

## تأثیر تنش کمبود آب و مقادیر مختلف نیتروژن بر عملکرد، اجزاء عملکرد و صفات فیزیولوژیک دو رقم کلزا

\*علیرضا دانشمند<sup>۱</sup>، امیرحسین شیرانی راد<sup>۲</sup>، قربان نورمحمدی<sup>۳</sup>، قاسم زارعی<sup>۴</sup> و جهانفر دانشیان<sup>۵</sup>

<sup>۱</sup>عضو هیات علمی دانشگاه آزاد اسلامی واحد قائم‌شهر، مازندران، <sup>۲</sup>استادیار پژوهش مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر، کرج،

<sup>۳</sup>استاد دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات، تهران، <sup>۴</sup>استادیار پژوهش مؤسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، کرج،

<sup>۵</sup>استادیار پژوهش مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر، کرج

تاریخ دریافت: ۸۵/۱۱/۲۸؛ تاریخ پذیرش: ۸۶/۱۲/۲۷

### چکیده

به منظور بررسی اثر تنش کمبود آب و مقادیر مختلف نیتروژن بر عملکرد، اجزاء عملکرد و صفات فیزیولوژیک کلزا، آزمایش مزرعه‌ای به صورت فاکتوریل اسپلیت پلات در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی در سال زراعی ۱۳۸۴ انجام شد. در این بررسی، دو رقم کلزا به نام‌های زرفام و مدنا در سه سطح آبیاری (آبیاری پس از ۴۰، ۶۰ و ۸۰ درصد تخلیه رطوبتی خاک) و چهار میزان کود نیتروژنه (صفر، ۷۵، ۱۵۰ و ۲۲۵ کیلوگرم نیتروژن خالص در هکتار) مورد بررسی قرار گرفتند. نتایج حاصل نشان داد که کاهش مصرف آب و نیتروژن مصرفی باعث بروز تنش شدیدی در این گیاه می‌شود، به طوری که سبب کاهش معنی‌دار عملکرد دانه و اجزای عملکرد دانه می‌گردد. در این رابطه، درصد کاهش تعداد خورجین در بوته (۵۹/۱۷ درصد) نسبت به اجزای دیگر بیشتر بود. صفات فیزیولوژیکی همچون هدایت روزنه‌ای (۶۸/۸۹ درصد)، محتوای نسبی آب برگ (۱۶/۳۷ درصد) و میزان کلروفیل (۲۹/۶۱ درصد) در شرایط تنش آبی کاهش یافت، در حالی که میزان آمینو اسید پرولین افزایش معنی‌داری نشان داد که این افزایش در جهت توان تنظیم اسمزی بالاتر در شرایط تنش رطوبتی بود. با افزایش نیتروژن مصرفی نیز تمام صفات فیزیولوژیک برگی افزایش معنی‌داری از خود نشان دادند. در مقایسه دو رقم نیز مشخص شد که رقم زرفام، تحمل بیشتری جهت شرایط کم آبی و همچنین مقادیر کم نیتروژن مصرفی داشت که دلیل این امر بالاتر بودن هدایت روزنه‌ای، محتوای نسبی آب برگ، میزان کلروفیل و پرولین تولیدی در شرایط تنش آبی و نیتروژن مصرفی بود. از طرفی، پتانسیل تولیدی رقم زرفام در شرایط آبیاری نرمال و مقادیر بالای نیتروژن مصرفی نیز بیشتر بود.

واژه‌های کلیدی: کلزا، عملکرد، اجزاء عملکرد، پرولین، هدایت روزنه‌ای

### مقدمه

وخشکی از جمله مهمترین عوامل القا کننده تنش در گیاهان زراعی به حساب می‌آید (سیرتس و همکاران، ۱۹۸۷؛ اسلوان و همکاران، ۱۹۹۰).

در حدود ۴۰ درصد از اراضی کره زمین در مناطق خشک و نیمه‌خشک قرار دارند (مندهام و همکاران، ۱۹۸۴). در این مناطق، آب محدودیت اصلی بوده

اسمزی پایین‌تر، بیشتر از لایه‌های بالاتر خاک جذب می‌شود. در گونه‌های جنس براسیکا، تنظیم اسمزی رابطه مثبتی با عملکرد دانه دارد. گیاهان با تنظیم اسمزی بالاتر، هدایت روزنه‌ای خود را بالاتر نگاه داشته و تعرق بیشتر و هدایت روزنه‌ای و عملکرد دانه بالاتری را به خود اختصاص دادند.

اسید آمینه پرولین یک نشانگر مناسب برای تنظیم اسمزی در گیاهان جنس براسیکا بوده، چون در شرایط تنش، غلظت آن سهم مستقیمی در اندازه تنظیم اسمزی در میان ارقام و برگ‌ها داشت (ما و همکاران، ۲۰۰۴).

اگرچه کشت کلزا در بسیاری از کشورهای جهان سابقه طولانی دارد، ولی کشت این گیاه به‌عنوان یک گیاه روغنی ارزشمند در تناوب زراعی ایران اخیراً مطرح شده است. از طرفی با توجه به همزمانی دوره رشد زایشی این گیاه با گیاهان استراتژیک دیگری همانند گندم و جو و با توجه به این که ممکن است آب گران‌قدر بهاره به این زراعت‌های اصلی تخصیص یافته و به دلیل حساس بودن دوره رشد زایشی این گیاه به کم آبی و از آنجا که تنش آب گذشته از اثرات مستقیم آن در فرایندهای متابولیکی گیاه، جذب عناصر غذایی به‌ویژه جذب نیتروژن از خاک را نیز کاهش می‌دهد و همان‌طور که می‌دانیم حاصل‌خیزی خاک‌ها و مدیریت مصرف نهاده‌های شیمیایی به شدت به مسئله آب مربوط می‌شود، این تحقیق با اهداف: بررسی تأثیر تنش آبی با شدت‌های مختلف از مرحله رشد زایشی و مقادیر مختلف کود نیتروژنه بر خصوصیات فیزیولوژیک، عملکرد دانه، اجزای عملکرد و بررسی ارتباط بین خصوصیات فیزیولوژیکی با عملکرد دانه و انتخاب رقم مناسب (در تنش‌های مختلف آبی و مقادیر مختلف کود نیتروژنه)، انجام شد.

### مواد و روش‌ها

این آزمایش در مزرعه مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر کرج (اراضی بخش تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی) انتخاب شد. طول جغرافیایی محل

کلزا گیاه مهمی بوده که جهت تولید روغن کشت گردیده، با این حال یک گیاه تناوبی نیز بوده که بیشتر در تناوب با غلات قرار می‌گیرد. این گیاه ظرفیت و توانایی بالایی جهت جذب نیتروژن از خاک داشته و به‌عنوان یک گیاه دریافت‌کننده<sup>۱</sup> جهت کاهش آبخسویی نیترات از سیستم‌های زراعی به‌کار می‌رود (روزاته و همکاران، ۲۰۰۱). زراعت کلزا در میان دانه‌های روغنی، با توجه به شرایط آب و هوایی ایران پدیده‌ای جدید به‌شمار آمده و نقطه‌امیدی برای تأمین روغن نیز محسوب می‌شود (بی‌نام، ۱۹۹۸). کلزا نیز همانند بسیاری از گیاهان زراعی از تنش کم آبی متأثر می‌شود و بسته به وضعیت آبی در مراحل ویژه‌ای از فنولوژی خود به‌ویژه دوره رشد زایشی، کمیت و کیفیت آن تحت تأثیر قرار می‌گیرد. علت این امر به احتمال زیاد، تغییر در تظاهر ژن‌های کنترل‌کننده صفات کیفی دانه می‌باشد. در بررسی تیمارهای تنش آبی (تنش در ابتدای رشد رویشی، اواخر رشد رویشی و مرحله گلدهی) بر روی ارقام کلزا مشاهده شد که تنش آبی به‌طور معنی‌داری تعداد خورجین در هر گیاه، تعداد دانه در هر خورجین و عملکرد دانه را کاهش داد. کاهش عملکرد دانه بیشتر از طریق کاهش تعداد خورجین در هر گیاه و دانه در هر خورجین بود. کمترین تعداد خورجین و دانه در خورجین مربوط به گیاهان تنش دیده در مرحله گل‌دهی بود. کاهش وزن دانه نیز در تیمارهای تنش آبی اعمال شده در اواخر دوره رشد بیشتر بود (هاشم و همکاران، ۱۹۹۸).

تنظیم اسمزی، نقش معنی‌دار و مهمی در حفظ پتانسیل آماس و فرآیندهای وابسته به فشار آماس همانند باز شدن روزنه‌ها، فتوسنتز، رشد قسمت هوایی و گسترش ریشه‌ها به اعماق خاک دارد. کومار و سینک (۱۹۹۸) نشان دادند که بیش از ۵۰ درصد کل آب مصرفی به‌وسیله گیاهان جنس براسیکا که دارای تنظیم اسمزی بالاتر باشند از لایه‌های پایین‌تر خاک (۱۸۰-۹۰ سانتی‌متر) جذب می‌شود، درحالی‌که در گیاهان براسیکای دارای تنظیم

1- Catch crop

کرت‌های دیگر کشت گردید. عمق کاشت بذر کلزا ۲/۵- ۲ سانتی‌متر در نظر گرفته شد. به‌منظور تعیین تراکم مناسب در هر کرت، در مرحله ۴ تا ۶ برگی اقدام به تنک گیاهان گردید تا تراکم مطلوب (۹۶ بوته در مترمربع) حاصل آید. کود نیتروژنه پس از محاسبه و توزین در سه مرحله رشدی به‌ترتیب روزت، ساقه‌دهی و غنچه‌دهی و با قراردادن در کنار هر پشته در عمق ۱۵ تا ۲۰ سانتی‌متری به‌صورت نواری به خاک داده شد. تیمارهای مختلف تنش آبی با شروع ساقه‌دهی گیاه (کد شده به شماره ۲/۰۳ از روی جدول کدبندی سیلوستر- برادلی و مک پیس) تا مرحله رسیدگی فیزیولوژیک (کد شماره ۶/۹) اعمال گردید. پس از اعمال رژیم رطوبتی، قبل از آبیاری مجدد اجازه داده شد تا رطوبت خاک در عمق مؤثر ریشه در تیمارهای ۴۰، ۶۰ و ۸۰ درصد به‌ترتیب به تخلیه رطوبتی معادل ۴۰، ۶۰ و ۸۰ درصد آب قابل استفاده گیاه برسد. برای تعیین درصد رطوبت خاک، در فاصله بین دو آبیاری و حدود دو تا سه روز پس از هر بار آبیاری، روزانه از هر پلات اصلی، یک پلات فرعی به‌طور تصادفی انتخاب و پس از خروج آب ثقلی و عبور از مرحله ظرفیت زراعی (FC)، نمونه‌هایی از خاک در منطقه مؤثر ریشه که تابعی از مرحله رشد گیاه است (از عمق ۶۰-۰ سانتی‌متر) توسط اوگر نمونه‌برداری گردید. بدین‌وسیله پس از تعیین مقدار رطوبت خاک تیمار مورد نظر توسط اوگر، کمبود رطوبت تیمارهای مختلف تا رسیدگی به ظرفیت زراعی جایگزین گردید. حجم آب در هر بار آبیاری و برای هر کرت اصلی براساس فرمول زیر محاسبه گردید:

$$\theta V_m = (FC - BD) A D / e_a \quad (1)$$

که در آن  $V_m$  حجم آب آبیاری برحسب مترمکعب، FC درصد وزنی رطوبت خاک در حالت ظرفیت زراعی،  $\theta$  درصد وزنی رطوبت خاک در تیمارهای تنش کمبود آب، BD وزن مخصوص ظاهری خاک برحسب گرم در مترمکعب، A مساحت کرت اصلی برحسب مترمربع، D عمق مؤثر ریشه (متر) در مرحله اعمال تنش آبی و  $e_a$  راندمان کاربرد آب آبیاری (درصد) است. به‌ترتیب، تعداد

اجرای آزمایش، ۵۰ درجه و ۵۷ دقیقه شرقی، عرض جغرافیایی آن ۳۵ درجه و ۴۸ دقیقه شمالی و ارتفاع آن از سطح دریا ۱۳۲۱ متر می‌باشد. براساس آمار هواشناسی و با توجه به منحنی آمبروترمیک، منطقه مورد نظر جزء مناطق نیمه‌خشک محسوب می‌شود. میزان بارندگی مؤثر در طول فصل رشد حدود ۱۵۰/۶ میلی‌متر گزارش گردید. به‌ترتیب در دو عمق ۰-۳۰ و ۳۰-۶۰ سانتی‌متری، بافت خاک، لوم و لوم سیلتی، درصد کربن آلی، ۰/۴۹-۰/۲۰، میزان نیتروژن کل (درصد)، ۰/۰۵-۰/۰۴، هدایت الکتریکی (dS/m) ۱/۲۰ و ۲/۱۹ و اسیدیته، ۷/۸۶ و ۷/۶۷ بود. سطوح مختلف تخلیه رطوبتی خاک، سطوح مختلف نیتروژن و ارقام کلزا تیمارهای آزمایش بودند. این رژیم رطوبتی به‌صورت آبیاری به هنگام تخلیه ۴۰ درصد رطوبت قابل استفاده گیاه (شاهد) ( $I_1$ ) و آبیاری به هنگام رسیدن به ۶۰ ( $I_2$ ) و ۸۰ ( $I_3$ ) درصد تخلیه رطوبت قابل استفاده گیاه اعمال گردید. تیمار نیتروژن در چهار میزان صفر ( $N_1$ )، ۷۵ ( $N_2$ )، ۱۵۰ ( $N_3$ ) و ۲۲۵ ( $N_4$ ) کیلوگرم نیتروژن خالص در هکتار از منبع کودی اوره بود که در کرت‌های اصلی قرار داده شد. ارقام کلزا شامل زرفام ( $V_1$ ) و مدنا ( $V_2$ ) در کرت‌های فرعی قرار گرفتند. این دو رقم هر دو تیپ رشدی پاییزه دارند. تعداد کرت‌های آزمایش ۹۶ و آزمایش در قالب طرح آزمایشی فاکتوریل اسپلیت پلات بود. عناصر کودی به جز نیتروژن به‌همراه ۲/۵ لیتر در هکتار علف‌کش ترفلان همراه با دو دیسک عمود بر هم و سبک با خاک مخلوط گردیدند. سپس مزرعه به‌وسیله فاروئر به‌صورت جوی و پشته درآمد. ابعاد هر کرت آزمایشی ۶ در ۳/۲ مترمربع بود. هر کرت اصلی آزمایشی شامل ۱۲ خط ۶ متری با فاصله خطوط ۳۰ سانتی‌متر و فاصله بوته روی خط ۵ سانتی‌متر بود. هر کرت فرعی شامل سه پشته و برروی هر پشته، دو ردیف کلزا کشت گردید. بین تکرارها حدود ۶ متر فاصله در نظر گرفته شد. تعداد پنج پشته نیز در هر دو طرف کرت اصلی به‌عنوان حاشیه منظور گردید که از این پنج عدد پشته، دو پشته (اول و پنجم) به منظور عدم نفوذ آب و نیتروژن به

هیچ‌چای ژاپن اندازه‌گیری گردید. غلظت پرولین در نمونه‌ها براساس میکرومول در گرم وزن تر برگ محاسبه گردید. اندازه‌گیری میزان کلروفیل در برگ نیز با استفاده از روش آرنسون (۱۹۷۵) انجام شد. در نهایت میزان کلروفیل برحسب میلی‌گرم در گرم وزن تر برگ محاسبه گردید. جهت اندازه‌گیری هدایت روزنه‌ای در برگ‌ها در تاریخ ۱۹۸ روز پس از کشت و همزمان با مرحله پر شدن خورجین‌ها، با استفاده از دستگاه پرمتر (مدل MK, Delta, UK) هدایت روزنه‌ای برگ‌ها برحسب واحد  $\text{cm/s}$  قرائت شد. جهت اندازه‌گیری محتوای نسبی آب برگ نیز از روش ودرلی و بارز (۱۹۶۲) استفاده گردید. بدین‌منظور از هر کرت آزمایشی در تاریخ ۲۱۰ روز پس از کاشت و همزمان با مرحله پر شدن خورجین‌ها، در نیم روز (ساعت ۱۲-۱۱) نمونه‌برداری گردید. محتوای نسبی آب برگ، در نهایت از رابطه زیر محاسبه گردید:

(۲)

$$\times 100 = \frac{\text{وزن خشک برگ} - \text{وزن تازه برگ}}{\text{وزن خشک برگ} - \text{وزن اشباع برگ}} \times \text{درصد محتوای نسبی آب برگ}$$

داده‌های حاصل از آزمایش با استفاده از نرم‌افزار آماری MSTAT-C تجزیه واریانس شدند و میانگین‌ها به روش دانکن در سطح احتمال ۵ درصد مقایسه شدند.

### نتایج و بحث

**هدایت روزنه‌ای:** جدول تجزیه واریانس نشان می‌دهد که تیمارهای آبیاری و نیتروژن، اثر معنی‌داری بر هدایت روزنه‌ای برگ دارا هستند (جدول ۱). با کاهش میزان رطوبت خاک، هدایت روزنه‌ای از ۰/۹۰ به ۰/۲۸ سانتی‌متر بر ثانیه کاهش یافت. همچنین، با افزایش نیتروژن مصرفی، میزان این صفت از ۰/۵۴ به ۰/۷۵ سانتی‌متر بر ثانیه افزایش یافت (جدول‌های ۲ و ۳). بالاترین میزان این صفت نیز به رقم زرفام تعلق داشت (جدول ۲). اثر متقابل آبیاری، نیتروژن و رقم نیز نشان داد که به ترتیب تیمارهای  $I_1N_4V_1$  و  $I_3N_1V_2$  به ترتیب با

دفعات آبیاری برای تیمارهای ۴۰، ۶۰ و ۸۰ درصد تخلیه رطوبتی ۲، ۵ و یکبار بود. در کل میزان آب مصرفی در هر کرت فرعی آزمایشی، به ترتیب در تیمارهای آبیاری ۴۰، ۶۰ و ۸۰ درصد تخلیه رطوبتی ۶/۰۲، ۵/۱۲ و ۴/۶۰ مترمکعب بود. در انتهای فصل رشد صفات، تعداد خورجین در ساقه اصلی و شاخه فرعی، تعداد دانه در خورجین ساقه اصلی و شاخه فرعی و پس از برداشت، عملکرد بیولوژیک و وزن هزار دانه اندازه‌گیری شد. بدین‌منظور پس از این که گیاه به مرحله رسیدگی فیزیولوژیک نزدیک شد، تعداد ۱۰ بوته از هر کرت فرعی به‌طور تصادفی انتخاب و صفات تعداد خورجین در ساقه اصلی و شاخه فرعی، تعداد دانه در خورجین ساقه اصلی و شاخه فرعی آنها اندازه‌گیری شد. به‌منظور تعیین عملکرد دانه در مساحت ۱/۳ مترمربع از منطقه برداشت نهایی، بوته‌های هر کرت آزمایشی به‌طور جداگانه کف‌بر شده و قبل از جدا کردن دانه از خورجین، وزن کل بوته‌ها (برگ، ساقه، خورجین و دانه) تعیین شد و عملکرد بیولوژیک برحسب کیلوگرم در هکتار تعیین گردید. سپس به‌وسیله کمباین، اقدام به جداسازی دانه‌ها از خورجین گردید. پس از آن، وزن دانه‌ها با ترازوی دقیق و با دقت یک هزارم گرم توزین و عملکرد دانه برحسب کیلوگرم در هکتار محاسبه گردید. جهت تعیین وزن هزار دانه نیز بعد از برداشت محصول و تعیین عملکرد دانه، ۸ نمونه ۱۰۰ تایی از بذور هر کرت آزمایشی به‌طور تصادفی انتخاب و با ضرب کردن میانگین وزن آنها در عدد ۱۰، وزن هزار دانه محاسبه گردید.

**اندازه‌گیری صفات فیزیولوژیک برگ:** جهت اندازه‌گیری میزان پرولین و کلروفیل برگ، در تاریخ ۲۱۰ روز پس از کاشت و همزمان با مرحله پر شدن خورجین‌ها و در زمان اوج تنش ایجاد شده، اقدام به نمونه‌گیری از برگ‌های هر تیمار به‌طور جداگانه گردید. جهت اندازه‌گیری میزان پرولین در برگ از روش بیتز (۱۹۷۵) استفاده گردید. میزان جذب نور در طول موج ۵۲۰ نانومتر به‌وسیله دستگاه اسپکتروفتومتر مدل L ۳۴۰ ساخت شرکت

خورچین دو گونه کلزا و خردل هندی بررسی و اظهار داشتند که تنش رطوبتی سبب کاهش هدایت برگ گردیده و این کاهش در برگ‌های پایینی بیشتر از برگ‌های بالایی می‌باشد. از طرفی، سرعت تعرق در دو گونه تقریباً مشابه و با افزایش تنش رطوبتی کاهش یافت. تحت این شرایط، همبستگی مثبتی میان سرعت تعرق و هدایت برگ مشاهده شد که در نهایت بر روی محتوای نسبی آب برگ اثر گذاشته و سبب کاهش آن در شرایط تنش رطوبتی می‌گردد. در بررسی رابطه میان تنظیم اسمزی و محتوای نسبی آب برگ کلزا و خردل هندی، مشاهده شد که رابطه و همبستگی مثبتی میان محتوای نسبی آب برگ و تنظیم اسمزی وجود دارد به گونه‌ای که ژنوتیپ‌های با میزان بالاتر محتوای نسبی آب برگ در شرایط تنش آبی، تنظیم اسمزی بالاتری داشتند (نیکنام و همکاران، ۲۰۰۳).

**میزان پرولین در برگ:** مشاهده شد که تیمارهای آبیاری و نیتروژن تأثیر معنی‌داری بر میزان پرولین در برگ دارند (جدول ۱). با کاهش رطوبت خاک، میزان پرولین در برگ افزایش یافته و میزانش در تیمار تخلیه رطوبتی ۸۰ درصد خاک، به حداکثر خود (۱۰۲/۲ میکرومول در گرم وزن تر برگ) رسید. با افزایش نیتروژن مصرفی میزان این آمینواسید از ۱۵ به ۱۰۶/۳ میکرومول در گرم وزن تر برگ افزایش یافت. رقم زرفام نیز بیشترین میزان این آمینواسید (۶۰/۴۶۸) را به خود اختصاص داد. از نظر اثر متقابل آبیاری، نیتروژن و رقم، بیشترین و کمترین میزان این صفت با ۲۱۶/۸ و ۴/۳۸۱ میکرومول در گرم وزن تر برگ به تیمارهای  $I_3N_4V_1$  و  $I_1N_1V_2$  اختصاص داشت (جدول‌های ۲ تا ۵). در ساختمان آمینواسیدها، نیتروژن نقش اساسی داشته و با افزایش نیتروژن مصرفی، میزان تولید این ترکیب در گیاه افزایش یافته است.

تجمع بیشتر آمینواسید پرولین در شرایط تنش کم آبی، توسط پژوهشگران زیادی گزارش شده است (گیروسه و همکاران، ۱۹۹۶؛ ولتی و همکاران، ۱۹۹۸). مشخص شده که تنظیم اسمزی مکانیسم احتمالی تحمل به خشکی از طریق ترکیبات ایجاد کننده فشار اسمزی

۱/۲۹ و ۰/۱۵ سانتی‌متر بر ثانیه، بیشترین و کمترین میزان هدایت روزنه‌ای برگ را به خود اختصاص دادند که این اختلاف معنی‌دار بود (جدول‌های ۴ و ۵). گوپتا و همکاران (۲۰۰۱) نیز در بررسی اثرات تنش آبی بر صفات فیزیولوژیکی ارقام گندم مشاهده کردند که گیاهان تنش دیده، به‌طور معنی‌داری مقاومت انتشار برگ بالاتر و هدایت روزنه‌ای کمتری نسبت به گیاهان آبیاری شده داشتند، که این امر سبب کاهش میزان تعرق برگ در شرایط کم آبی گردید.

در این بررسی همچنین مشاهده شد که با افزایش نیتروژن مصرفی به دلیل افزایش وزن تر گیاه، میزان هدایت روزنه‌ای و به تبع آن میزان تعرق و تبادل گازی گیاه افزایش یافت.

**محتوای نسبی آب برگ:** همچنین نتایج نشان داد که تیمارهای آبیاری و نیتروژن، اثر معنی‌داری بر محتوای نسبی آب برگ دارند. با افزایش تخلیه رطوبت خاک، میزان محتوای نسبی آب برگ نیز کاهش یافته و به کمترین میزان خود (۷۲/۱۳ درصد) در تیمار ۸۰ درصد تخلیه رطوبتی رسید. گیاهانی که کود نیتروژن بیشتری نیز دریافت نمودند، محتوای نسبی آب برگ بالاتری داشتند (جدول‌های ۱ و ۲). اثر متقابل آبیاری و نیتروژن نشان داد که بالاترین و کمترین میزان این صفت به ترتیب با ۸۹/۲۹ و ۶۹/۵۲ درصد به تیمارهای  $I_1N_4$  و  $I_3N_1$  اختصاص داشت که این اختلاف معنی‌دار بود. میان دو رقم نیز اختلاف معنی‌داری مشاهده شد، به گونه‌ای که بالاترین میزان این صفت (۷۰/۸۲ درصد) به رقم زرفام اختصاص داشت. اثر متقابل آبیاری و رقم نیز نشان داد که بالاترین و کمترین میزان آن به ترتیب با ۸۷/۳۱ و ۷۰/۹۶ درصد به تیمارهای  $I_1V_1$  و  $I_3V_2$  متعلق بود که این اختلاف معنی‌دار بود. اثر تیمارهای نیتروژن و رقم و همچنین آبیاری، نیتروژن و رقم بر این صفت معنی‌دار نبود (جدول‌های ۳، ۴ و ۵). کومار و سینک (۱۹۹۶) در یک آزمایش گلخانه‌ای، اثرات تنش رطوبتی را در مراحل ظهور جوانه گل، مرحله شکوفایی کامل و مرحله تشکیل

که با افزایش میزان نیتروژن، میزان این رنگیزه‌ها افزایش یابد.

**اجزای عملکرد و عملکرد دانه:** نتایج تجزیه واریانس اجزای عملکرد دانه نشان داد که صفات تعداد خورجین در بوته و تعداد دانه در خورجین به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر تیمارهای آبیاری و نیتروژن قرار گرفتند، درحالی‌که فقط اثر تیمار نیتروژن مصرفی بر جزء عملکرد وزن هزار دانه معنی‌دار بود. کاهش میزان رطوبت خاک سبب کاهش تعداد خورجین در بوته و تعداد دانه در خورجین به‌ترتیب از  $165/7$  و  $25/6$  عدد در تیمار  $40$  درصد تخلیه رطوبتی به  $78/8$  و  $21/1$  عدد در تیمار  $80$  درصد تخلیه رطوبتی گردید. همچنین، وزن هزار دانه از  $3/19$  گرم در تیمار  $40$  درصد تخلیه رطوبتی به  $3/08$  گرم در تیمار  $80$  درصد تخلیه رطوبتی کاهش یافت. همچنین، با افزایش نیتروژن مصرفی، تعداد خورجین در بوته، تعداد دانه در خورجین و وزن هزار دانه به‌ترتیب از  $71/08$ ،  $21/4$  و  $3/04$  به  $174/1$ ،  $24/6$  و  $3/24$  گرم افزایش یافت. بیشترین تعداد دانه در خورجین و وزن هزار دانه به رقم زرفام و تعداد خورجین در بوته به رقم مدنا تعلق داشت که این اختلافات معنی‌دار بود (جدول‌های ۱ و ۲). اثرات متقابل آبیاری و نیتروژن نیز نشان داد که بیشترین تعداد خورجین در بوته و وزن هزار دانه به تیمار  $I_1N_4$  و کمترین میزان این دو صفت به‌ترتیب به تیمارهای  $I_3N_1$  و  $I_3N_2$  تعلق داشت که البته این اختلافات در مورد وزن هزار دانه معنی‌دار نبود. بیشترین و کمترین تعداد دانه در خورجین نیز به‌ترتیب به تیمارهای  $I_1N_3$  و  $I_3N_1$  متعلق بود که این اختلافات معنی‌دار بود. اثرات متقابل آبیاری و رقم نیز در مورد هیچ‌یک از این سه جزء عملکرد معنی‌دار نبود. اثر متقابل نیتروژن و رقم نیز فقط در مورد تعداد دانه در خورجین معنی‌دار بود. مقایسات میانگین نشان داد که بیشترین میزان تعداد دانه در خورجین به تیمار  $N_4V_1$  و کمترین میزان آن صفت به تیمار  $N_2V_2$  تعلق داشت (جدول‌های ۴ و ۵). اثر متقابل آبیاری، نیتروژن و رقم نیز فقط بر روی تعداد خورجین در بوته معنی‌دار بود. بیشترین

مانند پرولین در گونه‌های جنس براسیکامی باشد (اشرف و محمود، ۱۹۹۰). تجمع این ترکیبات در سلول‌های گیاه باعث ایجاد پتانسیل اسمزی منفی‌تر گردیده و در نتیجه، گیاه به‌منظور جبران آب سلولی، فشار اسمزی سیتوپلاسم را افزایش داده و از طریق تنظیم اسمزی با تنش مقابله می‌کند (آسپینال، ۱۹۹۰). کومار و سینک (۱۹۹۸) نشان دادند که بیش از  $50$  درصد کل مصرفی به‌وسیله گیاهان جنس براسیکا که دارای تنظیم اسمزی بالاتر می‌باشند از لایه‌های پایین‌تر خاک ( $90-180$  سانتی‌متر) جذب می‌شود، درحالی‌که در گیاهان دارای تنظیم اسمزی پایین‌تر، بیشتر از لایه‌های بالاتر خاک، آب جذب می‌شود. همچنین، رابطه نزدیکی میان تنظیم اسمزی، هدایت روزنه‌ای و درجه حرارت برگ در گونه‌های این جنس وجود دارد.

**میزان کلروفیل:** آنچنان‌که مشاهده شد با کاهش میزان رطوبت خاک، میزان کلروفیل کل کاهش یافت به گونه‌ای که کمترین میزان این رنگیزه در تیمار  $80$  درصد تخلیه رطوبتی مشاهده شد که این کاهش معنی‌دار بود. همچنین، با افزایش نیتروژن مصرفی، میزان این رنگیزه نیز افزایش یافت به گونه‌ای که بیشترین میزان آن در تیمار  $220$  کیلوگرم نیتروژن در هکتار مشاهده شد که این افزایش نیز معنی‌دار بود (جدول‌های ۱ و ۲). اثر متقابل آبیاری و نیتروژن معنی‌دار نبود (جدول ۳). دو رقم تفاوت معنی‌داری از نظر کلروفیل کل نداشتند (جدول ۲). اثر متقابل آبیاری و رقم نیز معنی‌دار نبود. اثر متقابل نیتروژن و رقم نیز معنی‌دار نبود (جدول‌های ۴ و ۵). اثر متقابل آبیاری، نیتروژن و رقم نیز معنی‌دار نبود. به‌نظر می‌رسد که دلیل کاهش میزان کلروفیل در شرایط تنش آبی، افزایش تخریب این رنگیزه‌ها و یا کاهش ساخت آنها و همچنین، اختلال در فعالیت آنزیم‌های مسئول سنتز رنگدانه‌های فتوسنتزی باشد (ولتی و همکاران، ۱۹۹۸). از آنجا که نیتروژن نقشی اساسی در ساختار و ساختمان رنگیزه‌های فتوسنتزی از جمله کلروفیل دارد، بدیهی است

هزار دانه در شرایط تنش آبی، انتقال مجدد مواد آسمیلات ذخیره‌ای در ساقه به سمت بذور در پایان دوره رشد باشد.

در آزمایش‌های زیادی مشاهده شده که افزایش عملکرد دانه کلزا در شرایط مصرف زیادتر نیتروژن، بیشتر به تعداد خورجین بالاتر و وزن دانه بالاتر مربوط است در حالی که تعداد دانه در هر خورجین تحت تأثیر قرار نمی‌گیرد (هاکینگ و همکاران، ۱۹۹۷؛ اساره و اسکاریسبریک، ۱۹۹۵). در این بررسی نیز بیشترین تغییرات را در شرایط افزایش نیتروژن مصرفی، به ترتیب تعداد خورجین در بوته (۵۹/۱۷ درصد)، تعداد دانه در خورجین (۱۳/۰۱ درصد) و وزن هزار دانه (۶/۳۱ درصد) دارا بودند. در شرایط تنش کم آبی نیز بیشترین میزان تغییرات را به ترتیب اجزاء تعداد خورجین در بوته (۵۲/۴۴ درصد)، تعداد دانه در خورجین (۱۷/۷۵ درصد) و وزن هزار دانه (۳/۴۳ درصد) دارا بودند.

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که عملکرد دانه به طور معنی‌داری تحت تأثیر تیمارهای آبیاری و نیتروژن قرار گرفت. بیشترین و کمترین میزان عملکرد دانه به ترتیب با ۳۳۴۰ و ۲۰۴۰ کیلوگرم در هکتار در تیمارهای ۴۰ و ۸۰ درصد تخلیه رطوبتی مشاهده شد. بیشترین میزان عملکرد دانه با ۳۲۳۲ کیلوگرم در هکتار در تیمار N<sub>4</sub> و کمترین میزان آن نیز با ۱۶۷۲ کیلوگرم در هکتار در تیمار N<sub>0</sub> مشاهده شد (جدول‌های ۱ و ۲). میان ارقام نیز اختلاف معنی‌داری مشاهده شد. بیشترین عملکرد دانه (۲۹۵۴/۲ کیلوگرم در هکتار) به رقم زرفام متعلق بود. (جدول‌های ۳ تا ۵).

بررسی‌ها نشان داده که بالاترین میزان نیتروژن مصرفی که در آن حداکثر میزان عملکرد دانه کلزا به دست آمده بین ۲۰۰ تا ۲۴۰ کیلوگرم در هکتار متغیر است (راتکه و همکاران، ۲۰۰۵؛ سیلینگ و کریستن، ۱۹۹۷؛ اوزر، ۲۰۰۳). ارتباط میان عملکرد دانه و عملکرد روغن دانه تولیدی به میزان نیتروژن مصرفی حالت منحنی شکل دارد که معمولاً، بالاترین میزان عملکرد دانه و عملکرد روغن دانه

میزان تعداد خورجین در بوته به تیمار I<sub>1</sub>N<sub>4</sub>V<sub>1</sub> و کمترین میزان آن به تیمار I<sub>3</sub>N<sub>1</sub>V<sub>1</sub> تعلق داشت.

به نظر می‌رسد که تنش رطوبتی و تغذیه‌ای، بیشترین تأثیر خود را بر روی عدم باروری گل‌ها و یا ریزش آنها داشته‌اند، آنچنانکه در طول اجرای آزمایش ریزش شدید گل‌ها در شرایط تخلیه رطوبتی ۸۰ درصد خاک و همچنین، عدم باروری گل‌ها در شرایط عدم مصرف نیتروژن مشاهده شد. به نظر می‌رسد که در این بررسی، تنش کم آبی اعمال شده پس از مرحله ساقه‌دهی، با کوتاه نمودن دوره گل‌دهی و رشد زایشی و عدم باروری تعدادی از گل‌ها و ریزش آنها سبب کاهش تعداد خورجین در بوته گردیده است. رایت و همکاران (۱۹۹۶) نیز اظهار داشتند که در کلزا، کاهش شدید وزن خشک خورجین و تعداد آن، از ریزش زیادتر گل و خورجین ناشی می‌گردد. این مسأله در تنش‌های با شدت بیشتر مشهودتر است. از دلایل کاهش تعداد دانه به هنگام تنش کم آبی، می‌توان به کاهش تعداد گل‌ها و کم شدن تعداد گل‌هایی که به دانه تبدیل می‌شوند، اشاره نمود. خشکی به طور غیرمستقیم، میزان مواد فتوسنتزی صادر شده از برگ‌ها را کاهش می‌دهد، زیرا انتقال شیره از آوند آبکش وابسته به پتانسیل فشار است که در طی تنش کم آبی، پتانسیل آب در آوند آبکش کاهش و کاهش در پتانسیل آماس (تورگر) نیز از انتقال مواد فتوسنتزی و در نهایت از مقدار آسمیلات ذخیره‌ای می‌کاهد که این امر، آسیب‌پذیری تشکیل دانه را در شرایط کم آبی افزایش می‌یابد (کافی و همکاران، ۱۹۹۹). در این بررسی، هیچ گونه فرایند جبرانی در بین تعداد خورجین در بوته و تعداد دانه موجود در آن به هنگام تنش کم آبی مشاهده نگردید. در بررسی حاضر، دلیل کاهش وزن هزاردانه در شرایط کم آبی می‌تواند این گونه باشد که وقوع تنش کم آبی در مرحله رشد زایشی (ساقه‌دهی به بعد) موجب کاهش جذب آب و املاح و در نتیجه، کاهش فتوسنتز برگ و تولید شیره پرورده گردیده است. به نظر می‌رسد که دلیل عدم تأثیرپذیری زیاد و عدم کاهش معنی‌دار وزن

شرایط کم آبی توانسته است آب بیشتری را از اعماق پایین تر خاک جذب نماید. آنها همچنین مشاهده نمودند که در گونه‌های جنس براسیکا، تنظیم اسمزی، رابطه مثبتی با عملکرد دانه دارد. همچنین، رابطه نزدیکی میان تنظیم اسمزی و هدایت روزنه‌ای و درجه حرارت برگ در گونه‌های این جنس وجود دارد. کاهش پتانسیل اسمزی همراه با کاهش محتوای نسبی آب برگ در ژنوتیپ‌های دارای تنظیم اسمزی کمتر نسبت به ژنوتیپ‌های دارای تنظیم اسمزی بالاتر کوچک‌تر و کمتر بود. گیاهان با تنظیم اسمزی بالاتر، هدایت روزنه‌ای خود را بالاتر نگاه داشته و تعرق بیشتری داشتند و هدایت روزنه‌ای و عملکرد دانه بالاتری داشتند.

در این بررسی، بالاترین عملکرد تولیدی در شرایط تیمار رطوبتی ۴۰ درصد تخلیه رطوبتی و بالاترین نیتروژن مصرفی وجود داشت، که به نظر می‌رسد دلیل این امر، میزان کلروفیل بالاتر و محتوای نسبی آب برگ بالاتر باشد. از طرفی، کمترین میزان عملکرد دانه تولیدی در شرایط ۸۰ درصد تخلیه رطوبتی و عدم مصرف کود نیتروژن وجود داشت. در این شرایط، کمترین میزان کلروفیل کل و محتوای نسبی آب برگ حاصل شد. به نظر می‌رسد که به دلیل کمبود ذخایر فتوسنتزی در اندام هوایی در اثر مصرف کمتر نیتروژن و به تبع آن، زردی برگ‌ها و پیری زودرس آنها و همچنین، میزان رطوبت پایین خاک و تأثیر بروی سرعت و گسترش سطح برگ‌ها به واسطه اختلال در فتوسنتز و کاهش آماس سلولی، سطوح فعال فتوسنتزی کاهش یافته و از سوی دیگر، با کاهش هدایت روزنه‌ای و محتوای نسبی آب برگ، زمینه کاهش فتوسنتز در واحد سطح برگ فراهم آمد که در نهایت این شرایط منجر به کمترین میزان تولید عملکرد دانه گردید. در این بررسی مشاهده شد که حتی تنش آبی اعمال شده متوسط نیز از مرحله ساقی‌دهی سبب کاهش معنی‌دار عملکرد دانه و صفات فیزیولوژیک برگ‌گی گردید و این موضوع خود، حساس بودن دوره زایشی این گیاه را به کمبود آب نشان می‌دهد. از طرفی، دستیابی به عملکرد دانه مناسب در

در میزان نیتروژن مصرفی ۱۸۰ تا ۲۲۰ کیلوگرم در هکتار به دست می‌آید (جکسون، ۲۰۰۰). به نظر می‌رسد که در این بررسی، رقم زرفام با تعداد دانه در خورجین و وزن هزار دانه بالاتر نسبت به رقم مدنا توانسته است عملکرد دانه بالاتری تولید کند.

با افزایش نیتروژن مصرفی نیز، عملکرد دانه و اجزای عملکرد افزایش یافت که البته میان سطوح  $N_3$  و  $N_4$  مصرفی، تفاوت معنی‌داری مشاهده نگردید که دلیل این امر می‌تواند عدم کارایی ارقام در استفاده از این میزان نیتروژن اضافی و یا آبشویی و خارج شدن از دسترس گیاه باشد.

در این آزمایش مشاهده شد که با بالا رفتن میزان محتوای نسبی آب برگ، عملکرد دانه نیز افزایش می‌یابد. کومار و سینک (۱۹۹۸) نیز بالا بودن محتوای نسبی آب برگ را به عنوان یکی از ویژگی‌هایی معرفی می‌کنند که می‌تواند در تداوم رشد کلزا در شرایط کم آبی دخالت داشته باشد. به نظر می‌رسد رقم زرفام با دارا بودن محتوای نسبی آب برگ بالاتر در تیمار ۸۰ درصد تخلیه رطوبتی، توانسته است عملکرد دانه بالاتری را تولید کند. همچنین، رقم متحمل به خشکی، در آزمایش ما هدایت روزنه‌ای برگ بالاتر، میزان کلروفیل و پرولین بالاتری داشت. به عبارت دیگر، رقم زرفام با تولید پرولین بیشتر در شرایط کم آبی و به تبع آن با پتانسیل اسمزی بیشتر در این شرایط و از طرفی با هدایت روزنه‌ای برگ بالاتر و در نتیجه، حفظ آب بیشتر و ظرفیت فتوسنتزی بالا توانسته است عملکرد دانه بالاتری تولید کند. به نظر می‌رسد که در این بررسی، تجمع پرولین، ارتباط با تحمل بهتر شرایط کم آبی در دو ژنوتیپ مورد بررسی دارد. کومار و سینک (۱۹۹۸) نشان دادند که بیش از ۵۰ درصد کل آب مصرفی به وسیله گیاهان جنس براسیکا که دارای تنظیم اسمزی بالاتر می‌باشند، از لایه‌های پایین تر خاک (۱۸۰-۹۰ سانتی‌متر) جذب می‌شود، درحالی‌که در گیاهان دارای تنظیم اسمزی پایین تر این قضیه برعکس است. بنابراین به نظر می‌رسد که رقم زرفام با تنظیم اسمزی بالاتر در



نمود. در شرایط تنش شدید رطوبتی و تنش شدید تغذیه‌ای نیز رقم زرفام برتر بود که دلیل این امر، بالاتر بودن هدایت روزنه‌ای، محتوای نسبی آب برگ، کلروفیل و میزان پرولین بالاتر در این شرایط بود.

کلزا، در شرایط تنش آبی و کمبود نیتروژن با استفاده از ارقام متحمل و سازگار به دست می‌آید. در این بررسی مشاهده شد رقم زرفام، در شرایط آبیاری نرمال (۴۰ درصد تخلیه رطوبتی خاک) و نیتروژن بالای مصرفی (N<sub>4</sub>)، عملکرد دانه بالاتری را نسبت به رقم مدنا تولید

### منابع

1. Anonymous. 1998. Month reports of oil crops company: 152Pp.
2. Kafi, M., Zand, E., Kamkar, B., Sharifi, H., and Goldani, H. 1999. Plant physiology. Mashhad Jihad. Daneshgahi Press. Second Edition. 379pp. (Translated in Persian).
3. Asare, E., and Scarisbrick, D.H. 1995. Rate of nitrogen and sulfur fertilizers on yield, yield components and seed quality of oilseed rape (*Brassica napus* L.). Field Crops Res. 44(1): 41-46
4. Ashraf, A., and Mehmood, S. 1990. Response of four *Brassica* species to drought stress. Envi. and Exp. Bot. 30(1): 93-100.
5. Aspinall, D.R. 1990. Metabolic effects of water of leaf surface. In: plant growth, drought and salinity, Turner, N.C., and J.B. Passioura. Pp:59-74.
6. Champolivier, L., and Merrien, A. 1996. Effect of water stress applied at different growth stages to *Brassica napus* L. var Oleifera on yield, yield components and seed quality. Eur. J. Agron. 5(3/4): 153 -160.
7. Champolivier, L., and Merrien, A. 1999. Study of the spring translocation of N absorbed the autumn and spring in winter oilseed rape using labeled nitrogen. 9<sup>th</sup> International Rapeseed Congress, Canberra, Australia: 7Pp.
8. Chandrasekar, V., Sairam, R.K., and Srivastava, G.C. 2000. Physiological and Biochemical response of hexaploid and tetraploid wheat to drought stress. J. Agron and Crop Sci: 185: 219-225.
9. Gan, Y., Angadi, S.V., Cutforth, H., Potts, D., Angadi, V.V., and McDonald, C.L. 2004. Canola and mustard response to short periods of temperature and water stress at different developmental stage. Can. J. Plant Sci. 38(4): 697-704.
10. Girousse, C., Bournoville, R., and Bommemain, J.L. 1996. Water deficit changes in concentrations in proline and some other aminoacids in the phloem sap of alfalfa. Plant Physiol. 111:109-115.
11. Gupta, N.K., Gupta, S., and Kumar, A. 2001. Effect of water stress on physiological attributes and their relationship with growth and yield of wheat cultivar at different stages. J. Agron and Crop Sci. 186(55):55-62.
12. Hashem, A., Amin Majumdar, M.N., Hamid, A., and Hossein, M.N. 1998. Drought stress effects on seed yield, yield attributes, growth, cell membrane stability and gas exchange of synthesized *Brassica napus* L. J. Agron and Crop Sci. 180: 129-136.
13. Henry, J.L., and MacDonald, K.B. 1978. The effects of soil water and fertilizer nitrogen and moisture stress on yield, oil and protein content of rape. Can. J. Soil Sci. 58: 303-310.
14. Hocking, P.J., Randall, J., and DeMarco, D. 1997. The response of dryland canola to nitrogen fertilizer: partitioning and mobilization of drymatter and nitrogen, and nitrogen effects on yield components. Field Crops Res. 54(2-3): 201-220.
15. Jackson, G.D. 2000. Effects of nitrogen and sulfur on canola yield and nutrient uptake. Agron. J. 92: 644-649.
16. Jensen, C.R., Morgensten, V.O., Mortensen, G., and Fieldsend, J.K. 1996. Seed glucosinolate, oil and protein contents of field grown rape (*Brassica napus* L.) affected by soil drying and evaporative demand. Field Crops Res. 47: 93-105.
17. Kappen, L., Schultz, G., Gruler, T., and Widmoser, P. 2000. Effect of N-fertilization on shoots and roots of rape (*Brassica napus* L.) and consequences for the soil martic potential. J. Plant Nut. and Soil Sci. 163(5):481-489.
18. Kumar, A., and Singh, D.P. 1996. Profiles of leaf conductance and transpiration in *Brassica* species and influenced by water stress at different plant growth stages. Ann. Bot. Ludhiana. 12(2): 255-263.

19. Kumar, A., and Singh, D.P. 1998. Use of physiological indices as a screening techniques for drought tolerance in oilseed *Brassica* species. *Ann. Bot.* 81: 413-420.
20. Ma, Q., Turener, D.W., Levy, D., and Cowling, W.A. 2004. Solute accumulation and osmotic adjustment in leaves of *Brassica* oilseeds in response to soil water deficit. *Aust. J. Agr Res.* 55:939-945.
21. Meigs, P. 1953. Word distribution of arid and semi-arid homoclimates. *Arid zone Res.* 1:203-220.
22. Mendham, N. J., Russel, J., and Buzza, G.C. 1984. The contribution of seed survival to yield in new Australian cultivars of oilseed rape (*Brassica napus* L.). *J. Agri. Sci. Camb.* 103: 303-316.
23. Murrien, S., and Peltonen- Sainio, P. 2006. Radiation –use efficiency of modern and old spring cereals cultivars and its response to nitrogen in northern growing conditions. *Field Crops Res.* 96: 363-373.
24. Niknam, S.R., Ma, Q., and Turner, D.W. 2003. Osmotic adjustment and seed yield of *Brassica napus* and *Brassica juncea* genotypes in a water- limited environment in south – western Australia. *Aust. J. Exp . Agri.* 43:1127-1135.
25. Ozer, H. 2003. Sowing date and nitrogen rate effects on growth, yield and yield components of two summer rapeseed cultivars. *Eur. J. Agri.* 19(3):453-463.
26. Poma, I., Venezia, G., and Gristina, L. 1999. Rapeseed (*Brassica napus* L. var *Oleifera* D. C.) ecophysiological and agronomical aspects as affected by soil water availability. *Proceedings of the 10<sup>th</sup> International Rapeseed Congress.* Canberra, Australia:8Pp.
27. Rathke, G.W., Christen, O., and Diepenbrok, W. 2005. Effect of nitrogen source and rate on productivity and quality of winter oilseed rape (*Brassica napus* L.) grown in different crop rotations. *Field Crops Res.* 94 (2-3): 103-113.
28. Rossate, L., Laine, P., and Qurry, A. 2001. Nitrogen storage and remobilization in *Brassica napus* L. during the growth cycle: nitrogen fluxes within the plant and changes in soluble protein patterns. *J. Exp. Bot.* 52(361): 1655-1663.
29. Sieling, K., and Christen, O. 1997. Effect of preceding crop combination and N fertilization on yield of six oil-seed rape cultivars. *Eur. J. Agron.* 7(4): 301-306.
30. Sierts, H.P., Geisler, G., Leon, J., and Dipenbrock, W. 1987. Stability of yield components for winter oilseed rape (*Brassica napus* L.) *J. Agron and Crop Sci.* 158: 107-113.
31. Sloan, R.J., Patterson, R.P., and Carter, T.E. 1990. Field drought tolerance of soybean plant introduction . *Crop Sci.* 30: 118-123.
32. Tesfaye, T., Walker, S., and Tsubo, M. 2006. Radiation interception and radiation use efficiency of three grazing legumes under water deficit conditions in a semi-arid environment. *Eur. J. Agron.* In press.
33. Voleti, S.R., Singh, V.P., and Uprety, P.C. 1998. Chlorophyll and proline as affected by moisture stress in young and mature leaf tissues of *Brassica carinata* hybrids and their plants. *J. Agron Crop Sci.* 180(2): 123-126.
34. Weatherley, P.E., and Barrs, H.D. 1962. A re-examination of the relative turgidity technique for estimating water deficit in leaves. *Aust. J. Biol. Sci.* 15: 413-428.
35. Wright, P.R., Morgan, J.M., Jessop, R.S., and Gass, A. 1995. Comparative adaptation of canola (*Brassica napus* L.) and Indian mustard (*Brassica juncea*) to soil water deficits: yield and yield components. *Field Crops Res.* 42: 1-13.
36. Wright, P.R., Morgan, J.M., and Jessop, R.S. 1996. Comparative adaptation of canola (*Brassica napus* L.) and Indian mustard (*Brassica juncea*) to soil water deficits: plant water relations and growth. *Field Crops Res.* 49: 51-49.

---

---

**Effect of water deficit and different nitrogen rates on yield, yield components and physiological traits of two rapeseed (*Brassica napus* L.) cultivars**

**A.R. Daneshmand<sup>1</sup>, A.H. Shirani- Rad<sup>2</sup>, G. Nour- Mohamadi<sup>3</sup>, Gh. Zarei<sup>4</sup> and J. Daneshian<sup>5</sup>**

<sup>1</sup>Faculty member of Ghaemshahr Branch, Islamic Azad Univ., <sup>2</sup>Research Prof., Seed & Plant Improvement Institute, Iran, <sup>3</sup>Prof., Sciences and Research Branch, Islamic Azad Univ., <sup>4</sup>Research Prof. Agricultural Engineering Research Institute, Iran, <sup>5</sup>Research Prof., Seed and Plant Improvement Institute, Iran

---

**Abstract**

In order to determine the effects of water deficit and different nitrogen rates on yield, yield components and physiological traits in rapeseed, a field experiment was conducted using a factorial split-plot in randomized complete block design in 2005 growing season. In this study, two cultivars (Zarfam and Modena) in three irrigation levels (irrigation after 40, 60 and 80 percent evacuation of soil water) and four nitrogen rates (0, 75, 150 and 225 kg/ha) were studied. Results showed that decreasing soil water and nitrogen rate, caused severe stress, that caused significant decreasing in yield and yield components, that in this case, decreasing the pods per plant (59/17%) was greater than the other components. Physiological traits like stomatal conductance (68/89%), leaf relative water content (16/37%) and chlorophyll content (29/61%) decreased in water deficit condition, whereas proline content increased significantly, that this increasing was for higher ability of osmotic adjustment in water deficit condition. By increasing nitrogen rate, all of the physiological traits showed significant increasing too. By contrasting the two cultivars, defined that the Zarfam had a higher tolerance to water deficit condition and lower nitrogen consumption, that the reason of these were higher physiological performances such as stomatal conductance, leaf relative water content, chlorophyll and proline in water deficit and nitrogen consumption conditions. Also, this variety had a high potential of production in normal irrigation and high nitrogen consumption.

**Keywords:** Rapeseed; Yield; Yield components; Proline; Stomatal conductance