"مجله علوم زراعی ایران"
جلد سیزدهم، شماره ۳ پاییز ۱۳۹۰

اثر تنش خشکی بر میزان فتوسنتز، تسهیم مواد پرورده و عملکرد دانه ارقام کلزا
Effect of drought stress on photosynthesis, partitioning of photo- assimilates and grain yield in rapeseed cultivars

سالارمنجم[۱]، علی احمدی[۲] و ولی اله محمدی[۳]

چکیده

منجم، س.، ع. احمدی و و. محمدی. ۱۳۹۰. اثر تنش خشکی بر میزان فتوسنتز، تسهیم مواد پرورده و عملکرد دانه ارقام کلزا. **مجله علوم زراعی ایران. ۱۳(۳): ۵۴۷-۵۳۳.**

در این آزمایش اثر تنش خشکی در مرحله گلدهی بر میزان فتوسنتز، تسهیم مواد فتوسنتزی و ارتباط آنها با عملکرد دانه ۱۴ رقم بهاره و پاییزه کلزای تجاری به صورت طرح کرت‌های خرد شده بر پایه بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در سال زراعی ۸۷-۱۳۸۶ در مزرعه تحقیقات کشاورزی دانشگاه تهران، کرج، مورد مطالعه قرار گرفت. کرت اصلی شامل دو رژیم آبیاری (شاهد و تنش خشکی در مرحله گلدهی) و کرت فرعی شامل ۱۴ رقم کلزا بودند. تنش خشکی در مرحله گلدهی با قطع آبیاری اعمال گردید و وقتی پتانسیل آب خاک به ۱/۵- مگاپاسکال رسید، آبیاری مجدد انجام شد. نتایج نشان داد که در شرایط شاهد، با گذشت زمان از مرحله گلدهی، میزان فتوسنتز، میزان تعرق وکارایی مصرف آب فتوسنتزی کاهش یافت. در نتیجه تنش خشکی، تغییرات موازی در میزان فتوسنتز، تعرق و غلظت دی‌اکسیدکربن اتاقک زیر روزنه مشاهده شد که دلالت بر نقش عوامل روزنه‌ای در کاهش فتوسنتز در شرایط تنش دارد. در اواسط دوره تنش، شاخص کلروفیل افزایش یافت، اما با پیشرفت آن، به طور معنی‌داری کاهش یافت. در هر دو شرایط تنش و غیر تنش ارقام تفاوت معنی‌داری از لحاظ میزان فتوسنتز نشان دادند. اگرچه عملکرد دانه ارقام بطور متفاوتی تحت تاثیر تنش قرار گرفته بودند، همبستگی معنی‌داری بین میزان فتوسنتز و عملکرد دانه در رژیم های مختلف رطوبتی اعمال شده در شرایط آزمایش حاضر مشاهده نشد. تنش خشکی در مرحله گلدهی با تاثیر بر توزیع مواد فتوسنتزی بین اندام‌های مختلف گیاهی و با افزایش درصد وزن خشک برگ، ساقه و ریشه و کاهش وزن خشک خورجین ها یا به عبارتی غلبه درصد تسهیم مواد به اندام‌های رویشی نسبت به اندام‌های زایشی، باعث کاهش شاخص برداشت و به دنبال آن کاهش ۵۱/۲ درصدی عملکرد دانه نسبت به شاهد گردید. در بین ارقام مورد بررسی، در شرایط غیر تنش رقم پی.اف و در شرایط تنش در مرحله گلدهی، رقم اُکاپی با شاخص برداشت بالاتر به ترتیب با تولید ۳۵۹۷ و ۱۵۹۵ کیلوگرم دانه در هکتار، بیشترین عملکرد دانه را داشتند.

واژه‌های کلیدی: تسهیم مواد فتوسنتزی، تنش خشکی، شاخص کلروفیل، فتوسنتز و کلزا.

تاریخ دریافت : ۱۳۸۸/۹/۳۰ تاریخ پذیرش: ۱۳۸۹/۱۲/۴

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران. عضو انجمن علوم زراعت و اصلاح نباتات ایران (مکاتبه کننده)
(پست الکترونیک: agromonajem@gmail.com)
۲- دانشیار پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران
۳- استادیار پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2026-11-19]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1390.13.3.7.5]

مقدمه

گیاه کلزا یکی از مهم‌ترین گیاهان دانه روغنی یکساله است که در تأمین انرژی و امنیت غذایی در سطح جهان نقش بسزایی دارد. با توجه به اینکه در بسیاری از نقاط ایران مراحل پایانی رشد کلزا با شرایط تبخیر و تعرق زیاد و کم آبی مصادف می‌باشد، این گیاه با تنش خشکی مواجه می‌گردد. پایین بودن میزان رطوبت خاک، ضمن کاهش مساحت برگ‌ها، پیری آنها را تسریع نموده و با کاهش سطح فتوسنتز کننده، میزان تولید خالص گیاه و به دنبال آن میزان تسهیم مواد فتوسنتزی به دانه تقلیل می‌یابد. از عوامل تاثیرگذار در میزان فتوسنتز برگ می‌توان به نقش روزنه‌ها و کلروفیل‌ها اشاره نمود. روزنه‌ها میزان کارایی مصرف آب و در نهایت مقدار عملکرد را در فرآیند فتوسنتزی تحت تاثیر قرار می‌دهند و انسداد روزنه‌ای مهم‌ترین عامل مرتبط با توقف فتوسنتز در مراحل اولیه کمبود آب در گیاه می‌باشد. اهمیت روزنه‌ها در این فرآیند تا حدی است که در شناسایی و انتخاب ارقام پرمحصول و مقاوم به خشکی، معیار مناسبی به شمار می‌رود (Kramer, 1983). محتوای کلروفیل برگ‌ها نیز یکی از عوامل کلیدی در تعیین سرعت فتوسنتز و تولید ماده خشک می‌باشد (Ghosh *et al*., 2004)، طوری که از غلظت کلروفیل برگ به عنوان یک شاخص برای ارزیابی قدرت منبع یاد می‌شود (Herzog, 1987) و بنابراین کاهش مقدار آن در شرایط تنش آبی می‌تواند به عنوان یک عامل محدود کننده غیر روزنه‌ای در کاهش کارایی سطح برگ به حساب آید (Schulze, 1986) شواهدی در دست است مبنی بر اینکه تنش آبی میزان کلروفیل برگ را کاهش می‌دهد (Kuroda *et al*., 1990 and Majumdar *et al*., 1991)، در حالی که در تحقیقات دیگر چنین کاهشی در کلروفیل در شرایط تنش مشاهده نشد (Kulshreshtha *et al*., 1987; Hamada, 1996).

به طور کلی عوامل محدود کننده فتوسنتز شامل دو نوع روزنه‌ای و غیر روزنه‌ای می‌باشند. در زمانی که عامل محدود کننده روزنه‌ای باشد با کاهش آب در سلول‌های برگ، روزنه‌ها بسته می‌شوند. در این حالت به دلیل کاهش هدایت روزنه‌ای، انتشار دی اکسید کربن به فضای بین سلولی کاهش یافته و فعالیت فتوسنتزی کم و یا متوقف می‌شود. در مواقعی که عامل محدود کننده غیرروزنه‌ای باشد، به دلیل اختلال در واکنش‌های بیوشیمیایی گیاه، غلظت دی‌اکسیدکربن اتاقک زیر روزنه افزایش می‌یابد (McCree and Richardson, 1987). یاردانوف و همکاران (Yordanov *et al*., 2003) اظهار نمودند که کاهش در میزان فتوسنتز به علت تنش خشکی بیشتر ناشی از کاهش سرعت هدایت روزنه‌ای می‌باشد. در آزمایش صدیق و همکاران(Siddique *et al*., 1999) هدایت روزنه‌ای با افزایش سن برگ گندم کاهش یافت. در آزمایش نامبردگان رابطه ضعیفی بین میزان فتوسنتز و میزان هدایت روزنه‌ای وجود داشت که نشان می‌دهد کاهش میزان فتوسنتز در شرایط تنش خشکی بیشتر تابع عوامل غیر روزنه‌ای می‌باشد تا بسته شدن روزنه‌ها. نتایج آزمایش بیرد و همکاران (Byrd *et al*., 1992) روی کلزا نشان داد که در شرایط تنش خشکی، و اثر بسته شدن روزنه‌ها، با کاهش میزان CO_2 داخلی، فتوسنتز خالص کاهش می‌یابد. دوآ و همکاران (Dua *et al*., 1994) با بررسی اثر تنش خشکی روی گونه‌های شلغم روغنی اظهار نمودند که تنش خشکی باعث کاهش ۵۰ درصدی میزان فتوسنتز خالص (NAR)، ۸۵ درصدی میزان تنفس، ۶۵ درصدی تبادل روزنه‌ای و ۸۲ درصدی میزان کلروفیل گردید، در حالی که فعالیت‌های فتوسنتزی و بعضی آنزیم‌های چرخه احیای CO_2 فتوسنتزی تحت تاثیر قرار نگرفتند. نتایج آزمایش جنسن و همکاران (Jensen *et al*., 1996) در کلزا نشان داد که کمبود آب

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2026-11-19]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1390.13.3.7.5]

در سلول‌های برگ، میزان فتوسنتز را با کاهش در میزان کلروفیل و تبادل روزنه‌ای، کاهش می‌دهد.

علاوه بر گزارشات موجود در مورد اثر تنش خشکی روی کاهش میزان فتوسنتز، گزارشات زیاد دیگری هم در مورد نقش کمبود آب در کاهش تسهیم و انتقال مجدد مواد فتوسنتزی و در نهایت کاهش عملکرد دانه کلزا وجود دارد. سینکی و همکاران (Sinaki *et al*., 2007) با بیان دلیل همزمانی رشد زایشی با رشد رویشی در کلزا و وجود رقابت بین اندام‌های گیاهی در جذب مواد فتوسنتزی اظهار نمودند که تنش خشکی در مراحل گلدهی با تأثیر بر تخصیص مواد فتوسنتزی بین اندم‌های زایشی و رویشی، سبب کاهش شاخص برداشت و عملکرد دانه می‌گردد. والتون و همکاران (Walton *et al*., 1999) با بررسی ارقام کلزا نشان دادند که انتقال مجدد ماده خشک در پرکردن دانه‌ها نقش موثری دارد و رفتار اندام‌های هوایی در انتقال مجدد مواد پرورده ذخیره شده به دانه متفاوت بوده و ساقه ها و برگ ها به ترتیب نقش بیشتری در انتقال مجدد ماده خشک و نیتروژن ایفا می‌کنند. وید و همکاران (Wade *et al*., 1999) اظهار نمودند که توانایی انتقال مجدد در برنج که یک شاخص مطلوب فیزیولوژیکی محسوب می‌شود، به عوامل مختلف از جمله ژنوتیپ، تراکم و شدت تنش کمبود آب وابسته است. مشاهده شده است که در برنج در طی دوره های تنش خشکی، گیاهان دارای وزن خشک برگ و ساقه بالاتر، با انتقال مواد ذخیره‌ای به دانه‌ها تا زمانی که ذخایر تقریبا تمام شوند (Yoshida, 1981)، می‌توانند تا حدی ازاثرات عوامل کاهش دهنده عملکرد بکاهند (Wright *et al*., 1996).

هدف از تحقیق حاضر شناخت توان فتوسنتزی، تسهیم و انتقال مجدد مواد فتوسنتزی تعدادی از ارقام بهاره و پاییزه کلزا در شرایط عدم محدودیت رطوبتی و نیز در شرایط تنش رطوبتی انتهای فصل و ارتباط آنها با عملکرد دانه بوده است.

مواد و روش‌ها

این آزمایش با استفاده از ۱۴ رقم تجاری کلزای بهاره (آر.جی.اس۰۰۳، ساری‌گل یا پی.اف، هایولا۶۰، هایولا۳۰۸، هایولا۴۰۱، هایولا۴۲۰) و پائیزه (طلایه، الیت، اس.ال.ام، اُکاپی، زرفام، مودنا، اُپرا و لیکورد)، در پاییز سال ۱۳۸۶ در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه تهران با عرض جغرافیایی ۳۵ درجه و ۴۷ دقیقه شمالی و طول جغرافیایی ۵۰ درجه و ۵۶ دقیقه شرقی و با ارتفاع ۱۲۶۱/۱ متر از سطح دریا که دارای بافت خاک لومی رسی، pH حدود ۷/۵ و میزان کربن آلی برابر ۰/۸۵ درصد بود، انجام گرفت. براساس اطلاعات بدست آمده از ایستگاه سینوپتیک هواشناسی کرج، میزان کل بارندگی در طول سال زراعی ۸۷-۱۳۸۶ حدود ۲۴۹/۲۲ میلیمتر بود. میانگین حداکثر دمای سال زراعی در خرداد ماه ۲۴/۶ درجه سانتیگراد و میانگین حداقل دما در دی ماه ۵/۷- درجه سانتیگراد گزارش گردید (شکل۱). آزمایش به صورت کرت‌های خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار اجرا گردید. رژیم رطوبتی عامل اصلی در نظر گرفته شده و سطوح آن عبارت بودند از آبیاری کامل به عنوان شاهد و تنش خشکی در مرحله گلدهی، ۱۴ رقم کلزا عامل فرعی را تشکیل می‌دادند. مرحله گلدهی زمانی در نظر گرفته شد که بیش از ۵۰ درصد گلها باز شده بودند. هر کرت آزمایشی به مساحت ۶ مترمربع، شامل دو پشته و روی هر پشته دو ردیف کاشت به فواصل ۳۰ سانتیمتر در نظر گرفته شد. کاشت در هفته دوم مهرماه بصورت دستی انجام گرفت. نحوه آبیاری که به روش جوی پشته‌ای بود در تیمار شاهد در تمام مراحل رشد گیاه مطابق با روش معمول منطقه، هر ۷ روز یکبار و در تیمار تنش در مرحله گلدهی، آبیاری از مرحله ۵۰ درصد گلدهی قطع شد و تا بروز علائم شدید تنش خشکی از طریق

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2026-11-19]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1390.13.3.7.5]

مشاهده پژمردگی برگها و اندازه‌گیری پتانسیل رطوبتی خاک ادامه یافت. آبیاری مجدد زمانی صورت گرفت که پتانسیل آب خاک به ۱/۵- مگا پاسکال رسید. برای اندازه‌گیری پتانسیل آب خاک از منحنی پتانسیل رطوبتی که قبلاً برای خاک مزرعه ترسیم شده بود استفاده گردید (شکل۲). بدین منظور با ظهور علائم ظاهری تنش در گیاه، هر روز نمونه‌ای از خاک از محل عمق توسعه ریشه برداشت و در آزمایشگاه درصد رطوبت وزنی هر نمونه محاسبه گردید و با حاصلضرب درصد رطوبت وزنی در وزن مخصوص ظاهری خاک، درصد رطوبت حجمی هر نمونه بدست آمد و با استفاده از منحنی پتانسیل رطوبتی، پتانسیل آب خاک تعیین گردید. این مقادیر در نمونه آخری ۱/۵- مگاپاسکال (۱۵- بار) بود.

در هر کرت فرعی با حذف حاشیه، بوته‌های واقع در دو متر طول از هر ردیف جهت اندازه‌گیری میزان فتوسنتز، تعرق، میزان CO_2 اتاقک زیر روزنه (Ci)، شاخص کلروفیل، عملکرد دانه، وزن خشک تک بوته، شاخص برداشت و وزن خشک ریشه، برگ، ساقه و خورجین در نظر گرفته شد. اندازه‌گیری میزان فتوسنتز، تعرق و میزان CO_2 اتاقک زیر روزنه با استفاده از دستگاه IRGA (LCA4 Biosynthetic LTD, Hoddoson, UK) در مراحل اواسط و پایان تنش و در ساعات ۹ الی ۱۱ صبح انجام گردید. بدین منظور پس از تنظیم دستگاه، قسمت وسطی برگ بالغ در داخل محفظه اندازه‌گیری قرار داده شد و در یک محدوده مشخص از تابش فعال فتوسنتزی (۱۵۰۰- ۱۳۰۰ میکرومول بر متر مربع بر ثانیه) بعد از ۶۰ ثانیه عدد مربوطه برای ۳ برگ در هر سه بوته انتخاب شده به‌طور تصادفی در هر کرت فرعی، ثبت و میانگین آنها محاسبه گردید. کارایی مصرف آب فتوسنتزی نیز از تقسیم میزان فتوسنتز به میزان تعرق برآورد شد.

برای اندازه‌گیری شاخص کلروفیل برگ از کلروفیل‌متر (SPAD-502, Minolta, Japan) استفاده شد. از هر کرت آزمایشی ۱۰ بوته به طور تصادفی انتخاب و از هر بوته سه برگ بالغ انتخاب و میانگین اعداد قرائت شده به عنوان معیاری از شاخص کلروفیل برگ در نظر گرفته شدند.

به منظور اندازه‌گیری مقدار عملکرد دانه، شاخص برداشت، وزن خشک تک بوته و وزن خشک ریشه، برگ، ساقه و خورجین بوته‌ها از سطح خاک برداشت و سپس استخراج ریشه‌ها از عمق ۳۰ سانتیمتری خاک با دقت کامل در دو مرحله قبل از گلدهی و پایان رسیدگی کامل انجام گرفت. سپس ۲۰ بوته از بوته‌های برداشت شده به طور تصادفی انتخاب، و با تفکیک هر بوته به اندام‌های مورد بررسی و توزین آنها، مقدار عملکرد دانه، شاخص برداشت، وزن خشک تک بوته و درصد تسهیم ماده خشک به ریشه، برگ، ساقه و خورجین محاسبه گردید.

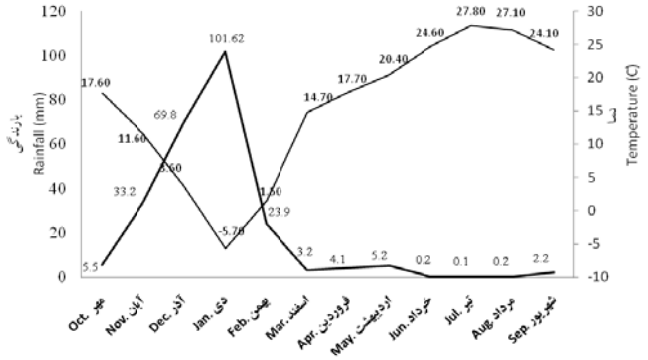
پس از آزمون نرمال بودن داده‌ها به کمک نرم افزارMinitab ، تجزیه واریانس و مقایسه میانگین ها (به روش دانکن) با استفاده از نرم افزار SAS انجام گرفت و میزان همبستگی بین صفات مختلف با استفاده از نرم افزار SPSS محاسبه شد. برای رسم نمودارها از نرم افزار EXCEL استفاده گردید.

نتایج و بحث

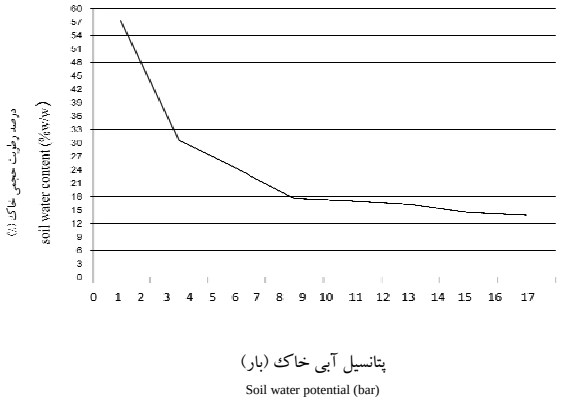
نتایج تجزیه واریانس اثر تیمار تنش خشکی در مرحله گلدهی بر روی صفات میزان فتوسنتز، میزان تعرق، غلظت CO_2 اتاقک زیر روزنه (C_i)، کارایی مصرف آب فتوسنتزی (P_{WUE}) و شاخص کلروفیل در طی دو مرحله اواسط و پایان تنش در جدول یک نشان داده شده است. در شرایط شاهد، در طی اندازه‌گیری‌های اواسط و پایان گلدهی مشخص گردید که با گذشت زمان از مرحله گلدهی یا به عبارتی پیشروی در مرحله رسیدگی گیاه، میزان فتوسنتز، میزان تعرق و P_{WUE} روبه کاهش و شاخص کلروفیل و میزان C_i روبه افزایش گذاشتند (جدول۲). این

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2026-11-19]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1390.13.3.7.5]



شکل ۱- میانگین بارندگی و دمای هوا در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه تهران در سال زراعی ۸۷-۱۳۸۶



شکل ۲- منحنی پتانسیل رطوبتی خاک (بار)

Fig. 2. Soil water potentiall curve (bar)

یافته‌ها مطابق با گزارش‌های صدیق و همکاران (siddique *et al.*, 1999) می‌باشد که نشان داده بودند با افزایش سن برگ، علی رغم افزایش میزان کلروفیل، میزان فتوسنتز در اثر افزایش مقاومت مزوفیلی و کاهش هدایت روزنه‌ای، کاهش می‌یابد.

با اعمال تنش خشکی در مرحله گلدهی، میزان فتوسنتز، Ci، تعرق و P_{WUE} کاهش و شاخص کلروفیل افزایش یافتند. البته میزان کاهش تعرق و P_{WUE} معنی‌دار نبود (جدول۲). با تشدید تنش خشکی، در پایان گلدهی (مرحله دوم اندازه‌گیری)، تمام صفات از جمله شاخص کلروفیل کاهش یافتند که این موضوع با نتایج احمدی و سی و سه مرده (Ahmadi and seiocemardeh, 2004) مطابقت داشت. به نظر می‌رسد که افزایش شاخص کلروفیل در اثر تنش ملایم، در اثر افزایش وزن مخصوص برگ و افزایش تعداد سلول در واحد وزن برگ بوده باشد، اما در تنش های شدید با وجود افزایش وزن مخصوص برگ، افزایش تخریب کلروفیل (Larsson *et al.*, 1998; Ahmadi and seiocemardeh, 2004)، منجر به کاهش شاخص کلروفیل گردید. بطور کلی با توجه به کاهش شدیدتر میزان فتوسنتز به موازات کاهش شدید غلظت CO_2 اتاقک زیر روزنه و میزان تعرق در مرحله دوم و با توجه به طولانی شدن تنش نسبت به تنش اواسط گلدهی، می‌توان اظهار نمود که

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2026-11-19]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1390.13.3.7.5]

تنش ملایم خشکی، میزان فتوسنتز را همراه با کاهش میزان تعرق و Ci، بیشتر از طریق عوامل قابل برگشت روزنه‌ای کاهش می‌دهد، اما در شرایط شدیدتر تنش یا در تنش‌های طولانی، عوامل غیرروزنه‌ای نیز مزید بر علت شده و اثر نامطلوب تنش عموماً غیر قابل برگشت می‌گردد (Ahmadi and Baker, 2000).

کارایی مصرف آب فتوسنتزی در مرحله اول اندازه‌گیری نیز که با اعمال تنش، ۷/۱ درصد کاهش نشان داده بود در طی مرحله دوم اندازه‌گیری و با وجود طولانی شدن تنش، کاهش ناچیزی داشت که مطابق با یافته‌های یاردانوف و همکاران (Yordanov *et al*., 2003) این موضوع می‌تواند بیانگر بسته شدن نسبی روزنه‌ها و افزایش نسبت ورود دی‌اکسیدکربن به خروج آب از روزنه‌ها باشد.

نتایج ارزیابی ارقام در اواسط تنش در مرحله گلدهی نشان داد که رقم الیت در حالی که همراه با رقم طلایه به دلیل دارا بودن میزان Ci، میزان تعرق و شاخص کلروفیل بالاتر (جدول۳)، بیشترین میزان فتوسنتز در شرایط بدون تنش را داشتند [بر اساس ضرایب همبستگی (جدول۴)]، با اعمال تنش خشکی، علی رغم عدم تاثیر بر رقم طلایه، رقم الیت با کاهش بیشتر Ci نسبت به سایر ارقام (۴/۸- درصد) و با کاهش ۴۶/۲ درصدی میزان فتوسنتز، از ضعیف‌ترین ارقام از نظر مقاومت به خشکی و انجام فتوسنتز شناخته شد. بر اساس نتایج لاولر و کورنیک (Lawlor and Cornic, 2002) و با توجه به کاهش میزان Ci در طی این مرحله در رقم الیت، می‌توان اظهار نمود که عوامل روزنه‌ای نقش مهمی در کاهش میزان فتوسنتز این رقم از کلزا ایفا نموده‌اند.

در اندازه‌گیری پایان تنش در مرحله گلدهی با توجه به تشدید تنش، رقم طلایه همانند اواسط مرحله گلدهی، بهترین رقم از نظر میزان فتوسنتز بود. این نتیجه حاکی از مقاومت بالای فرایند فتوسنتزی رقم طلایه در شرایط تنش در مرحله گدهی است.

در حالی که ارقام اس.ال.ام و الیت با توجه به کاهش شدید میزان فتوسنتز در اندازه‌گیری دوم نسبت به اندازه‌گیری اول، با کاهش کمتر میزان Ci (تجمع CO_2 در اتاقک زیر روزنه)، حساس‌ترین ارقام به تنش خشکی از لحاظ میزان فتوسنتز شناخته شدند (جدول۳). با توجه به یافته‌های مک‌کری و ریچاردسون (McCree and Richardson, 1987) می توان اظهار نمود که در این ارقام عوامل متابولیکی در طول تنش بر انتشار دی‌اکسیدکربن به داخل کلروپلاست و کاهش کربوکسیلاسیون تاثیر گذار بوده و به نظر می‌رسد که تحت این شرایط عوامل محدود کننده غیر روزنه‌ای ناشی از اختلال در واکنش‌های بیوشیمیایی نقش مهمی را در کاهش میزان فتوسنتز ایفا نموده‌اند.

ارزیابی توزیع مواد فتوسنتزی بین برگ، ساقه و ریشه ارقام کلزا در مرحله قبل از گلدهی (نمونه برداری اول)، حاکی از وجود اختلاف معنی‌دار بین ارقام بود (جدول۵)، به نظر می‌رسد که ارقام کلزا الگوهای متفاوتی در توزیع مواد فتوسنتزی بین اندام‌های مختلف داشته‌اند. ارقام مودنا، لیکورد، اُکاپی، اُپرا، پی.اف، الیت و طلایه بیشترین میزان ماده خشک را به ترتیب به برگ، ساقه و ریشه و ارقام آر.جی.اس۰۰۳، هایولا۶۰، هایولا۴۰۱، هایولا۳۰۸، هایولا۴۲۰، زرفام و اس.ال.ام۰۴۶ به ترتیب بیشترین میزان وزن خشک ساقه، برگ و ریشه را دارا بودند (جدول۷). بدینگر و همکاران (Bidinger *et al*., 1987) عنوان نمودند که تجمع مواد فتوسنتزی در ریشه، برگ و ساقه در مرحله رویشی می‌تواند منبع قابل ملاحظه‌ای از مواد ذخیره‌ای برای مراحل بعدی رشد که معمولا با تنش خشکی مواجه است، باشد.

نتایج حاصل از نمونه برداری‌های انجام شده در مرحله پایان رسیدگی کامل نشان داد که علی‌رغم معنی‌دار بودن اثرات ساده آبیاری و رقم در تیمار تنش در مرحله گلدهی بر عملکرد دانه، شاخص برداشت، وزن خشک تک بوته و درصد توزیع ماده خشک بین

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2026-11-19]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1390.13.3.7.5]

جدول ۱- تجزیه واریانس غلظت CO_2 اتاقک زیر روزنه، میزان فتوسنتز، تعرق، کارایی مصرف آب فتوسنتزی و شاخص کلروفیل ارقام کلزا در دو مرحله اواسط (A) و پایان (B) تنش خشکی در مرحله گلدهی

Table 1. Analysis of variance for concentration of C_i, rate of photosynthesis, transpiration, P_{WUE} and chlorophyll index of rapeseed cultivars at middle (A) and end (B) of drought stress at flowering

				میانگین مربعات (MS)				
	S.O.V	منابع تغییر	درجه آزادی d.f	غلظت CO_2 اتاقک زیر روزنه (Ci)	میزان فتوسنتز Photosynthesis rate	میزان تعرق Transpiration rate	کارایی مصرف آب فتوسنتزی Photosynthetic water use efficiency	شاخص کلروفیل Chlorophyll index
A	Replication(R)	تکرار	2	16.3^{ns}	2.8^{ns}	0.6^{**}	1.3^{**}	0.9^{ns}
	Irrigation(I)	آبیاری	1	1433^{**}	43.8^{**}	6.1^{**}	3.4^{**}	1437.9^{**}
	(I×R)	تکرار× آبیاری	2	88.2	1.1	0.9	3.2	7.63
	Cultivar(C)	رقم	13	56.4^{*}	7.8^{**}	1.1^{**}	0.8^{**}	91.5^{**}
	(I×C)	رقم× آبیاری	13	84.1^{**}	9.3^{**}	3.5^{**}	9.8^{**}	22.7^{**}
	R× I × C)	رقم×آبیاری×تکرار	26	21.7	0.6	0.7	0.3	7.8
	C.V(%)	ضریب تغییرات(درصد)		3.1	9.02	11.9	10.6	3.4
B	Replication(R)	تکرار	2	9634.7^{**}	0.3^{ns}	0.008^{ns}	0.06^{ns}	1.3^{ns}
	Irrigation(I)	آبیاری	1	12809.5^{**}	264.1^{**}	462^{**}	0.7^{ns}	548.5^{**}
	(I×R)	تکرار× آبیاری	2	8247.6	1.1	0.7	0.3	9.2
	Cultivar(C)	رقم	13	251.1^{ns}	2.8^{**}	0.5^{ns}	0.3^{ns}	42.6^{**}
	(I×C)	رقم× آبیاری	13	483.8^{ns}	1.7^{**}	0.6^{ns}	0.5^{ns}	10.7^{**}
	(R×I×C)	رقم× آبیاری ×تکرار	26	591.2	0.8	1.2	0.3	5.6
	C.V(%)	ضریب تغییرات		5.6	11.2	15.3	17.7	3.5

ns: Not significant

ns: غیر معنی دار

*and **: Significant at 5% and 1% probability levels, respectively

*و**: به ترتیب معنی دار در سطوح احتمال پنج و یک درصد.

جدول۲- مقایسه میانگین غلظت CO_2 اتاقک زیر روزنه، میزان فتوسنتز، تعرق، کارایی مصرف آب فتوسنتزی وشاخص کلروفیل ارقام کلزا در دو مرحله اواسط (A) و پایان (B) تنش خشکی در مرحله گلدهی

Table 2. Mean comparison of concentration of C_i, rate of photosynthesis, transpiration, P_{WUE} and chlorophyll index of rapeseed cultivars at middle (A) and end (B) of drought stress at flowering

	Irrigation treatments	تیمارهای آبیاری	غلظت CO_2 اتاقک زیر روزنه (Ci) ($\mu molCO_2.mol\ air^{-1}$)	میزان فتوسنتز Photosynthesis rate ($\mu mol\ CO_2.\ m^{-2}.s^{-1}$)	میزان تعرق Transpiration rate ($\mu mol\ H_2O.\ m^{-2}.s^{-1}$)	کارایی مصرف آب فتوسنتزی Photosynthetic water use efficiency ($Ph.T^{-1}$)	شاخص کلروفیل Chlorophyll index
A	Normal	شاهد	423.1a	9.5 a	3.5a	2.8a	46.2b
	Drought stress	تنش خشکی	414.1b	7.9 b	3.1a	2.6a	57.6a
	Varriation	تغییرات(%)	-2.1	-16.8	-11.4	-7.1	23.3+
B	Normal	شاهد	456.2 a	8.3 a	3.2a	2.6a	50.3a
	Drought stress	تنش خشکی	424.7 a	4 b	1.5b	2.6a	45.7b
	Varriation	تغییرات(%)	-6.9	-51.5	-53.1	-0.07	-9.1

* در هر ستون میانگین‌هایی که دارای حروف مشترک هستند، بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی داری ندارند

*Means in each column followed by similar letter(s) are not significantly different at 5% probability level, using Duncan`s Multiple Range Test

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2026-11-19]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1390.13.3.7.5]

جدول ۳- مقایسه میانگین غلظت CO_2 اتاقک زیر روزنه، میزان فتوسنتز، تعرق، کارایی مصرف آب فتوسنتزی وشاخص کلروفیل ارقام کلزا در دو مرحله اواسط (A) و پایان (B) تنش خشکی در مرحله گلدهی

Table 3. Mean comparison of concentration of C_i, rate of photosynthesis, transpiration, P_{WUE} and chlorophyll index of rapeseed cultivars at middle (A) and end (B) of drought stress at flowering

ارقام کلزا Rapeseed cultivars	غلظت CO_2 اتاقک زیر روزنه (Ci) ($\mu molCO_2$ .mol air^{-1})		میزان فتوسنتز Photosynthesis rate (μmol CO_2. $m^{-2}.s^{-1}$)		میزان تعرق Transpiration rate (μmol H_2O. $m^{-2}.s^{-1}$)		کارایی مصرف آب فتوسنتزی Photosynthetic Water Use Efficiency rate ($Ph.T^{-1}$)		شاخص کلروفیل Chlorophyll index	
	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B
Modena	418.6 ab*	446.2a	8.1de	6.4bc	2.8fg	2.1bc	3.1abc	2.9ab	54.5abcd	54.7b
Opera	419.9 ab	445.03a	8.8bcd	7.5a	3.3cde	2.6ab	2.7de	2.8abc	57.3a	50.1de
Licord	421.1 ab	437.5a	8.8bcd	6.1cdef	2.6g	2.4abc	3.3a	2.7abc	55.1abc	51.7de
R.G.S003	416.6 bc	427.6a	7.6e	5.3ef	3.5bc	2.1bc	2.3ef	2.4abc	50.3ef	51.3de
Okapi	419.0 ab	434.0a	8.9bcd	5.8cdef	3.3ab	2.2abc	2.7cde	2.6abc	58.1a	55.2ab
P.F	417.9 abc	445.8a	8.6bcd	6.6bc	3.9ab	2.3abc	2.3ef	3.1a	51.7cdef	52.1cd
Hayola60	418 abc	442.4a	8.8bcd	6.6bcd	3.3cde	2.6ab	2.7de	2.3bc	51.1def	56.5ab
Hayola401	419.5 ab	443.4a	8.8bcd	6.4bc	3.8ab	2.3abc	2.3ef	2.7abc	53.1bcde	55.9ab
Zarfam	416.1 bc	452.2a	7.3e	6.02bcde	3.8ab	2.4abc	2.1f	2.7abc	56.8ab	57.6a
S.L.M046	421.3 ab	440.9a	9.6b	6.8ab	2.9efg	2.6ab	3.2ab	2.5abc	55.1abc	54.3bc
Elite	420.9ab	438.9a	9.1bc	5.9bcde	3.1cdef	2.8a	2.8bcd	2.2c	53.1bcde	51.7d
Hayola308	414.7 bc	437.2a	8.2cde	5.4def	3.3cde	2.3abc	2.5de	2.3bc	43.1g	48.9e
Hayola420	412.0 c	431.9a	7.6e	4.9f	2.9efg	1.9c	2.6de	2.4abc	49.2f	50.8de
Talaye	424.2 a	443.5a	12.1a	6.7abc	4.1a	2.4abc	2.9abcd	2.8abc	55.4abc	51.1de

* در هر ستون میانگین‌هایی که دارای حروف مشترک هستند، بر اساس آزمون گند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی داری ندارند

*Means in each column followed by similar letter(s) are not significantly different at 5% probability level, using Duncan`s Multiple Range Test

جدول۴- ضرایب همبستگی بین غلظت CO_2 اتاقک زیر روزنه، میزان فتوسنتز، تعرق، کارایی مصرف آب فتوسنتزی وشاخص کلروفیل ارقام کلزا در دو مرحله اواسط (A) و پایان (B) تنش خشکی در مرحله گلدهی

Table 4. Correlation coefficient between concentration of C_i, rate of photosynthesis, transpiration, P_{WUE} and chlorophyll index of rapeseed cultivars at middle (A) and end (B) of drought stress at flowering

	S.O.V	منابع تغییر	غلظت CO_2 اتاقک زیر روزنه (Ci) ($\mu molCO_2$ .mol air^{-1})	میزان فتوسنتز Photosynthesis rate (μmol CO_2. $m^{-2}.s^{-1}$)	میزان تعرق Transpiration rate (μmol H_2O. $m^{-2}.s^{-1}$)	کارایی مصرف آب فتوسنتزی Photosynthetic water use efficiency ($Ph.T^{-1}$)	شاخص کلروفیل Chlorophyll index
A	Sub-stomstal CO_2	غلظت CO_2 اتاقک زیر روزنه	1				
	Photosynthesis rate	میزان فتوسنتز	0.75^{**}	1			
	Transpiration rate	میزان تعرق	0.24^{*}	0.36^{**}	1		
	P_{WUE}	کارایی مصرف آب فتوسنتزی	0.38^{**}	0.45^{**}	-0.40^{**}	1	
	Chlorophyll index	شاخص کلروفیل	0.19^{**}	0.16^{**}	0.17^{**}	-0.3^{ns}	1
B	Sub-stomstal CO_2	غلظت CO_2 اتاقک زیر روزنه	1				
	Photosynthesis rate	میزان فتوسنتز	0.45^{**}	1			
	Transpiration rate	(میزان تعرق)	0.31^{**}	0.84^{**}	1		
	P_{WUE}	کارایی مصرف آب فتوسنتزی	0.35^{**}	0.05^{ns}	-0.12^{ns}	1	
	Chlorophyll index	شاخص کلروفیل	-0.31^{**}	-0.55^{**}	-0.56^{**}	-0.01^{ns}	1

ns: Not significant

* and **: Significant at 5% and 1% probability levels, respectively

ns: غیر معنی دار

*و**: به ترتیب معنی دار در سطوح احتمال پنج و یک درصد

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2026-11-19]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1390.13.3.7.5]

برگ، ساقه، ریشه و خورجین، اثر متقابل آبیاری و رقم روی هیچ یک از صفات معنی دار نبود (جدول۵) و تمامی ارقام کلزا با یک نسبت تحت تاثیر تنش قرار گرفتند. با این حال مقایسه میانگین سطوح آبیاری حاکی از کاهش معنی‌دار شاخص برداشت (۲۳/۸ درصد) به عنوان مهم‌ترین شاخص تعیین کننده عملکرد اقتصادی [ناشی از کاهش شدیدتر عملکرد دانه(۵۱/۲ درصد) نسبت به کاهش وزن خشک تک بوته(۴۶/۳ درصد)] و اختصاص مواد فتوسنتزی به خورجین‌ها (۱۰/۹ درصد) نسبت به شرایط آبیاری معمول و افزایش درصد وزن خشک برگ، ساقه و ریشه در شرایط تنش (قطع آبیاری در مرحله گلدهی) بود (جدول۶). با توجه به نتایج آزمایش حاضر و بر اساس یافته های پوما و همکاران (Poma *et al*., 1999) می‌توان اظهار نمود که این نحوه توزیع مواد بین اندام‌ها می‌تواند به علت ویژگی‌های رشد نامحدود بودن کلزا و توانایی بازگشت به رشد رویشی پس از رفع تنش باشد. تنش خشکی با کاهش نسبت اندام‌های زایشی به رویشی در مقایسه با شرایط آبیاری معمول، ضمن کاهش وزن خشک خورجین‌ها و افزایش وزن خشک اندام‌های رویشی، باعث کاهش شاخص برداشت می‌شود(Kage *et al*., 2004).

برخلاف نتایج حاصل از آزمایش گیونتا و همکاران (Giunta *et al* 1995) در باره چگونگی توزیع مواد فتوسنتزی در ارقام مختلف گندم در شرایط تنش خشکی، نتایج آزمایش حاضر نشان داد که تنش خشکی در مرحله گلدهی تاثیر بسزایی در توزیع مواد فتوسنتزی بین اندام های مختلف گیاهی دارد. در تایید نتایج این آزمایش ساب وهمکاران (Saab *et al*., 1990) اظهار نمودند که تنش خشکی طی مرحله گلدهی با جلوگیری از توسعه برگ‌ها و ریزش برگ‌ها و کاهش اندازه اندام‌های هوایی، میزان مصرف کربن و انرژی را در اندام هوایی کاهش داده و با توزیع سهم بیشتری از مواد فتوسنتزی به ریشه، باعث رشد بیشتر ریشه می‌شود. این موضوع به عنوان دومین تغییر بیوفیزیکی گیاه در افزایش مقاومت به خشکی محسوب می‌شود.

مقایسه میانگین ارقام کلزا نشان داد که ارقام پی.اف، اکاپی، هایولا۴۰۱، هایولا۳۰۸ و هایولا۴۲۰ بیشترین و ارقام طلایه، لیکورد، مودنا و زرفام کمترین شاخص برداشت را داشته و کمترین میزان مواد فتوسنتزی واقعی را به خورجین‌های خود اختصاص داده‌اند. و با توجه به اینکه در مراحل قبل از گلدهی و پایان تنش در مرحله گلدهی، ارقام لیکورد و مودنا بیشترین توزیع مواد را بین برگ و ساقه نسبت به سایر ارقام داشتند، به نظر می‌رسد که عدم توانایی کافی این ارقام در انتقال مجدد مواد ذخیره شده در برگ و ساقه به خورجین‌ها (Kage *et al*., 2004) باعث کاهش میزان نهایی مواد تجمع یافته در خورجین شده و بنابراین عملکرد دانه بالایی نداشتند (جدول۷). با توجه به نتایج جدول همبستگی (جدول۸) و همبستگی مثبت و معنی‌دار بدست آمده بین وزن خشک خورجین با وزن خشک ساقه ($r=+۰/۸۴^{**}$)، وزن خشک ریشه ($r=+۰/۷۷^{**}$) و وزن خشک برگ ($r=+۰/۲۲^{**}$) می‌توان اظهار نمود که در شرایط تنش در مراحل زایشی که همزمان با پیری و ریزش برگ‌ها در کلزا می‌باشد، وزن خشک ساقه و وزن خشک ریشه مهم‌ترین اندام‌هایی هستند که در تعیین عملکرد نهایی نقش دارند. ارقام اپرا و زرفام در بین ارقام مورد بررسی، توانایی بالایی در تخصیص مواد فتوسنتزی به اندام‌های زایشی در شرایط تنش خشکی دارا بودند. نتایج حاصل از این آزمایش با یافته‌های پلات و همکاران (Plaut *et al*., 2004) و بلوم (Blum, 2005) مطابقت داشت. پلات و همکاران (Plaut *et al*., 2004) عنوان نمودند که در شرایط تنش خشکی، استفاده از ذخایر اندام‌های رویشی برای پر شدن دانه‌ها، یک سازوکار مؤثر در کاهش خسارات ناشی از تنش و افزایش عملکرد دانه ارقام کلزا می‌باشد، طوری که در شرایط تنش شدید نقش و سهم انتقال مجدد مواد ذخیره شده غیر ساختمانی در برگ و ساقه

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2026-11-19]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1390.13.3.7.5]

جدول ۵- تجزیه واریانس عملکرد دانه، شاخص برداشت، وزن خشک تک بوته و تسهیم ماده خشک ارقام کلزا در مراحل قبل از گلدهی(A) و پایان رسیدگی کامل(B)

Table 5. Analysis of variance for grain yield, harvest index, plant dry weight and partitioning of dry matter of rapeseed cultivars prior to flowering (A) and end of maturity (B)

	S.O.V	منابع تغییر	درجه آزادی d.f	عملکرد دانه Grain yield	شاخص برداشت Harvest index	وزن خشک تک بوته Plant dry weight	تسهیم ماده خشک (درصد) Percent of partitioning of dry matter to		
							برگ Leaf	ساقه Stem	ریشه Root
(A)	Replication(R)	تکرار	2	-	-	656.1*	211.8**	51.4**	13.8*
	Cultivar(C)	رقم	13	-	-	153.09^{ns}	342.8**	37.4**	9.9**
	(R×C)	رقم×تکرار	26	-	-	156.7	22.3	9.4	3.8
	C.V(٪)	ضریب تغییرات (٪)	-	-	-	24.6	12.7	7.4	12.9
(B)	Replication(R)	تکرار	2	3011.9^{ns}	26.7^{ns}	6.67^{ns}	14.9^{ns}	7.08^{ns}	11.7^{ns}
	Irrigation(I)	آبیاری	1	84814.3**	19.14**	492.53**	59.1**	43.2**	96.4**
	(I×R)	تکرار×آبیاری	2	1397.1	27.76	54.5	13.2	6.9	6.8
	Cultivar(C)	رقم	13	4821.5**	22.07**	104.5**	79.5**	7.2**	5.7*
	(I×C)	رقم× آبیاری	13	1382.7^{ns}	15.08^{ns}	33.9^{ns}	8.3^{ns}	4.1^{ns}	3.9^{ns}
	(R×I ×C)	رقم× آبیاری ×تکرار	26	1060.1	23.79	33.7	12.2	3.7	3.5
	C.V(%)	ضریب تغییرات	-	28.6	22.28	19.8	9.6	6.3	10.02

ns: Not significant

ns: غیر معنی دار

*and **: Significant at 5% and 1% probability levels, respectively

*و**: به ترتیب معنی دار در سطوح احتمال پنج و یک درصد

جدول۶- مقایسه میانگین عملکرد دانه، شاخص برداشت، وزن خشک تک بوته و تسهیم ماده خشک ارقام کلزا در تیمارهای تنش خشکی

Table 6. Mean comparison of grain yield, harvest index, plant dry weight and partitioning of dry matter of rapeseed cultivars in irrigation treatments

Irrigation treatments	تیمارهای آبیاری	عملکرد دانه Grain yield (kg.ha^{-1})	شاخص برداشت Harvest index (%)	وزن خشک تک بوته Plant dry weight (g)	تسهیم ماده خشک (درصد) Percent of partitioning of dry matter to: برگ Leaf	خورجین Silique	ساقه Stem	ریشه Root
Normal	شاهد	2696.6 a*	10.1 a	118.09 a	7.7 b	56.4 a	27.8 b	7.9 b
Drought stress at flowering stage	تنش خشکی در مرحله گلدهی	1314.5 b	8.8 b	66.6 b	9.5 a	50.2 b	31.2 a	8.9 a
Variation (%)	میزان تغییرات	-51.2	-13.8	-43.6	+18.9	-10.9	+10.8	+11.2

* در هر ستون میانگین‌هایی که دارای حروف مشترک هستند، بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی داری ندارند

*Means in each column followed by similar letter(s) are not significantly different at 5% probability levelusing Duncan`s Multiple Range Test

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2026-11-19]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1390.13.3.7.5]

جدول ۷- مقایسه میانگین عملکرد دانه، شاخص برداشت، وزن خشک تک بوته و تسهیم ماده خشک ارقام کلزا در مراحل قبل از گلدهی(A) و پایان رسیدگی کامل(B)

Table 7. Mean comparison of grain yield, harvest index, plant dry weight and partitioning of dry matter of rapeseed cultivars prior to flowering (A) and end of maturity (B)

ارقام کلزا Rapeseed cultivars	عملکرد دانه Grain yield(kg.ha^{-1})		شاخص برداشت Harvest index (%)		وزن خشک تک بوته Plant dry weight (g)		تسهیم ماده خشک (درصد) Percent of partitioning of dry matter to برگ Leaf		خورجین Silique		ساقه Stem		ریشه Root	
	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B
Modena	-	1873.7bc	-	8.3b	32.2ab	136.5abc	47.0ab	9.4ab	-	52.8f	36.0bc	30.0bcd	16.9a	7.7bcd
Opera	-	2420.7ab	-	9.5ab	50.6a	148.8a	47.4ab	8.9abc	-	53.2ef	37.1bc	29.8bcd	15.5a	7.9bcd
Licord	-	2455.8ab	-	8.0b	33.5ab	140.6ab	41.0abc	10.8a	-	45.7g	41.3ab	34.2a	17.5a	9.0ab
R.G.S003	-	2373.5ab	-	8.7b	39.9ab	85.9de	33.2cd	5.9bcde	-	56.6cde	41.2ab	29.2cd	13.7ab	8.1bcd
Okapi	-	2341.0ab	-	10.1a	39.1ab	112.5bcd	49.5a	9.3ab	-	53.7def	34.2c	28.1d	16.2a	8.7abc
P.F	-	2721.5a	-	11.3a	42.7ab	95.3de	44.2ab	5.6cde	-	59.3bcd	40.2ab	27.0de	15.6a	7.9bcd
Hayola60	-	1480.0c	-	9.8ab	22.6b	76.8e	25.8de	5.1de	-	58.2bcde	44.2a	28.2d	16.5a	8.3abcd
Hayola401	-	2169.3abc	-	10.6a	31.4ab	103.2cde	17.5e	4.7de	-	62.6ab	43.5a	24.4e	14.7a	8.1bcd
Zarfam	-	2331.2ab	-	8.3b	42.8ab	140.6ab	40.9abc	7.2bcde	-	55.2def	45.3a	20.6bcd	13.7ab	7.8bcd
S.L.M046	-	2020.5abc	-	8.9b	40.9ab	103.6cde	38.7bc	6.9bcde	-	50.3fg	44.8a	33.0ab	16.4a	9.5ab
Elite	-	2251.0ab	-	8.1b	41.9ab	113.6bcd	43.2ab	6.9bcde	-	50.4fg	40.5ab	32.5abc	16.2a	10.1a
Hayola308	-	2535.4ab	-	10.5a	46.7ab	86.3de	18.3e	4.0e	-	66.0a	41.4ab	23.4e	10.4b	6.5d
Hayola420	-	2109.3abc	-	9.6ab	42.0ab	131.7abc	27.6d	4.6de	-	62.2abc	46.1a	26.1de	14.1ab	6.8cd
Talaye	-	2155.6abc	-	6.6c	43.4ab	115.4abcd	43.2ab	8.1abcd	-	52.8f	40.4ab	33.1ab	16.3ab	7.7bcd

* در هر ستون میانگین‌هایی که دارای حروف مشترک هستند، بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی داری ندارند

*Mean in each column followed by similar letter(s) are not significantly different at 5% probability level, using Duncan`s Multiple Range Test

جدول ۸- ضرایب همبستگی بین عملکرد دانه، شاخص برداشت، وزن خشک تک بوته و تسهیم ماده خشک ارقام کلزا

Table 8. Correlation coefficient between grain yield, harvest index, plant dry weight and partitioning of dry matter of rapeseed cultivars

S.O.V	منابع تغییر	عملکرد دانه Grain yield (kg.ha^{-1})	شاخص برداشت Harvest index (%)	وزن خشک تک بوته Plant dry weight (g)	تسهیم ماده خشک (درصد) Percent of partitioning of dry matter to برگ Leaf	خورجین Silique	ساقه Stem	ریشه Root
Grain yield	عملکرد دانه	1						
Harvest index	شاخص برداشت	0.40**	1					
Plant dry weight	وزن خشک تک بوته	0.52**	-0.41**	1				
partitioning of dry matter to leaf	درصد تسهیم ماده خشک به برگ	0.18*	-0.32**	0.32**	1			
partitioning of dry matter to Silique	تسهیم ماده خشک به خورجین	0.56**	-0.03^{ns}	0.44**	0.22**	1		
partitioning of dry matter to steam	تسهیم ماده خشک به ساقه	0.49**	-0.28**	0.66**	0.46**	0.84**	1	
percent partitioning of dry matter to root	تسهیم ماده خشک به ریشه	0.52**	-0.13^{ns}	0.62**	0.37**	0.77**	0.91**	1

ns: Not significant

ns: غیر معنی دار

* and **: Significant at 5% and 1% probability levels, respectively

*و**: به ترتیب معنی دار در سطوح احتمال پنج و یک درصد

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2026-11-19]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1390.13.3.7.5]

که در اثر تحریک تنش به قندهای قابل حل و انتقال تبدیل شده‌اند (Blum, 2005)، جهت جبران کاهش فتوسنتز جاری برای پر کردن دانه‌ها به شدت افزایش می‌یابد.

نتیجه‌گیری

با توجه به نتایج بدست آمده از این آزمایش که حاکی از تأثیر مستقیم تنش خشکی در مرحله گلدهی روی میزان فتوسنتز(کاهش در میزان فتوسنتز در اثر عوامل روزنه‌ای) و الگوی تسهیم مواد فتوسنتزی به اندام‌های زایشی کلزا است، می‌توان اظهار نمود که کاهش ۵۱/۲ درصدی عملکرد دانه کلزا در طی تنش در مرحله گلدهی با توجه به عدم مشاهده همبستگی بین میزان فتوسنتز و عملکرد دانه و مشاهده همبستگی مثبت معنی‌دار بین شاخص برداشت و عملکرد دانه ($r=+0/40^{**}$) در این مرحله، ناشی از تغییر الگوی تسهیم بدلیل رشد نامحدود بودن کلزا و تسهیم بیشتر مواد فتوسنتزی به اندام‌های رویشی بوده است. از این رو در شرایط شاهد (آبیاری کامل) در بین ارقام کلزای مورد بررسی، ارقام پی.اف، اُکاپی، هایولا۴۰۱ و هایولا۳۰۸ با شاخص برداشت بالاتر و تسهیم بیشتر مواد فتوسنتزی به خورجین‌ها، عملکرد دانه بالایی داشتند. اما در اثر اعمال تنش خشکی، الگوی توزیع مواد فتوسنتزی در تمامی ارقام با روند مشابهی تحت تاثیر قرار گرفتند.

منابع مورد استفاده

References

Ahmadi, A. and D. A. Baker. 2000. Stomatal and nonstomatal limitations of photosynthesis under water stress conditions in wheat plant. Iran J. Agric. Sci. 31(4): 813-825. (In Persian with English abstract).

Ahmadi, A. and A. Seiocemardeh. 2004. The effect of water stress on soluble carbohydrate, Chlorophyll and Proline content of four wheat cultivars under different moisture regimes. Iran J. Agric. Sci., 35: 753-763. (In Persian with English abstract).

Bidinger, F. R., V. Mahalakshmi and G. D. P. Roa. 1987. Assessment of drought resistance in pearl millet *pennisetum americanum* (L.) Leeke, I, Factors affecting yield under stress, II, Estimation of genotype response to stress, J. Agric. Res. 38: 37-48, 49-59.

Blum, A. 2005. Drought resistance, water use efficiency and yield potential-are they compatible, dissonant or mutually exclusive. Aust. J. Agric. Res. 56: 1159-1168.

Byrd, G. T., R. F. Sage, R. H. Brown. 1992. A comparison of dark respiration between C3 and C4 plants. Plant Physiol. 100: 191–198.

Dua, A., G. Tawlor., H. R. Singh and N. R. Singh. 1994. CO2 exchange, primary photochemical reactions and enzymes of photosynthetic carbon reduction in Brassica pods during water stress and recovery. Photosynthetic. 30 (2): 261- 268.

Ghosh, P. K., K. K. Ajay, M. C. Bandyopadhyay, K. G. Manna, A. K. Mandal and K. M. Hati. 2004. comparative effectiveness of cattle manure, poultry manure, phosphocompost and fertilizer-NPK on three cropping system in vertisols of semi-arid tropics. Dry matter yield, nodulation, chlorophyll content and enzyme activity. Bioresour. Tech. 95: 85-93.

Giunta, F., R. Motzo and M. Deidda. 1995. Effect of drought on leaf area development, biomass production and

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2026-11-19]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1390.13.3.7.5]

nitrogen uptake of durum wheat grown in a Mediterranean environment. Aust. J. Agric. Res. 96: 99– 111.

Hamada, A. M., 1996. Effect of NaCl, water stress or both on gas exchange and growth of wheat. Biologia Plantarum, 38: 405-412.

Herzog, H. 1987. Source and sink during the reproductive period of wheat. Development and its regulation with special reference to cytokinins. J. Phytopathol. 119(4): 371-376**.**

Jensen, C. R., V. O. Mogensen, G. Mortensen, M. N. Andersen, J. K. Schjoerring, J. H. Thage and J. Koribidis. 1996. Leaf photosynthesis and drought adaptation in field grown oilgrain rape ***(Brassiea napus*** L.). Aust. J. Plant Physioi. 23: 631-644.

Kage, H., M. Kochler and H. Stutzel. 2004. Root growth and dry matter partitioning of cauliflower under drought stress conditions: measurement and simulation. Europ. J. Agron. 20: 379–394.

Kramer. P. J. 1983. Water Relations of Plants. New York Academic Press.

Kulshreshtha, S., D. P. Mishra and R. K. Gupta. 1987. Changes in contents of chlorophyll, proteins and lipids in whole chloroplast and chloroplasts membrane fractions at different leaf water potentials in drought resistant and sensitive genotypes of wheat. Photosynthetica, 21: 65-70.

Kuroda, M., T. Qzawa and H. Imagawa. 1990. Changes in chloroplast peroxidase activities in relation to chlorophyll loss in barley leaf segments. Physiologia Plantarum, 80: 555-560.

Larsson, E. H., J. F. Bornman and H. Aspe, 1998. Influence of UV-B radiation and CO_2+ on chlorophyll fluorescence, growth and nutrient content in *Brassica napus*. J. Exp. Bot. 149: 1031-1039.

Lawlor, D. W. and G. Cornic. 2002. Photosynthtic carbon assimilation and associated metabolism in relation to water deficits in higher plants. Plant Cell Environ. 25: 275-294.

Majumdar, S., S. Ghosh, B. R., Glick and E. B. Dumbroff, 1991. Activities of chlorophyllase, phosphoenolpyruvate carboxyllase and ribulose-1, 5-bisphosphate carboxylase in the primary leaves of soybean drying denescence and drought. Physiologia Plantarum, 81: 473-480.

McCree, K. J. and S. G. Richardson. 1987. Stomatal closure vs osmotic adjustment: A comparison of stress responses. Crop Sci. 24: 539-543.

Plaut, Z., B. J. Butow, C. S. Blumenthal and C. W. Wrigley. 2004. Transport of dry matter into developing wheat kernels and its contribution to grain yield under post-anthesis water deficit and elevated temperature. Field Crops Res. 86: 185-198.

Poma, I., V. Giacoma and L. Grictina. 1999. Rapeseed *(Brassica napus* L. Var. Oleifera D.C.) ecophysiological and agronomical aspects as affected by soil water availability 10th International Rapeseed Congress, 27-29 Septamber, Canberra ,Australia.

Saab, I. N., R. E. Sharp, J. Prichardand, G. S. Voetberg. 1990. Increased endogenous abscisic acid maintains primary root growth and inhibit shoot growth of maize seeding sat low water potential. Plant Physiol. 93: 1329-1336.

Schulze, E. E. 1986. Carbon dioxide and water vapor exchange in response to drought in the atmosphere and in

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2026-11-19]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1390.13.3.7.5]

the soil. Ann. Rev. Plant Physiol. 37: 247-279.

Siddique, M. R. B., A. Hamid and S. Islam, 1999. Drought stress effect on photosynthetic rate and leaf gas exchange of wheat. Bot. Bull. Acad. Sin. 40: 141-145.

Sinaki, J, M., E. Majidi Heravan, A. H. Shirani Rad, G.h. Noormohamadi and G. Zarei. 2007. The effects of water deficit during growth stages of canola (*Brassica napus* L.). American-Eurasian. J. Agric.Environ. Sci. 2(4): 417-422.

Wade, L. J., C. G. Mclaren, L. Quintana, S. Rajatasereekul, A. K. Sarawgi, A. Kumar, H. U. Ahmed, A. K. Singh, R. Rodriguez, J. Siopongco and S. Sarkarung. 1999. Genotype by environment interactions across divers rainfed lowland rice environments. Field Crops Res. 64: 35-50.

Walton, G., N. Mendham, M. Robertson, T. Potter. 1999. Phenology, physiology and agronomy of canola in Australia, 10th International Rapeseed Congress, 27-29 Septamber, Canberra, Australia.

Wright, P. R., J. M. Morgan, R. S. Jessop. 1996. Comparative adaptation of canola *(Brassica napus)* and Indian mustard *(B. juncea* L.*)* to soil water deficit: Plant water relations and growth. Field Crops Res. 49: 51-69.

Yordanov, I., V. Velikova and T. Tsonev. 2003. Plant response to drought and stress tolerance. Bulg. J. Plant Physiol (Special Issue). 187-206.

Yoshida, S. 1981. Fundamental of Rice Crop Science. International Rice Research Institute Los Banos, Philippines.

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2026-11-19]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1390.13.3.7.5]

Effect of drought stress on photosynthesis, partitioning of photo-assimilates and grain yield in rapeseed cultivars

Monajem, S.[1], A. Ahmadi[2] and V. Mohammadi[3]

ABSTRACT

Monajem, S., A. Ahmadi and V. Mohammadi. 2011. Effect of drought stress on photosynthesis, partitioning of photo-assimilates and grain yield in rapeseed cultivars. **Iranian Journal of Crop Sciences. 13 (3): 533-547. (In Persian).**

Effect of drought stress at flowering stage on the rate of photosynthesis, partitioning of photoassimilates and its relation with grain yield of 14 rapeseed cultivar was studied in agricultural research field, University of Tehran, Karaj, Iran, in 2007-2008 crooping season. A split plot c arrangement in randomized block design with 3 replications was used. Main plots included two regimes of irrigation (full irrigation and drought stress at flowering stage) and sub plots consisted 14 cultivars of rapeseed. Drought stress was imposed at flowering stage by stopping irrigation and were rewatered when soil water potential reached -1.5 Mpa. Results showed that under full irrigation conditions photosynthesis rate, transpiration and P_{WUE} declined. Similar changes in photosynthesis rate, transpiration rate and Ci concentration were observed due to water stress implying the role of stomatal limitation to photosynthesis under stress conditions. Chlorophyll index increased under mild stress condition, however, as stress intensified, chlorophyll index significantly reduced. Cultivars showed significant differences for photosynthesis rate under water stress and non stress conditions, however, grain yield of cultivars were affected differently by water stress. Significant correlation coefficientswere not observed between photosynthesis rates and grain yield under different moisture regimes. Moreover, drought stress at flowering stage affected partitioning of photoassimilates between different plant organs. Drought stress at flowering stage decreased grain yield by 51% and harvest index through increasing dry weight of leaf, stem, root, and decreasing dry weight of silique or partitioning of assimilates to vegetative organs than reproductive organs. The P.F cultivar with grain yield of 3597 $kg.ha^{-1}$ in full irrigation conditions and Okapi with grain yield of 1595 $kg.ha^{-1}$ and greater harvest index had higher agronomic performance and grain yield.

Keywords: Partitioning, Photoassimilates, Drought stress, Photosynthesis, Chlorophyll index and Rapeseed.

Received: December, 2009 Accepted: February, 2010

1-M.Sc. Student, Agriculture and Natural Resources Campus, University of Tehran, Karaj, Iran (Corresponding author) (Email: agromonajem@gmail.com)

2- Associate Prof. Agriculture and Natural Resources Campus, University of Tehran, Karaj, Iran

3- Assistant Prof. Agriculture and Natural Resources Campus, University of Tehran, Karaj, Iran

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2026-11-19]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1390.13.3.7.5]