Archive of SID

تأثیر استرس خشکی در مراحل رشد بر عملکردهای دانه و روغن ارقام کلزا

قدرت اله فتحی[۱] و محمدرضا عنایت قلی زاده*[۲]

۱) دانشگاه آزاد اسلامی، واحد شوشتر، استاد گروه زراعت، شوشتر، ایران.
۲) دانشگاه آزاد اسلامی، واحد شوشتر، کارشناس ارشد زراعت، شوشتر، ایران.

* نویسنده مسئول مکاتبات Enayat_mohamad@yahoo.com

تاریخ دریافت: ۱۳۸۹/۱۱/۲۴ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۰/۰۲/۰۳

چکیده

در بسیاری از نقاط از جمله خوزستان، رشد زایشی کلزا با تنش خشکی مواجه می‌شود. هدف از این مطالعه، بررسی اثر استرس خشکی در مراحل رشد کلزا روی عملکرد و اجزای عملکرد دانه، روغن و پروتئین دانه بود. این مطالعه در دو آزمایش مزرعه‌ای و گلدانی در سال ۹۰-۱۳۸۹ در دانشگاه آزاد اسلامی شوشتر اجرا گردید. آزمایش مزرعه‌ای به صورت کرت‌های یکبار خرده شده در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی در چهار تکرار اجرا شد. در کرت‌های اصلی سطوح تنش خشکی (بدون تنش خشکی، تنش ملایم و شدید) و ارقام در کرت‌های فرعی (هایولا ۳۰۸، ساری گل و Heros) قرار گرفتند. آزمایش گلدانی بصورت فاکتوریل در قالب طرح بلوکهای کامل تصادفی در سه تکرار انجام شد . فاکتورها شامل سه رقم کلزا (هایولا ۳۰۸، ساری گل و Heros) و تنش خشکی در هشت سطح شامل بدون تنش خشکی، تنش در مرحله‌ی ساقه رفتن، تنش در مرحله‌ی گلدهی، تنش در مرحله‌ی رشد خورجین، تنش در مرحله‌ی پر شدن دانه، تنش از ساقه رفتن تا انتهای دوره‌ی رشد، تنش از آغاز گلدهی تا انتهای دوره‌ی رشد و تنش در آغاز رشد خورجین تا انتهای دوره‌ی رشد بودند. نتایج آزمایش مزرعه‌ای نشان داد که حداکثر عملکرد دانه (۳۹۶۱/۵ کیلوگرم در هکتار) و حداقل آن (۱۷۳۱/۱کیلوگرم در هکتار) به ترتیب برای ارقام هایولا ۳۰۸ و Heros حاصل گردید. در بین اجزای عملکرد دانه، تعداد خورجین در بوته حساس‌ترین جزء نسبت به تنش خشکی بود. رقم Heros با تیمار شاهد بیشترین تعداد دانه در خورجین (۱۱۴/۲۳) را داشت، ولی با بروز تنش ملایم و شدید تعداد دانه آن کاهش یافت. تعداد دانه در خورجین و وزن هزار دانه بیشتر، افزایش عملکرد دانه رقم هایولا ۳۰۸ را باعث شد. در آزمایش گلدانی، بیشترین کاهش عملکرد دانه با وجود استرس خشکی در مرحله‌ی گلدهی (۳۰/۳ درصد) و سپس در مرحله‌ی رشد خورجین (۲۰/۷ درصد) حاصل شد. کاهش عملکرد دانه به وسیله‌ی استرس خشکی کوتاه مدت در مراحل طویل شدن ساقه، گلدهی و رشد خورجین همراه با کاهش تعداد خورجین در بوته همراه بود. کاهش در عملکرد دانه ناشی از تنش خشکی کوتاه مدت در طول رشد دانه ناشی از کاهش وزن دانه بود.

واژه های کلیدی: استرس خشکی، مراحل رشد، عملکرد و کلزا.

www.SID.ir

Archive of SID

مقدمه

کلزا یکی از مهم‌ترین گیاهان روغنی دنیا می‌باشد. وجود ارقام بهاره و پاییزه، انعطاف مناسبی را برای این گیاه در رابطه با اقلیم و مناطق مختلف آب و هوایی ایجاد نموده است. سازگاری این گیاه به شرایط متفاوت محیطی و امکان توسعه‌ی کشت آن، نقطه امیدی جهت تولید روغن مورد نیاز کشور می‌باشد، ولی بواسطه‌ی محدودیت‌های زراعی هنوز جایگاه واقعی خود را پیدا نکرده است (فتحی و همکاران، ۱۳۸۹). استان خوزستان به عنوان یکی از مناطق مهم کشاورزی با شاخص‌های ویژه، زمینه‌ی کشت کلزا و سایر دانه‌های روغنی را دارد. دوره کشت کلزا در منطقه خوزستان نشان دهنده‌ی احتمال مصادف شدن دوره زایشی این گیاه با تنش خشکی به ویژه از گلدهی تا رسیدگی دانه است. افزایش گرما نیز این عارضه را تشدید می‌کند. این دو استرس به میزان زیادی امکان دستیابی به عملکرد رضایت بخش کلزا را محدود می‌کند.

در بین تنش‌های محیطی، خشکی بیشتر از سایر موارد روی رشد و تولید گیاهان زراعی اثر دارد (Faraji *et al*., 2009). نتایج مطالعات مختلف نشان می‌دهد که واکنش‌های فیزیولوژیک گیاه در برابر خشکی و گرما، بسته به گونه، منطقه، زمان بروز و شدت این تنش‌ها متغیر است (Wright *et al*., 2009؛ دانش شهرکی، ۱۳۸۷؛ Rahnama and Bakhshande, 2006). Nielsen و Nelson در سال ۱۹۹۸ معتقدند که گیاه کلزا اصولا به تنش خشکی حساس می‌باشد و کشت این گیاه برای مناطق خشک توصیه نمی‌گردد. Wright و همکاران در سال ۲۰۰۹ گزارش کردند در شرایط تنش، عملکرد *B. Juncea* بیشتر از رقم *B. napus* بود. در شرایط تنش خشکی *B. Juncea* از تعداد دانه بیشتری در هر خورجین برخوردار می‌باشد. در این رابطه گزارش شده در صورت عدم وجود استرس خشکی، تعداد خورجین و تعداد دانه کلزا افزایش می‌یابد. این امر از سطح برگ بیشتر در جریان گلدهی و در نتیجه از عرضه مناسب‌تر آسیمیلات ناشی می‌شود. اختلاف گونه‌های براسیکا در تحقق این امر مهم می‌باشد. Jensen و همکاران در سال ۱۹۹۶ گزارش کردند که تأمین آب کافی در طی مرحله‌ی گلدهی و مراحل اولیه‌ی نمو خورجین در کلزا باعث افزایش تعداد خورجین در واحد سطح و تعداد دانه در خورجین و در نتیجه عملکرد دانه می‌شود. همچنین احمدی و بحرانی در سال ۱۳۸۹ بیان نمودند که کمبود آب تأثیر عمیقی بر رشد و نمو کلزا دارد و می‌تواند در مواردی منجربه از دست رفتن کل عملکرد دانه گردد.

بر اساس گزارش Rao و Meandham در سال ۱۹۹۱ وزن دانه که عمدتاً در مرحله‌ی پرشدن دانه معین می‌گردد، بیشتر متأثر از ساختار ژنتیکی است ولی عوامل محیط نیز بر آن اثر دارند. دانش شهرکی در سال ۱۳۸۷ گزارش کرد که حدود یک سوم وزن دانه در کلزا توسط فتوسنتز خورجین‌ها تأمین می‌گردد. البته سهم انتقال مواد در پُر کردن دانه در شرایط خشکی افزایش می‌یابد. اثر تنش خشکی روی سرعت و مدت پر شدن دانه مؤثر است. برخی اثر تنش خشکی را بر طول مدت پُر شدن دانه و کاهش وزن گزارش کرده‌اند (Mohammad *et al*., 2007). برخی آن را بر سرعت رشد دانه مؤثر دانسته‌اند

www.SID.ir

Archive of SID

(Daneshvar *er al.,* 2008). با این حال کمبود رطوبت بویژه در انتهای دوره‌ی رشد عامل محدود کننده‌ی وزن دانه کلزا می‌باشد. بررسی اثر مقادیر آب و زمان‌های مختلف تنش خشکی بر روی گیاه کلزا نشان می‌دهد که رشد زایشی و خصوصاً اوایل مرحله‌ی تشکیل خورجین، حساس‌ترین مرحله به تنش است (Daneshvar *er al.,* 2008). در گزارش دیگر Nasri و همکاران در سال ۲۰۰۸ حساس‌ترین مرحله به تنش را بین گرده افشانی و ده روز پس از رشد خورجین بیان شده است. این مراحل را با مراحل بین گلدهی و نمو خورجین یعنی وقتی که خورجین به طول نهایی خودش می‌رسد، مصادف می‌شود. به هر حال صدمه دیدن اجزای عمده‌ی عملکرد، مقدار خورجین و تعداد دانه در خورجین ناشی از هر عامل تنش زا از جمله خشکی محدود کننده‌ی عملکرد دانه‌ی کلزا خواهد بود. تنش خشکی اثرات متفاوت بر کیفیت دانه کلزا دارد. Mohammad و همکاران در سال ۲۰۰۷ نشان دادند که ترکیبات دانه با اعمال تنشی در مراحل رشد رویشی و زایشی تحت تأثیر قرار می‌گیرند ولی بیشترین تأثیر با بروز تنش خشکی در مرحله‌ی گلدهی اتفاق می‌افتد، که نتیجه‌ی آن کاهش تعداد دانه در خورجین و تعداد خورجین می‌باشد.

درصد روغن در مراحل اولیه (غنچه سبز) کاهش یافت (Faraji *et al*., 2009). ولی در بررسی Jensen و همکاران در سال ۱۹۹۶ نتیجه گرفتند که تنش خشکی ملایم بر درصد روغن کم تأثیر ولی در تنش شدید درصد روغن کاهش یافت. بررسی انجام شده در شرایط گلخانه‌ای نیز نشان داد که اعمال تنش خشکی قبل و بعد از گلدهی، سبب افزایش گلوکوزینولات در دانه کلزا گردید (Masoud Sinaki *et al*., 2007). اثر خشکی روی درصد پروتئین کلزا نیز متفاوت بوده است ولی برخی گزارش‌ها افزایش درصد پروتئین دانه را در شرایط تنش خشکی بیان نموده‌اند (Rahnama and Bakhshande, 2006). به هر حال با تأکید بر اثر محیط بر محتوی روغن و پروتئین دانه کلزا همبستگی منفی بین درصد روغن و پروتئین دانه گزارش شده است (Si *et al*., 2003). با توجه به این که بروز پدیده‌ی خشکی در زراعت کلزای استان خوزستان اجتناب ناپذیر است و به عنوان مخاطره محدود کننده محصول محسوب می‌شود و از طرفی، به واکنش‌های ارقام کلزا در مقابل تنش خشکی توجه کافی مبذول نشده، پژوهش حاضر به منظور بررسی عکس‌العمل ارقام بهاره (*B. napus*) مورد مطالعه کلزا از نظر رشد و عملکرد دانه و اجزای آن به تنش خشکی انجام گردید.

مواد و روش‌ها

این مطالعه در دو آزمایش مزرعه‌ای و گلخانه‌ای در سال ۹۰-۱۳۸۹ در دانشگاه آزاد اسلامی واحد شوشتر اجرا گردید.

آزمایش اول

www.SID.ir

Archive of SID

آزمایش مزرعه‌ای در یک خاک لومی- رسی با اسیدیته ۷/۸ انجام شد. مشخصات آب و هوایی در جدول یک ارائه شده است. آزمایش به صورت کرت‌های یکبار خرد شده در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی در چهار تکرار اجرا شد. خاک مزرعه دارای بافت لوم رسی، اسیدیته ۷/۶، شوری ۳ میلی‌موس بر سانتی‌متر، ۰/۵ درصد مواد آلی بود. عناصر غذایی آن ۰/۰۶ درصد نیتروژن، ۸/۵ پی‌پی‌ام فسفر و ۱۴۰ پی‌پی‌ام پتاس بود. تیمارها شامل سطوح تنش خشکی انتهای دوره رشد در کرت‌های اصلی و ارقام کلزای بهاره در کرت‌های فرعی بودند. سطوح تنش خشکی از مرحله‌ی گلدهی تا انتهای دوره‌ی رشد گیاه شامل، بدون تنش خشکی (شاهدW_1)، تنش ملایم (W_2) و تنش شدید (W_3) بود. ارقام شامل هایولا زود رس ۳۰۸ (V_1)، ساری گل متوسط رس (V_2) و Heros دیررس (V_3) بودند. این ارقام مناسب مناطق معتدل و گرم هستند. در تیمارهای بدون تنش، ملایم و شدید، آبیاری به ترتیب در زمان تخلیه ۲۵، ۵۰ و ۷۵ درصد رطوبت قابل استفاده خاک انجام شد. جبران رطوبت قابل استفاده خاک مزرعه از تفاضل رطوبت خاک در دو مرحله FC و PWP تعیین شد. میزان آب قابل استفاده گیاه به روش وزنی و بر اساس تعیین حد FC و PWP که با استفاده از دستگاه صفحه فشاری اندازه‌گیری گردید. ابعاد هر کرت فرعی ۴×۲/۴ متر و فاصله خطوط کشت ۳۰ سانتی‌متر بود. کشت در اول آذر ماه انجام شد. در هر کرت فرعی هشت خط کاشت در نظر گرفته شد که خطوط کشت ۲ و ۷ به منظور نمونه‌برداری، خطوط کشت ۴ و ۵ به عنوان برداشت نهایی و سایر خطوط به عنوان حاشیه بودند. برداشت نهایی از ۱/۸ متر مربع در کرت از ردیف‌های داخلی صورت گرفت. اندازه گیری‌ها شامل عملکرد بیولوژیک، عملکرد دانه، شاخص برداشت، تعداد خورجین در بوته، تعداد دانه در خورجین و وزن هزاردانه بودند. عملکرد بیولوژیک در اواخر پُر شدن دانه قبل از ریزش برگ‌های کلزا از خطوط ۲ و ۷ نمونه برداری به عمل آمد و با خشک کردن اندام‌های گیاه در ۸۰ درجه طی ۲۴ ساعت معین شد. عملکرد دانه با برداشت نهایی ۱/۸ متر مربع در نیمه‌ی اردیبهشت از خطوط ۴ و ۵ با حذف حاشیه صورت گرفت. بعد از تعیین درصد رطوبت موجود در دانه‌های برداشت شده عملکرد نهایی با رطوبت ۱۲ درصد محاسبه گردید. درصد روغن و پروتئین به وسیله‌ی روش‌های NMR و کجلدال معین شد. داده‌های حاصله از آزمون‌های مختلف با روش آماری SAS آنالیز و میانگین‌ها با روش LSD و دانکن مقایسه شدند.

آزمایش دوم

آزمایش گلدانی به صورت فاکتوریل در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار اجرا شد. آزمایش در گلدان‌هایی به قطر ۳۸ و عمق ۳۵ سانتی‌متر انجام شد. خاک گلدان از ترکیب پنج قسمت خاک مزرعه و یک قسمت ماسه تشکیل شد. بافت خاک حاصله دارای ۳۵ درصد رس، ۲۶ درصد سیلت و ۲۹ درصد شن بود. اسیدیته خاک ۷/۵، Ec آن ۳/۲ میلی‌موس در سانتی‌متر و مواد آلی آن ۰/۷ درصد بود. فاکتورها شامل سه رقم کلزای بهاره (هایولا ۳۰۸، ساری گل و Heros) و تنش خشکی در مراحل مختلف رشد در هشت سطح شامل:

www.SID.ir

Archive of SID

۱ – بدون تنش خشکی (شاهد، C)، ۲ – تنش خشکی در مرحله‌ی به ساقه رفتن (S_1)، ۳ – تنش خشکی در مرحله‌ی گلدهی (S_2)، ۴ – تنش خشکی در مرحله‌ی رشد خورجین (S_3)، ۵ – تنش خشکی در مرحله‌ی پر شدن دانه (S_4)، ۶ – تنش خشکی از زمان به ساقه رفتن تا انتهای دوره‌ی رشد (L_1)، ۷ – تنش خشکی از زمان ابتدای گلدهی تا انتهای دوره رشد (L_2) و ۸ – تنش خشکی از ابتدای رشد خورجین تا انتهای دوره‌ی رشد (L_3) بودند. از آن جا که امکان اعمال تنش در مراحل مختلف رشد کلزا در مزرعه براحتی امکان پذیر نبود، این کار در ازمایش گلدانی صورت گرفت.

به منظور اعمال تنش خشکی، آبیاری به ترتیب در زمان تخلیه ۲۵ و ۷۵ درصد رطوبت قابل استفاده خاک انجام شد. میزان کل رطوبت قابل استفاده خاک گلدان از تفاضل رطوبت خاک در دو مرحله FC و PWP تعیین شد. محدوده FC و PWP با دستگاه صفحه فشاری (Pressure Plate) و اندازه‌گیری میزان رطوبت خاک به روش وزنی تعیین شد. به منظور شناسایی مراحل زندگی کلزا و تعیین زمان شروع اعمال تنش خشکی، از کلید مراحل رشد کلزا زواره و امام در سال ۱۳۷۹ استفاده شد. بذور در عمق ۱ تا ۱/۵ سانتی‌متری در اول آذرماه کشت شدند. گلدان‌ها در کنار هم قرار گرفتند و هر کدام حاوی ده گیاه بود. گیاهان در هوای طبیعی رشد کردند. در این آزمایش صفاتی مانند ماده خشک، عملکرد دانه، شاخص برداشت، تعداد خورجین، تعداد دانه، وزن دانه، درصد روغن و درصد پروتئین معین شد و داده‌ها با SAS آنالیز و با روش LSD و دانکن میانگین‌ها مقایسه شدند.

جدول ۱: آمار هواشناسی ماهانه منطقه مورد مطالعه

ماه	حداکثر درجه حرارت (درجه سانتی گراد)	حداقل درجه حرارت (درجه سانتی‌گراد)	بارندگی (میلی‌متر)	تبخیر (میلی‌متر)
آبان	۲۶/۹	۱۲/۱	۱۷/۷	۱۳۳/۵
آذر	۱۸/۳	۷/۶	۸۸/۵	۶۷/۱
دی	۱۸/۱	۷/۹	۱۱۱/۷	۶۴/۵
بهمن	۲۰/۳	۷/۱	۱۴/۸	۹۱/۱
اسفند	۲۶/۴	۱۰/۶	۴۲/۱	۱۲۹/۵
فروردین	۳۱/۲	۱۵/۲	۱۴/۲	۱۵۵/۲
اردیبهشت	۳۸/۹	۲۰/۱	۱/۵	۳۳۸/۱

نتایج و بحث

آزمایش مزرعه‌ای

عملکردهای بیولوژیک، دانه و شاخص برداشت

www.SID.ir

Archive of SID

نتایج تجزیه واریانس عملکردهای بیولوژیک، دانه و شاخص برداشت در جدول ۲ نشان داده شده است. همان طور که مشاهده می‌شود اثر تنش خشکی بر عملکردهای بیولوژیک و دانه معنی‌دار شده است و اثر رقم برای عملکرد و شاخص برداشت نیز معنی‌دار است و اثر متقابل رقم در تنش خشکی برای عملکرد دانه و شاخص برداشت معنی‌دار شد. مقایسه میانگین‌های این صفات در جدول ۳ آمده است. عملکرد بیولوژیک در شرایط تنش ملایم و شدید خشکی در مقایسه با شاهد به ترتیب به میزان ۲۰/۷ و ۳۱/۲ درصد کاهش یافت. رقم Heros از عملکرد بیولوژیک بیشتری نسبت به دو رقم دیگر برخوردار بود. عملکرد دانه در شرایط استرس ملایم و شدید خشکی در مقایسه با شاهد به ترتیب به مقدار ۱۹/۴ و۳۲/۸ درصد کاهش نشان داد (جدول ۳). در بین ارقام هایولا ۳۰۸ عملکرد دانه (۳۲۱۹/۵ کیلو گرم در هکتار) قابل ملاحظه‌ای تولید نمود. در این رابطه نتایج احمدی و بحرانی در سال ۱۳۸۹ روی رقم طلایه نشان دادند که کاهش میزان آب قابل دسترسی، موجب کاهش شدید ماده خشک و در نتیجه عملکرد دانه گردید. با این حال دانش شهرکی در سال ۱۳۸۷ بیان نمود که از نظر عملکرد بیولوژیک بین ارقام کلزا در واکنش به کمبود آب عکس‌العمل متفاوتی وجود دارد. شاخص برداشت نیز در استرس شدید خشکی کاهش یافت (۲۷/۶۷ درصد) و رقم هایولا ۳۰۸ بیشترین شاخص برداشت (۳۴/۴ درصد) را نشان داد. کاهش شاخص برداشت بواسطه تنش خشکی ناشی از اثر این استرس بر عملکردهای بیولوژیک و دانه می‌باشد. همچنین علت افزایش شاخص برداشت هایولا ۳۰۸ به دلیل عملکرد دانه قابل ملاحظه این رقم حاصل گردید. Daneshvar و همکاران در سال ۲۰۰۸ نیز افزایش شاخص برداشت در ارقام کلزا را به وسیله‌ی بهبود عملکرد دانه و تأمین کافی ماده خشک گیاهی دانسته‌اند.

جدول ۲: میانگین مربعات عملکرد بیولوژیک، عملکرد دانه و شاخص برداشت در آزمایش مزرعه‌ای

منابع تغییرات	درجه آزادی	عملکرد بیولوژیک	عملکرد دانه	شاخص برداشت
بلوک	۳	۵۳۲۶۶۰/۶	۲۴۹۸۰/۶	۰/۷۹
تنش خشکی	۲	۳۷۵۰۵۰۶۲/۱*	۳۲۸۲۰۶۳/۶*	۱/۷۶ns
استباه a	۶	۴۸۷۴۵/۱	۴۸۷۳۵/۵	۳/۲۴
رقم	۲	۱۶۹۹۲/۷ns	۲۷۳۱۵۱/۱*	۲۸۸/۲*
رقم × تنش	۴	۳۵۷۸۱۶/۲ns	۱۵۴۵۱/۲*	۱/۴۲*
اشتباه b	۱۸	۷۴۶۸۰۸/۸	۲۵۱۹۰/۶	۲/۴۰
CV (%)		۹/۳۲	۸/۹۹	۶/۷۵

* و ns معنی داری و غیر معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۳: مقایسه میانگین عملکردهای بیولوژیک، دانه و شاخص برداشت ارقام کلزا در تیمارهای مختلف در شرایط مزرعه‌ای

عوامل آزمایش	عملکرد بیولوژیک (کیلوگرم در هکتار)	عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار)	شاخص برداشت (درصد)
تنش			
بدون تنش (W_1)	۱۱۲۷۶/۶a	۳۱۹۷/۵a	۲۸/۳۵a
تنش خشکی ملایم (W_2)	۸۹۵۰/۸b	۲۵۷۵/۶b	۲۸/۷۷a
تنش خشکی شدید (W_3)	۷۷۵۶/۷c	۲۱۴۶/۷c	۲۷/۶۷ b
LSD	۵۴۳/۷	۱۲۶/۳	۱/۴۶
ارقام			
هایولا ۳۰۸ (V_1)	۹۳۶۰/۱a	۳۲۱۹/۵a	۳۴/۴۰a
ساری گل (V_2)	۹۳۳۷/۶a	۲۳۹۵/۶b	۲۵/۶۵b
Heros (V_3)	۹۲۹۷/۲b	۲۳۰۶/۶c	۲۴/۸۰c
LSD	۷۰/۶	۱۰۲/۲	۱/۱۳

حروف مشابه تفاوت معنی دار ندارند (دانکن ۵٪)

اثر متقابل رقم در خشکی برای عملکرد بیولوژیک معنی‌دار نبود (جدول ۴)، با این حال حداکثر عملکرد بیولوژیک برای شرایط بدون تنش خشکی و هایولا ۳۰۸ حاصل شد. حداکثر عملکرد دانه (۳۹۶۱/۵ کیلوگرم در هکتار) با تیمار بدون تنش خشکی و با رقم هایولا ۳۰۸ حاصل گردید. حداقل عملکرد دانه (۱۷۳۱/۱کیلوگرم در هکتار) با رقم Heros و تنش شدید خشکی به دست آمد. Henry و MacDonald در سال ۱۹۷۸ در استرالیای غربی نشان دادند که برای ارقام کلزای napus و Juncea میانگین عملکرد دانه ۱۸/۵ و ۳۸/۷ درصد در تنش ملایم و شدید در مرحله‌ی زایشی در مقایسه با شاهد کاهش یافت. این موضوع نشان می‌دهد که ارقام پُر محصول نیز در خشکی دچار آسیب می‌شوند که باید از آن جلوگیری نمود. شاخص برداشت در شرایط عدم استرس و برای هایولا ۳۰۸ (۳۵/۸ درصد) و ساری کل (۳۴/۸ درصد) حداکثر بود ولی با بروز تنش خشکی شدید، این شاخص برای رقم Heros به ۲۳/۳ درصد رسید. عملکرد دانه کاهش یافته برای این رقم زمینه کاهش شاخص برداشت را فراهم نمود. Mohammad و همکاران در سال ۲۰۰۷ نیز کاهش شاخص برداشت ناشی از خشکی را بواسطه کاهش در عملکرد دانه و بیولوژیک دانسته است.

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۴: مقایسه میانگین اثرات متقابل عملکرد بیولوژیک و دانه، شاخص برداشت ارقام کلزا در شرایط مزرعه‌ای

عوامل آزمایش	عملکرد بیولوژیک (کیلو گرم در هکتار)	عملکرد دانه (کیلو گرم در هکتار)	شاخص برداشت (درصد)
V_1W_1	۱۱۰۶۵/۲a	۳۹۶۱/۵a	۳۵/۸۰a
V_1W_2	۹۰۵۶/۲ a	۳۱۵۲/۲b	۳۴/۸۰a
V_1W_3	۷۹۵۵/۲ a	۲۷۳۶/۲c	۳۴/۳۹b
V_2W_1	۱۱۰۰۲/۸a	۲۸۶۵/۸c	۲۶/۰۵c
V_2W_2	۹۱۲۰/۱ a	۲۳۵۶/۳d	۲۵/۸۳c
V_2W_3	۷۸۹۰/۲ a	۱۹۶۶/۷e	۲۴/۹۲c
V_3W_1	۱۱۷۹۰/۲a	۲۹۷۸/۹b	۲۵/۲۶c
V_3W_2	۸۶۷۳/۵a	۲۲۱۷/۲d	۲۵/۵۶c
V_3W_3	۷۴۲۷/۲ a	۱۷۳۱/۱e	۲۳/۳۰d
LSD	---	۹۹/۸	۱/۱۵

حروف مشابه تفاوت معنی دار ندارند (دانکن ۵٪)

اجزای عملکرد دانه

تعداد خورجین در بوته

نتایج آماری اجزای عملکرد دانه ارقام کلزا در جدول ۵ نشان داده شده است. تعداد خورجین در بوته حساس ترین جزء عملکرد دانه به خشکی در دوره‌ی رشد زایشی بود. تعداد خورجین در بوته با وجود استرس خشکی کاهش یافت (جدول ۶). مطالعات نشان می‌دهد که تعداد خورجین در بوته کلزا به میزان زیادی تحت تأثیر محیط بوده و تعداد خورجین‌ها به مراتب کمتر از تعداد گل‌های باز شده می‌باشد (Sedaqat *et al*., 2003; Al-kaisi and Yin, 2003). Faraji و همکاران در سال ۲۰۰۹ نیز اظهار داشتند که در کلزا قسمت عمده کاهش شدید تعداد خورجین، از ریزش گل و خورجین ناشی می‌شود تا کاهش در تعداد گل‌هایی که به وجود آمده‌اند؛ ولی فقط خورجین‌ها وابستگی زیادی به رطوبت در دسترس گیاه دارد. تعداد خورجین در بوته رقم Heros با تیمار شاهد بیشتر بود، اما در تنش ملایم و شدید در مقایسه با سایر ارقام تعداد خورجین کاهش نشان داد (جدول ۶). لذا همین عامل سبب شد که اثر متقابل رقم و سطوح تنش روی تعداد خورجین در بوته معنی‌دار گردد. به این ترتیب می‌توان گفت پتانسیل تولید تعداد خورجین در بوته مناسب ارقام کلزا وابستگی زیادی به وجود رطوبت در دسترس دارد.

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۵: میانگین مربعات اجزای عملکرد دانه کلزا در آزمایش مزرعه‌ای

منابع تغییرات	درجه آزادی	تعداد خورجین	تعداد دانه در خورجین	وزن هزار دانه	روغن	پروتئین
بلوک	۳	۵۲/۰۳	۱/۸۸	۰/۰۶۵	۱/۱۹	۳/۲۰
تنش خشکی	۲	۵۱۷۲/۸*	۹/۰۸۶ns	۰/۱۱۲*	۱۰/۲۵*	۱۲/۸۳*
اشتباه a	۶	۵۲/۰۶	۴/۹۹*	۰/۰۵	۱/۸۲	۷/۴۷
رقم	۲	۳۷۵/۳*	۴۷/۱۱*	۴/۲۱*	۱۶/۹۱*	۱۴/۱۵*
رقم × تنش	۴	۷۱/۵۱*	۳۱/۱۶*	۰/۰۴۱*	۳/۸۱*	۲/۷۷*
اشتباه b	۱۸	۴۰/۱۸	۲/۰۱۶	۰/۰۴۳	۰/۹۹	۱/۸۶
CV (%)		۱۰/۲۱	۶/۸۱	۴/۲۰	۱/۹۵	۶/۱۲

* و ns معنی داری و غیر معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد

جدول ۶: مقایسه میانگین اثرات متقابل اجزای عملکرد دانه، درصد روغن و پروتئین ارقام کلزا تحت تیمارهای مختلف در شرایط مزرعه‌ای

عوامل آزمایشی	تعداد خورجین در بوته	تعداد دانه در خورجین	وزن هزار دانه (گرم)	روغن (درصد)	پروتئین (درصد)
V_1W_1	۹۳/۶۱c	۲۳/۵۰a	۳/۸۸a	۴۸/۶۵a	۱۹/۱c
V_1W_2	۷۷/۱۱de	۲۳/۲۲a	۳/۵۹b	۴۸/۷a	۱۸/۸c
V_1W_3	۶۱/۶۳g	۲۲/۸۵a	۳/۷۰ab	۴۷/۵۲b	۲۱/۱b
V_2W_1	۱۰۴/۱۰b	۱۹/۵۲bc	۳/۰۷cd	۴۷/۲۶b	۲۰/۹b
V_2W_2	۸۱/۱۳d	۱۹/۳۶bc	۲/۹۶cd	۴۶/۷۸b	۲۱/۹b
V_2W_3	۶۹/۱۱e	۱۷/۹۶c	۲/۹۰cd	۴۴/۸۶c	۲۳/۶a
V_3W_1	۱۱۴/۲۳a	۱۹/۱۹bc	۳/۱۴c	۴۹/۳۵a	۲۱/۱b
V_3W_2	۷۸/۲۰d	۲۰/۲۳b	۲/۹۲cd	۴۸/۷۳a	۲۱/۴b
V_3W_3	۶۰/۱۵g	۱۸/۷۵bc	۲/۸۴ed	۴۶/۴b	۲۴/۲a
LSD	۶/۵۵	۱/۴۶	۰/۲۱	۰/۹۵	۱/۲۱

حروف مشابه تفاوت معنی دار ندارند (دانکن ۵٪).

تعداد دانه در خورجین

تجزیه واریانس تعداد دانه در خورجین در جدول ۵ آمده است. اثر تنش خشکی بر تعداد دانه در خورجین معنی‌دار نبود، اما ارقام از این نظر متفاوت بودند. اثرات متقابل رقم در تنش نیز معنی‌دار بوده، به نحوی که تعداد دانه در خورجین رقم هایولا ۳۰۸ در تیمار کنترل (۲۳/۲)، تنش ملایم (۲۲/۲۲) و تنش شدید (۲۲/۸۵) بیشترین و رقم ساری گل با تنش شدید کمترین تعداد دانه خورجین (۱۷/۹۶) را داشتند. تعداد دانه بیشتر برای رقم هایولا کمبود تعداد خورجین آن را جبران نموده است. آزمایش Nasri و همکاران در سال ۲۰۰۸ نشان داد که ارقام واکنش متفاوتی به خشکی از نظر تعداد دانه در خورجین دارند.

www.SID.ir

Archive of SID

از طرفی Mohammad و همکاران در سال ۲۰۰۷ اظهار نمودند که تنش در مرحله‌ی گلدهی، با کاهش ذخائر مواد هیدروکربنه، نمو دانه در درون خورجین‌ها را تحت تأثیر قرار می‌دهد و باعث سقط دانه‌ها در خورجین می‌گردد با توجه به این که تعداد دانه در خورجین یکی از صفات تعیین کننده‌ی عملکرد دانه است (حسن زاده و همکاران، ۱۳۸۵ و Faraji *et al.*, 2009). هر چه تعداد دانه در خورجین بیشتر باشد، مخزن بزرگ‌تری برای مواد فتوسنتزی تولید شده توسط گیاه ایجاد می‌گردد و عدم کمبود آب زمینه نمو دانه را فراهم می‌کند که با افزایش عملکرد دانه همراه می‌شود.

وزن هزار دانه

وزن هزار دانه تحت تأثیر تنش خشکی، رقم و برهمکنش رقم در خشکی قرار گرفت (جدول ۵). وزن هزار دانه با بروز خشکی کاهش یافت. بیشترین وزن دانه (۳/۸۸ گرم) برای رقم هایولا ۳۰۸ و در شرایط بدون تنش خشکی و کمترین آن (۲/۸۴ گرم) برای رقم Heros و در تیمار تنش شدید حاصل گردید (جدول ۶). تنش از مرحله‌ی گلدهی انتهای دوره‌ی رشد باعث کاهش معنی‌دار وزن هزار دانه شد که با سایر نتایج مطابقت دارد (احمدی و بحرانی ۱۳۸۹ و Daneshvar *et al.*, 2008). این موضوع می‌تواند ناشی از هم‌زمانی دوره‌ی پُر شدن دانه با زمان اعمال تنش باشد که منجر به کاهش وزن دانه می‌گردد. پژوهشگران تغییرات وزن هزار دانه را به اختصاص بیشتر مواد پرورده به دانه در اثر کاهش تعداد خورجین در بوته نسبت داده‌اند (Rahnama and Bakhshande, 2006; Sedaqat *et al.*, 2003). آنان معتقدند کمبود آب و مواد هیدروکربنه پس از گلدهی و در طول دوره نمو خورجین در کاهش وزن دانه مؤثر است، با این حال ارقام کلزا می‌توانند واکنش متفاوتی داشته باشند.

درصد روغن و پروتئین

درصد روغن و پروتئین تحت تأثیر تنش خشکی، رقم و برهمکنش رقم در خشکی قرار گرفت (جدول ۵). نتایج نشان داد تنش خشکی منجر به کاهش درصد روغن دانه گردید، به نحوی که تیمار تنش شدید در مرحله‌ی گلدهی تا انتهای دوره‌ی رشد کلزا در مقایسه با سایر تیمارها دارای کمترین درصد روغن دانه بود (جدول ۶). بیشترین درصد روغن (۴۹/۳۵ درصد) برای رقم Heros در تیمار شاهد و کمترین آن (۴۶/۴ درصد) نیز برای رقم Heros با تنش شدید به دست آمد، با این حال رقم هایولا ۳۰۸ نیز در سطوح تنش کم درصد روغن قابل ملاحظه‌ای داشت. Masoud Sinaki و همکاران در سال ۲۰۰۷ نیز کاهش محتوی روغن دانه کلزا را در اثر تنش خشکی گزارش نموده‌اند. اثر تنش خشکی، رقم و برهمکنش رقم در خشکی نیز بر درصد پروتئین دانه کلزا معنی‌دار بود (جدول ۵). حداکثر درصد پروتئین به وسیله‌ی رقم Heros (۲۴/۲درصد) با تنش شدید و حداقل آن (۱۸/۸ درصد) برای رقم هایولا ۳۰۸ با تنش ملایم به دست آمد (جدول ۶). رقم ساری گل نیز دارای درصد پروتئین زیادی (۲۳/۶درصد) با تنش شدید بود. این نتایج با گزارش احمدی و بحرانی در سال ۱۳۸۹ مطابقت دارد. به طورکلی

www.SID.ir

Archive of SID

نتایج آزمایش مزرعه‌ای نشان می‌دهد که کاهش عملکرد دانه در اثر تنش خشکی در ارقام مختلف کلزا مشاهده گردید. تنش خشکی متوسط و شدید در مرحله‌ی زایشی از طریق ایجاد تغییرات در اجزای عملکرد باعث کاهش تولید کلزا می‌شود. در این رابطه تعداد خورجین در بوته حساس‌ترین جزء عملکرد دانه بود. لذا ارقامی که تولید آنها وابسته به تعداد خورجین در بوته بالا می‌باشد در مقابل خشکی حساس‌ترند. بدین ترتیب از طریق عملیات مدیریتی مناسب و تأمین منابع لازم رشد بویژه آب باید از اثر خشکی اجتناب نمود.

آزمایش دوم - آزمایش گلدانی

عملکردهای بیولوژیک، دانه و شاخص برداشت

اثر تنش‌های کوتاه مدت (s_1,s_2,s_3,s_4) و بلند مدت (L_1,L_2,L_3) در طی مراحل مختلف رشد بر عملکرد بیولوژیک معنی‌دار بود (جدول ۷). بین تیمارهای استرس کوتاه مدت خشکی، حداقل عملکرد بیولوژیک در سطح S_2 (۱۳/۴۲ گرم در بوته) برای هایولا ۳۰۸ و ساری گل (۱۴/۴۲ گرم در بوته) و در شرایط S_1 برای رقم Heros (۱۴/۸۸گرم در بوته) حاصل شد (جدول ۸). با افزایش طول مدت تنش در تنش های بلند مدت، مشاهده گردید که عملکرد بیولوژیک به میزان بیشتری کاهش یافت. Nasri و همکاران در سال ۲۰۰۸ گزارش کردند که کاهش میزان آب در دسترس باعث کاهش شدید ماده خشک در هر گونه*B. napus* و *B. juncea* شد ولی کاهش وزن خشک در *B. napus* بیشتر از گونه دیگر بود. اعمال تنش خشکی در مراحل مختلف رشد باعث کاهش معنی‌دار عملکرد دانه گردید (جدول ۷). تأثیر تنش کوتاه مدت در مراحل مختلف رشد متفاوت بود. از نظر عملکرد دانه، گلدهی حساس‌ترین مرحله نسبت به خشکی بود به نحوی که در طی این مرحله (S_2) سبب کاهش عملکرد دانه به میزان ۳۰/۳ درصد گردید. استرس خشکی، عملکرد دانه را به میزان ۲۳/۶، ۲۹/۲ و ۳۸/۷ درصد برای ارقام هایولا ۳۰۸، ساری گل و Heros به ترتیب کاهش داد (جدول ۸). در اعمال تنش خشکی در طول مرحله‌ی رشد طولی ساقه (S_1) و همچنین در مرحله‌ی رشد دانه (S_2)، عملکرد دانه به ترتیب ۷/۴ و ۴/۲ درصد نسبت به تیمار شاهد (c) کاهش یافت (جدول ۸).

در تنش‌های بلند مدت متناسب با طولانی‌تر شدن مدت تنش، عملکرد دانه به میزان بیشتری، کاهش پیدا کرد. تنش خشکی در مرحله‌ی نمو خورجین (S_3) عملکرد دانه را ۲۰/۷ درصد کاهش داد. ارقام از نظر عملکرد دانه متفاوت بودند و رقم هایولا ۳۰۸ دارای عملکرد دانه بیشتری نسبت به دو رقم دیگر بود. Mohammad و همکاران در سال ۲۰۰۷ نشان دادند که برخی ارقام کلزا حساسیت بیشتری در مرحله‌ی گلدهی و بعضی ارقام دیگر در مرحله‌ی رشد خورجین حساس بودند. Jensen و همکاران در سال ۱۹۹۶ گزارش نمودند که دوره‌ی حساس *B. napus* به استرس خشکی بین گلدهی و رشد خورجین حاصل شد. در آزمایش حاضر ارقام ساری گل و به ویژه Heros مرحله‌ی رشد طولی ساقه حساس‌تر از مرحله‌ی پُر شدن دانه

www.SID.ir

Archive of SID

بود. علت این امر به طولانی‌تر بودن دوره‌ی رشد ساقه و به تبع آن دریافت تنش بیشتر در دو رقم اخیر مخصوصاً Heros می‌باشد. به نظر می‌رسد ارقام کلزای این آزمایش در تنش‌های کوتاه مدت و بلند مدت از نظر عملکرد دانه متأثر شدند، با این حال بین گلدهی تا رسیدگی مرحله‌ی حساس رشد می‌تواند متغیر باشد. اثر تنش خشکی و رقم بر شاخص برداشت معنی‌دار شد (جدول ۷). حداکثر شاخص برداشت با رقم هایولا ۳۰۸ (۳۹/۲۶درصد) و کمترین آن (۲۶/۵۷درصد) برای رقم Heros حاصل شد. با تنش شدید L_1 عملکرد دانه سه رقم کم شد. در استرس کوتاه مدت S_1 نیز شاخص برداشت ماکزیمم معادل ۳۹/۵۱ درصد و در تنش بلند مدت L_2 حداقل شاخص برداشت (۱۷/۴۶ درصد) به دست آمد. شاخص برداشت در تیمار S_1 بیشتر بود؛ زیرا استرس خشکی در طول طویل شدن ساقه ماده خشک کل را بیشتر از عملکرد دانه تحت تأثیر قرار داد. احمدی و بحرانی در سال ۱۳۸۹ نیز چنین نتیجه‌ای را تایید نمودند.

جدول ۷: میانگین مربعات عملکردهای بیولوژیک، دانه و شاخص برداشت در آزمایش گلدانی

منابع تغییر	درجه آزادی	عملکرد بیولوژیک	عملکرد دانه	شاخص برداشت
بلوک	۲	۰/۳۱۶	۰/۸۱۷	۰/۵۹۱
مرحله تنش خشکی	۷	۱۴۸/۶۸*	۲۵/۳۴*	۲۱۱/۱۶*
رقم	۲	۲۷/۶۵*	۶۴/۹۱*	۱۳۷۱/۱۱*
رقم × مرحله تنش	۱۴	۴/۱۳*	۳/۰۳*	۲۱/۷۲ns
اشتباه	۴۶	۲/۱۴	۳/۴۹	۱۸/۱۷
CV (%)		۸/۱۲	۱۲/۱۴	۱۳/۵۷

* و ns معنی داری و غیر معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد

جدول ۸: مقایسه میانگین اثر متقابل بین رقم در تنش برای عملکرد بیولوژیک و دانه ارقام کلزا در آزمایش گلدانی

عوامل آزمایش	عملکرد بیولوژیک (گرم در بوته)			عملکرد دانه (گرم در بوته)		
	هایولا ۳۰۸	ساری گل	Heros	هایولا	ساری گل	Heros
تنش						
C	۱۹/۱۴	۱۹/۸۱	۲۲/۴۳	۷/۲۳	۵/۹۲	۶/۳۱
S1	۱۵/۹۱	۱۵/۰۱	۱۴/۸۸	۷/۰۴	۵/۵۴	۶/۰۴
S2	۱۳/۴۲	۱۴/۴۲	۱۵/۶۰	۵/۵۲	۴/۲۰	۳/۹۱
S3	۱۴/۷۲	۱۶/۲۷	۱۷/۲۶	۶/۱۵	۴/۷۲	۴/۶۲
S4	۱۷/۸۰	۱۸/۲۶	۲۲/۲۹	۶/۸۰	۵/۷۵	۶/۲۱
L1	۹/۵۸	۷/۷۲	۷/۹۱	۳/۲۸	۱/۷۰	۱/۱۳
L2	۱۰/۱۶	۹/۳۰	۱۱/۷۴	۳/۶۹	۲/۵۱	۱/۸۹
L3	۱۳/۵۱	۱۳/۶۹	۱۶/۹۲	۵/۸۸	۴/۳۹	۴/۶۱
میانگین	۱۴/۲۸	۱۴/۳۱	۱۶/۱۳	۵/۶۹	۴/۳۴	۴/۳۴
LSD		۰/۸۹			۰/۵۸	

www.SID.ir

Archive of SID

اجزای عملکرد دانه

نتایج آزمون آماری اجزای عملکرد دانه ارقام کلزا در شرایط گلدانی در جدول ۹ ارائه شده است.

تعداد خورجین در بوته

اثر تنش خشکی کوتاه مدت و بلند مدت در مراحل مختلف رشد بر روی تعداد خورجین در بوته معنی‌دار بود (جدول ۱۰). در میان تنش‌های کوتاه مدت، کمترین تعداد خورجین در بوته در تیمار تنش در مرحله‌ی گلدهی (S_2) تولید شد. تنش در این مرحله باعث کاهش ۲۶/۴ درصد از خورجین‌ها شد. مرحله‌ی حساس دوم نسبت به تنش، مرحله‌ی نمو خورجین بود که تنش در این مرحله (S_3)، ۱۵/۶ درصد از خورجین‌ها را در بوته کاهش داد. کمترین تأثیر تنش روی تعداد خورجین، تنش در مرحله‌ی رشد دانه بود. در تیمارهای تنش خشکی بلند مدت، متناسب با افزایش طول مدت تنش، خورجین‌ها به میزان بیشتری کاهش یافتند. در تیمار تنش بلند مدت از ابتدای گلدهی تا انتهای دوره‌ی رشد (L_2) ۴۴/۷ درصد از تعداد خورجین کاسته شد. در تیمار مشابه در آزمایش مزرعه‌ای، در تنش خشکی متوسط و شدید به ترتیب ۲۳/۹ و ۳۸/۵ درصد از تعداد خورجین‌ها کاهش یافت. دانش شهرکی در سال ۱۳۸۷ نیز کاهش تعداد خورجین در بوته ناشی از تنش در مرحله‌ی گلدهی دانسته است.

ارقام نیز از نظر تعداد خورجین در بوته متفاوت بودند (جدول ۹). ارقام Heros و هایولا ۳۰۸ با ۹۱/۱ و ۸۲/۹ خورجین، به ترتیب بیشترین و کمترین تعداد خورجین را تولید نمودند. اثر متقابل رقم و تنش خشکی در مراحل مختلف رشد نشان داد که در شرایط مطلوب رطوبتی به تعداد خورجین رقم Heros بیشتر از دو رقم دیگر بود (جدول ۱۱). به نحوی که در تیمار شاهد (c) در ارقام هایولا ۳۰۸، ساری گل و Heros به ترتیب تعداد ۹۷/۵۲، ۱۰۵/۸۲، و ۱۲۲/۱۴ خورجین در بوته تولید شد. از طرفی در تیمار S_2، تعداد خورجین در بوته در سه رقم فوق به ترتیب ۱۶/۵، ۲۲/۷، ۳۸/۴، درصد کاهش یافته است. در تیمار تنش در مرحله‌ی زایشی (L_2) در ارقام فوق، تعداد خورجین به ترتیب ۳۶/۹، ۴۵/۲، ۵۰/۳، درصد کاسته شد. همچنین تأثیر تنش خشکی در مرحله‌ی رشد طول ساقه (S_1) در رقم Heros که یک رقم دیر گل است به مراتب بیشتر از دو رقم دیگر بود، به طوری که تعداد خورجین در بوته در تیمار S_1 در ارقام هایولا ۳۰۸، ساری گل و Heros به ترتیب ۲/۵، ۴/۸ و ۱۷/۴ درصد کاهش یافت. این نتایج نشان می‌دهند ارقامی که در شرایط مطلوب رطوبتی تعداد بیشتری خورجین تولید می‌کنند، در شرایط تنش، تعداد خورجین در بوته آنها به میزان بیشتری دستخوش تغییر می‌گردد. در آزمایش حسن‌زاده و همکاران در سال ۱۳۸۵ اعمال تنش در مرحله‌ی پُر شدن خورجین، تعداد بیشتری از خورجین‌ها را نسبت به تیمارهای تنش در مرحله‌ی گلدهی و یا در مرحله‌ی طویل شدن ساقه کاهش داد. بدین ترتیب وقوع تنش در مراحل تشکیل جوانه‌های گل تا ابتدای گلدهی و آغاز مرحله‌ی تشکیل خورجین، بیشترین کاهش را در تعداد خورجین باعث می‌شود.

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۹: میانگین مربعات اجزای عملکرد دانه، درصد روغن و پروتئین ارقام کلزا

منابع تغییر	درجه آزادی	تعداد خورجین در بوته	تعداد دانه در خورجین	وزن هزار دانه	درصد روغن	درصد پروتئین
بلوک	۲	۳۶/۸۲	۱/۱۶	۰/۰۹۶	۶/۰۳	۲/۰۲
مرحله تنش خشکی	۷	۳۷۳۹/۶*	۸/۷۹*	۰/۱۶۱*	۲۷/۹۷*	۳/۴۸*
رقم	۲	۴۳۲/۸*	۲۴۰/۷*	۰/۱۷۷*	۳۳/۶۱*	۴/۱۱ns
رقم × مرحله تنش	۱۴	۱۱۴/۳۲*	۳/۱۱۳*	۰/۰۱۷ns	۳۰/۱۲*	۱/۱۵ns
اشتباه	۴۶	۶۹/۵۶	۲/۴۷	۰/۰۴۲	۳/۴۱	۱/۷۱
CV (%)		۱۰/۵	۸/۴	۶/۳	۴/۶	۴/۹

* و ns معنی داری و غیر معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد

جدول ۱۰: مقایسه میانگین تعداد خورجین در بوته، تعداد دانه در خورجین، وزن هزار دانه، درصد روغن و درصد پروتئین ارقام کلزا تحت تیمارهای مختلف در گلخانه

عوامل آزمایشی	تعداد خورجین در بوته	تعداد دانه در خورجین	وزن هزار دانه (گرم)	روغن (درصد)	پروتئین (درصد)
تنش					
C	۱۰۹/۵a	۲۰/۷a	۳/۰۱a	۴۵/۱a	۲۳/۱c
S_1	۱۰۰/۲b	۲۰/۱ab	۳/۰۲a	۴۴/۶ab	۲۳/۸abc
S_2	۸۰/۵d	۱۸/۷bc	۲/۹۳ab	۴۳/۲bc	۲۳/۹abc
S_3	۹۲/۳c	۱۹/۶ab	۲/۸۳bc	۴۲/۲cd	۲۴/۳ab
S_4	۱۰۷/۷ab	۲۰/۱ab	۲/۶۹c	۴۲/۶c	۲۶/۷ab
L_1	۵۳/۷e	۱۷/۷d	۲/۷۵bc	۳۹/۹e	۲۳/۹abc
L_2	۶۰/۵e	۱۸/۲cd	۲/۸۱bc	۴۰/۷de	۲۴/۶ab
L_3	۸۹/۴c	۱۹/۳ab	۲/۷۱c	۴۲/۲cd	۲۵/۱a
LSD	۷/۸۴	۱/۴۹	۰/۱۶	۱/۴۷	۱/۱۴
ارقام					
C_1	۸۲/۹b	۲۴/۲a	۲/۹۴a	۴۱/۶b	۲۳/۶a
C_2	۸۶/۱b	۱۷/۳b	۲/۸۱b	۴۲/۳b	۲۴/۱a
C_3	۹۱/۱a	۱۷/۵b	۲/۷۹b	۴۳/۸a	۲۴/۴a
LSD	۴/۸۱	۰/۹۱	۰/۱۰	۰/۹۰	۰/۹۰

حروف مشابه تفاوت معنی دار ندارند (دانکن ۵٪)

تعداد دانه در خورجین

تنش خشکی در مراحل مختلف رشد بر تعداد دانه در خورجین تأثیر معنی‌دار گذاشت (جدول ۹). اعمال تنش باعث کاهش تعداد دانه در خورجین گردید (جدول ۱۰). با این حال، در میان تنش‌های کوتاه مدت فقط اعمال تنش خشکی در مرحله‌ی گلدهی (S_2)، تعداد دانه در خورجین را کاهش داد. در تنش‌های بلند مدت نیز متناسب با افزایش طول مدت تنش، تعداد دانه

www.SID.ir

Archive of SID

در خورجین به میزان بیشتری کااهش یافت (جدول۱۰). تعداد دانه در خورجین (۲۴/۲) رقم هایولا ۳۰۸ بیشتر از دو رقم دیگر بود. همچنین تغییرات تعداد دانه در خورجین در اثر تنش خشکی کوتاه و بلند مدت در رقم هایولا ۳۰۸ بیشتر از دو رقم دیگر بود (جدول ۱۱). تنش کوتاه مدت در طی مرحله‌ی گلدهی (S_2)، تعداد دانه در خورجین ارقام هایولا ۳۰۸، ساری گل و Heros را به ترتیب ۱۱/۳، ۸/۲۰، و ۹/۷ درصد کاهش داد. همچنین تنش بلند مدت در کل دوره‌ی زایشی (L_2)، تعداد دانه در خورجین رقم‌های مذکور را به ترتیب ۲۰/۱، ۶/۴، و ۶/۵ درصد کاهش داد.

مقایسه‌ی تعداد خورجین در بوته و تعداد دانه در خورجین و تغییرات این دو صفت در تیمارهای مختلف مشخص نمود که به طورکلی واکنش و تأثیرپذیری تعداد دانه در خورجین در اثر تنش خشکی در مراحل مختلف رشد، کمتر از تعداد خورجین در بوته بود. از طرفی، در رقمی که در شرایط عدم تنش، تعداد خورجین کمتری تولید نمود (هایولا ۳۰۸)، کاهش تعداد خورجین در بوته در اثر تنش خشکی نیز در آن نسبتاً کمتر بود، ولی تعداد دانه در خورجین این رقم نسبت به ارقام دارای تعداد خورجین بیشتر، در مقابل تنش خشکی حساس‌تر بود. بر عکس، در رقمی که در شرایط مطلوب رطوبتی، تعداد خورجین بیشتری داشت (Heros) در مقابل تنش خشکی هر چند تعداد خورجین در بوته آن حساس‌تر بود، ولی تعداد دانه در خورجین آن کمتر کاهش یافت. Daneshvar و همکاران در سال ۲۰۰۸ اظهار کردند که کاهش تعداد دانه در خورجین در تیمارهای مربوط به تنش در مرحله‌ی پُر شدن خورجین به طور معنی‌دار بیشتر از تیمارهای مربوط به طویل شدن ساقه و گلدهی صورت پذیرفت. به نظر می‌رسد ارقامی که در شرایط مطلوب رطوبتی تعداد خورجین محدودتر و تعداد دانه در خورجین بیشتری دارند در مقابل تنش خشکی در مرحله‌ی زایشی از پایداری عملکرد دانه نسبتاً بالاتری برخوردار خواهند بود.

جدول ۱۱: مقایسه میانگین اثر متقابل رقم در مرحله تنش برای تعداد خورجین در بوته و تعداد دانه در خورجین ارقام کلزا در آزمایش گلدانی

عوامل آزمایش	تعداد خورجین در بوته			تعداد دانه در خورجین		
	هایولا ۳۰۸	ساری گل	Heros	هایولا ۳۰۸	ساری گل	Heros
تنش						
C	۹۷/۵۲	۱۰۵/۸۲	۱۲۲/۱۴	۲۴/۵۹	۱۷/۲۳	۱۸/۶۵
S1	۹۶/۲۰	۱۰۰/۸۵	۱۰۳/۱۲	۲۵/۶۶	۱۷/۰۳	۱۷/۶۵
S2	۸۱/۳	۸۲/۴۲	۷۷/۸۷	۲۱/۶۹	۱۶/۶۵	۱۶/۶۹
S3	۸۵/۹	۹۱/۳۲	۹۹/۹۱	۲۳/۶۰	۱۶/۶۰	۱۷/۸۰
S4	۹۸/۱	۱۰۵/۸	۱۲۳/۵۶	۲۴/۱۰	۱۷/۹۱	۱۸/۳۰
L1	۵۴/۹	۵۶/۴۰	۵۱/۶۵	۲۰/۱۲	۱۶/۷۳	۱۶/۴۱
L2	۶۲/۱۴	۵۸/۵۱	۶۲/۰۲	۲۰/۲۲	۱۶/۶۲	۱۷/۲۹
L3	۸۵/۴۲	۸۸/۲	۹۳/۹۶	۲۲/۶۱	۱۷/۴۳	۱۸/۳۰
میانگین	۸۲/۶۸	۸۶/۱۶	۹۱/۷۸	۲۲/۸۲	۱۷/۰۲	۱۷/۶
LSD		۵/۹			۱/۲	

www.SID.ir

Archive of SID

وزن هزار دانه

تجربه واریانس مشخص نمود که اثر تنش خشکی در مراحل مختلف رشد بر وزن هزار دانه معنی‌دار بود (جدول ۹). بر اساس مقایسه میانگین‌ها، در بین تیمارهای تنش کوتاه مدت مراحل رشد، بیشترین اثر تنش در اواخر دوره‌ی رشد گیاه انجام گرفت. ولی تنش در طی رشد طولی ساقه و گلدهی اثر معنی‌داری بر وزن هزار دانه نداشت (جدول۱۰). تیمارهای S_4, S_3 متوسط وزن هزار دانه را به ترتیب ۱۰/۶ و ۵/۹ درصد کاهش دادند، ولی تنش در مرحله‌ی رشد طول ساقه (S_1) وزن هزار دانه را اندکی افزایش داد، ولی تنش در مرحله‌ی رشد دانه، باعث کاهش سهم هر دانه از مواد فتوسنتزی و نهایتاً کاهش وزن هزار دانه شده است. تنش‌های بلند مدت نیز وزن دانه را کاهش داد، ولی متناسب با افزایش طول مدت تنش، وزن دانه کاسته نشد، به طوری که اثر تنش از آغاز نمو خورجین تا انتهای دوره‌ی رشد (L_3) بیشتر از اثر تنش از آغاز گلدهی تا انتهای دوره رشد (L_2) و تنش از آغاز رشد طولی ساقه تا انتهای دوره‌ی رشد (L_1) بود. با این وجود، بین تیمارهای L_1 , L_2 , L_3 اختلاف معنی‌دار مشاهده نشد. ارقام از نظر وزن هزار دانه متفاوت بودند (جدول ۱۰). وزن دانه هایولا ۳۰۸ بیشتر از ارقام دیگر بود. ولی حساسیت وزن هزار دانه در رقم هایولا ۳۰۸ نسبت به تنش خشکی بیشتر بود. Nasri و همکاران در سال ۲۰۰۸ اظهار داشتند که تغییرات وزن دانه نسبت به خشکی بین ارقام کلزا می‌تواند متفاوت باشد، به نحوی که در شرایط بدون تنش، ارقام کلزا با تولید خورجین کمتر، وزن دانه بیشتری داشتند و همچنین وقتی که کلزا در مرحله‌ی پُر شدن دانه در معرض تنش قرار گرفت، نسبت به شاهد دانه درشت‌تری تولید نمود. به طورکلی می‌توان گفت در ارقام کلزا که تعداد دانه بیشتری در بوته دارند، در هنگام تنش سهم هر دانه از دریافت مواد فتوسنتزی کاهش می‌یابد.

کیفیت دانه

درصد روغن در ارقام متفاوت بود اما مقدار پروتئین چنین نبود (جدول ۹). استرس کوتاه مدت، درصد روغن و عملکرد آن را کم کرد. فقط تیمارهای دراز مدت خشکی روی درصد پروتئین اثر داشت. بین تیمارهای استرس کوتاه مدت خشکی، حداقل روغن در تیمار S_3 حاصل شد (جدول۱۰). در تیمار S_2 حداقل روغن و حداکثر پروتئین با وجود استرس خشکی در گلدهی و رشد غلاف حاصل شد. وقتی که استرس خشکی طولانی شد، درصد روغن کم شد. پروتئین دانه بیشتر تحت تأثیر تیمارهای خشکی قرار گرفت. حداکثر پروتئین در تیمار L_3 حاصل شد. رقم Heros بیشترین درصد روغن (۴۳/۸ درصد) را داشت. ولی از نظر آماری تفاوت معنی‌داری بین دو رقم دیگر وجود نداشت. به هر حال آبیاری کلزا در زمان پُر شدن دانه برای دستیابی به درصد روغن مناسب ضرورت دارد. Jensen و همکاران در سال ۱۹۹۶ نیز مشاهده نمودند که تنش شدید خشکی در مرحله زایشی درصد روغن را کاهش داد.

www.SID.ir

Archive of SID

به طورکلی می‌توان گفت در مطالعه حاضر استرس خشکی در طول رشد زایشی کلزا عمدتاً باعث کاهش عملکرد دانه به وسیله کاهش تعداد خورجین در بوته گردید. تعداد دانه در خورجین کمتر از تعداد خورجین در بوته تغییر کرد. بنابراین، به نظر می‌رسد انتخاب یا اصلاح ژنوتیپ‌های کلزا با تعداد دانه بیشتر در خورجین در شرایط کمبود رطوبت مطلوب‌تر است. این خصوصیات منجر به دستیابی به عملکرد دانه بیشتر با توجه به پایداری عملکرد دانه در شرایط خشکی می‌شود. با وجود آن که وزن دانه معمولاً ژنتیکی است ولی وزن دانه سنگین‌تر نیز می‌تواند یک صفت مطلوب باشد.

سپاسگزاری

این مقاله بخشی از طرح پژوهشی اجرا شده در دانشگاه آزاد اسلامی واحد شوشتر می‌باشد. بدین‌وسیله از حوزه معاونت پژوهشی واحد شوشتر به ویژه خانم مهندس دیالمه‌پور جهت همکاری در مراحل اجرای این پژوهش صمیمانه سپاسگزاری می‌نماییم.

منابع

- **احمدی، م. و بحرانی، م.، ۱۳۸۹.** تأثیر مقادیر نیتروژن بر عملکرد و اجزای عملکرد کلزا تنش قطع آبیاری در مراحل مختلف رشد. مجله علمی تولیدات گیاهی دانشگاه اهواز. جلد ۳۳. شماره ۲. صفحه ۳۰-۱۵.
- **حسن‌زاده، م.، نادری درباغشاهی، ح.، و شیرانی راد، ا. ج.، ۱۳۸۵.** ارزیابی اثر تنش خشکی بر صفات مرفولوژیک و عملکرد کلزای پاییزه در منطقه اصفهان. چکیده نهمین کنگره علوم زراعت و اصلاح نباتات. انتشارات دانشگاه تهران. صفحه ۵۰۸.
- **دانش شهرکی، ع.، ۱۳۸۷.** تغییرات اگرواکوفیزیولوژیکی کلزا تحت تأثیر تنش خشکی پایان دوره و سطوح مختلف نیتروژن. پایان نامه دکتری زراعت. دانشگاه کشاورزی و منابع طبیعی رامین خوزستان. ۱۹۸ص.
- **زواره، م. و امام، ی.، ۱۳۷۹.** راهنمای شناسایی مراحل رشد زندگی کلزا. مجله علوم زراعی ایران. جلد ۲. شماره ۱. ۱۴-۱.
- **فتحی، ق.، مرادی‌تلاوت، م. و نادری عارفی، ع.، ۱۳۸۹.** فیزیولوژی کلزا. انتشارات دانشگاه کشاورزی و منابع طبیعی رامین خوزستان. ۲۴۸ ص.
- **Al-kaisi, M.M. and Yin, X., 2003.** Effect of N rate, irrigation rate, plant population on corn yield and water use efficiency. Agron J. 95: 1475-1482.
- **Dansehvar, M., Tahmasbebi sarvestani, Z. and Moddarres sanavy, S.A.M., 2008.** Different irrigation and N fertilizer treatments on some agro physiologic traits in rapeseed. Pakistan J. Bio. Sci . 11(12) :1530-1540.

www.SID.ir

Archive of SID

- **Faraji, A., Lattifi, N., Solatni, A. and Shirani Red, A. H., 2009.** Seed yield and water use efficiency of canola as affected by high temperature stress and supplemental irrigation. Agric. Water Manage. 96:132-140.
- **Henry, J.L. and MacDonald, K.B., 1978.** The effects of soil and fertilizer nitrogen and moisture stress 0n yield, oil and protein concentration of rape. Can. J. Soil Sci., 58: 303-310.
- **Jensen, C.R., Mogensen, V.O., Mortensen, G., Fieldsen, J.K. and Thage, J.H., 1996.** Seed Glucosinolate, 0il and protein contents of field-grown rape (Brassica napus) affected by soil drying and evaporative demand. Field Crops Res. 47: 93-105.
- **Masoud sinaki, S., Majidi Heravan, E., shirani Red, H., Noormohammadi, G., and Zarei, Gh., 2007.** The effects of water deficit during growth stages of canola. American Eurasian J. Of Agric. And Envir . Sci . 2 (4): 417-422.
- **Mohammad, T., Ali, A., Nadeem, M.A., Tanveer, A. and sabir, Q.M., 2007.** Performance of canola under different irrigation levels. Pakistan J-of Bot.39 (3) 793-746.
- **Nasri, M., khalatbari, M., zahedi, H., paknejad, F. and Tohidi mighadam, H.R., 2008.** Evaluation of micro and macro elements in drought stress condition in cultivars of rapeseed. Ameri . Y-of Agric . and Bio. Sci. 3=579-583.
- **Nielsen, D.C., and Nelson, N.O., 1998.** Black bean sensitivity to water stress at various growth stagas. Crop Sci. 38: 422-427.
- **Rahnema, M. and Bakhshande, A.M., 2006.** Determination of optimum irrigation level and compatible canola varieties in the mediterranean environment. Asian. J. of plant su:5:543-546.
- **Rao, M. and Meandham, N., 1991.** Soil-plant-water relation of oilseed rape. J. of Agric. Sci. 117: 197-205.
- **Sadaqat, H.A., Nadeem thahir, M.H. and Hussain, M.T., 2003.** Physiogenetics aspects of drought tolerance in canola. J . of Agric. and Bio. 5: 611-614.
- **Si, P., Mailer, R. and Turner, D.W., 2003.** Influence of genotype and environment on oil and protein concentration of canola grown across southern Australia. Aust. J. Agric. Res. 54: 397-407.
- **Wright, P.R., Morgan, J.M., Jossop, R.S. and Cass, A., 2001.** Coramparative adaptation of canola (Brassica napus) and Indian mustard (B. juncea L.) to soil water deficit. Field Crops Res. 42: 1-13.

www.SID.ir