نشریه پژوهشهای زراعی ایران
جلد ۱۰، شماره ۳ ، پاییز ۱۳۹۱، ص. ۵۶۲-۵۵۵

Iranian Journal of Field Crops Research
Vol. 10, No. 3, Fall 2012, p. 555-562

تخمین طول مراحل نمو گلرنگ رقم صفه با استفاده از درجه حرارت و طول روز

محمدرضا شهسواری[1*]

تاریخ دریافت:۱۳۸۹/۱۱/۱۰
تاریخ پذیرش:۲۸ /۱۳۹۱/۳

چکیده

انجام فعالیت‌های کشاورزی اغلب به اطلاعات دقیقی در مورد تاریخ وقوع مراحل خاص نمو نیاز دارد. به منظور تخمین طول مراحل نمو گلرنگ رقم صفه با استفاده از درجه حرارت و طول روز، از آزمایشات تاریخ کاشت این رقم طی سال‌های ۱۳۸۸-۱۳۸۳ در مزرعه تحقیقات کشاورزی کبوتر آباد اصفهان استفاده شد. برای تخمین طول نمو هر مرحله، طول هر مرحله به عنوان متغیر تابع و متغیرهای حرارتی، طول روز و حاصل ضرب متغیرهای حرارتی با متغیرهای طول روز به عنوان متغیر مستقل در رگرسیون مرحله ای مورد استفاده قرار گرفتند. مرحله ای از رگرسیون به عنوان مدل مناسب انتخاب گردید که ضریب رگرسیون و ضریب تشخیص جزئی آن حداقل در سطح احتمال ۵ درصد معنی دار بوده و حداکثر ضریب تبیین کل را داشته باشد. تعداد روز از کاشت تا سبز شدن، سبز شدن تا تکمه دهی، سبز شدن تا گلدهی و سبز شدن تا رسیدگی و گلدهی تا رسیدگی از تاریخ‌های کاشت تأثیر پذیرفت. با افزایش دما، طول مراحل نمو کاهش یافت. طول دوران سبز شدن تا تکمه دهی و تا گلدهی بیشترین تأثیر را از طول روز پذیرفت و با افزایش آن کاهش یافتند. درجه حرارت حداقل، توان دوم و چهارم آن متغیرهایی بودند که وارد مدل شدند و بر روی هم حدود ۹۱ درصد تغییرات طول دوره سبز شدن را توضیح دادند. به ترتیب ۹۰ و ۹۶ درصد تغییرات طول دوره سبز شدن تا تکمه دهی و سبز شدن تا گلدهی به وسیله حاصل ضرب درجه حرارت حداکثر در طول روز و مربع حرارت حداکثر در مربع طول روز توجیه گردیدند. بخش عمده واریانس طول دورهٔ نمو این رقم طی دوران سبز شدن تا رسیدگی بوسیله توان سوم و چهارم درجه حرارت حداکثر بیان گردید. مربع درجه حرارت حداقل، تنها متغیری بود که طول دوره گلدهی تا رسیدگی را به میزان ۶۳ درصد توضیح داد. نتایج حاصل از این مطالعه نشان داد که سهم پارامترهای حرارتی و طول روز در مراحل مختلف نمو ثابت نیست.

واژه‌های کلیدی: ارزیابی مدل، تاریخ کاشت، رگرسیون مرحله ای، عناصر اقلیمی، مدل سازی

مقدمه

گلرنگ گیاهی یک ساله، برگ پهن و روغنی از خانواده کاهو است، که بخوبی با شرایط خشکی و شوری سازگار می‌باشد (۲۰). گلرنگ در ابتدا به منظور استخراج رنگ از گلچه‌های آن جهت رنگ‌آمیزی پارچه و تزئین غذا کشت می‌شده است اما سابقه زراعت آن به عنوان یک دانه روغنی چندان طولانی نیست (۷). سطح زیر کشت گلرنگ در کشور حدود ۶۰۰۰ هکتار با متوسط عملکرد یک تن در هکتار می‌باشد و بیشترین سطح زیر کشت آن بترتیب مربوط به استانهای اصفهان، خراسان و یزد است (۱۰).

نمو محصول عبارت است از تغییرات کیفی برنامه ریزی شده ای که گیاه را به سوی رسیدگی هدایت می‌کند و محققان آن را پدیده شناسی می‌نامند (۱). نمو را باید از رشد که تجمع ماده خشک است و از فرآیند فتوسنتز حاصل می‌شود، متمایز دانست. عواملی چون فراهم بودن آب، نیتروژن و مواد فتوسنتزی رشد و نمو را تحت تأثیر قرار می‌دهند. تحت شرایط فاریاب، انتظار می‌رود کلیه عوامل به استثنای عناصر اقلیمی، تحت کنترل باشند. به این ترتیب تنها عناصر اقلیمی قادر به تغییر رشد و نمو گیاه هستند و تحت این شرایط میزان تأثیرپذیری از دما و طول روز بیش ازسایر عناصر خواهد بود. در هر مکان نیز تاریخ کاشت تعیین کننده نحوه انطباق مراحل نمو با حرارت ها و طول روزهای متفاوت طی فصل رشد است.

در استان اصفهان گلرنگ در مناطق حاشیه ای که دارای مسأله شوری و کم آبی هستند کشت می‌گردد. بر این اساس گیاه تحت این شرایط تولید در مراحل مختلف نمو خود با تنش‌های محیطی روبرو است. بنابراین آگاهی از زمان وقوع و طول دوره مراحل نمو آن باعث می‌شود که مراحل نمو حساس تر و تأثیر گذارتر در عملکرد دانه مورد

۱- مربی پژوهشی مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی اصفهان
(* - نویسنده مسئول: Email: shahsavari_mr@yahoo.com)

شناسایی قرار گرفته و عوامل محدود کننده تولید، نظیر آب در این مراحل برای گیاه تأمین گردد. این امر در نهایت سبب افزایش عملکرد محصول خواهد شد و به همین خاطر مطالعه تغییرات حیاتی گیاه شامل مراحل رشد رویشی و زایشی نسبت به زمان (فنولوژی[1]) اهمیت پیدا می‌کند.

سهم بیشتر دما بر نمو سبب شد تا گام‌های نخست در جهت شبیه سازی رشد و نمو گیاهان زراعی با استفاده از دما صورت پذیرد. تمامی پژوهشگران در ابتدا بر این عقیده بودند که به دلیل نقش بیشتر دما ، محاسبه شاخصی با زیر بنای دما قادر به کاهش شدید ضریب تغییرات پیشگویی مراحل نمو خواهد بود (۱۲، ۱۳، ۱۶ و ۱۸). مدل‌های نمو با آهنگ ثابت (۸)، شاخص دمای مؤثر (۱۳، ۱۵ و۱۸) و حرارتی غیر خطی (۲۱) از جمله مدل‌های حرارتی هستند. وجود تأثیر معنی دار طول روز بر گیاهان، پژوهشگران را بر آن داشت تا همزمان طول روز را نیز به واحدهای حرارتی اضافه کنند (۳، ۴، ۵، ۱۱، ۱۵، ۱۶ و ۲۲). از جمله این مدل ها می‌توان به مدل‌های خطی دما – طول روز (۱۵)، دما و طول شب (۱۹) درجه دومی حرارت و طول روز (۱۶) و رگرسیون مرحله ای دما و طول روز (۴ و۵) اشاره کرد.

ارقام گلرنگ نه تنها از نظر طول دوره نمو با یکدیگر متفاوت‌اند (۵، ۱۷ و۲۲)، بلکه تأثیرپذیری طول دوره‌های مختلف نمو آنها از دما و طول روز نیز فرق می‌کند (۵ و ۲۲). تفاوت ها سبب ناهمگونی در انطباق مراحل حساس رشد گیاهان با شرایط اقلیمی متفاوت می‌شوند (۵) و بنابراین برای هر ژنوتیپ مشخص به مدل‌های خاصی نیاز است.

هدف از این مطالعه، تخمین طول مراحل نمو گلرنگ رقم صفه توسط تعیین مدل هایی بر اساس دما و طول روز و همچنین تأثیر این عناصر اقلیمی بر مراحل نمو این رقم برای توسعه کشت آن بود.

مواد و روش ها

به منظور تخمین طول مراحل نمو گلرنگ رقم صفه و همچنین ارزیابی تأثیر پذیری طول این مراحل از تغییرات طول روز و دما از آزمایشات تاریخ کاشت این رقم که طی پنج سال زراعی در مزرعه تحقیقات کشاورزی کبوتر آباد اصفهان انجام شد استفاده گردید. این رقم طی سال زراعی ۱۳۸۳-۱۳۸۲ در شش تاریخ کاشت، اول (۱۵ اردیبهشت)، دوم (۳۱ اردیبهشت)، سوم (۱۵ خرداد)، چهارم (۳۱ خرداد)، پنجم (۱۵ تیر)، ششم (۳۱ تیر) و طی سالهای زراعی ۱۳۸۴-۱۳۸۳ ، ۱۳۸۶-۱۳۸۵ ، ۱۳۸۷-۱۳۸۶ و ۱۳۸۸-۱۳۸۷ در هشت تاریخ کاشت، اول(۱۵ اسفند)، دوم (۲۹ اسفند)، سوم (۱۵ فروردین)، چهارم(۳۱-۳۰ فروردین)، پنجم (۱۵ اردیبهشت)، ششم (۳۱-۳۰ اردیبهشت)، هفتم(۱۵ خرداد)، هشتم(۳۱ خرداد تا ۲ تیر) کشت شد. آزمایش‌های سالهای زراعی ۱۳۸۳-۱۳۸۲ و ۱۳۸۴-۱۳۸۳ در ۳ تکرار و بقیه آزمایش ها در ۶ تکرار به اجرا در آمدند. این ایستگاه در ۳۰ کیلومتری جنوب شرقی اصفهان، در عرض جغرافیایی ۳۲ درجه و ۳۰ دقیقه شمالی و طول جغرافیایی ۵۱ درجه و ۴۹ دقیقه شرقی واقع است. ارتفاع ایستگاه از سطح دریا ۱۵۴۱ متر است و طبق تقسیم بندی کوپن دارای اقلیم خشک، بسیار گرم با تابستان گرم و خشک می‌باشد. میانگین دراز مدت بارندگی و درجه حرارت سالیانه در این ایستگاه به ترتیب ۱۲۲ میلی متر و ۱۶/۱ درجه سانتیگراد است.

کاشت، داشت و برداشت طبق آزمایش‌های معمول گلرنگ انجام گرفت. در این آزمایش ها پس از حذف خطوط اول و چهارم از هر چهار خط یک کرت فرعی و نیم متر از ابتدا و انتهای خطوط دوم و سوم هر کرت، باقی مانده جامعه آماری آزمایش را تشکیل داد. مراحل نمو بر اساس مشاهده علائم مربوطه در هر کرت بدین شرح تعیین گردید. الف) مرحله سبز شدن، زمانیکه لپه ها در ۹۰ درصد از نقطه‌های کاشت خارج می‌شوند. ب) مرحله رؤیت طبق (تکمه دهی)، زمانیکه جوانه زایشی به صورت تکمه ای به قطر حدود ۱ سانتی متر در انتهای ساقه اصلی ۱۰ درصد بوته ها آغاز می‌شود. ج) مرحله گلدهی، آغاز گرده افشانی در گل آذین‌های انتهایی ساقه اصلی در ۱۰ درصد بوته ها. د) مرحله رسیدگی، زمانیکه ۹۰ درصد طبق ها متمایل به رنگ قهوه ای می‌شوند.

بر اساس مراحل نمو یاد شده، طول مراحل کاشت تا سبز شدن، سبز شدن تا تکمه دهی، سبز شدن تا گلدهی، سبز شدن تا رسیدگی و گلدهی تا رسیدگی بر اساس روز محاسبه گردید. روز شروع هر مرحله احتساب و روز پایان آن مرحله احتساب نگردید. داده‌های هواشناسی شامل حداکثر، حداقل و متوسط شبانه روزی دما از ایستگاه هواشناسی کبوتر آباد اصفهان تهیه شد. طول روز با استفاده از روش کیسلینگ (۱۴) در فاصله دو شدت نور ۰/۰۰۱ کالری بر سانتیمتر مربع بر دقیقه (قبل از طلوع و بعد از غروب خورشید) با وارد کردن عرض جغرافیایی ایستگاه کبوتر آباد بر حسب ساعت تا ۴ رقم اعشار به دست آمد. با وارد کردن داده ها در نرم افزار اکسل، متوسط حداکثر ها، حداقل ها، میانگین دمای شبانه روزی و میانگین طول روز، مطابق با هر مرحله نموی ثبت شده به دست آمد.

ضرایب همبستگی بین متغیرهای هواشناسی و طول مراحل نمو محاسبه گردید. طول هر مرحله نمو به عنوان متغیر تابع و پارامترهای حرارتی و طول روز مربوط، به عنوان متغیرهای مستقل در رگرسیون مرحله ای نرم افزار SAS 9.1 مورد استفاده قرار گرفتند. متغیرهای مستقل مورد استفاده برای مرحله کاشت تا سبز شدن شامل میانگین حداقل ها(T_{min})، میانگین حداکثرها(T_{max})، متوسط میانگین‌های دمای شبانه روزی (T_{mean})، تفاضل میانگین حداکثرها از حداقل ها($T_{max} - T_{min}$) و نیز مجذور، مکعب و توان چهارم متغیرهای

1 -Phenology

حرارتی مذکور بودند. برای سایر مراحل نمو، علاوه بر متغیرهای حرارتی، میانگین، توان دوم و توان سوم طول روز برای طول دوره نمو مورد نظر و حاصل ضرب متغیرهای حرارتی با متغیرهای طول روز در معادلات رگرسیون مرحله ای منظور شدند. مرحله ای از رگرسیون به عنوان مدل مناسب انتخاب گردید که ضریب رگرسیون و ضریب تشخیص جزئی آن حداقل در سطح احتمال ۵ درصد معنی دار بوده وحداکثر ضریب تشخیص کل را داشته باشد. برای ارزیابی دقت و حساسیت مدل ها ازنتایج آزمایش‌های زراعی ۱۳۸۸-۱۳۸۷ که در مدل سازی بکار گرفته نشده بود استفاده گردید. بدین منظور میانگین طول دوره حقیقی مراحل مختلف نمو در تاریخ‌های مختلف کاشت، پارامترهای مرتبط با انحراف از مدل شامل حداقل، حداکثر، طیف، میانگین و انحراف معیار و میزان خطاهای تخمین بر اساس حداکثر و طیف انحراف از مدل برای رقم مورد نظر محاسبه گردید و بر اساس آنها مدل ها ارزیابی شدند. در این صورت دقت یک مدل هنگامی مطلوب است که انحراف از مدل در حداقل بوده و میانگین انحرافات و انحراف معیار آن نزدیک به صفر و خطاهای تخمین بر اساس حداکثر و طیف حداقل باشد.

نتایج و بحث

طول دوره کاشت تا سبزشدن در رقم مورد مطالعه بین ۴ تا ۲۰ روز متغیر و میانگین آن۹/۱ روز بود. بیشترین طول دوره در تاریخ کاشت اول در سال سوم آزمایش و کمترین طول دوره در تاریخ کاشت‌های ششم سال اول آزمایش و هشتم سال دوم آزمایش حاصل شدند. با تأخیر در کاشت طول این دوره کاهش یافت که دلیل آن را افزایش دما می‌توان ذکر کرد. همبستگی منفی و معنی دار بین طول دوره و متغیرهای حرارتی مؤید این مطلب است (جدول۱). مقایسه تعداد روز از کاشت تا سبز شدن در تاریخ‌های کاشت مختلف طی سال‌های آزمایش نشان می‌دهد که روند تغییرات طول دوره نسبت به تغییرات دما در برخی موارد یکسان نیست که علت آن می‌تواند عواملی از قبیل دور آبیاری، عمق کاشت، رطوبت خاک و نظایر اینها باشد. درجه حرارت حداقل، مربع و توان چهارم آن (مدل۱) متغیرهایی بودند که طول دوره کاشت تا سبز شدن ژنوتیپ مورد آزمایش را به میزان ۹۰/۶۸ درصد توجیه کردند (جدول۲).

مدل (۱): مدل تخمین طول دوره کاشت تا سبز شدن

$$D = 22/45 - 2/22T_{min} + 0/10\,T^{2}_{min} - 0/0007T^{4}_{min} \quad R^2 = \%90/68$$

با توجه به اینکه بذر در خاک جوانه می‌زند، به نظر می‌رسد که متغیرهای یاد شده، بخش عمده ای از تغییرات دمای خاک را تفسیر می‌کند. دمای خاک تا عمق ۲۰ تا۳۰ سانتی متری با دمای شبانه روزی هوا در حال تعادل است، ولی رابطه بین دمای هوا و خاک ساده نیست و از رنگ، بافت، رطوبت و پوشش خاک و میزان و جهت شیب زمین تأثیر می‌پذیرد(۱۳)، به علاوه، میانگین دمای شبانه روزی هوا پیوسته تغییر می‌یابد. به همین جهت استفاده از روابط دیگری ضرورت دارد. بر این اساس می‌توان گفت که تخمین دقیق تر و صحیح تر دوران کاشت تا سبز شدن بذرها نیازمند بررسی و اندازه گیری مستقیم حرارت خاک است که با توجه به وسایل مورد نیاز و حساسیت آن در مزارع کشاورزان کار دشواری است. در مطالعه ای که در اتاقک رشد روی رقم دینسر[1] گلرنگ انجام گرفت، مدل زیر برای پیش بینی تعداد روز تا جوانه زنی این رقم ارائه گردید(۶).

$$1/N = 0/38 - 0/07Tmean + 0/001T^{2}mean \quad R^2 = \%90/68$$

طول دوره سبز شدن تا تکمه دهی در رقم مورد مطالعه بین ۳۵ تا ۶۹ روز و میانگین آن۴۷/۹ روز بود. بیشترین طول دوره در تاریخ کاشت اول در سال دوم آزمایش و کمترین طول دوره در تاریخ کاشت‌های ششم و هشتم سال چهارم آزمایش حاصل شدند. بطور کلی می‌توان گفت با تأخیر در کاشت و گرم شدن هوا مدت زمان لازم از سبز شدن تا تکمه دهی کاهش یافته است. همبستگی منفی و معنی دار بین طول دوره و متغیرهای حرارتی نیز نشان دهنده این مطلب است (جدول۱).

از طرف دیگر با توجه به اینکه گلرنگ گیاهی ماهیتاً سرما دوست و روز بلند است و حساسیت آن به طول روز طی سبز شدن تا تشکیل جوانه گل (مرحله رؤیت طبق) مشاهده می‌گردد (۹)، انتظار می‌رود که با تأخیر در کاشت و افزایش طول روز، طول دوره سبز شدن تا رؤیت طبق کاهش یابد که این چنین نیز شد. همبستگی منفی و معنی‌دار (r= −۰/۹۴**) بین طول دوره و طول روز نیز به خوبی نشان دهنده این مطلب است. بررسی‌های انجام گرفته (۲، ۵ و ۱۷) روی گلرنگ بهاره نیز نشان می‌دهد که طول دوره از کاشت تا تکمه دهی (به عنوان اولین علامت قابل مشاهده شروع گلدهی در گلرنگ) همراه با تأخیر در کاشت نقصان می‌یابد. حاصل ضرب طول روز با درجه حرارت ماکزیمم اولین متغیری بود که وارد مدل شد و به تنهایی۸۵/۵ درصد تغییرات را تبیین نمود. مربع طول روز در مربع درجه حرارت ماکزیمم دومین متغیری بود که وارد مدل شد و ۴/۳۵ درصد تغییرات این دوره را تفسیر نمود و همراه با متغیر اول دقت مدل را (مدل۲) به ۸۹/۸۵ درصد رسانید (جدول۲).

مدل (۲): مدل تخمین طول مرحله سبز شدن تا تکمه دهی

$$D = 237/19 - 0/72\,DL \times T_{max} + 0/0006\,DL^{2} \times T^{2}_{max} \quad R^2 = \%89/85$$

به طور کلی می‌توان نتیجه گرفت که هم درجه حرارت و هم طول روز در توجیه سرعت نمو این مرحله نقش دارند. اگرچه تفکیک اثر طول روز از اثر دما در شرایط مزرعه ای بسیار دشوار است، ولی نتایج بدست آمده ممکن است در قیاس با سایر شرایط بیشتر تعمیم پذیر باشد. تعیین چگونگی عکس العمل گیاهان نسبت به طول روز در

1 -Dinser

شرایط طبیعی ساده نیست. شکل ۱ روند تغییرات میانگین دراز مدت ماهیانه دما و طول روز را (با محدوده شدت نور ۰/۰۰۱ کالری بر سانتی متر مربع بر دقیقه یا محدوده زمانی که مرکز خورشید حدوداً دو درجه زیر افق است) طی سال برای اصفهان (عرض جغرافیایی ۳۲ درجه و ۲۸ دقیقه) نشان می‌دهد.

طول روز با روش کیسلینگ محاسبه شده و محدوده شدت نور بر اساس احتمال عکس العمل گیاهان به شدت نورهای کمتر از هنگام طلوع یا غروب انتخاب گردیده است. مشاهده می‌شود که تغییرات میانگین دما نسبت به طول روز با تأخیر فاز همراه است، ولی هر دو، همروندی کاملی را نشان می‌دهند. به این طریق تفکیک اثر دما از طول روز بر نمو گیاه دچار اشکال می‌شود. بر اساس اینکه دورهٔ نمو مورد نظر در کدام ماه از سال رخ می‌دهد، سهم دما و طول روز در تعیین طول این دوره متفاوت خواهد بود. ورود این دو متغیر در مدل‌های تخمین طول دوره نمو، علاوه بر ماهیت عکس العمل گیاه، تحت تأثیر واریانس موجود در دما و هماهنگی تغییرات دما و طول روز قرار دارد. به طور مثال، طول روز از اواسط خرداد تا اوایل مرداد ثبات بیشتری دارد. در سایر مواقع از فصل رشد این دو متغیر به طور هماهنگ تغییر می‌یابند (۳). در مطالعه ای، سرعت نمو مرحله کاشت تا رؤیت طبق رقم آفتابگردان ونیمیک[1] با استفاده از رگرسیون مرحله ای به صورت زیر گزارش شد(۴).

$$1/N=۱/۳۹\times۱۰^{-۱۰}+۳\times۱۰^{-۵}\,T_{max}+۱/۰۵\times۱۰^{-۲}\,DL \qquad R^2=٪۸۴$$

جدول ۱- ضرایب همبستگی مراحل مختلف نمو رقم صفه با متغیرهای هواشناسی

	دمای شبانه روزی			
	میانگین حداکثر	میانگین حداقل	متوسط میانگین	میانگین طول روز
		کاشت تا سبز شدن		
میانگین حداقل	۰/۹۷۷ **			
متوسط میانگین	۰/۹۹۵**	۰/۹۹۳**		
میانگین طول روز	۰/۹۱۶**	۰/۹۴۲**	۰/۹۳۵**	
میانگین طول دوره	-۰/۸۸۷**	-۰/۹۰**	-۰/۸۹۹**	-۰/۹۵۲**
		سبز شدن تا تکمه دهی		
میانگین حداقل	۰/۹۸۵**			
متوسط میانگین	۰/۹۷۸**	۰/۹۸۷**		
میانگین طول روز	۰/۸۸۲**	۰/۸۴۸**	۰/۸۵۵**	
میانگین طول دوره	-۰/۹۴۳**	-۰/۹۱۰**	-۰/۹۱۰**	-۰/۹۴۱**
		سبز شدن تا گلدهی		
میانگین حداقل	۰/۹۸۵**			
متوسط میانگین	۰/۹۸۷**	۰/۹۸۱**		
میانگین طول روز	۰/۷۸۱**	۰/۷۳۱**	۰/۷۸۶**	
میانگین طول دوره	-۰/۹۶۸**	-۰/۹۴۵**	-۰/۹۶۲**	-۰/۸۸۰**
		سبز شدن تا رسیدگی		
میانگین حداقل	۰/۹۵۹**			
متوسط میانگین	۰/۹۹۰**	۰/۹۸۹**		
میانگین طول روز	۰/۰۵۷	۰/۲۱۰	۰/۱۳۳	
میانگین طول دوره	-۰/۸۹۹**	-۰/۸۹۵**	-۰/۹۰۷**	-۰/۳۹۲
		گلدهی تا رسیدگی		
میانگین حداقل	۰/۹۶۹**			
متوسط میانگین	۰/۹۸۹**	۰/۹۹۵**		
میانگین طول روز	۰/۹۷۵**	۰/۹۵۷**	۰/۹۷۱**	
میانگین طول دوره	-۰/۸۱۸**	-۰/۸۷۸**	-۰/۸۵۹**	-۰/۸۱۵**

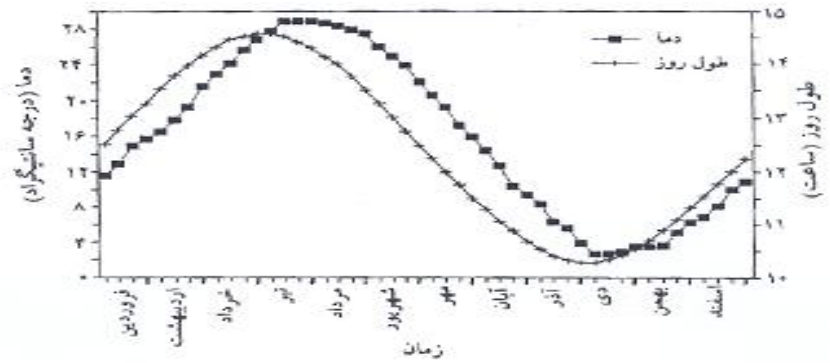
**: معنی دار در سطح احتمال ۱ درصد

1 -Vinimik

جدول ۲- خلاصه آنالیز رگرسیون مرحله ای برای تخمین طول دوره مراحل کاشت تا سبز شدن، سبز شدن تا تکمه دهی، سبز شدن تا گلدهی، سبز شدن تا رسیدگی و گلدهی تا رسیدگی رقم صفه

متغیر ورودی[1]	ضریب تشخیص مدل (R^2)	ضریب تشخیص جزئی ($P.R^2$)	سطح احتمال معنی دار بودن ضریب تشخیص جزء	ضریب رگرسیون	اشتباه معیار ضریب رگرسیون	سطح احتمال معنی دار بودن ضریب رگرسیون
			کاشت تا سبز شدن			
عرض از مبدأ	--	--	--	۲۲/۴۵	۰/۶۲	۰/۰۰۰۱
T min	۰/۷۹۶۲	۰/۷۹۶۲	۰/۰۰۰۱	-۲/۲۲	۰/۲۳	۰/۰۰۰۱
T^2 min	۰/۸۹۶۴	۰/۱۰۰۲	۰/۰۰۰۱	۰/۱۰	۰/۰۳	۰/۰۰۰۱
T^4 min	۰/۹۰۶۸	۰/۰۱۰۴	۰/۰۰۱۸	-۰/۰۰۰۰۷	۰/۰۰۰۰۰۷	۰/۰۴۹۵
			سبز شدن تا تکمه دهی			
عرض از مبدأ	--	--	--	۲۳۷/۱۹	۲۰/۱۴	۰/۰۰۰۱
$DL \times T_{max}$	۰/۸۵۵۰	۰/۸۵۵۰	۰/۰۰۰۱	-۰/۷۲	۰/۰۹	۰/۰۰۰۱
$DL^2 \times T^2_{max}$	۰/۸۹۸۵	۰/۰۴۳۵	۰/۰۰۰۱	۰/۰۰۰۶	۰/۰۰۰۱	۰/۰۰۰۱
			سبزشدن تا گلدهی			
عرض از مبدأ	--	--	--	۳۰۸/۰۶	۲۳/۴۹	۰/۰۰۰۱
$DL \times T_{max}$	۰/۹۳۸۶	۰/۹۳۸۶	۰/۰۰۰۱	-۰/۸۶	۰/۱۰	۰/۰۰۰۱
$DL^2 \times T^2_{max}$	۰/۹۵۷۲	۰/۰۱۸۵	۰/۰۰۰۱	۰/۰۰۰۷	۰/۰۰۰۱	۰/۰۰۰۱
			سبز شدن تا رسیدگی			
عرض از مبدأ	--	--	--	۷/۴۳	۰/۰۷۳	۰/۰۰۰۱
T^3_{max}	۰/۹۷۸۵	۰/۹۷۸۵	۰/۰۰۰۱	۰/۰۰۱	۰/۰۰۰۰۴	۰/۰۰۰۱
T^4_{max}	۰/۹۹۶۴	۰/۰۱۸	۰/۰۰۰۱	-۰/۰۰۰۰۰۶	۰/۰۰۰۰۰۰۴	۰/۰۰۰۱
			گلدهی تا رسیدگی			
عرض از مبدأ	--	--	--	۵۲/۰۲	۰/۶۳	۰/۰۰۰۱
T^2 min	۰/۶۳۲۷	۰/۶۳۲۷	۰/۰۰۰۱	-۰/۰۶	۰/۰۰۵	۰/۰۰۰۱

(۱) - T min , T max , DL به ترتیب میانگین طول روزها، متوسط حداکثر ها و حداقل‌های درجه حرارت طی دوره مورد نظر می‌باشند.



شکل۱ - روند تغییرات میانگین دما وطول روز (درمحدوده شدت نور۰/۰۰۱ کالری برسانتی مترمربع بر دقیقه) طی سال در اصفهان (اقتباس از منبع شماره ۳)

طول دوره سبز شدن تا گلدهی در رقم مورد مطالعه بین ۴۸ تا ۸۷ روز و میانگین آن ۶۳ روز بود. کمترین و بیشترین طول این دوره بترتیب در تاریخ کاشت هشتم سال سوم آزمایش و تاریخ کاشت اول سال دوم آزمایش بوقوع پیوست. همچون مرحله سبز شدن تا تکمه دهی حاصل ضرب طول روز با درجه حرارت ماکزیمم و مربع طول روز در مربع درجه حرارت ماکزیمم دو متغیری بودند که وارد مدل شدند (مدل ۳) و دقت آنرا به ۹۵/۷۲ درصد رسانیدند (جدول۲) که بواسطه کوتاه بودن فاصله زمان تکمه دهی تا گلدهی مورد انتظار

می‌باشد.

مدل (۳) : مدل تخمین طول مرحله سبز شدن تا گلدهی

$$D = ۳۰۸ /۰۶ - ۰/ ۸۶ DL \times T_{max} + ۰/۰۰۰۷ DL^2 \times T^2_{max} \quad R^2 = ٪۹۵/۷۲$$

طول دوره سبز شدن تا رسیدگی برای رقم صفه از ۸۱ تا ۱۱۷ روز متغیر و میانگین آن ۹۳/۶ روز بود. کمترین تعداد روز در تاریخ کاشت ششم سال چهارم از آزمایش و بیشترین تعداد روز در تاریخ کاشت اول از سال سوم آزمایش حادث شدند. باتوجه به معنی دارنشدن ضریب همبستگی طول دوره باطول روز ($r = -۰/۳۹۲$)، می‌توان نتیجه گیری کرد که طول دوره سبزشدن تارسیدگی تابع متغیرهای حرارتی به ویژه درجه حرارت‌های میانگین ($r=۰/۹۰۷^{**}$) است که با نتایج داداشی و خواجه پور (۵) مطابقت دارد. نتایج رگرسیون مرحله ای در جدول ۲ نشان می‌دهد که مکعب درجه حرارت حداکثر اولین متغیری بود که وارد مدل شد و به تنهایی ۹۷/۸۵ درصد طول دورهٔ نمو مرحله سبز شدن تا رسیدگی را تفسیر کرد. دومین و آخرین متغیر وارد شده به مدل توان چهارم درجه حرارت مینیمم بود که به تنهایی ۱/۸ درصد تغییرات و همراه با متغیر اولیه دقت مدل را به ۹۹/۶۴ درصد رسانید (مدل۴). انتظار می‌رود که افزایش طول روز فقط بر طول دوره سبز شدن تا تشکیل جوانه گل (مرحله رویت طبق در گلرنگ) موثر باشد (۹). ولی به دلیل هم روندی وسیع طول روز با دما (۳ و ۴)، اثر طول روز بر طول دوران‌های مختلف نمو نیز گزارش شده است (۴ و ۵).

مدل(۴) : مدل تخمین طول مرحله سبزشدن تا رسیدگی

$$D = ۷ /۴۳ + ۰/ ۰۰۱ T^3_{max} - ۰/۰۰۰۰۰۶ T^4_{min} \quad R^2 = ٪۹۹/۶۴$$

با توجه به نتایج بدست آمده به نظر میرسد متغیرهای حرارتی و عمدتاً درجه حرارت‌های ماکزیمم عوامل اصلی در توجیه تغییرات این دوره می‌باشند. در تحقیق دیگری (۵) سرعت نمو گلرنگ لاین اراک-۲۸۱۱ طی دوران کاشت تا رسیدگی توسط حداقل دما تفسیر شد.

با تأخیر در کاشت طول دورهٔ گلدهی تا رسیدگی به آرامی کاهش یافت و سپس با تأخیر بیشتر به آرامی افزایش یافت که دقیقاً همروند با تغییرات حرارتی طی این دوره می‌باشد (جدول۱). طول دوره گلدهی تا رسیدگی برای این ژنوتیپ از ۲۶ تا ۴۷ روز متغیر و میانگین آن ۳۰/۹ روز بود. کمترین تعداد روز در تاریخ کاشت پنجم و بیشترین آن در تاریخ کاشت هفتم از سال سوم آزمایش حادث شدند. در انطباق با ضرایب همبستگی محاسبه شده مربع درجه حرارت حداقل (مدل۵) تنها متغیری بود که وارد مدل شد و ۶۳/۲۷ درصد تغییرات طول دوره نمو این مرحله را با ضریب رگرسیون منفی توجیه کرد (جدول۲).

مدل (۵) : طول دوره مرحله نمو گلدهی تا رسیدگی

$$D = ۵۲ /۰۲ - ۰/۰۶ T^2_{min} \quad R^2 = ٪۶۳/۲۷$$

باید یاد آور شد انتظار نمی رود که طول دورهٔ گلدهی تا رسیدگی تحت تأثیر طول روز قرار گیرد. در آزمایشی که روی گلرنگ رقم ورامین انجام شد، دوره مذکور به وسیله هیچ یک از متغیرهای مورد مطالعه تفسیر نشد (۵).

نتایج ارزیابی مدل ها با توجه به مرحله مدل سازی شده، مقادیر حقیقی و تخمینی و اختلاف این دو مقدار در جدول ۳ نشان داده شده است. با توجه به این جدول، عدم وجود اختلاف بین اعداد حقیقی و تخمینی برای مراحل کاشت تا سبز شدن، سبز شدن تا تکمه دهی، سبز شدن تا رسیدگی و گلدهی تا رسیدگی بترتیب در ۱،۲،۲و۱ مورد مشاهده و برای مرحله سبز شدن تا گلدهی موردی مشاهده نگردید. بیشترین اختلاف برای این رقم، ۸ روز و مربوط به مرحله سبز شدن تا رسیدگی در تاریخ کاشت دوم تیر ماه بود.

قدر مطلق پارامترهای مرتبط با انحراف از مدل شامل حداقل، حداکثر، طیف، میانگین و انحراف معیار برای دورهٔ کاشت تا سبز شدن دارای کمترین مقدار و برای دوره‌های سبز شدن تا رسیدگی و گلدهی تا رسیدگی دارای بیشترین مقدار بودند (جدول ۴). علت این امر در مورد مرحله گلدهی تا رسیدگی را می‌توان به پائین بودن ضریب تبیین مدل برای این مرحله ربط داد (جدول۲)، ولی در مورد مراحل کاشت تا سبز شدن و سبز شدن تا رسیدگی می‌توان گفت دقت یک مدل هنگامی مطلوب است که انحراف از مدل در حداقل خود بوده و میانگین انحرافات و انحراف معیار آن نزدیک به صفر باشد. بر این اساس ممکن است مدل‌های تخمین طول دوران کاشت تا سبز شدن را بهترین مدل دانست. اما در صورتیکه حدود تغییرات انحراف از مدل طی دوره کاشت تا سبز شدن مورد توجه قرار گیرد، مشاهده می‌شود که میزان انحراف نسبت به طول دورهٔ حقیقی نمو بسیار بزرگ است. به همین دلیل حداکثر میزان انحراف از مدل نسبت به طول دوره حقیقی نمو بصورت درصد (حداکثر خطای تخمین) سنجیده شد (جدول۴). بر اساس این معیار، مراحل نمو طولانی بخوبی تخمین زده شدند که نشانگر کارایی مدلهای محاسبه شده برای این رقم می‌باشد. معیار مناسب دیگری برای ارزیابی ممکن است میزان خطای تخمین (بصورت درصد) بر حسب طیف انحراف از مدل (خطای تخمین بر اساس طیف) باشد (جدول۴) معیار اخیر وضعیت ارزیابی مدل ها را تغییر نمی دهد. بطور مثال خطای تخمین بر اساس طیف بسیار بیشتر از همین معیار برای مراحل سبز شدن تا تکمه دهی، سبز شدن تا گلدهی و سبز شدن تا رسیدگی بود.

نتایج حاصل از این بررسی نشان می‌دهد که مراحل مختلف نمو، عکس العمل‌های متفاوتی را به تغییرات طول روز و دمای ناشی از تأخیر در کاشت نشان می‌دهند. متغیرهای ورودی در معادلات تخمین طول مراحل کاشت تا سبز شدن، سبز شدن تا تکمه دهی، سبز شدن تا گلدهی، سبز شدن تا رسیدگی و نیز گلدهی تا رسیدگی ثابت نیستند و با مقادیر متفاوتی طول این دوره ها را توجیه کردند. بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که سهم پارامترهای حرارتی و طول روز در تعیین مراحل مختلف نمو ثابت نیست. علت این امر ممکن است تفاوت هایی در ماهیت فیزیولوژیکی مراحل نمو و اختلاف در عکس العمل مراحل نمو به عناصر اقلیمی، خاکی، زراعی و تأثیرات متقابل

این عوامل با یکدیگر و با ژنوتیپ گیاه باشد.

جدول ۳ - اعداد حقیقی، تخمینی و اختلاف آنها برای طول مراحل کاشت تا سبز شدن، سبز شدن تا رویت طبق، سبز شدن تا گلدهی، سبز شدن تا رسیدگی و گلدهی تا رسیدگی رقم صفه طی سال زراعی ۸۸-۱۳۸۷ در تاریخ‌های مختلف کاشت

تاریخ کاشت	تعداد روز از کاشت تا سبز شدن			تعداد روز از سبز شدن تا رویت طبق			تعداد روز از سبز شدن تا گلدهی			تعداد روز از سبز شدن تا رسیدگی			تعداد روز ازگلدهی تا رسیدگی		
	حقیقی	تخمینی	اختلاف	حقیقی	تخمینی	اختلاف	حقیقی	تخمینی	اختلاف	حقیقی	تخمینی	اختلاف	حقیقی	تخمینی	اختلاف
۱۲/۱۵	۱۹	۱۷	۲	۵۷	۵۵	۲	۸۰	۸۴	-۴	۱۱۲	۱۱۴	-۲	۳۵	۳۱	۴
۱۲/۲۹	۱۴	۱۵	-۱	۵۴	۵۱	۳	۷۶	۸۲	-۶	۱۰۶	۱۱۲	-۶	۳۰	۳۵	-۵
۱/۱۵	۱۲	۱۳	-۱	۵۰	۴۸	۲	۶۴	۶۸	-۴	۹۵	۹۸	-۳	۲۸	۳۲	-۴
۱/۳۰	۱۱	۱۱	۰	۴۴	۴۳	۱	۶۰	۶۷	-۷	۸۷	۸۷	۰	۲۶	۲۸	-۲
۲/۱۵	۹	۱۱	-۲	۴۱	۴۳	-۲	۵۴	۶۰	-۶	۸۲	۸۲	۰	۲۶	۲۶	۰
۲/۳۰	۸	۷	۱	۳۲	۳۱	۱	۴۷	۴۸	-۱	۷۹	۷۶	۳	۳۱	۳۰	۱
۳/۱۶	۶	۶	۰	۳۱	۳۱	۰	۵۰	۴۹	۱	۷۸	۷۹	-۱	۳۲	۳۰	۲
۴/۲	۵	۶	-۱	۳۰	۳۲	-۲	۵۰	۴۶	۴	۹۱	۸۲	۸	۴۶	۳۸	۶

جدول ٤- پارامترهای مرتبط با انحراف از رگرسیون، طول دوره حقیقی و میزان خطای تخمین طول مراحل مختلف نمو رقم صفه

مرحله نمو	طول دوره حقیقی(روز)	انحراف از رگرسیون				حداکثر[1] خطای تخمین(درصد)	خطای[2] تخمین بر اساس طیف (درصد)
		حداقل	حداکثر	طیف	میانگین	انحراف معیار	
کاشت تا سبز شدن	۱۰/۵	-۲	۲	۴	-۰/۳	۱/۲	۱۹	۳۸/۱
سبز شدن تا رویت طبق	۴۲/۴	-۲	۳	۵	۰/۶	۱/۷	۷	۱۱/۸
سبز شدن تا گلدهی	۶۰/۱	-۷	۴	۱۱	-۲/۹	۳/۶	۶/۶	۱۸/۳
سبز شدن تا رسیدگی	۹۱/۳	-۶	۸	۱۴	-۰/۱	۳/۹	۸/۸	۱۵/۳
گلدهی تا رسیدگی	۳۱/۸	-۵	۶	۱۱	۰/۳	۳/۶	۱۸/۹	۳۴/۶

۱ - عبارتست از حداکثر انحراف از رگرسیون تقسیم بر طول دوره حقیقی ضربدر صد

۲ - عبارتست از طیف انحراف از رگرسیون تقسیم بر طول دوره حقیقی ضربدر صد

منابع

۱- اندرزیان، ب.، ع. بخشنده، ق. فتحی، ح. عالمی سعید، م. بنایان، و ی. امامی. ۱۳۸۶. CDSS:Model : مدلی برای شبیه سازی مراحل نمو گیاهی. پژوهش و سازندگی. ۲۰(۳):۷۹-۷۱.

۲- باقری، م. ۱۳۷۴. اثرات تاریخ کاشت بر عملکرد و اجزای عملکرد ارقام گلرنگ. پایان نامه کارشناسی ارشد رشته زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان.

۳- خواجه پور، م. ر. ۱۳۷۷. نقش طول روز و دما در انتخاب تاریخ کاشت محصولات زراعی. مقالات کلیدی پنجمین کنگره زراعت و اصلاح نباتات ایران، موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر.

۴- خواجه پور، م. ر. و ف. سیدی. ۱۳۸۰. اثر دما و طول روز بر مراحل نمو ارقام آفتابگردان در شرایط مزرعه. مجله علوم و فنون کشاورزی و منابع

طبیعی. ۵(۲):۱۰۷-۹۱.

۵- داداشی، ن و م. ر. خواجه پور. ۱۳۸۲. اثر دما و طول روز بر مراحل مختلف نمو ژنوتیپ های گلرنگ در شرایط مزرعه. مجله علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی. ۷(۴):۱۰۲-۸۳.

6- Ayon, A. K., C. Ciyak, M. S. Cdabas, and N. Camas. 2005. Modeling the effect of temperature on the days to seed germination in safflower. Pp 187-192. In E. Esendel (ed.) Proceedings of the 6th International Safflower Confernce. 6-10 June. 2005. Istanbul, Turkey.

7- Cho, M. H., and R. H. Tae. 2000. Purification and characterization decarboxylase from the yellow petals of *Charthamus tinctorius* L. Archive of Biochemistry and Biophysics. 382:238-244.

8- Clarkson, N. M., and J. S. Russel. 1979. Effect of temperature on the development of two annual medica. Australian Journal of Agriculture Research. 30:909-916.

9- Francis, C .A. 1970. Effective day lengths for the study of photoperiod sensitive reaction plants. Agronomy Journal. 62:740-792.

10- Froozan, K. 2005. Safflower production in Iran (past, now and future). Pp. 255-257. In E. Esendel (ed.) Proceedings of the 6th International Safflower Confernce. 6-10 June. 2005. Istanbul, Turkey.

11- 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. Agriculture Forest Meteorology. 92:341-249.

12- Jame, Y. W., and H. W. Cutforth. 1997. Crop growth models for decision support systems. Canadian Journal of Plant Science. 76:9-19.

13- Jame, Y. W., and H. W. Cutforth. 2004. Simulating the effects of temperature and seeding depth on germination and emergence of spring wheat. Agriculture and Forest Meteorology. 124: 207-218.

14- Keisling, T. C. 1982. Calculation of the length of day. Agronomy Journal. 74:758-759.

15- Lown, R. J., and D. E. Byth. 1973. Response of soybean to planting date in South-Eastern Queensland, I. Influence of photoperiod and temperature on phasic development pattern Australian Journal of Agriculture Research. 24:67-80.

16- Majore, D. J., D. R. Johnson, J. W. Tanner, and I. C. Anderson. 1975. Effect of day length and temperature on soybean development. Crop Science. 15:174-179.

17- Mundel, H. H., R. J. Morrisone, R. E. Blackshaw, B. T. Roth, R. Gaudiel, and F. Kiehn.1994. Seeding-date effect on yield, quality and maturing of safflower. Canadian Journal of Plant Science. 74:261-266.

18- Robertson, G. W. 1983. Weather based mathematical models for estimating development and ripening of crop. Technical Note No. 180. pp.1-99.

19- Robertson, G. W. 1998. A biometeorological time scale for cereal crop involving day and night temperature and photoperiod. International Journal of Biometeorology. 12:141-223.

20- Rohini, V. K., and K. R. Sankora. 2000. Embryo transformation, a practical approach for releasing transgenic plant of safflower (*Carthamus tinctorios* L.). Annals of Botany. 86:1043-1049.

21- Yin, X., G. Kropff, and R. M. Visperas. 1995. A nonlinear model for crop development as a function of temperature. Agriculture and Forest Meteorology. 77:1-16.

22- Zimmerman, L. H. 1973. Effects of photoperiod and temperature on rosette habit in safflower. Crop Science. 13:80-81.