

ناتال و همکاران (Nuttal *et al.*, 1992) برآورد کردند که یک درجه سانتی گراد افزایش درجه حرارت حداکثر در ماه جولای که مصادف با گلدهی کلزای تابستانه در غرب کانادا است، کاهش ۴۰۰ کیلوگرم در هکتار عملکرد دانه (حدود ده درصد از کل عملکرد دانه) را به دنبال دارد. آنگادی و همکاران (Angadi *et al.*, 2000) گزارش کردند که در چرخه زندگی گیاه کلزا، مرحله گلدهی حساس ترین مرحله به درجه حرارت بالا است و بروز تنش گرما در این مرحله سبب افت عملکرد دانه می گردد. همچنین موریسون (Morison, 1993) گزارش کرد که تنش گرما در طی گلدهی کلزا باعث خسارت بیشتری در مقایسه با مرحله رویشی یا مرحله رشد خورجین شده است.

گزارش هایی مبنی بر نقش اندک ذخایر غذایی قبل از گلدهی کلزا در رشد دانه وجود دارد. در شرایط محیطی مناسب و بدون تنش، ذخایر مواد پرورده ای که قبل از گلدهی تشکیل می شوند فقط در حدود ده درصد در عملکرد دانه نقش دارند (Mendham *et al.*, 1990). رشد قبل از گلدهی، پتانسیل فتوسنتزی برگ ها و ساقه ها را مشخص می کند و موجب ایجاد ذخایر مواد فتوسنتزی می شود که در برخی شرایط مخصوصاً در هنگام وجود تنش های محیطی، سهم بیشتری را در تعیین عملکرد دانه به عهده دارد. در زمان گلدهی کلزا که کلیه برگ های ساقه اصلی باز شده اند، پتانسیل فتوسنتزی در حداکثر مقدار خود بوده و در این دوره پتانسیل عملکرد مشخص می گردد. تعداد خورجین و تعداد دانه در خورجین که در مرحله گلدهی تعیین می شوند و از اجزای اساسی عملکرد دانه هستند تحت تأثیر عوامل مختلف از جمله تنش های محیطی و کمبود مواد فتوسنتزی قرار می گیرند. اندازه دانه در مقایسه با سایر اجزاء عملکرد، کمتر تغییر می کند (کیمبر و مک گرگور، ۱۳۷۸).

توجه به تقویم زراعی کلزا در منطقه خوزستان مشخص می کند که این گیاه در طول مرحله گلدهی تا پایان دوره رشد با افزایش درجه حرارت هوا و تنش

یکی از عواملی که عملکرد دانه گیاه زراعی را تحت تأثیر قرار می دهد، تاریخ کاشت است. در تعیین تاریخ کاشت یک رقم کلزا در هر منطقه ای باید مواردی مثل دمای محیط و خاک به هنگام کاشت و همچنین اجتناب از هم زمانی گلدهی با گرما مدنظر قرار گیرد (Rao and Mendham, 1991). تایلور و اسمیت (Taylor and Smith, 1992) گزارش کردند که تاریخ کاشت اثر بارزی بر عملکرد و اجزای عملکرد کلزا داشته و مناسب ترین زمان کاشت وابسته به رقم و شرایط آب و هوایی منطقه به ویژه عرض جغرافیایی است. تأخیر در کاشت سبب کاهش تعداد خورجین در بوته، تعداد دانه در خورجین، وزن هزار دانه، طول خورجین و نهایتاً عملکرد دانه کلزا شده است (Mendham *et al.*, 1990, Fathi *et al.*, 2003).

در درجه حرارت بالا، گیاه مقدار زیادی از گرمای خود را با تشعشع طول موج بلند، به هوای مجاور هدایت و با تعرق دفع می کند (تایز و زایگر، ۱۳۸۱). در شرایط مناسب رطوبتی، گیاه عمدتاً با افزایش تعرق خنک می شود، ولی هنگامی که گیاه با کمبود آب روبرو باشد به علت عدم تعرق، دمای آن بیش از دمای هوای اطراف خواهد بود. بنابراین گیاهانی که در معرض تنش خشکی هستند تنش گرمایی نیز بر آن ها وارد می شود (Maham *et al.*, 1995).

در اثر تنش گرما، فرایندهای فیزیولوژیکی و متابولیکی متعددی نظیر فتوسنتز، تنفس، خاصیت نیمه تراوایی غشاء سلول، تخریب پروتئین ها و آنزیم های درون گیاه تحت تأثیر قرار می گیرند (لارچر، ۱۳۷۶). میزان خسارت تنش گرما به نوع گیاه، مدت تنش و همچنین سرعت افزایش درجه حرارت بستگی دارد. هنگامی که درجه حرارت هوا به بالاتر از حد آستانه خسارت افزایش پیدا کند، آسیب آن قطعی است (Al-Khatib and Paulsen, 1999).

گرما مواجه است. از طرف دیگر، کاهش و حتی عدم وجود بارندگی در این دوره سبب بروز تنش خشکی نیز می‌گردد. این آزمایش با هدف بررسی اثر تاریخ کاشت و درجه حرارت بالا در مرحله گلدهی بر عملکرد دانه، اجزاء عملکرد، باروری گل‌ها و همچنین تعیین درجه حرارت آستانه در مرحله گلدهی رقم‌های بهاره کلزا در شرایط آب و هوایی خوزستان انجام گرفت.

آزمایش در دو سال زراعی ۱۳۸۲-۸۳ و ۸۴-۱۳۸۳ در مزرعه تحقیقاتی مجتمع عالی آموزشی و پژوهشی کشاورزی رامین واقع در شهر ملاثنانی که در ۳۶ کیلومتری شمال شرقی اهواز با عرض جغرافیایی ۳۱ درجه و ۳۶ دقیقه و طول جغرافیایی ۴۸ درجه و ۵۳ دقیقه و ارتفاع ۵۰ متر از سطح دریا واقع شده است، به اجرا درآمد. بافت خاک مزرعه Silty-Clay و pH خاک مزرعه در سال اول و دوم به ترتیب ۷/۷ و ۷/۹ بود. آزمایش به صورت کرت‌های یک‌بار خردشده در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی و در چهار تکرار انجام شد. فاکتور اصلی شامل سه تاریخ کاشت ۱ آذر (تاریخ کاشت مناسب منطقه)، ۲۰ آذر و ۱۰ دی ماه و فاکتور فرعی شامل سه رقم کلزای بهاره Hyola-308 (زودرس)، PF-7045/91 (متوسط‌رس) و Heros (دیررس) بودند. هر کرت فرعی شامل هشت ردیف ۵ متری با فاصله ردیف ۳۰ سانتی‌متر و فاصله بوته‌های روی ردیف ۳/۳ سانتی‌متر (تراکم بوته ۱۰۰ بوته در مترمربع) بود. ابتدا بذرها با دو برابر تراکم مورد نظر کاشته شدند و سپس طی دو مرحله در تراکم مورد نظر تنک گردیدند. میزان نیتروژن، فسفر و پتاس خالص مصرفی بر اساس میزان معمول منطقه به ترتیب ۱۵۰، ۶۰ و ۵۰ کیلوگرم در هکتار بود که به ترتیب از منابع اوره، فسفات آمونیوم و سولفات پتاسیم تأمین شدند. تمام فسفر و پتاس قبل از کاشت به خاک اضافه شد، ولی نیتروژن در مراحل کاشت، چهار تا شش برگی، ابتدای

به ساقه‌رفتن و ابتدای گلدهی به طور مساوی تقسیم گردید. برای تأمین نیاز آبی گیاه و ممانعت از بروز تنش خشکی در طی آزمایش، کرت‌ها در زمان تخلیه ۲۵ درصد رطوبت قابل استفاده خاک (Available Water) آبیاری شدند. حد ظرفیت مزرعه‌ای و پژمردگی دائم نیز به وسیله دستگاه صفحه فشاری (Pressure Plate) به دست آمد. به منظور تشخیص مراحل رشد و نمو کلزا از کلید و راهنمای شناسایی مراحل رشد کلزا که توسط سیلوستر-برادلی و مکپیس (Sylvester.Bradley and Makepeace, 1984) و زواره و امام (۱۳۷۹) ارائه شده است، استفاده گردید.

در زمان گلدهی ده بوته علامت‌گذاری شد و تعداد گل‌های باز شده شمارش گردید. در زمان رسیدگی دانه، در این ده بوته تعداد خورجین، تعداد دانه در خورجین و وزن هزار دانه اندازه‌گیری شد. برداشت نهایی به مساحت ۲/۴ مترمربع از وسط هر کرت به صورت دستی و در تاریخ‌های مختلف اردیبهشت ماه انجام گرفت. به منظور ارزیابی تنش گرما طی مرحله گلدهی از یک شاخص بر اساس درجه حرارت حداکثر روزانه استفاده گردید (Morison and Stewart, 2002). برای این کار فرض شد که عملکرد دانه (Y) در اثر تنش گرما طی مرحله گلدهی طبق معادله زیر کاهش می‌یابد:

$$Y = Y_{max} - bH_i \quad [1]$$

در این معادله، Y_{max} محل تقاطع خط رگرسیون با محور Y (Intercept) و بیانگر حداکثر عملکرد دانه و b ضریب رگرسیون هستند. در هر سال و برای هر رقم برای تعیین b از میانگین درجه حرارت حداکثر روزانه در طول مدت گلدهی (H_i) و همچنین عملکرد دانه آن رقم (Y) در سه تاریخ کاشت، و از روش بهینه‌سازی حداقل مربعات (Least squares optimization procedure) استفاده گردید (Marquardt, 1963).

با توجه به اینکه تنش گرما، درجه حرارت‌های بالاتر از آستانه ($Threshold \ Temperature = T_i$) را شامل

تجزیه واریانس با استفاده از نرم افزار MSTATC و محاسبه درجه حرارت آستانه با استفاده از نرم افزار EXCEL انجام گرفت. میانگین‌ها با آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد مقایسه شدند.

تعداد خورجین در بوته، تعداد دانه در خورجین و وزن دانه، اجزاء عملکرد دانه کلزا را تشکیل می‌دهند. مقایسه میانگین دو ساله نتایج به دست آمده نشان داد که تأخیر در تاریخ کاشت، سبب کاهش معنی‌دار تعداد خورجین در بوته گردید. بین رقم‌ها نیز از این لحاظ اختلاف معنی‌دار مشاهده شد و رقم‌های PF-7045/91 و Heros به ترتیب از بیشترین و کمترین تعداد خورجین در بوته برخوردار بودند (جدول ۱). البته در تاریخ کاشت مناسب منطقه (تاریخ کاشت اول) تولید بالای خورجین متعلق به رقم دیررس Heros بود. ولی با توجه به اینکه تأخیر در تاریخ کاشت سبب افت شدیدتر تعداد خورجین در این رقم گردید، نهایتاً میانگین تعداد خورجین در تاریخ‌های مختلف کاشت در رقم اخیر پایین‌تر از دو رقم دیگر به دست آمد (جدول ۲).

می‌شود، بنابراین معادله [۲] به صورت زیر تعریف گردید:

$$\hat{Y} = Y_{max} - b[\sum_i^n (T_{max} - T_i)] \quad [2]$$

در این معادله، $\hat{Y}$ و Y_{max} به ترتیب میانگین و حداکثر عملکرد دانه هر رقم در هر سال، T_{max} درجه حرارت حداکثر روزانه، $(T_{max} - T_i) \geq 0$ و n تعداد روزهای مرحله گلدهی است. $\hat{Y}$ ، Y_{max} و b را در معادله [۲] قرار داده و نهایتاً درجه حرارت آستانه (T_i) در مرحله گلدهی برای هر رقم محاسبه گردید.

برای نشان دادن اثر تنش گرما در طی گلدهی بر روی صفات مورد نظر، واحدهای تنش گرما (Heat Stress Units) (مجموع درجه حرارت‌های حداکثر روزانه که بیشتر از درجه حرارت آستانه هستند) برای هر تیمار و در هر سال بر روی محور X و نتایج بدست آمده از اندازه‌گیری صفت مربوطه بر روی محور Y قرار داده شدند. با استفاده از رگرسیون خطی، از میان نقاط بدست آمده یک خط مستقیم برازش داده شد. برای نشان دادن میزان ارتباط صفت مورد نظر با تنش گرما، از ضریب همبستگی خطی ساده (r) استفاده گردید.

جدول ۱- مقایسه میانگین دوساله عملکرد و اجزاء عملکرد در تاریخ‌های کاشت و رقم‌های مختلف

Table 1. Biennial mean comparison of yield and yield components in sowing dates and cultivars

شاخص برداشت	عملکرد بیولوژیک	عملکرد دانه	وزن هزار دانه	دانه در خورجین	خورجین در بوته	تیمارها
HI	Biol. Yield	Seed Yield	1000-SW	Seeds per	Siliques per	Treatments
(%)	(g.m ⁻²)	(g.m ⁻²)	(g)	Silique	Plant	
تاریخ‌های کاشت						
Sowing dates						
27.48 ^c	1173.57 ^a	318.97 ^a	3.29 ^a	20.19 ^a	99.16 ^a	21 Nov.
29.54 ^a	849.53 ^b	251.45 ^b	2.82 ^b	21.66 ^a	74.46 ^b	10 Dec.
28.65 ^b	656.33 ^c	191.77 ^c	2.58 ^c	20.57 ^a	59.36 ^c	30 Dec.
رقم‌ها						
Cultivars						
36.77 ^a	901.17 ^a	327.74 ^a	3.23 ^a	25.45 ^a	76.48 ^b	Hyola-308
25.85 ^b	899.59 ^a	231.19 ^c	2.72 ^b	19.22 ^b	81.75 ^a	PF-7045/91
23.06 ^c	878.66 ^a	203.26 ^c	2.74 ^b	18.47 ^b	74.76 ^b	Heros

میانگین‌های دارای حروف مشابه در هر ستون (بین دو خط افقی) اختلاف معنی‌دار ندارند (دانکن ۵٪).

Mean followed by the same letters in each column are not significantly different (Duncan 5%).

جدول ۲- مقایسه میانگین دوساله عملکرد و اجزاء عملکرد در تیمارهای مختلف

Table 2. Biennial mean comparison of yield and yield components in different treatments

تیمارها Treatments	خورجین در بوته Siliques per Plant	دانه در خورجین Seeds per Silique	وزن هزار دانه 1000-SW (g)	عملکرد دانه Seed Yield (g.m ⁻²)	عملکرد بیولوژیک Biol. Yield (g.m ⁻²)	شاخص برداشت HI (%)
D ₁ . C ₁	89.82 ^c	23.62 ^c	3.73 ^a	379.18 ^a	1102.24 ^b	34.47 ^c
D ₁ . C ₂	99.11 ^b	19.74 ^d	3.13 ^b	288.72 ^c	1166.21 ^b	24.86 ^{ef}
D ₁ . C ₃	108.55 ^a	19.38 ^d	3.02 ^{bc}	288.99 ^c	1252.25 ^a	23.12 ^g
D ₂ . C ₁	77.34 ^d	25.49 ^b	3.06 ^{bc}	322.17 ^b	868.04 ^c	37.28 ^b
D ₂ . C ₂	80.06 ^d	19.78 ^d	2.72 ^d	234.84 ^d	867.24 ^c	27.07 ^d
D ₂ . C ₃	65.98 ^e	19.71 ^d	2.68 ^{de}	196.64 ^e	813.30 ^c	24.28 ^f
D ₃ . C ₁	62.29 ^e	27.25 ^a	2.91 ^c	281.18 ^c	733.24 ^d	38.54 ^a
D ₃ . C ₂	66.07 ^e	18.14 ^d	2.31 ^f	170.00 ^f	665.33 ^d	25.62 ^e
D ₃ . C ₃	49.74 ^f	16.33 ^e	2.52 ^e	124.13 ^g	570.43 ^e	21.79 ^h

D₁, D₂ و D₃: به ترتیب تاریخ‌های کاشت اول آذر، بیست آذر و ده دی ماه. C₁, C₂ و C₃: به ترتیب رقم‌های Hyola-308, PF-7045/91 و Heros. میانگین‌های دارای حروف مشابه در هر ستون اختلاف معنی‌دار ندارند (دانکن ۵٪).

D₁, D₂ and D₃: Sowing dates 21 Nov., 10 Dec. and 30 Dec., respectively. C₁, C₂ and C₃: Hyola-308, PF-7045/91 and Heros, respectively. Mean followed by the same letters in each column are not significantly different (Duncan 5%).

انتقال مواد فتوسنتزی به دانه‌ها را تحت تأثیر قرار داده و سبب پرشدن ناقص دانه‌ها می‌گردد (Bilsborrow and Norton, 1984).

تأخیر در تاریخ کاشت سبب کاهش معنی‌دار عملکرد دانه گردید. افت عملکرد دانه در تاریخ‌های کاشت دوم و سوم نسبت به تاریخ کاشت اول به ترتیب ۲۱/۱ و ۳۹/۸ درصد بود. در عملکرد دانه رقم‌ها نیز اختلاف معنی‌دار مشاهده گردید و رقم Hyola-308 با عملکرد دانه ۳۲۷/۷۴ گرم در متر مربع از این لحاظ برتر بود (جدول ۱). رابطه تاریخ کاشت و عملکرد دانه برای هر رقم در دو سال آزمایش به صورت معادله رگرسیون خطی نشان داد که در صورت تأخیر تاریخ کاشت از اول آذر به ده دی ماه، به ازاء هر روز تأخیر در کاشت، عملکرد دانه در رقم‌های Hyola-308، PF-7045/91 و Heros به ترتیب معادل ۶۵٪، ۱/۰۲ و ۱/۴۴ درصد کاهش می‌یابد.

تأخیر در تاریخ کاشت سبب کاهش معنی‌دار عملکرد بیولوژیک شد، ولی سه رقم از این لحاظ اختلاف معنی‌دار نداشتند (جدول ۱). اثرهای تاریخ

تایلور و اسمیت (Taylor and Smith, 1992) اظهار داشتند که هر چه تعداد دانه در خورجین بیشتر باشد مخزن بزرگتری برای مواد فتوسنتزی تولید می‌گردد و هر عاملی که باعث افزایش این صفت شود، منجر به افزایش عملکرد دانه خواهد شد. نتایج حاصل از آزمایش حاضر نشان داد که تأخیر در تاریخ کاشت بر تعداد دانه در خورجین اثر معنی‌دار نداشت ولی رقم‌ها از نظر این صفت متفاوت بودند و رقم زودرس Hyola-308 دارای تعداد دانه بیشتری در خورجین بود (جدول ۱). همچنین در تاریخ‌های کاشت دیر هنگام نیز رقم اخیر دارای تعداد دانه در خورجین بیشتری بود (جدول ۲).

اثر تاریخ کاشت بر وزن هزار دانه معنی‌دار بود و با تأخیر در تاریخ کاشت، وزن دانه‌ها کاهش یافت (جدول ۱). علت کاهش وزن دانه در کشت‌های دیر هنگام به این دلیل بود که مرحله پرشدن دانه با افزایش شدید درجه حرارت محیط مواجه شده بود. در این رابطه، اعتقاد بر این است که در اثر گرمای زیاد، تنفس شدید شده و میزان مواد متابولیکی ذخیره‌ای کاهش می‌یابد. همچنین گرما مکانیسم

بین سه رقم از نظر درجه حرارت آستانه تنش، اختلاف معنی دار وجود ندارد، بنابراین میانگین آن‌ها که معادل ۲۸/۳ درجه سانتی گراد است، به عنوان درجه حرارت آستانه تنش تعیین گردید. گزارش‌ها نشان می‌دهند که با انجام آزمایش در اتاقک رشد، گیاهان کلزا در مرحله گلدهی در دمای ۲۵ درجه سانتی گراد (Morison *et al.*, 1989)، در ۲۷ درجه سانتی گراد (Morison, 1993) و در ۲۸ درجه سانتی گراد (Polowick and Sawhney, 1987) غیربارور شدند. ملاحظه می‌گردد درجه حرارت آستانه به دست آمده از آزمایش مزرعه‌ای در مقایسه با درجه حرارت

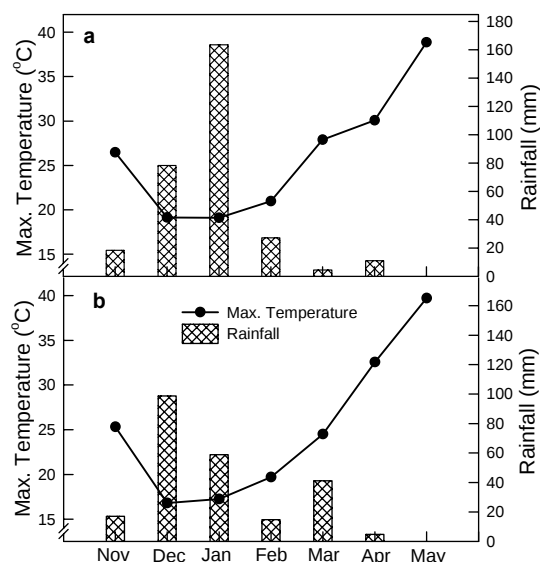
کاشت و رقم روی شاخص برداشت معنی دار بود. با تأخیر در تاریخ کاشت، شاخص برداشت اندکی افزایش یافت، ولی در تاریخ کاشت سوم کاهش پیدا کرد (جدول‌های ۱ و ۲). این در حالی است که فتحی و همکاران (Fathi *et al.*, 2003) کاهش شاخص برداشت را در اثر تأخیر تاریخ کاشت گزارش کرده‌اند.

میانگین بارندگی و درجه حرارت حداکثر ماهیانه در سال‌های اول و دوم آزمایش در شکل ۱ آورده شده است. درجه حرارت آستانه تنش (T_t) در طول مرحله گلدهی کلزا برای هر رقم محاسبه شد که نتایج به دست آمده در جدول ۳ ارائه شده است. ملاحظه می‌شود که

جدول ۳- درجه حرارت آستانه (T_t) رقم‌های کلزا و خطای استاندارد آن‌ها

Table 3. Threshold of stress temperature (T_t) for canola cultivars and their standard error.

رقم Cultivar	درجه حرارت آستانه T_t (°C)	خطای استاندارد Standard Error
Hyola-308	27.3 ^a	0.38
PF-7045/91	28.4 ^a	0.06
Heros	29.2 ^a	0.30
Combined	28.3	0.37



شکل ۱- میانگین بارندگی و درجه حرارت حداکثر ماهیانه
(a) سال اول و (b) سال دوم

Fig. 1. Mean monthly rainfall and maximum temperature, a) year-1 and b) year-2

مورد آزمایش قرار دادند و درجه حرارت ۲۹/۵ درجه سانتی گراد را به عنوان درجه حرارت آستانه تعیین کردند.

در آزمایش حاضر، مجموع درجه حرارت‌های حداکثر روزانه از ابتدا تا انتهای گلدهی که بیشتر از آستانه (۲۸/۳ درجه سانتی گراد) بود، محاسبه گردید که به عنوان واحدهای تنش گرمایی در مرحله گلدهی در جدول ۴ به صورت میانگین دوساله ارائه شده است. نتایج نشان داد که تأخیر در تاریخ کاشت، موجب مصادف شدن دوره گلدهی با تنش گرمایی بیشتر شد و این مسأله برای رقم Heros که دیررس تر بود، سبب بروز تنش گرمایی بیشتری در دوره گلدهی آن گردید. همچنین در تاریخ کاشت مناسب منطقه، گلدهی رقم متوسط‌رس PF-7045/91 و رقم دیررس Heros با تنش گرما مواجه بود. این نتیجه مؤید این مطلب است که برای منطقه خوزستان رقم‌های دیررس مناسب نیستند و رقم‌های زودرس توصیه می‌گردند.

خسارت‌زایی که در شرایط اتاقک رشد گزارش گردیده، متفاوت است. شایان ذکر است که در آزمایش‌هایی که در اتاقک رشد اجرا شده‌اند، گیاهان در کل دوره گلدهی و در تمام طول روز در معرض درجه حرارت ثابتی بوده‌اند در حالی که در شرایط مزرعه، در تعدادی از روزها و به خصوص در اوایل گلدهی ممکن است گیاه تنش گرمایی را تجربه نکند و یا حتی در روزهای گرم نیز فقط برای مدت کوتاهی از طول روز و معمولاً اواسط روز در معرض درجه حرارت حداکثر باشد. همچنین وزش باد و وجود حشرات در مزرعه، شانس گرده‌افشانی را افزایش می‌دهند. بنابراین درجه حرارت آستانه در آزمایش‌های مزرعه‌ای معمولاً اندکی بیشتر از آزمایش‌های کنترل شده به دست می‌آید. همچنین که موریسون و استوارت (Morison and Stewart, 2002) چهار رقم تابستانه مربوط به سه گونه *B. rapa*، *B. juncea*، *B. napus* را در سه تاریخ کشت مزرعه‌ای در اُتاوا (کانادا)

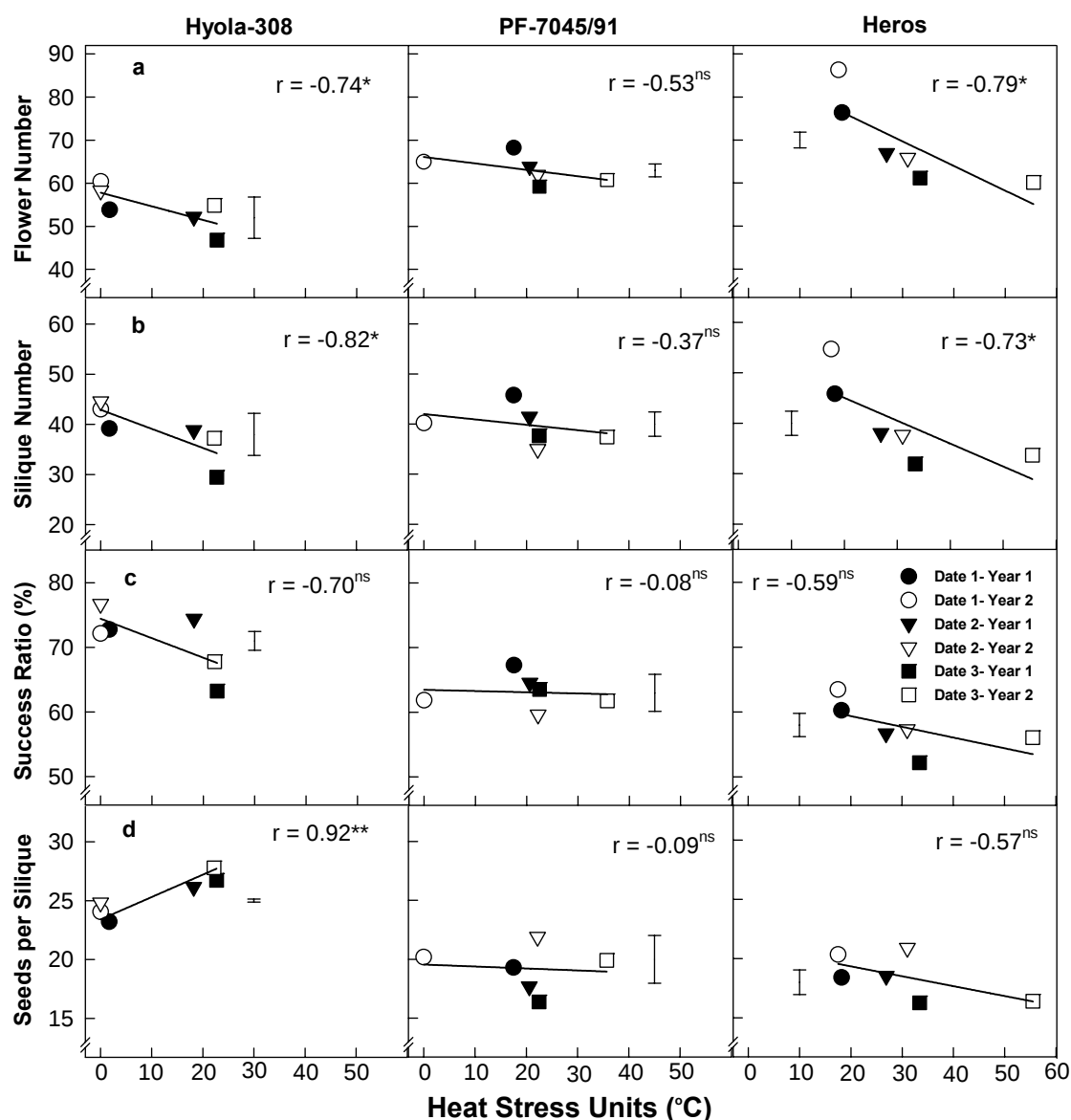
جدول ۴- میانگین دو ساله واحدهای تنش گرما در مرحله گلدهی در تیمارهای مختلف (°C)

Table 4. Mean heat stress units during flowering in different treatments (°C) in two cropping seasons (2003-5)

تاریخ کاشت Sowing date	Hyola-308	PF- 7045/91	Heros
21 November	0.8	8.7	17.8
10 December	9.1	21.4	28.9
30 December	22.4	29.1	44.4

واحدهای تنش گرما در مرحله گلدهی برای مطالعه اثر تنش گرما بر روی تعداد خورجین در بوته و تعداد دانه در خورجین به کار برده شد. واکنش تعداد گل تشکیل شده در گل‌آذین اصلی نسبت به واحدهای تنش گرمایی، در شکل ۲a ارائه شده است. مشاهده می‌شود که با افزایش میزان تنش گرما، تعداد گل در هر سه رقم کاهش یافته است. ضریب همبستگی (r) تعداد گل با تنش گرما، در رقم‌های Hyola-308 و Heros معنی‌دار بود و شدت کاهش آن

تایو و مورگان (Tayo and Morgan, 1979) نشان دادند که تعداد خورجین در بوته و تعداد دانه در خورجین به وسیله توانایی گیاه در فراهم کردن مواد فتوسنتزی برای گل‌آذین در طول سه هفته اول گلدهی تعیین می‌گردد. ولی وزن دانه که عمدتاً در مراحل انتهایی رشد گیاه کلزا و در مرحله پرشدن دانه تعیین می‌گردد بیشتر تحت تأثیر ساختار ژنتیکی است، هر چند که عوامل محیطی نیز بر آن اثر می‌گذارند (Rao and Mendham, 1991). بنابراین در این بررسی



شکل ۲- رابطه بین واحدهای تنش گرما در دوره گلدهی و (a) تعداد گل تشکیل شده در گل آذین اصلی، (b) تعداد خورجین بارور در گل آذین اصلی، (c) نسبت موفقیت گل‌ها در تبدیل به خورجین بارور در گل آذین اصلی، (d) تعداد دانه در خورجین گل آذین اصلی. انحراف معیار داده‌ها بین دو سال، و همچنین ضریب همبستگی ساده (r) بین واحدهای تنش گرما و صفت مربوطه آورده شده است.

Fig. 2. Relationship between heat stress units during flowering and a) number of flowers on the main raceme, b) number of siliques on the main raceme, c) ratio of the number of developed siliques to the number of established flowers on the main raceme, d) number of seeds per silique on the main raceme. Standard deviation represents differences between two years and r=linear correlation coefficient among heat stress units and trial data

با افزایش میزان واحدهای تنش گرمایی، تعداد خورجین در گل آذین اصلی هر سه رقم کاهش یافت، به طوری که ضریب همبستگی (r) برای رقم‌های Hyola-308 و Heros معنی‌دار شد ولی کاهش آن در

در رقم دیررس Heros بیشتر بود (شکل ۲a). مورسون و استوارت (Morison and Stewart, 2002) نیز گزارش کردند که با افزایش میزان تنش گرما در طی گلدهی کلزا، تعداد گل تشکیل شده کاهش یافت.

رقم Heros بیشتر بود (شکل ۲b). نسبت تعداد خورجین به تعداد گل تشکیل شده در گل آذین اصلی (نسبت موفقیت گل‌ها) نشان می‌دهد که با افزایش واحدهای تنش گرما، این نسبت در هر سه رقم کاهش داشت، هر چند که تنزل این نسبت در دو رقم Hyola-308 و Heros بیشتر بود، ولی همبستگی نسبت موفقیت گل‌ها با واحدهای تنش گرمایی معنی‌دار نگردید (شکل ۲c). میانگین دوساله نسبت موفقیت گل‌ها در رقم‌های Hyola-308، PF-7045/91 و Heros به ترتیب ۷۱/۱، ۶۳/۱ و ۵۷/۶ درصد به دست آمد. کاهش نسبت موفقیت گل‌ها در اثر تنش گرما را باید در تغییر فرایندهایی که در آن‌ها دانه گرده، تخمک و تخمدان نقش داشته و نهایتاً جنین (دانه) و میوه (خورجین) را به وجود می‌آورند جستجو کرد. تحقیقات انجام شده روی گیاه کلزا نشان می‌دهند که تنش گرما باعث کاهش تعداد و قابلیت حیات دانه گرده (Pollen Viability) (Morison, 1993)، کاهش قدرت جوانه زنی دانه گرده (Pollen Germinability) بر روی مادگی (Rao et al., 1992)، کاهش قطر لوله گرده، توقف طویل شدن آن و پیدایش لوله گرده پر پیچ و خم (Harpen et al., 1989) می‌گردد. گزارش شده است که هنگامی که تأخیر در تاریخ کاشت کلزا منجر به مواجهه گلدهی با درجه حرارت بالا شود، سقط جنین افزایش می‌یابد (McGregor, 1981).

واکنش ارقام نسبت به تنش گرما از نظر تعداد دانه در خورجین متفاوت بود، به طوری که تعداد دانه در خورجین گل آذین اصلی در رقم Hyola-308 افزایش یافت، ولی در رقم‌های PF-7045/91 و Heros کاهش پیدا کرد (شکل ۲d). تحقیقات نشان می‌دهند که در کلزا بین لوله گرده و تخمک موانعی وجود دارد که در شرایط عادی، این موانع توسط آنزیم‌ها از میان برداشته

می‌شوند ولی تنش گرما از تولید یا فعالیت این آنزیم‌ها جلوگیری می‌کند که نتیجه آن کاهش تعداد دانه در خورجین است (Pechan, 1988).

همانطوری که اشاره گردید با تأخیر در تاریخ کاشت و مواجهه مرحله زایشی گیاه کلزا با تنش گرمای بیشتر، عملکرد دانه کاهش یافت. در صورتی که درجه حرارت آستانه تنش از مرحله رشد خورجین تا بلوغ فیزیولوژیکی را هم مثل مرحله گلدهی ۲۸/۳ درجه سانتی‌گراد در نظر بگیریم، مرحله زایشی رقم‌های Hyola-308، PF-7045/91 و Heros در تاریخ کشت سوم، بر اساس آمار هواشناسی منطقه به ترتیب معادل ۷۵/۶، ۹۱/۶ و ۱۱۲/۰ درجه سانتی‌گراد بیشتر از تاریخ کاشت اول با تنش گرما مواجه بوده‌اند. بدین ترتیب بر اساس معادله رگرسیون خطی، به ازاء افزایش هر درجه سانتی‌گراد تنش گرما از مرحله گلدهی تا پایان دوره رشد، عملکرد دانه در رقم‌های فوق‌الذکر به ترتیب معادل ۱/۲۹، ۱/۲۹ و ۱/۴۷ گرم در مترمربع کاهش می‌یابد.

نتایج آزمایش حاضر نشان داد که هر دو عامل تاریخ کاشت و رقم بر اکثر صفات مربوط به عملکرد و اجزاء عملکرد مؤثر بودند. در این آزمایش که تمامی تیمارها از تراکم بوته یکسانی برخوردار بودند بقیه اجزای عملکرد شامل تعداد خورجین در بوته، تعداد دانه در خورجین و وزن دانه‌ها عوامل تعیین‌کننده عملکرد دانه در واحد سطح بودند. تأخیر در تاریخ کاشت و افزایش تنش گرما توانست با کاهش وزن دانه‌ها و به ویژه تعداد خورجین در بوته، عملکرد دانه را کاهش دهد. در رقم زودرس Hyola-308 در اثر تأخیر در تاریخ کاشت و افزایش تنش گرما، کاهش تعداد خورجین در بوته و وزن دانه به کاهش عملکرد دانه منجر گردید، ولی به علت این که تعداد دانه در خورجین افزایش پیدا

کرد (شکل ۲d)، این رقم توانست در مقایسه با دو رقم دیررس تر، شدت کاهش عملکرد دانه را تقلیل بخشد (جدول ۴). البته افت کمتر عملکرد بیولوژیک رقم اخیر در تاریخ‌های کاشت تأخیری، دلیل مهم دیگری بر این امر بود. وجود اختلاف در حساسیت اجزای عملکرد به تنش گرما در بین رقم‌های کلزا در این آزمایش و آزمایش‌های دیگر (Angadi *et al.*, 2000، Morison and Stewart, 2002 و Fathi *et al.*, 2003 نشان‌دهنده وجود تنوع ژنتیکی در واکنش به گرما است که امکان توسعه رقم‌های جدید با تحمل بیشتر تنش گرما را در کلزا مقدور می‌سازد. این امر نشان می‌دهد که تحمل به گرما صفتی است که در آینده می‌تواند در برنامه‌های اصلاحی بیشتر مورد گزینش قرار گیرد. به ویژه با توجه به مسأله گرم شدن جهانی زمین، افزایش تحمل به تنش گرما ضرورتی بیشتر می‌یابد.

References

- فیزیولوژی گیاهی (جلد اول). ترجمه کافی، م.، م. لاهوتی، الف. زند، ح.ر. شریفی، و م. گلدانی. چاپ دوم. انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد. ۴۵۶ صفحه.
- راهنمای شناسایی مراحل رشد زندگی کلزا (*Brassica napus* L.). مجله علوم زراعی ایران. جلد ۲. شماره ۱. صفحه ۱۴-۱.
- کلزا (فیزیولوژی، زراعت، به نژادی، تکنولوژی زیستی). ترجمه عزیزی، م.، الف. سلطانی، و س. خاوری نژاد. چاپ اول. انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد. ۲۳۰ صفحه.
- اکوفیزیولوژی گیاهی. ترجمه کوچکی. ع.، الف. سلطانی، و م. عزیزی. چاپ اول. انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد. ۲۷۱ صفحه.
- Al-Khatib, K. and G. M. Paulsen. 1999.** High temperature effects on photosynthetic processes in temperate and tropical cereals. *Crop Sci.* 39: 119-125.
- Angadi, S. V., H. W. Cutforth, P. R. Miller, B. G. McConkey, M. H. Entz, S. A. Brant, and K. M. Volkmar. 2000.** Response of three *Brassica* species to high temperature stress during reproductive growth. *Can. J. Plant Sci.* 80: 693-701.
- Bilsborrow, P. E., and G. Norrton. 1984.** A consideration of factors affecting the yield of oilseed rape. *Aspects Appl. Biol.*, 6: 91-99.
- Fathi, G., S. A. Siadat, and S. S. Hemaity. 2003.** Effect of sowing date on yield and yield components of three oilseed rape varieties. *Acta Agronomica Hungarica*, 51(3): 249-255.
- Harpen, M. M. A. V., W. H. Reijnen, J. A. M. Schrauwen, and P. F. M. D. Groot. 1989.** Heat shock proteins and survival of germinating pollen of *Lilium longiflorum* and *Nicotiana tabacum*. *J. Plant Physiol.* 134: 345-351.
- Mahan, J. R., B. L. McMicheal, and D. F. Wanjura. 1995.** Methods for reducing the adverse effects of temperature stress on plants: A review. *Environ. Exp. Bot.* 35: 251-258.

- Marquardt, D. W. 1963.** An algorithm for least squares estimation of non-linear parameters. J. Soc. Ind. Appl. Math. 11: 431-441.
- McGregor, D. I. 1981.** Pattern of flower and pod development in rapeseed. Can J. Plant Sci. 61: 275-282.
- Mendham, N. J., J. R. Russell and G. C. Buzza. 1984.** The contribution of seed survival to yield in new Australian cultivars of oilseed rape (*Brassica napus* L.). J. Agric. Sci., Camb. 103: 303-316.
- Mendham, N. J., J. R. Russell and N. K. Jarosz. 1990.** Response to sowing time of three contrasting Australian cultivars of oilseed rape (*Brassica napus* L.). J. Agric. Sci., Camb. 114: 275-283.
- Morison, M. J. 1993.** Heat stress during reproduction in summer rape. Can. J. Bot. 71: 303-308.
- Morison, M. J., and D. W. Stewart. 2002.** Heat stress during flowering in summer *Brassica*. Crop Sci. 42: 797-803.
- Morison, M. J., P. B. E McVetty and C. F. Shaykewich. 1989.** The determination and verification of a baseline temperature for the growth of Westar summer rape. Can. J. Plant Sci. 69: 455-464.
- Nuttall, W. F, A. P. Moulin, and L. J. Townley Smith. 1992.** Yield response of canola to nitrogen, phosphorous, precipitation and temperature. Agron. J. 84: 765-768.
- Pechan, P. M. 1988.** Ovule fertilization and seed number per pod determination in oilseed rape (*Brassica napus* L.). Ann. Bot. 61: 201-207.
- Polowick, P. L., and V. K. Sawhney. 1987.** A scanning electron microscopic study on the influence of temperature on the expression of cytoplasmic male sterility in *Brassica napus*. Can. J. Bot. 65: 807-814.
- Rao, M. S. S., and N. J. Mendham. 1991.** Comparison of chinoli (*Brassica campestris* subsp. *Oleifera* × subsp. *Chinensis*), and *B. napus* oilseed rape using different growth regulators, plant population, densities and irrigation treatments. J. Agric. Sci., Camb. 117: 117-187.
- Rao, G. U., A. Jain and K. R. Shivanna. 1992.** Effects of high temperature stress on *Brassica* pollen: viability, germination and ability to set fruits and seeds. Ann. Bot. 69: 193-198.
- Sylvester-Bradley, R. and R. J. Makepeace. 1984.** A code for stages of development in oilseed rape (*Brassica napus* L.). Aspects Applied Biol. 6: 398-419.
- Taylor, A. J., and C. J. Smith. 1992.** Effect of sowing date and seeding rate on yield and yield components of irrigated canola (*Brassica napus* L.) growing on a red-burn earth in south-eastern Australia. Aust. Agric. Res. 43: 1858-1863.
- Tayo, T. O., and D. G. Morgan. 1979.** Factors influencing flower and pod development in oilseed rape (*Brassica napus* L.). J. Agric. Sci., Camb. 92: 363-373.

Effects of sowing date and heat stress during flowering on yield and yield components in canola (*Brassica napus* L.) cultivars

Ghobadi, M¹., A. Bakhshandeh², Gh. Fathi³, M. H. Gharineh⁴, Kh. Alami-Saeed⁵, A. Naderi⁶

ABSTRACT

Flowering duration of canola is exposed to high temperature and heat stress in Khouzestan, Iran. The main objective was to examine the effects of sowing date and heat stress during flowering on yield and yield components of three spring canola cultivars. The experiment was conducted at Ramin Agricultural Research and Educational Center during 2003-4 and 2004-5 cropping seasons. Hyola-308, PF-7045/91 and Heros cultivars were planted as subplot in a split-plot experiment with three sowing dates 21 November, 10 and 30 December as main-plot with four replications. The results showed that biological and seed yields as well as yield components (except the number of seeds per silique) decreased significantly with delay in sowing date. Seed yield and yield components were significantly different among cultivars, however biological yield was not. Hyola-308 and Heros produced the highest (327.74 g.m^{-2}) and the lowest (203.26 g.m^{-2}) seed yields, respectively. The threshold temperature (T_i) during flowering was not significantly different among cultivars and their mean value was 28.3°C . During flowering, the maximum daily temperatures greater than 28.3°C were accumulated as heat stress units. The number of flowers and siliques per main raceme and the ratio of the number of developed siliques to the number of established flowers reduced as heat stress units increased, but the number of seeds per silique increased in Hyola-308 and decreased in two other cultivars. Based on the results of this study, middle and late maturing cultivars of canola are not suitable for Khouzestan climatic conditions, therefore, early maturing cultivars are recommended.

Key words: Canola, sowing date, heat stress, threshold temperature, yield, yield components.

Received: September, 2005

1- (Corresponding author) Assistant professor, Razi University, Kermanshah, Iran.

2- Professor, Agriculture and Natural Resources University of Ramin, Ahwaz, Iran.

3, 4 and 5- Associate professor, Agriculture and Natural Resources University of Ramin, Ahwaz, Iran.

6- Assistant professor, Safi-abad Agricultural Research Center, Dezful, Iran.