌باشد. در این پژوهش از داده‌های ایستگاههای سینوپتیک و کلیماتولوژی استان که دارای آمار معتبری بودند، استفاده شد، سپس اقدام به شناسایی رفتار تنش‌زای آسیب رسان به زعفران گردید. برای این منظور نخست آستانه‌های حداکثر دما به سه دسته تا حدی بحرانی (۳۵ تا۴۰ درجه)، بحرانی (۴۰ تا ۴۵ درجه) و فوق بحرانی (بیش از ۴۵ درجه سانتی‌گراد) طبقه‌بندی گردید. در گام بعدی با نوشتن برنامه‌ای در محیط Matlab این روزها از پایگاه داده دمای بیشینه ایستگاه‌های منتخب استخراج گردید. با استفاده از صدک۹۰ آستانه‌ی تعیین روزهای داغ در هر ایستگاه مشخص گردید. در ادامه در محیط GIS نقشه‌های پهنه بندی تنش گرمایی و حداکثر دما ترسیم شد. نتایج نشان می‌دهد که ماه‌های دوره گرم بالاترین روزهای بحرانی و فوق بحرانی را دارند و در اسفندماه نیز روزهای بحرانی افزایش یافته است. روند رخداد روزهای تنش‌زا در سال‌های اخیر افزایش یافته است که می‌تواند بر گل‌دهی زعفران و عملکرد محصول تأثیرگذار باشد. جنوب، غرب و مرکز استان بالاترین روزهای فوق بحرانی را داشته‌اند که تعداد این روزها در غرب تا ۱۷۷ روز در تیرماه رسیده است. کاهش عملکرد محصول در سال‌های اخیر در کانون‌های تنش‌زا، از جمله پیامدهای تنش‌های گرمایی در استان می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: تنش گرمایی، زعفران، خراسان جنوبی، فوق بحرانی.

مقدمه

آب و هوا بر پدیده‌های محیطی برای یک برنامه‌ریزی کشاورزی تأثیرگذار است. در یک منطقه کشاورزی، آب و هوا مسئول ایجاد نوع و تنوع پوشش گیاهی، فرآیندهای مورفوژنتیکی، توزیع و پخش محیط جانوری، بعضی از بیماری‌ها، جریان رودخانه‌ها و تأمین آب می‌باشد که همه این عوامل برای توسعه و برنامه‌ریزی کشاورزی ضروری است. اقلیم از مهمترین عوامل تعیین توزیع جغرافیایی گونه‌های گیاهی می‌باشد، بنابراین یکی از ملاحظات اصلی در کاشت و رشد زعفران می‌باشد.

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 (Menzel and Fabian, 1999). این تغییرات باعث فراوانی رخداد پدیده‌های فرین مانند طوفان، سیل، امواج گرمایی، یخبندان و ... شده است. در این ارتباط نیز مدل‌های اقلیمی افزایش دماهای حدّی را در آینده پیش‌بینی می‌کنند (Raisanen et al., 2004) که این افزایش بر محصولات کشاورزی تأثیرگذار می‌باشد. به علّت اهمیّت و تأثیر دما بر شرایط محیطی و نیز نقش آن در برنامه‌ریزی‌های خرد و کلان، الگوسازی رفتار دما به خصوص در سال‌های اخیر مورد توجه محافل علمی بوده است. با توجه به مباحث جدید در ارتباط با دما و نظریات و مشاهدات گرمایش جهانی و تغییر اقلیم به ویژه تغییرات دمایی دهه‌های اخیر، بیشتر مطالعات به این سو گرایش پیدا کرده است. تغییر اقلیم منجر به افزایش میانگین دمای تابستان شده و روزهای داغ فراوان‌تر و گسترده‌تر می‌شوند. گزارش‌های IPCC[1] شواهد قوی و معنی‌داری از روند افزایش گرمایی در ۵۰ سال اخیر با توجه به فعالیت‌های انسانی نشان می‌دهد. آشکارسازی تغییر اقلیم مشکل است، زیرا که طبیعت اقلیم پیچیده است، با این حال امروزه شواهد زیادی از تغییر اقلیم وجود دارد. میانگین جهانی خشکی‌ها و دمای سطح آب دریا ۰/۲± ۰/۶ در قرن بیستم افزایش یافته است (Houghton et al., 2001). بنابراین یکی از مهمترین عوامل مؤثر در فعالیت‌های انسان‌ها به ویژه در بخش کشاورزی، آب و هوا است و محدودیت‌ها و مرزهای تولید محصولات کشاورزی وابسته به شرایط اقلیمی است (Mohamadi, 2007). درجه حرارت بعنوان یکی از عوامل محیطی مؤثر بر فرآیندهای فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی گیاه و هورمون‌های رشد، به دلیل نقشی که در فعالیت‌های (عامل تکثیر گیاه) مقدار ذخائر پیازها دارند، عامل مهمی در تولید این گیاه زراعی محسوب می‌شود (Amirshekari, 2006). دما در دامنه تغییرات غیرکشنده قابل توجه‌ترین فاکتور اقلیمی است که اثرات کاملاً روشنی بر روی اکثر فرآیندهای فیزیولوژیکی دارد (Kamali, 1976). از سوی دیگر اکثر مناطق خشک و نیمه‌خشک 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 دستیابی به چشم انداز آینده و اتخاذ راه حل‌های مناسب جهت مقابله با آن از ضرورت‌های پژوهشی در این کشورها محسوب می‌شود (Slingo et al., 2005). محصولات کشاورزی و مواد غذایی در کل دنیا به طور مستقیم در اثر افزایش گرمایش جهانی تحت تأثیر قرار می‌گیرند (Ainsworth and Ort, 2010). دما نرخ فرآیندهای متابولیک گیاه را کنترل کرده و بر تولید بیومس، میوه و غلات تأثیرگذار است (Hay and Walker, 1989). متوسط درجه حرارت بالا "فصلی" می‌تواند خطر خشکسالی را افزایش و نرخ فتوسنتز را محدود کند(Tubiello et al., 2007). ارزیابی‌های قبلی سازمان غذای جهانی نشان داده است که این اثرات منفی در مناطق گرم و خشک جهان شدیدتر است (Fischer et al., 2002). تنش‌های محیطی مهمترین عوامل کاهش دهنده عملکرد محصولات کشاورزی در سطح جهان است. امواج گرما در اثر افزایش گرمایش فراوانتر شده و بنابراین تنش‌های گرمایی بیشتر می‌شود

1- Intergovernmental Panel on Climate Change

(Tebaldi et al., 2006). Koocheki et al., (2006) بیان داشتند تا سال ۲۰۵۰، افزایش درجه حرارت برابر با ۷/۲ °C و کاهش بارندگی برابر با ۱۲ درصد در ایران پیش‌بینی می‌شود. در سال ۲۰۵۰، به نظر 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. در سال ۲۰۱۰، زمانی که بیش از ۲۰ درصد از مناطق تولید کشاورزی روسیه در اثر افزایش بی‌سابقه‌ی درجه حرارت شدید تحت تأثیر قرار گرفتند، قیمت گندم در بازار بین المللی تا ۵۰ درصد افزایش یافت (NOAA, 2010). استرس‌های گرمایی در تمام مراحل رشد گیاه می‌تواند آسیب رسان باشد و شدت آسیب در مرحله باردهی بیشتر است (IPCC, 2007). درجه حرارت‌های بالا، باروری محصولات زراعی را به شدت کاهش می‌دهد. در گزارش چهارم IPCC استرس‌های گرمایی به عنوان یکی از عوامل تهدید کنند محصولات زراعی و کاهش مواد غذایی عنوان شوده است (Edmar et al., 2011). فتوسنتز و تنفس دو پدیده حیاتی هستند که بیش از هر فرآیند دیگری به تغییرات دمای هوا واکنش نشان می‌دهند. واکنش دما به این صورت است که روی آنزیم‌هایی که در واکنش‌های فتوسنتز و تنفس عمل می‌کنند، تأثیر می‌گذارد. البته اثر دما بر رشد و تکامل گیاه و توازن تنفس و فتوسنتز موضوعی بسیار پیچیده است. درجه حرارت‌های بیشینه بالاتر از ۳۰ درجه سلسیوس در روز به ویژه در گیاهان سه کربنه می‌تواند موجب بسته شدن روزنه‌ها شده و در نتیجه کاهش فتوسنتز را به همراه داشته باشد و یا باعث کمبود آب در گیاه شود (Karimi and Kamali., 2003). تنش گرمایی از مهمترین پدیده‌های زیان بخش جوی است که مشکلات بسیاری را برای محصولات کشاورزی ایجاد می‌کند. تنش گرمایی باعث برخی تغییرات متابولیکی از جمله تغییر ماهیت پروتئین‌ها، تجزیه شیمیایی مولکول‌ها در داخل پروتوپلاسم، تخریب DNA و RNA، کاهش فتوسنتز و افزایش تنفس (گرسنگی گیاه) و تولید برخی مواد سمی در اثر تجزیه مواد خواهد شد که در نهایت باعث از بین رفتن گیاه می‌شود (Koocheki et al., 2003).

ایران یکی از کشورهایی است که در اکثر نقاط آن تنش‌های مهم غیر زنده نظیر خشکی، شوری، گرما، باد و تنش‌های زنده مثل قارچ‌ها، باکتری‌ها، ویروس‌ها و حشرات موجب کاهش عملکرد، از بین رفتن حاصلخیزی خاک و در مواردی عدم امکان تداوم کشاورزی گردیده است (Hosseini et al., 2008a). در ایران که در منطقه معتدله (°۲۶ تا °۴۰ عرض شمالی و °۴۴ تا °۶۳ طول شرقی) واقع شده است پیش‌بینی می‌شود تغییر اقلیم باعث مهاجرت نظام‌های تولید محصولات زراعی موجود به سمت شمال گردد (Rosenzweig et al., 1994; Koocheki, 1998). 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 به طوریکه متوسط عملکرد گیاهان زراعی با بارندگی بیشتر افزایش و بالعکس با درجه حرارت‌های بالاتر کاهش می‌یابد و یا به بیانی دیگر می‌توان گفت، افزایش بارندگی باعث کاهش تغییرپذیری عملکرد گیاهان و افزایش درجه حرارت باعث افزایش تغییرپذیری عملکرد گیاهان زراعی می‌شود (Adams, 2000). نمو گیاه زعفران متأثر از عوامل مراحل رشد و فیزیولوژی پیاز است که در میان عوامل محیطی و دامنه حرارتی در طول محیطی، نقش درجه حرارت و نمو گیاه از اهمیت ویژه‌ای در دوره رشد و نمو برخوردار است. هر گیاهی که در مراحل رشد می‌باشد مرزهای حرارتی کمینه، بیشینه و بهینه داشته و به همین دلیل طول دوره رشد گیاهان تا حد زیادی بستگی به تغییرات فصلی دما دارد (De Hertogh, 1996). زعفران گیاهی است نیمه گرمسیری و مناطقی که دارای زمستان‌های ملایم و دارای تابستان‌های گرم و خشک باشند برای کشت زعفران مناسب هستند (Kafi, 2002). مناطقی که 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 (Fekrat et al., 2003). 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 (Mobaraki, 2005). حداکثر سرمای قابل تحمل زعفران را ۱۸- درجه سانتی‌گراد گزارش کرده‌اند، اما توده‌های محلی در تربت حیدریه تا دمای ۲۲- درجه سانتی‌گراد را تحمل نموده‌اند، هرچند سرمای شدید باعث کاهش عملکرد آن می‌گردد لیکن در سال ۱۳۸۶ سرما از مرز ۲۰ درجه گذشت و به 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- ۷۰ روزه مزید بر علت شد که مزارع زعفران در بخش‌های زیادی منطقه از بین رفت (Bolandi, 2009). دما می‌تواند مهمترین عامل در تنظیم گل‌های پیاز زعفران باشد و تغییرات دمای روزانه بعنوان عامل محیطی نشان دهنده زمان گل‌دهی است (Bariabaghuyi, 2008). بلایو گزارش می‌کند که گل‌دهی زعفران در دمای پایین انجام می‌شود و بهترین و مطلوب‌ترین دما را ۹ تا ۱۵ درجه سانتی‌گراد برای تمایز گل‌ها می‌داند و همچنین حرارت عامل اصلی مؤثر بر رشد پیاز است (Bariabaghuyi, 2008). در پژوهشی درجه حرارت مطلوب برای گل‌دهی ۱۵ تا ۱۷ درجه سانتی‌گراد است (Koocheki et al., 2003). افزایش ناپایدار در دما معمولاً ۱۰- ۱۵ درجه سانتی‌گراد بالای دمای مطلوب موجب تنش گرما و یا شوک گرمایی می‌شود. هرچند تنش گرمایی تابع پیچیده‌ای از شدت - مدت زمان و سرعت افزایش دما است، شدت آن بستگی به احتمال دوره‌ای دارد که در آن دمای بالا اتفاق می‌افتد (Ghorbani, et al., 2006). گیاه زعفران بر عکس بسیاری از گیاهان دارای رژیم حرارتی متفاوتی است و معمولاً آغاز فعالیت این گیاه با شروع فصل سرما همراه است (Koocheki, 2009).

در مطالعه‌ای، با بررسی اثر درجه حرارت بر گل‌دهی زعفران، مشخص شد که بهترین دما برای گل‌دهی زعفران ۲۳ تا ۲۷ درجه سلسیوس است (Kamali, 2005). بررسی اثرات دمای محیط ریشه، اندازهٔ پیاز و جیبرلین بر اندام‌های زیر زمینی زعفران زراعی از مطالعاتی است که در این زمینه انجام شده است (Amirshekari, 2006). در پژوهشی دیگر اثر نوسانات درازمدت درجه حرارت و بارندگی بر عملکرد زعفران انجام گرفته است (Hosseini et al,. 2008b). در این رابطه 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.

جدول۱. ویژگی‌های دمایی زعفران

Table 1. Thermal properties of saffron

نوع فعالیت گیاه زعفران Saffron activity	حداقل Minimum	حدمطلوب Favorable	حداکثر Maximum
گل‌دهی Flowering	5	12-14	15-20
رشد و حجیم شدن پیاز Growth and extruded Onion	15	12-15	25-30
ریشه‌دهی و طویل شدن برگ Rooting and leaf elongation	10	10-15	15-18
گیاه زعفران Saffron	-7.5/-14.5	12.6-15.7	36.5-40

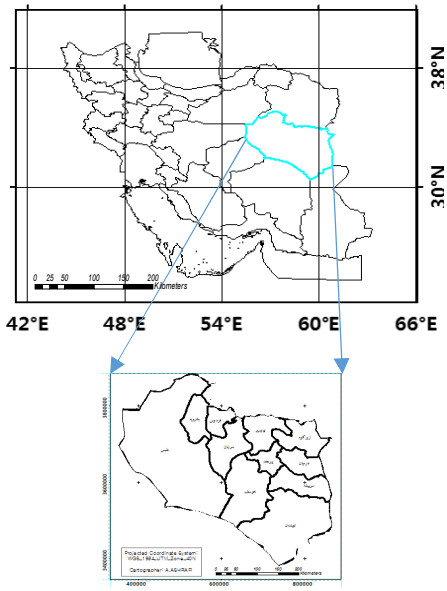
در مطالعه‌ای دیگر بررسی درجه حرارت‌های حداقل، میانگین و حداکثر در خراسان جنوبی به منظور شناسایی مناطق مستعد کشت زعفران با استفاده از GIS انجام شده است (Koozegaran et al, 2011). به این ترتیب با توجه به اهمیت تنش گرمایی محققان مختلف به بررسی و پهنه بندی این تنش به همراه سایر پدیده‌های زیان بخش جوی پرداخته‌اند. 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 (Hosseini et al., 2008b).
منطقه مورد مطالعه استان خراسان جنوبی است که در منطقه خشک و نیمه‌خشک شمالی قرار گرفته و از نظر ویژگی‌های طبیعی، به سه بخش بیابانی در غرب و جنوب، پست و جلگه‌ای در مرکز و کوهستانی و معتدل در شمال و شمال شرق تقسیم می‌شود. استان خراسان جنوبی به سبب مجاورت با کویر و پست بودن نواحی، دارای بارندگی‌های کم و دمای بالا است که این امر موجب فقر پوشش گیاهی و فقدان شرایط مناسب برای کشاورزی شده است. خشکسالی‌های اخیر و کاهش سطح زیرکشت محصولات زراعی دارای نیاز آبی بالا، باعث افزایش رو به رشد زعفران کاری به عنوان گیاهی با نیاز آبی پایین به ویژه در استان خراسان جنوبی شده است. ۱۴۶۰۰ هکتار اراضی خراسان جنوبی زیر کشت زعفران است، ارزش ناخالص تولیدی زعفران در استان خراسان جنوبی حدود ۱۷ درصد از کل بخش کشاورزی است (South Khorasan Agriculture Organization, 2015). زعفران ازجایگاه ویژه‌ای در بین محصولات صنعتی و صادراتی ایران و خراسان جنوبی برخوردار است، بطوریکه ۹۰ درصد تولید زعفران دنیا به ایران تعلق دارد (Mohammad-Abadi et al., 2006). علی‌رغم قدمت بسیار زیاد این محصول تحقیقات انجام شده در خصوص آن بیشتر بصورت آزمون و خطا بوده و در طول ۷۰- ۶۰ سال گذشته که مبانی جدید علمی وارد سیستم‌های تولیدی کشور شده متأسفانه صنعت زعفران کمتر از ثمرات مبانی جدید علمی برخوردار گردیده است و لذا شکاف زیادی از جنبه فناوری تولید بین روش‌های سنتی موجود و آنچه می‌توان در کشاورزی رایج برای زعفران مطرح باشد، وجود دارد و لذا کارهای زیادی در چارچوب فناوری کشاورزی رایج برای زعفران بدون انجام باقی مانده است (Behdani et al., 2010). بنابراین با توجه به اهمیت اقتصادی و اجتماعی زعفران برای استان خراسان جنوبی و افزایش نوسانات اقلیمی و افزایش دما مطالعه تنش‌های دمایی مؤثر برای زعفران و تأثیر آن‌ها بر عملکرد زعفران ضرورت دارد. از این رو شناخت بهتر ویژگی‌های تنش‌های گرمایی در استان می‌تواند به برنامه‌ریزی کشاورزی و برآورد خسارات احتمالی ناشی از تنش‌های گرمایی کمک کند.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

منطقه مورد پژوهش استان خراسان جنوبی است که بین ۵۵ درجه و ۲۴ دقیقه تا ۶۰ درجه و۵۷ دقیقه طول شرقی و۳۰ درجه و ۳۵ دقیقه تا ۳۴ درجه و ۱۴ دقیقه عرض شمالی قرار گرفته و ۵/۴۷ درصد از مساحت کشور را به خود اختصاص داده است. ارتفاعات خراسان جنوبی امتداد شمالی –جنوبی دارند و بلندترین نقطه استان قله باقران با ارتفاع ۳۶۱۵ متری و پست‌ترین منطقه در دشت کویر با ارتفاع ۶۵۰ متر از سطح دریا واقع شده است. استان خراسان جنوبی از شرایط اقلیمی خشک و بیابانی در نواحی پست و آب و هوای نیمه‌خشک در نواحی کوهستانی برخوردار است. در بین ایستگاه‌های هواشناسی استان خراسان جنوبی، قاین با میانگین دمای ۱۴ و حداقل مطلق دمای ۲۷- درجه سانتی‌گراد سردترین و نهبندان با میانگین دمایی۲۰ و حداکثر مطلق ۴۵ درجه سانتی‌گراد گرمترین ایستگاه می‌باشند (Meteorology Organization of South Khorasan , 2015) (شکل۱).



شکل۱. موقعیت منطقه مورد مطالعه در ایران

Fig 1. The location of the studied region in Iran

در این پژوهش از آمار و اطلاعات ایستگاه‌های هواشناسی اعم از سینوپتیک و کلیماتولوژی در استان که دارای داده‌های قابل اعتباری بودند و حداقل نقص آماری را داشتند انتخاب شد. این آمار از اداره کل هواشناسی استان گرفته شد. این داده‌ها شامل میانگین دمای بیشینه و روزانه ایستگاه‌های سینوپتیک استان تا پایان سال ۱۳۹۳ می‌باشد. برای شناسایی روزهای با تنش گرمایی در محیط نرم افزار Matlab برنامه‌ای نگاشته شد، که توانایی استخراج روزهای با تنش گرمایی که برای محصول زعفران خطر آفرین بود، را در سری داده‌های دمای حداکثر دارا بود. یکی از مهمترین ویژگی‌های تنش در اثر دماهای بالا در کشاورزی تعداد روزهایی است که دمای بیشینه محیط بالاتر از ۳۰ درجه سلسیوس می‌باشد. زیرا در این دما تبخیر و تعرق گیاه افزایش یافته و گیاه علاوه بر تنش حرارتی و اثرات فیزیولوژیکی آن با کمبود آب نیز مواجه می‌شود (Kamali, 2005). با مطالعه‌ای که بر روی داده‌های روزانه ایستگاه‌ها انجام شد، با توجه به شرایط آب و هوایی منطقه و بیشینه دمای مورد نیاز گیاهان مهم، سه آستانه دمایی ۳۵،۳۰ و ۴۰ درجه سلسیوس انتخاب شدند و روزهایی که دمای بیشینه روزانه آن از این آستانه‌ها بیشتر بوده، شمارش شدند.

- روزهای با دمای بین ۴۰ تا ۴۵ درجه سانتی‌گراد (روز بحرانی)

- روزهای با دمای بیشینه بیش از ۴۵ درجه سانتی‌گراد (فوق بحرانی).

- روزهایی با دمای بین حداکثر ۳۵ تا ۴۰ درجه سانتی‌گراد (تا حدی بحرانی)

نتایج به دست آمده دارای توزیع نرمال بوده و برای محاسبه تعداد روزهای همراه با تنش گرمایی با احتمالات مختلف از رابطه زیر استفاده شد:

رابطه ۱)

$$f(x,\mu,\sigma)=\frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma}e^{-(n-\mu/2\sigma^2)}$$

در این معادله σ انحراف معیار داده‌ها، μ، میانگین داده‌ها، x متغیر و f تابع احتمال می‌باشد. برای به دست آوردن مقادیرx با احتمالات مختلف، مقادیر احتمال، انحراف معیار و میانگین وارد معادله شده و x به دست می‌آید (Mian abadi, et al,. 2006). برای ترسیم نقشه‌های پهنه بندی از روش‌های زمین آمار کریجینگ در محیط GIS استفاده گردید.

جدول ۲. مشخصات ایستگاه‌های منتخب

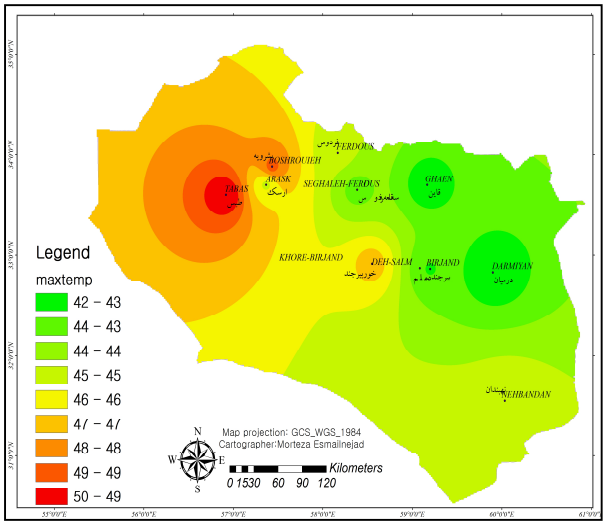
Table 2. Features of selected stations

ایستگاه Station	طول جغرافیایی longitude	عرض جغرافیایی Latitude	ارتفاع Elevation	سال تاسیس Established year
بیرجند Birjand	59°15´	32°54´	1494	1334
قائن Qaen	59°10´	33°44´	1424	1366
نهبندان Nehbandan	62°02´	31°32´	1148	1364
خور Khor	58°26´	32°54´	1116	1369
فردوس Ferdos	58°10´	34°01´	1293	1364
بشرویه Boshrooye	25° 57´	33˚51´	1396	1352
طبس Tabas	54°17´	31˚54´	1236	1348
درمیان Darmian	59°54´	32°50´	1754	1343

نتایج و بحث

عوامل اقلیمی نقش بسیار اساسی در رشد و توسعه گیاهان دارند و از دسته متغیرهای غیرقابل کنترل و اثر گذار بر کشاورزی محسوب می‌شوند. آستانه تحمل گیاهان در رابطه با هر یک از پارامترهای هواشناسی محدود است و هر گونه ناهنجاری در این پارامترها می‌تواند به صورت مستقیم و غیرمستقیم بر تولیدات کشاورزی اثرات قابل ملاحظه‌ای بگذارد. 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. با توجه به فراوانی روزهای همراه با تنش ۳۵ تا ۴۰ درجه دوره آماری جدول ۳، تعداد روزهای داغ با معیار آستانه ۹۵ در طبس بالاتر از دیگر نقاط استان می‌باشد. کمترین روزهای داغ در شمال

استان رخ داده است که ایستگاه قاین با ۶۹۷ روز نماینده شمال استان می‌باشد. در طبس و بشرویه صدک ۹۵ به بیش از ۴۰ درجه سانتی‌گراد می‌رسد (شکل۲ و ۳). تنش گرمایی در غرب استان به حداکثر خود می‌رسد. در جنوب استان تنش حرارتی نیز یک هسته بیشینه را شکل می‌دهد که نماینده این ناحیه نهبندان می‌باشد. چهار ماه از سال تنش‌های گرمایی وجود ندارد ولی روند افزایش دما در سال‌های اخیر زمستان‌های گرمی را در استان بوجود آورده است. ماه‌های (آبان، آذر، دی و بهمن) بدون روزهایی با تنش گرمایی بالاتر از ۳۵ درجه سانتی‌گراد می‌باشد.

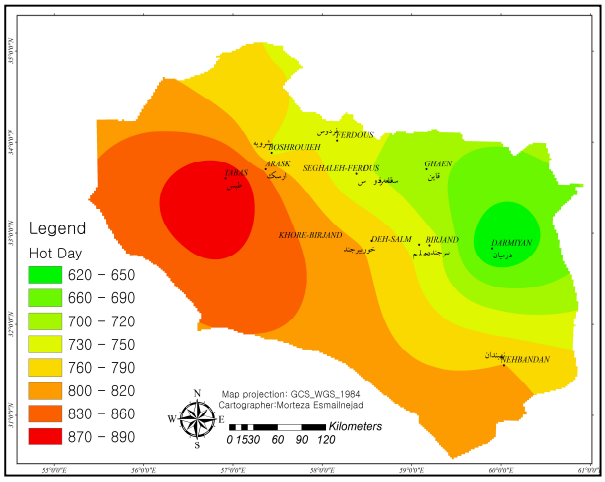


شکل۲. پهنه بندی دمای حداکثر در استان خراسان جنوبی

Fig 2. Zoning of maximum temperature in South Khorasan province

روزهای گرم از سال ۱۳۷۵ به بعد افزایش یافت و سال۱۳۷۷ یکی از خشکترین و گرمترین سال‌های دوره آماری بود. تنش‌های گرمایی در پایان دوره آماری در طول سه سال به بیشینه خود رسید و در سال‌های اخیر دمای فرین بیشنه افزایش یافته است (Varshavian, 2014).

فراوانی روزهای داغ در سه ناحیه استان پر رخدادتر بوده است، این نواحی را طبس، نهبندان، سرایان و جنوب غرب استان در بر می‌گیرند. روزهای همراه با تنش گرمایی را ماه‌های خرداد، تیر و مرداد داشته‌اند. از لحاظ فراوانی ماهانه روزهای همراه با تنش گرمایی در طبس، نهبندان و خور و بشرویه همچنین فردوس به حداکثر خود می‌رسد. فراوانی ماهانه روزهای گرمایی نشان می‌دهد که در پایان دوره سرد بویژه اسفندماه بیشترین رخداد روزهای همراه با تنش گرمایی بوده که دلیلی بر افزایش گرماهای زودرس در طول دوره مورد بررسی می‌باشد.



شکل۳. فراوانی روزهای داغ بر اساس صدک ۹۵ام در استان خراسان جنوبی

Fig 3. Frequency of hot days, according to 95th percentile in South Khorasan province

از آنجا که واکنش عملکرد گیاهان زراعی غیر خطی است، لذا تغییر در شرایط حرارتی اهمیت زیادی دارد و فراوانی و وسعت مناطقی که محصولات کشاورزی آن‌ها در اثر تنش گرما از بین می‌رود، افزایش خواهد یافت. تأثیر دیگر در مناطق عرض‌های میانه و معتدل، بهاره سازی است. یعنی نیاز به سرمایش مورد نیاز محصولات کشاورزی با کوتاه شدن دوره سرما تأمین نمی‌شود و باعث نقصان آغازش جوانه‌های گل شده و عملکرد را کاهش خواهد داد (Koocheki, 2009) بنابراین تنش‌های گرمایی در پایان زمستان یکی از مهمترین مخاطرات اقلیمی برای محصولات کشاورزی در استان خراسان جنوبی می‌باشد. بنابراین روزهای تا حدی بحرانی در جنوب و غرب استان افزایش می‌یابد که طبس، بشرویه، خور و نهبندان عمده‌ترین کانون‌های تنش گرمایی در استان خراسان جنوبی می‌باشد.

در بررسی روزهای بحرانی که روزهایی با دماهای ۴۰ تا ۴۵ درجه سانتی‌گراد را شامل می‌شود تیرماه، مردادماه و شهریور از ماه‌های دارای تنش گرمایی بودند. بشرویه، طبس، خور و نهبندان مهمترین‌ترین مکان‌های دارای روزهای بحرانی می‌باشند. صدمه ناشی از افزایش دما بستگی به سرعت افزایش زمانی از سال دارد که این افزایش رخ می‌دهد.

جدول ۳. فراوانی ماهانه تعداد روزهای با تنش گرمایی ۳۵ تا ۴۰ درجه سانتی‌گراد (روز)

Table 3. Monthly frequency of days with the heat stress of 35 to 40 ° C (day)

ایستگاه Station	صدک ۹۵ P 95	فراوانی روزهای داغ Hot days frequency	مهر Oct	آبان Nov	آذر Dec	دی Jan	بهمن Feb
بیرجند Birjand	36.6	794	3	0	0	0	0
قائن Qaen	33.8	697	2	0	0	0	0
نهبندان Nehbanda	39.2	790	33	0	0	0	0
خور Khor	39.7	782	59	0	0	0	0
فردوس Ferdos	37.4	756	5	0	0	0	0
بشرویه Boshroye	42.2	823	69	0	0	0	0
طبس Tabas	44	895	77	0	0	0	0
درمیان Darmian	35	734	5	0	0	0	0

ادامه جدول ۳

اسفند Mar	فروردین Apr	اردیبهشت May	خرداد Jun	تیر Jul	مرداد Agu	شهریور Sep
2	1	3	304	339	247	139
1	1	1	132	133	90	27
7	6	8	507	372	477	331
2	3	4	484	395	402	335
2	4	5	329	385	340	180
4	99	11	389	407	460	221
8	11	12	411	456	489	249
1	1	2	316	342	263	147

از نقطه نظر باردهی و گلدهی محصول زعفران افزایش تعداد روزهای بحرانی همراه با تنش گرمایی و رخدادهایی که به صورت قابل توجهی بالاتر از نرمال هستند، بیشترین خسارت را ایجاد می‌کنند. اگر رخداد روزهای بحرانی همراه با بادهای خشک و دماهای بالا باشد، آسیب پذیری افزایش می‌یابد که این اتفاق غالباً مناطق خشک نیمه‌خشک رخ می‌دهد (Reuther, 1973). وقوع دماهای بیشتر از ۳۵ درجه سلسیوس و بیشتر، در جنوب، غرب و جنوب غرب استان به دلیل استقرار پرفشار جنب حاره‌ای می‌باشد که معمولاً در دوره گرم سال رخ داده و پایداری شدیدی در سطح زمین ایجاد می‌کند.

جدول ۴. فراوانی ماهانه تعداد روزهای با تنش گرمایی ۴۰ تا ۴۵ درجه سانتی‌گراد (روز)

Table 4. Monthly frequency of days with heat stress of 40 to 45 ° C (day)

ایستگاه Station	مهر Oct	آبان Nov	آذر Dec	دی Jan	بهمن Feb	اسفند Mar
بیرجند Birjand	0	0	0	0	0	0
قائن Qaen	0	0	0	0	0	0
نهبندان Nehbanadn	0	0	0	0	0	7
خور Khor	0	0	0	0	0	2
فردوس Ferdos	0	0	0	0	0	2
بشرویه Boshroye	0	0	0	0	0	4
طبس Tabas	0	0	0	0	0	8
درمیان Daramian	0	0	0	0	0	1

ادامه جدول ۴

فروردین Apr	اردیبهشت May	خرداد Jun	تیر Jul	مرداد Agu	شهریور Sep
1	0	1	63	23	0
0	0	0	3	2	0
8	9	2	167	94	17
3	7	3	336	80	19
4	3	3	89	32	2
6	5	5	462	89	25
10	12	13	469	94	31
1	1	2	71	27	0

روزهای فوق بحرانی تنش گرمایی فقط در ماه‌های گرم سال و تابستان رخ می‌دهد. همه ایستگاه‌ها به جز قاین دارای روزهای فوق بحرانی بوده‌اند. فراوانی این روزها در تیرماه بیشتر از ماه‌های دیگر بوده است. طبس، بشرویه و نهبندان بیشترین فراوانی روزهای فوق بحرانی را داشته‌اند. بدون تردید درجه حرارت مهمترین عامل محیطی کنترل کننده بسیاری از فرآیندهای فیزلوژیکی گیاهان از جمله فتوسنتز و تنفس بوده و بعلاوه نمو گیاهان که اصلی‌ترین مرحله آن گلدهی، می‌باشد نیز توسط درجه حرارت محیط تنظیم می‌شود (Azizbekova and Milyaeva, 1999) به این ترتیب افزایش درجه حرارت الگوهای گلدهی گیاهان را بشدت تحت تأثیر قرار خواهد داد (Menzel, 2000) تعداد روزهای فوق بحرانی در سال‌های اخیر در استان نیز در حال افزایش می‌باشد. یکی از مهمترین ویژگی‌های تنش در اثر دماهای بالا در کشاورزی تعداد روزهایی است که دمای بیشینه محیط بالاتر از ۳۵ درجه سلسیوس می‌باشد. زیرا در این دما تبخیر و تعرق گیاه افزایش یافته و گیاه علاوه بر تنش حرارتی و اثرات فیزیولوژیکی آن با کمبود آب نیز مواجه می‌شود (Mohamad-Abadi, et al., 2006). مقایسه عملکرد محصول در سال‌های اخیر با توجه به آمار موجود نشان می‌دهد که در بیشتر نقاط استان در سال‌های اخیر، همراه با افزایش تنش‌های گرمایی عملکرد محصول زعفران کاهش یافته است. برای نمونه در فردوس میزان عملکرد از ۸/۰۹ تن در سال ۱۳۹۰ به ۷ تن در سال ۹۳ رسیده است.

با توجه به بررسی فراوانی روزهای فوق بحران سالانه در ایستگاه‌های منتخب مورد مطالعه در سال‌های اخیر این روزها بیشتر اتفاق افتاده و روند رو به رشدی را دنبال کرده‌اند. این افزایش روزهای گرم همراه با تنش گرمایی همگام با افزایش گرمایش جهانی رخ داده است. در طی پنجاه سال گذشته روزهای داغ، شب‌های داغ و امواج گرما، فراوانتر شده که می‌توانند بر وضعیت سلامتی میلیون‌ها انسان در بعضی از بخش‌های جهان بویژه مناطقی که ظرفیت سازگاری پایین‌تری دارند، تأثیرگذار باشد (IPCC, 2007). این اثرات که عمدتاً به دلیل افزایش درجه حرارت است جابجایی قابل توجهی را در زمان گلدهی به همراه خواهد داشت. وابستگی شدید گلدهی زعفران به درجه حرارت و شواهد موجود در مورد افزایش دما در مناطق مختلف استان خراسان فرضیه مربوط به تغییر رفتار گلدهی زعفران در شرایط تغییر اقلیم را تقویت می‌کند (Koocheki, 2009).

جدول ۵. فراوانی ماهانه تعداد روزهای با تنش گرمایی بیش از ۴۵ درجه سانتی‌گراد (روز)

Table 5. Monthly frequency of days with the heat stress higher than 45 ° C (day)

ایستگاه	مهر	آبان	آذر	دی	بهمن	اسفند
Station	Oct	Nov	Dec	Jan	Feb	Mar
بیرجند Birjand	0	0	0	0	0	0
قائن Qaen	0	0	0	0	0	0
نهبندان nehband	0	0	0	0	0	0
خور Khor	0	0	0	0	0	0
فردوس ferdos	0	0	0	0	0	0
بشرویه Boshroye	0	0	0	0	0	0
طبس tabas	0	0	0	0	0	0
درمیان Darmian	0	0	0	0	0	0

ادامه جدول۵

فروردین	اردیبهشت	خرداد	تیر	مرداد	شهریور
Apr	May	Jun	Jul	Agu	Sep
0	0	6	12	6	0
0	0	0	3	1	0
0	0	11	21	5	2
0	0	29	62	10	5
0	0	14	8	12	0
0	0	61	12	23	15
0	0	91	177	39	17
0	0	8	16	9	0

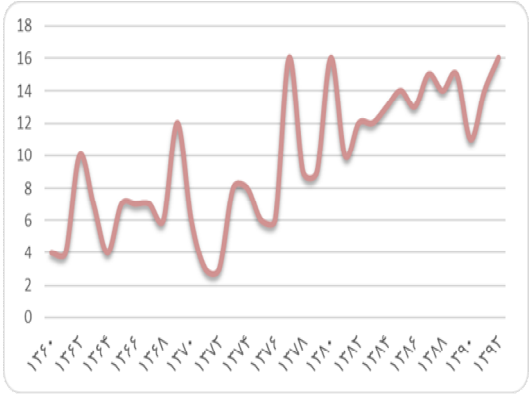
جدول ۶ احتمال وقوع روزهای فوق بحرانی را در گزینه‌های مختلف نشان می‌دهد. بیشتر روزهای فوق بحرانی در طبس می‌باشد. هرچند ایستگاه قاین که قطب تولید زعفران استان می‌باشد احتمال وقوع روزهای همراه با تنش گرمایی به ۴۰ روز می‌رسد که می‌تواند به این محصول آسیب برساند. وقوع دماهای بیش از ۴۰ درجه

سانتی‌گراد در تمام استان قابل احتمال است و این فراوانی برای نواحی جنوبی و غربی استان بیشتر می‌باشد. بنابراین استان به شرایط اقلیمی تنش گرمایی نزدیکتر می‌شود.

جدول ۶. احتمال وقوع روزهای فوق بحرانی در ایستگاه‌ها (درصد)

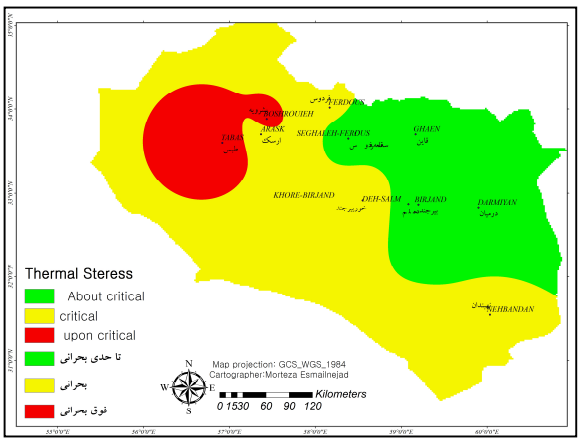
Table 6. The possibility of supercritical days in stations (percent)

ایستگاه Station	درصد احتمال Percent of Likelihood			
	25	50	75	90
بیرجند Birjand	45	47	50	54
قائن Qaen	29	31	34	39
نهبندان Nehbanadn	68	73	77	79
خور Khor	70	75	79	81
فردوس Ferdos	51	55	59	61
بشرویه Boshroye	79	83	85	87
طبس Tabas	81	85	88	90
درمیان Daramian	49	51	55	57



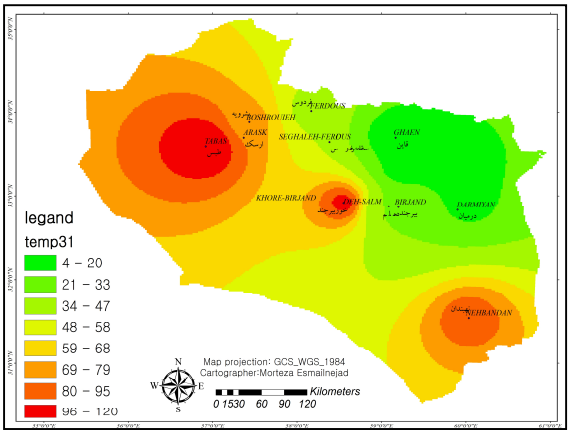
شکل ۴. روند افزایش روزهای فوق بحرانی در استان

Fig 4. The increase trend of the supercritical days in the province



شکل ۵. پهنه بندی روزهای بحرانی تنش گرمایی در استان

Fig 5 . Zoning of heat stress in the critical days



شکل ۶. پراکنش مکانی روزهای با دمای بالاتر از ۳۱ درجه سانتی‌گراد

Fig 6. The spatial distribution of days with temperatures higher than 31 ° C

نتیجه‌گیری

تولیـــد در بخـــش کشاورزی وابستگی زیادی به آب و هوا و قابلیت‌های جذب آب دارد. دما و بارش نقـش مهمـی در رشـد و نمو و به ثمر رسیدن محصول دارند. با توجه به اهمیت تنش گرمایی محققان مختلف به بررسی و پهنه بندی این تنش به همراه سایر پدیده‌های زیان بخش جوی پرداخته‌اند. 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. استان خراسان جنوبی یکی از مهمترین کانون‌های تولید زعفران ایران می‌باشد. در دهه‌های اخیر همگام با افزایش دمای هوا و رخداد خشکسالی‌های شدید این منطقه نیز از این جریان جدا نبوده و بیشتر نقاط استان دارای تنش گرمایی بوده‌اند. بنابراین این پژوهش به شناسایی مکانی و زمانی تنش‌های گرمایی و روزهای بحرانی همراه با دمای شدید پرداخت و نتایج نشان داد که غرب و جنوب استان به نمایندگی ایستگاه‌های طبس، نهبندان، بشرویه و فردوس دارای تنش گرمایی فوق بحرانی می‌باشند که بیشتر در ماه تابستان رخ داده است.

کمترین روزهای داغ در شمال استان رخ داده است که ایستگاه قاین با ۶۹۷ روز نماینده شمال استان می‌باشد. در طبس و بشرویه آستانه تنش‌ها بیش از ۴۰ درجه سانتی‌گراد می‌رسد. روزهای تا حدی بحرانی در جنوب و غرب استان افزایش می‌یابد که طبس، بشرویه، خور و نهبندان عمده‌ترین کانون‌های تنش گرمایی در استان خراسان جنوبی می‌باشد. افزایش روزهای فوق بحرانی تنش گرمایی در سال‌های اخیر تأثیر منفی بر رشد و گلدهی زعفران به جا خواهد گذاشت که کاهش تولید از در سال ۱۳۹۰ از ۱۹ تن به ۱۵۰ تن در سال ۱۳۹۱ و به ۱۳.۸ تن در سال ۱۳۹۳ رسیده است. یکی از عوامل این کاهش تولید در سال‌های اخیر، می‌تواند متأثر از این تنش‌های گرمایی باشد.

منابع

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

Ainsworth, E.A., Ort, D.R., 2010. How do we improve crop production in a warming world? Plant Physiology 154, 526–530.

Amirshekari, H., 2006. Effects of root temperature, the size of the bulbs and Gibberellin on Ground saffron, Journal of Biology, 19 (1):1. (in Persian).

Azizbekova, N.S.H., Milyaeva, E.L., 1999. Saffron cultivation in Azerbaijan. In: Negbi, M. (Ed.), Saffron:Crocus sativus L. Harwood Academic Publishers, Australia, pp. 63–71.

Bariabaghuyi, B., 2008. Check investigate climatic factors on flowering of saffron, Islamic Azad University, Science and Research thesis, p.49-63. (In Persian with English Summary).

Behdani, M. A., Nassiri, M., Koocheki, A., 2004. Modeling saffron flowering time across a temperature gradient. Acta Horticulturae, 650, 215-218. (In Persian).

Bolandi, M., 2009.Effect of temperature and storage time on outdoor activities, water color, aroma and bitterness of saffron, Journal of Agriculture and Natural Resources, Science and Technology, 13. (47), 61-66.(in Persian).

De Hertogh, A., 1985. Glossary in: Holland Bulb Forcer,s Guide, 3rd.edn. pp. 93-99. Hillegom: International Flower Bulb Centers, Netherlands.

Edmar I. Teixeiraa, B, Fischera, J., 2011. Global hot-spots of heat stress on agricultural crops due to climate change, Agricultural and Forest Meteorology. 170, 206–215.

FAO, 2010. FAO Cuts Wheat Production Forecast but Considers Supplies Adequate, http://www.fao.org/news/story/tr/item/44570/icode/en/ (accessed January 2011).

Fekrat, H., Ehtesham, M., Dadkhah, M., 2003, Iranian saffron unknown gem (planting, harvesting, processing) ,Shahrashub press, Tehran.

Fischer, G., van Velthuizen, H., Shah, M., Nachtergaele, F.O., 2002. Global agroecological assessment for agriculture in the 21st century: methodology and results. International Institute for Applied Systems Analysis (IIASA). Research report RR-02-02, IIASA, Laxenburg, Austria.

Ghatre Samani, S., 2005. Meteorological applications in agriculture, the effect of low temperatures on agricultural products. Climatology Research Center, Internal Medicine Journal, Journal of Scientific and Technical appendix Nivar, Tehran. (in Persian).

Ghorbani, R., Koocheki, A., 2006. Organic saffron in Iran: prospects challenges. Proceedings of the 9nd International Symposium on Saffron Biology and Technology. Mashhad, Iran. 9221, p. 912-932. (In Persian)

Hay, R.K.M., Walker, A.J., 1989. An Introduction to the Physiology of Crop Yield. Longman Scientific & Technical, New York, p. 292.

Hosseini , M., Molafilabi, A., Nassiri, M., 2008a. The impact of long term fluctuations of heat and rain on Crocus sativus revenue. Iran. J. Agric. Res. 1(2), 32-88. [In Persian with English summary].

Hosseini, M., Molafilabi, A., Nasiri, M., 2008b. The long-term effects of fluctuations in temperature and precipitation on the yield of saffron, Crop Research Journal, 6(1).1-14(in persian).

Houghton J., Filho G., Callander A., Harris N., Kattenberg A., Maskell K., ,1996. Climate Change, the Science of Climate Change. Cambridge University Press, p572.

IPCC, 2007, Climate change 2007: the physical science basis, Working Group I Contribution to the IPCC fourth assessment report. In: Solomon S, Qin D, and Manning M, Chen Z, Marquis M.

IPCC, 2007b, Climate Change 2007: Working Group I: The Physical Science Basis.

Kafi, M., 2002. Saffron, production and processing technology, Zaban and Adab, Mashad.

Kamali, Q., 2005. Identification of high-risk areas of the central province of climate, Research projects Meteorological Organization and the Organization of Management and Planning. In persian).

Karimi, M., Kamali, G.H. ., 2003. Heat wave of July 2003 and its effects on the performance of agricultural and horticultural crops country, Proceedings of the ways to reduce drought damage and drought.pp 209-218(in Persian)

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

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

Koocheki. A., 2009. Evaluate the performance of saffron for drug crops. Journal of agricultural research in Iran. 7 (1): 157-175-. (In Persian with English Summary).

Koozegaran, S., Moosavi, M., Sanayinejad, H., Behdani, M.A., 2011. Studying the minimum, average and maximum temperature degrees of south Khorasan in order to identify feasible cultivation areas of Crocus sativus by using GIS. J. Water Soil 92(2), 825-223. (In persian).

Koocheki A., 1998. Ecological Impact of Climate Change, Press University Jahad, Mashhad.(in Persian).

Menzel, A. 2000. Trends in phenological phases in Europe between 1951 and 1996. International Journal of Biometeorology, 44,76–81.

Menzel, A., Fabian, P., 1999. Growing season extended in Europe. Nature. 382, 146–149.

Meteorology Organization of South Khorasan. 2015. Synoptic Station Data. Available at Web site http://skhmet.ir.

Mobaraki, Z., 2005. Saffron cultivation located in the province of Qazvin, Master's thesis, Department of Geography, Tehran University. (In Persian).

Mohamadi, H, 2007. Applied Climatology, Tehran University Press, Tehran.

Mohammad-Abadi, A.A., Rezvani-Moghadam, P., Sabori, A., 2006. Effect of plant distance on flower yield and qualitative and quantitative characteristics of forage production of saffron in Mashhad conditions. Acta Hort. (392), 252-259. (In Persian).

NOAA. (2010), Natural Hazard Statistics, National Oceanic and Atmospheric Administration.

Raisanen J, Hansson U, Ullerstig A, Doscher R, Graham LP, Jones C, Meier HEM, Samuelsson P, Willen U. 2004. European climate in the late twenty-first century: Regional simulations with two driving global models and two forcing scenarios. Climate Dynamics, 22, 13–31.

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

Reuther, W. 1973. Climate and citrus behavior, In: ed. Reuther, The Citrus Industry, 2nd edition, Berkeley, University of California Press, pp. 280-337

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.

South Khorasan Agriculture Organization, 2015. The estimated cultivated area, production and yield per hectare of crops.

South Khorasan Agricultural Statistical Information System, 2014. Available at http://kj- agrijahad.ir/dbagri/baghebani.php.

Tebaldi, C., Hayhoe, K., Arblaster, J., Meehl, G., 2006. Going to the extremes. Climatic Change 79, 185–211.

Tubiello, F.N., Soussana, J.-F.O., Howden, S.M., 2007. Crop and pasture response to climate change. Proceedings of the National Academy of Sciences 104, 19686–19690.

Varshavian, V., 2014. Investigate changes in extreme values of minimum temperature, maximum and average daily number of environmental samples, Earth and Space Physics Journal, 37, 179. (In Persian).

Journal of Saffron Research (semi-annual)

Vol.4, No.2, Fall & Winter, 2017

p. 159-171

Birjand University

Assessment and mapping of heat stress affecting the saffron In South Khorasan Province

Morteza Esmaelnejad
Assistant Prof, Department of Geography, University of Birjand
Corresponding author E-mail: esmailnejad.m@birjand.ac.ir

Received 25 June 2015; Accepted 29 September 2015

Abstract

Climate is the most important determinants for the geographical distribution of plant species such as saffron. The thermal stress is one of the most important factor in reducing the yield of agricultural products. South Khorasan province as a center for saffron production suffers from thermal stresses. In this study, data was used from the province synoptic and climatology stations which provided valid data. Then, analysis was conducted to identify the stressful behavior that was harmful to the Saffron. For this purpose, the maximum temperature thresholds were categorized as somewhat critical (35 to 40 degrees), critical (40 to 45 degrees) and supercritical (more than 45 ° C) groups. In the next stage, a program was written in Matlab software to extract these days from the maximum temperature database of the selected stations. Using the 90th percentile, the threshold for hot days was determined for each station. Than the maps for hot stress and maximum temperature zoning were drawn in GIS environment. The results show that the hot period months have the greatest critical and supercritical days and the critical days also has increased in March. The occurrence of stressful days has increased in recent years that might affect the flowering and yield of saffron. The South, West and Central parts of the province have possessed the greatest number of supercritical days which have reached 177 days in July in the West of province. Reduced crop yields in the stressful centers in recent years, is amongst the consequences of heat stress in the province.

Keywords: Heat Stress, Saffron, South Khorasan, Supercritical Day.