



به زراعی کشاورزی

دوره ۱۷ ■ شماره ۴ ■ زمستان ۱۳۹۴

صفحه‌های ۱۰۶۲-۱۰۴۹

بررسی تأثیر دما و فتوپریود بر مراحل رشد و نمو دو رقم کلزا

ابوالفضل فرجی^{۱*}

۱. دانشیار، بخش تحقیقات زراعی و باغی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان گلستان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، گرگان، ایران

تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۹۴/۰۷/۲۰

تاریخ وصول مقاله: ۱۳۹۳/۱۲/۰۶

چکیده

به منظور بررسی تأثیر دما و فتوپریود بر سرعت نمو مراحل مختلف رویشی و زایشی کلزا، آزمایشی در ایستگاه تحقیقات کشاورزی گنبد، در دو سال زراعی ۸۵-۱۳۸۴ و ۸۶-۱۳۸۵ اجرا شد. با تأخیر در کاشت، طول دوره رویشی و زایشی به طور خطی کاهش یافت. رابطه بین میانگین دما با طول دوره نمو، برای دوره کاشت تا سبز شدن و سبز شدن تا شروع غنچه‌دهی توانی منفی، شروع غنچه‌دهی تا شروع گلدهی و شروع گلدهی تا شروع پر شدن دانه درجه ۲ و شروع پر شدن دانه تا رسیدگی فیزیولوژیک خطی منفی بود. کاهش طول دوره پر شدن دانه با افزایش دما در هیبرید 'هایولا ۴۰۱' به طور شایان توجهی بیشتر از رقم 'آرجی اس ۲۰۰۳' بود که نشان‌دهنده واکنش بیشتر نمو هیبرید 'هایولا ۴۰۱' نسبت به دما بود. بین میانگین فتوپریود از سبز شدن تا شروع گلدهی با درجه روز رشد تجمعی طی این مرحله رابطه خطی مثبت وجود داشت که به ترتیب ۶۸ و ۷۴ درصد از تغییرات در هیبرید 'هایولا ۴۰۱' و رقم 'آرجی اس ۲۰۰۳' را توجیه کرد و نشان‌دهنده تأثیر مثبت فتوپریود بر نمو کلزا از سبز شدن تا شروع گلدهی بود. نمو کلزا از سبز شدن تا شروع گلدهی تحت تأثیر فتوپریود و دما و از شروع گلدهی تا رسیدگی فیزیولوژیک تحت تأثیر دما بود.

کلیدواژه‌ها: تاریخ کاشت، درجه روز رشد، رقم، کانولا، گنبد.

۱. مقدمه

کلزا^۱ گیاه نواحی خنک و معتدل [۸، ۹]، با دمای مناسب طی دوره گلدهی ۲۰ درجه سانتی‌گراد [۱۸] و آستانه دمای تنش‌زا بین ۲۵ تا ۲۷ درجه سانتی‌گراد است [۲۳، ۴]. وقوع دماهای بالا و پایین می‌تواند اثرهای مضر بر نمو کلزا داشته باشد. دماهای بالا نمو گیاه را سرعت می‌بخشد، طول دوره رشد را کاهش می‌دهد و پتانسیل عملکرد را کم می‌کند [۲۵، ۱۴]. دمای بالا طی گلدهی طول دوره آزادسازی و بقای دانه گرده و زمان دریافت دانه گرده توسط گل را کوتاه می‌کند. بنابراین توانایی گیاه برای تطبیق مراحل حساس نمو با شرایط عدم تنش در طی فصل رشد می‌تواند سبب فرار گیاه از تنش‌های محیطی طی فصل رشد شود [۲۹]. تاریخ کاشت یک ابزار مدیریتی مهم در به حداقل رساندن جنبه‌های منفی دمای بالا و تنش رطوبت در طی گلدهی و پر شدن دانه کلزاست و تأخیر در کاشت می‌تواند سبب کاهش عملکرد دانه شود [۲۰].

واکنش نمو گیاهان حساس به فتوپریود در طول روز معینی آغاز می‌شود و در طول روز معینی به حداکثر می‌رسد [۵]. در دامنه بین این دو طول روز، تغییر طول روز بر نمو گیاه مؤثر است و سبب تسریع (گیاهان روزبلند نظیر گندم و کلزا) یا تأخیر آن (گیاهان روزکوتاه مانند سویا و آفتابگردان) می‌شود [۲]. در بیشتر گونه‌های گیاهی مانند گندم [۱۹] و جو [۲۲] دوره بین سبز شدن تا شروع گلدهی علاوه بر دما تحت تأثیر فتوپریود نیز قرار می‌گیرد. در کلزای تیپ زمستانه، دوره بین سبز شدن تا شروع گلدهی، دما، فتوپریود و بهاره‌سازی عوامل مؤثر بر نمو کلزا هستند [۱۵]، درحالی که نمو کلزا از گلدهی تا رسیدگی تنها تحت تأثیر دما قرار می‌گیرد. به‌ازای هر روز تأخیر در کاشت کلزا از ۱۳ اکتبر، تعداد روز تا رسیدگی فیزیولوژیکی ۰/۶۲ روز کاهش یافت [۲۴]. با کاهش دما از

۲۴ به ۲ درجه سانتی‌گراد، درجه روز رشد جمعی از سبز شدن تا ظهور غنچه کاهش یافت. مقدار درجه روز رشد جمعی از سبز شدن تا ظهور غنچه‌های گل، معادل ۳۵۰ درجه روز بود که در ارقام مختلف به ازای هر درجه کاهش دما، میزان کاهش آن بین ۲۲ تا ۴۱ درجه روز متفاوت بود.

درک واکنش نمو ارقام کلزا به شرایط محیطی مختلف به‌منظور مدلسازی نمو آنها ضروری است. اگرچه گزارش‌هایی مبنی بر واکنش متفاوت نمو ارقام کلزا نسبت به شرایط محیطی وجود دارد، انتظار بر این است که ارقام سازگار به یک شرایط خاص دارای واکنش مشابهی به عوامل محیطی متفاوت باشند [۱۳، ۱۲] و بتوان از مدل‌های ارائه‌شده در زمینه واکنش نمو یک رقم به شرایط محیطی برای ارقام مشابه نیز استفاده کرد [۱۵]. بنابراین در انتخاب رقم مناسب هر منطقه، تطابق فنولوژی و مراحل حساس نمو با شرایط آب‌وهوایی مناسب مهم است.

تاکنون اثر دما (درجه روز رشد) و فتوپریود بر سرعت نمو و طول دوره مراحل مختلف رویشی و زایشی ارقام جدید کلزا بررسی نشده یا اطلاعات اندکی در این مورد در دسترس است، بنابراین در قالب بخشی از یک تحقیق دوساله، تأثیر دما، تاریخ کاشت و فتوپریود بر سرعت نمو دو رقم 'هایولا ۴۰۱' و 'آرجی اس ۰۰۳' کلزا بررسی شد و روابط بین تأخیر در کاشت، دما و فتوپریود با روز تا مراحل نمو و سرعت نمو این ارقام ترسیم شد.

۲. مواد و روش‌ها

اثر تاریخ کاشت، دما، درجه روز رشد^۲ و فتوپریود بر سرعت نمو مراحل مختلف رویشی و زایشی دو رقم کلزا در ایستگاه تحقیقات کشاورزی گنبد، در دو سال زراعی ۸۵-۱۳۸۴ و ۸۶-۱۳۸۵ بررسی شد. بر طبق تقسیم‌بندی

2. Thermal time (TT)

1. Brassica napus L.

بررسی تأثیر دما و فتوپریود بر مراحل رشد و نمو دو رقم کلزا

آب‌وهوایی کوپن، منطقه گنبد دارای اقلیم مدیترانه‌ای گرم و نیمه‌خشک است. برای گیاهانی نظیر کلزا، به‌خصوص در کشت دیر، وقوع تنش خشکی و گرمای انتهای فصل رشد در منطقه آزمایش امری متداول است. میانگین بارندگی سالانه ایستگاه گنبد ۴۵۴ میلی‌متر، میانگین دمای سالانه ۱۸ درجه سانتی‌گراد و میانگین تبخیر سالانه ۱۱۵۷ میلی‌متر است. آمار هواشناسی ایستگاه تحقیقات کشاورزی گنبد طی دو سال آزمایش در جدول ۱ ارائه شده است.

جدول ۱. آمار هواشناسی ایستگاه تحقیقات کشاورزی گنبد طی دو سال آزمایش

ماه	مجموع ساعات آفتابی (h)	بارندگی (mm)	میانگین دما (°C)	میانگین دمای حداکثر (°C)	میانگین دمای حداقل (°C)
۱۳۸۴-۸۵					
آبان	۱۷۹	۱۲۰/۲	۱۵/۱	۲۱/۲	۹/۲
آذر	۱۴۷	۲۲/۰	۱۲/۹	۱۸/۷	۷/۱
دی	۱۶۲	۵۹/۹	۶/۳	۱۱/۲	۱/۳
بهمن	۱۳۵	۵۵/۴	۸/۶	۱۳/۹	۳/۳
اسفند	۱۹۱	۱۵/۶	۱۲/۴	۱۹/۲	۵/۶
فروردین	۱۶۸	۴۸/۹	۱۵/۶	۲۱/۴	۹/۸
اردیبهشت	۱۵۲	۳۳/۵	۲۰/۳	۲۵/۸	۱۴/۷
خرداد	۳۱۴	۶/۹	۲۷/۶	۳۶/۳	۱۹/۰
۱۳۸۵-۸۶					
آبان	۱۸۲	۵۴/۶	۱۸/۱	۲۴/۳	۱۲/۰
آذر	۱۲۳	۶۳/۵	۸/۵	۱۲/۷	۴/۳
دی	۱۶۸	۴۱/۴	۷/۹	۱۲/۹	۲/۹
بهمن	۱۶۱	۳۵/۸	۱۱/۱	۱۷/۱	۵/۱
اسفند	۱۷۲	۹۵/۸	۹/۶	۱۵/۹	۳/۳
فروردین	۱۰۴	۹۳/۴	۱۳/۴	۱۸/۱	۸/۸
اردیبهشت	۱۷۸	۴۰/۱	۱۸/۳	۲۳/۹	۱۲/۸
خرداد	۳۱۰	۸/۰	۲۷/۱	۳۵/۳	۱۸/۹

آزمایش به‌صورت کرت‌های خردشده در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار و در دو شرایط آبیاری تکمیلی و دیم انجام گرفت. پنج تاریخ کاشت ۱۵ آبان، ۱۵ آذر، ۱۵ دی، ۱۵ بهمن و ۱۵ اسفند در کرت‌های اصلی و دو رقم 'هایولا ۴۰۱' و 'آرجی اس ۲۰۰۳' در کرت‌های فرعی قرار گرفتند. طی سال‌های اخیر، این دو رقم بیشترین سطح زیرکشت کلزا در منطقه و همچنین نواحی با اقلیم مشابه در کشور را پوشش دادند [۴]. انتخاب دامنه وسیع برای تاریخ‌های کاشت به‌منظور ایجاد شرایط آب‌وهوایی متفاوت طی دوره‌های نموی مختلف

کرت‌های فرعی قرار گرفتند. طی سال‌های اخیر، این دو رقم بیشترین سطح زیرکشت کلزا در منطقه و همچنین نواحی با اقلیم مشابه در کشور را پوشش دادند [۴]. انتخاب دامنه وسیع برای تاریخ‌های کاشت به‌منظور ایجاد شرایط آب‌وهوایی متفاوت طی دوره‌های نموی مختلف

به‌زرای کشاورزی

دوره ۱۷ ■ شماره ۴ ■ زمستان ۱۳۹۴

۱۰۵۱

$$TT = \frac{T_{\min} + T_{\max}}{2} - T_b \quad (1)$$

در این رابطه، T_{\min} دمای حداقل روزانه، T_{\max} دمای حداکثر روزانه، T_b دمای پایه برای نمو کلزا و TT درجه روز رشد هستند.

طول روز با استفاده از نرم افزار TTDLC محاسبه شد. در این تحقیق، دمای پایه و سقف برای نمو کلزا به ترتیب صفر و ۲۵ درجه سانتی گراد در نظر گرفته شد [۲۲، ۱۵، ۶، ۳]. برای تأمین آب مورد نیاز گیاه در شرایط آبیاری تکمیلی، مقدار رطوبت خاک در حالت ظرفیت مزرعه برای قطعه کاشت قبلاً تعیین شد و در طول اجرای طرح کمبود آب مورد نیاز برای رساندن رطوبت خاک به حالت ظرفیت مزرعه محاسبه شد و در شروع ساقه‌دهی، شروع گلدهی و شروع پرشدن دانه به کرت‌های آزمایشی داده شد [۳۱]. رسم نمودارهای روابط بین تاریخ کاشت، دما، فتوپریود با نمو کلزا با استفاده از نرم افزارهای آماری SAS [۲۶] و اکسل صورت گرفت.

۳. نتایج و بحث

میزان درجه روز رشد تجمعی در مراحل مختلف نمو کلزا طی دو سال آزمایش در جدول ۲ آورده شده است. با تأخیر در کاشت تا تاریخ کاشت چهارم، درجه روز رشد کاهش یافت، ولی این روند در تاریخ کاشت پنجم به‌طور کامل صادق نبود.

در هر دو سال، با تأخیر در کاشت تا ۱۵ بهمن، درجه روز رشد کاهش یافت و سپس در تاریخ کاشت ۱۵ بهمن افزایش نسبی پیدا کرد. درجه روز رشد از کاشت تا رسیدگی فیزیولوژیکی در تاریخ کاشت اول، دوم، سوم، چهارم و پنجم در سال ۸۵-۱۳۸۴ به ترتیب ۱۹۹۷، ۱۷۸۸، ۱۷۲۹، ۱۵۸۶ و ۱۶۸۲ درجه و در سال ۸۶-۱۳۸۵ به ترتیب ۲۰۷۰، ۱۹۰۰، ۱۷۵۰، ۱۶۴۸ و ۱۶۸۲ درجه بود.

گیاه تحت شرایط مزرعه بود. به غیر از تاریخ کاشت اول سال اول آزمایش که به دلیل شرایط جوی نامناسب کاشت گیاه با سه روز تأخیر صورت گرفت، قبل از کاشت بارندگی مناسب انجام گرفت و کاشت گیاه در تاریخ‌های معین صورت گرفت. هر کرت شامل ۸ خط کاشت به طول ۵ متر و با تراکم ۱۰۰ بوته در متر مربع بود [۴، ۱]. فاصله بین تکرارها ۳ متر، فاصله بین کرت‌های اصلی ۲ متر و فاصله بین کرت‌های فرعی یک خط نکاشت در نظر گرفته شد.

قبل از کاشت گیاه، نمونه‌های مرکب خاک از عمق صفر تا ۳۰ و ۳۰ تا ۶۰ سانتی‌متر از سطح خاک تهیه و تجزیه شد. بافت خاک محل اجرای آزمایش سیلتی لوم، اسیدیته ۸/۱، هدایت الکتریکی ۰/۷۳ دسی‌زیمنس بر متر بود. مقدار فسفر و پتاسیم قابل دسترس به ترتیب ۹/۵ و ۶۴۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم و مقدار نیتروژن کل، مواد خنثی‌شونده و کربن آلی به ترتیب ۰/۱۲، ۲۰ و ۱/۲ درصد بود. براساس نتایج تجزیه خاک، مقادیر کودهای فسفر و پتاس به مقدار ۵۰ کیلوگرم در هکتار اکسید فسفر و اکسید پتاس (به ترتیب از منابع کودی سوپرفسفات تریپل و سولفات پتاسیم) قبل از کاشت به زمین داده شد. کود نیتروژن لازم به مقدار ۷۵ کیلوگرم در هکتار نیتروژن خالص (از منبع کود اوره)، یک‌سوم قبل از کاشت، یک‌سوم در مرحله شروع ساقه‌دهی و یک‌سوم در مرحله شروع گلدهی به زمین داده شد. در طی فصل رشد و در صورت نیاز عملیات وجین علف‌های هرز به صورت دستی توسط کارگر صورت گرفت. واکاری و تنک کردن بوته‌های مازاد در مرحله دو تا چهاربرگی انجام گرفت.

تعداد روز تا یک مرحله نمو معین براساس تعداد روز از سبز شدن تا زمانی که ۵۰ درصد از گیاهان هر کرت به آن مرحله معین برسند، محاسبه شد [۱۶]. درجه روز رشد تا هر مرحله نمو براساس رابطه ۱ محاسبه شد [۲، ۳]:

به‌زراعی کشاورزی

بررسی تأثیر دما و فتوپریود بر مراحل رشد و نمو دو رقم کلزا

جدول ۲. درجه روز رشد تجمعی طی مراحل مختلف رشد در دو رقم مورد مطالعه

آرجی اس ۰۰۳		هایولا ۴۰۱										
مراحل نمو	کاشت تا سبز شدن			گلدهی تا پر شدن دانه کل فصل			کاشت تا سبز شدن			گلدهی تا پر شدن دانه کل فصل		
	سبز شدن تا گلدهی	پر شدن دانه تا رسیدگی	کل فصل رشد	سبز شدن تا گلدهی	پر شدن دانه تا رسیدگی	کل فصل رشد	سبز شدن تا گلدهی	پر شدن دانه تا رسیدگی	کل فصل رشد	سبز شدن تا گلدهی	پر شدن دانه تا رسیدگی	کل فصل رشد
تاریخ کاشت	۱۳۸۴-۸۵											
۱۸ آبان	۱۶۴	۹۶۴	۲۷۱	۵۹۸	۱۹۹۷	۱۶۴	۹۷۸	۳۵۷	۵۷۱	۲۰۷۰		
۱۵ آذر	۱۷۷	۷۸۱	۳۰۱	۵۲۹	۱۷۸۸	۱۷۷	۸۰۳	۳۳۶	۵۸۳	۱۹۰۰		
۱۵ دی	۱۴۶	۶۵۶	۳۰۸	۶۲۰	۱۷۲۹	۱۵۳	۷۲۲	۲۸۵	۵۹۰	۱۷۵۰		
۱۵ بهمن	۱۲۱	۶۵۷	۲۳۰	۵۷۹	۱۵۸۶	۱۲۱	۷۸۷	۱۵۶	۵۸۵	۱۶۴۸		
۱۵ اسفند	۱۵۶	۷۰۸	۳۷۸	۴۳۹	۱۶۸۲	۱۵۶	۷۲۶	۳۸۰	۴۲۰	۱۶۸۲		
تاریخ کاشت	۱۳۸۵-۸۶											
۱۵ آبان	۱۷۴	۹۵۹	۲۷۶	۷۲۰	۲۱۲۹	۱۷۴	۹۸۵	۲۸۲	۷۲۹	۲۱۷۰		
۱۵ آذر	۱۲۳	۸۹۶	۲۱۹	۶۷۳	۱۹۱۱	۱۳۳	۸۹۶	۲۷۵	۶۵۳	۱۹۵۷		
۱۵ دی	۱۵۲	۷۴۸	۲۳۲	۶۱۸	۱۷۵۰	۱۵۲	۷۸۹	۲۸۷	۵۴۲	۱۷۶۹		
۱۵ بهمن	۱۲۲	۷۱۱	۲۰۹	۶۰۵	۱۶۴۸	۱۳۲	۷۳۲	۲۵۳	۵۵۳	۱۶۷۰		
۱۵ اسفند	۱۳۸	۶۳۹	۲۲۷	۸۵۷	۱۸۶۱	۱۴۸	۶۸۳	۲۰۸	۸۴۵	۱۸۸۴		

۱.۳. رابطه تاریخ کاشت با فنولوژی

در هر دو رقم مورد مطالعه، با تأخیر در کاشت از ۱۵ آبان، طول دوره‌های نمو رویشی (روز از کاشت تا شروع غنچه‌دهی) و زایشی (روز از غنچه‌دهی تا رسیدگی فیزیولوژیک) کلزا به‌طور خطی کاهش یافت (شکل ۱). بین میزان تأخیر در کاشت از ۱۵ آبان با طول دوره رویشی رابطه خطی منفی و قوی وجود داشت که به‌ترتیب ۹۵ و ۹۶ درصد از تغییرات در هیبرید 'هایولا ۴۰۱' و رقم 'آرجی اس ۰۰۳' را توجیه کرد. شیب خط رگرسیون در هر دو رقم مشابه و حدود ۰/۴۱- و ۰/۴۲- روز به‌ازای هر روز تأخیر در کاشت از ۱۵ آبان بود (شکل ۱).

این رابطه منفی بین تأخیر در کاشت از ۱۵ آبان با طول دوره زایشی نیز وجود داشت، ولی شیب خط رگرسیون

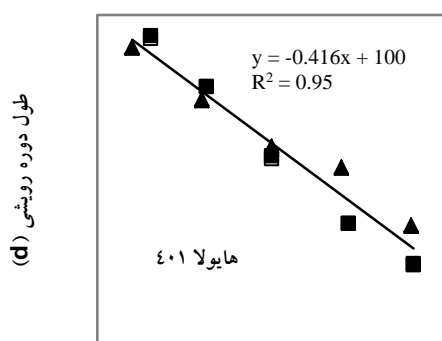
نسبت به دوره رویشی کمتر بود. رابطه منفی بین تأخیر در کاشت از ۱۵ آبان با طول دوره زایشی به‌ترتیب ۷۲ و ۷۸ درصد از تغییرات در هیبرید 'هایولا ۴۰۱' و رقم 'آرجی اس ۰۰۳' را توجیه کرد (شکل ۱). کاهش طول دوره زایشی با تأخیر در کاشت، در دو رقم 'هایولا ۴۰۱' و 'آرجی اس ۰۰۳' تقریباً مشابه و به‌ترتیب ۰/۲۶ و ۰/۲۸ روز بود. بنابراین همان‌طور که در نتایج تحقیقات ارائه داده شده است [۲۱، ۱۷، ۱]، در این مطالعه با تأخیر در کاشت تعداد روز تا گلدهی و طول دوره بعد از گرده‌افشانی کاهش یافت. عملکرد کلزا اغلب به‌وسیله تنش خشکی و حرارت محدود می‌شود [۲۷، ۱۱]. کشت زودتر ممکن است سبب فرار گیاه از تنش خشکی و حرارت در مراحل بحرانی رشد گیاه شود.

به‌زراعی کشاورزی

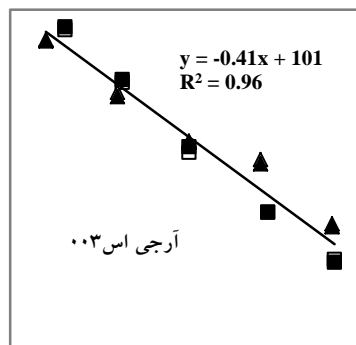
دوره ۱۷ ■ شماره ۴ ■ زمستان ۱۳۹۴

۱۰۵۳

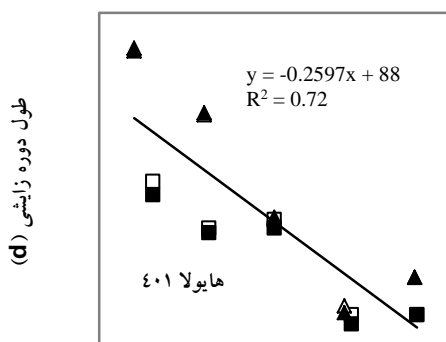
ابوالفضل فرجی



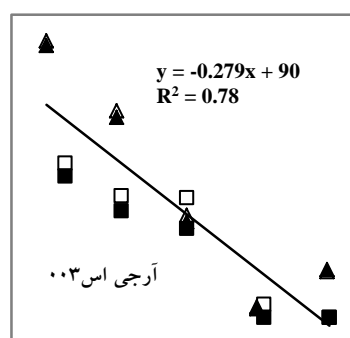
تاریخ کاشت، روز از اول آبان (d)



تاریخ کاشت، روز از اول آبان (d)



تاریخ کاشت، روز از اول آبان (d)



تاریخ کاشت، روز از اول آبان (d)

شکل ۱. رابطه بین تاریخ کاشت با طول دوره‌های رویشی و زایشی

دوره مراحل مختلف نمودی معنادار بود. با تأخیر در کاشت میزان درجه روز رشد مورد نیاز برای تکمیل دوره زندگی گیاه کاهش یافت.

۲.۳. رابطه دما با فنولوژی و سرعت نمو

رابطه بین میانگین دما با طول دوره نمو، برای مرحله کاشت تا سبز شدن و سبز شدن تا غنچه‌دهی توانی منفی، غنچه‌دهی تا شروع گلدهی و شروع گلدهی تا شروع پر شدن دانه درجه ۲ و شروع پر شدن دانه تا رسیدگی فیزیولوژیکی خطی منفی بود (شکل‌های ۲، ۳، و ۴). بین میانگین دما طی دوره سبز شدن با طول دوره سبز شدن

تأخیر در تاریخ کاشت سبب کوتاه شدن طول دوره کاشت تا شروع شروع گلدهی شده که به دلیل کاهش پتانسیل تولید و پر شدن دانه‌ها سبب کاهش عملکرد دانه شد. میانگین عملکرد دانه در تاریخ‌های کشت اول، دوم، سوم، چهارم و پنجم برای سال اول آزمایش به ترتیب ۳۷۸۰، ۳۱۰۶، ۲۴۶۰، ۱۷۲۴ و ۵۸۲ کیلوگرم در هکتار و برای سال دوم به ترتیب ۳۵۴۳، ۲۸۹۶، ۲۳۶۲، ۱۵۸۸ و ۱۶۲ کیلوگرم در هکتار بود. در گندم، طول دوره زندگی گیاه تحت تأثیر تاریخ کاشت، مکان و سال قرار گرفت [۱۹]. همچنین طول دوره مراحل مختلف نمودی بین ارقام مختلف، متفاوت و اثر متقابل تاریخ کاشت × سال بر طول

به زراعی کشاورزی

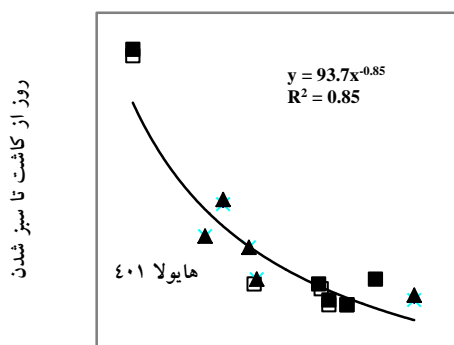
دوره ۱۷ ■ شماره ۴ ■ زمستان ۱۳۹۴

۱۰۵۴

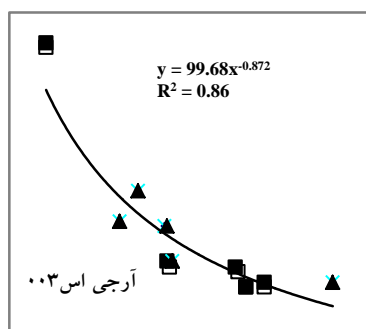
بررسی تأثیر دما و فتوپریود بر مراحل رشد و نمو دو رقم کلزا

۸۰ درصد از تغییرات در هیبرید 'هایولا ۴۰۱' و رقم 'آرجی اس ۰۰۳' را توجیه کرد (شکل ۲). شیب کاهش سرعت مانند مرحله قبل در ابتدا زیاد و سپس کم شد. در واقع در محدوده دماهای بین ۹-۱۸ درجه سانتی‌گراد، واکنش سرعت نمو نسبت به دما در ابتدا زیاد بود و پس از رسیدن دما به حدود ۱۴ درجه سانتی‌گراد واکنش سرعت نمو کاهش یافت. شیب واکنش توانی تعداد روز از سبز شدن تا شروع غنچه‌دهی با میانگین دما طی این دوره در هیبرید 'هایولا ۴۰۱' بیشتر از رقم 'آرجی اس ۰۰۳' بود که نشان‌دهنده حساسیت بیشتر هیبرید 'هایولا ۴۰۱' به افزایش میانگین دما نسبت به رقم 'آرجی اس ۰۰۳' بود (شکل ۲).

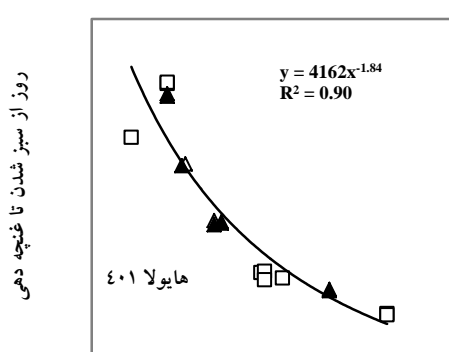
رابطه توانی منفی وجود داشت که به ترتیب ۸۵ و ۸۶ درصد از تغییرات در هیبرید 'هایولا ۴۰۱' و رقم 'آرجی اس ۰۰۳' را توجیه کرد (شکل ۲). شیب تغییرات کاهش تعداد روز تا سبز شدن با افزایش دما (شیب خط رگرسیون) در دو رقم مورد مطالعه به‌طور تقریبی مشابه بود. در هر دو رقم، سرعت کاهش تعداد روز تا سبز شدن در دماهای بین ۱۰-۵ درجه سانتی‌گراد زیاد بود و سپس با افزایش دما به بالاتر از ۱۰ درجه سانتی‌گراد کاهش یافت. رابطه بین میانگین دما طی دوره سبز شدن تا شروع غنچه‌دهی (شروع دوره زایشی) با طول این دوره تقریباً مشابه مرحله قبل بود. این رابطه توانی منفی به ترتیب ۹۰ و



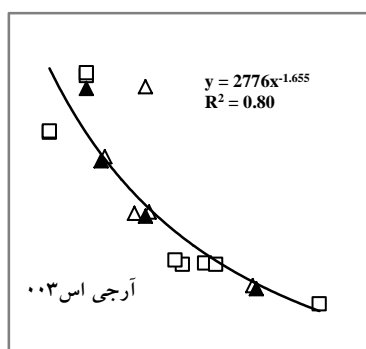
میانگین دما (°C)



میانگین دما (°C)



میانگین دما (°C)

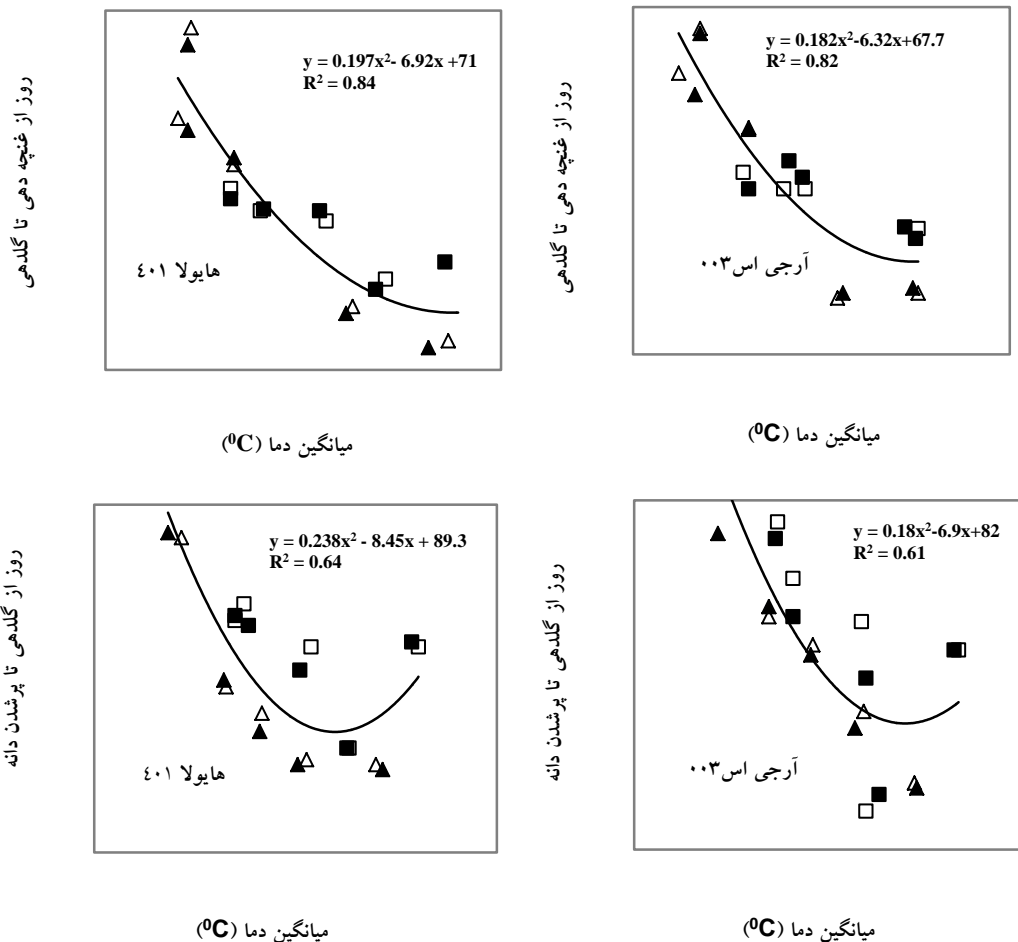


میانگین دما (°C)

شکل ۲. رابطه بین میانگین دما از کاشت تا سبز شدن و از سبز شدن تا شروع غنچه‌دهی با تعداد روز طی این دوره‌ها

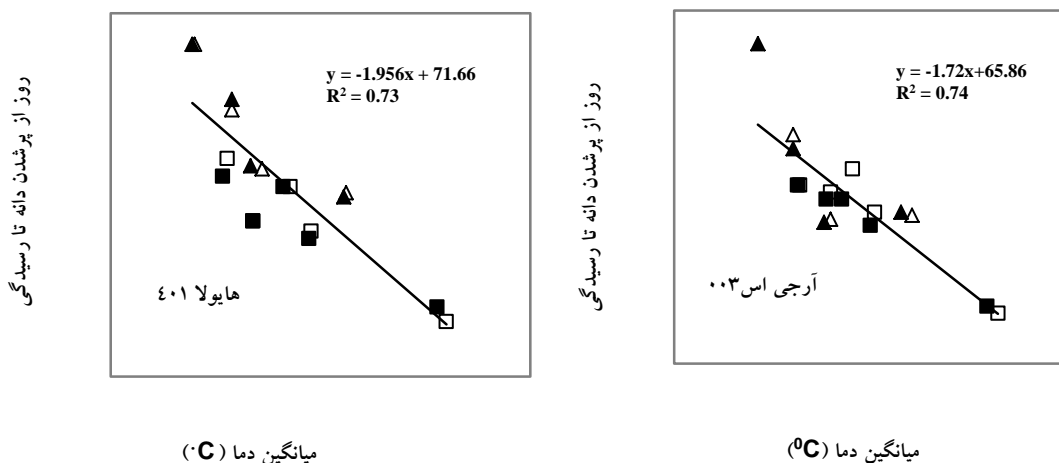
رقم، شیب خط رگرسیون در ابتدا زیاد بود و زمانی که میانگین دمای هوا به حدود ۱۶-۱۵ درجه سانتی‌گراد رسید، روند کاهش تعداد روز از غنچه‌دهی تا گلدهی با افزایش دما متوقف شد. رابطه منفی بین تعداد روز از شروع گلدهی تا شروع پر شدن دانه با میانگین دما طی این دوره به ترتیب ۶۴ و ۶۱ درصد از تغییرات در هیبرید 'هایولا ۴۰۱' و رقم 'آرجی اس ۰۰۳' را توجیه کرد (شکل ۳).

با ادامه فصل رشد و ورود گیاه به مرحله زایشی، شیب واکنش تعداد روز تا یک مرحله خاص با میانگین دما از حالت توانی منفی به درجه ۲ تغییر پیدا کرد (شکل ۳). بین تعداد روز از شروع غنچه‌دهی تا شروع گلدهی با میانگین دما طی این دوره رابطه درجه ۲ قوی وجود داشت که به ترتیب ۸۴ و ۸۲ درصد از تغییرات در هیبرید 'هایولا ۴۰۱' و رقم 'آرجی اس ۰۰۳' را توجیه کرد (شکل ۳). شیب کاهش تعداد روز از شروع غنچه‌دهی تا شروع گلدهی با افزایش دما در هر دو رقم تقریباً مشابه بود (شکل ۳). در هر دو



شکل ۳. رابطه بین میانگین دما از شروع غنچه‌دهی تا شروع گلدهی و از شروع گلدهی تا شروع پر شدن دانه با تعداد روز

بررسی تأثیر دما و فتوپریود بر مراحل رشد و نمو دو رقم کلزا



شکل ۴. رابطه بین میانگین دما از شروع پر شدن دانه تا رسیدگی فیزیولوژیک با تعداد روز

‘هایولا ۴۰۱’ نسبت به افزایش دما بود. شیب کاهش طول دوره پر شدن دانه به ازای هر درجه افزایش میانگین دمای هوا طی این دوره در هیبرید ‘هایولا ۴۰۱’ و رقم ‘آرجی اس ۰۰۳’ به ترتیب $-1/96$ و $-1/72$ روز بود (شکل ۴). به عبارت دیگر، به ازای هر درجه افزایش میانگین دمای هوا در طی دوره پر شدن دانه، طول دوره پر شدن دانه در هیبرید ‘هایولا ۴۰۱’ و رقم ‘آرجی اس ۰۰۳’ به ترتیب $1/96$ و $1/72$ روز کاهش یافت.

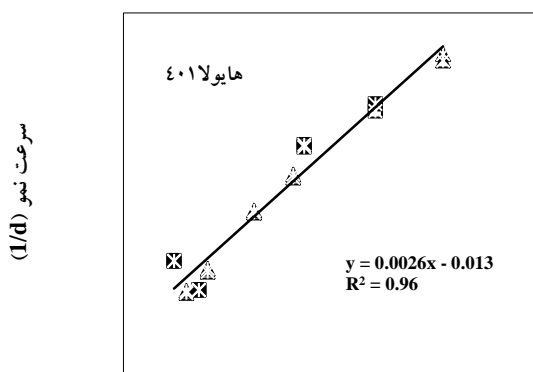
بین میانگین درجه روز رشد روزانه از سبز شدن تا شروع گلدهی و از شروع گلدهی تا رسیدگی با سرعت نمو رابطه خطی مثبت وجود داشت که به خصوص برای مرحله سبز شدن تا شروع گلدهی، این رابطه بسیار قوی بود (شکل ۵). رابطه بین میانگین درجه روز رشد روزانه از سبز شدن تا شروع گلدهی و سرعت نمو طی این دوره به ترتیب ۹۲ و ۹۳ درصد از تغییرات در هیبرید ‘هایولا ۴۰۱’ و رقم ‘آرجی اس ۰۰۳’ را توجیه کرد (شکل ۵). همچنین رابطه بین میانگین درجه روز رشد روزانه از شروع گلدهی تا رسیدگی فیزیولوژیک با سرعت نمو طی این دوره به ترتیب ۶۱ و ۶۳ درصد از تغییرات در هیبرید

در زمینه کاهش تعداد روز با افزایش اولیه میانگین دمای هوا از حدود ۱۰ به ۱۶ درجه سانتی گراد، حساسیت هیبرید ‘هایولا ۴۰۱’ به طور چشمگیری بیشتر از رقم ‘آرجی اس ۰۰۳’ بود. به عبارت دیگر، با افزایش دما تا حدود ۱۶ درجه سانتی گراد، در مقایسه با رقم ‘آرجی اس ۰۰۳’، تعداد روز از شروع گلدهی تا شروع پر شدن دانه در هیبرید ‘هایولا ۴۰۱’ با سرعت بیشتری کاهش یافت و سپس با افزایش بیشتر دما با سرعت بیشتری نیز افزایش پیدا کرد. از این رو هیبرید ‘هایولا ۴۰۱’ در مقایسه با رقم ‘آرجی اس ۰۰۳’ حساسیت بیشتری نسبت به دما در این مرحله از رشد دارد و واکنش سریع تری نشان می دهد.

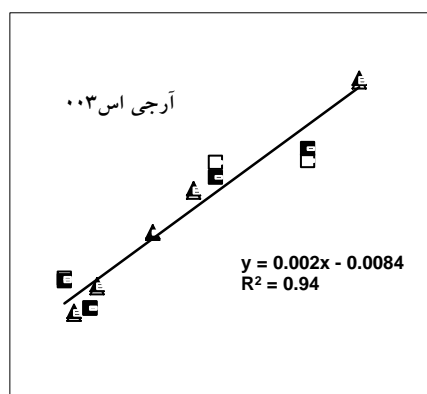
بین میانگین دما طی دوره پر شدن دانه (دوره بین شروع پر شدن دانه تا رسیدگی فیزیولوژیک) با طول این دوره رابطه خطی منفی قوی وجود داشت که به ترتیب ۷۳ و ۷۴ درصد از تغییرات در هیبرید ‘هایولا ۴۰۱’ و رقم ‘آرجی اس ۰۰۳’ را توجیه کرد (شکل ۴). شیب منفی کاهش طول دوره پر شدن دانه با افزایش دما در هیبرید ‘هایولا ۴۰۱’ به طور چشمگیری بیشتر از رقم ‘آرجی اس ۰۰۳’ بود که نشان دهنده واکنش بیشتر هیبرید

اگرچه تمام مراحل نموی گیاه تحت تأثیر دما قرار می‌گیرد [۱۰]، حساسیت مراحل مختلف نمو گیاهان به دما متفاوت است [۲۸]. رابطه بین دما با طول دوره کاشت تا سبز شدن و طول دوره پر شدن دانه خطی و در مراحل سبز شدن تا گرده‌افشانی غیرخطی بود [۷]. در مقابل رابطه بین نمو گیاه از سبز شدن تا گرده‌افشانی با دما طی این مرحله با توجه به رقم مورد مطالعه متفاوت بوده و در تعدادی از ارقام منحنی خطی و در تعدادی دیگر خطی بود [۲۸].

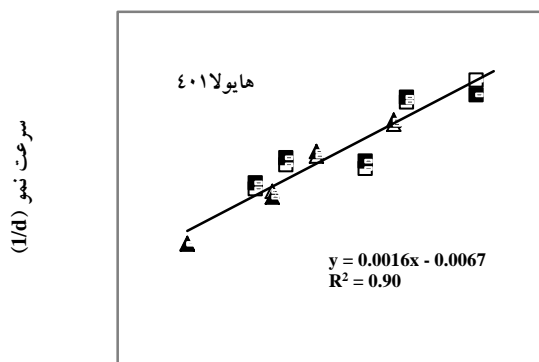
هایولا ۴۰۱ و رقم آرچی اس ۰۰۳ را توجیه کرد (شکل ۵). این روابط مثبت بین میانگین درجه روز رشد طی مراحل مختلف نمو با سرعت نمو گیاه نشان‌دهنده تأثیر مثبت دما بر سرعت نمو کلزا بود که در مطالعات دیگر محققان نیز گزارش شده است [۳۰، ۱۵]. در گندم، مشخص شد که در ارقام مختلف نمی‌توان یک معادله واحد برای رابطه بین دما با سرعت نمو طی مراحل مختلف ارائه کرد [۱۹].



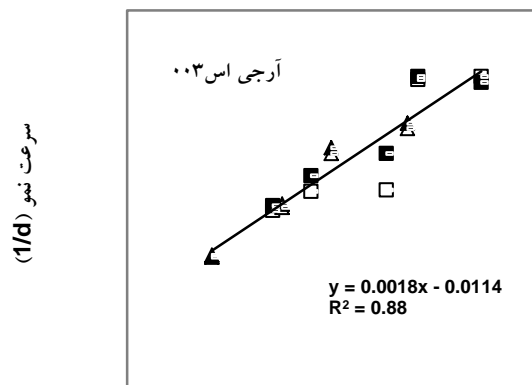
درجه روز رشد از سبز شدن تا شروع گلدهی



درجه روز رشد از سبز شدن تا شروع گلدهی



درجه روز رشد از شروع گلدهی تا رسیدگی



درجه روز رشد از شروع گلدهی تا رسیدگی

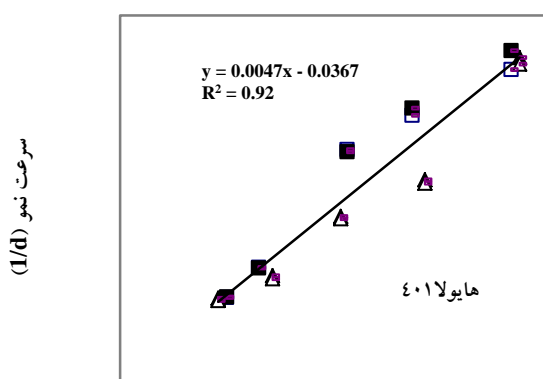
شکل ۵. رابطه بین درجه روز رشد از سبز شدن تا شروع گلدهی و از شروع گلدهی تا رسیدگی فیزیولوژیک با سرعت نمو

بررسی تأثیر دما و فتوپریود بر مراحل رشد و نمو دو رقم کلزا

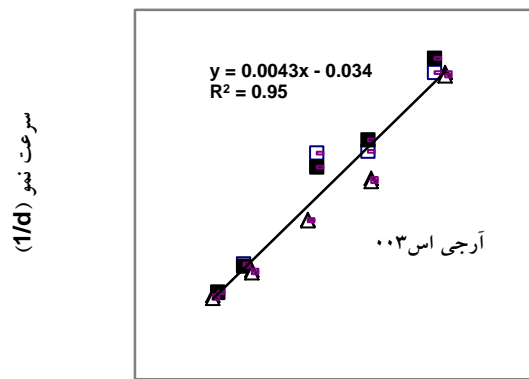
مثبت فتوپریود بر نمو کلزا از سبز شدن تا شروع گلدهی بود. رابطه منفی قوی بین میانگین فتوپریود از سبز شدن تا شروع گلدهی با درجه روز رشد تجمعی طی این دوره نیز مؤید تأثیر مثبت افزایش فتوپریود (بین ۱۰ تا ۱۳ ساعت در روز) در تسریع نمو کلزا بود که به ترتیب ۶۸ و ۷۴ درصد از تغییرات در هیبرید 'هایولا ۴۰۱' و رقم 'آرجی اس ۰۰۳' را توجیه کرد (شکل ۷).

۳.۳. رابطه فتوپریود با فنولوژی و سرعت نمو

تعداد روز از سبز شدن تا شروع گلدهی در کلزا، علاوه بر دما، تحت تأثیر فتوپریود (طول روز) قرار می‌گیرد [۱۵، ۳]. بین میانگین فتوپریود از سبز شدن تا شروع گلدهی با سرعت نمو طی این مرحله، رابطه خطی مثبت قوی وجود داشت که به ترتیب ۹۲ و ۹۵ درصد از تغییرات در هیبرید 'هایولا ۴۰۱' و رقم 'آرجی اس ۰۰۳' را توجیه کرد (شکل ۶). این رابطه قوی نشان‌دهنده تأثیر

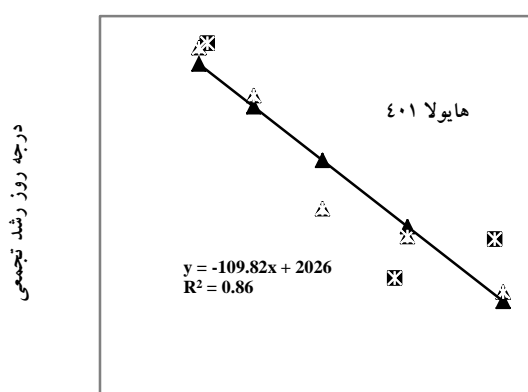


میانگین فتوپریود از سبز شدن تا شروع گلدهی (h)

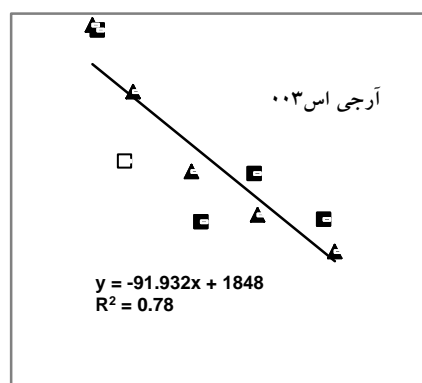


میانگین فتوپریود از سبز شدن تا شروع گلدهی (h)

شکل ۶. رابطه بین میانگین فتوپریود از سبز شدن تا شروع گلدهی با سرعت نمو



میانگین فتوپریود از سبز شدن تا شروع گلدهی (h)



میانگین فتوپریود از سبز شدن تا شروع گلدهی (h)

شکل ۷. رابطه بین میانگین فتوپریود از سبز شدن تا شروع گلدهی و از شروع گلدهی تا رسیدگی فیزیولوژیک با درجه روز رشد تجمعی

ابوالفضل فرجی

کاهش طول دوره پر شدن دانه با افزایش دما در هیبرید 'هایولا ۴۰۱' به طور چشمگیری بیشتر از رقم 'آرجی اس ۰۰۳' بود که نشان دهنده واکنش بیشتر نمو هیبرید 'هایولا ۴۰۱' نسبت به دما بود. نتایج تحقیق حاضر نشان داد که نمو کلزا از سبز شدن تا شروع گلدهی تحت تأثیر فتوپریود و دما و از شروع گلدهی تا رسیدگی فیزیولوژیک تنها تحت تأثیر دما بود.

منابع

۱. اسدی م ا و فرجی ا (۱۳۸۸) مبانی کاربردی زراعت دانه‌های روغنی (سویا، پنبه، کلزا و آفتابگردان). نشر علم کشاورزی ایران. ۸۴ ص.
۲. خواجه‌پور م ر (۱۳۸۶) اصول و مبانی زراعت (نگارش دوم). انتشارات جهاد دانشگاهی دانشگاه صنعتی اصفهان. ۳۸۶ ص.
۳. عزیز م، سلطانی ا و خاوری س (۱۳۷۸) کلزا، فیزیولوژی، زراعت، به‌نژادی و تکنولوژی زیستی. انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد. ۲۳۰ ص.
۴. فرجی ا و محتشم امیری ا (۱۳۹۲) مدیریت تنش‌های محیطی در مزارع کلزا. انتشارات آموزش و ترویج کشاورزی. ۱۳۷ ص.

۵. فرجی ا، رئیسی س، هزارجریبی ا و مبصر س (۱۳۹۱) گیاهان روغنی. انتشارات نروزی. چاپ اول. ۵۴۲ ص.
6. Adamsen FJ and Coffelt TA (2005) Planting date effects on flowering, seed yield, and oil content of rape and crambe cultivars. *Industrial Crops Production*. 21: 293-307.
7. Addae PC and Pearson CJ (1992) Thermal requirements for germination and seedling growth of wheat. *Australian Journal of Agricultural Research*. 43: 585-594.

کاهش درجه روز رشد تجمعی با افزایش فتوپریود در هیبرید 'هایولا ۴۰۱' بیشتر از رقم 'آرجی اس ۰۰۳' بود که نشان دهنده واکنش بیشتر نمو این هیبرید به افزایش طول روز بود. شیب خط رگرسیون کاهش درجه روز رشد تجمعی از سبز شدن تا شروع گلدهی با افزایش فتوپریود از ۱۰ به ۱۳ ساعت در هیبرید 'هایولا ۴۰۱' و رقم 'آرجی اس ۰۰۳' به ترتیب ۹۸/۶- و ۸۷/۷- درجه روز بود. به عبارت دیگر، به ازای هر ساعت افزایش طول روز بین ۱۰ تا ۱۳ ساعت، درجه روز رشد تجمعی از سبز شدن تا شروع گلدهی در هیبرید 'هایولا ۴۰۱' و رقم 'آرجی اس ۰۰۳' به ترتیب ۹۸/۶ و ۸۷/۷ درجه روز کاهش یافت. در مقابل، بین میانگین فتوپریود از گلدهی تا رسیدگی فیزیولوژیک با درجه روز رشد تجمعی طی این دوره رابطه معناداری مشاهده نشد. به عبارت دیگر، افزایش طول روز طی دوره شروع گلدهی تا رسیدگی فیزیولوژیک تأثیر معناداری بر سرعت نمو کلزا نداشت که مؤید این است که نمو کلزا طی دوره شروع گلدهی تا رسیدگی فیزیولوژیک تنها تحت تأثیر دما بود و تحت تأثیر فتوپریود قرار نگرفت، در حالی که زمان گلدهی به تأثیرات هر دو عامل فتوپریود و دما بستگی داشت.

۴. نتیجه گیری

در تحقیق حاضر، با تأخیر در کاشت کلزا طول دوره‌های مختلف نموی به طور خطی کاهش یافت. میانگین عملکرد دانه در تاریخ‌های کشت اول، دوم، سوم، چهارم و پنجم برای سال اول به ترتیب ۳۷۸۰، ۳۱۰۶، ۲۴۶۰، ۱۷۲۴ و ۵۸۲ کیلوگرم در هکتار و برای سال دوم به ترتیب ۳۵۴۳، ۲۸۹۶، ۲۳۶۲، ۱۵۸۸ و ۱۶۲ کیلوگرم در هکتار بود. رابطه بین میانگین دما با طول دوره نمو، برای دوره کاشت تا غنچه‌دهی توانی منفی، غنچه‌دهی تا پر شدن دانه درجه ۲ و پر شدن دانه تا رسیدگی فیزیولوژیک خطی منفی بود.

به زراعی کشاورزی

8. Angadi SV, McConkey BG, Ulrich D, Cutforth HW, Miller PR, Entz MH, Brandt SA and Volkmar K (1999) Developing viable cropping options for the semiarid prairies. Project Rep. Agric. and Agri-Food Can., Swift Current, SK.
9. Berry PM and Spink JH (2006) A physiological analysis of oilseed rape yields: Past fut. Journal of Agricultural Science. 144: 381-392.
10. Caliskan ME, Caliskan M, Arslan M and Arioglu H (2008) Effects of sowing date and growth duration on growth and yield of groundnut in a Mediterranean-type environment in Turkey. Field Crops Research. 105: 131-140.
11. Chen C, Jackson G, Neill K, Wichman D, Johnson G and Johnson D (2005) Determining the feasibility of early seeding canola in the Northern Great Plains. Agronomy Journal. 97: 1252-1262.
12. Faraji A (2012) Oil concentration in canola (*Brassica napus* L.), as a function of environmental conditions during seed filling period. International Journal of Plant Production. 2: 267-277.
13. Faraji A, Latifi N, Soltani A and Shirani Rad AH (2009) Seed yield and water use efficiency of canola (*Brassica napus* L.) as affected by high temperature stress and supplemental irrigation. Agricultural Water Management. 96: 132-140.
14. Gan Y, Angadi SV, Cutforth H, Potts D, Angadi VV and McDonald CL (2004) Canola and mustard response to short periods of temperature and water stress at different developmental stages. Canadian Journal of Plant Science. 84: 697-704.
15. Habekotte B (1997) Evaluation of seed yield determining factors of winter oilseed rape (*Brassica napus* L.) by means of crop growth modeling. Field Crops Research. 54: 137-151.
16. Harper FR and Berkenkamp B (1975) Revised growth-stage key for *Brassica campestris* and *Brassica napus*. Canadian Journal of Plant Science. 55: 657-658.
17. Johnson BL, McKay KR, Schneiter AA, Hanson BK, and Schatz BG (1995) Influence of planting date on canola and crambe production. Journal of Production Agriculture. 8: 594-599.
18. Johnston AM, Tanaka DL, Miller PR, Brandt SA, Nielsen DC, Lafond GP and Riveland NR (2002) Oilseed crops for semiarid cropping systems in the Northern Great Plains. Agronomy Journal. 94: 231-240.
19. Kirby EJM, Spink JH, Frost DL, Sylvester-Bradley R, Scott RK, Foulkes MJ, Clare RW and Evans EJ (1999) A study of wheat development in the field: analysis by phases. European Journal of Agronomy. 11: 63-82.
20. Kirkland KJ and Jonson EN (2000) Alternative seeding dates (fall and April) affect *Brassica napus* canola yield and quality. Canadian Journal of Plant Science. 80: 713-719.
21. Kmec P, Weiss MJ, Milbrath LR, Schatz BG, Hanzel J, Hanson BK and Eriksmoen ED (1998) Growth analysis of crambe. Crop Science. 38: 108-112.
22. Miralles DJ, Ferro BC and Slafer GA (2001) Developmental responses to sowing date in wheat, barley and rapeseed. Field Crops Research. 71: 211-223.
23. Morrison MJ (1993) Heat stress during reproduction in summer rape. Canadian Journal of Botany. 71: 303-308.
24. Nanda R, Bhargava SC, Tomar DPS and Rawson HM (1996) Phenological development of *Brassica campestris*, *B. juncea*, *B. napus* and *B. carinata* grown in controlled environments and from 14 sowing dates in the field. Field Crops Research. 46: 93-103.

25. Ruiz RA and Maddonni GA (2006) Sunflower seed weight and oil concentration under different post-flowering source-sink ratios. *Crop Science*. 46: 671-680.
26. SAS Institute (1996) SAS/STAT user's guide, Version 6, 4th editions, SAS Inst., Inc., Cary, NC.
27. Si P and Walton GH (2004) Determinants of oil concentration and seed yield in canola and Indian mustard in the lower rainfall areas of western Australia. *Australian Journal of Agricultural Research*. 55: 367-377.
28. Slafer GA and Rawson HM (1995) Rates and cardinal temperatures for processes of development in wheat: effects of temperature and thermal amplitude. *Australian Journal of Plant Physiology*. 22: 913-923.
29. USDA (2014) Foreign Agricultural Service/USDA Office of global analysis. Available at: <http://www.fas.usda.org>.
30. Wheeler TR, Hong TD, Ellis RH, Batts GR, Morison JLL and Hadley P (1996) The duration and rate of grain growth, and harvest index, of wheat (*T. aestivum* L.) in response to temperature and CO₂. *Journal of Experimental Botany*. 47: 623-630.
31. Zhang HP, Wang XY, You MZ and Liu CM (1999) Water-yield relations and water use efficiency of winter wheat in the North China plain. *Irrigation Science*. 19: 37-45.