مجله الکترونیک تولید گیاهان زراعی
جلد سوم، شماره سوم، پاییز ۸۹
۱۶۳-۱۷۸
ejcp.gau@gmail.com

اثرات تنش خشکی در مراحل زایشی بر تسهیم مواد فتوسنتزی ارقام تجاری کلزا

*سالار منجم[۱]، علی احمدی[۲] و ولی‌اله محمدی[۳]
[۱]دانشجوی کارشناسی ارشد، [۲]دانشیار و [۳]استادیار پردیس کشاورزی و منابع طبیعی کرج، دانشگاه تهران

چکیده

توزیع شیره پرورده بین مخزن‌ها یکی از مهمترین فرایندهای فیزیولوژیک مرتبط با تشکیل عملکرد در گیاهان زراعی می‌باشد که تحت تاثیر تنش خشکی قرار می‌گیرد. به‌منظور بررسی اثر تنش خشکی در مراحل مختلف رشد زایشی بر درصد توزیع مواد فتوسنتزی بین اندام‌های مختلف ارقام تجاری کلزا آزمایشی در قالب کرت‌های خرد شده بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار اجرا گردید. عامل اصلی شامل تنش خشکی در مراحل مختلف زایشی و عامل فرعی شامل ١٤ رقم کلزای بهاره و پائیزه بود. تنش خشکی در مرحله گلدهی به صورت قطع آبیاری در این مرحله تا رسیدن پتانسیل آب خاک به ۱/۵- مگاپاسکال و آبیاری مجدد پس از آن و تنش در مرحله پرشدن دانه‌ها به‌صورت قطع کامل آبیاری از این مرحله تا پایان برداشت محصول به همراه یک تیمار شاهد اعمال گردید. پس از رسیدن کامل و برداشت بوته‌ها، اندازه‌گیری صفات عملکرد دانه، وزن خشک تک بوته، درصد وزن خشک خورجین، برگ، ساقه و ریشه انجام شد. نتایج این بررسی نشان داد که تنش خشکی هم در مرحله گلدهی و هم در مرحله پر شدن دانه‌ها تاثیر بسزایی بر توزیع مواد فتوسنتزی بین اندام‌های مختلف گیاهی داشت طوری که تنش در مرحله گلدهی سبب افزایش درصد وزن خشک برگ، ساقه و ریشه و کاهش وزن خشک خورجین یا به‌عبارتی غلبه درصد تسهیم مواد به اندام‌های رویشی نسبت به اندام‌های زایشی گردید و از این رو منجر به کاهش۵۱/۲ درصدی عملکرد دانه نسبت به شرایط آبیاری معمول(شاهد) شد. تنش در مرحله پر شدن دانه‌ها با انتقال مجدد مواد موجود در برگ‌ها به سایر اندام‌ها سبب کاهش وزن خشک برگ و افزایش وزن خشک خورجین گردید اما این افزایش در

*- مسئول مکاتبه: agromonajem@gmail.com

حدی نبود که سبب افزایش معنی‌دار عملکرد دانه گردد. در بین ارقام مورد بررسی، ارقام اپرا، هایولا ۳۰۸، هایولا٤٢٠، پی.اف و زرفام که قبل از مرحله گلدهی وزن خشک تک بوته بالا و درصد تسهیم نسبتاً متعادلی بین اندام‌ها داشتند پس از رسیدگی کامل در شرایط آبیاری معمول با تسهیم بیشتر درصد مواد فتوسنتزی به خورجین‌ها، عملکرد دانه بالایی را به خود اختصاص دادند. در این مطالعه اثر متقابل آبیاری و رقم بر روی توزیع مواد فتوسنتزی معنی دار نشد و تمامی ارقام با یک روند مشابهی تحت تاثیر تنش خشکی قرار گرفتند.

واژه‌های کلیدی: کلزا، گلدهی، پرشدن دانه‌ها و تسهیم مواد فتوسنتزی

مقدمه

عملکرد گیاهان زراعی تحت شرایط تنش خشکی به شدت وابسته به فرایندهای تسهیم ماده خشک می‌باشد (کاجه و همکاران، ٢٠٠٤). تسهیم مطلوب ماده خشک عبارت است از توزیع مواد بین ریشه و اندام‌های هوایی و در اندام‌های هوایی بین اندام‌های رویشی و زایشی (کاجه و همکاران، ٢٠٠٤)، که در ارقام و شرایط مختلف محیطی، متفاوت است (وید و همکاران، ۱۹۹۹). تنش خشکی به‌عنوان یکی از مهمترین عوامل محیطی اثر گذار روی تسهیم مواد فتوسنتزی، اغلب با کاهش رشد برگ و افزایش میزان تخصیص ماده خشک به ریشه‌ها تا حدی نسبت ساقه به ریشه را کاهش می‌دهد (ستر و سیلر،۱۹۹۰). تحت شرایط تنش، در ریشه بسیاری از گیاهان زراعی تعداد زیادی ریشه‌های فرعی ایجاد می‌شود که سطح این ریشه‌ها کوچک بوده و شامل تارهای کشنده تک سلولی می‌باشد، وجود این ریشه‌های فرعی به شاخه‌بندی و توسعه سیستم ریشه‌ای کمک نموده و موجب افزایش توانایی آن در جذب آب می‌شود (هوگونبوم و همکاران، ۱۹۸۷). از سوی دیگر در تایید حساس بودن برگ به کاهش رطوبت خاک پژوهش‌های متعددی در گیاهان مختلف صورت گرفته است که همگی آنها حاکی از کاهش سطح و تعداد برگ تحت این شرایط می‌باشد (رسولوف، ۱۹۹۳ ؛ ژیا، ١٩٩٤). ژیا (١٩٩٤) محدود شدن سطح برگ سویا در تنش خشکی را به کاهش تقسیم و توسعه سلولی که با تجمع مواد فتوسنتزی به برگ‌ها کنترل می‌شود، نسبت داد و کاهش پتانسیل آبی خاک را سبب روند نزولی در تولید برگ دانست.

در گیاهان رشد محدود ساقه، برگ و ریشه در مرحله رویشی، و دانه یا میوه در مرحله زایشی به عنوان مخزن‌های فعال شناخته می‌شوند که میزان ماده فتوسنتزی بیشتری را نسبت به سایر اندام‌ها جذب می‌کنند، اما درگیاهان رشد نامحدود مانند کلزا به‌دلیل هم‌زمانی رشد زایشی با رشد رویشی، بین اندام‌ها در جذب مواد فتوسنتزی رقابت وجود دارد و تنش خشکی در مراحل گلدهی و توسعه خورجین‌ها برتخصیص مواد فتوسنتزی بین اندام‌های زایشی و رویشی اثر می‌گذارد (مسعود سیناکی، ۲۰۰۷) و با توجه به‌تفاوت موجود بین ارقام (دیپن براک، ۲۰۰۰) به نظر می‌رسد ارقامی که سهم بیشتری از مواد فتوسنتزی را به اندام‌های اقتصادی خود (دانه در کلزا) اختصاص دهند، کاهش عملکرد کمتری را نسبت به شریط آبیاری معمول خواهند داشت. پوما و همکاران (۱۹۹۹) با بررسی تاثیر تنش رطوبتی روی رشد، تقسیم‌بندی زیست توده و شاخص برداشت دانه‌های روغنی خانواده براسیکاسه اظهار نمودند که تنش آبی ضمن کاهش عملکرد دانه و خورجین، وزن خشک قسمت‌های هوایی را بیشتر از وزن خشک ریشه کاهش می‌دهد طوری که در گیاهان تحت تنش وزن خشک ساقه و وزن خشک ریشه به‌ترتیب بیشترین اهمیت را در شاخص برداشت داشتند در حالی که در گیاهان کاملاً آبیاری شده به‌ترتیب وزن خشک ساقه و وزن خشک برگ‌ها بیشترین اهمیت را داشتند.

عملکرد دانه از سه منبع: فتوسنتز جاری، انتقال اسیمیلات‌های ذخیره شده قبل از گلدهی به دانه و بالاخره اسیمیلات‌های ذخیره شده موقت در ساقه بعد از گلدهی تامین می‌شود (کوباتا، ۱۹۹۲). والتون و همکاران (۱۹۹۹) با بررسی ارقام کلزا نشان دادند که انتقال مجدد ماده خشک در پرکردن دانه‌ها نقش مؤثری دارد و رفتار اندام‌های هوایی در انتقال مجدد مواد پرورده ذخیره شده به دانه متفاوت بوده و ساقه‌ها و برگ‌ها به‌ترتیب نقش بیشتری در انتقال مجدد ماده خشک و نیتروژن ایفا می‌کنند. وید و همکاران (۱۹۹۹) اظهار نمودند که پتانسیل این انتقال مجدد که یک شاخص مطلوب فیزیولوژیکی محسوب می‌شود به‌عوامل مختلف از جمله ژنوتیپ، تراکم و شدت تنش کمبود آب وابسته است. مشاهده شده که علاوه بر اختلاف موجود بین ارقام کلزا از نظر جذب و انتقال مواد فتوسنتزی (گریث و اسچویگر، ۱۹۹۱)، در طی دوره‌های تنش خشکی، گیاهان دارای وزن خشک برگ و ساقه بالاتر، با انتقال مواد ذخیره‌ای به دانه‌ها تا زمانی که ذخایر تقریباً تمام شوند (یوشیدا، ۱۹۸۳)، می‌توانند تا حدی از اثرات کاهش‌دهنده عملکرد بکاهند (رایت و همکاران، ۱۹۹٦)، طوری که انتقال مواد ذخیره‌ای از

برگ‌ها، ساقه‌ها و ریشه‌ها در طول و بعد از پیر شدن برگ‌ها به دانه‌ها، ۱۲ درصد وزن نهایی دانه‌ها را افزایش می‌دهد (هبکوت، ۱۹۹۳). وید و همکاران (۱۹۹۹) معتقدند در گیاهان تحت تنش که فتوسنتز جاری آنها به‌ویژه در دوره پرشدن دانه‌ها محدود شده باشد، وابستگی بیشتر به مواد ذخیره شده در بخش‌های رویشی پیش از گلدهی نشان دهنده نیاز دانه‌ها به تامین مواد خشک مکمل است.

از آنجایی که بهبود محصولات زراعی در طی اصلاح براساس افزایش تجمع ماده خشک در دانه یا تغییر تسهیم ماده خشک بوده است (راکر، ۱۹۸۸)، کاجه و همکاران (۲۰۰٤) اظهار نمودند، شناخت صحیح فرآیندهای تسهیم و سازگاری آنها به تنش خشکی در شرایط کمبود آب، می‌تواند در پیش‌بینی عملکرد و مدیریت گیاه زراعی مفید واقع شود. لذا تحقیق حاضر به منظور ارزیابی تاثیر تنش خشکی در مراحل زایشی بر روی نحوه توزیع مواد فتوسنتزی بین اندام‌های مختلف و شناسایی تاثیر گذارترین اندام در تعیین عملکرد نهایی در ١٤ رقم کلزا انجام گردید.

مواد و روش‌ها

با استفاده از ١٤ رقم تجاری کلزای بهاره و پائیزه (جدول ۱)، آزمایشی در سال زراعی ۸۷-۱۳۸٦ (سال زراعی کلزای کشت شده در پاییز در کرج از مهر ماه تا خرداد ماه می‌باشد) در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه تهران با عرض جغرافیایی ٤٧َ ۳۵ شمالی و طول جغرافیایی ٥٠٥٦َ شرقی و با ارتفاع ۱۲٦۱/۱ متر از سطح دریا که دارای بافت خاک لومی رسی، اسیدیته حدود ۷/۵ و درصد 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 حدود ۲٤۹/۲۲ میلی‌متر بود. میانگین حداکثر درجه حرارت سال زراعی در ماه خرداد ۲٤/٦ درجه سانتی‌گراد و میانگین حداقل دما در ماه دی ۵/۷- درجه سانتی‌گراد بود. آزمایش به‌صورت کرت های خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار اجرا گردید. رژیم رطوبتی عامل اصلی و سطوح آن عبارت بودند از آبیاری کامل به‌عنوان شاهد، تنش خشکی در مرحله گلدهی و تنش خشکی در مرحله پر شدن دانه‌ها، همچنین ١٤ رقم زراعی کلزا به‌عنوان عامل فرعی در نظر گرفته شدند. مرحله گلدهی زمانی در نظر گرفته شد که بیش از ۵۰ درصد گلها باز شده بودند و شروع پر شدن دانه زمانی در نظر گرفته شد که ۸۰ درصد غلاف‌ها روی ساقه اصلی بیش از ۲ سانتی‌متر طول داشتند (عزیزی و همکاران، ۱۳۷۸). هر کرت آزمایشی به مساحت ٦ مترمربع، شامل دو پشته و روی هر پشته دو ردیف کاشت به‌فواصل ۳۰ سانتی‌متر در نظر گرفته شد.

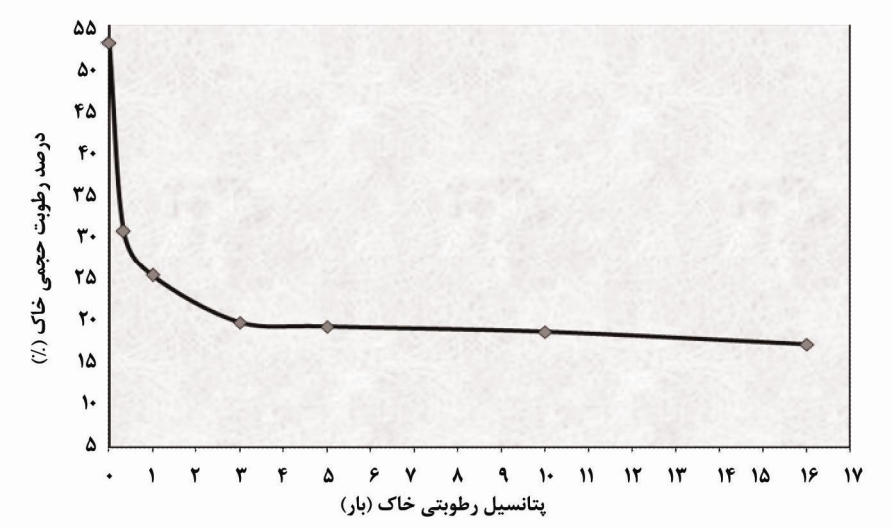
کاشت به‌صورت دستی و با استفاده از فوکا در عمق تقریبی ۲ سانتی‌متر انجام گردید. آبیاری تیمار شاهد در تمام مراحل رشد گیاه مطابق با روش معمول منطقه (هر ۷ روز یکبار آبیاری) صورت گرفت. در تیمار تنش مرحله گلدهی، آبیاری از مرحله ۵۰ درصد گلدهی قطع شد و تا بروز علائم شدید تنش خشکی از طریق مشاهده پژمردگی برگ‌ها ادامه داشت. آبیاری مجدد تنها زمانی صورت گرفت که پتانسیل آب خاک به ۱/۵- مگاپاسکال رسید. برای اندازه‌گیری پتانسیل آب خاک از منحنی پتانسیل رطوبتی که قبلاً برای خاک مزرعه ترسیم شده بود استفاده گردید (شکل ۱). بدین‌منظور با ظهور علائم ظاهری تنش، هر روز نمونه‌ای از خاک از محل عمق توسعه ریشه برداشت و در آزمایشگاه درصد رطوبت وزنی هر نمونه خاک نیز 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. نمونه‌گیری از خاک تا رسیدن پتانسیل آب خاک به ۱/۵- مگاپاسکال ادامه می‌یافت. همچنین در تیمار تنش در مرحله پر شدن دانه‌ها، آبیاری از شروع پر شدن دانه‌ها تا رسیدگی کامل قطع گردید.

در هر کرت فرعی با حذف حاشیه، ۲ متر جهت اندازه‌گیری عملکرد دانه، وزن خشک تک بوته و درصد وزن خشک ریشه، برگ، ساقه و خورجین در نظر گرفته شد. بدین‌منظور، ابتدا بوسیله قیچی برداشت بوته‌ها از سطح خاک و سپس به کمک بیل استخراج قسمت‌های اصلی ریشه‌ها تا عمق ۳۰ سانتی‌متری خاک با دقت کامل در دو مرحله قبل از گلدهی و پایان رسیدگی کامل انجام گردید و سپس ۲۰ بوته از بوته‌های برداشت شده به تصادف انتخاب، و با تفکیک هر بوته به اندام‌های مورد بررسی و توزین آنها، درصد تسهیم ماده خشک به ریشه، برگ، ساقه و خورجین محاسبه گردید.

پس از آزمون نرمال بودن داده‌ها به کمک نرم‌افزار Minitab، تجزیه واریانس و مقایسه میانگین‌ها به روش LSD و به کمک نرم‌افزار SAS انجام گرفت و میزان همبستگی بین صفات مختلف به کمک نرم‌افزار SPSS محاسبه شد. برای رسم نمودارها از نرم‌افزار EXCEL استفاده گردید.

جدول ۱- ارقام مورد مطالعه و مشخصات آنها

رقم	تیپ رشد	وضع ژنتیکی
ار.جی.اس۰۰۳	بهاره	آزاد گرده افشان
ساری گل یا پی.اف	بهاره	آزاد گرده افشان
هایولا ٦٠	بهاره	دورگ
هایولا ۳۰۸	بهاره	دورگ
هایولا ٤٠١	بهاره	دورگ
هایولا ٤٢٠	بهاره	دورگ
طلایه	پاییزه	آزاد گرده افشان
الایت	پاییزه	دورگ
اس.ال.ام	پاییزه	آزاد گرده افشان
زرفام	پاییزه	آزاد گرده افشان
اکاپی	پاییزه	آزاد گرده افشان
لیکورد	پاییزه	آزاد گرده افشان
اپرا	پاییزه	آزاد گرده افشان
مودنا	پاییزه	آزاد گرده افشان



شکل ۱- منحنی پتانسیل رطوبتی خاک

نتایج و بحث

نتایج حاصل از بررسی ارقام قبل از مرحله گلدهی (نمونه‌برداری اول)، حاکی از وجود اختلاف معنی‌دار بین ارقام از نظر درصد توزیع مواد فتوسنتزی بین برگ، ساقه و ریشه بود (جدول ۲)، طوری که به نظر می‌رسد ارقام مختلف الگوهای متفاوتی در توزیع مواد فتوسنتزی بین اندام‌های خود داشته باشند. در بین ارقام مورد بررسی ارقام مودنا، لیکورد، اکاپی، اپرا، پی.اف، الایت و طلایه بیشترین درصد ماده خشک را به‌ترتیب به برگ، ساقه و ریشه و ارقام ار.جی.اس۰۰۳، هایولا۶۰، هایولا۴۰۱، هایولا ۳۰۸، هایولا ۴۲۰، زرفام و اس.ال.ام به‌ترتیب بیشترین درصد وزن خشک ساقه، برگ و ریشه را به خود اختصاص دادند (جدول ۳). بدینگر و همکاران (۱۹۸۷) عنوان نمودند، تجمع مواد فتوسنتزی در ریشه، برگ و ساقه در مرحله رویشی می‌تواند منبع قابل ملاحظه‌ای از این مواد برای مراحل بعدی رشد که معمولاً با تنش خشکی مواجهه است باشد. نتایج حاصل از این تحقیق نشان داد که اثرات ساده آبیاری و رقم بر شاخص برداشت غیر معنی‌دار و بر عملکرد دانه و ماده خشک تک بوته در سطح ۰/۰۱ معنی دار بود اما اثر متقابل آبیاری و رقم معنی‌دار نبود (جدول ۲). مقایسه میانگین سطوح مختلف آبیاری حاکی از کاهش ۵۱/۲ درصدی عملکرد دانه و ۴۳/۶ درصدی ماده خشک تک بوته، در تنش خشکی اعمال شده در مرحله گلدهی بود. در حالی که با اعمال تنش خشکی در مرحله پر شدن دانه‌ها عملکرد دانه تحت تاثیر قرار نگرفت (جدول ٤). مطابق با نتایج این بررسی، سینکی و همکاران (۲۰۰۷) گزارش نمودند که مراحل گلدهی و نمو خورجین‌ها در کلزا از نظر نیاز گیاه به آب، مراحل بحرانی می‌باشند زیرا اعمال تنش در این مراحل به‌دلیل اثر نامناسب بر میزان جذب آسیمیلات‌ها موجب کاهش عملکرد دانه می‌شود.

مقایسه میانگین ارقام مورد آزمون نشان داد که ارقام پی.اف، هایولا۳۰۸، لیکورد و اپرا (به ترتیب با ۲۷۲۱/۵، ۲۵۳۵/٤، ۲٤٥٥/۸ و ۲٤۲۰/۷ کیلوگرم در هکتار) بیشترین و رقم هایولا۶۰ با ۱٤۸۰ کیلوگرم در هکتار کمترین عملکرد دانه را به خود اختصاص داده‌اند (جدول ٤). بنظر می رسد رشد رویشی مناسب و توزیع مناسب مواد فتوسنتزی بین برگ، ساقه و ریشه این ارقام در مرحله قبل از گلدهی، سبب شده تا در مراحل بعدی رشد بتوانند نسبت به سایر ارقام در عملکرد دانه برتر باشد. مطابق با نتایج این بررسی، تورنر (۱۹۸٦) اظهار نمود رابطه مثبتی بین عملکرد و وزن خشک کل در گیاه کلزا

وجود دارد. وی معتقد است که بیشتر تفاوت بین ارقام در وزن خشک، مربوط به تفاوت‌های بین سطوح فتوسنتز کننده می‌باشد. همچنین رایت و همکاران (۱۹۹۶) با بیان نقش برگ‌ها در تامین مواد فتوسنتزی در پر کردن دانه‌ها گزارش کردند میزان و اندازه برگ‌ها با توجه به نقش آنها در فتوسنتز و تعرق، با تجمع مواد فتوسنتزی در برگ‌ها کنترل می‌شود و ارقامی که بتوانند درصد وزن خشک مناسبی را در مرحله قبل از گلدهی به برگ‌ها اختصاص دهد توانایی بالایی در فتوسنتز خواهند داشت.

جدول ۲- تجزیه واریانس عملکرد دانه، ماده خشک تک بوته و درصد توزیع ماده خشک ارقام کلزا در مراحل قبل از گلدهی (الف) و پایان رسیدگی کامل (ب).

	منابع تغییر	درجه آزادی	عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار)	شاخص برداشت	ماده خشک تک بوته (گرم)	درصد توزیع ماده خشک			
						برگ (درصد)	خورجین (درصد)	ساقه (درصد)	ریشه (درصد)
(الف)	تکرار	۲	-	-	٦٥٦/١*	۲۱۱/۸**	–	٥١/٤**	۱۳/۸*
	رقم	۱۳	-	-	۱٥۳/۰۹ns	۳٤۲/۸**	–	۳۷/٤**	۹/۹**
	خطای آزمایشی	۲٦	–	–	۱٥٦/۷	۲۲/۳	–	۹/٤	۳/۸
	ضریب‌تغییرات(درصد)	–	–	–	۲۱/۸	۱۲/۷	–	۷/٤	۱۲/۹
(ب)	تکرار	۲	۳۰۱۱/۹ns	۲٦/۰۷ns	٦/٦۷ns	۱٤/۹ns	۱۳/۳۲ns	۷/۰۸ns	۱۱/۷ns
	رژیم آبیاری	۲	۸٤۸۱٤/۳**	۱۹/۱٤ns	٤۹۲/٥۳**	٥۹/۱**	۳۸/۷**	٤۳/۲**	۹٦/٤**
	خطای آزمایشی اول	٤	۱۳۹۷/۱ns	۲۷/۷٦ns	٥٤/٥ns	۱۳/۲ns	٦۱/۷ns	٦/۹ns	٦/۸ns
	رقم	۱۳	٤۸۲۱/٥**	۲۲/۰۷ns	۱۰٤/٥**	۷۹/٥**	۱۱۷**	۷/۲**	٥/۷*
	رقم× رژیم آبیاری	۲٦	۱۳۸۲/۷ns	۱٥/۰۸ns	۳۳/۹ns	۸/۳ns	٤٦/۲ns	٤/۱ns	۳/۹ns
	خطای آزمایشی دوم	۷۸	۱۰٦۰/۱	۲۳/۷۹	۳۳/۷	۱۲/۲	۳۸/٦	۳/۷	۳/٥
	ضریب‌تغییرات(درصد)	–	۲۸/٦	۲۲/۲۸	۲۹/۸	۹/٦	٦/۷	٦/۳	۱۰/۰۲

NS، *و** به‌ترتیب غیر معنی‌دار، معنی‌دار در سطح احتمال ٥ و ۱ درصد.

جدول ۳- مقایسه میانگین ماده خشک تک بوته و درصد توزیع ماده خشک ارقام کلزا در مرحله قبل از گلدهی.

ارقام	ماده خشک تک بوته (گرم)	درصد توزیع ماده خشک		
		برگ(درصد)	ساقه (درصد)	ریشه(درصد)
مودنا	۳۲/۲ ±۵/۲۲	٤۷/۰۳ ±۱/٦۷	۳٦/۰۳ ±۱/۰۷	۱٦/۹ ±۰/۵۲
اپرا	۵۰/٦ ±۳/۳۱	٤۷/٤ ±۱/۵٤	۳۷/۱ ±۰/۷۸	۱۵/۵ ±۰/۷۱
لیکورد	۳۳/۵ ±۲/۹٦	٤۱/۰٦ ±۰/۳۱	٤۱/۳ ±۰/۸۱	۱۷/۵ ±۰/۳٤
ار.جی.اس۰۰۳	۳۹/۹ ±۵/۱۱	۳۳/ ۲±۰/۸٦	٤۱/۲ ±۱/٦۲	۱۳/۷ ±۰/۵۸
اکاپی	۳۹/۱ ±۳/۰۱	٤۹/ ۵±۲/۵۸	۳٤/۲ ±۰/۷۹	۱٦/۲ ±۰/۵۱
پی.اف	٤۲/۷ ±٤/۱۷	٤٤/۲ ±۰/۹۹	٤۰/۲ ±۰/۹۸	۱۵/٦ ±۰/۳۷
هایولا٦۰	۲۲/٦ ±۲/۰۲	۲۵/۸ ±۰/۸۸	٤٤/۲ ±۱/۳۹	۱٦/۵ ±۰/۲٦
هایولا٤۰۱	۳۱/٤ ±٤/۲۱	۱۷/۵ ±۰/٤۵	٤۳/۵ ±۱/۵٤	۱٤/۷ ±۰/۷۲
زرفام	٤۲/۸ ±۵/۳۷	٤۰/۹ ±۲/۷٦	٤۵/۳ ±۲/۲۱	۱۳/۷ ±۰/٦۸
اس.ال.ام	٤۰/۹ ±٤/۰۵	۳۸/۷ ±۰/۹۱	٤٤/۸ ±۱/۸۷	۱٦/٤ ±۰/۵۱
الایت	٤۱/۹ ±٤/٦٤	٤۳/۲ ±۱/۳۷	٤۰/۵ ±۱/۲۳	۱٦/۲ ±۰/۸۸
هایولا۳۰۸	٤٦/۷ ±۵/۵	۱۸/ ۳±۰/۷۱	٤۱/٤ ±۰/٤۳	۱۰/٤ ±۰/۲٦
هایولا٤۲۰	٤۲/۰۷ ±٤/۷۱	۲۷/٦ ±۰/۳۲	٤٦/۱ ±۲/٦۵	۱٤/۱ ±۰/۷٤
طلایه	٤۳/٤ ±٤/۳۲	٤۳/۲ ±۱/٦۱	٤۰/٤ ±۱/۲۱	۱٦/۳ ±۰/۵٤
LSD (0.05)	۲٤/۷۲	۸/۲۸	۱۰/۲۲	۱٦/٦۱

* میانگین ارقام همراه با خطای معیار به‌صورت $(X \pm SE)$ برای هر زیر گروه در جدول ارائه شده است.

جدول ٤- مقایسه میانگین عملکرد دانه، ماده خشک تک بوته و درصد توزیع ماده خشک در تیمارهای مختلف تنش خشکی و درصد تغییرات آنها نسبت به شرایط آبیاری معمول.

تیمار	عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار)	شاخص برداشت	ماده خشک تک بوته (گرم)	درصد توزیع ماده خشک		
				برگ(درصد)	خورجین(درصد)	ساقه(درصد)	ریشه(درصد)
شاهد	*۱۷۸ ± ۲٦۹٦/٦	۱۰/۱ ±۰/۲۳	۱۱۸/۰۹ ±۵/۱٤	۷/۷ ±۰/٤٦	۵٦/٤ ±۱/۷۳	۲۷/۸ ±۰/۵۵	۷/۹ ±۰/٦۵
تنش گلدهی	۱۰۲± ۱۳۱٤/۵	۸/۷ ±۰/۱۵	٦٦/٦ ±۲/۱۹	۹/۵ ±۰/٤۹	۵۰/۲ ±۱/٦۵	۳۱/۲ ±۱/۰۹	۸/۹ ±۰/۷٤
درصد تغییرات	−۵۱/۲	−۱۳/۸	−٤۳/٦	+۱۸/۹	−۱۰/۹	+۱۰/۸	+۱۱/۲
LSD (0.05)	۵۹/۲۱	۲۱/۳۷	۱۸/٦٤	٤/۸۳	۱/۷۱	۱/٤۸	۵/۱۲
شاهد	±۱۷۸ ۲٦۹٦/٦	۱۰/۱ ±۰/۲۳	۱۱۸/۰۹ ±۵/۱٤	۷/۷ ±۰/٤٦	۵٦/٤ ±۱/۷۳	۲۷/۸ ±۰/۵۵	۷/۹ ±۰/٦۵
تنش دانه بندی	±۱٦٤ ۲٦۸۲/۹	۹/۵ ±۰/۱٦	۱۱٦/۲ ±۳/۱۸	۳/۷ ±۰/۳٤	۵۹/٦ ±۱/٦	۲۸/۵ ±۰/۷٦	۸/۸ ±۰/۹۳
درصد تغییرات	−۰/۵	−۵/۹	−۱/٦	−۵۱/۹	+۵/۳	+۲/٤	+۱/۲
LSD (0.05)	۷۱/٤۱	۱۵/۳٦	۱۲/۷٦	۹/۳۲	٤/۹٦	۳/٦۷	۱۱/۰۳

- میانگین ارقام همراه با خطای معیار به صورت $(X \pm SE)$ برای هر زیر گروه در جدول ارائه شده است.

نتایج حاصل از نمونه‌برداری‌های انجام شده در مرحله پایان رسیدگی کامل نشان داد که علی‌رغم معنی‌دار بودن اثرات ساده آبیاری و رقم در تیمار تنش گلدهی بر عملکرد دانه، وزن خشک تک بوته و درصد توزیع ماده خشک، اثر متقابل آبیاری و رقم در هیچ یک از صفات وجود نداشت (جدول۲) و تمامی ارقام با یک روند مشابهی تحت تاثیر تنش قرار گرفتند. با این حال مقایسه میانگین سطوح مختلف آبیاری حاکی از کاهش معنی‌دار عملکرد دانه ناشی از کاهش وزن خشک تک بوته (٤٣/٦ درصد کاهش) و درصد توزیع مواد فتوسنتزی به خورجین به میزان ۱۰/۹ درصد نسبت به شرایط آبیاری معمول و افزایش ناچیز درصد وزن خشک برگ، ساقه و ریشه در تنش گلدهی (قطع آبیاری در مرحله گلدهی و آبیاری مجدد آن پس از اعمال تنش) بود (جدول ٤)، که مطابق با یافته‌های پوما و همکاران (۱۹۹۹) می‌توان اظهار نمود، این نوع توزیع مواد بین اندام‌ها می‌تواند به خاطر ویژگی‌های رشد نامحدود بودن کلزا و توانایی بازگشت به رشد رویشی پس از مرحله تنش باشد طوری‌که تنش خشکی در اندام هوایی با کاهش نسبت اندام‌های زایشی به رویشی در مقایسه با شرایط آبیاری معمول، وزن خشک خورجین‌ها را کاهش و وزن خشک اندام‌های رویشی را افزایش داده است (کاجه و همکاران، ۲۰۰٤). اما تنش خشکی در مرحله پر شدن دانه‌ها، علی‌رغم کاهش ۱/٦ درصدی وزن خشک تک بوته و کاهش شدید وزن خشک برگ (۵۱/۹ درصد)، میزان وزن خشک خورجین را ۵/۳ درصد نسبت به شرایط آبیاری معمول افزایش داد (جدول ٤) که این یافته‌ها مطابق با گزارشات جنسن و همکاران (۱۹۹٦) می باشد. جنسن و همکاران (۱۹۹٦) با بررسی اثر کمبود آب در مرحله پر شدن دانه در کلزا، بیان نمودند که افزایش وزن دانه‌ها در نتیجه انتقال مجدد مواد ذخیره‌ای از ساقه‌ها، برگ‌ها و ریشه‌ها به دانه‌ها حاکی از بازتاب جبرانی گیاه در برابر کاهش تعداد خورجین در بوته و تعداد دانه در خورجین دارد.

با این حال، بر خلاف نتایج حاصل از تحقیقات گیونتا و همکاران (۱۹۹۵) روی چگونگی توزیع مواد فتوسنتزی در ارقام مختلف گندم در شرایط تنش خشکی، نتایج این بررسی نشان می‌دهد که تنش خشکی هم در مرحله گلدهی و هم در مرحله پر شدن دانه‌ها تاثیر بسزایی در توزیع مواد فتوسنتزی بین اندام‌های مختلف گیاهی دارد. طوری‌که تنش در مرحله پر شدن دانه‌ها با ریزش برگ‌ها و انتقال مواد موجود در برگ به سایر اندام‌ها سبب کاهش وزن خشک برگ و افزایش وزن خشک خورجین گردید. همچنین در تأیید نتایج این بررسی ساب و همکاران (۱۹۹۰) اظهار نمودند، تنش خشکی طی مراحل گلدهی و پر شدن دانه‌ها با جلوگیری از توسعه برگ و ریزش برگ‌ها و کاهش اندام‌هوایی،

میزان مصرف کربن و انرژی را در اندام‌هوایی کاهش داده و با توزیع سهم بیشتری از مواد فتوسنتزی به ریشه، سبب رشد بیشتر ریشه می‌شود که به‌عنوان دومین تغییر بیوفیزیکی گیاه در افزایش مقاومت به خشکی و تامین آب می‌باشد.

مقایسه میانگین ارقام مورد آزمون نشان می‌دهد که ارقام هایولا۳۰۸، هایولا٤٠١ و هایولا٤٢٠ بیشترین و ارقام لیکورد، طلایه، اس.ال.ام و الایت کمترین درصد میزان مواد فتوسنتزی واقعی را به خورجین‌های خود اختصاص داده‌اند و با توجه به اینکه در مراحل قبل از گلدهی و پایان تنش گلدهی و دانه‌بندی، ارقام لیکورد و مودنا بیشترین توزیع مواد را بین برگ و ساقه نسبت به سایر ارقام داشتند، به نظر می‌آید ناتوانی این ارقام در انتقال مجدد مواد ذخیره شده در برگ و ساقه به خورجین‌ها (کاجه و همکاران، ٢٠٠٤) سبب کاهش میزان نهایی درصد مواد تجمع یافته در خورجین شده است و لذا عملکرد دانه بالایی را به خود اختصاص ندادند (جدول ٥).

در طی هر سه شرایط آبیاری معمول، تنش در مراحل گلدهی و پر شدن دانه‌ها، ارقام اپرا و زرفام به‌علت دارا بودن وزن خشک ساقه و ریشه بالاتر بیشترین و رقم هایولا ٦٠ با کمترین درصد وزن خشک برگ، ساقه و ریشه پایین‌ترین وزن خشک خورجین را به خود اختصاص دادند که با توجه به نتایج جدول همبستگی (جدول ٦) و همبستگی مثبت و معنی‌دار بدست آمده بین وزن خشک خورجین با وزن خشک ساقه ($r=+٠/٨٤^{**}$)، وزن خشک ریشه ($r=+٠/٧٧^{**}$) و وزن خشک برگ ($r=+٠/٢٢^{**}$) می‌توان اظهار نمود، تحت 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 و ارقام اپرا و زرفام در بین ارقام مورد بررسی، جزء ارقامی هستند که توانایی بالایی در تخصیص مواد فتوسنتزی به اندام‌های زایشی تحت شرایط تنش خشکی دارند. نتایج حاصل از این بررسی با یافته‌های رود و ماجور (١٩٨٤)، پلات و همکاران (٢٠٠٤) و بلوم (٢٠٠٥) مطابقت داشت. پلات و همکاران (٢٠٠٤) عنوان نمودند که تحت شرایط تنش خشکی، استفاده از ذخایر اندام‌های رویشی برای پر شدن دانه‌ها، یک سازوکار موثر در کاهش خسارات ناشی از تنش و افزایش عملکرد دانه ارقام کلزا می‌باشد، طوری‌که در شرایط تنش شدید نقش و سهم انتقال مجدد مواد ذخیره شده غیر ساختمانی در برگ و ساقه که تحت تحریک تنش به قندهای قابل حل و انتقال تبدیل شده‌اند (بلوم، ٢٠٠٥)، جهت جبران کاهش فتوسنتز جاری برای پر کردن دانه‌ها به‌شدت افزایش می‌یابد.

جدول ۵- مقایسه میانگین عملکرد دانه، ماده خشک تک بوته و درصد توزیع ماده خشک ارقام کلزا در پایان مرحله رسیدگی کامل.

رقم	عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار)	شاخص برداشت	ماده خشک تک بوته(گرم)	درصد توزیع ماده خشک			
				برگ (درصد)	خورجین (درصد)	ساقه (درصد)	ریشه (درصد)
مودنا	۱۸۷۳/۷ ±۲۷۱*	۸/۲۹ ±۰/۱٤	۱۳٦/۵ ±۹/۳	۹/٤ ±۰/۳۵	۵۲/۸ ±۰/۸۷	۳۰/۰۳±۰/٤۵	۷/۷ ±۰/۲۳
اپرا	۲٤۲۰/۷ ±۲۳٤	۷/۵۷ ±۰/۳۱	۱٤۸/۸ ±۸/٦	۸/۹ ±۰/۵۲	۵۳/۲ ±۰/۹۱	۲۹/۸ ±۰/۳٦	۷/۹ ±۰/۲۵
لیکورد	۲٤۵۵/۸ ±۳۰۱	۸ ±۰/۲۷	۱٤۰/٦ ±۱۳/٤	۱۰/۸ ±۰/۵۸	٤۵/۷ ±۰/٦۹	۳٤/۲ ±۰/٤۱	۹/۰٦ ±۰/۳۱
ار.جی.اس۰۰۳	۲۳۷۳/۵ ±۲۸٦	۸/۷ ±۰/۳٤	۸۵/۹ ±۱۳/۵	۵/۹ ±۰/۳۸	۵٦/٦ ±۱/۰۱	۲۹/۲ ±۰/۵۲	۸/۱ ±۰/۳٤
اکاپی	۲۳٤۱ ±۲٤۸	۱۰/۹۹ ±۰/۳۸	۱۱۲/۵ ±۱۵/۲	۹/۳ ±۰/۷۲	۵۳/۷ ±۰/۹	۲۸/۱ ±۰/۳۸	۸/۷ ±۰/۲٤
پی.اف	۲۷۲۱/۵ ±۳۱۵	۱۱/۳۳ ±۰/٤۲	۹۵/۳ ±٦/۳	۵/٦ ±۰/۳۱	۵۹/۳ ±۰/۸۷	۲۷/۰٦±۰/٦۱	۷/۹ ±۰/۳۱
هایولا٦۰	۱٤۸۰ ±۱٤۹	۹/۸۵ ±۰/۲۷	۷٦/۸ ±۳/٤	۵/۱ ±۰/۲۵	۵۸/۲ ±۰/۹۵	۲۸/۲ ±۰/۵۱	۸/۳ ±۰/۲۵
هایولا٤۰۱	۲۱٦۹/۳ ±۲٤۱	۱۰/٦۳ ±۰/۵۳	۱۰۳/۲ ±۱٤/۲	٤/۷ ±۰/٤۰	٦۲/٦ ±۰/۷۸	۲٤/٤ ±۰/۳۵	۸/۱ ±۰/۳۸
زرفام	۲۳۳۱/۲ ±۲۷۱	۸/۳٤ ±۰/٦۱	۱٤۰/٦ ±۱۹/٦	۷/۲ ±۰/٦۸	۵۵/۲ ±۰/٦۲	۲۹/٦ ±۰/۲۵	۷/۸ ±۰/۲۹
اس.ال.ام	۲۰۲۰/۵ ±۳۰۸	۱۱/۹۵ ±۰/۲۰	۱۰۳/٦ ±۱۳/۷	٦/۹ ±۰/۵٦	۵۰/۳ ±۱/۰۵	۳۳/۰۸±۰/۱۷	۹/۵ ±۰/۳۱
الایت	۲۲۵۱ ±۲۹٤	۱۰/۱۵ ±۰/۱۲	۱۱۳/٦ ±۱٤/۵	٦/۹ ±۰/۱۹	۵۰/٤ ±۰/۷۷	۳۲/۵ ±۰/۱۵	۱۰/۱ ±۰/۲٦
هایولا۳۰۸	۲۵۳۵/٤ ±۲۷٦	۱۰/٤۹ ±۰/۳٤	۸٦/۳ ±٦/۸	٤/۰۱ ±۰/۳۲	٦٦/۰٦ ±۰/۹٤	۲۳/٤ ±۰/۳۷	٦/۵ ±۰/۳۵
هایولا٤۲۰	۲۱۰۹/۳ ±۲۳۸	۹/٦٦ ±۰/۳۱	۱۳۱/۷ ±۱۹/۲	٤/٦ ±۰/٤۸	٦۲/۲ ±۰/۸٦	۲٦/۱ ±۰/۲٦	٦/۸ ±۰/۲۷
طلایه	۲۱۵۵/٦ ±۲٦۵	٦/٦٤ ±۰/۹٦	۱۱۵/٤ ±۱۳/۸	۸/۱ ±۰/۷٤	٤۹/۱ ±۰/۷۳	۳۳/۱ ±۰/۲۸	۹/۵ ±۰/۳۰
LSD (0.05)	۱٦/۵۷	۲/٦	۰/۷۳	۵/۳٤	۳/۱۲	۱/٤۷	۷/٤۹

* میانگین ارقام همراه با خطای معیار به‌صورت $(X \pm SE)$ برای هر زیر گروه در جدول ارائه شده است.

جدول ٦- همبستگی بین عملکرد دانه، ماده خشک تک بوته و درصد توزیع ماده خشک ارقام کلزا.

	عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار)	شاخص برداشت	ماده خشک تک‌بوته(گرم)	درصد توزیع ماده خشک			
				برگ (درصد)	خورجین (درصد)	ساقه (درصد)	ریشه (درصد)
عملکرد دانه	۱						
شاخص برداشت	۰/٤۰**	۱					
وزن خشک تک بوته	۰/۵۲**	-۰/٤۱**	۱				
درصد وزن خشک برگ	۰/۱۸*	-۰/۱۲ ns	۰/۳۲**	۱			
درصد وزن خشک‌خورجین	۰/۵٦**	-۰/۰۳ ns	۰/٤۹**	۰/۲۲**	۱		
درصد وزن خشک ساقه	۰/٤۹**	-۰/۱۸*	۰/٦٦**	۰/٤٦**	۰/۸٤**	۱	
درصد وزن خشک ریشه	۰/۵۲**	-۰/۱۳ns	۰/٦۲**	۰/۳۷**	۰/۷۷**	۰/۹۱**	۱

NS، *و** به‌ترتیب غیر معنی‌دار، معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد.

به‌طور کلی نتایج این مطالعه که با هدف شناخت صحیح عکس‌العمل‌های فرایند تسهیم به تنش خشکی در ١٤ رقم تجاری کلزا در دو مرحله زایشی و تاثیر آنها روی عملکرد دانه انجام گردیده بود، نشان داد که تنش خشکی هم در مرحله گلدهی و هم در مرحله پر شدن دانه‌ها تاثیر بسزایی بر توزیع مواد فتوسنتزی بین اندام‌های مختلف گیاهی دارد طوری که تنش در مرحله گلدهی باعث تسهیم بیشتر مواد فتوسنتزی به اندام‌های رویشی و در مرحله پر شدن دانه‌ها سبب تسهیم بیشتر مواد به خورجین‌ها ناشی از انتقال مجدد گردید. این یافته‌ها نشان می‌دهد که مرحله گلدهی در کلزا از نظر تاثیر الگوی تسهیم مواد فتوسنتزی بر عملکرد دانه، حساس به کمبود آب می‌باشد (کاهش ٥١/٢ درصدی عملکرد دانه) اما عملکرد دانه در مرحله پر شدن دانه‌ها تحت تاثیر اثرات منفی تنش خشکی قرار نمی‌گیرد، حتی قطع آبیاری در این مرحله می‌تواند با انتقال مجدد مواد از برگ، ساقه و ریشه به دانه سبب بهبود تولید دانه شود. همچنین در بین ارقام مورد بررسی، ارقام اپرا، هایولا٣٠٨، هایولا٤٢٠ ، پی.اف و زرفام با تسهیم بیشتر درصد مواد فتوسنتزی به خورجین‌ها، عملکرد دانه بالایی را به خود اختصاص دادند. اما با اعمال تنش الگوی توزیع مواد فتوسنتزی در تمامی ارقام با یک روند مشابهی تحت تاثیر تنش خشکی قرار گرفتند.

منابع

Azizi, M., Soltani, A. and Khavari Khorasani, S. 1999. Brassica Oilseeds (production). Press Jahad-e Daneshgahi of university of Ferdosi, Mashhad. 230.

Bidinger, F.R., Mahalakshmi, V. and Roa, G.D.P. 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.

Gerath, N., and Schweiger, W. 1991. Improvement of the use of nutrients in winter rape - a strategy of economically and ecologically responsible fertilizing. In: McGregor, D.I. (ed.). Proceedings of the Eighth International Rapeseed Congress, Saskatoon, Canada. Organizing Committee, Saskatoon. pp: 1197-1201.

Giunta, F., Motzo, R. and Deidda, M. 1995. Effect of drought on leaf area development, biomass production and nitrogen uptake of durum wheat grown in a Mediterranean environment. Aust. J. Agric. Res. 96:99–111.

Habekotté, B. 1993. Quantities analysis of pod formation, seed set and seed filling in winter oilseed rape (*Brassica napus* L.) under field conditions. Field Crops Res. 35: 21-33.

Hoogenboom, G. Peterson, C.M. and Huek, M.G. 1987. Shoot growth rate of soybean as affected by drought stress. Agron. J. 79: 598-607.

Jensen, C.R., Mogensen, V.O., Mortensen, G., Fieldsend, J.K., Milford, G.F.J., Andersen, M. N. and Thage, J. H. 1996. Seed glucosinolate, oil and protein contents of field- grown rape (*Brassica napus* L.) affected by soil drying evaporation demand. Field Crops Res. 47: 93-105.

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

Kobata.T., Jiro, A., and Turner, N.C. 1992. Rate of development of post-anthesis water deficiets and grain filling of spring wheat. Crop Sci. 32: 1238-1242.

Masoud Sinaki, J., Madjidi Heravan, E., and Shirani Rad, A. 2007. The Effects of Water Deficit during Growth Stages of Canola (*Brassica napus* L.). Am-Eur J. Agric. Environ. Sci. 2: 417-422.

Plaut, Z., Butow, B.J., Blumenthal, C.S., and Wrigley, C.W. 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., Giacoma, V., and Grictina, L., 1999. Rapeseed *(Brassica napus* L. Var. *Oleifera* D.C.) Ecophysiological and Agronomical aspects as affected by soil water availability 10th International Rape-seed Congress. Canberra ,Australia.

Rasolve, B. 1993. Regulation of photosynthetic CO2 exchange in leaves during development of water deficits in the radicle zone of cotton. Rusian Plant Physiol. 40: 588-594.

Rocher, JP. 1988. Comparison of carbohydrate compartmentation in relation to photosynthesis assimilate export and growth in a range of maize genotypes. Aust. J. Plant Physiol. 15:677- 686.

Rood.S.B. and Major, D.J. 1984. Influence of plant density, nitrogen, water supply and pod or leaf removal on growth of oilseed rape. Field Crops Res. 8: 323-331

Saab, I.N., Sharp, R.E., Prichard, J. and Voetberg, G.S., 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.

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

Steer, B.T., Seiler, G.J. 1990. Changes in fatty acid composition of sunflower (*Helianthus annuus* L.) seeds in response to time of nitrogen application, supply rates and defoliation. J. Sci. Food Agric. 51: 11-26.

Turner, N.C., 1986. Adaptation to water deficits: A changing perspective. Aust. J. Plant Physiol., 13: 1755190.

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

Walton, G., Mendham, N., Robertson, M., and Potter, T. 1999. Phenology, Physiology and Agronomy.10th international rapeseed congress, Canberra, Australia.

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

Xia, M.Z. 1994. Effects of soil drought during the generative development phase of faba bean (*Vicia faba*) on photosynthetic characters and biomass production. J. Agric. Sci. 122: 67-72. Yoshida, S. 1981. Fundamental of Rice Crop Science. Los Banos, Laguna, international rice research institute (IRRI) publications. 269 p.

EJCP., Vol. 3 (3): 163-178
ejcp.gau@gmail.com

Effects of drought stress in Reproductive Stages on photoassimilates partitioning of Rapeseed (*Brassica napus*)

[*]S. Monajem[1], A.Ahmadi[2] and V. Mohammadi[3]
[1,2,3] M.Sc. Student, Associate Prof., and Assistant Prof., Dept. of Agronomy and Plant Breeding, Faculty of Agriculture Karaj, University of Tehran

Abstract

Partitioning of photoassimilates between the sinks is one of the most important physiological processes related to the yield of crops which are affected by drought stress. Therefore, the effect of drought stress in flowering and grain filling stages, on the percentage partitioning of photoassimilates among different organs was studied in 14 rapeseed cultivars in a split plot experiment based on completely randomized block design with 3 replications. Main plot included 3 regimes of irrigation and sub plot included 14 cultivars of rapeseed. Drought stress was imposed at two stages of flowering and grain filling stages by stopping irrigation. In the former treatment plots were rewatered when soil water potential reached -1.5 Mpa and in the latter plots were not ireirrigated until maturity. Seed yield, dry weight per plant, percentage dry weight of pod, leaf, stem and root measured after ripening and harvest. The results showed that drought stress at flowering and grain filling stages play an important influence in the partitioning of photoassimilates among different plant organs so that the stress at flowering stage decreased seed yield by 51 percent through increasing dry weight percent of leaf, stem and root or in other words percentage partitioning of photoassimilates to growing organs were more than reproductive organs. Drought stress in seed filling increased somewhat seed yield through remobilization of photoassimilates in leaves to other organs. However, this increase didn't make significant changes on the yield. Among the cultivars studied, opera, Hayola308, Hayola420, P.F and Zarfam that before of flowering stage have high dry weight per plant and equal partitioning among organs, after ripening in normal condition have high seed yield by partitioning of photoassimilates to pods. In this study interaction of irrigation and cultivar on the partitioning of photoassimilates was not significant So that all cultivars with a similar process were affected by drought stress.

Keywords: Rapeseed; Flowering; Grain filling and photoassimilates partitioning.

[*]- Corresponding Author; Email: agromonajem@gmail.com