پهنه‌بندی حرارتی کشت گلرنگ بهاره در استان اصفهان

محمدرضا شهسواری[۱*] و طلعت یساری[۲]

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۸/۱۴ ؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۶/۱۹)

چکیده

بسیاری از محصولات زراعی به‌طور سنتی در نواحی و یا زمانی کشت می‌شوند که شرایط اقلیمی در حد مطلوب نیست، در این شرایط با بازده پایین محصول و همچنین عدم استفاده بهینه از نهاده‌های کشاورزی روبه‌رو هستیم. با توجه به اینکه گلرنگ بهاره یک محصول فاریاب در استان اصفهان است، دما نقش تعیین‌کننده‌ای در عملکرد نهایی آن دارد. به‌منظور پهنه‌بندی درجه حرارت کشت گلرنگ بهاره در استان اصفهان، از داده‌های دمایی ۵۱ ایستگاه سینوپتیک و کلیماتولوژی استان‌های اصفهان و همجوار آن از سال ۱۹۶۱ تا ۲۰۰۹ میلادی استفاده شد. پهنه استان با استفاده از میانگین دمای شبانه‌روزی و به‌روش کریجینگ به سه ناحیه دمایی اول، دوم و سوم تقسیم شد. در هر ناحیه دمایی با توجه به نیاز حرارتی گیاه برای سبز شدن، نقشه‌های پهنه‌بندی حرارتی کشت در سامانه اطلاعات جغرافیایی با روش توابع پایه شعاعی ترسیم شدند. بر اساس نتایج به‌دست آمده در ناحیه دمای اول که عمدتاً قسمت‌های گرم استان را فرا می‌گیرد، تاریخ‌های کاشت مناسب از نیمه اول بهمن شروع و تا نیمه اول اسفند ادامه می‌یابد. در ناحیه دمایی دوم که به‌طور عمده مناطق معتدل استان را در برمی‌گیرد، تاریخ‌های کاشت مناسب از نیمه دوم اسفند شروع و تا نیمه اول فروردین ادامه خواهد یافت. تاریخ‌های کاشت مناسب در ناحیه دمایی سوم که قسمت‌های سرد استان را شامل می‌شود، از نیمه دوم فروردین شروع و تا نیمه دوم اردیبهشت ادامه می‌یابد. با توجه به نیازهای حرارتی گلرنگ چنانچه این گیاه در مناطق مختلف اصفهان در تاریخ‌های کاشت مناسب خود کشت شود با دماهای بازدارنده روبه‌رو نخواهد شد و در نتیجه از لحاظ اقلیمی بازده مناسب حاصل می‌شود.

واژه‌های کلیدی: ایستگاه سینوپتیک، توابع پایه شعاعی، دما، کریجینگ، میان‌یابی

۱. استادیار، بخش تحقیقات علوم زراعی- باغی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان اصفهان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، اصفهان، ایران
۲. استادیار، دانشکده علوم، دانشگاه زابل
*: مسئول مکاتبات: پست الکترونیکی: shahsavari_mr@yahoo.com

مقدمه

تولید محصول و حصول عملکرد مناسب گیاه زراعی نسبت به دیگر عوامل محیطی تاحد زیادی به آب و هوا بستگی دارد، ولی بسیاری از گیاهان زراعی به‌طور سنتی در نواحی و یا زمانی کشت می‌شوند که ازشرایط مطلوب اقلیمی برخوردار نیستند. نتیجه آن از یک‌سو بازده پایین گیاه زراعی و ازطرف دیگر عدم استفاده بهینه از پتانسیل‌های تولیدی آب و هوایی است (۱۴).

در سال زراعی ۹۴-۱۳۹۳ سطح زیر کشت و میزان تولید دانه گلرنگ در کشور به‌ترتیب ۲۲۵۷ هکتار و ۳۲۱۴ تن بوده است. استان اصفهان با ۵۳/۲ درصد از این سطح زیر کشت و ۵۵/۹ درصد از این میزان، تولید رتبه نخست در کشور را به‌خود اختصاص داده است. عملکرد دانه گلرنگ در کشت آبی و کشت دیم در کشور به‌ترتیب ۱۴۸۳ و ۴۶۱ کیلوگرم در هکتار است (۱). با در نظر گرفتن رتبه استان اصفهان در سطح زیرکشت و تولید گلرنگ، انجام مطالعات مختلف روی توسعه کشت و بهبود عملکرد این نبات روغنی بسیار راهگشاست. قابل ذکر است عمده کشت گلرنگ در استان اصفهان به‌صورت بهاره بوده و سطح زیرکشت این محصول با توجه به وضعیت آب در سال‌های مختلف دارای نوسانات زیاد و قابل توجهی است.

به‌منظور شناخت رابطه پوشش گیاهی با شرایط اقلیمی، روش‌های پهنه‌بندی اقلیمی مختلفی تهیه و به‌کار گرفته شده‌اند. در این روش‌ها، متغیرهای محیطی متنوعی شامل میانگین دماهای ماهیانه و سالیانه، میانگین دمای گرم‌ترین ماه سال، میانگین دمای سردترین ماه سال، تفاوت دمای حداقل و حداکثر، میزان بارش ماهانه و سالانه، شاخص رطوبت (میزان بارندگی به پتانسیل تبخیر و تعرق)، میانگین کل بارش در مرطوب‌ترین ماه سال، میانگین کل بارش در خشک‌ترین ماه سال و میانگین کل بارش در گرم‌ترین ماه سال و غیره مورد استفاده قرار گرفته‌اند (۵).

به فرایند براورد ارزش کمّی، برای نقاط فاقد داده، به‌کمک نقاط مجاور و معلوم میان‌یابی گویند (۳). میان‌یابی یکی از مهم‌ترین تکنیک‌هایی است که اقلیم‌شناسان در مطالعات پهنه‌ای- مکانی از آن استفاده می‌کنند. این فرایند به‌دلیل محدودیت داده‌های نقطه‌ای و ضرورت تدوین نقشه از کل یک پهنه انجام می‌گیرد (۷). میان‌یابی کریجینگ می‌تواند میانگین موزون از یک پهنه را ارائه کند. این روش برای داده‌هایی که پراکنش نامنظم دارند، به‌کار می‌رود و روشی محلی، احتمالی، رسا، خطی، نااریب و با واریانس کمینه در یک نقطه به‌شمار می‌آید. در این روش برای هریک از ایستگاه‌های درون و بیرون یک پهنه برحسب فاصله و موقعیت آن وزن آماری مشخصی درنظر گرفته می‌شود که در این صورت واریانس تخمین به حداقل می‌رسد (۱۱).

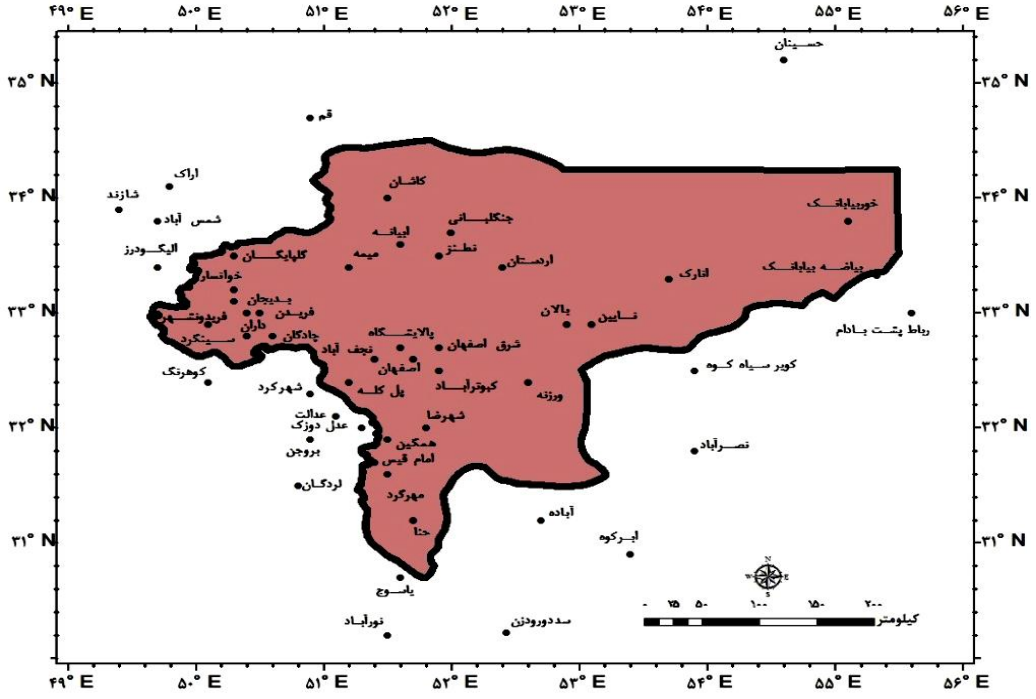
یساری و شهسواری (۲۲) با استفاده از داده‌های دمایی ۵۱ ایستگاه سینوپتیک و کلیماتولوژی استان اصفهان و استان‌های همجوار، میان‌یابی درجه روز رشدهای مراحل نمو سه رقم گلرنگ بهاره را انجام دادند و بر اساس اولین تاریخ کاشت مناسب گلرنگ در مناطق مختلف استان و با توجه به درجه روز رشدهای لازم برای هر مرحله نموی نقشه‌های پهنه‌بندی مربوط را در محیط جی.آی.اس ترسیم کردند. کوچکی و کمالی (۱۵) ازآمار ایستگاه‌های هواشناسی استان خراسان بزرگ در دوره اقلیمی سی‌ساله (۱۹۶۱ الی ۱۹۹۰) برای پهنه‌بندی اقلیمی چغندرقند استفاده کردند. بازگیر (۶) به‌منظور پهنه‌بندی استان کردستان از نظر توان اقلیمی تولید گندم دیم از اطلاعات بارندگی و درجه حرارت ۹ ایستگاه درمنطقه مطالعاتی که از دوره آماری طولانی برخوردار بودند، استفاده کرد. احمدیان و همکاران (۲) در مطالعه خود ابتدا استان خراسان را با روش‌های شناخته شده اقلیمی پهنه‌بندی کردند. سپس با درنظر گرفتن اقلیم مناسب کشت زعفران جایگاه مکانی آن را روی پهنه‌بندی‌ها مشخص کردند. عسگری (۴) به‌کمک سامانه اطلاعات جغرافیایی وسنجش از راه دور، اقدام به پهنه‌بندی اکولوژیکی کشاورزی بخشی از اراضی قزوین کرد. رمضانی و کاظمی‌راد (۱۹) برای شناخت نواحی مستعد کشت گیاه صنعتی آفتابگردان در جلگه شرق گیلان از آمار و اطلاعات هواشناسی

۱۴ ایستگاه کلیماتولوژی و تبخیرسنجی در داخل محدوده مطالعاتی و دو ایستگاه سینوپتیک رشت و رامسر در داخل این محدوده به‌همراه مشاهدات وعملیات میدانی و تحلیل داده‌ها استفاده کردند. مهم‌ترین عوامل مورد محاسبه و مقایسه به‌منظور تعیین مناطق مستعد، نیمه‌مستعد و نامستعد برای آفتابگردان، شامل کمتر نبودن میانگین درجه حرارت از ۱۰ درجه سانتی گراد در طول رشد، درجه حرارت میانگین ۱۵ تا ۲۰ درجه سانتی‌گراد در طول دوره رشد، بیشتر نبودن میانگین درجه حرارت از ۳۰ درجه سانتی‌گراد در طول دوره رشد و میانگین درجه حرارت ۲۰ تا ۲۵ درجه سانتی‌گراد در مرحله رسیدن بودند. سیلوا و بلانکو (۲۱) به‌کمک متغیرهای بیوفیزیکی و سامانه اطلاعات جغرافیایی، مناطق مرکزی کشور مکزیک را برای کشت گیاه یولاف پهنه‌بندی کردند. روتا و همکاران (۲۰) بر اساس روش کریجینگ و پارامترهای اقلیمی وخاکی، محدوده‌ای از اراضی برای کشت گیاه سویا را در کشور کنیا ارزیابی کردند. آنها نیازهای سویا را بر اساس منابع به‌دست آورده و با شرایط منطقه مورد مطالعه تطبیق دادند. داده‌های مربوط به خاک ازمطالعات میدانی و داده‌های اقلیمی از ایستگاه‌های موجود در محدوده مطالعاتی به‌دست آمد. نقشه‌های مربوطه با روش کریجینگ در محیط GIS تهیه شد. در نهایت نقشه‌های مربوط به استعدادیابی منطقه برای کشت سویا با توجه به عوامل محدودکننده و روی هم انداختن نقشه‌های تهیه شده انجام گرفت. قاسمی پیربلوطی و همکاران (۱۰) مناطق بهینه کشت کلزا در استان‌های اصفهان و چهارمحال بختیاری را به‌کمک سیستم اطلاعات جغرافیایی تعیین کردند. بدین منظور از خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک شامل بافت، درصد شن، اسیدیته، قابلیت هدایت الکتریکی، مواد آلی، عمق خاک و مدل رقومی ارتفاع با درجه تفکیک مختلف مکانی و زمانی استفاده شد. اسفندیاری (۹) استان اردبیل را برای کشت کلزا پهنه‌بندی کرد، برای این مطالعه ازسیستم اطلاعات جغرافیایی استفاده شد. درمرحله اول برای هریک از احتیاجات اقلیمی کلزا، به‌کمک GIS یک لایه اطلاعاتی جداگانه آماده شد. لایه‌های اطلاعاتی تشکیل شده عبارت ازمیزان بارندگی در دوره رشد گیاه، تعداد روزهای یخبندان، متوسط درجه حرارت‌های مطلق کمینه، متوسط درجه حرارت های مطلق بیشینه، میانگین درجه حرارت‌های حداکثر و متوسط درجه حرارت طی فصل رشد، تعداد ساعات آفتابی و لایه‌های اطلاعاتی زمین مثل توپوگرافی، شیب، کاربری زمین وعمق خاک بودند. در مرحله بعدی از مدل عامل وزنی ترکیب شده استفاده شد و نواحی مطلوب کشت کلزا در استان اردبیل به‌صورت نقشه تهیه شد.

هدف از این پژوهش پهنه‌بندی حرارتی استان اصفهان برای کشت گلرنگ بهاره به‌منظور بررسی تاریخ های مختلف کاشت آن در هریک از این پهنه‌ها بود.

مواد و روش‌ها

با توجه به فاریاب بودن کشت بهاره گلرنگ در سراسر استان اصفهان، به‌منظور پهنه‌بندی حرارتی کاشت آن از داده‌های دمای حداقل، حداکثر و میانگین دمای ۵۱ ایستگاه سینوپتیک و کلیماتولوژی استان اصفهان و کلیه استان‌های همجوار (شکل ۱) از سال ۱۹۶۱ تا ۲۰۰۹ استفاده شد. طول دوره آماری حدود ۵۰ درصد ایستگاه‌ها بیش از ۲۰ سال بود. از میان تعداد کل ایستگاه‌های هواشناسی استان اصفهان تعداد ۳۰ ایستگاه (۱۱ ایستگاه سینوپتیک و ۱۹ ایستگاه اقلیم‌شناسی) که آمار بلندمدت داشتند انتخاب شد. حدود ۸۰ درصد ایستگاه‌ها آمار بیش از ۱۵ سال و ۵۵ درصد آنها آمار بیش از ۲۵ سال داشتند. با توجه به چگالی کم ایستگاه‌ها خصوصاً در نواحی شرق و شمال شرق استان اصفهان، برای شناسایی دقیق‌تر مرز میان نواحی، با استفاده از میانگین دمای شبانه‌روزی ۵۱ ایستگاه، ماتریسی به ابعاد ۳۶۶×۵۱ تشکیل و با استفاده از نرم‌افزار سرفر (Surfer) میانگین روزانه دما به‌روش کریجینگ (Kiriging) محاسبه شد. به این ترتیب سلول‌هایی به اندازه تقریبی ۱۲ × ۱۲ کیلومتر حاصل شد و ماتریسی به اندازه ۳۶۶ × ۲۲۰۸ به‌دست آمد. سپس سلول‌های بیرون از مرز استان اصفهان حذف و ماتریسی با آرایش اس(S) به ابعاد ۳۶۶ × ۷۲۹ حاصل شد که



شکل ۱. پراکنش ایستگاه‌های هواشناسی مورد استفاده در داخل و خارج استان اصفهان

نماینده رفتار مکانی دمای میانگین استان اصفهان در هریک از روزهای سال بود. تحلیل خوشه‌ای روی یاخته‌های نقشه‌های دمایی به‌روش وارد صورت گرفت. بدین ترتیب استان اصفهان به سه ناحیه دمایی اول، دوم و سوم تقسیم شد.

به‌منظور تعیین پهنه‌بندی حرارتی کشت مناسب گلرنگ بهاره در نقاط مختلف استان اصفهان، میانگین پانزده روزه دمای متوسط و حداقل از بهمن تا مهرماه محاسبه و نقشه‌های مربوطه شامل محل‌هایی که در این فاصله پانزده روزه به این میانگین‌ها رسیده بودند با استفاده از نرم‌افزار آرک مپ (Arc map) در محیط جی‌آی‌اس ترسیم شد. برای میان‌یابی داده‌ها از روش توابع پایه شعاعی (radial basis functions) از نوع اسپلاین کاملاً منظم (completely regular spline) استفاده شد. این روش از جمله روش‌های میان‌یابی است که در آن سطح تخمین از مقادیر مشاهده ای عبور می‌کند.

این روش حالتی از شبکه عصبی مصنوعی است. از دیگر خصوصیات این روش این است که مقادیر بیشتر از حداکثر مقادیر مشاهده‌ای و یا کمتر از حداقل مقادیر مشاهده‌ای در سطح تخمین وجود دارد. قابل ذکر است در این پژوهش به‌دلیل کمتر بودن میانگین انحراف خطا (MBE) و ریشه دوم میانگین مربع خطا (RMSE)، به روش‌های دیگر از جمله کریجینگ (Kriging) و کوکریجینگ (coKriging) ترجیح داده شد. شروع تاریخ کاشت در مناطق گرم (ناحیه دمایی اول)، معتدل (ناحیه دمایی دوم) و سرد (ناحیه دمایی سوم) به‌ترتیب با رسیدن میانگین درجه حرارت شبانه‌روزی به ۷، ۹ و ۱۲ درجه سانتی‌گراد و همچنین بالاتر بودن درجه حرارت حداقل از صفر درجه سانتی‌گراد در نظر گرفته شد (۱۳). برای تعیین درجه حرارت‌های بالای بازدارنده رشد و نمو، میانگین پانزده روزه دمای حداکثر و متوسط از خرداد تا شهریورماه محاسبه و نقشه‌های مربوطه شامل محل‌هایی که در این فاصله پانزده روزه به این درجه حرارت‌ها می‌رسیدند با استفاده از نرم‌افزار Arc map در محیط GIS رسم شد. درجه حرارت‌های بازدارنده، میانگین شبانه‌روزی ۳۰ درجه سانتی‌گراد و بیشتر از آن و دمای حداکثر ۳۷ درجه و بالاتر از آن در نظر گرفته شد (۱۳).

نتایج و بحث

بر اساس تجزیه خوشه‌ای انجام شده، پهنه استان اصفهان به سه ناحیه گرم، معتدل و سرد تقسیم شد. نواحی گرم، معتدل و سرد استان به‌ترتیب با متوسط میانگین درجه حرارت ۱۹/۱، ۱۴/۷ و ۱۱/۵ درجه سانتی‌گراد، حدود ۴۸، ۳۱ و ۲۱ درصد از مساحت استان را به‌خود اختصاص دادند. ناحیه دمایی اول (گرم)، شش ایستگاه اردستان، کاشان، خوربیابانک، بیاضه بیابانک، جنگل‌بانی نطنز و انارک را در برگرفت. ناحیه دمایی دوم (معتدل)، ۱۰ ایستگاه اصفهان، گلپایگان، کبوترآباد، نائین، نطنز، شهرضا، شرق اصفهان، نجف آباد، پالایشگاه اصفهان و ورزنه را شامل شد. ناحیه دمایی سوم (سرد) ۱۴ ایستگاه داران، ابیانه، بالان، چادگان، دامنه فریدن، فریدون‌شهر، همگین، خوانسار، میمه، سینگرد، حنا، مهرگرد، بدیجان و پل کله را فر گرفت.

معمولاً با تأخیر در کاشت بهاره، دما و طول روز افزایش می‌یابد و افزایش این دو عنصر اقلیمی باعث کاهش طول دوره نمو می‌شود (۲۳) که خود باعث رسیدگی سریع‌تر محصول و درنهایت کاهش عملکرد گلرنگ می‌شود. بر این اساس کشت زودهنگام گلرنگ درصورتی که دمای حداقل برای سبز شدن بذر فراهم باشد، توصیه می‌شود (۸، ۱۲، ۱۶ و ۱۸). طبق آنچه گفته شد در هریک از ناحیه‌های دمایی تعیین شده چنانچه بتوان با فراهم شدن دمای حداقل برای سبز شدن بذر، اقدام به کشت گلرنگ کرد عملکردهای بالاتری حاصل می‌شود.

در ناحیه دمایی اول استان، لایه‌های اطلاعاتی مناطقی که دمای میانگین بالاتر از هفت درجه سانتی‌گراد و دمای حداقل بالاتر از صفر درجه سانتی‌گراد داشتند، تلفیق شدند. بدین ترتیب در نیمه اول بهمن مناطق شرقی استان شامل ایستگاه‌های خوربیابانک و بیاضه بیابانک از حیث دما مناسب هستند (شکل ۲).

در نیمه دوم بهمن‌ماه با توجه به اعمال شروط ذکر شده وسعت منطقه مورد نظر افزایش یافته و تا ایستگاه انارک پیشروی کرده است. همچنین ایستگاه‌های اردستان و کاشان و حواشی آنها نیز جزو مناطق مناسب دمایی برای تأمین صفر رشد و نمو گلرنگ در این تاریخ کاشت هستند (شکل ۳).

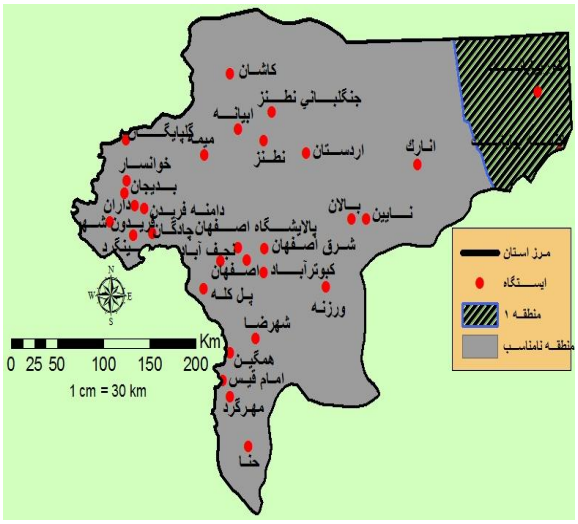
در نیمه اول فروردین‌ماه با در نظر گرفتن شروط ذکر شده قسمت‌های جدیدی به مناطق قبلی اضافه شد. در نیمه اول اسفندماه وسعت مناطقی که مشمول شروط فوق می‌شدند افزایش یافت و قسمت‌های شرقی و شمال استان را فرا گرفت. در این میان ایستگاه جنگل‌بانی نطنز و قسمت کوچکی در اطراف شهرستان اصفهان نیز به ایستگاه‌های موجود در نیمه دوم بهمن‌ماه اضافه شدند (شکل ۴).

در ناحیه دمایی دوم استان، لایه‌های اطلاعاتی مناطقی که دمای میانگین بالاتر از ۹ درجه سانتی‌گراد و دمای حداقل بالاتر از صفر درجه سانتی‌گراد داشتند تلفیق شدند. بدین ترتیب در نیمه دوم اسفند مناطقی از جنوب شرقی و مرکزی استان به محدوده قبلی اضافه شد. بدین ترتیب ایستگاه‌های ورزنه، اصفهان، کبوترآباد، پالایشگاه اصفهان، نجف‌آباد و پل کله در این منطقه واقع شدند. همچنین در این تاریخ کاشت نوار باریکی از قسمت شمالی تا مرز شرقی استان تشکیل شده که ایستگاه نایین را نیز در برمی‌گیرد (شکل ۵).

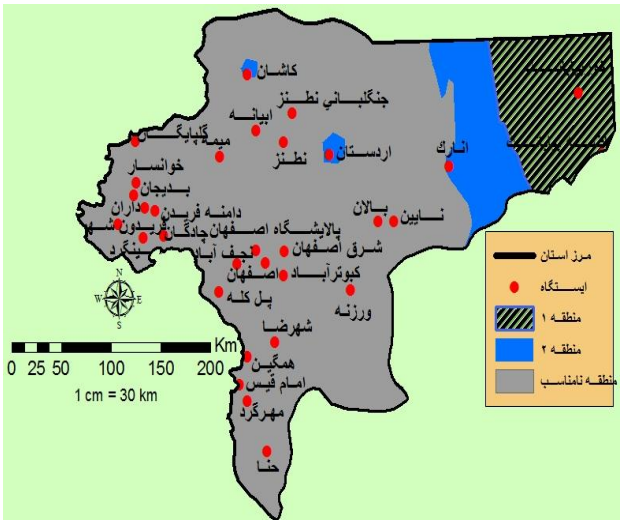
مناطق مرکزی که مشمول شروط فوق می‌شوند افزایش یافته و ایستگاه‌های نطنز، شرق اصفهان و شهرضا نیزدر این زمان از نظر دما جزو مناطق مناسب کشت گلرنگ هستند (شکل ۶).

در ناحیه دمایی سوم استان لایه‌های اطلاعاتی مناطقی که دمای میانگین بالاتر از ۱۲ درجه سانتی‌گراد و دمای حداقل بالاتر از صفر درجه سانتی‌گراد داشتند، تلفیق شدند. اعمال شروط مذکور در نیمه دوم فروردین‌ماه، باعث اضافه شدن نوار باریکی از قسمت شمال غربی تا جنوب استان به مناطق قبلی شد. ایستگاه گلپایگان در این هنگام منطقه مناسب کشت گلرنگ است (شکل ۷).

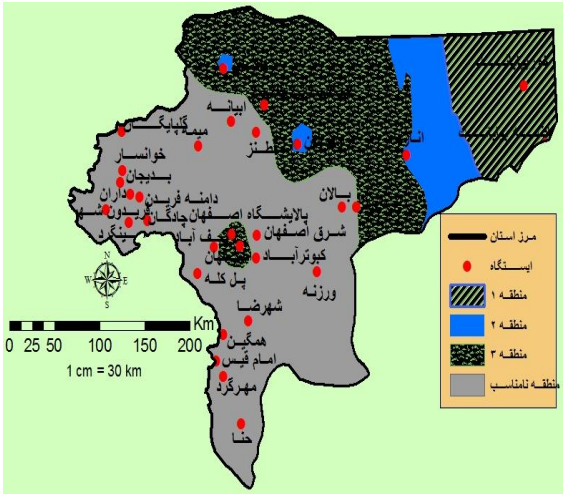
در نیمه اول اردیبهشت‌ماه با در نظر گرفتن شروط فوق قسمت‌های جدیدی به شکل ۱۰ افزوده شده و ایستگاه‌های بالان، ابیانه، میمه، خوانسار، داران، چادگان و همگین مناطقی هستند که کشت گلرنگ با توجه به دمای میانگین و حداقل شبانه‌روزی می‌تواند در این هنگام در آنجا صورت پذیرد (شکل ۸).



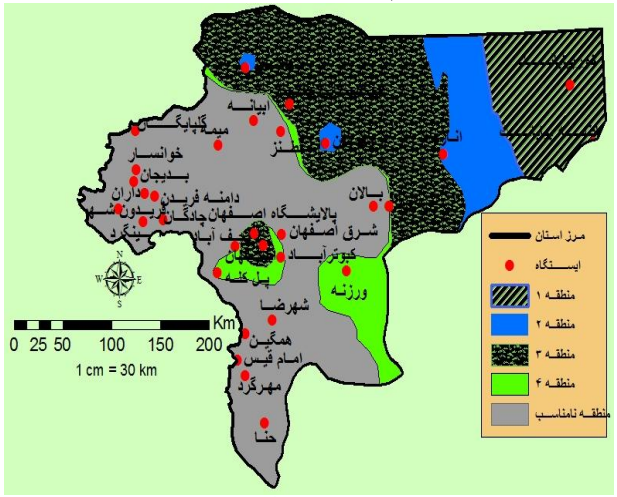
شکل ۲. منطقه قابل کشت گلرنگ بهاره از نظر حرارتی طی نیمه اول بهمن‌ماه در استان اصفهان



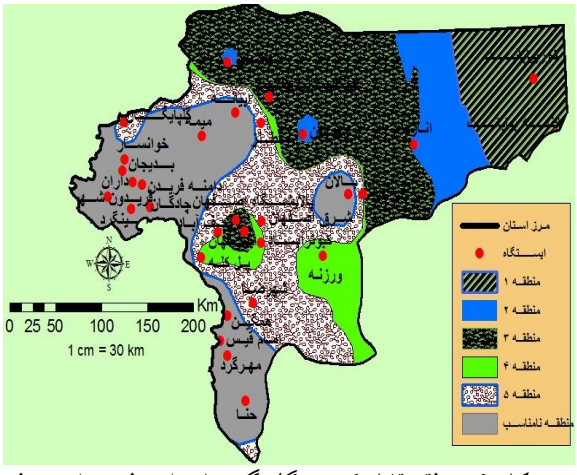
شکل ۳. منطقه قابل کشت گلرنگ بهاره از نظر حرارتی طی نیمه دوم بهمن‌ماه در استان اصفهان



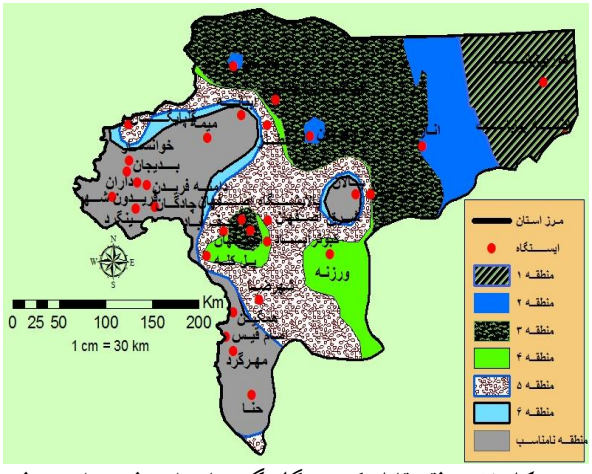
شکل ۴. منطقه قابل کشت گلرنگ بهاره از نظر حرارتی طی نیمه اول اسفندماه در استان اصفهان



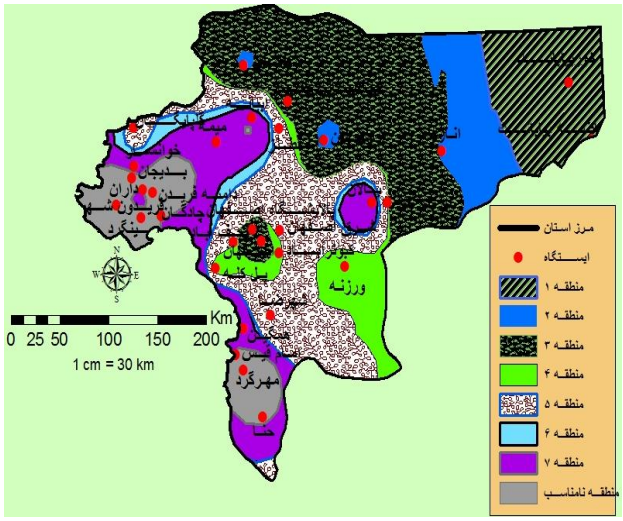
شکل ۵. منطقه قابل کشت گلرنگ بهاره از نظر حرارتی طی نیمه دوم اسفندماه در استان اصفهان



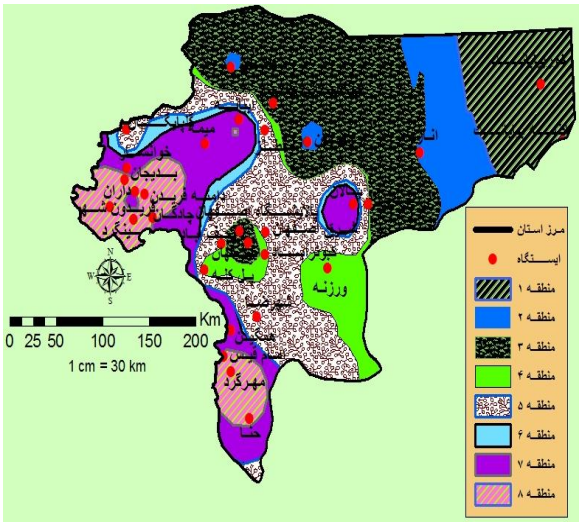
شکل ۶. منطقه قابل کشت گلرنگ بهاره از نظر حرارتی طی نیمه اول فروردین‌ماه در استان اصفهان



شکل ۷. منطقه قابل کشت گلرنگ بهاره از نظر حرارتی طی نیمه دوم فروردین‌ماه در استان اصفهان



شکل ۸. منطقه قابل کشت گلرنگ بهاره از نظر حرارتی طی نیمه اول اردیبهشت‌ماه در استان اصفهان



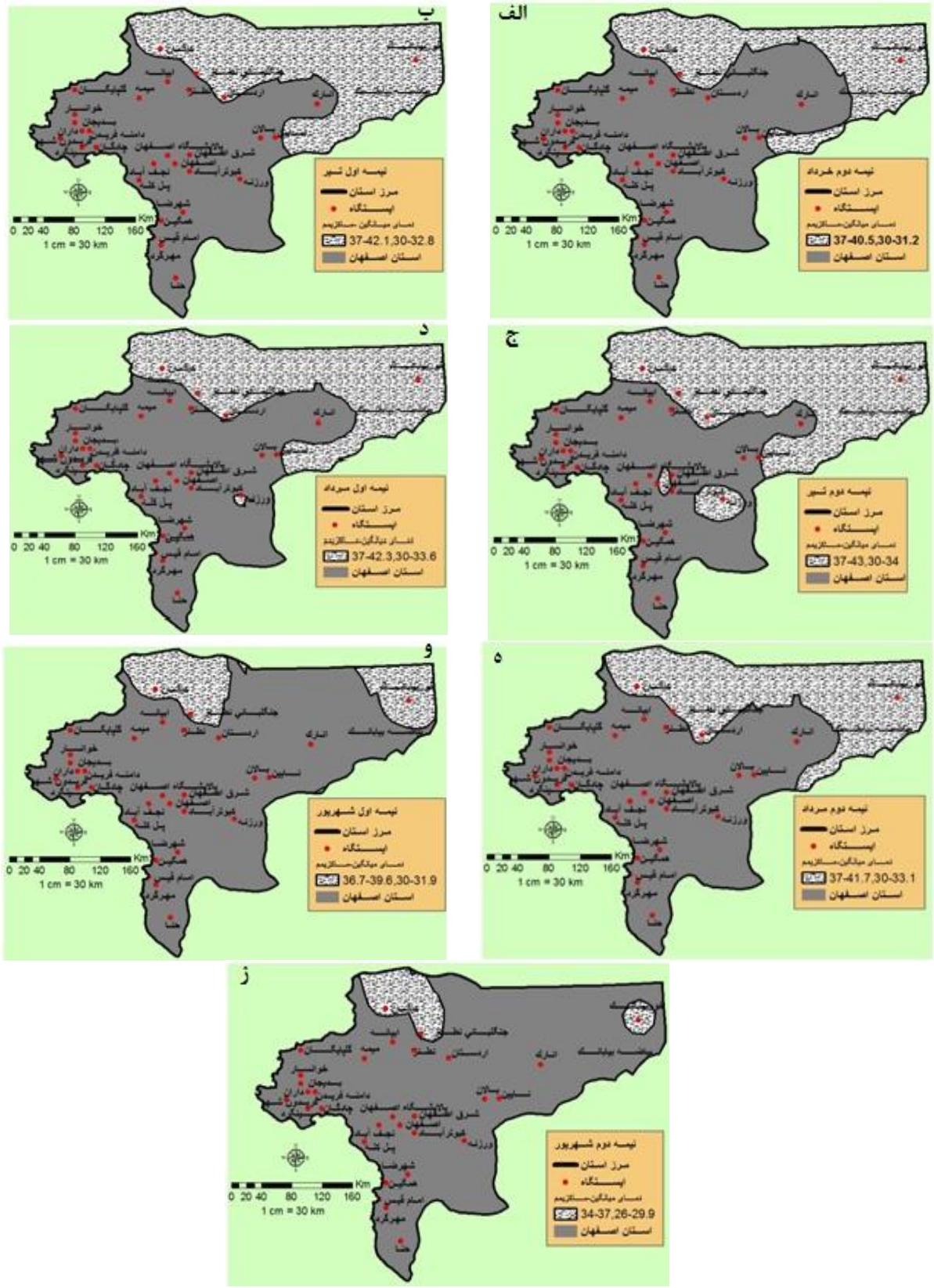
شکل ۹. منطقه قابل کشت گلرنگ بهاره از نظر حرارتی طی نیمه دوم اردیبهشت‌ماه در استان اصفهان

در نیمه دوم اردیبهشت‌ماه کل مناطق غرب وجنوب غرب استان که جزو مناطق مرتفع و سرد استان نیز هستند از نظر حرارتی مناطق مناسب کشت گلرنگ هستند. لازم به ذکر است که قسمت‌های جدید، ایستگاه‌های دامنه فریدن، سینگرد، فریدون شهر، بدیجان، مهرگرد، حنا و امام قیس را شامل می‌شود (شکل ۹).

قابل ذکر است چنانچه در ناحیه‌ای خصوصاً در مناطق گرم استان، گلرنگ در تاریخ مناسب کشت نشود یا کشت آن به تأخیر افتد، مرحله گل‌دهی و پرشدن دانه‌های آن با درجه حرارت‌های بازدارنده (میانگین روزانه بالای ۳۰ درجه و ماکزیمم بالای ۳۷ درجه سانتی‌گراد)روبه‌رو شده که این امر باعث افت عملکرد دانه و روغن می‌شود (۸، ۱۶ و ۱۷). در نیمه اول خرداد در هیچ منطقه‌ای دماهای بازدارنده رشد دیده نشد. در این زمان بیشترین دمای میانگین حدود ۲۸/۸ درجه سانتی‌گراد و دمای ماکزیمم کمتر از ۳۷ درجه سانتی‌گراد است. با تلفیق لایه‌های اطلاعاتی، مناطقی را که دمای میانگین بالاتر از ۳۰ درجه سانتی‌گراد و دمای حداکثر بالاتر از ۳۷ درجه سانتی‌گراد داشتند، شناسایی شدند. از نیمه دوم خرداد به بعد وسعت مناطقی که دمای ماکزیمم ۳۷ درجه داشتند به‌تدریج افزایش یافت و قسمت‌هایی از شرق و شمال استان را فرا گرفت. این روند تا نیمه دوم تیر ادامه داشت. در این هنگام ایستگاه ورزنه، اصفهان و اطراف آنها نیز جزو مناطق با دمای حداکثر بیش از ۳۷ درجه قرار گرفتند. از نیمه اول مرداد به‌تدریج از وسعت مناطق با دمای بازدارنده کاسته شده و تا نیمه اول شهریور این کاهش ادامه داشته است. در نیمه دوم شهریور دمای میانگین در تمام نواحی استان زیر ۳۰ درجه سانتی‌گراد و دمای ماکزیمم کمتر از ۳۷ درجه سانتی‌گراد است (شکل ۱۰).

قابل ذکر است که با توجه به نیازهای حرارتی گلرنگ، چنانچه این گیاه در مناطق مختلف اصفهان در تاریخ‌های کاشت مناسب خود کشت شود با دماهای بازدارنده روبه‌رو نخواهد شد. بدیهی است که در مناطق و شهرستان‌های معرفی شده در مناطقی می توان اقدام به کشت گلرنگ بهاره کرد که خاک زراعی وجود داشته باشد و بر این اساس این مناطق به‌کمک نقشه قابلیت استعداد اراضی استان در هر ناحیه دمایی مشخص می‌شوند.

یادآور می‌شود در حال حاضر عامل اصلی تعیین تاریخ کاشت گلرنگ در شهرستان اصفهان که عمده سطح زیر کشت گلرنگ را به خود اختصاص داده، زمان جاری شدن آب رودخانه زاینده رود در بهار است و در این صورت معمولاً تاریخ کاشت مناسب رعایت نمی‌شود. در مواقعی که آب عامل محدودکننده نباشد، نیز معمولاً تأخیر در کاشت صورت



شکل ۱۰. توزیع دمای حداکثر و میانگین بازدارنده رشد گلرنگ در استان اصفهان الف) نیمه دوم خرداد، ب) نیمه اول تیر ج) نیمه دوم تیر، د) نیمه اول مرداد، ه) نیمه دوم مرداد، و) نیمه اول شهریور و ز) نیمه دوم شهریور

می‌گیرد. برای مثال گلرنگ در اردستان می‌تواند در نیمه دوم بهمن‌ماه کشت شود ولی به‌طور معمول تا نیمه دوم اسفند و حتی بعد از آن به تأخیر می‌افتد و یا در شهرستان اصفهان کشت بهاره گلرنگ می‌تواند در نیمه دوم اسفندماه انجام شود ولی معمولاً تا فروردین‌ماه و پس از آن به تعویق می‌افتد که خود باعث کاهش عملکرد می‌شود. یادآور می‌شود کشت به‌موقع به‌خصوص در بهمن و اسفند کمک می‌کند که گیاه از بارش‌های زمستانه استفاده کند.

منابع مورد استفاده

1. Ahmadi, K. 2016. Agricultural Statistics. Vol.1 (Crop Products), Ministery of Agriculture, Deputy Director of Planning and Economic, ICT Center. Iran. (In Farsi)
2. Ahmadian, G., D. Sheibani, H. Eraghi, R. Shirmohammadi and M. Mojarrad. 2002. Classification of ecological agriculture towards sustainable management of water resources in the country. *In:* Proceeding of the Eleventh Congress of the Iranian National Committee on Irrigation and Drainage, PP. 593-651. Tehran. (In Farsi).
3. Asakereh, H. 1998. Kiriging interpolation method in rain. *Geography and Development* 12: 25-45. (In Farsi).
4. Askari, M. S. 1996. Agriculture ecologic of some part of Ghazvin land by RS and GIS. MSc Thesis. Tehran University. Tehran, Iran. (In Farsi).
5. Baldocchi, D. 2005. Characterizing the Vegetation, Part IV, Plant Functional Types, Biogeography, Department of Environmental Science, Policy and Management, University of California, Berkeley, CA, USA.
6. Bazgir, S. 1999. Climatic potential of rain fed wheat (case study, Kurdistan province) MSc. Thesis, Agronomy, Tehran University. (In Farsi).
7. Chang, K. T. 2004. Introduction to Geographic Information System. 2nd Edition. McGraw Hill. New York.
8. Emami, T., R. Naseri, H. Falahi and E. Kazemi. 2011. Response of yield, yield component and oil content of safflower (cv Sina) to planting date and plant spacing on row in rain fed conditions of western Iran. *American Eurasian Journal of Agriculture and Environment Science* 10(10): 947-953.
9. Esfandiari, F. 2009. Study the effects of climatic parameters on determining of land areas for the cultivation of canola in Ardebil province using GIS. *Research Journal of Biological Sciences* 4(11): 1165 –1168.
10. Ghaesmi Pirbalouti, A., Gh. Normohammadi, A. Kamali, A. Ayeneh Band, J. Porhemmat, K. Abdollahi and A. R. Golparvar. 2008. Integrating some of the ecological factors in order sustainable canola production using GIS in southwest Iran. *American – Eurasian Journal of Agriculture and Environment Science* 4(1): 68 – 71.
11. Isaaks, E. H. and R. M. Srinivasta. 1989. Applied Geo Statistics. Oxford University Press: Oxford.
12. Jajarmi, V., M. A. Azizi Shadlu and A. H. Omidi Tabrizi. 2009. The effect of density, variety and planting date on yield and yield components of safflower. *In:* Proceedings of the 7th International Safflower Conference. Wagga, Australia. PP. 235-241.
13. Khajehpour, M. R. 2004. Industrial crops, 2th Edition. Jehadeh-Daneshgahi. Iran. (In Farsi)
14. Khajehpour, M. R. and M. Karimi. 1987. Application of Air Temperature Statistics in Agricultural Decision Making. Book One. First Consulting Engineers. Theran. (In Farsi).
15. Koochaki, A. and G. H. Kamali. 1998, Climatic similarity in term of agronomic ecology of sugerbeet crop in the Khorasan province. *Desert Magazine* 1&2. 15-29. (In Farsi).
16. Nickabadi, S., A. Solemani, S. M. Dehdashti and M. Yazdanibakhsh. 2008. Effect of sowing dates on yield and yield components of spring safflower (*Carthamus tinctorius* L.) in Isfahan Region. *Pakistan Journal of Biological Science* 11: 1953-1956.
17. Omidi, A. H. and M. R. Sharifmoghdas. 2010. Evaluation of Iranian safflower cultivars reaction to different sowing dates and plant densities. *World Applied Science Journal* 8(8): 953-958.
18. Ozel, A. 2004. Effects of different sowing date and intra row spacing on yield and some agronomic traits of safflower (*Carthamus tinctorius* L.) under Harran plain's arid conditions. T*urkish Journal of Agriculture and Forestry* 28(6): 413-419.
19. Ramezani, B. and L. Kazemi Rad. 2007.The recognition of potential site for sunflower plant cultivation in east plain of Guilan. *Geographic Space*. 7(19): 127-142. (In Farsi).
20. Rota, J. A., P. Wandahwa and D. O. Siguna. 2006. Land evaluation for soybean (*Glycine max* L. Merrill) production based on Kriging soil and climate parameters for the Kakamega district. *Journal of Agronomy* 5: 142 – 150.
21. Silva, A. C., J. L. Blanco. 2002. Evaluating biophysical variables to identify suitable areas for oat in Central Mexico. A multi – criteria and GIS approach. *Agriculture Ecosystem and Environment* 95: 371 – 377.

22. Yasari, T. and M. R. Shahsavari. 2013. Growing degree days of developmental stages of spring safflower in Isfahan province. *Journal of Crop Production and Processing* 3(8): 61-71. (In Farsi).
23. Zimmerman, L. H. 1972. Effect of temperature and humidity stress during flowering on safflower (*Carthamus tinctorius* L.). *Crop Science* 12: 637-640

Journal of Crop Production and Processing
Vol. 9, No. 2, Summer 2019, Isfahan University of Technology, Isfahan, Iran.

Thermal Zoning of Spring Safflower in Isfahan Province, Central Iran

M. R. Shahsavari[1*] and T. Yasari[2]

(Received: November 5-2017; Accepted: September 10-2018)

Abstract

Many crops are grown in regions and sowing dates which the climate is not in the desirable condition, bringing about decreases in efficiency of agricultural inputs and crop yield. The spring safflower is planted under irrigation condition in Isfahan province and the temperature during growing season plays a major role in its seed yield. For thermal zoning of spring safflower planting in Isfahan province, the temperature data from 51 synoptic and climatologic stations of Isfahan and neighboring provinces from 1961 to 2009 were used. Thermal zoning was determined based on mean day-night temperatures and the province was divided into three thermal zones by Kriging method. In each region considering thermal requirement for the plant establishment the thermal zoning in GIS was delineated, using radial basis function. According to the results in the first thermal region (which mainly covers the warm section of Isfahan province) the best planting date is from late January to late February. In the second zone (which mainly covers the temperate region of Isfahan province) the best sowing date is from early-March to early-April. The third zone (which is consisted of cold region) the suitable planting date is from early-April to early-May. Considering the thermal requirement of safflower, if it is planted in different parts of Isfahan according to the above planting windows in each region it will not face with adverse temperature conditions, and will take full advantage of growing season and may lead to increase in seed yield.

Keywords: interpolation, Kriging, radial basis function, synoptic station, temperature

1. Assistant Professor, Horticulture Crops Research Department, Isfahan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Isfahan, Iran.
2. Assistant Professor, Faculty of Science, University of Zabol, Zabol, Iran.
*: Corresponding Author, Email: shahsavari_mr@yahoo.com