# ارزیابی میزان انتقال مجدد ماده خشک به دانه ارقام پاییزه کلزا در واکنش به تنش خشکی

حمید جبّاری[۱*]، نیراعظم خوش‌خلق سیما[۲]، غلامعباس اکبری[۳] و امیرحسین شیرانی‌راد[۴]

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۵/۲۳ ؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۴/۲۳)

## چکیده

**این آزمایش به‌منظور ارزیابی میزان انتقال مجدد ماده خشک به دانه در ارقام پاییزه کلزا در واکنش به تنش خشکی، به‌صورت کرت‌های یک‌بار خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در منطقه شهر قدس در سال زراعی۱۳۹۱-۱۳۹۰ انجام شد. تیمارهای آبیاری شامل شاهد (آبیاری بر اساس ۸۰ میلی‌متر تبخیر از سطح تشتک تبخیر کلاس A) و تنش خشکی (قطع آبیاری از مراحل ۵۰ درصد ساقه‌دهی، گل‌دهی و خورجین‌دهی به بعد) و ارقام شامل سه رقم کلزای پاییزه (GKH۲۰۰۵، Opera و SLM۰۴۶) بودند که به‌ترتیب در کرت‌های اصلی و فرعی قرار گرفتند. نتایج نشان داد که تنش خشکی موجب افزایش معنی‌دار انتقال مجدد و کارایی انتقال مجدد و کاهش کمیت‌های صفات زراعی نظیر تعداد خورجین در ساقه اصلی و شاخه‌های فرعی، تعداد دانه در خورجین، وزن هزار دانه، عملکرد دانه، عملکرد روغن، شاخص برداشت و تلاش بازآوری (نسبت اندام زایشی به زیست‌توده) شد. بیشترین عملکرد دانه در تیمارهای قطع آبیاری از ساقه‌دهی، گل‌دهی و خورجین‌دهی در رقم GKH۲۰۰۵ به‌ترتیب به‌میزان ۱۰۵۸، ۱۴۰۹ و ۲۰۹۹ کیلوگرم در هکتار مشاهده شد که این موضوع با بالاتر بودن میزان انتقال مجدد و کارایی انتقال مجدد و تولید تعداد زیادی خورجین در شاخه‌های فرعی مرتبط بود. نتایج کلی این پژوهش نشان داد که انتقال مجدد زیاد و کارامد از جمله مهم‌ترین سازوکارهای تحمل به تنش خشکی در گیاه کلزا است.**

**واژه‌های کلیدی: تعداد خورجین، تعداد دانه، عملکرد دانه، قطع آبیاری**

۱ و ۴. به‌ترتیب استادیار و استاد مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران
۲. دانشیار پژوهشکده بیوتکنولوژی کشاورزی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران
۳. دانشیار، گروه علوم زراعی و اصلاح نباتات، پردیس ابوریحان، دانشگاه تهران، پاکدشت، ایران
*: مسئول مکاتبات: پست الکترونیکی: shenghar021@gmail.com

## مقدمه

خشکی، مهم‌ترین عامل محدود کننده رشد گیاه و تولیدات کشاورزی در سراسر دنیا، به‌ویژه در مناطق خشک و نیمه‌خشک است (۲۸). از آنجایی که تقریباً ۹۰ درصد مناطق ایران به‌عنوان اقلیم خشک و نیمه‌خشک در نظر گرفته می‌شوند (۵)، انتظار می‌رود که تغییر اقلیم تأثیر عمیقی روی تولید پایدار محصول در محیط‌های خشک و نیمه‌خشکی مانند ایران داشته باشد (۲).

کلزا (*Brassica napus* L.) یکی از مهم‌ترین گونه‌های دانه‌های روغنی در جهان است که این اهمیت به واسطه کیفیت بالای روغن و کنجاله آن است. یکی از عوامل مهم که توسعه و کشت موفقیت آمیز کلزا را به مخاطره می‌اندازد تنش خشکی است زیرا کمبود آب مهم‌ترین عامل محدود کننده رشد و تولید این گیاه در ایران به شمار می‌رود (۲۲).

تنش خشکی منجر به تغییرات مضر در فرایندهای فیزیولوژیک و بیوشیمایی در سلول‌های گیاهی می‌شود و عملکرد دانه وابستگی نزدیکی با فرایندهای فیزیولوژیک دارد (۱). به نظر می‌رسد افزایش دانش ما از تحمل به تنش خشکی اهمیت زیادی در کشت گیاهان و پیدا کردن روش‌های مؤثر برای کاهش اثرات مضر خشکی روی گیاهان داشته باشد (۱۲). بنابراین درک سازوکارهای فیزیولوژیک و زراعی تحمل گیاه در شرایط تنش خشکی، یک موضوع تحقیقاتی مهم است. تأثیر تنش خشکی بر گیاه کلزا تابع ژنوتیپ، شدت و طول مدت تنش، شرایط آب‌وهوایی و مراحل رشدی (نموی) است (۲۳). کلزا هم در مرحله رویشی و هم در مرحله زایشی نسبت به تنش خشکی حساس است اما بیشترین حساسیت را در مرحله زایشی نشان می‌دهد (۱۴). از میان صفات فیزیولوژی که به‌عنوان شاخص قابل استفاده برای گزینش ژنوتیپ‌های دارای تحمل به خشکی شناخته شده‌اند، می‌توان به انتقال مجدد اشاره کرد (۴).

پر شدن دانه تابع سه منبع است که عبارت‌اند از: فتوسنتز جاری، انتقال مجدد مواد فتوسنتزی ذخیره شده قبل از گل‌دهی به دانه که بیشتر در ساقه ذخیره شده‌اند و بالاخره انتقال مجدد مواد فتوسنتزی که به صورت موقت بعد از گل‌دهی در ساقه ذخیره شده‌اند (۱۷). پس از گل‌دهی، فتوسنتز جاری به‌عنوان منبع پر شدن دانه به سطح سبز دریافت کننده نور بستگی دارد که این منبع فتوسنتزی معمولاً به‌واسطه پیری طبیعی و تأثیر تنش‌های مختلف در دوره پر شدن دانه کاهش می‌یابد، درحالی که تقاضای دانه برای مواد فتوسنتزی افزایش پیدا می‌کند (۹). به‌طور کلی در شرایط تنش خشکی فتوسنتز جاری کاهش یافته و انتقال مجدد افزایش می‌یابد. آن دسته از عوامل محیطی که فتوسنتز جاری را در طی پر شدن دانه کاهش دهند، موجب افزایش تقاضا برای ذخایر ساقه در طی این دوره خواهند شد (۹). در شرایط عادی، تنفس پوشش گیاهی و تجمع مواد خشک در دانه‌ها، از مهم‌ترین مسیرهای مصرف مواد پرورده توسط برگ‌ها هستند (۱۳). پژوهشگران مختلف در شرایط عادی سهم ذخایر ساقه را در پر شدن دانه در حدود ۲۰ تا ۳۰ درصد برآورد کرده‌اند (۳۰). اما هنگامی که ظرفیت فتوسنتزی گیاه به‌وسیله تنش خشکی کاهش می‌یابد، پر شدن دانه به‌شدت وابسته به انتقال مجدد ذخایر ساقه می‌شود و میزان مشارکت این ذخایر در شکل‌گیری عملکرد دانه از ۲۲ تا ۶۶ درصد وزن خشک دانه گزارش شده است (۸). هدف از اجرای این طرح، بررسی میزان انتقال مجدد به دانه در سه رقم کلزای پاییزه در شرایط تنش خشکی بوده است.

## مواد و روش‌ها

این آزمایش در سال زراعی ۹۱-۱۳۹۰، در استان تهران، در مزرعه پژوهشی دانشگاه آزاد اسلامی واحد شهر قدس در شهرستان شهر قدس (کیلومتر ۲۰ جاده مخصوص کرج) با موقعیت طول جغرافیایی ′۰۶و°۵۱ شرقی و عرض جغرافیایی ′۳۵ و °۴۳ شمالی و ارتفاع ۱۱۷۰ متر از سطح دریا انجام شد. شهر قدس با متوسط بارندگی سالیانه ۲۱۵ میلی‌متر و میانگین درجه حرارت سالیانه ۱۷/۸ درجه سانتی‌گراد، با اقلیمی نیمه‌خشک در غرب استان تهران واقع شده است. میزان بارندگی و میانگین دمای ماهانه شهرقدس در سال زراعی ۹۱- ۱۳۹۰ به تفکیک در جدول ۱ ارائه شده است.

**جدول ۱. کمینه و بیشینه دمای ماهانه، میانگین دمای ماهانه و میزان بارندگی در منطقه شهر قدس (سال زراعی ۹۱-۱۳۹۰)**

| | مهر | آبان | آذر | دی | بهمن | اسفند | فروردین | اردیبهشت | خرداد |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| کمینه دمای ماهانه (سانتی‌گراد) | ۱۲/۶ | ۳/۴ | -۳/۰ | -۲/۰ | -۶/۴ | -۷/۲ | -۴/۶ | ۵/۶ | ۱۳/۰ |
| بیشینه دمای ماهانه (سانتی‌گراد) | ۳۴/۸ | ۳۲/۰ | ۱۸/۲ | ۱۳/۰ | ۱۲/۸ | ۱۶/۰ | ۲۱/۴ | ۲۹/۴ | ۳۴/۶ |
| میانگین دمای ماهانه (سانتی‌گراد) | ۲۵/۶ | ۱۸/۰ | ۶/۹ | ۵/۳ | ۴/۵ | ۳/۹ | ۹/۴ | ۱۸/۲ | ۲۴/۳ |
| بارندگی ماهانه (میلی‌متر) | ۰ | ۸۷/۰ | ۴۴/۴ | ۲/۱ | ۲۴/۸ | ۳۱/۱ | ۲۲/۰ | ۳۷/۲ | ۱۳/۲ |

**جدول ۲. نتایج آزمون فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش**

| عمق نمونه‌برداری | EC (dS/m) | pH | نیتروژن کل (%) | فسفر قابل جذب (ppm) | پتاسیم قابل جذب (ppm) | شن | سیلت | رس | بافت خاک |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | (%) | | | |
| ۰-۳۰ | ۱/۱۸ | ۷/۲ | ۰/۱۱ | ۱۲/۵ | ۲۷۵/۰ | ۴۵ | ۳۴ | ۲۱ | لوم |

خاک محل آزمایش دارای بافت لومی با میزان هدایت الکتریکی ۱/۱۸ میلی‌موس بر سانتی‌متر و میانگین اسیدیته خاک ۷/۲ بود. سایر نتایج حاصل از تجزیه فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش در جدول ۲ درج شده است.

این بررسی به صورت آزمایش کرت‌های یک‌بار خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار ارزیابی شد. تیمارهای آبیاری شامل شاهد (آبیاری بر اساس ۸۰ میلی‌متر تبخیر از سطح تشتک تبخیر کلاس A) و تنش خشکی (قطع آبیاری از مراحل ۵۰ درصد ساقه‌دهی، گل‌دهی و خورجین‌دهی به بعد) و ارقام شامل سه رقم کلزای پاییزه (GKH۲۰۰۵، Opera و SLM۰۴۶) بودند که به‌ترتیب در کرت‌های اصلی و فرعی قرار گرفتند. بر اساس نتایج تجزیه خاک (جدول ۲) و توصیه کودی، اقدام به کودپاشی (کود اوره ۲۵۰ کیلوگرم در هکتار در سه نوبت: ۶۰ کیلوگرم به‌صورت پایه، ۱۲۰ کیلوگرم در مرحله ساقه‌دهی و ۷۰ کیلوگرم در مرحله شروع گل‌دهی، کود فسفات آمونیوم و سولفات پتاسیم به‌ترتیب ۱۵۰ و ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار به‌صورت پایه) شد و به‌وسیله دیسک سبک، کود با خاک مخلوط شد. هر کرت آزمایشی شامل چهار خط به طول پنج متر بود و فاصله خطوط کشت ۵۰ سانتی‌متر، فاصله بوته‌ها روی خطوط کاشت چهار سانتی‌متر و تراکم ۵۰ بوته در مترمربع در نظر گرفته شد. کاشت در مورخ ۹۰/۷/۱۷ و به‌صورت دستی انجام شد. آبیاری در تیمار شاهد و همچنین تیمارهای تنش خشکی تا قبل از اعمال تنش بر اساس ۸۰ میلی‌متر تبخیر از سطح تشتک تبخیر کلاس A صورت گرفت و مقدار آب مصرفی در هر بار آبیاری ۸۰ درصد آب تبخیر شده بود. میزان آب ورودی به هر کرت با کنتور اندازه‌گیری شد. تعداد دفعات آبیاری در تیمارهای آبیاری شاهد، قطع آبیاری از ساقه‌دهی، گل‌دهی و خورجین‌دهی به‌ترتیب ۹، ۴، ۵ و ۷ مرتبه و همچنین میزان آب مصرفی در تیمارهای مذکور به‌ترتیب ۵۷۶۰، ۲۵۶۰، ۳۲۰۰ و ۴۴۸۰ مترمکعب در هکتار بود. به‌منظور جلوگیری از ورود آب بارندگی در تیمارهای قطع آبیاری از ساقه‌دهی، گل‌دهی و خورجین‌دهی از شلتر (shelter) استفاده شد.

به‌منظور تعیین تعداد خورجین در ساقه اصلی و شاخه‌های فرعی، تعداد هفت بوته از هر کرت آزمایشی در زمان رسیدگی

فیزیولوژیک به‌صورت تصادفی انتخاب شد و تعداد خورجین‌های پر در ساقه اصلی و شاخه‌های فرعی و تعداد دانه در ۳۰ خورجین ساقه اصلی و شاخه‌های فرعی به‌طور مجزا برای هر بوته شمارش و ثبت شد. برای اندازه‌گیری وزن ۱۰۰۰ دانه، پنج تکرار صدتایی از هر تیمار جدا و پس از توزین با ترازوی دقیق میانگین آنها به‌عنوان وزن هزار دانه هر کرت برحسب گرم تعیین شد. به‌منظور تعیین عملکرد دانه، بوته‌ها از دو خط وسطی هر کرت آزمایشی به مساحت ۲/۴ مترمربع به‌وسیله دست کف‌بر شدند و بعد از جداسازی دانه‌ها از خورجین، وزن دانه‌ها (با رطوبت ۱۲ درصد) با ترازوی دقیق توزین و عملکرد دانه برحسب کیلوگرم در هکتار محاسبه شد. تلاش بازآوری از تقسیم وزن خشک کل اندام زایشی (وزن خشک خورجین) بر عملکرد زیست‌توده (وزن خشک کل اندام هوایی) حاصل شد (۱۵) و شاخص برداشت بر حسب درصد از نسبت عملکرد دانه به عملکرد زیست‌توده (وزن خشک کل اندام هوایی) به‌دست آمد.

اندازه‌گیری درصد روغن دانه با دستگاه رزونانس مغناطیسی هسته‌ای (NMR) Bruker آلمانی مدل mini spec-nq۲۰ انجام شد و عملکرد روغن از حاصل‌ضرب درصد روغن دانه در عملکرد دانه حاصل شد. مقدار و کارایی انتقال مجدد مواد با استفاده از معادله‌های (۱ و ۲) محاسبه شدند (۲۰).

(۱) =مقدار انتقال مجدد (میلی‌گرم در بوته)
وزن خشک کل گیاه در زمان رسیدگی – حداکثر وزن خشک (زمان ۵۰ درصد گل‌دهی)

(۲) =کارایی انتقال مجدد
۱۰۰ × حداکثر وزن خشک/مقدار انتقال مجدد

در پایان تجزیه و تحلیل داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار آماری SAS نسخه ۹,۱ صورت گرفت و قبل از انجام محاسبات، آزمون نرمال بودن داده‌ها انجام شد. مقایسه میانگین‌های اثرات اصلی و متقابل داده‌ها به روش آزمون حداقل اختلاف معنی‌دار (LSD) در سطح پنج درصد انجام و برای مقایسه میانگین اثرات متقابل معنی‌دار از رویه برش‌دهی استفاده شد.

## نتایج و بحث

اثر تنش خشکی، رقم و اثر متقابل تنش خشکی × رقم بر ارتفاع گیاه در سطح آماری یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۳). نتایج مقایسه میانگین ارتفاع گیاه در جدول ۴ نشان می‌دهد که بیشترین ارتفاع گیاه از تیمار شاهد و قطع آبیاری از خورجین‌دهی به‌دست آمد (به‌ترتیب ۱۲۶/۳ و ۱۲۴/۷ سانتی‌متر) و قطع آبیاری از مراحل ساقه‌دهی و گل‌دهی به بعد به‌ترتیب سبب کاهش ۲۶ و ۶ درصدی ارتفاع گیاه نسبت به شاهد شد.

بررسی اثرات متقابل در جدول ۵ نشان می‌دهد که ارقام SLM۰۴۶ و Opera با وجود ارتفاع زیاد در تیمار شاهد، به‌ترتیب از کمترین ارتفاع گیاه در تیمار قطع آبیاری از ساقه‌دهی به بعد برخوردار بودند و رقم GKH۲۰۰۵ کمترین کاهش ارتفاع گیاه را در این تیمار نسبت به شاهد داشت. این در حالی است که در تیمارهای قطع آبیاری از گل‌دهی و خورجین‌دهی رقم SLM۰۴۶ بیشترین ارتفاع گیاه را داشت (جدول ۵). اصولاً ژنوتیپ‌هایی که دارای طول دوره رشد بیشتری هستند، از نظر ارتفاع، بلندتر از سایر ژنوتیپ‌ها هستند، چرا که طویل شدن بوته‌ها تا زمان گل‌دهی ادامه می‌یابد (۶).

در این بررسی، ارتفاع گیاه در تیمار شاهد و قطع آبیاری از خورجین‌دهی در یک گروه آماری قرار داشت که دلیل این امر، زمان اعمال تنش در مراحل انتهایی رشد گیاه بوده است. این درحالی است که اعمال قطع آبیاری از ساقه‌دهی و گل‌دهی در سه رقم کلزای مورد بررسی سبب کاهش معنی‌دار ارتفاع گیاه در مقایسه با تیمار شاهد شد (جدول ۵). کاهش ارتفاع گیاه کلزا به موازات افزایش شدت تنش خشکی در گزارش‌های دیگری نیز ذکر شده است (۲۶).

اثر تنش خشکی و اثر متقابل تنش خشکی × رقم بر تعداد شاخه فرعی در سطح آماری یک درصد و اثر رقم در سطح پنج درصد معنی‌دار بود (جدول ۳). بیشترین تعداد شاخه فرعی از تیمارهای شاهد و قطع آبیاری از مراحل گل‌دهی و

**جدول ۳. نتایج تجزیه واریانس اثر آبیاری و رقم بر صفات مورد بررسی کلزا**

| منابع تغییر | درجه آزادی | میانگین مربعات | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | ارتفاع گیاه | تعداد شاخه فرعی | تعداد خورجین در ساقه اصلی | تعداد خورجین در شاخه‌های فرعی | تعداد دانه در خورجین ساقه اصلی | تعداد دانه در خورجین شاخه‌های فرعی | وزن هزار دانه |
| تکرار | ۲ | ۱۲$^{ns}$ | ۰/۵۰$^{ns}$ | ۱۳$^{ns}$ | ۲۰$^{ns}$ | ۶/۲$^{ns}$ | ۱۴/۲$^{ns}$ | ۰/۱۱$^{ns}$ |
| آبیاری | ۳ | ۲۰۷۵$^{**}$ | ۳/۰۴$^{*}$ | ۷۷۳$^{**}$ | ۱۳۵۰۲$^{**}$ | ۵۳/۶$^{**}$ | ۸۹/۴$^{ns}$ | ۰/۹۶$^{*}$ |
| خطای الف | ۸ | ۱۱ | ۰/۵۹ | ۱۴ | ۲۹ | ۶/۵ | ۲۳/۸ | ۰/۱۵ |
| رقم | ۲ | ۲۵۹$^{**}$ | ۱/۳۲$^{*}$ | ۱۱۲$^{**}$ | ۴۵۲۸$^{**}$ | ۴/۵$^{ns}$ | ۱۰/۳$^{ns}$ | ۰/۱۰$^{ns}$ |
| آبیاری × رقم | ۶ | ۲۱۳$^{**}$ | ۱/۲۵$^{**}$ | ۸۳$^{**}$ | ۱۴۸$^{**}$ | ۲۵/۵$^{*}$ | ۱۰/۶$^{*}$ | ۰/۰۶$^{ns}$ |
| خطای ب | ۱۶ | ۱۰ | ۰/۲۳ | ۱۲ | ۷ | ۶/۴ | ۳/۱ | ۰/۱۴ |
| ضریب تغییرات (درصد) | | ۲/۸ | ۱۲/۴ | ۱۰/۱ | ۳/۹ | ۹/۹ | ۷/۸ | ۱۵/۲ |

| منابع تغییر | درجه آزادی | میانگین مربعات | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | عملکرد دانه | عملکرد زیست‌توده | شاخص برداشت | تلاش بازآوری | درصد روغن دانه | عملکرد روغن | انتقال مجدد | کارایی انتقال مجدد |
| تکرار | ۲ | ۲۲۵۶۷$^{ns}$ | ۳۸۴۵۵۶$^{ns}$ | ۵/۱$^{ns}$ | ۹$^{ns}$ | ۱۴/۱$^{ns}$ | ۳۳۲۷۸$^{ns}$ | ۵۵۹$^{ns}$ | ۱/۰۱$^{ns}$ |
| آبیاری | ۳ | ۴۴۹۷۷۰۹$^{**}$ | ۱۸۸۲۵۶۴$^{**}$ | ۶/۵$^{ns}$ | ۱۵۰۴$^{**}$ | ۹/۸$^{ns}$ | ۹۰۸۹۱۴$^{**}$ | ۱۷۲۲۶۱$^{**}$ | ۱۷۹/۶۵$^{**}$ |
| خطای الف | ۸ | ۸۸۸۷۵ | ۳۹۱۰۵۰ | ۴/۴ | ۱۸ | ۱۳/۲ | ۳۴۱۰۴ | ۶۳۵ | ۱/۰۵ |
| رقم | ۲ | ۲۵۲۳۲۸$^{*}$ | ۳۳۲۵۴۹$^{*}$ | ۱۷/۴$^{*}$ | ۲۰۸$^{**}$ | ۱۷/۶$^{ns}$ | ۳۴۶۴۷$^{ns}$ | ۱۹۹۹۲$^{**}$ | ۱۹/۰۷$^{**}$ |
| آبیاری × رقم | ۶ | ۱۶۰۵۵۴$^{*}$ | ۲۴۵۶۲۸$^{ns}$ | ۱/۰$^{ns}$ | ۶۶$^{**}$ | ۰/۲$^{ns}$ | ۲۹۱۱۲$^{ns}$ | ۷۳۱۵$^{**}$ | ۸/۶۵$^{**}$ |
| خطای ب | ۱۶ | ۵۱۸۷۵ | ۲۹۵۶۶۸ | ۱/۴ | ۱۰ | ۱۲/۲ | ۱۴۸۹۶ | ۱۰۲۳ | ۰/۴۶ |
| ضریب تغییرات (درصد) | | ۱۴/۶ | ۱۷/۸ | ۹/۶ | ۶/۰ | ۸/۲ | ۱۸/۱ | ۴/۰ | ۱/۰ |

ns غیر معنی‌دار، * و**به‌ترتیب درسطح احتمال پنج و یک درصد معنی‌دار هستند.

**جدول ۴. نتایج مقایسه میانگین‌های اثرات ساده آبیاری و رقم بر صفات مورد مطالعه کلزا**

| تیمارها | ارتفاع گیاه (سانتی‌متر) | تعداد شاخه فرعی | تعداد خورجین در ساقه اصلی | تعداد خورجین در شاخه‌های فرعی | تعداد دانه درخورجین ساقه اصلی | تعداد دانه در خورجین شاخه‌های فرعی | وزن هزار دانه (گرم) | عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| آبیاری | | | | | | | | |
| شاهد | ۱۲۶/۳$^{a}$ | ۴/۲$^{a}$ | ۴۷/۷$^{a}$ | ۱۱۵/۷$^{a}$ | ۲۹/۱$^{a}$ | ۲۶/۵$^{a}$ | ۳/۸۶$^{a}$ | ۲۳۸۴$^{a}$ |
| قطع آبیاری از ساقه‌دهی | ۹۳/۶$^{c}$ | ۳/۱$^{b}$ | ۲۶/۲$^{d}$ | ۲۱/۸$^{d}$ | ۲۳/۹$^{c}$ | ۱۹/۱$^{a}$ | ۳/۱۸$^{c}$ | ۷۸۳$^{d}$ |
| قطع آبیاری از گل‌دهی | ۱۱۸/۸$^{b}$ | ۴/۱$^{a}$ | ۳۱/۱$^{c}$ | ۵۶/۷$^{c}$ | ۲۳/۸$^{c}$ | ۲۱/۳$^{a}$ | ۳/۸۳$^{ab}$ | ۱۲۲۳$^{c}$ |
| قطع آبیاری از خورجین‌دهی | ۱۲۴/۷$^{a}$ | ۴/۲$^{a}$ | ۳۶/۴$^{b}$ | ۶۵/۳$^{b}$ | ۲۵/۸$^{b}$ | ۲۳/۳$^{a}$ | ۳/۴۳$^{bc}$ | ۱۸۸۲$^{b}$ |
| LSD (٪۵) | ۳/۳ | ۰/۸ | ۴/۰ | ۵/۸ | ۱/۴ | – | ۰/۴۳ | ۳۲۴ |
| رقم | | | | | | | | |
| GKH۲۰۰۵ | ۱۱۱/۲$^{c}$ | ۳/۵۸$^{b}$ | ۳۶/۳$^{a}$ | ۸۶/۷$^{a}$ | ۲۵/۰$^{a}$ | ۲۳/۶$^{a}$ | ۳/۶۸$^{a}$ | ۱۷۳۵$^{a}$ |
| Opera | ۱۱۵/۹$^{b}$ | ۴/۲۴$^{a}$ | ۳۷/۷$^{a}$ | ۴۹/۴$^{c}$ | ۲۶/۲$^{a}$ | ۲۲/۱$^{a}$ | ۳/۵۵$^{a}$ | ۱۴۸۶$^{b}$ |
| SLM۰۴۶ | ۱۲۰/۵$^{a}$ | ۳/۹۸$^{ab}$ | ۳۱/۹$^{b}$ | ۵۸/۵$^{b}$ | ۲۵/۹$^{a}$ | ۲۱/۹$^{a}$ | ۳/۵۱$^{a}$ | ۱۴۸۳$^{b}$ |
| LSD (٪۵) | ۲/۸ | ۰/۴۲ | ۳/۰۷ | ۲/۲۱ | - | – | - | ۱۹۷ |

| تیمارها | عملکرد زیست‌توده (کیلوگرم در هکتار) | شاخص برداشت (درصد) | تلاش بازآوری (درصد) | درصد روغن دانه | عملکرد روغن (کیلوگرم در هکتار) | انتقال مجدد (میلی‌گرم در بوته) | کارایی انتقال مجدد (درصد) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| آبیاری | | | | | | | |
| شاهد | ۲۹۸۰۰$^{a}$ | ۱۲/۵$^{a}$ | ۶۹/۸$^{a}$ | ۴۳/۷$^{a}$ | ۱۰۴۷$^{a}$ | ۷۵۰/۸$^{c}$ | ۷۱/۷$^{d}$ |
| قطع آبیاری از ساقه‌دهی | ۸۹۶۶$^{d}$ | ۱۱/۵$^{a}$ | ۳۸/۵$^{c}$ | ۴۱/۳$^{a}$ | ۳۲۵$^{c}$ | ۶۲۷/۱$^{d}$ | ۷۵/۱$^{c}$ |
| قطع آبیاری از گل‌دهی | ۱۴۶۱۵$^{c}$ | ۱۱/۹$^{a}$ | ۵۰/۸$^{b}$ | ۴۲/۸$^{a}$ | ۵۲۴$^{c}$ | ۸۸۷/۵$^{b}$ | ۷۹/۸$^{b}$ |
| قطع آبیاری از خورجین‌دهی | ۲۳۲۴۳$^{b}$ | ۱۲/۴$^{a}$ | ۵۵/۱$^{b}$ | ۴۳/۳$^{a}$ | ۸۱۳$^{b}$ | ۹۳۲/۱$^{a}$ | ۸۱/۵$^{a}$ |
| LSD (٪۵) | ۲۳۲۵ | - | ۴/۶ | - | ۲۰۱ | ۲۷/۴ | ۱/۱ |
| رقم | | | | | | | |
| GKH۲۰۰۵ | ۲۱۶۰۱$^{a}$ | ۱۲/۵$^{a}$ | ۵۷/۸$^{a}$ | ۴۲/۰$^{a}$ | ۷۳۸$^{a}$ | ۸۴۵$^{a}$ | ۷۸/۵$^{a}$ |
| Opera | ۱۸۴۲۷$^{b}$ | ۱۲/۴$^{a}$ | ۴۹/۵$^{c}$ | ۴۲/۱$^{a}$ | ۶۳۵$^{a}$ | ۷۶۶$^{b}$ | ۷۶/۳$^{b}$ |
| SLM۰۴۶ | ۱۶۷۵۸$^{c}$ | ۱۱/۳$^{b}$ | ۵۳/۵$^{b}$ | ۴۴/۲$^{a}$ | ۶۵۸$^{a}$ | ۷۸۷$^{b}$ | ۷۶/۳$^{b}$ |
| LSD (٪۵) | ۱۳۹۲ | ۱/۰ | ۲/۷ | - | ۱۰۶ | ۲۸ | ۰/۵ |

میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک در هر ستون و در هر عامل آزمایشی از نظر آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد فاقد اختلاف معنی‌دار آماری هستند.

**جدول ۵. نتایج مقایسه میانگین‌های اثر متقابل آبیاری × رقم بر برخی صفات مورد مطالعه کلزا به روش برش‌دهی**

| ارتفاع گیاه (سانتی‌متر) | | | | | تعداد شاخه فرعی | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ارقام | شاهد | قطع آبیاری از ساقه‌دهی | قطع آبیاری از گل‌دهی | قطع آبیاری از خورجین‌دهی | شاهد | قطع آبیاری از ساقه‌دهی | قطع آبیاری از گل‌دهی | قطع آبیاری از خورجین‌دهی |
| GKH۲۰۰۵ | ۱۱۶/۳$^{b}$ | ۱۰۱/۳$^{a}$ | ۱۱۲/۳$^{b}$ | ۱۱۵/۰$^{c}$ | ۳/۶$^{b}$ | ۳/۵$^{a}$ | ۳/۶$^{b}$ | ۳/۶$^{b}$ |
| Opera | ۱۲۸/۰$^{a}$ | ۹۳/۰$^{b}$ | ۱۱۵/۰$^{b}$ | ۱۲۷/۶$^{b}$ | ۵/۰$^{a}$ | ۲/۳$^{b}$ | ۴/۶$^{a}$ | ۵/۰$^{a}$ |
| SLM۰۴۶ | ۱۳۴/۶$^{a}$ | ۸۶/۶$^{c}$ | ۱۲۹/۳$^{a}$ | ۱۳۱/۶$^{a}$ | ۴/۲$^{ab}$ | ۳/۴$^{ab}$ | ۴/۲$^{ab}$ | ۴/۱$^{ab}$ |
| LSD (٪۵) | ۸/۴ | ۵/۱ | ۱۰/۳ | ۲/۲ | ۱/۱۴ | ۱/۱۲ | ۱/۰۰ | ۱/۱۶ |
| تعداد خورجین در ساقه اصلی | | | | | تعداد خورجین در شاخه‌های فرعی | | | |
| ارقام | شاهد | قطع آبیاری از ساقه‌دهی | قطع آبیاری از گل‌دهی | قطع آبیاری از خورجین‌دهی | شاهد | قطع آبیاری از ساقه‌دهی | قطع آبیاری از گل‌دهی | قطع آبیاری از خورجین‌دهی |
| GKH۲۰۰۵ | ۴۶/۲$^{b}$ | ۳۳/۰$^{a}$ | ۳۱/۵$^{a}$ | ۳۴/۷$^{a}$ | ۱۳۸/۴$^{a}$ | ۳۹/۰$^{a}$ | ۸۱/۰$^{a}$ | ۸۸/۳$^{a}$ |
| Opera | ۵۷/۳$^{a}$ | ۲۲/۸$^{a}$ | ۳۲/۰$^{a}$ | ۳۹/۱$^{a}$ | ۱۰۱/۸$^{b}$ | ۱۱/۰$^{b}$ | ۳۰/۶$^{c}$ | ۵۴/۳$^{b}$ |
| SLM۰۴۶ | ۳۹/۸$^{c}$ | ۲۲/۷$^{ab}$ | ۲۹/۶$^{a}$ | ۳۵/۵$^{a}$ | ۱۰۶/۸$^{b}$ | ۱۵/۵$^{b}$ | ۵۸/۶$^{b}$ | ۵۳/۲$^{b}$ |
| LSD (٪۵) | ۲/۳ | ۱۰/۶ | ۱۰/۱ | ۵/۹ | ۷/۶ | ۵/۲ | ۵/۹ | ۳/۷ |
| تعداد دانه در خورجین ساقه اصلی | | | | | تعداد دانه در خورجین شاخه‌های فرعی | | | |
| ارقام | شاهد | قطع آبیاری از ساقه‌دهی | قطع آبیاری از گل‌دهی | قطع آبیاری از خورجین‌دهی | شاهد | قطع آبیاری از ساقه‌دهی | قطع آبیاری از گل‌دهی | قطع آبیاری از خورجین‌دهی |
| GKH۲۰۰۵ | ۲۷/۷$^{b}$ | ۲۶/۷$^{a}$ | ۲۱/۶$^{a}$ | ۲۴/۰$^{a}$ | ۲۵/۳$^{a}$ | ۲۱/۰$^{a}$ | ۱۸/۳$^{b}$ | ۲۳/۳$^{ab}$ |
| Opera | ۲۸/۳$^{ab}$ | ۲۵/۷$^{a}$ | ۲۳/۸$^{a}$ | ۲۷/۰$^{a}$ | ۲۵/۸$^{a}$ | ۱۸/۰$^{a}$ | ۲۲/۰$^{ab}$ | ۲۲/۶$^{b}$ |
| SLM۰۴۶ | ۳۱/۳$^{a}$ | ۱۹/۵$^{b}$ | ۲۶/۲$^{a}$ | ۲۶/۶$^{a}$ | ۲۸/۵$^{a}$ | ۱۸/۳$^{a}$ | ۲۳/۸$^{a}$ | ۲۴/۰$^{a}$ |
| LSD (٪۵) | ۳/۳ | ۶/۲ | ۸/۶ | ۳/۰ | ۳/۳ | ۵/۷ | ۴/۴ | ۰/۹ |
| عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار) | | | | | تلاش بازآوری (درصد) | | | |
| ارقام | شاهد | قطع آبیاری از ساقه‌دهی | قطع آبیاری از گل‌دهی | قطع آبیاری از خورجین‌دهی | شاهد | قطع آبیاری از ساقه‌دهی | قطع آبیاری از گل‌دهی | قطع آبیاری از خورجین‌دهی |
| GKH۲۰۰۵ | ۲۳۴۸$^{a}$ | ۱۰۸۵$^{a}$ | ۱۴۰۹$^{a}$ | ۲۰۹۹$^{a}$ | ۶۹/۹$^{a}$ | ۴۵/۰$^{a}$ | ۵۶/۳$^{a}$ | ۶۱/۰$^{a}$ |
| Opera | ۲۶۹۲$^{a}$ | ۵۲۷$^{b}$ | ۱۰۷۶$^{b}$ | ۱۶۴۹$^{b}$ | ۷۳/۳$^{a}$ | ۲۹/۷$^{c}$ | ۴۵/۷$^{b}$ | ۴۹/۳$^{b}$ |
| SLM۰۴۶ | ۲۱۱۲$^{a}$ | ۷۳۸$^{ab}$ | ۱۱۸۳$^{ab}$ | ۱۸۹۸$^{ab}$ | ۶۷/۳$^{a}$ | ۴۱/۰$^{b}$ | ۵۰/۷$^{ab}$ | ۵۵/۰$^{ab}$ |
| LSD (٪۵) | ۸۷۳ | ۳۵۲ | ۲۸۶ | ۳۱۴ | ۸/۵ | ۲/۷ | ۸/۸ | ۷/۳ |
| انتقال مجدد (میلی‌گرم در بوته) | | | | | کارایی انتقال مجدد (درصد) | | | |
| ارقام | شاهد | قطع آبیاری از ساقه‌دهی | قطع آبیاری از گل‌دهی | قطع آبیاری از خورجین‌دهی | شاهد | قطع آبیاری از ساقه‌دهی | قطع آبیاری از گل‌دهی | قطع آبیاری از خورجین‌دهی |
| GKH۲۰۰۵ | ۷۵۱/۶$^{b}$ | ۷۰۹/۰$^{a}$ | ۹۲۷/۶$^{a}$ | ۹۹۱/۶$^{a}$ | ۷۱/۲$^{b}$ | ۷۶/۹$^{a}$ | ۸۲/۰$^{a}$ | ۸۴/۰$^{a}$ |
| Opera | ۷۹۶/۶$^{a}$ | ۵۴۲/۳$^{c}$ | ۸۳۹/۶$^{a}$ | ۸۸۶/۳$^{b}$ | ۷۳/۱$^{a}$ | ۷۵/۲$^{ab}$ | ۷۷/۷$^{c}$ | ۷۹/۳$^{c}$ |
| SLM۰۴۶ | ۷۰۴/۳$^{c}$ | ۶۳۰/۰$^{b}$ | ۸۹۵/۳$^{a}$ | ۹۱۸/۳$^{b}$ | ۷۱/۰$^{b}$ | ۷۳/۱$^{b}$ | ۷۹/۸$^{b}$ | ۸۱/۳$^{b}$ |
| LSD (٪۵) | ۱۵/۲ | ۶۳/۳ | ۱۲۰/۲ | ۴۸/۳ | ۰/۹ | ۲/۴ | ۱/۰ | ۱/۱ |

میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک در هر ستون فاقد اختلاف معنی‌دار آماری از نظر آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد هستند.

خورجین‌دهی به‌دست آمد (بین ۴/۱ تا ۴/۲ عدد) و قطع آبیاری از ساقه‌دهی به بعد سبب کاهش تعداد شاخه فرعی به ۳/۱ عدد شد. کاهش تعداد شاخه فرعی کلزا از ۴/۱۴ عدد در تیمار بدون تنش به ۱/۸۰ عدد در تیمار دیم گزارش شده است (۲۵) و به‌نظر می‌رسد که تعداد مطلوب شاخه در واحد سطح، با رژیم رطوبتی خاک در طی دوره رشد گیاه ارتباط نزدیکی دارد.

کلزا گیاهی رشد نامحدود است و به همین دلیل تولید و رشد شاخه‌های فرعی می‌تواند در تمام طول دوره رشد تداوم داشته باشد، اما بیشترین شکل‌گیری تعداد شاخه فرعی قبل از ساقه‌دهی است که در زمان ساقه‌دهی رشد و تکامل می‌یابند (۱۸). همچنین تعداد شاخه فرعی در رقم GKH۲۰۰۵ در سطوح مختلف تیمار آبیاری ثابت بود، درحالی که دو رقم دیگر با وجود برخورداری از بیشترین تعداد شاخه فرعی در شرایط شاهد، با کاهش نسبتاً زیاد تعداد شاخه فرعی در تیمارهای قطع آبیاری (به‌ویژه قطع آبیاری از ساقه‌دهی) حساسیت بالایی به تنش خشکی داشتند. در شرایط تنش رطوبتی تعداد شاخه‌های فرعی در ارقام کلزای حساس به خشکی کاهش می‌یابد، درحالی که در ارقام متحمل به خشکی کاهش یاد شده از نظر آماری معنی‌دار نیست (۳۱).

اثر تنش خشکی، رقم و اثر متقابل تنش خشکی × رقم بر تعداد خورجین در ساقه اصلی و شاخه‌های فرعی در سطح آماری یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۳). بیشترین تعداد خورجین در ساقه اصلی و شاخه‌های فرعی از تیمار شاهد و به‌ترتیب به‌میزان ۴۷/۷ و ۱۱۵/۷ عدد به‌دست آمد و قطع آبیاری از ساقه‌دهی، گل‌دهی و خورجین‌دهی به بعد سبب کاهش تعداد خورجین در ساقه اصلی و شاخه‌های فرعی به ۲۶/۲، ۲۱/۸ و ۳۱/۱، ۵۶/۷ و ۳۶/۴ و ۶۵/۳ عدد در مقایسه با تیمار شاهد شد (جدول ۴). واکنش ارقام از نظر تعداد خورجین در ساقه اصلی به هر سطح آبیاری کاملاً متفاوت بود (جدول ۵). از نظر تعداد خورجین در ساقه اصلی، رقم Opera در تیمار شاهد و ارقام GKH۲۰۰۵ و Opera در قطع آبیاری از مرحله ساقه‌دهی برتر بودند، این درحالی است که در کلیه تیمارهای آبیاری، رقم GKH۲۰۰۵ به‌طور معنی‌داری تعداد بیشتری خورجین در شاخه‌های فرعی در مقایسه با دو رقم SLM۰۴۶ و به‌ویژه Opera داشت (جدول ۵).

از بین تیمارهای قطع آبیاری در این آزمایش، تیمارهای قطع آبیاری از ساقه‌دهی و گل‌دهی دارای کمترین تعداد خورجین در ساقه اصلی و شاخه‌های فرعی بودند (جدول ۴). به‌نظر می‌رسد که این موضوع ناشی از تأثیر تنش خشکی بر کاهش تولید مواد فتوسنتزی قبل از گل‌دهی، تولید گل‌آذین کوچک وعدم باروری تعدادی از گل‌ها در تیمار قطع آبیاری از ساقه‌دهی بوده است. همچنین دلیل کاهش تعداد خورجین در ساقه اصلی در تیمار قطع آبیاری از گل‌دهی، تأثیر تنش خشکی بر گرده‌افشانی گل‌های کلزا بوده است که احتمالاً سبب کاهش باروری گل‌ها و خشک شدن آنها شده است. این موضوع در مورد ساقه اصلی نسبت به شاخه‌های فرعی کمتر مشاهده شد که علت آن را می‌توان به‌ترتیب گل‌دهی شاخه‌ها در کلزا نسبت داد. تفاوت بین سه رقم کلزای مورد بررسی در سطوح مختلف آبیاری از نظر تعداد خورجین در ساقه اصلی بسیار کمتر از شاخه‌های فرعی بود (جدول ۵). از این‌رو رقم GKH۲۰۰۵ با وجود تعداد شاخه فرعی کمتر در مقایسه با دو رقم دیگر، در کلیه سطوح آبیاری از نظر تولید خورجین در شاخه‌های فرعی پتانسیل بالاتری داشت (جدول ۵). قبلاً نیز گزارش شده است که در شرایط تنش رطوبتی تعداد خورجین در لاین‌های متحمل کلزا کاهش معنی‌داری نمی‌یابد (۳۱).

اثر تنش خشکی بر تعداد دانه در خورجین ساقه اصلی در سطح آماری یک درصد معنی‌دار بود اما تعداد دانه در خورجین شاخه‌های فرعی از نظر آماری تحت تأثیر تنش خشکی قرار نگرفت (جدول ۳). همچنین اثر رقم بر تعداد دانه در خورجین ساقه اصلی و شاخه‌های فرعی در سطح آماری معنی‌دار نبود ولی اثر متقابل تنش خشکی × رقم بر تعداد دانه در خورجین ساقه اصلی و شاخه‌های فرعی در سطح آماری پنج درصد معنی‌دار بود (جدول ۳). بیشترین تعداد دانه در خورجین ساقه اصلی از تیمار شاهد و به‌میزان ۲۹/۱ عدد به‌دست آمد و قطع آبیاری از مراحل ساقه‌دهی و گل‌دهی سبب بیشترین کاهش این صفت (به‌ترتیب

۱۷/۸ و ۱۸/۲ درصد) در مقایسه با تیمار شاهد شد، در حالی‌که این میزان کاهش در تیمار قطع آبیاری از خورجین‌دهی برابر با ۱۱/۳ درصد بود (جدول ۴).

ارقام از نظر تعداد دانه در خورجین ساقه اصلی در هر سطح آبیاری متفاوت بودند، به‌عنوان مثال در تیمار شاهد رقم SLM۰۴۶ و درقطع آبیاری از ساقه‌دهی ارقام GKH۲۰۰۵ و Opera بالاترین تعداد دانه در خورجین ساقه اصلی را تولید کردند، اما در تیمارهای قطع آبیاری از مراحل گل‌دهی و خورجین‌دهی تفاوت معنی‌داری بین سه رقم کلزای مورد بررسی مشاهده نشد (جدول ۵). از نظر تعداد دانه در خورجین شاخه‌های فرعی، برخلاف تعداد دانه در خورجین ساقه اصلی، ارقام اختلاف معنی‌داری در تیمارهای شاهد و قطع آبیاری از ساقه‌دهی نداشتند، درحالی که در تیمارهای قطع آبیاری از مراحل گل‌دهی و خورجین‌دهی رقم SLM۰۴۶ برتر از دو رقم دیگر بود (جدول ۵).

در این آزمایش قطع آبیاری از ساقه‌دهی، احتمالاً به‌واسطه کاهش تعداد برگ و سطح برگ، مواد فتوسنتزی ساخته شده در برگ‌ها قبل و بعد از گل‌دهی را به‌شدت کاهش داده و به‌دلیل رقابت بین مخازن (دانه‌ها) برای پر شدن، دانه‌های زیادی پوک مانده و یا سقط شده‌اند. این درحالی است که در تیمار قطع آبیاری از گل‌دهی، احتمالاً کم شدن دوره فعالیت منبع (برگ‌ها) به‌دلیل تسریع در پیری آنها و کاهش میزان فتوسنتز جاری، قدرت مخزن در جذب مواد فتوسنتزی کاهش یافته است و این عوامل به‌همراه بارور نبودن دانه‌های گرده و سقط دانه‌ها سبب افت تعداد دانه در خورجین در ساقه اصلی شده است. نتایج حاصله از این آزمایش در تطابق با نتایج دیگر پژوهشگران است (۷). نتایج نشان داد که تیمارهای آبیاری تأثیر معنی‌داری بر تعداد دانه در خورجین شاخه‌های فرعی نداشته است که این موضوع به کاهش شدید مشاهده شده در تعداد خورجین در شاخه‌های فرعی در تیمارهای قطع آبیاری مرتبط است. از این‌رو آسیمیلات تولید شده در تیمارهای قطع آبیاری با وجود کاهش نسبت به تیمار بدون تنش (شاهد)، توانایی پر شدن دانه‌های موجود در خورجین‌های شاخه‌های فرعی را داشته و کاهش معنی‌داری مشاهده نشد.

اثر تنش خشکی بر وزن هزار دانه در سطح آماری پنج درصد معنی‌دار بود، درحالی که اثر رقم و اثر متقابل تنش خشکی × رقم بر این صفت معنی‌دار نبود (جدول ۳). بیشترین وزن هزار دانه از تیمار شاهد و به‌میزان ۳/۸۶ گرم به‌دست آمد و قطع آبیاری از مراحل ساقه‌دهی، گل‌دهی و خورجین‌دهی به‌ترتیب سبب کاهش ۱۷/۶، ۰/۷ و ۱۱/۱ درصدی وزن هزار دانه در مقایسه با تیمار شاهد شد (جدول ۴). نتایج نشان داد که در میان تیمارهای قطع آبیاری، بیشترین میزان کاهش وزن هزار دانه در قطع آبیاری از ساقه‌دهی و خورجین‌دهی مشاهده شد، درحالی که قطع آبیاری از گل‌دهی تأثیر معنی‌داری بر وزن هزار دانه نداشت (جدول ۴). عدم تأثیر معنی‌دار قطع آبیاری از گل‌دهی بر وزن هزار دانه ۲۴ ژنوتیپ کلزا گزارش شده است که با نتایج این آزمایش همخوانی دارد (۷). به‌نظر می‌رسد تنش خشکی از مرحله ساقه‌دهی احتمالاً به‌واسطه اختلال در فتوسنتز گیاه و در نتیجه کاهش سنتز آسیمیلات‌های لازم برای پر شدن دانه‌ها، و تنش خشکی از مرحله خورجین‌دهی به‌دلیل همزمانی رشد دانه با زمان اعمال تنش و اختلال در انتقال آسیمیلات‌های تولید شده در قبل از گل‌دهی، چروکیدگی و کاهش وزن دانه‌ها را موجب شده است.

در این آزمایش اثر تنش خشکی بر عملکرد دانه در سطح آماری یک درصد معنی‌دار و اثر رقم و اثر متقابل تنش خشکی × رقم در سطح آماری پنج درصد معنی‌دار بود (جدول ۳). در تیمار شاهد بیشترین عملکرد دانه به‌میزان ۲۳۸۴ کیلوگرم در هکتار تولید شد و با قطع آبیاری از مراحل ساقه‌دهی، گل‌دهی و خورجین‌دهی، این صفت به‌ترتیب به‌میزان ۶۷، ۴۹ و ۲۱ درصد کاهش یافت (جدول ۴). همچنین ارقام در تیمار شاهد، تفاوت معنی‌داری با هم نداشتند، درحالی که در قطع آبیاری از مراحل ساقه‌دهی، گل‌دهی و خورجین‌دهی رقم GKH۲۰۰۵ بیشترین و رقم Opera کمترین عملکرد دانه را تولید کردند (جدول ۵). این در حالی است که رقم SLM۰۴۶ تفاوت معنی‌داری از نظر عملکرد دانه با ارقام GKH۲۰۰۵ و Opera نداشت (جدول ۵).

کاهش عملکرد دانه کلزا در شرایط تنش خشکی و خشکی توسط بسیاری از پژوهشگران گزارش شده است که با نتایج این آزمایش همخوانی دارد (۷ و ۲۶). نتایج نشان داد که قطع آبیاری از مرحله ساقه‌دهی به‌ترتیب با کاهش ۴۵ و ۸۱ درصدی تعداد خورجین در ساقه اصلی و شاخه‌های فرعی، ۱۸ و ۲۸ درصدی تعداد دانه در خورجین ساقه اصلی و شاخه‌های فرعی و ۱۸ درصدی وزن هزار دانه در مقایسه با تیمار شاهد سبب کاهش بیشتر عملکرد دانه در مقایسه با تیمارهای قطع آبیاری از مرحله گل‌دهی و خورجین‌دهی شد (جدول ۴). این در حالی است که میزان کاهش ذکر شده در تعداد خورجین در ساقه اصلی و شاخه‌های فرعی، تعداد دانه در خورجین ساقه اصلی و شاخه‌های فرعی و وزن هزار دانه در تیمار قطع آبیاری از مرحله گل‌دهی به‌ترتیب برابر با ۳۵، ۵۱، ۱۸، ۲۰ و ۰/۷ درصد و در تیمار قطع آبیاری از مرحله خورجین‌دهی برابر با ۲۴، ۴۴، ۱۱، ۱۲ و ۱۱ درصد بود (جدول ۴). عملکرد گیاه کلزا تابع تعداد خورجین در گیاه، تعداد دانه در خورجین و وزن دانه‌هاست (۳). بالا بودن عملکرد دانه در برخی ژنوتیپ‌های کلزا با ویژگی‌هایی نظیر گل‌دهی زودهنگام، تعداد شاخه فرعی کم، تعداد بیشتر خورجین‌ها، دانه در خورجین و وزن هزار دانه زیاد مرتبط است (۲۹).

در این آزمایش اثر تنش خشکی بر عملکرد زیست‌توده در سطح آماری یک درصد معنی‌دار و اثر رقم در سطح آماری پنج درصد معنی‌دار بود در حالی‌که اثر متقابل تنش خشکی × رقم در سطح آماری معنی‌دار نبود (جدول ۳). بالاترین عملکرد زیست‌توده از تیمار شاهد و به‌میزان ۲۹۸۰۰ کیلوگرم در هکتار به‌دست آمد و به واسطه اعمال قطع آبیاری از مراحل ساقه‌دهی، گل‌دهی و خورجین‌دهی میانگین عملکرد زیست‌توده به‌ترتیب ۷۰، ۵۱ و ۲۲ درصد کاهش یافت (جدول ۴). در بین سه رقم کلزای مورد مطالعه، رقم GKH۲۰۰۵ بیشترین و رقم SLM۰۴۶ کمترین عملکرد زیست‌توده را داشت (جدول ۴).

در میان اثرهای اصلی و متقابل، شاخص برداشت تنها تحت تأثیر رقم قرار گرفت (جدول ۳). ارقام GKH۲۰۰۵ و Opera بیشترین شاخص برداشت را به‌ترتیب به‌میزان ۱۲/۵ و ۱۲/۴ درصد دارا بودند و رقم SLM۰۴۶ شاخص برداشت پایین‌تری داشت که به عملکرد دانه مرتبط است (جدول ۴). ارتباط معنی‌داری بین شاخص برداشت و عملکرد دانه در گیاه کلزا وجود دارد (۲۴).

در این آزمایش اثر تنش خشکی، رقم و اثر متقابل تنش خشکی × رقم بر تلاش بازآوری در سطح آماری یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۳). در بین تیمارهای آبیاری تیمار شاهد بیشترین میزان تلاش بازآوری را به‌میزان ۶۹/۸ درصد داشت و پس از آن تیمارهای قطع آبیاری از مراحل خورجین‌دهی و گل‌دهی، به‌ترتیب به‌میزان ۵۵/۱ و ۵۰/۸ درصد قرار داشتند (جدول ۴). همچنین کمترین میزان تلاش بازآوری از تیمار قطع آبیاری از ساقه‌دهی به‌میزان ۳۸/۵ درصد حاصل شد (جدول ۴). همچنین در تیمار شاهد، سه رقم مورد بررسی تفاوت معنی‌داری با هم نداشتند، درحالی‌که در تیمارهای قطع آبیاری از ساقه‌دهی، گل‌دهی و خورجین‌دهی رقم GKH۲۰۰۵ بیشترین میزان تلاش بازآوری را داشت (جدول ۵). تلاش بازآوری به‌عنوان یک شاخص، معیاری از کارایی انتقال مواد فتوسنتزی تولید شده در گیاه به اندام زایشی (خورجین‌ها) است (۱۵) و در این آزمایش بر اساس نتایج حاصل می‌توان نتیجه گرفت که تأثیر تیمارهای تنش خشکی بر میزان رشد و وزن خورجین‌ها بیشتر از تأثیر آن بر عملکرد زیست‌توده بوده است. به عبارت دیگر در شرایط تنش، تسهیم مواد فتوسنتزی به اندام رویشی نسبت به اندام زایشی گیاه کلزا غالبیت پیدا می‌کند (۱۹).

عملکرد گیاهان زراعی تحت شرایط تنش خشکی به‌شدت وابسته به فرایندهای تسهیم ماده خشک به اندام‌های زایشی و رویشی است که در ارقام و شرایط مختلف محیطی متفاوت است (۱۶). تنش خشکی یکی از مهم‌ترین عوامل محیطی تأثیرگذار بر تسهیم مواد فتوسنتزی در گیاه کلزا است. در گیاهان 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 بر تخصیص

مواد فتوسنتزی بین اندام‌های زایشی و رویشی اثر می‌گذارد (۲۷). با توجه به تفاوت موجود بین ارقام کلزا به‌نظر می‌رسد ارقامی که سهم بیشتری از مواد فتوسنتزی را به اندام‌های اقتصادی خود (خورجین در کلزا) اختصاص دهند، کاهش عملکرد کمتری را نسبت به شرایط آبیاری معمول خواهند داشت (۱۵). در آزمایش حاضر نیز رقم GKH۲۰۰۵ با تخصیص مناسب‌تر مواد فتوسنتزی به خورجین‌ها کاهش عملکرد کمتری را در شرایط قطع آبیاری در مقایسه با دو رقم دیگر داشت (جدول ۵).

اثر تنش خشکی، اثر رقم و اثر متقابل تنش خشکی × رقم بر درصد روغن دانه معنی‌دار نبود (جدول ۳). به‌طورکلی عوامل ژنتیکی از پارامترهای اصلی تعیین‌کننده درصد روغن دانه کلزا است و تأثیر عوامل محیطی بر درصد روغن دانه بسیار کم است (۲۳).

اثر تنش خشکی بر عملکرد روغن دانه در سطح آماری یک درصد معنی‌دار بود، درحالی که اثر رقم و اثر متقابل تنش خشکی × رقم بر این صفت معنی‌دار نبود (جدول ۳). بر اساس نتایج مقایسه میانگین، عملکرد روغن تولید شده در تیمار شاهد بیشتر از سایر تیمارهای آبیاری بود و تیمارهای قطع آبیاری سبب کاهش معنی‌دار عملکرد روغن شدند (جدول ۴). به‌طور مثال عملکرد روغن تولید شده از ۱۰۴۷ کیلوگرم در هکتار در تیمار شاهد به‌ترتیب به ۳۲۵، ۵۲۴ و ۸۱۳ کیلوگرم در هکتار در تیمارهای قطع آبیاری از مراحل ساقه‌دهی، گل‌دهی و خورجین‌دهی کاهش یافت (جدول ۴). هدف اصلی از کشت کلزا استحصال روغن است، بنابراین عملکرد روغن اهمیت بیشتری نسبت به‌میزان روغن دانه دارد. در این آزمایش اگرچه تنش خشکی تأثیر چندانی بر میزان روغن دانه در تیمارهای مختلف آبیاری نداشت، اما بر عملکرد روغن در واحد سطح تأثیر زیادی گذاشت (جدول ۴). به‌نظر می‌رسد که دلیل این امر ناشی از کنترل بیشتر درصد روغن دانه توسط عوامل ژنتیکی و تأثیرپذیری بالای عملکرد روغن از تغییرات عملکرد دانه نسبت به درصد روغن بوده است.

در این آزمایش اثر تنش خشکی، اثر رقم و اثر متقابل تنش خشکی × رقم بر انتقال مجدد در سطح آماری یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۳). کمترین میزان انتقال مجدد در تیمار قطع آبیاری از ساقه‌دهی و به میزان ۶۲۷/۱ میلی‌گرم در بوته مشاهده شد و پس از آن تیمار شاهد در گروه جداگانه‌ای قرار گرفت (جدول ۴). در مقابل بیشترین میزان انتقال مجدد در تیمار قطع آبیاری از خورجین‌دهی به‌میزان ۹۳۲/۱ میلی‌گرم در بوته مشاهده شد و پس از آن تیمار قطع آبیاری از گل‌دهی بالاترین میزان انتقال مجدد را داشت (جدول ۴). بررسی سطوح اثر متقابل برای صفت انتقال مجدد نشان داد که در تیمار شاهد، رقم Opera و در تیمارهای قطع آبیاری از مراحل ساقه‌دهی و خورجین‌دهی رقم GKH۲۰۰۵ برتر بودند (جدول ۵). این در حالی است که در تیمار قطع آبیاری از گل‌دهی تفاوت معنی‌داری در بین سه رقم کلزای مورد بررسی وجود نداشت (جدول ۵). اصولاً تنش خشکی سبب افزایش میزان انتقال مجدد از ذخایر موجود در ساقه و دمبرگ به دانه گیاهان زراعی می‌شود (۹). هنگامی‌که ظرفیت فتوسنتزی گیاه به‌وسیله تنش خشکی کاهش می‌یابد، پر شدن دانه به‌شدت وابسته به انتقال مجدد ذخایر ساقه می‌شود و میزان مشارکت این ذخایر در شکل‌گیری عملکرد دانه از ۲۲ تا ۶۶ درصد وزن خشک دانه گزارش شده است (۸). در آزمایش حاضر نیز قطع آبیاری از مرحله خورجین‌دهی سبب افزایش انتقال مجدد مواد موجود در برگ‌ها و ساقه به مخازن شد، اما این افزایش در حدی نبود که کاهش محسوس تعداد خورجین در گیاه را جبران کند و عملکرد دانه در مقایسه با تیمار شاهد کاهش یافت (جدول ۵).

نتایج مندرج در جدول ۵ بیانگر این موضوع بود که در شرایط شاهد، رقم Opera از بیشترین میزان انتقال مجدد برخوردار بود و احتمالاً یکی از دلایل بالاتر بودن عملکرد دانه در رقم مذکور به همین واسطه بوده است. در مقابل رقم GKH۲۰۰۵ با برخورداری از بیشترین مقادیر انتقال مجدد در تیمارهای قطع آبیاری، از پایداری عملکرد بالاتری در شرایط تنش خشکی برخوردار بود (جدول ۵). همچنین به‌نظر می‌رسد یکی از دلایل بالاتر بودن تعداد خورجین در ساقه اصلی و شاخه‌های فرعی در

رقم GKH۲۰۰۵، بالاتر بودن میزان انتقال مجدد در رقم مذکور باشد. پژوهشگران دیگر نیز نیز بر نقش مهم انتقال مجدد در بالاتر بودن عملکرد دانه ارقام کلزای متحمل به خشکی تأکید داشته‌اند (۱۹).

در این آزمایش اثر تنش خشکی، اثر رقم و اثر متقابل تنش خشکی × رقم بر کارایی انتقال مجدد در سطح آماری یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۳). بیشترین و کمترین میزان کارایی انتقال مجدد به‌ترتیب در تیمارهای قطع آبیاری از خورجین‌دهی و شاهد به‌میزان ۸۱/۵ و ۷۱/۷ درصد مشاهده شد (جدول ۴). همچنین تیمارهای قطع آبیاری از گل‌دهی و ساقه‌دهی پس از تیمار قطع آبیاری از خورجین‌دهی، بیشترین کارایی انتقال مجدد را داشتند و کارایی انتقال مجدد در تیمارهای مذکور در مقایسه با تیمار شاهد به‌ترتیب ۴/۷ و ۱۱/۳ درصد بیشتر بود (جدول ۴). واکنش سه رقم کلزای مورد بررسی از نظر کارایی انتقال مجدد بسیار متفاوت بود، به‌طوری که در شرایط بدون تنش رقم Opera با برخورداری از بیشترین میزان انتقال مجدد در کارایی انتقال مجدد نیز بسیار کارآمد بود. این در حالی است که در سطوح تنش خشکی رقم Opera در انتقال مجدد مواد ذخیره شده در مخازن ثانویه (ساقه و دمبرگ) کارایی زیادی نداشت و عملکرد دانه کمی تولید کرد (جدول ۵). در مقابل رقم GKH۲۰۰۵ با کارایی بالا در انتقال مجدد به موازات اعمال قطع آبیاری توانست عملکرد دانه بالاتری در مقایسه با دو رقم دیگر تولید کند (جدول ۵). در این زمینه نیز گزارش شده است که با اعمال قطع آبیاری از مرحله گرده‌افشانی، میزان انتقال مجدد و کارایی انتقال مجدد به‌ترتیب ۱۵ و ۱۸ درصد نسبت به تیمار آبیاری کامل افزایش یافت (۱۱).

## نتیجه‌گیری

نتایج این آزمایش نشان داد که در شرایط بدون تنش رقم Opera با برخورداری از بیشترین میزان انتقال مجدد در کارایی انتقال مجدد نیز بسیار کارآمد بود. این در حالی است که در سطوح تنش خشکی رقم Opera در انتقال مجدد مواد ذخیره شده از مخازن ثانویه (ساقه و دمبرگ) کارایی زیادی نداشت و عملکرد دانه کمی نیز تولید کرد. از طرف دیگر، بیشترین عملکرد دانه در سطوح قطع آبیاری در رقم GKH۲۰۰۵ با داشتن بیشترین اجزا عملکرد، به‌ویژه تعداد خورجین در شاخه‌های فرعی مشاهده شد. در سطوح قطع آبیاری رقم GKH۲۰۰۵ با وجود عملکرد دانه زیاد، از نظر تخصیص مواد فتوسنتزی تولید شده به خورجین‌ها نیز کارآمد بود و با کارایی بالا در انتقال مجدد به موازات اعمال قطع آبیاری از مراحل نموی توانست عملکرد دانه بالاتری در مقایسه با دو رقم دیگر تولید کند.

## منابع مورد استفاده


1. Abid, M., Z. Tian, S. T. Ata-Ul-Karim, Y. Liu, Y. Cui, R. Zahoor, D. Jiang and T. Dai. 2016. Improved tolerance to post-anthesis drought stress by pre-drought priming at vegetative stages in drought-tolerant and -sensitive wheat cultivars. *Plant Physiology and Biochemistry* 106: 218-227.
2. Akhzari, D. and M. Pessarakli. 2015. Effect of drought stress on total protein, essential oil content, and physiological traits of levisticum officinale koch. *Journal of Plant Nutrition* 39(10): 1365-137.
3. Angadi, S. V. and M. H. Entz. 2002. Root system and water use patterns of different height sunflower cultivars. *Agronomy Journal* 94: 136-145.
4. Bahari, N. and H. Shahbazi. 2011. Remobilization of stem reserves in some bread wheat cultivars under normal and terminal drought stress. *Advances in Environmental Biology* 5(8): 24-34.
5. Bannayan, M., S. Sanjani, A. Alizadeh, S. Lotfabadi and A. Mohammadian. 2010. Association between climate indices, aridity index, and rainfed crop yield in northeast of Iran. *Field Crops Research* 118(2):105-114.
6. Bert, P. F., I. Jouan, D. Tourvieille de Labrouhe, F. Serre, J. Philippon, P. Nicolas and F. Vear. 2003. Comparative genetic analysis of quantitative traits in sunflower (*Helianthus annuus* L.). 2. Characterization of QTL involved in developmental and agronomic traits. *Theoretical and Applied Genetics* 107: 181-189.
7. Bitarafan, Z. and A.H. Shirani Rad. 2012. Water stress effect on spring rapeseed cultivars yield and yield components in winter planting. *International Journal of Physical Science* 7(19): 2755-2767.

8. Blum, A., J. Sinmena, G. Mayer and L. Shpiler. 1994. Stem reserve mobilization supports wheat grain filling under heat stress. *Australian Journal of Plant Physiology* 21: 771-781.
9. Blum, A. 1998. Improving wheat grain filling under stress by stem reserves mobilization. *Euphytica* 100: 77- 83.
10. Diepenbrock, W. 2000. Yield analysis of winter oilseed rape (*Brassica napus* L.): a review. *Field Crops Research* 67: 35-49.
11. Ezzat Ahmadi, M., G. Noormohammadi, M. Ghodsi and M. Kafi. 2011. Effect of water stress and source limitation on accumulation and remobilization of photoassimilates in wheat genotypes. *Iranian Journal of Field Crops Research* 9 (2): 229-241. (In Farsi).
12. Fleta-Soriano, E. and S. Munné-Bosch. 2016. Stress memory and the inevitable effects of drought: A physiological perspective. *Frontiers in Plant Science* 7: 143.
13. Gent, M. P. N. 1994. Photosynthate reserves during grain filling in winter wheat. *Agronomy Journal* 86: 159-167.
14. Ghobadi, M., M. Bakhshandeh, G. Farhi and M. H. Gharineh. 2006. Short and long period of water stress during different growth stage of canola (*Brassica naps* L.) effect on yield components, seed oil and protein contents. *Agronomy Journal* 5(2): 336-341
15. Jabbari, H., G. A. Akbari, J. Daneshian, I. Allahdadi and N. Shahbazian. 2007. Effect of water deficit stress on agronomic characteristics of Sunflower hybrids. *Journal of Agriculture* 9(1): 13-22. (In Farsi).
16. Kage, H., M. Kochler and H. Stutzel. 2004. Root growth and dry matter partitioning of cauliflower under drought stress conditions: measurement and simulation. *European Journal of Agronomy* 20: 379–394.
17. Kobata, T., J. A. Palta and N. C. Turner. 1992. Rate of development of post anthesis water deficits and grain filling of spring wheat. *Crop Science* 32: 1238-1242.
18. Meier, U. 2001. Growth Stages of Mono and Dicotyledonous Plants (BBCH Monograph). Federal Biological Research Centre for Agriculture and Forestry, Germany.
19. Monjem, S., A. V. Ahmadi and A. Mohamadi. 2011. Effects of drought stress in Reproductive Stages on photoassimilates partitioning of Rapeseed (*Brassica napus*). *Electronic Journal of Crop Production* 3(3): 163-178. (In Farsi).
20. Mostafavi Rad, M. and A. Mir Abdulhagh Hezavei. 2011. Effects of seeding rate on important agronomic traits in three winter Rapeseed (*Brassica napus* L.) cultivars. *Iranian Journal of Field Crop Science* 41(4): 685-697. (In Farsi).
21. Qian, W., Q. Li, J. Noack, O. Sass, J. Meng, M. Frauen and C. Jung. 2009. Heterotic patterns in rapeseed (*Brassica napus* L.): II. Crosses between European winter and Chinese semi-winter lines. *Plant Breeding* 128 (5): 466-470.
22. Rashidi, S., A. H. Shirani Rad, A. Ayene Band, F. Javidfar and S. Lak. 2012. Study of relationship between drought stress tolerances with some physiological parameters in canola genotypes (*B. napus* L.). *Annals of Biological Research* 3 (1): 564-569.
23. Robertson, M. J. and J. F. Holland. 2004. Production risk of canola in the semi-arid subtropics of Australia. *Australian Journal of Agricultural Research* 55: 525-538.
24. Sadaqat, H. A., M. H. Nadeem Thahir and M. T. Hussain. 2003. Physiogenetics aspects of drought tolerance in canola. *International Journal of Agriculture and Biology* 5: 611-614.
25. Shabani, A., A. A. Kamkar Haghighi, A. R. Sepaskhah, Y. Emam and T. Honar. 2011. Effect of water stress on grain yield, yield components and quality of winter rapeseed (*Brasica napus* L.) cv. Licord. *Iranian Journal of Crop Sciences* 12(4): 409-421. (In Farsi).
26. Sharghi, Y., A. H. Shirani Rad, A. Ayeneh Band, G. Noormohammadi and H. Zahedi. 2011. Yield and yield components of six canola (*Brassica napus* L.) cultivars affected by planting date and water deficit stress. *African Journal of Biotechnology* 10 (46): 9309-9313.
27. Sinaki, J. M., E. Majidi Heravan, A. H. Shirani Rad, G. Noormohamadi and G. Zarei. 2007. The effects of water deficit during growth stages of canola (*B. napus* L.). *American-Eurasian Journal of Agricultural & Environmental Sciences* 2(4): 417-422.
28. Sun, X. P., H. L. Yan, X. Y. Kang and F. W. Ma. 2013. Growth, gas exchange, and water-use efficiency response of two young apple cultivars to drought stress in two scion-one rootstock grafting system. *Photosynthetica* 51(3): 404-410.
29. Svensk, H. 1979. Breeding for increased yield in double-row spring rapeseed. *In:* Proceeding of the 5th International Rapeseed Conference. Malmö, Sweden. pp. 84-86 .
30. Wardlaw, I. F. and J. Willenbrink. 2000. Mobilization of fructan reserves and changes in enzyme activities in wheat stems correlate with water stress during kernel filling. *New Phytologist* 148: 413-422.
31. Zakirullah, Z., Z. A. Swati, A. Ahamd and R. Raziuddin. 2000. Morpho-physiological response of selected brassica line to moisture stress. *Pakistan Journal of Biological Sciences* 3(1): 130-132.

**Journal of Crop Production and Processing**
**Vol. 10, No. 1, Spring 2020, Isfahan University of Technology, Isfahan, Iran.**

# Evaluation of the Dry Matter Remobilization to Seeds in Winter Rapeseed Cultivars under Drought Stress Conditions

**H. Jabbari[1*], N. A. Khosh kholgh Sima[2], Gh. A. Akbari[3] and A. H. Shirani rad[4]**

(Received: August 14-2017; Accepted: July 14-2019)

## Abstract

In order to evaluate dry matter remobilization to seeds in the winter type rapeseed cultivars grown under drought stress conditions, an experiment was carried out using a randomized complete block design arranged in a split plot with three replicates in Shahre-Qods, Iran, in the 2011-2012 growing season. Irrigation treatments including control (irrigation after 80 mm evaporation from evaporation pan class A) and drought stress (irrigation withholding starting from stem elongation, flowering and silique formation stages) were allocated to the main plots and three winter type rapeseed cultivars (GKH2005, Opera and SLM046) were considered as the subplots. The results showed that drought stress increased dry matter remobilization and remobilization efficiency. By contrast, agronomic traits such as the number of siliques on the main stem and secondary branches, number of seeds per silique, 1000 seed weight, oil yield, harvest index and productivity effort (silique dry weight/biomass ratio) were decreased. The GKH2005 cultivar showed the maximum seed yield, which was 1058, 1409 and 2099 kg $ha^{-1}$, when irrigation withholding started from stem elongation, flowering stage, and silique formation stages, respectively; this was due to the higher amount of remobilization and the efficiency of remobilization and maximum number of silique in the secondary branches. In general, the results suggest that higher remobilization and remobilization efficiency are among the most important drought stress tolerance mechanisms in the oilseed rape.

**Keywords**: Seed number, Seed yield, Silique number, Withholding irrigation

1, 4. Assistant Professor and Professor, Respectively, Seed and Plant Improvement Institute (SPII), Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Karaj, Iran.
2. Associate Professor, Agriculture Biotechnology Research Institute of Iran (ABRII), Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Karaj, Iran.
3. Associate Professor, Department of Agronomy and Plant Breeding, College of Aboureyhan, University of Tehran, Tehran, Iran.
*: Corresponding Author, Email: shenghar021@gmail.com