مجله به‌زراعی نهال و بذر
جلد ۲-۲۶، شماره ۱، سال ۱۳۸۹

تعیین واکنش فنولوژی ژنوتیپ‌های بهاره کلزا (*Brassica napus* L.) به تاریخ کاشت، دما و فتوپریود

Determination of Phenological Rsponse of Spring Canola (*Brassica napus* L.) Genotypes to Swing Date, Tmperature and Photoperiod

ابوالفضل فرجی

استادیار، مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان گلستان، گرگان

تاریخ دریافت: ۱۳۸۸/۵/۱۹ تاریخ پذیرش: ۱۳۸۹/۲/۲۳

چکیده

فرجی، ا. ۱۳۸۹. تعیین واکنش فنولوژی ژنوتیپ‌های بهاره کلزا (*Brassica napus* L.) به تاریخ کاشت، دما و فتوپریود. **مجله به‌زراعی نهال و بذر** ۲-۲۶ (۱): ۴۱ - ۲۵.

اثر تاریخ کاشت، دما و فتوپریود بر مراحل مختلف فنولوژیک ژنوتیپ های بهاره کلزا (*Brassica napus* L.) در آزمایشی به صورت کرت های خرد شده در قالب بلوک های کامل تصادفی، در چهار تکرار و به مدت دو سال زراعی ۸۳-۱۳۸۱ در ایستگاه تحقیقات کشاورزی گنبد بررسی شد. چهار تاریخ کاشت ۱۵ آبان، ۳۰ آبان، ۱۵ آذر و ۳۰ آذر در کرت های اصلی و چهار ژنوتیپ بهاره هایولا۴۰۱، اس۳، کوانتوم و آپشن۵۰۰ در کرت های فرعی قرار گرفتند. با تاخیر در کاشت تعداد روز از سبز شدن تا شروع گلدهی و شروع گلدهی تا رسیدگی فیزیولوژیک به طور معنی داری کاهش یافت. فنولوژی کلزا تحت تاثیر شرایط آب و هوایی مختلف طی دو سال قرار گرفت. در هر دو سال، روابط خطی قوی بین تاریخ کاشت با تعداد روز از کاشت تا سبز شدن، سبز شدن تا شروع گلدهی و شروع گلدهی تا رسیدگی فیزیولوژیک وجود داشت. بین میانگین دمای هوا طی دوره های مختلف نموی با طول این دوره ها رابطه خطی منفی وجود داشت، که به ترتیب ۸۶، ۸۹ و ۹۲ درصد از تغییر را در دوره های نموی کاشت تا سبز شدن، سبز شدن تا شروع گلدهی و شروع گلدهی تا رسیدگی فیزیولوژیک توجیه کرد. بنابراین، تغییرات دمای هوا در تاریخ های مختلف کاشت دو سال آزمایش به خوبی طول دوره کاشت تا سبز شدن و شروع گلدهی تا رسیدگی فیزیولوژیک را در ژنوتیپ های مورد مطالعه تعیین کرد، در حالی که طول دوره سبز شدن تا شروع گلدهی علاوه بر دما تحت تاثیر فتوپریود قرار گرفت. از روابط بین تاریخ کاشت، دما و فتوپریود با فنولوژی ژنوتیپ های کلزا می‌توان در مدل سازی نمو و رشد آنها استفاده کرد.

واژه‌های کلیدی: کلزا، مراحل فنولوژیک، رقم، روابط خطی و مدلینگ.

آدرس پست الکرونیکی نگارنده مسئول: abolfazlfaraji@yahoo.com

Archive of SID
www.SID.ir

مقدمه

واکنش فنولوژی گیاهان زراعی به تغییرات دمای هوا در گونه‌ای گیاهی مختلف مانند آفتابگردان (Goyne *et al.*, 1989)، سویا (Sinclair *et al.*, 1991)، گندم (Kirby *et al.*, 1999)، ذرت (Ellis *et al.*, 1992) و جو (Miralles *et al.*, 2001) مورد بررسی قرار گرفته است. در مورد کلزای تیپ زمستانه، هابکوت (Habekotte, 1997) اظهار داشت که در دوره بین سبز شدن تا شروع گلدهی، دما، فتوپریود و بهاره ازی عوامل موثر بر نمو کلزا هستند، در حالی که نمو کلزا از کاشت تا سبز شدن و از شروع گلدهی تا رسیدگی فیزیولوژیک تنها تحت تاثیر دما قرار می یرد. ناندا و همکاران (Nanda *et al.*, 1996) مشاهده کردند که به ازای هر روز تاخیر در کاشت کلزا از ۱۳ اکتبر، تعداد روز تا رسیدگی فیزیولوژیکی ۰/۶۲ روز کاهش یافت. در همین مطالعه، با کاهش دمای هوا از ۲۴ به ۲ درجه سانتی‌راد، زمان حرارتی تجمعی از سبز شدن تا ظهور غنچه کاهش یافت. مقدار زمان حرارتی تجمعی از سبز شدن تا ظهور غنچه ای 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.

از طرفی انتخاب تاریخ کاشت صحیح می واند سبب برخورد مراحل حساس زندگی گیاه، مانند مرحله گلدهی و پر شدن دانه، با شرایط آب و هوایی مناسب شود. کلزای کشت شده در پاییز، در طول مراحل اولیه رشد تحت تاثیر سرمای زمستان بوده و انتخاب تاریخ کاشت مناسب می‌تواند باعث تولید حداکثر عملکرد و همچنین حداکثر مقاومت به عوامل نامساعد محیطی شود (Andrews and Morrison, 1992). کریسمز (Christmas, 1996) با بررسی اثر تاریخ کاشت و رقم بر کلزا در سه ناحیه و در طی سه سال زراعی در ایندیانا نتیجه گرفت که ارقام کلزا نسبت به شرایط آب و هوایی واکنش زیادی نشان می‌دهند. عکس العمل ارقام نسبت به مکان بسیار متفاوت بود و تعدادی از ارقام واکنش بیشتری نسبت به شرایط آب و هوایی نشان دادند. در گندم، کربی و همکاران (Kirby *et al.*, 1999) مشاهده کردند که طول دوره رشد گیاه تحت تاثیر تاریخ کاشت، مکان و سال قرار گرفت. همچنین طول دوره مراحل مختلف نموی بین ارقام مختلف، متفاوت بود. در مطالعه آنها اثر متقابل تاریخ کاشت×سال بر فنولوژی گیاه معنی دار بود. با تاخیر در کاشت میزان زمان حرارتی مورد نیاز برای تکمیل دوره زندگی کاهش یافت.

اگرچه تاکنون مطالعات زیادی در مورد تاثیر عوامل مختلف محیطی و زراعی بر گیاه کلزا در استان گلستان صورت گرفته است (Faraji, 2003; Faraji, 2004; Faraji *et al.*, 2006; Faraji and Soltani, 2007;

Archive of SID

www.SID.ir

(Faraji *et al*., 2008; Faraji *et al*., 2009)، اما اطلاعات اندکی در ارتباط با اثر تاریخ کاشت، دما و فتوپریود بر طول دوره‌های رویشی و زایشی ژنوتیپ‌های جدید کلزا وجود دارد. بنابراین تاثیر عوامل فوق بر فنولوژی ژنوتیپ‌های جدید بهاره کلزا در قالب یک مطالعه دو ساله زراعی مورد بررسی قرار گرفت.

مواد و روش‌ها

این بررسی در دو سال زراعی ۸۳-۱۳۸۱ در ایستگاه تحقیقات کشاورزی گنبد واقع در ۵ کیلومتری شرق گنبد اجرا شد. ارتفاع منطقه از سطح دریا ۴۵ متر و بر طبق تقسیم‌بندی آب و هوایی کوپن دارای اقلیم مدیترانه‌ای گرم و نیمه خشک می‌باشد و مختصات جغرافیایی آن به ترتیب ۵۵ درجه و ۱۲ دقیقه طول شرقی و ۳۷ درجه و ۱۶ دقیقه عرض شمالی می‌باشد. میانگین دمای هوا طی دوره‌های مختلف نموی ژنوتیپ‌های کلزا طی دو سال انجام آزمایش در جدول ۱ ارائه شده است. آزمایش بصورت کرت‌های خرد شده در قالب بلوک‌های کامل تصادفی و در چهار تکرار اجرا شد. چهار تاریخ کاشت ۱۵ آبان، ۳۰ آبان، ۱۵ آذر و ۳۰ آذر در کرت‌های اصلی و چهار ژنوتیپ بهاره هایولا ۴۰۱، اس۳، کوانتوم و آپشن ۵۰۰ در کرت‌های فرعی قرار گرفتند. محصول قبلی مورد کشت در هر دو سال انجام آزمایش گندم بود. قبل از کاشت گیاه نمونه‌های خاک از عمق صفر تا ۳۰ سانتی‌متر از سطح خاک تهیه و بر اساس نتایج حاصل، مقادیر کودهای فسفر و پتاس به مقدار ۵۰ کیلوگرم در هکتار اکسید فسفر و اکسید پتاس (به ترتیب از منابع سوپر فسفات تریپل و سولفات پتاسیم) قبل از کاشت به زمین داده شد. مقدار کود نیتروژن لازم به مقدار ۷۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن خالص (از منبع اوره)، به مقدار یک سوم قبل از کاشت، یک سوم در مرحله شروع ساقه‌دهی و یک سوم در مرحله شروع گلدهی به زمین داده شد. در هر دو سال آزمایش قبل از تاریخ‌های کاشت، بارندگی مناسب حادث شد و در طول دوره رشد هیچ گونه آبیاری صورت نگرفت. کاشت به صورت خطی و با دست انجام شد. برای اطمینان از دستیابی به تراکم بوته مناسب (۸۳۰ هزار بوته در هکتار و با الگوی کاشت ۵×۲۴ سانتی‌متر (Faraji, 2003; Faraji, 2004))، در موقع کاشت بیش از میزان لازم بذر مصرف شد و بعد از استقرار بوته‌ها، در موقع تنک کردن فاصله بوته‌ها تنظیم شد. هر کرت شامل ۵ خط کاشت به طول ۵ متر بود. تعداد روز تا یک مرحله نموی معین بر اساس تعداد روز تا زمانی که ۵۰ درصد از گیاهان هر کرت به آن مرحله معین برسند، محاسبه شد (Harper and Berkenkamp, 1975). فتوپریود با استفاده از برنامه رایانه‌ای TTDLC محاسبه شد. برای رسم نمودارهای روابط بین تاریخ کاشت، دما و فتوپریود با فنولوژی کلزا از نرم‌افزار آماری SAS (SAS, 1996) و برنامه رایانه‌ای EXCEL استفاده شد. برای رابطه بین

Archive of SID

www.SID.ir

جدول۱- میانگین دمای هوا (درجه سانتی گراد) در مراحل مختلف نموی کلزا در سال‌های ۸۳-۱۳۸۱
Table1. Mean air temperature (°C) during different phenological stages of canola in 2002-2004 growing seasons

Sowing date	تاریخ کاشت	Phenological stage مرحله نموی: کاشت تا سبز شدن Sowing to emergence	سبز شدن تا شروع گلدهی Emergence to commemcement of flowering	شروع گلدهی تا رسیدگی فیزیولوژیک Commencement of flowering to physiological maturity
			2002-2003	
06 Nov.	۱۵ آبان	17.4	8.8	15.1
21 Nov.	۳۰ آبان	11.3	8.2	16.4
06 Dec.	۱۵ آذر	9.5	8.9	17.1
21 Dec.	۳۰ آذر	8.1	9.3	17.8
			2003-2004	
06 Nov.	۱۵ آبان	16.2	13.2	14.6
21 Nov.	۳۰ آبان	11.9	13.4	15.1
06 Dec.	۱۵ آذر	11.5	13.3	14.8
21 Dec.	۳۰ آذر	9.5	14.3	16.1

تاریخ کاشت و تعداد روز از کاشت تا سبز شدن، با توجه به عدم وجود اختلاف معنی‌دار در شیب خط رگرسیون در دو سال آزمایش، داده‌های فوق با یکدیگر ترکیب و برای دو سال تنها یک رابطه رگرسیونی ترسیم شد. در این مطالعه، تنها روابط رگرسیونی معنی‌دار شده مورد استفاده قرار گرفت. داده‌های به دست آمده توسط نرم‌افزار آماری SAS (SAS, 1996) مورد تجزیه قرار گرفت و میانگین داده‌ها بر اساس آزمون LSD ارزیابی شد.

نتایج و بحث

در این مطالعه، فنولوژی کلزا به طور قابل ملاحظه ای تحت تاثیر عوامل محیطی و شرایط مختلف آب و هوایی طی دو سال انجام آزمایش قرار گرفت. این مساله به وسیله معنی دار بودن اثر سال و اثر متقابل سال × تاریخ کاشت بر طول دوره کاشت تا سبز شدن و همچنین اثر سال و اثر متقابل سال × تاریخ کاشت، سال × رقم و سال × تاریخ کاشت × رقم بر طول دوره های سبز شدن تا شروع گلدهی و شروع گلدهی تا رسیدگی فیزیولوژیک مشخص شد (جدول۲). به طور کلی میانگین دمای هوا در تاریخ‌های مختلف کاشت برای دوره بین کاشت تا شروع گلدهی کلزا برای سال اول به طور قابل توجهی کمتر از سال دوم بود (جدول۱). این مساله سبب شد تا تعداد روز از کاشت تا شروع گلدهی در سال اول به طور قابل توجهی بیشتر از سال دوم آزمایش شود (جدول ۳). میانگین تعداد روز از کاشت تا سبز شدن و از سبز شدن تا شروع گلدهی در سال ۸۲-۱۳۸۱ به ترتیب ۱۴/۳ و ۱۰۴/۰ روز و در سال ۸۳-۱۳۸۲ به ترتیب ۱۳/۴ و ۸۲/۲ روز بود (جدول۳). بنابراین، برای هر تاریخ

Archive of SID

www.SID.ir

کاشت، وارد شدن دیرتر ژنوتیپ ها به مرحله زایشی در سال اول سبب شد تا مرحله زایشی آنها با دماهای بالاتر مصادف شده (جدول۱) و در نتیجه طول دوره بین شروع گلدهی تا رسیدگی فیزیولوژیک نسبت به سال دوم کمتر شود (جدول۳). میانگین تعداد روز از شروع گلدهی تا رسیدگی فیزیولوژیک در سال اول ۶۴ روز و در سال دوم ۶۹ روز بود (جدول۳). این مساله نشان داد که نوسانات دمایی طی دو سال آزمایش تعیین کننده فنولوژی و نمو ژنوتیپ های کلزا در تاریخ‌های مختلف کاشت بود.

کاهش دمای هوا با تاخیر در کاشت سبب تاخیر در سبز شدن ژنوتیپ های کلزا شد. در هر دو سال، با تاخیر در کاشت، تعداد روز از کاشت تا سبز شدن به طور معنی‌دار و خطی افزایش یافت (جدول ۳ و شکل ۱). رابطه مثبت بین تاخیر در کاشت با تعداد روز تا سبز شدن به ترتیب ۹۲، ۸۸، ۸۸ و ۸۷ درصد از تغییرات را در ژنوتیپ های هایولا۴۰۱، اس۳، کوانتوم و آپشن ۵۰۰ توجیه کرد (شکل۱). شیب افزایش تعداد روز تا سبز شدن به ازای هر روز تاخیر در کاشت در ژنوتیپ‌های آزاد گرده‌افشان کوانتوم و

جدول۲- خلاصه تجزیه واریانس مرکب خصوصیات فنولوژیک ژنوتیپ‌های کلزا در سال‌های ۱۳۸۳-۱۳۸۱

Table 2. Summary of combined analysis of variance for phonological characteristics of canola genotypes in 2002-2004 growing seasons

S.O.V.	منابع تغییر	درجه آزادی df.	میانگین مربعات (MS)		
			روز از کاشت تا سبز شدن Days from sowing to emergence	روز از سبز شدن تا شروع گلدهی Days from emergence to the commencement of flowering	روز از شروع گلدهی تا رسیدگی فیزیولوژیک Days from commencement of flowering to physiological maturit
Year (Y)	سال	1	23.8***	15203***	815***
Rep / Y	تکرار درون سال	6	0.112	3.71	5.33
Sowing date (SD)	تاریخ کاشت	3	1151*	7338**	1615**
Y × SD	سال × تاریخ کاشت	3	77.2***	214***	40.3***
Error a	خطای الف	18	0.18	1.18	1.82
Genotype (G)	ژنوتیپ	3	11.9**	1072**	390**
Y × G	سال × ژنوتیپ	3	1.51^{ns}	35.9***	70.1***
SD × G	تاریخ کاشت × ژنوتیپ	9	0.73^{ns}	6.24^{ns}	11.0^{ns}
Y× SD × G	سال × تاریخ کاشت × ژنوتیپ	9	1.08^{ns}	19.0***	7.5***
Error b	خطای ب	72	1.12	0.379	0.695

*، ** و ***: به ترتیب معنی‌دار در سطوح احتمال ۵، ۱ و ۰/۱ درصد.

ns: غیرمعنی‌دار

*, ** and ***: Significant at the 5%, 1% and 0.1% levels of probability, respectively.
ns: Non- significant

Archive of SID

www.SID.ir

جدول۳- میانگین‌های خصوصیات فنولوژیک ژنوتیپ‌های کلزا در سال‌های زراعی ۸۳-۱۳۸۱
Table 3. Means of phenological characteristics of canola genotypes in 2002-2004 growing seasons

Treatment	تیمار	روز از کاشت تا سبز شدن Days from sowing to emergence	روز از سبز شدن تا شروع گلدهی Days from emergence to the commencement of flowering	روز از شروع گلدهی تا رسیدگی فیزیولوژیک Days from commencement of flowering to physiological maturit
2002-2003			**Sowing date تاریخ کاشت**	
06 Nov.	۱۵ آبان	5.8 c	122.4 a	73.2 a
21 Nov.	۳۰ آبان	10.8 b	114.1 b	66.5 b
06 Dec.	۱۵ آذر	20.1 a	95.0 c	62.1 c
21 Dec.	۳۰ آذر	20.4 a	84.6 d	54.2 d
			Genotype ژنوتیپ	
Hyola401	هایولا۴۰۱	13.2 c	99.2 d	66.5 a
S3	اس۳	14.3 b	100.4 c	66.9 a
Quantum	کوانتوم	14.8 a	107.8 b	61.6 b
Option500	آپشن۵۰۰	15.0 a	108.8 a	60.9 c
2003-2004			**Sowing date تاریخ کاشت**	
06 Nov.	۱۵ آبان	7.6 d	98.1 a	76.2 a
21 Nov.	۳۰ آبان	11.8 c	86.2 b	72.1 b
06 Dec.	۱۵ آذر	14.9 b	77.7 c	65.6 c
21 Dec.	۳۰ آذر	19.4 a	66.9 d	62.2 d
			Genotype ژنوتیپ	
Hyola401	هایولا۴۰۱	12.8 c	77.2 b	71.3 b
S3	اس۳	13.3 b	75.7 c	73.2 a
Quantum	کوانتوم	13.8 a	87.8 a	65.7 c
Option500	آپشن۵۰۰	13.8 a	88.1 a	65.9 c

میانگین‌هایی، در هر ستون و برای هر عامل، که دارای حداقل یک حرف مشابه می‌باشند بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال معنی‌دار شده تفاوت معنی‌دار ندارند.

Means, in each column and factor, followed by at least one letter in common are not significantly different at the concerned probability levels using LSD test.

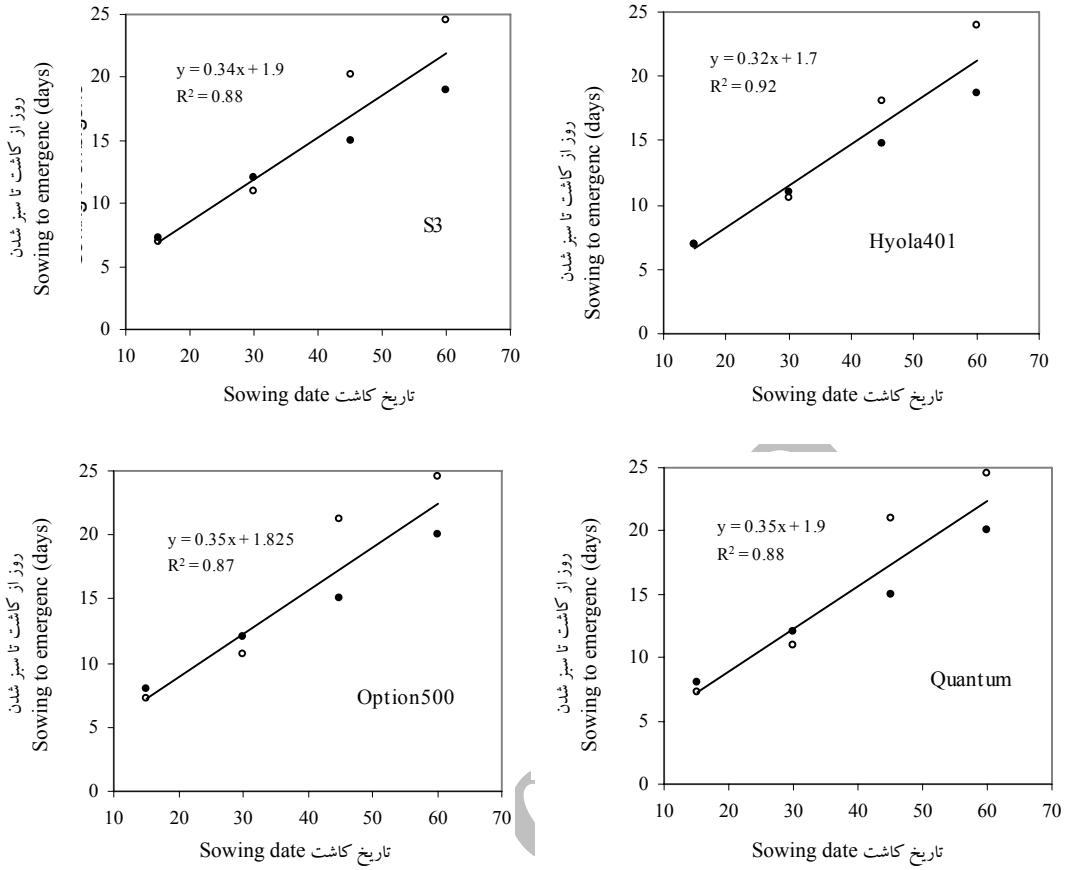
آپشن ۵۰۰ بیشتر از هیبرید هایولا۴۰۱ و اس۳ و به ترتیب ۰/۳۵، ۰/۳۵، ۰/۳۲ و ۰/۳۴ روز بود (شکل ۱). این نشان دهنده حساسیت بیشتر سبز شدن ژنوتیپ های آزاد گرده افشان کوانتوم و آپشن ۵۰۰ به تاخیر در کاشت (دما) بود. در هر دو سال، تعداد روز تا سبز شدن هیبرید هایولا۴۰۱ کمتر از ژنوتیپ‌های دیگر بود (جدول۳).

بنابراین در مناطق و شرایطی که سبز شدن سریع مورد نظر باشد، کاشت زودتر و همچنین هیبرید هایولا۴۰۱ می‌تواند گزینه قابل توصیه باشد.

در هر دو سال، با تاخیر در کاشت تعداد روز از سبز شدن تا شروع گلدهی به طور معنی‌داری کاهش یافت (جدول۳). دامنه تغییرات تعداد روز از سبز شدن تا شروع گلدهی از ۸۴/۶ تا

Archive of SID

www.SID.ir



شکل ۱- رابطه بین تاریخ کاشت (روز از اول آبان) و تعداد روز از کاشت تا سبز شدن برای ژنوتیپ کلزا. دایره‌های خالی و پر به‌ترتیب نشان‌دهنده داده‌های سال اول و دوم هستند.

Fig. 1. Relationship between sowing date (days from 20th October) and days from sowing to emergence for Canola genotypes. Open and solid circles indicate data for first and second years, respectively.

۱۲۲/۴ روز در سال اول و از ۶۶/۹ تا ۹۸/۱ روز در سال دوم متفاوت بود (جدول ۳). هیبرید هایولا۴۰۱ و ژنوتیپ اس۳ زودتر وارد مرحله زایشی شدند، در حالی که تاریخ شروع گلدهی دو ژنوتیپ دیگر مورد مطالعه چند روز دیرتر بود (جدول ۳). تعداد روز از سبز شدن تا شروع گلدهی در ژنوتیپ‌های هایولا۴۰۱ و اس۳ در سال اول به ترتیب ۹۹/۲ و ۱۰۰/۴ روز و در سال دوم به ترتیب ۷۷/۲ و ۷۵/۷ روز بود (جدول ۳). همچنین تعداد روز از سبز شدن تا شروع گلدهی ژنوتیپ‌های کوانتوم و آپشن ۵۰۰ در سال اول به ترتیب ۱۰۷/۸ و ۱۰۸/۸ روز و در سال دوم به ترتیب ۸۷/۸ و ۸۸/۱ روز بود (جدول۳).

در هر دو سال یک رابطه خطی منفی بین تاخیر در کاشت با تعداد روز از سبز شدن تا شروع گلدهی ژنوتیپ‌های کلزا وجود داشت. این رابطه خطی بسیار قوی در سال اول به ترتیب ۹۶، ۹۹، ۹۶ و ۹۵ درصد و در سال دوم ۹۹ درصد از تغییرات ژنوتیپ‌های هایولا۴۰۱، اس۳،

www.SID.ir

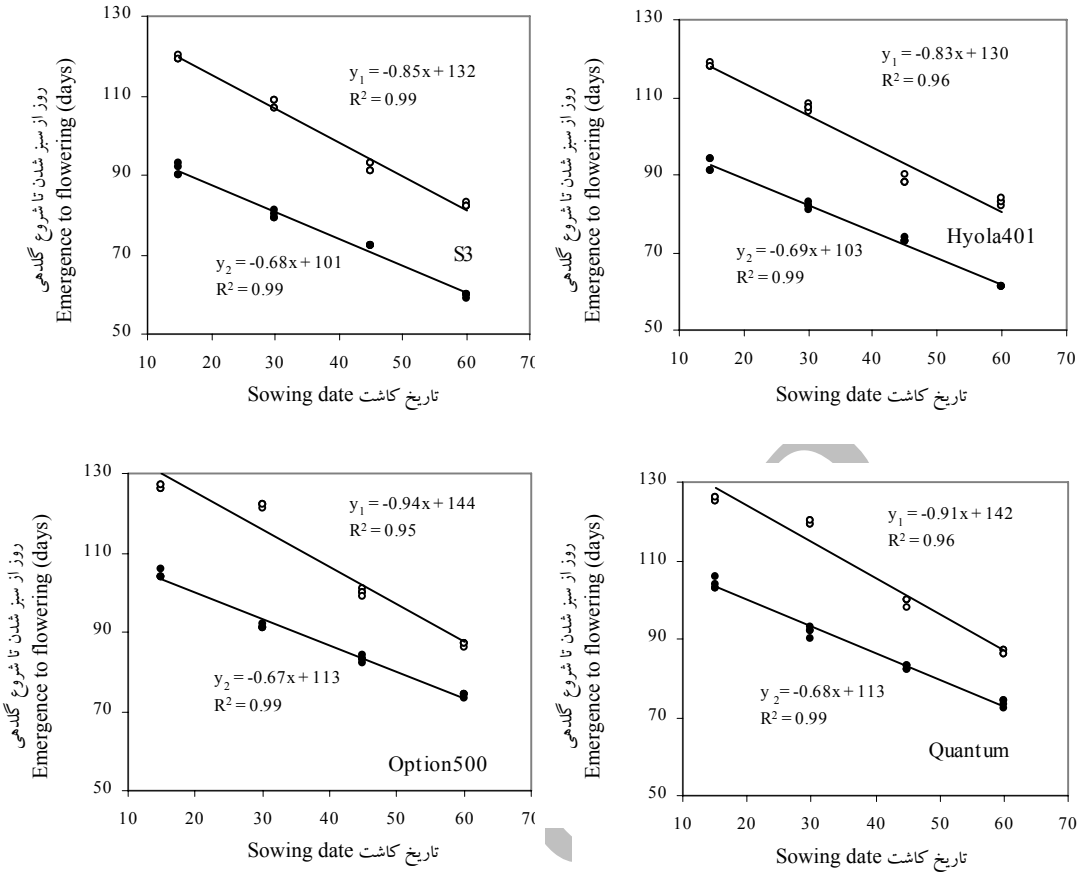
کوانتوم و آپشن ۵۰۰ را توجیه کرد (شکل ۲). شیب کاهش تعداد روز از سبز شدن تا شروع گلدهی در سال اول بیشتر از سال دوم بود (شکل ۲)، که این مساله سبب معنی‌دار شدن اثر متقابل سال × تاریخ کاشت بر تعداد روز از سبز شدن تا شروع گلدهی شد (جدول ۲). شیب کاهش تعداد روز از سبز شدن تا شروع گلدهی به ازای هر روز تاخیر در کاشت در ژنوتیپ‌های هایولا ۴۰۱، اس۳، کوانتوم و آپشن ۵۰۰ در سال اول به ترتیب ۰/۸۳-، ۰/۸۵-، ۰/۹۱- و ۰/۹۴- روز و در سال دوم به ترتیب ۰/۶۹-، ۰/۶۸-، ۰/۶۸- و ۰/۶۷- روز بود (شکل ۲). روند متفاوت واکنش تعداد روز از سبز شدن تا شروع گلدهی به تاخیر در کاشت در ژنوتیپ‌های کلزا طی دو سال انجام آزمایش (شکل ۲) سبب معنی‌دار شدن اثرات متقابل سال با تاریخ کاشت و ژنوتیپ شد (جدول ۲). واکنش ژنوتیپ‌های کوانتوم و آپشن ۵۰۰ در سال اول بیشتر از هیبرید هایولا ۴۰۱ و ژنوتیپ اس۳ و در سال دوم کمتر از آنها بود (شکل ۲).

گلدهی دیرتر ژنوتیپ‌ها در سال اول نسبت به سال دوم (به دلیل وجود دماهای خنک تر در اوایل فصل رشد در سال اول نسبت به سال دوم) سبب شد تا دوره گلدهی و پر شدن دانه در سال اول دیرتر شروع شده و در نتیجه با دماهای بالاتری مواجه شود (جدول ۱). این باعث شد تا طول دوره بین شروع گلدهی تا رسیدگی فیزیولوژیک در سال اول کمتر از سال دوم آزمایش شود (جدول۳). میانگین تعداد روز از شروع گلدهی تا رسیدگی فیزیولوژیک در سال اول و دوم آزمایش به ترتیب ۶۴ و ۶۹ روز بود (جدول ۳). روند و شیب متفاوت تغییرات دمایی در تاریخ‌های مختلف کاشت طی دو سال انجام آزمایش (جدول ۱ و شکل ۳) سبب معنی‌دار شدن اثر متقابل سال × تاریخ کاشت، سال × ژنوتیپ و سال × تاریخ کاشت × ژنوتیپ بر تعداد روز از شروع گلدهی تا رسیدگی فیزیولوژیک شد (جدول ۲). در هر دو سال با تاخیر در کاشت طول دوره بین شروع گلدهی تا رسیدگی فیزیولوژیک به طور معنی‌داری کاهش یافت (جدول ۳). دامنه تغییرات طول دوره فوق در تاریخ‌های مختلف کاشت بین ۷۳/۲-۵۴/۲ روز در سال اول و ۷۶/۲-۶۲/۲ روز در سال دوم متفاوت بود (جدول ۳).

در هر دو سال انجام آزمایش یک رابطه خطی منفی بین تاخیر در کاشت از ۱۵ آبان با تعداد روز از شروع گلدهی تا رسیدگی فیزیولوژیک ژنوتیپ‌های کلزا وجود داشت. این رابطه خطی بسیار قوی در سال اول به ترتیب ۹۶، ۹۴، ۹۶ و ۹۲ درصد و در سال دوم به ترتیب ۹۳، ۹۵، ۹۴ و ۹۵ درصد از تغییرات ژنوتیپ‌های هایولا ۴۰۱، اس۳، کوانتوم و آپشن ۵۰۰ را توجیه کرد (شکل۳). در تمام ژنوتیپ‌های مورد مطالعه، شیب کاهش تعداد روز از شروع گلدهی تا رسیدگی فیزیولوژیک در سال اول بیشتر از سال دوم بود (شکل ۲)، که این سبب معنی‌دار شدن اثر متقابل سال × تاریخ کاشت بر تعداد روز طی دوره فوق شد (جدول ۲). شیب کاهش تعداد روز از از

Archive of SID

www.SID.ir



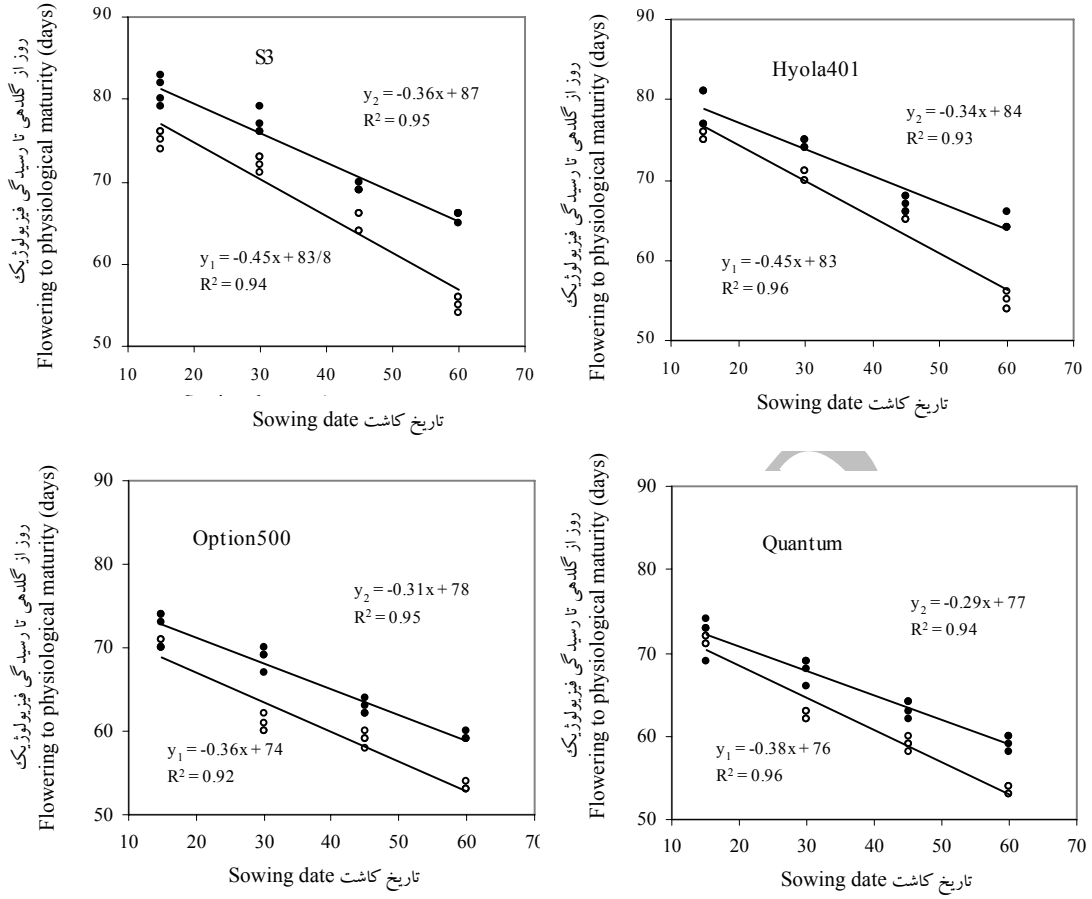
شکل ۲- رابطه بین تاریخ کاشت (روز از اول آبان) و تعداد روز از سبز شدن تا شروع گلدهی برای ژنوتیپ‌های کلزا. دایره های خالی و پر به‌ترتیب نشان دهنده داده‌های سال اول (y_1) و دوم (y_2) هستند.

Fig.2. Relationship between sowing date (days from 20th October) and days from emergence to the commencement of flowering for Canola genotypes. Open and solid circles indicate data for first (y_1) and second (y_2) years, respectively.

شروع گلدهی تا رسیدگی فیزیولوژیک به ازای هر روز تاخیر در کاشت در ژنوتیپ‌های هایولا۴۰۱، اس۳، کوانتوم و آپشن ۵۰۰ در سال اول به ترتیب ۰/۴۵-، ۰/۴۵-، ۰/۳۸- و ۰/۳۶- روز و در سال دوم به ترتیب ۰/۳۴-، ۰/۳۶-، ۰/۲۹- و ۰/۳۱- روز بود (شکل ۳)، که نشان‌دهنده واکنش کمتر طول دوره فوق به تاخیر در کاشت در ژنوتیپ‌های کوانتوم و آپشن ۵۰۰ بود (شکل ۳).

زمانی که رابطه رگرسیونی بین میانگین دمای هوا طی مراحل مختلف نموی با طول دوره‌های کاشت تا سبز شدن، سبز شدن تا شروع گلدهی و شروع گلدهی تا رسیدگی فیزیولوژیک ترسیم شد، مشخص شد که یک رابطه خطی منفی قوی بین آنها وجود دارد (شکل ۴). این رابطه منفی به ترتیب ۸۶، ۸۹ و ۹۲ درصد از تغییرات را در مراحل نموی کاشت تا سبز شدن، سبز شدن تا شروع گلدهی و شروع گلدهی تا رسیدگی فیزیولوژیک توجیه کرد (شکل ۴). بین مراحل فنولوژیکی مورد مطالعه،

Archive
www.SID.ir

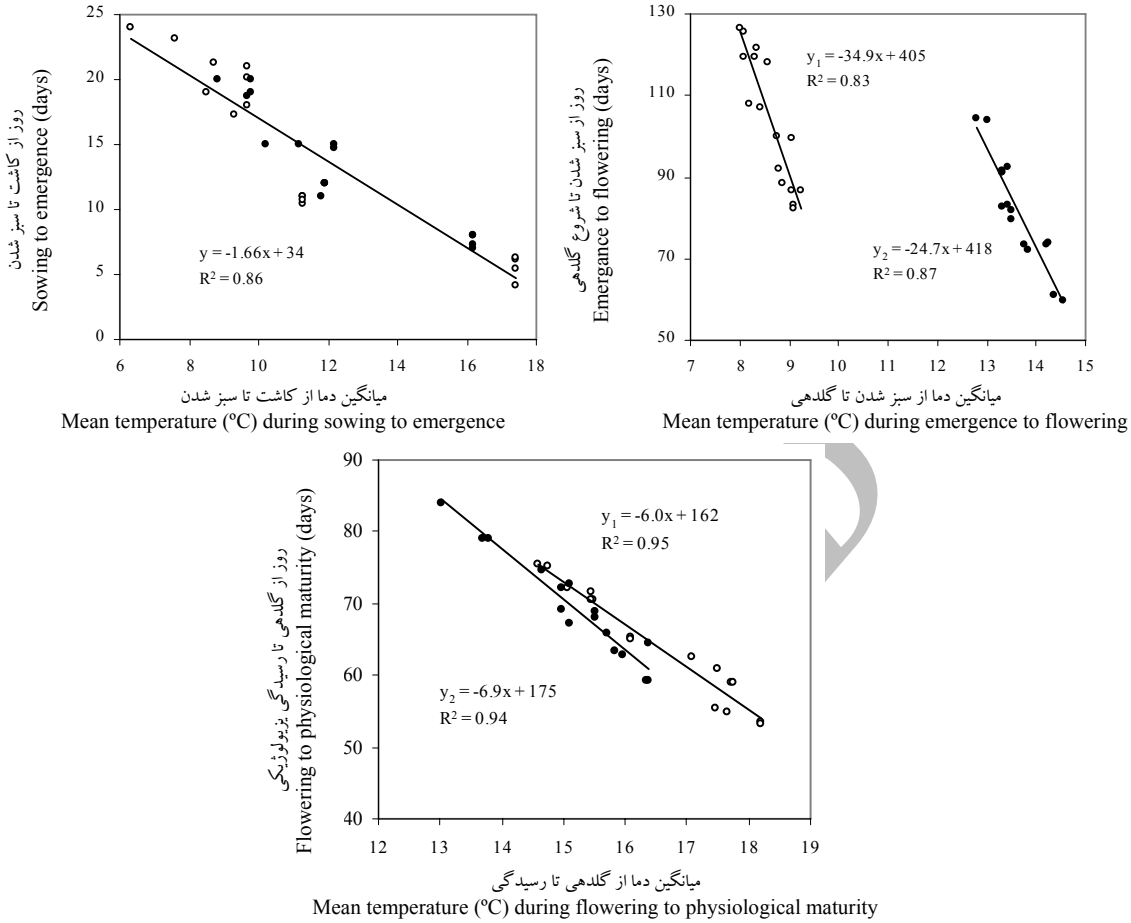


شکل ۳- رابطه بین تاریخ کاشت (روز از اول آبان) با تعداد روز از شروع گلدهی تا رسیدگی فیزیولوژیک برای ژنوتیپ‌های کلزا. دایره های خالی و پر به ترتیب نشان دهنده داده‌های سال اول (y_1) و دوم (y_2) هستند.

Fig. 3. Relationship between sowing date (days from 20th October) and days from commencement of flowering to physiological maturity for canola genotypes. Open and solid circles indicate data for first (y_1) and second (y_2) years, respectively.

کمترین شیب خط رگرسیون مربوط به دوره کاشت تا سبز شدن گیاهچه‌ها بود. در دوره فوق به ازای هر واحد افزایش دما از حدود ۶ به ۱۸ درجه سانتی‌گراد تعداد روز طی شده ۱/۶۶ روز کاهش یافت (شکل ۴). بیشترین شیب خط رگرسیون یا به عبارت دیگر بیشترین واکنش به افزایش دما مربوط به دوره بین سبز شدن تا شروع گلدهی بود. به ازای هر درجه سانتی‌گراد افزایش دما در دوره بین سبز شدن تا شروع گلدهی، تعداد روز در سال اول و دوم به ترتیب ۳۴/۹ و ۲۴/۷ روز کاهش یافت (شکل ۴). همچنین به ازای هر واحد افزایش دما طی دوره بین شروع گلدهی تا رسیدگی فیزیولوژیک تعداد روز در سال اول و دوم به ترتیب ۶/۰ و ۶/۹ روز کاهش یافت (شکل ۴). اختلاف زیاد دمای هوا در دوره سبز شدن تا شروع گلدهی بین ۲ سال آزمایش و در نتیجه اختلاف در طول دوره فوق در شکل ۴ نشان داده شده است

Archive
www.SID.ir



شکل۴- رابطه بین میانگین دمای هوا طی دوره‌های مختلف نموی با طول آن دوره‌ها. دایره‌های خالی و پر به‌ترتیب نشان‌دهنده داده‌های سال اول (y_1) و دوم (y_2) آزمایش هستند.

Fig. 4. Relationship between mean air temperature during different phenological periods and the duration of those periods. Open and solid circles indicate data for first (y_1) and second (y_2) years, respectively.

(شکل ۴).

برای هر تاریخ کاشت معین، در سال اول دماهای پایین‌تر در دوره بین سبز شدن تا شروع گلدهی سبب افزایش طول دوره فوق و در سال دوم دماهای بالاتر طی دوره بین سبز شدن تا شروع گلدهی سبب کاهش قابل توجه طول دوره فوق شد (شکل ۴). به هر حال اگرچه با تاخیر در کاشت طول دوره بین سبز شدن تا شروع گلدهی به طور معنی‌داری کاهش یافت، ولی اختلاف میانگین دمای هوا طی دوره فوق در تاریخ‌های مختلف کاشت چندان قابل توجه نبود. به عبارت دیگر، دامنه تغییرات تعداد روز از سبز شدن تا شروع گلدهی در تاریخ‌های مختلف کاشت در سال اول ۸۴/۶ تا ۱۲۲/۴ روز و در سال دوم از ۶۶/۹ تا ۹۸/۱ روز بود (جدول ۳)، در حالی که دامنه تغییرات میانگین دمای هوا طی دوره فوق تاریخ‌های مختلف کاشت در سال اول تنها ۸/۲ تا ۹/۳ درجه سانتی گراد و در سال دوم

www.SID.ir

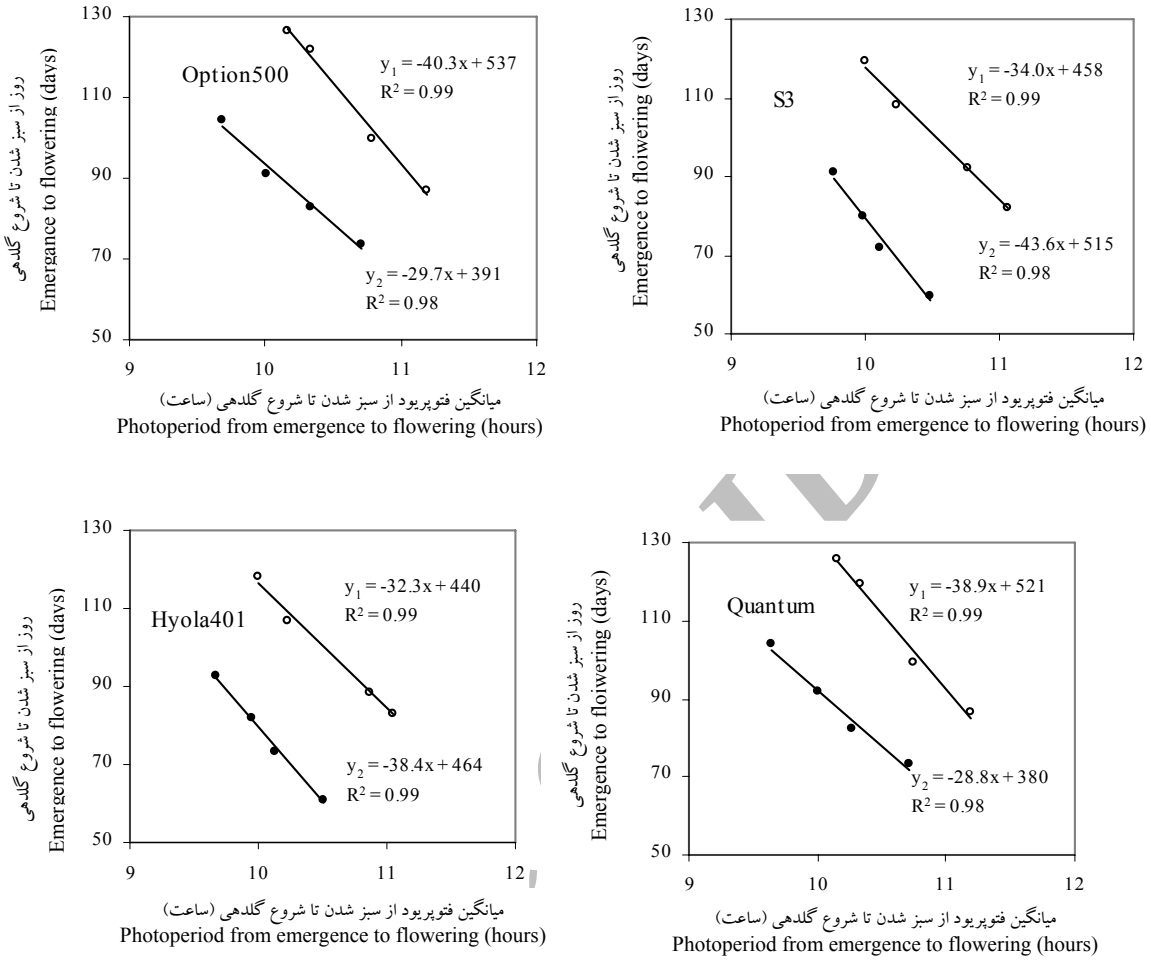
۱۳/۲ تا ۱۴/۳ درجه سانتی‌گراد بود (جدول ۱). در واقع، در هر یک از سال‌های انجام آزمایش، اگرچه تغییرات میانگین دمای هوا طی دوره سبز شدن تا شروع گلدهی در تاریخ های مختلف کاشت چندان زیاد نبود، ولی بین تاریخ‌های کاشت از نظر طول دوره فوق اختلاف قابل توجهی وجود داشت، که سبب واکنش زیاد طول دوره فوق به افزایش دما شد (شکل ۴). این مساله سبب شد تا همان طوری که در نتایج مطالعه هابکوت (Habekotte, 1997) بیان شده است که طول دوره سبز شدن تا شروع گلدهی در کلزا علاوه بر دما تحت تاثیر فتوپریود نیز قرار می‌گیرد، در این مطالعه نیز رابطه رگرسیونی بین طول دوره سبز شدن تا شروع گلدهی با میانگین فتوپریود طی دوره فوق ترسیم شد. این رابطه منفی قوی در سال اول ۹۹ درصد و در سال دوم به ترتیب ۹۹، ۹۸، ۹۸ و ۹۸ درصد از تغییرات ژنوتیپ‌های هایولا۴۰۱، اس۳، کوانتوم و آپشن ۵۰۰ را توجیه کرد (شکل ۵).

در تمام ژنوتیپ‌های مورد مطالعه، شیب کاهش تعداد روز از سبز شدن تا شروع گلدهی در سال اول کمتر از سال دوم آزمایش بود (شکل ۵)، در حالی که برای واکنش تعداد روز از سبز شدن تا شروع گلدهی به دما میزان واکنش ژنوتیپ‌ها به افزایش دما برای سال اول بیشتر از سال دوم بود. شیب کاهش تعداد روز از سبز شدن تا شروع گلدهی به ازای هر ساعت افزایش فتوپریود در ژنوتیپ‌های هایولا۴۰۱، اس۳، کوانتوم و آپشن ۵۰۰ در سال اول به ترتیب ۳۲/۳-، ۳۴/۰-، ۳۸/۹- و ۴۰/۳- روز و در سال دوم به ترتیب ۳۸/۴-، ۴۳/۶-، ۲۸/۸- و ۲۹/۷- روز بود (شکل ۳). بنابراین همان‌طوری که در مطالعات دیگر نیز بیان شده بود (Habekotte, 1997; Azizi *et al.*, 1999)، در این مطالعه نیز طول دوره بین سبز شدن تا شروع گلدهی علاوه بر دما تحت تاثیر فتوپریود قرار گرفت. به عبارت دیگر تغییرات دما و فتوپریود به خوبی طول دوره سبز شدن تا شروع گلدهی را در ژنوتیپ‌های مورد مطالعه توجیه کرد.

بنابراین مشابه نتایج گزارش شده پژوهشگران دیگر (Khan *et al.*, 1994; Kmec *et al.*, 1998; Si and Walton, 2004)، در این مطالعه نیز با تاخیر در کاشت تعداد روز از سبز شدن تا رسیدگی فیزیولوژیک کاهش یافت. بیشترین طول دوره رشد (دوره بین کاشت تا رسیدگی فیزیولوژیک) مربوط به ژنوتیپ‌های آزاد گرده‌افشان کوانتوم و آپشن ۵۰۰ و کمترین طول دوره مربوط به هیبرید هایولا۴۰۱ بود (جدول ۴). با توجه به گرم شدن شدید هوا در طی ماه‌های اردیبهشت و خرداد در منطقه گنبد، زودرس‌تر بودن ژنوتیپ‌ها و عدم برخورد مراحل آخر رشد با دماهای بالا از خصوصیات مطلوب ژنوتیپ‌ها جهت کشت در منطقه است. کمتر بودن طول دوره رشد هیبرید هایولا۴۰۱ نسبت به ژنوتیپ‌های آزاد گرده‌افشان کوانتوم و آپشن ۵۰۰ در مطالعات قبلی نیز گزارش شده است (Faraji, 2003). تغییرات دمای هوا طی دو سال آزمایش به بهترین شکل طول دوره‌های

Archive of SID

www.SID.ir



شکل ۵- رابطه بین میانگین فتوپریود (ساعت) طی دوره بین سبز شدن تا شروع گلدهی با طول دوره فوق در ژنوتیپ‌های کلزا. دایره‌های خالی و پر نشان دهنده داده‌های سال اول (y_1) و دوم (y_2) هستند.

Fig. 5. Relationship between mean photoperiod from emergence to the commencement of flowering and the duration of that period in canola genotypes. Open and solid circles indicate data for first (y_1) and second (y_2) years, respectively.

فنولوژیک مورد نظر در این مطالعه را توجیه کرد. تغییر در تاریخ کاشت از طریق تغییر دمای هوا طی مراحل مختلف نموی کلزا بر فنولوژی گیاه موثر بود. همان طوری که در مطالعه هابکوت (Habekotte, 1997) نشان داده شده است، در این مطالعه وقوع دماهای بالا طی دوره شروع گلدهی تا رسیدگی فیزیولوژیک، در اثر تاخیر در کاشت، سبب کاهش طول دوره فنولوژیکی مورد نظر و در نتیجه کاهش عملکرد دانه شد (داده‌های مربوط به عملکرد دانه ارائه نشده است). این مساله به این دلیل است که کلزا یک گیاه نواحی خنک بوده (Brandt and McGregor, 1997; Angadi *et al.*, 1999) و دماهای بالا نمو گیاه

www.SID.ir

را سرعت بخشیده، طول دوره رشد را کاهش داده و پتانسل عملکرد را کم می‌کند (Entz and Flower, 1991; Gan *et al*., 2004). از طرفی دمای بالا طی دوره گلدهی طول دوره آزادسازی و بقای دانه‌های گرده و زمان دریافت دانه‌های گرده به وسیله گل‌ها را کوتاه می‌کند.

اگرچه تمام مراحل نموی گیاه تحت تاثیر دما قرار می‌گیرد (Slafer and Rawson, 1994)، ولی حساسیت مراحل مختلف نمو گیاهان به دما متفاوت است (Musich *et al*., 1981). آنگاس و همکاران (Angus *et al*., 1981) گزارش کردند که سرعت نمو ارقام گندم از کاشت تا سبز شدن مشابه بوده و سپس در ادامه فصل رشد بین سرعت نمو ارقام مختلف، اختلاف مشاهده شد. آدای و پیرسون (Addae and Pearson, 1992) مشاهده کردند که رابطه بین دما با طول دوره کاشت تا سبز شدن و طول دوره پر شدن دانه خطی بود. در مقابل در مطالعه اسلافر و راوسون (Slafer and Rawson, 1995) رابطه بین نمو گیاه از سبز شدن تا گرده‌افشانی با دما طی این مرحله با توجه به رقم مورد مطالعه متفاوت بود و در تعدادی از ارقام خطی و در تعدادی دیگر غیرخطی بود. به هر حال، درک واکنش نمو ژنوتیپ‌های کلزا به شرایط محیطی مختلف جهت مدل‌سازی نمو آنها ضروری است. توانایی گیاه جهت تطبیق مراحل حساس نموی با شرایط عدم تنش در طی فصل رشد می‌تواند سبب فرار گیاه از این تنش‌ها شود (Ludlow and Muchow, 1990). این سبب می‌شود که انتخاب و معرفی ژنوتیپ‌هایی که مراحل حساس فنولوژیک آنها تطابق بیشتری با شرایط آب و هوایی مناسب داشته باشد، همواره مدنظر محققین اصلاح نباتات و فیزیولوژی گیاهان زراعی قرار گیرد. در گندم، کربی و همکاران (Kirby *et al*., 1999) نتیجه گرفتند که در ارقام مختلف نمی‌توان یک مدل واحد جهت رابطه بین دما با فنولوژی ارائه کرد. اگرچه گزارشاتی مبنی بر واکنش متفاوت نمو ارقام کلزا نسبت به شرایط محیطی وجود دارد (Hodgson, 1978)، ولی انتظار بر این است که بتوان از مدل‌های ارائه شده در ارتباط با عکس‌العمل نمو یک رقم به شرایط محیطی جهت ارقام مشابه نیز استفاده کرد (Habekotte, 1997). به همین ترتیب، تاریخ کاشت یک ابزار مدیریتی مهم در به حداقل رساندن جنبه‌های منفی دمای بالا در طی دوره‌های فنولوژیکی حساس گیاه، مانند دوره گلدهی و پر شدن دانه می‌باشد و تاخیر در کاشت می‌تواند سبب کاهش طول دوره‌های فوق، کاهش پتانسیل تولید و در نتیجه کاهش عملکرد دانه (Kirkland and Jonson, 2000) شود.

Archive of SID

www.SID.ir

References

Addae, P. C. and Pearson, C. J. 1992. Thermal requirements for germination and seedling growth of wheat. Australian Journal of Agricultural Research 43: 585-594.

Andrews, C. J. and Morrison, M. J. 1992. Freezing and ice tolerance tests for winter *Brassica* (rape). Agronomy Journal 84: 960-962.

Angadi, S. V., McConkey, B. G., Ulrich, D., Cutforth, H. W., Miller, P. R., Entz, M. H., Brandt, S. A. and Volkmar, K. 1999. Developing viable cropping options for the semiarid prairies. Project Report. Agriculture and Agri-Food Canada, Swift Current, SK.

Angus, J. F., Mackenzie, D. H., Morton, R., and Schafer, C. A. 1981. Phasic development in field crops. II. Thermal and photoperiodic responses of spring wheat. Field Crops Research 4: 269-283.

Azizi, M., Soltani, A., and Khavari Khorasani, S. 1999. Brassica Oilseeds: Production and utilization. Jehad Daneshgahi Publication of Mashhad. 230 pp.

Brandt, S. A., and McGregor, D.I. 1997. Canola response to growing season climatic conditions. P. 322-328. *In*: Processing Workshop on Soils and Crops 97, Saskatoon, SK, Canada. 20-21 Feb. 1997. University Extension Press, Saskatoon, SK, Canada.

Christmas, E. P. 1996. Evaluation of planting date for winter canola production in indiana. *In*: Janic, J. (ed.), Progress in new crops. Pp. 278-281.

Ellis, R. H., Summerfield, R. J., Edmeades, G. O., and Roberts, E. H. 1992. Photoperiod, temperature and the interval from sowing to tassel initiation in diverse cultivars of maize. Crop Science 32: 1225-1232.

Faraji, A. 2003. Effect of sowing date and plant density on rapeseed varieties. Iranian Journal of Crop Science 5: 64-73 (In Farsi).

Faraji, A. 2004. Effect of row spacing and seed rate on yield and yield components of rapeseed (cv. Quantum) in Gonbad. Seed and Plant 20: 297-314 (In Farsi).

Faraji, A. and Soltani, A. 2007. Evaluation of yield and yield components of canola spring genotypes in two different climate conditions. Seed and Plant 23: 191-202 (In Farsi).

Faraji, A., Latifi, N., Soltani, A. and Shirani Rad, A. H. 2008. Effect of high temperature stress and supplemental irrigation on flower and pod formation in two canola (*B. napus* L.) cultivars in Mediterranean climate. Asian Journal of Plant

Archive of SID

www.SID.ir

Science 7: 343-351.

Faraji, A., Latifi, N., Soltani, A., and Shirani Rad, A. H. 2009. Seed yield and water use efficiency of canola (*B. napus* L.) as affected by high temperature stress and supplemental irrigation. Agricultural Water Management 96: 132-140.

Faraji, A., Latifi, N., Aghajani, M. A., and Rahnama, K. 2006. Effects of some agronomic factors on phenology stages, vegetative characters and incidence of Sclerotinia stem rot in two genotypes of canola in Gonbad area. Journal of Agriculture Science and Natural Resources 13: 56-68 (In Farsi).

Gan, Y., Angadi, S. V., Cutforth, H., Potts, D., Angadi, V. V., and McDonald, C. L. 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.

Goyne, P. J., Schneiter, A. A., Cleary, K. C., Creelman, R. A., Stegmeier, W. D. and Wooding, F. J. 1989. Sunflower genotype response to photoperiod and temperature in field environments. Agronomy Journal 81: 826-831.

Habekotte, B. 1997. Evaluation of seed yield determining factors of winter oilseed rape (*B. napus* L.) by means of crop growth modeling. Field Crops Research 54: 137-151.

Harper, F. R., and Berkenkamp, B. 1975. Revised growth-stage key for *B. campestris* and *B. napus*. Canadian Journal of Plant Science 55: 657-658.

Hodgson, A. S. 1978. Rapeseed adaptation in Northern New South Wales. I. Phenological responses to vernalization, temperature and photoperiod by annual and biennial cultivars of *B. campestris* L., *B. napus* L. and wheat cv. Timgalen. Australian Journal of Agricultural Research 29: 693-710.

Khan, R. U., Muendel, H. H., and Chaudhry, M. F. 1994. Influence of topping rapeseed on yield components and other agronomic characters under varying dates of planting. Pakistan Journal of Botany 26: 167-171.

Kirby, E. J. M., Spink, J. H., Frost, D. L., Sylvester-Bradley, R., Scott, R. K., Foulkes, M. J., Clare, R. W. and Evans, E. J. 1999. A study of wheat development in the field: Analysis by phases. European Journal of Agronomy 11: 63-82.

Kirkland, K. J., and Jonson, E. N. 2000. Alternative seeding dates (fall and april) affect *B. napus* canola yield and quality. Canadian Journal of Plant Science 80: 713-719.

Kmec, P., Weiss, M. J., Milbrath, L. R., Schatz, B. G., Hanzel, J., Hanson, B. K.

Archive of SID

www.SID.ir

and Eriksmoen, E. D. 1998. Growth analysis of crambe. Crop Science 38: 108-112.

Ludlow, M. M., and Muchow, R. C. 1990. A critical evaluation of traits for improving crop yields in water-limiting environments. Advances in Agronomy 42: 107-153.

Miralles, D. J., Ferro, B. C., and Slafer, G. A. 2001. Developmental responses to sowing date in wheat, barley and rapeseed. Field Crops Research 71: 211-223.

Musich, V. N., Maistrenko, G. G., and Kolot, G. A. 1981. Dynamics of frost resistance in winter wheat in relation to temperature regime. Nauchno Tekhnicheskii Byulleten Vsesoyuzonogo Selektsionno Geneticheskogo Instituta 1: 14-19.

Nanda, R., Bhargava, S. C., Tomar, D. P. S., and Rawson, H. M. 1996. Phenological development of *B. 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.

SAS Institute. 1996. SAS/STAT user's guide, Version 6, 4th editions, SAS Inst., Inc., Cary, NC.

Si, P., and Walton, G. H. 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.

Sinclair, T. R., Kitani, S., Hinson, K., Bruniard, J. and Horie, T. 1991. Soybean flowering date: Linear and logistic models based on temperature and photoperiod. Crop Science 31: 786-790.

Slafer, G. A., and Rawson, H. M. 1994. Sensitivity of the wheat phasic development to major environmental factors: A re-examination of some assumptions made by physiologists and modelers. Australian Journal of Plant Physiology 21: 393-426.

Slafer, G. A. and Rawson, H. M. **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.

Archive of SID

www.SID.ir