

پهنه‌بندی مقادیر درجه-روز- رشد مراحل نمو گلرنگ بهاره در استان اصفهان

طلعت یساری^{۱*} و محمد رضا شهسواری^۲

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۰/۱۲/۲۷؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۱/۴/۳۱)

چکیده

استفاده از درجه-روز- رشد (GDD) برای بیان طول مراحل نمو گیاهان نسبت به تقویم زمانی ترجیح داده می‌شود. بر این اساس، تعیین درجه-روز- رشد و پهنه‌بندی مناطق براساس آنها در انجام عملیات زراعی به موقع و صحیح و همچنین استفاده بهتر از زمین‌های کشاورزی دارای اهمیت ویژه‌ای است. برای تعیین درجه-روز- رشد مورد نیاز مراحل مختلف نمو ارقام گلرنگ بهاره، از آزمایش‌های تاریخ کاشت این ارقام که طی دو سال در ایستگاه تحقیقات کشاورزی کیوتراآباد اصفهان انجام شد، استفاده گردید. در هر سال، ارقام اراک، گلدشت و زنده‌رود در هشت تاریخ کاشت ارزیابی شدند. پهنه‌بندی استان به کمک درجه-روز- رشد محاسبه شده و با استفاده از داده‌های دمایی ۵۱ ایستگاه سینوپتیک و کلیماتولوژی استان اصفهان و استان‌های همجوار انجام شد. در سامانه اطلاعات جغرافیایی، میان‌یابی درجه-روز- رشد انجام شد. نقشه‌های مربوطه براساس اولین تاریخ کاشت مناسب گلرنگ در مناطق مختلف استان و با توجه به درجه-روز- رشد لازم برای هر مرحله نموی با استفاده از GIS ترسیم گردیدند. براساس نتایج به‌دست آمده، میانگین درجه-روز- رشد مراحل کاشت تا سبز شدن، کاشت تا رویت طبق، کاشت تا گل‌دهی و کاشت تا رسیدگی به‌ترتیب ۱۵۲، ۹۲۴، ۱۲۷۵ و ۱۹۷۲ محاسبه شد. پهنه‌بندی استان براساس درجه-روز- رشد محاسبه شده نشان داد که در صورت استفاده از تاریخ کاشت‌های مناسب، درجه-روز- رشد لازم مراحل مختلف نمو در تمامی نقاط استان تأمین می‌شود. بدین منظور، بایستی با توجه به صفر رشد و نمو گیاه و دمای لازم برای جوانه زدن بذر در خاک در هر منطقه، نسبت به تنظیم تاریخ کاشت مناسب اقدام گردد.

واژه‌های کلیدی: داده‌های حرارتی، GIS، صفر پایه

۱. گروه فیزیک، دانشکده علوم، دانشگاه زابل

۲. مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی اصفهان

* : مسئول مکاتبات، پست الکترونیکی: yasari85@yahoo.com

مقدمه

گلرنگ با نام علمی *Carthamus tinctorius* L. گیاهی یکساله از تیره مرکبه است. این گیاه احتمالاً در منطقه‌ای محصور بین مدیترانه شرقی و خلیج فارس اهلی گردیده است (۱۵). گلرنگ در ابتدا به منظور تهیه رنگ از گلبرگ‌های آن کشت می‌شده است. دو نوع ماده رنگی کارتامین (Carthamin) و کارتامیدین (Carthamidin) از گلبرگ‌های گلرنگ قابل استخراج است. کارتامیدین زرد رنگ و محلول در آب، ولی کارتامین نارنجی رنگ و محلول در قلیا می‌باشد (۶). امروزه با تولید رنگ‌های مصنوعی از اهمیت رنگ‌های گلرنگ در صنایع رنگرزی کاسته شده است و بر اهمیت گلرنگ به‌عنوان دانه روغنی، به‌خصوص به‌علت دارا بودن اسید چرب غیراشباع و ضروری لینولئیک (Linoleic) افزوده شده و به تولید آن در جهان توجه خاص معطوف گردیده است (۹). سطح زیر کشت گلرنگ در جهان در سال ۲۰۰۴ معادل ۷۹۵۱۱۸ هکتار و تولید دانه آن ۷۳۱۴۲۵ تن بوده است (۱۴). سطح زیر کشت گلرنگ در ایران حدود ۶۰۰۰ هکتار، با متوسط عملکرد یک تن در هکتار، می‌باشد. بیشترین سطح کشت این گیاه مربوط به استان‌های اصفهان، خراسان و یزد است (۵).

ارتباط بین نمو گیاهان و دما دیر زمانی است که شناخته شده است (۷). گفته شده که در میان عوامل اقلیمی، رژیم حرارتی بیشترین تأثیر را بر نمو گیاه و مراحل مختلف آن دارد (۸). دما فاکتور غالب در نمو گیاه در اقلیم‌های معتدل است و عکس‌العمل سرعت نمو ارقام مختلف از یک گونه گیاهی به دما می‌تواند به‌طور قابل ملاحظه‌ای متفاوت باشد (۲). ارتباط مراحل فنولوژیک یک گیاه با تجمع حرارت و عدم ارتباط آن با زمان، اولین بار توسط دی‌مور (Demor) در سال ۱۷۳۵ بیان شد (۱۳) و امروزه اکثر محققین در تعیین زمان وقوع مراحل رشد و نمو از آن بهره می‌برند.

تاکنون روش‌های مختلفی برای ارزیابی اثر دما بر میزان نمو گیاهان به‌کار گرفته شده است. از میان این روش‌ها، روش مجموع دمای مؤثر یا زمان حرارتی (Thermal time) یا

درجه-روز-رشد (Growing Degree Day, GDD) از همه معروف‌تر است (۱۲) که معنای ساده آن ارتباط رشد و نمو و رسیدگی گیاه با دمای هواست. مبنای کار در این روش، تجمع دماهای مؤثر، یعنی دماهایی می‌باشد که بیشتر از صفر پایه (Base temperature) یا صفر فیزیولوژیک گیاه است. این دما به نوع گونه گیاهی بستگی داشته و در ارقام مختلف یک گونه گیاهی نیز متفاوت است. صفر پایه، دمایی است که کمتر از آن هیچ رشدی اتفاقی در فرآیندهای درون بذر، به ویژه جوانه‌زنی، به وقوع نمی‌پیوندد (۱۰). در عمل، مقدار واحدهای حرارتی هر روز از طریق کم کردن دمای پایه از متوسط دمای واقعی برای آن روز به‌دست می‌آید و از جمع کردن واحدهای حرارتی روزانه معمولاً مجموع واحدهای حرارتی برای هر دوره خاص از زمان کاشت تا رسیدگی کامل گیاه تعیین می‌گردد. متوسط دمای هر روز، میانگین دمای حداقل و حداکثر آن روز می‌باشد. اگر دمای میانگین از دمای پایه گیاه کمتر باشد باید به جای متوسط دما، دمای پایه را قرار داد. هم‌چنین برای محاسبه درجه-روز-رشد از دمای آستانه بالا نیز استفاده می‌شود. وقتی دمای میانگین هوا بیشتر از این آستانه باشد، محصولات تحت تنش حرارتی قرار گرفته و رشد متوقف می‌شود. در چنین حالتی، به جای متوسط دما، دمای آستانه بالا قرار می‌گیرد (۴). سادگی روش درجه-روز-رشد آن را روشی عامه پسند در راهنمایی عملیات زراعی و برنامه‌ریزی کاربری زمین ساخته است (۱۰).

باقری (۱) وقوع مراحل ساقه‌دهی، تکمه‌دهی، گل‌دهی و رسیدگی گلرنگ را به‌ترتیب ۴۳، ۶۲، ۱۰۱ و ۱۳۳ روز پس از کاشت ثبت کرده است. براساس گزارش وی، وقوع هر یک از مراحل فوق به‌ترتیب پس از ۵۳۳، ۸۲۹، ۱۶۲۵ و ۲۳۶۱ درجه-روز-رشد بوده است. نژاد شاملو (۱۱) مراحل سبز شدن، ساقه رفتن، ظهور جوانه‌های زایشی، غنچه‌زایی، کامل شدن طبق، گل‌دهی و رسیدگی گلرنگ را در مطالعات خود به‌ترتیب ۱۴، ۵۰، ۶۶، ۷۸، ۹۴ و ۱۲۴ روز پس از کاشت با تجمع ۱۱۹، ۵۵۳، ۷۸۲، ۱۲۱۲، ۱۳۰۱ و ۱۷۰۷ درجه-روز-رشد گزارش کرده

در این آزمایش، ارقام اراک، زنده‌رود و گلدشت، هر سال در هشت تاریخ کاشت (۱۵ و ۲۹ اسفند، ۱۵ و ۳۰ فروردین، ۱۵ و ۳۰ اردیبهشت، ۱۶ خرداد و دوم تیرماه) در یک طرح بلوک‌های کامل تصادفی با توزیع کرت‌های خرد شده در شش بلوک کامل مقایسه گردیدند. تاریخ‌های کاشت به‌عنوان عامل اصلی و ارقام به‌عنوان عامل فرعی در نظر گرفته شدند. عملیات کاشت، داشت و برداشت طبق آزمایش‌های معمول گلرنگ انجام گرفت. فاصله خطوط کاشت ۴۰ سانتی‌متر و فاصله دو بوته در یک ردیف ۵ سانتی‌متر بود. بدین منظور، در مرحله کاشت، بذرها پشت سر هم ریخته شدند و در مرحله چهار برگی، بوته‌ها به فاصله ۵ سانتی‌متر از یکدیگر تنک شدند. هر کرت آزمایشی شامل چهار ردیف کشت به طول ۴ متر بود. رقم اراک از توده بومی استان اراک جدا شده، خاردار، گل زرد، متحمل به خشکی و عملکرد زیاد دانه می‌باشد. رقم زنده‌رود از توده بومی استان اصفهان جدا شده، بدون خار، گل قرمز و دارای درصد روغن زیاد است. رقم گل‌دشت از توده بومی استان آذربایجان غربی جدا شده، بدون خار، گل قرمز، پا کوتاه و زودرس می‌باشد.

مراحل نمو براساس مشاهده ظهور علائم مربوطه در هر کرت بدین شرح تعیین شدند: الف- مرحله سبز شدن، زمانی که لپه‌ها در ۹۰٪ از محل‌های کاشت خارج شدند؛ ب- مرحله رویت طبق (تکمه‌دهی)، زمانی که جوانه زایشی به‌صورت تکمه‌ای به قطر حدود یک سانتی‌متر در انتهای ساقه اصلی ۵۰٪ بوته‌ها مشاهده شد؛ ج- مرحله گل‌دهی، زمانی که گرده‌افشانی در گل‌آذین انتهایی ساقه اصلی ۱۰٪ بوته‌ها آغاز شد؛ د- مرحله رسیدگی، زمانی که ۹۰٪ طبق‌ها متمایل به رنگ قهوه‌ای شدند. براساس مراحل نمو یاد شده، طول مراحل کاشت تا سبز شدن، کاشت تا رویت طبق، کاشت تا گل‌دهی و کاشت تا رسیدگی براساس تعداد روز محاسبه گردید. به‌طوری‌که روز شروع هر مرحله احتساب و روز پایان آن مرحله احتساب نگردید.

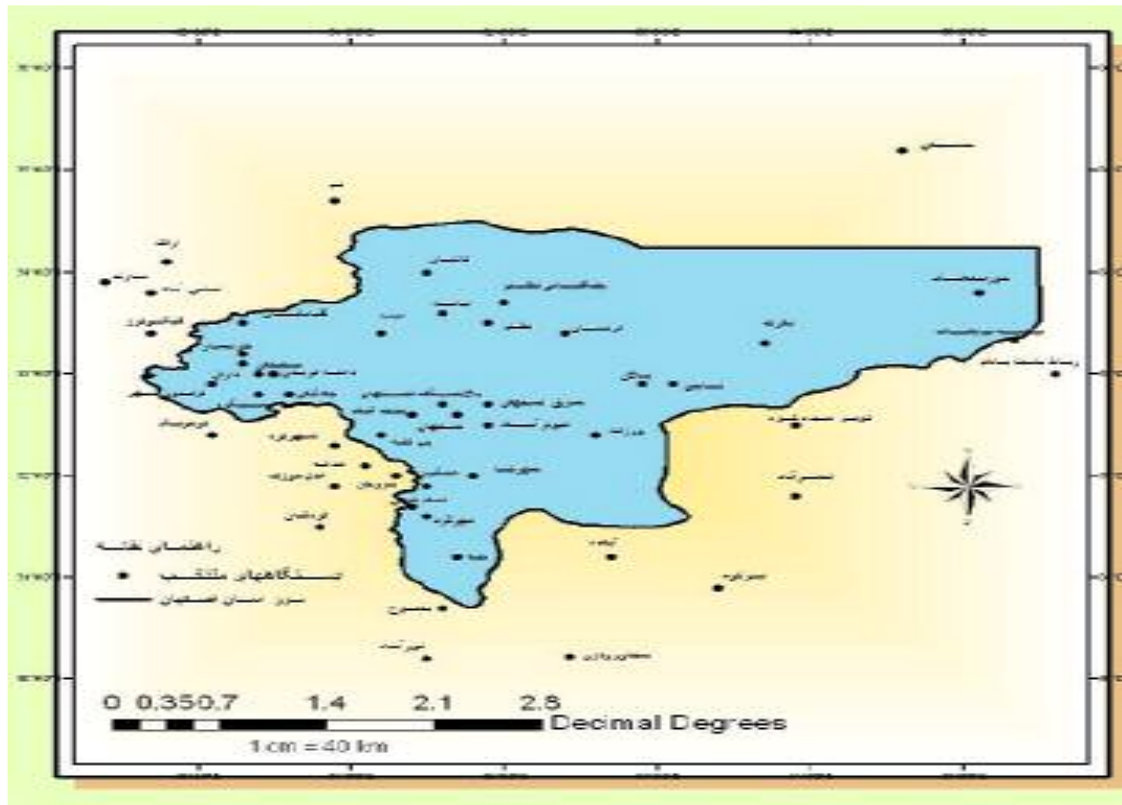
برای بررسی روند تغییرات دما در طول فصل رشد و هم‌چنین محاسبه شاخص حرارتی، از آمار ایستگاه هواشناسی

است. اسمی (۳) در اصفهان، مراحل نمو گلرنگ شامل سبز شدن، ساقه‌دهی، تکمه‌دهی، گل‌دهی و رسیدگی فیزیولوژیک را مورد مطالعه قرار داده و وقوع هر یک از این مراحل را به‌ترتیب ۱۴، ۴۳، ۶۶، ۸۹ و ۱۲۰ روز پس از کاشت و پس از تجمع ۱۲۲، ۴۸۴، ۸۷۷، ۱۲۹۹ و ۱۸۷۲ درجه-روز- رشد بیان داشته است. زند (۱۶) مراحل نمو گلرنگ شامل سبز شدن، ساقه رفتن، شاخه‌دهی، گل‌دهی و رسیدن را تقریباً ۱۳، ۱۶۷، ۲۰۲، ۲۳۹ و ۲۶۵ روز پس از کاشت دانسته که به‌ترتیب معادل ۱۲۰، ۳۰۳، ۷۲۰، ۱۳۱۱ و ۱۸۸۶ درجه-روز- رشد می‌باشند. شهبواری و همکاران (۱۳) تعداد روز از کاشت تا مراحل سبز شدن، ساقه‌دهی، شاخه‌دهی، تکمه‌دهی، ۵۰٪ گل‌دهی و رسیدگی فیزیولوژیک را به‌ترتیب در ژنوتیپ‌های گلرنگ پائیزه و به‌طور متوسط ۱۰، ۱۶۰، ۱۹۷، ۲۰۶، ۲۲۹ و ۲۶۵ روز و بعد از تجمع حرارتی ۱۰۴، ۷۵۵، ۱۱۵۰، ۱۲۹۳، ۱۶۸۷، ۲۴۱۸ درجه-روز- رشد گزارش نمودند.

هدف از این مطالعه تعیین درجه-روز- رشد مراحل نمو گلرنگ بهاره و بررسی پهنه استان اصفهان از لحاظ وقوع این مراحل به منظور استفاده بهتر از زمین‌های کشاورزی و توصیه‌های زراعی بود.

مواد و روش‌ها

به منظور تعیین درجه-روز- رشد مراحل نمو ارقام گلرنگ بهاره، از آزمایش‌هایی که طی سال‌های زراعی ۸۶-۱۳۸۵ و ۸۷-۱۳۸۶ در مزرعه تحقیقاتی کبوترآباد اصفهان انجام شد استفاده به عمل آمد. این ایستگاه در ۳۰ کیلومتری جنوب شرقی اصفهان در عرض جغرافیایی ۳۱° ۳۲' شمالی، طول جغرافیایی ۵۱° ۵۱' شرقی و در ارتفاع ۱۵۴۵ متر از سطح دریا واقع گردیده است. این منطقه براساس تقسیم‌بندی کوپن دارای اقلیم خشک بسیار گرم با تابستان‌های گرم و خشک می‌باشد. میانگین درازمدت بارش و دمای سالانه در این ایستگاه به‌ترتیب ۱۱۵/۸ میلی‌متر و ۱۵/۲ درجه سلسیوس است. بافت خاک محل آزمایش لوم و اسیدیته آن حدود ۷/۸ است.



شکل ۱. پراکنش ایستگاه‌های هواشناسی مورد استفاده

از داده‌های دمای حداقل (شبانه)، دمای حداکثر (روزانه) و دمای میانگین (شبانه روز) ۵۱ ایستگاه سینوپتیک و کلیما تولوژی استان اصفهان و کلیه استان‌های همجوار (شکل ۱) از سال ۱۹۶۱ تا ۲۰۰۹ میلادی استفاده شد. طول دوره آماری حدود ۵۰٪ 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 بلند مدت داشتند انتخاب گردیدند. حدود ۸۰٪ ایستگاه‌ها آمار بیش از ۱۵ سال و ۵۵٪ آنها آمار بیش از ۲۵ سال داشتند.

در سامانه اطلاعات جغرافیایی (Geographic information system, GIS)، میان‌یابی مقادیر درجه-روز-رشد با استفاده از روش توابع پایه شعاعی (Radial basis function) از نوع اسپلاین (Spline) کاملاً منظم صورت گرفت و براساس تاریخ‌های کاشت مناسب گلرنگ در مناطق مختلف استان (تأمین دمای لازم برای جوانه‌زدن بذر در خاک) از اول بهمن

کبوترآباد استفاده گردید. بدین منظور، با استفاده از رابطه زیر، شاخص حرارتی روزانه برحسب درجه-روز-رشد تعیین شد و سپس تجمع آن تا هر مرحله از رشد و نمو محاسبه گردید:

$$H_i = \left((T_{\min} + T_{\max}) / 2 \right) - T_b \quad [1]$$

که H_i درجه-روز-رشد، T_{\min} کمینه دمای روزانه هوا با حد پایینی ۵ درجه سلسیوس، T_{\max} بیشینه دمای هوا با حد بالایی ۳۰ درجه سلسیوس و T_b دمای پایه گلرنگ و معادل ۵ درجه سلسیوس منظور شد (۹).

پس از محاسبه مقادیر درجه-روز-رشد براساس فرمول ذکر شده، میانگین این مقادیر برای هر مرحله نموی روی مجموع تکرارها، تاریخ‌های کاشت و ارقام به‌دست آمد. این مقادیر به‌عنوان شاخص درجه-روز-رشد مراحل نمو ارقام بهاره گلرنگ در نظر گرفته شدند.

با توجه به فاریاب بودن کشت بهاره گلرنگ در سراسر استان اصفهان، به منظور پهنه‌بندی مقادیر درجه-روز-رشد آن

جدول ۱. مقایسه میانگین‌های عوامل آزمایشی از نظر درجه-روز- رشد تجمعی مراحل مختلف نمو ارقام گلرنگ بهاره در تاریخ‌های مختلف کاشت طی دو سال زراعی

عامل آزمایشی	کاشت تا سبز شدن	کاشت تا رؤیت طبق	کاشت تا گل‌دهی	کاشت تا رسیدگی
سال				
۱۳۸۵-۸۶	۱۵۸ ^a	۹۲۹ ^a	۱۲۷۱ ^a	۲۰۱۷ ^a
۱۳۸۶-۸۷	۱۴۶ ^a	۹۱۹ ^a	۱۲۸۰ ^a	۱۹۲۶ ^b
میانگین	۱۵۲	۹۲۴	۱۲۷۵	۱۹۷۲
تاریخ کاشت				
۱۲/۱۵	۲۴۲ ^a	۹۵۸ ^a	۱۲۹۴ ^a	۲۱۱۱ ^a
۱۲/۲۹	۱۹۱ ^b	۹۳۲ ^a	۱۲۷۷ ^a	۲۰۱۴ ^{abcd}
۱/۱۵	۱۳۷ ^c	۸۹۹ ^a	۱۲۶۱ ^a	۱۹۰۷ ^{bcd}
۱/۳۰	۱۲۵ ^c	۸۸۸ ^a	۱۲۵۸ ^a	۱۸۶۱ ^{cd}
۲/۱۵	۱۲۱ ^c	۹۱۹ ^a	۱۲۴۵ ^a	۱۸۴۵ ^d
۲/۳۰	۱۲۹ ^c	۸۶۱ ^a	۱۲۵۷ ^a	۱۹۴۳ ^{bcd}
۳/۱۶	۱۳۴ ^c	۹۷۹ ^a	۱۲۷۸ ^a	۲۰۳۳ ^{abc}
۴/۲	۱۳۶ ^c	۹۶۰ ^a	۱۳۳۴ ^a	۲۰۵۸ ^{ab}
میانگین	۱۵۲	۹۲۴	۱۲۷۵	۱۹۷۲
رقم				
زنده‌رود	۱۵۱ ^a	۹۶۱ ^a	۱۳۱۷ ^a	۱۹۹۶ ^a
اراک	۱۵۴ ^a	۹۲۱ ^b	۱۲۸۰ ^a	۱۹۸۷ ^a
گلدشت	۱۵۱ ^a	۸۸۹ ^b	۱۲۲۸ ^b	۱۹۳۲ ^a
میانگین	۱۵۲	۹۲۴	۱۲۷۵	۱۹۷۲

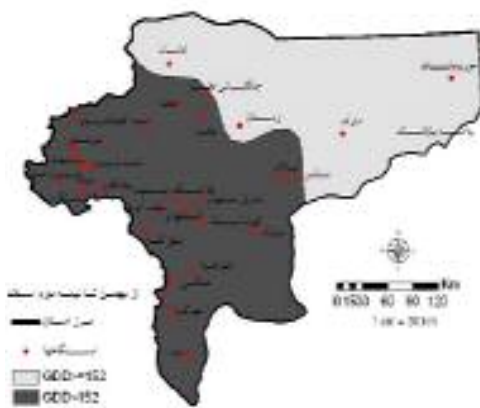
میانگین‌های عوامل آزمایشی در هر ستون که حداقل در یک حرف مشترک هستند، بر پایه آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵٪ تفاوت معنی‌داری ندارند.

مختلف کاشت طی دو سال در جدول ۱ نشان داده شده است. اثر سال و رقم بر درجه-روز- رشد تجمعی از کاشت تا سبز شدن معنی‌دار نبود. اثر تاریخ کاشت بر این خصوصیت در سطح احتمال ۵٪ معنی‌دار گردید. بیشترین و کمترین درجه-روز- رشد تجمعی از کاشت تا سبز شدن به ترتیب در تاریخ‌های کاشت اول و چهارم حاصل شد. اثر سال و تاریخ کاشت بر درجه-روز- رشد تجمعی از کاشت تا تکمه‌دهی غیرمعنی‌دار، ولی اثر رقم بر این صفت در سطح احتمال ۵٪

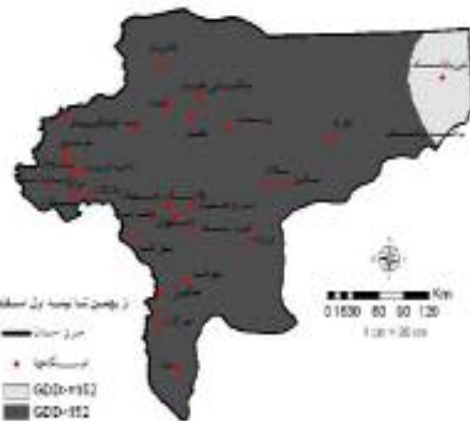
ماه تا پانزدهم اردیبهشت ماه به فاصله ۱۵ روز از یکدیگر، و با توجه به درجه-روز لازم برای هر مرحله نموی، نقشه‌های مربوطه با استفاده از GIS ترسیم گردیدند.

نتایج و بحث

مقایسه میانگین‌های کاشت تا سبز شدن، کاشت تا رؤیت طبق، کاشت تا گل‌دهی و کاشت تا رسیدگی از نظر درجه-روز- رشد تجمعی مراحل مختلف نمو ارقام گلرنگ در تاریخ‌های



شکل ۳. درجه-روز- رشد از اول بهمن تا آخر اسفند



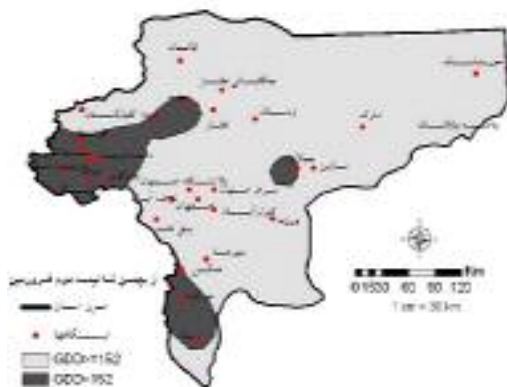
شکل ۲. درجه-روز- رشد از اول بهمن تا پانزدهم اسفند

شرق استان شامل ایستگاه‌های خور و بیابانک و بیاضه بیابانک، اولین مناطقی هستند که به مرور تا پانزدهم اسفند، درجه-روز- رشد لازم برای سبز شدن گلرنگ در آنجا تأمین می‌گردد (شکل ۲). قابل ذکر است که با کشت در پانزدهم بهمن و آخر اسفند، به وسعت مناطق نشان داده شده در شکل ۲ افزوده نمی‌شود. با کشت گلرنگ در پانزدهم اسفند، به وسعت مناطقی که گلرنگ در آنجا سبز می‌شود اضافه می‌گردد. در این حالت، ایستگاه‌های انارک، اردستان و کاشان به ایستگاه‌های قبلی اضافه می‌گردند (شکل ۳).

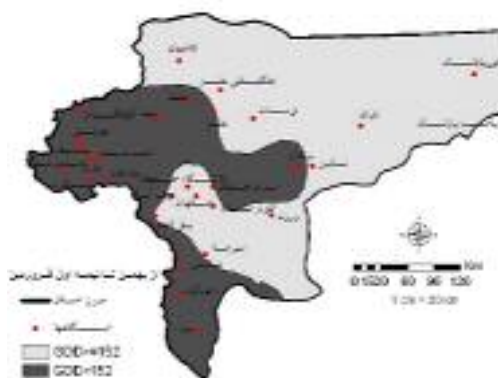
کشت در آخر اسفند باز هم وسعت مناطق را افزایش داده، به طوری که در این حالت ایستگاه‌های نایین، جنگلبانی نطنز، ورزنه، اصفهان، کبوترآباد، شرق اصفهان، پالایشگاه اصفهان، نجف آباد، پل کله و شهرضا به محدوده پیشین افزوده می‌شوند (شکل ۴). کاشت گلرنگ در پانزدهم فروردین، تمام مناطق مرکزی، به جز ایستگاه بالان را شامل می‌شود. در این هنگام، این محصول در بیشتر مناطق، به غیر از ایستگاه‌های غربی و جنوب غربی، قابل سبز شدن می‌باشد (شکل ۵).

در شکل ۶، وضعیت استان اصفهان از لحاظ تأمین درجه-روز- رشد تجمعی برای سبز شدن گلرنگ به شرط کاشت در پانزدهم اردیبهشت نشان داده شده است. همان‌طور که در شکل دیده می‌شود، در این حالت کل سطح استان، به جز منطقه کوچکی در اطراف ایستگاه‌های دامنه فریدن،

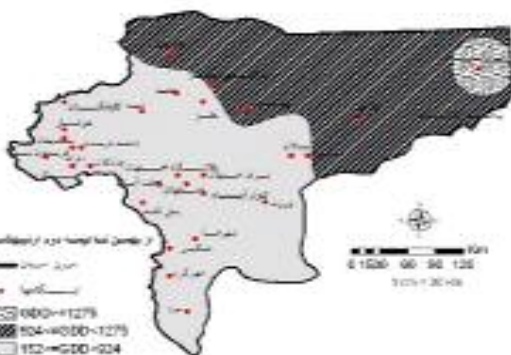
معنی‌دار شد. اختلاف بین رقم زنده‌رود با ارقام اراک و گلدشت باعث معنی‌دار شدن اثر رقم بر این خصوصیت گردید و ارقام زنده‌رود و گلدشت به ترتیب با ۹۶۱ و ۸۸۹ درجه-روز- رشد بیشترین و کمترین درجه-روز- رشد تجمعی تا رسیدن به مرحله رؤیت طبق را داشتند. همچون مرحله رؤیت طبق، اثر سال و تاریخ کاشت بر مرحله کاشت تا رسیدگی غیرمعنی‌دار، ولی اثر رقم بر این مرحله معنی‌دار شد. در این مرحله نیز ارقام زنده‌رود و گلدشت به ترتیب بیشترین و کمترین مقدار درجه-روز- رشد تجمعی را به خود اختصاص دادند. اثر سال و تاریخ کاشت بر درجه-روز- رشد تجمعی مرحله کاشت تا رسیدگی معنی‌دار بود؛ ولی اثر رقم بر این صفت معنی‌دار نشد. بیشترین و کمترین درجه-روز- رشد تجمعی مرحله کاشت تا رسیدگی به ترتیب مربوط به ارقام زنده‌رود و گلدشت بود. براساس میانگین‌های نشان داده شده در جدول ۱، درجه-روز- رشد تجمعی مراحل کاشت تا سبز شدن، کاشت تا تکمه‌دهی، کاشت تا گل‌دهی و کاشت تا رسیدگی به ترتیب برابر ۱۵۲، ۹۲۴، ۱۲۷۵ و ۱۹۷۲ محاسبه گردید. در همین رابطه، درجه-روز- رشد لازم برای مراحل کاشت تا سبز شدن، کاشت تا تکمه‌دهی، کاشت تا گل‌دهی و کاشت تا رسیدگی بین ۱۰۴ تا ۱۲۲، ۸۲۹ تا ۱۲۸۳، ۱۲۹۹ تا ۱۶۸۹ و ۱۷۰۷ تا ۲۴۸۱ درجه-روز- رشد گزارش گردیده است (۱، ۳، ۱۱، ۱۳ و ۱۶). در صورت کشت گلرنگ در اول بهمن‌ماه، قسمت‌هایی از



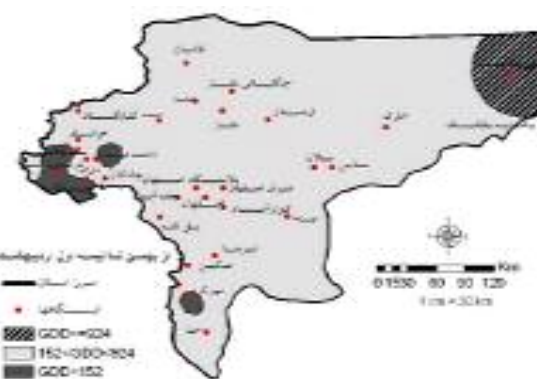
شکل ۵. درجه-روز- رشد از اول بهمن تا آخر فروردین



شکل ۴. درجه-روز- رشد از اول بهمن تا پانزدهم فروردین



شکل ۷. درجه-روز- رشد از اول بهمن تا آخر اردیبهشت



شکل ۶. درجه-روز- رشد از اول بهمن تا پانزدهم اردیبهشت

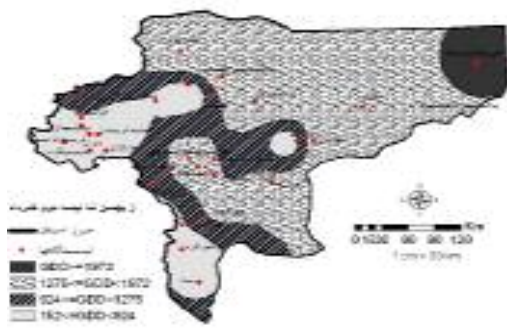
سبز شدن گیاه فراهم می‌باشد. هم‌چنین، همانند مراحل سبز شدن و تکمه‌دهی، گل‌دهی نیز با در نظر گرفتن کاشت در اول بهمن‌ماه از شرق استان شروع می‌شود (شکل ۷).

در نیمه اول خرداد و کاشت در اول بهمن، پانزدهم اسفند و آخر اسفند، برای مرحله تکمه‌دهی، مناطق مرکزی شامل ایستگاه‌های ورزنه، اصفهان، کبوترآباد، نجف آباد، شهرضا، پالایشگاه اصفهان و شرق اصفهان به مناطق قبلی اضافه می‌گردند (شکل ۸). تا پایان تیرماه، درجه-روز- رشد لازم برای تکمه‌دهی در سراسر استان تأمین می‌شود (شکل‌های ۹، ۱۰ و ۱۱). هم‌چنین، بر وسعت مناطقی که درجه-روز- رشد لازم را جهت گل‌دهی فراهم می‌کنند افزوده شده، به‌طوری‌که قسمت‌های شرق و شمال استان را فرا می‌گیرد (شکل ۸).

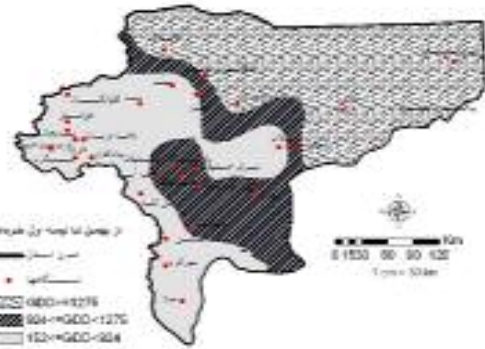
با گذشت زمان تا آخر شهریور ماه، به‌جز مناطقی که شامل ایستگاه‌های مهرگرد و فریدون‌شهر می‌باشد، در بقیه مناطق

فریدون‌شهر، سینگرد و مهرگرد، از نظر حرارتی مناسب می‌باشند و درجه-روز- رشد لازم برای سبز شدن گیاه در آنها فراهم گردیده است. در این هنگام، تکمه‌دهی در شرق استان پدیدار می‌گردد. این قسمت ایستگاه خور و بیابانک را شامل می‌شود (شکل ۶).

بدیهی است در این قسمت، درجه-روز- رشد لازم برای تکمه‌دهی هنگامی تأمین می‌شود که کاشت گلرنگ در اول بهمن‌ماه صورت گیرد. با گرم‌تر شدن هوا و کاشت در پانزدهم اسفند، علاوه بر اول بهمن، به وسعت مناطقی که در آنها گلرنگ به مرحله تکمه‌دهی می‌رسد افزوده شده، به‌طوری‌که تا آخر اردیبهشت، علاوه بر مناطق قبلی، مناطق جدیدی شامل ایستگاه‌های بیاضه بیابانک، انارک، اردستان، جنگلبانی نطنز و کاشان در روی نقشه قابل مشاهده هستند (شکل ۷). در این زمان، در کلیه قسمت‌های استان، درجه-روز- رشد لازم برای



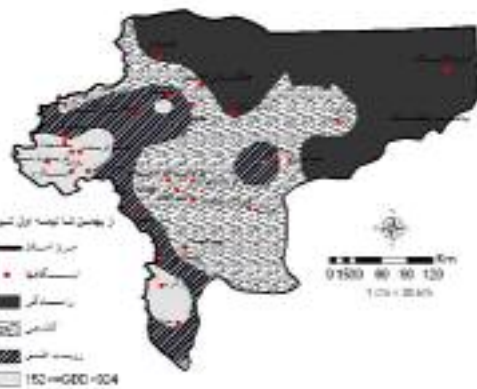
شکل ۹. درجه-روز- رشد از اول بهمن تا آخر خرداد



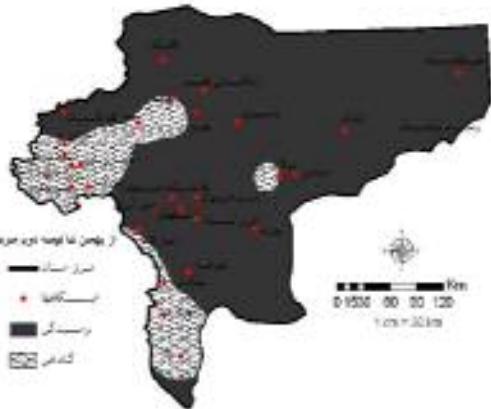
شکل ۸. درجه-روز- رشد از اول بهمن تا پانزدهم خرداد



شکل ۱۱. درجه-روز- رشد از اول بهمن تا آخر تیر



شکل ۱۰. درجه-روز- رشد از اول بهمن تا پانزدهم تیر



شکل ۱۳. درجه-روز- رشد از اول بهمن تا آخر مرداد



شکل ۱۲. درجه-روز- رشد از اول بهمن تا پانزدهم مرداد

رسیدگی اتفاق می افتد افزایش داده، به طوری که این مناطق ایستگاه کاشان را در بر می گیرند (شکل ۱۰).

کاشت گلرنگ در آخر اسفند، درجه-روز- رشد لازم برای رسیدگی در تیرماه را در مناطق شرقی و شمالی تأمین

درجه-روز- رشد لازم برای گل دهی تأمین می گردد (شکل های ۸ تا ۱۵). با کاشت گلرنگ در اول بهمن ماه، بعد از تأمین درجه-روز- رشد لازم، رسیدگی از شرق استان آغاز می گردد (شکل ۹).

کشت در پانزدهم اسفند وسعت مناطقی را که در آنها



شکل ۱۵. درجه-روز- رشد از اول بهمن تا آخر شهریور



شکل ۱۴. درجه-روز- رشد از اول بهمن تا پانزدهم شهریور

تأمین گردیده و رسیدگی برای این مناطق نیز فراهم می‌شود.

نتیجه‌گیری

به‌عنوان نتیجه‌نهایی از این پژوهش می‌توان به تأمین درجه-روز- رشد لازم برای وقوع مراحل نمو ارقام بهاره گلرنگ در تمامی نقاط قابل زراعت استان اصفهان اشاره نمود. بدین منظور، باید با توجه به تأمین صفر رشد و نمو گیاه در هر منطقه، نسبت به تنظیم تاریخ کاشت مناسب اقدام گردد.

می‌کند (شکل ۱۱). با توجه به شکل ۱۱، مشخص می‌گردد که در آخر تیرماه، گلرنگ در هیچ‌جای استان در مرحله سبز شدن قرار نداشته و از این مرحله عبور کرده است.

با انتقال تاریخ‌های کاشت به سمت نیمه اول اردیبهشت، تقریباً مقادیر درجه-روز- رشد برای رسیدگی گلرنگ در سراسر استان، بجز مناطق کوچکی شامل ایستگاه‌های مهرگرد و سینگرد به‌علت سردی هوا در این ایستگاه‌ها، تأمین می‌گردد (شکل ۱۵). با توجه به این‌که گلرنگ گیاهی ماهیتاً سرمادوست است، دماهای کم اوایل پائیز آسیبی به آن نمی‌رساند و به‌نظر می‌رسد باقی‌مانده درجه-روز- رشد لازم در نیمه اول پاییز

منابع مورد استفاده

1. Bagheri, M. 1995. Effects of planting date on yield and yield components of safflower varieties. MSc. Thesis, Isfahan University of Technology, Isfahan, Iran. (In Farsi).
2. Dadashi, N. and M. R. Khajehpour. 2004. Effects of temperature and day length on developmental stages of safflower genotypes under field conditions. *Journal of Agricultural Science and Natural Resources* 7: 83-102. (In Farsi).
3. Esmi, R. 1997. Study of inter-row and intra-row effects on yield, yield components and other agronomic characteristic of two spring safflower varieties in Isfahan region. MSc. Thesis, Khorasgan Islamic Azad University, Isfahan. (In Farsi).
4. Feng, S. and Q. Hu. 2004. Changes in agro-meteorological indicators in the contiguous United States: 1951-2000. *Theoretical and Applied Climatology* 78: 247-264.
5. Foroozan, K. 2005. Safflower production in Iran (past, now, future). Sixth International Safflower Conference. Istanbul, Turkey, pp. 255-257.
6. Fukushima, A. 1997. On a color change from yellow to red in the floral tissues of a dyer's saffron cultivar. *Journal of Plant Physiology* 150(6): 697-706.
7. Jame, Y. W. and H. W. Cutforth. 2004. Simulating the effects of temperature and seeding depth on germination and emergence of spring wheat. *Agricultural and Forest Meteorology* 124: 207-218.
8. Jame, Y. W., H. W. Cutforth and J. T. Ritchie. 1998. Interaction of temperature and day length on leaf appearance rate in wheat and barley. *Agricultural and Forest Meteorology* 92: 241-249.
9. Khajehpour, M. R. 2004. Industrial Crops. Jihad-e- Daneshgahi, Isfahan. (In Farsi).

10. Mozafari, G. 2005. Introduction to Agrometeorology. Nikpendar Pub., Tehran. (In Farsi).
11. Nejad shamloo, A. R. 1996. Study of morphological and physiological characteristics and grain yield of spring safflower varieties in Isfahan. MSc. Thesis, Khorasgan Islamic Azad University, Isfahan. (In Farsi).
12. Robertson, G. W. 1983. Weather-based mathematical models for estimating development and ripening of crop. Technical Note No. 180.
13. Shahsavari, M. R., T. Yasari, A. Barzegar and A. Omid. 1995. Study of developmental stages and relationship between them and seed yield in ten advanced safflower genotypes. *Research and Development* 68: 75-83. (In Farsi).
14. Velasco, L. B., P. Vich, Y. Hamdon and J. M. Frenandez Martinez. 2005. Genetic study of several seed oil quality traits in safflower. Sixth International Safflower Conference, Istanbul, Turkey, pp. 74-79.
15. Weiss, E. A. 2000. Oil Seed Crops. Blackwell Science Ltd., London.
16. Zand, A. 1995. Physiologic and morphologic bases of yield difference in safflower. MSc. Thesis, Ferdowsi University, Mashhad, Iran. (In Farsi).