"مجله علوم زراعي ايران"
جلد هشتم، شماره ٤، زمستان ١٣٨٥

# اثر تنش آبی و مقادیر مختلف کود نیتروژن بر عملکرد دانه، اجزاء عملکرد، جذب نیتروژن و کارایی مصرف آب و نیتروژن در دو رقم کلزا

# Effect of water stress and different levels of nitrogen fertilizer on seed yield and its components, nitrogen uptake and water use and nitrogen utility efficiency in two rapeseed (*Brassica napus* L.) cultivars

علیرضا دانشمند[1]، امیرحسین شیرانی راد[2]، قربان نورمحمدی[3]، قاسم زارعی[4] و جهانفر دانشیان[5]

## چکیده

دانشمند ، ع.، ا. ح. شیرانی راد, ق. نورمحمدی، ق. زارعی و ج. دانشیان. ۱۳۸۵. اثر تنش آبی و مقادیر مختلف کود نیتروژن بر عملکرد دانه، اجزاء عملکرد، جذب نیتروژن و کارایی مصرف آب و نیتروژن در دو رقم کلزا. مجله علوم زراعی ایران. ۸ (۴): ۳۴۲-۳۲۳.

به منظور بررسی اثر تنش آب و مقادیر مختلف نیتروژن بر عملکرد، اجزای عملکرد، کارایی مصرف آب، تجمع و جذب نیتروژن در کلزا، آزمایش مزرعه‌ای به صورت فاکتوریل اسپلیت پلات در قالب طرح پایه بلوک های کامل تصادفی در سال زراعی ۱۳۸۴ انجام شد. در این بررسی، دو رقم به نام‌های زرفام و مودنا در سه رژیم آبیاری (آبیاری پس از ۴۰، ۶۰ و ۸۰ درصد تخلیه رطوبتی خاک) و چهار میزان کود نیتروژن (صفر، ۷۵، ۱۵۰ و ۲۲۵ کیلوگرم نیتروژن خالص در هکتار) مورد بررسی قرار گرفتند. نتایج حاصل نشان داد که افزایش میزان مصرف نیتروژن از صفر به ۲۲۵ کیلوگرم در هکتار و افزایش میزان رطوبت خاک، سبب افزایش تولید ماده خشک کل شد که این افزایش با افزایش عملکرد دانه همراه بود. افزایش عملکرد دانه در هر دو شرایط، عمدتاً به دلیل افزایش تعداد خورجین در بوته و تعداد دانه در هر خورجین بود. با افزایش نیتروژن مصرفی و میزان رطوبت خاک، کارایی مصرف آب دانه و ماده خشک کل افزایش یافت به گونه‌ای که حداکثر مقدار این دو کارایی در تیمار ۲۲۵ کیلوگرم نیتروژن و تیمار ۴۰ درصد تخلیه به دست آمد. میزان تجمع نیتروژن در اندام‌های گیاهی با افزایش میزان نیتروژن مصرفی و افزایش دفعات آبیاری افزایش یافت، که در نهایت، میزان عملکردانه و ماده خشک کل را افزایش داد. در مقابل، شاخص کارایی استفاده از نیتروژن همراه با افزایش نیتروژن مصرفی و کاهش میزان رطوبت خاک کاهش یافت. در مقایسه دو رقم نیز مشخص شد که رقم زرفام، توانایی جذب و انتقال نیتروژن بهتری در شرایط آبیاری معمول، تنش شدید رطوبتی و شرایط نیتروژن زیاد و عدم مصرف نیتروژن را نیز داشت و به همین دلیل عملکرد دانه بیشتری تولید کرد.

واژه‌های کلیدی: کلزا، تنش آب، کود نیتروژن، عملکرد دانه، اجزای عملکرد، کارایی مصرف آب، کارایی مصرف نیتروژن.

---

تاریخ دریافت: ۱۳۸۵/۱۱/۱۴

* بخشی از رساله دکتری زراعت نگارنده اول در گروه زراعت دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات اهواز

۱ـ عضو هیأت علمی دانشگاه آزاد اسلامی واحد قائم شهر (مکاتبه کننده)
۲ و ۵ـ استادیار، مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر
۳ـ استاد دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات تهران
۴ـ استادیار، مؤسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی





[ DOR: 20.1001.1.15625540.1385.8.4.4.9 ]

## مقدمه

در مناطق خشک و نیمه خشک، آب محدودیت اصلی بوده و خشکی از جمله مهمترین عوامل القاکننده تنش در گیاهان زراعی به حساب می‌آید. چنین تنشی بر روی عملکرد محصول اثر گذاشته و اغلب باعث ایجاد افت در آن می‌گردد (Sierets *et al*., 1987; Sloan *et al*., 1990). کلزا گیاه زراعی مهمی است که عمدتاً برای تولید روغن کشت می‌شود، با این حال یک گیاه تناوبی است که بیشتر در تناوب با غلات قرار می‌گیرد. این گیاه ظرفیت و توانایی بالایی، در جذب نیتروژن از خاک داشته و به عنوان یک گیاه گیرنده[1] برای کاهش آبشویی نیترات از نظام‌های زراعی به کار می‌رود (Rossate *et al*., 2001). زراعت کلزا پدیده‌ای جدید به شمار آمده و نقطه امیدی برای تأمین روغن محسوب می‌شود (بی‌نام، ١٣٧٧). کلزا نیز همانند بسیاری از گیاهان زراعی از تنش کم آبی متأثر می‌شود و بسته به وضعیت آبی در مراحل ویژه‌ای از فنولوژی خود به ویژه 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 است. 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 به طور معنی‌داری تعداد خورجین در هر گیاه، تعداد دانه در هر خورجین و عملکرد دانه را کاهش داد. 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 (Hashem *et al*., 1998).

عملکرد کلزا به ظرفیت عملکرد رقم، شرایط محیطی و نوع مدیریت زراعی و مدیریت خاک بستگی دارد. یکی از مهمترین عواملی که عملکرد را تحت تأثیر قرار می‌دهد کود نیتروژنه است. کارایی مصرف نیتروژن به شرایط رطوبتی خاک بستگی دارد. میزان نیتروژن، در شرایط نیتروژن و رطوبت متغیر خاک متغیر بوده به گونه‌ای که شرایط خشک منجر به کاهش میزان نیتروژن در گیاه می‌گردد. کمبود آب و نیتروژن به تنهایی و به صورت متقابل، اثرات منفی در رشد و عملکرد گیاه دارند (Rathke *et al*., 2005). مقادیر بالای نیتروژن مصرفی در زراعت این گیاه دلالت برناکارامدی استفاده و خطر از دست رفتن نیتروژن مصرفی به محیط دارد (Rossate *et al*., 2001). گزارش‌های زیادی نشان داده‌اند که این ناکارامدی نسبی در صدور نیتروژن به اندام قابل برداشت، از نیتروژن از دست رفته در اثر برگ‌های یخ زده و ریزش کرده نشأت می‌گیرد، آنچنانکه ریزش شدید برگ‌های حاوی مقادیر بالای نیتروژن، بعد از زمان گل‌دهی در این گیاه گزارش گردیده است (Rathke *et al*., 2005). کارایی انتقال نیتروژن ذخیره شده در برگ به دانه، ممکن است با افزایش ذخیره نیتروژن در داخل گیاه بهبود یا بد (Rossate *et al*., 2001). در بررسی اثر نیتروژن مصرفی بر عملکرد و کیفیت کلزای بهاره مشخص شد که کمترین میزان عملکردانه در زمانی که هیچ میزان کودی به کار برده نشد، به دست آمد. در مقابل، بیشترین میزان این صفت در تیمار ٢٤٠ کیلوگرم نیتروژن مصرفی در هکتار مشاهده شد (Rathke *et al*., 2005). کاهش در جذب نیتروژن در گیاهان تنش دیده در نتیجه کاهش رشد گیاه بوده که تقاضای گیاه را برای جذب نیتروژن تحت تأثیر قرار می‌دهد (Xu *et al*., 2006). تفاوت ژنتیکی در ارقام کلزا در کارایی عناصر غذایی در کلزا گزارش گردیده است. تفاوت ژنتیکی در جذب عناصر غذایی ممکن است مربوط به اختلافات ژنوتیپ‌ها در کارایی جذب عناصر غذایی از خاک (کارایی جذب) و تفاوت کارایی در تبدیل عناصر جذب شده برای تولید ماده خشک باشد که اصطلاحاً کارایی استفاده نامیده می‌شود (Svencjak and Rengel, 2006).

1- Catch crop





[ DOR: 20.1001.1.15625540.1385.8.4.4.9 ]

کارایی مصرف آب نیز، یکی از خصوصیات مهم فیزیولوژیک است که نشان‌دهنده توانایی گیاه در مقابله با تنش آب است (Daniel and Scott, 1991). روش‌های افزایش کارایی مصرف آب برای تولید عملکرد بهینه در مزارع تحت آبیاری از زمینه‌های اصلی مطالعه اثر متقابل گیاه × محیط در دهه‌های گذشته بوده است. هر عاملی که عملکرد را افزایش دهد، معمولاً کارایی مصرف آب را نیز بهبود می‌بخشد. هم چنین، عواملی که کاهش تبخیر و تعرق طی فصل رشد را به همراه داشته باشند نیز بر افزایش این خصوصیت مؤثراند (Garsied *et al*., 1992). اگر چه کشت کلزا در بسیاری از کشورهای جهان سابقه طولانی دارد ولی کشت این گیاه به عنوان یک گیاه روغنی ارزشمند در تناوب زراعی ایران در سال‌های اخیر مطرح شده است. از طرفی با توجه به همزمانی دوره رشد زایشی این گیاه با محصولات اساسی دیگری همانند گندم و جو و اینکه ممکن است آب گران قدر بهاره به این زراعت‌های اصلی تخصیص یابد، و از آنجائیکه تنش آب گذشته از اثرات مستقیم آن در فرایندهای متابولیکی گیاه جذب عناصر غذایی به ویژه جذب نیتروژن از خاک را نیز کاهش می‌دهد بنابراین این تحقیق با اهداف زیر انجام گرفت.

۱- بررسی اثر تنش آبی با شدت‌های مختلف از مرحله رشد زایشی و مقادیر مختلف کود نیتروژن بر خصوصیات فیزیولوژیک، عملکردانه، عملکرد بیولوژیک و اجزای عملکرد و بررسی ارتباط بین اجزای عملکرد با عملکرد دانه.

۲- انتخاب رقم مناسب در شرایط تنش‌های مختلف آبی و مقادیر مختلف نیتروژن.

۳- بررسی کارایی‌های مصرف آب برای عملکرد دانه و ماده خشک کل و همچنین انواع کارایی‌های نیتروژن در شرایط شدت‌های مختلف تنش آبی و مقادیر مختلف کود نیتروژن و ارتباط بین این کارایی‌ها با عملکرد دانه.

## مواد و روش‌ها

محل اجرای آزمایش در مزرعه ۴۰۰ هکتاری مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر کرج بود. طول جغرافیایی محل 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 است. براساس آمار آب و هوایی و با توجه به منحنی آمبروترمیک، منطقه مورد نظر با داشتن ۱۵۰ تا ۱۸۰ روز و گاهی تا ۲۰۰ روز خشک جزء مناطق آب و هوایی مدیترانه‌ای گرم و خشک و با داشتن زمستان سرد و مرطوب و تابستان گرم و خشک جزء مناطق نیمه خشک محسوب می‌شود. بر اساس میانگین داده‌های سی ساله اخیر اداره هواشناسی کرج، متوسط بارندگی سالیانه منطقه، ۲۴۳ میلی‌متر بوده و بارندگی عمدتاً در اواخر پاییز و اوایل بهار روی می‌دهد (بی‌نام، ۱۳۸۵). میزان بارندگی مؤثر در طول فصل رشد حدود ۱۵۰/۶ میلی‌متر گزارش گردید. قبل از آماده‌سازی زمین و مصرف کودهای شیمیایی، از خاک نقاط مختلف مزرعه در دو عمق ۳۰-۰ و ۶۰-۳۰ سانتی‌متری برای تعیین خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک نمونه‌برداری گردید. به ترتیب در دو عمق ۳۰-۰ و ۶۰-۳۰ سانتی‌متری، بافت خاک، درصد کربن آلی، میزان نیتروژن کل (درصد)، هدایت الکتریکی(dS/m) و اسیدیته، لوم و لوم سیلتی، ۰/۴۹ و ۰/۲۰، ۰/۰۵و ۰/۰۴ ، ۱/۲۰ و ۲/۱۹، ۷/۸۶ و ۷/۶۷ بود. سطوح مختلف تخلیه رطوبتی خاک، سطوح مختلف نیتروژن و ارقام کلزا تیمارهای آزمایش بودند. در این آزمایش، تنش آبی بر اساس آبیاری در درصدهای مختلف تخلیه رطوبتی خاک اعمال گردید. این تنش‌ها به صورت آبیاری به هنگام تخلیه ۴۰ درصد رطوبت قابل استفاده گیاه (شاهد) و آبیاری به هنگام رسیدن به ۶۰و ۸۰ درصد تخلیه رطوبت قابل استفاده گیاه اعمال گردید. تیمارهای تنش آبی و مصرف نیتروژن که در چهار میزان صفر،۷۵، ۱۵۰و ۲۲۵ کیلوگرم نیتروژن خالص در هکتار





[ DOR: 20.1001.1.15625540.1385.8.4.4.9 ]

از منبع کودی اوره بودند، در کرت‌های اصلی قرار داده شدند. ارقام کلزا شامل زرفام و مودنا در کرت‌های فرعی قرار گرفتند. این دو رقم هر دو تیپ رشدی پاییزه داشته و از نظر توقع به نیتروژن مصرفی و پاسخ به رطوبت مصرفی براساس تحقیقات انجام شده توسط بخش دانه‌های روغنی تفاوت دارند. نوع طرح آزمایشی، فاکتوریل اسپلیت پلات بود که در چهار تکرار اجرا گردید. در مزرعه آزمایشی در سال قبل، گندم کشت شده بود. عملیات تهیه زمین شامل آبیاری زمین و پس از گاورو شدن، انجام شخم پاییزه به وسیله گاو آهن برگردان‌دار و سپس افزودن عناصر کودی به جز نیتروژن به همراه ۲/۵ لیتر در هکتار علف‌کش ترفلان به خاک همراه با دو دیسک عمود بر هم و سبک بود. سپس مزرعه به وسیله فاروئر به صورت جوی و پشته درآمد. فاصله جوی‌ها از یکدیگر ۶۰ سانتی‌متر بود. مساحت هر کرت آزمایشی ۱۹/۲ مترمربع ($۶\times۳/۲=۱۹/۲\ m^{-2}$) بود. هرکرت اصلی آزمایشی شامل ۶ پشته بوده که بر روی هر پشته (طرفین)، دو خط کلزا با فاصله خطوط ۳۰ سانتی‌متر و فاصله بوته روی خط ۵ سانتی‌متر کشت گردید. هر کرت فرعی نیز شامل سه پشته بود که در روی هر پشته، دو ردیف کلزا کشت گردید. بین تکرارها حدود ۶ متر فاصله تعبیه گردید. تعداد پنج عدد پشته نیز در هر دو طرف کرت اصلی به عنوان حاشیه منظور گردید که از این پنج عدد پشته، دو عدد از آن‌ها (اول و پنجم) به منظور عدم نفوذ آب و نیتروژن به کرت‌های دیگر کشت گردید. ارقام به صورت دستی بر روی پشته‌ها کشت گردیدند. عمق کاشت بذر کلزا ۲/۵-۲ سانتی‌متر در نظر گرفته شد. طریقه کاشت نیز به روش کپه‌ای بود.به این ترتیب که در هر گودال ایجاد شده ۳ عدد بذر کشت گردید. عملیات تنک، واکاری و مبارزه با علف‌های هرز برای هر یک از تیمارهای آزمایشی به صورت جداگانه و یکسان انجام گرفت. به منظور تعیین تراکم مناسب در هر کرت، در مرحله ۴ تا ۶ برگی اقدام به تنک گیاهان گردید تا تراکم مطلوب (۱۰۰-۹۰ بوته در مترمربع) حاصل آید. جهت مبارزه با شته، در مرحله ساقه‌دهی تا غنچه‌دهی از سم اکاتین به میزان توصیه شده (۱/۵ لیتر در هکتار) طی یک مرحله در تاریخ ۱/۱۵ استفاده گردید. کود نیتروژنه پس از محاسبه و توزین در سه مرحله رشدی به ترتیب روزت، ساقه‌دهی و غنچه‌دهی و با قرار دادن در کنار هر پشته در عمق ۱۵ تا ۲۰ سانتی‌متری به صورت نواری به خاک داده شد. تنش کمبود آب به صورت آبیاری در سه میزان تخلیه رطوبتی ۶۰، ۴۰ و ۸۰ درصد تخلیه آب قابل استفاده گیاه تعیین و اعمال گردید. تیمارهای مختلف تنش آبی با شروع ساقه‌دهی گیاه (کد شده به شماره ۲/۰۳ از روی جدول کدبندی سیلوستر- برادلی) تا مرحله رسیدگی فیزیولوژیک (کد شماره ۶/۹) اعمال گردید ( Sylvester and Bradley, 1978). پس از اعمال فاکتور تنش کمبود آب، قبل از آبیاری مجدد اجازه داده شد تا رطوبت خاک در عمق مؤثر ریشه در تیمارهای ۴۰، ۶۰ و ۸۰ درصد به ترتیب 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 دوالی سه روز پس از هر بار آبیاری، روزانه از هر کرت اصلی، یک کرت فرعی به طور 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. حجم آب در هر بار آبیاری و برای هرکرت اصلی بر اساس فرمول زیر محاسبه گردید:

$V_m=(Fc-\theta)^*BD^*A^*D/ea$ (رابطه ۱):

که در آن، $V_m$ حجم آب آبیاری بر حسب 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 بر حسب گرم در مترمکعب، A مساحت کرت





[ DOR: 20.1001.1.15625540.1385.8.4.4.9 ]

اصلی برحسب مترمربع، D عمق مؤثر ریشه (متر) در مرحله اعمال تنش آبی و $e_a$ راندمان کاربرد آب آبیاری (درصد) است. پس از محاسبه مقدار آب لازم بر اساس تیمارهای تنش کمبود آب، کرت‌ها با استفاده از لوله‌های پلی‌اتیلن و به صورت آبیاری سطحی آبیاری گردید. دبی عبوری از سیستم توسط کنتور اندازه‌گیری شد. به منظور توزیع یکنواخت آب در هر کرت اصلی و جلوگیری از خروج آب و نیتروژن مصرفی در هر کرت، ابتدا و انتهای کرت‌های اصلی مسدود شد. به ترتیب، تعداد دفعات آبیاری برای تیمارهای ۴۰، ۶۰و ۸۰ درصد تخلیه رطوبتی ۵ و ۲ و یک بار 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 صفاتی مثل تعداد خورجین در ساقه اصلی و شاخه فرعی، تعداد دانه در خورجین ساقه اصلی و شاخه فرعی و پس از برداشت، عملکرد بیولوژیک، عملکرد دانه و وزن هزار دانه اندازه‌گیری شدند. بدین منظور پس از اینکه گیاه به مرحله رسیدگی فیزیولوژیک نزدیک گردید، تعداد ۱۰ بوته از هرکرت فرعی (میانه هر کرت) به طور تصادفی انتخاب و صفات تعداد خورجین در ساقه اصلی و شاخه فرعی، تعداد دانه در خورجین ساقه اصلی و شاخه فرعی آن‌ها اندازه‌گیری شدند. به منظور تعیین عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک، در مساحت ۱/۳ مترمربع از منطقه برداشت نهایی، بوته‌های هرکرت آزمایشی به طور جداگانه کف بر شده و جهت خشک شدن نهایی و کاهش میزان رطوبت، به مدت یک هفته در هوای آزاد نگهداری 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 به وسیله کمباین، اقدام به جداسازی دانه‌ها از خورجین گردید. پس از آنکه رطوبت دانه‌ها به حدود ۱۰ درصد رسید، وزن دانه‌ها با ترازوی دقیق و با دقت یک هزارم گرم توزین و عملکرد دانه برحسب کیلوگرم در هکتار محاسبه گردید. برای تعیین وزن هزاردانه نیز بعد از برداشت محصول و تعیین عملکرد دانه، ۸ نمونه ۱۰۰ تایی از دانه‌های هر کرت آزمایشی به طور تصادفی انتخاب و با ضرب کردن میانگین وزن آن‌ها در عدد ۱۰، وزن هزاردانه محاسبه گردید.

### تعیین کارایی جذب عناصر غذایی

به منظور بررسی وضعیت عنصر نیتروژن در کرت‌های آزمایشی، اقدام به تهیه نمونه از کرت‌ها گردید. به این منظور از هرکرت فرعی آزمایشی، ۱۰ بوته به طور تصادفی انتخاب و از سطح خاک قطع گردید. این عمل قبل از زرد شدن برگ‌های پایین صورت گرفت. نمونه‌ها پس از خشک شدن توسط آسیاب برقی پودر شدند و درصد نیتروژن آن‌ها با روش کجلدال اندازه‌گیری شد. برای تعیین کارایی‌های نیتروژن از روابط زیر استفاده گردید (Xu *et al*., 2006):

(رابطه ۲):

$$\text{کارایی جذب نیتروژن} = \frac{\text{کل جذب نیتروژن گیاهی}}{\text{نیتروژن مصرفی در هر تیمار}}$$

(رابطه ۳):

$$\text{کارایی استفاده از نیتروژن} = \frac{\text{عملکرد دانه}}{\text{کل نیتروژن جذب شده}}$$

همچنین، پس از تعیین میزان نیتروژن بوته‌های انتخابی، میزان جذب نیتروژن در هر مترمربع هر کرت فرعی محاسبه گردید.

### تعیین کارایی‌های مصرف آب برای عملکرد دانه و ماده خشک کل

پس از تعیین عملکرد دانه وماده خشک کل تولیدی هر تیمار و همچنین میزان آب مصرفی، کارایی‌های مصرف آب برای عملکرد دانه و ماده خشک کل برحسب کیلوگرم در هکتار در مترمکعب آب مصرفی، طبق روابط زیرمحاسبه گردیدند (Wright *et al*., 1996):





[ DOR: 20.1001.1.15625540.1385.8.4.4.9 ]

( رابطه ۴):

کارایی مصرف آب برای عملکرد دانه = عملکرد دانه تولیدی / میزان آب مصرفی

کارایی مصرف آب برای ماده خشک = ماده خشک کل تولیدی / میزان آب مصرفی

(رابطه ۵)

میزان آب مصرف شده در هر تیمار و همچنین، تعداد دفعات آبیاری در جدول ۱ مشخص شده است.

جدول ۱- تعداد نوبت‌های آبیاری و میزان آب مصرفی در هر تیمار در طول دوره رشد

Table 1. Number of irrigation and quantity of water used in each treatment during the growing period

| تیمار آبیاری* Irrigation treatment | تعداد آبیاری Number of irrigation | میزان آب مصرفی (متر مکعب در هکتار) Water used ($m^3$/ha) |
|---|---|---|
| $I_1$ | 6 | 5574 |
| $I_2$ | 4 | 4740 |
| $I_3$ | 3 | 4259 |

*: $I_1$، $I_2$ و $I_3$ به ترتیب ۴۰، ۶۰ و ۸۰ درصد تخلیه رطوبتی خاک

* $I_1$, $I_2$ and $I_3$ are: 40, 60 and 80 percent of depletion of soil water.

## نتایج و بحث

### الف- اجزای عملکرد دانه

نتایج تجزیه واریانس اجزای عملکرد دانه نشان داد که صفات تعداد خورجین در بوته و تعداد دانه در خورجین به طور معنی‌داری تحت تأثیر تیمارهای آبیاری و نیتروژن قرار گرفته‌اند (جداول ۲ و ۳).

در مقایسه دو رقم نیز مشخص گردید که بیشترین تعداد دانه در خورجین و وزن هزار دانه به رقم زرفام و تعداد خورجین در بوته از رقم مودنا به دست آمد که اختلافات دو رقم نسبت به یکدیگر معنی‌دار بود (جدول ۳ ). 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 به ترتیب به تیمارهای $I_3N_1$ و $I_3N_2$ تعلق داشت که البته این اختلافات در مورد وزن هزاردانه معنی‌دار نبود. کمترین و بیشترین تعداد دانه در خورجین نیز به ترتیب به تیمارهای $I_3N_1$ و $I_1N_3$ متعلق بود که این اختلافات معنی‌دار بود. اثرات متقابل آبیاری و رقم نیز در مورد هیچ یک از این سه جزء عملکرد معنی‌دار نبود. اثر متقابل نیتروژن و رقم نیز فقط در مورد تعداد دانه در خورجین معنی‌دار بود (جداول ۴ تا ۶). اثر متقابل آبیاری، نیتروژن و رقم نیز فقط بر روی تعداد خورجین در بوته معنی‌دار بود، با این حال، بیشترین تعداد خورجین در بوته، تعداد دانه در خورجین و وزن هزار دانه به تیمار $I_1N_4V_1$ و کمترین آن از تیمار $I_3N_1V_1$ به دست آمد (جدول ۷).

به نظر می‌رسد که تنش رطوبتی و تغذیه‌ای، بیشترین تأثیر خود را بر روی عدم تلقیح گل‌ها و یا ریزش آن‌ها داشته باشد، آنچنان که در طول اجرای آزمایش ریزش شدید گل‌ها در شرایط تخلیه رطوبتی ۸۰ درصد خاک و همچنین، عدم تلقیح گل‌ها در شرایط عدم مصرف نیتروژن مشاهده گردید. کمبود نیتروژن سبب گردید که تعداد تخمک کمتری تشکیل شود و بدین وسیله سبب کاهش تعداد خورجین و دانه در خورجین گردید (Asare and Scarisbrick, 1995). رایت و همکاران (Wright *et al.*, 1996) نیز اظهار داشتند که در کلزا، کاهش شدید وزن خشک خورجین و تعداد آن، از ریزش زیادتر گل و خورجین ناشی می‌گردد و این مشکل در تنش‌های با شدت بیشتر مشهودتر است. از





[ DOR: 20.1001.1.15625540.1385.8.4.4.9 ]

جدول ۲- خلاصه تجزیه واریانس اثر تیمارهای آبیاری، نیتروژن و رقم بر صفات فیزیولوژیک، عملکرد دانه و اجزای آن در کلزا

Table 2. Summary of analysis of variance for irrigation, nitrogen and cultivar on physiological characters, grain yield and its components of rapeseed (*Brassica napus* L.)

| S. O. V. | منابع تغییرات | درجه آزادی df | عملکرد دانه Grain yield | تعداد خورجین در بوته No. of pods/ plant | تعداد دانه در خورجین No. of grain / pod | وزن هزار دانه 1000-grain weight | عملکرد بیولوژیک Biological yield | کارایی مصرف آب عملکرد دانه Water use efficiency (Grain) | کارایی مصرف آب ماده خشک کل Water use efficiency (Total drymatter) | میزان جذب نیتروژن N.uptake | کارایی استفاده از نیتروژن N. utility efficiency | درجه آزادی df | کارایی جذب نیتروژن N. uptake efficiency |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Replication( R) | تکرار | 3 | 110240.794 | 426.971 | 1.594 | 0.136 | 4548718.638 | 48.226 | 0.170 | 4.060 | 3.750 | 3 | 12.978 |
| Irrigatiion (I ) | آبیاری | 2 | 13749365.218** | 61195.732** | 169.906** | 0.100 ns | 150539123.429** | 1158.174** | 0.429** | 466.340** | 70.559** | 2 | 1431.861** |
| Nitrogen (N) | نیتروژن | 3 | 12209289.005** | 53526.873** | 66.955** | 0.293** | 215831658.762** | 5191.188** | 9.129** | 1021.671** | 1501.114** | 2 | 94.676** |
| I × N | آبیاری × نیتروژن | 6 | 313335.846** | 3095.765** | 3.392 ns | 0.123 ns | 7318977.078** | 110.672** | 0.285** | 36.754** | 33.191** | 4 | 4.752** |
| Error a | خطای a | 33 | 69808.99 | 362.215 | 1.609 | 0.077 | 1506241.121 | 31.406 | 0.066 | 1.251 | 9.167 | 24 | 4.048 |
| Cultivar (C ) | رقم | 1 | 12841.317** | 3835.482** | 46.760** | 6.652** | 26504116.323** | 2.870** | 1.005** | 0.014 ns | 1.911 ns | 1 | 7.476ns |
| I × C | آبیاری × رقم | 2 | 125311.215* | 339.171 ns | 0.448 ns | 0.004 ns | 4194547.744* | 61.424* | 0.128 ns | 0.240 ns | 34.717 ns | 2 | 0.844 ns |
| N × C | نیتروژن × رقم | 3 | 421670.301** | 380.270 ns | 8.677** | 0.155 ns | 843754.119** | 201.247** | 0.368** | 4.525** | 17.367** | 2 | 3.309 ns |
| I × N × C | آبیاری × نیتروژن × رقم | 6 | 82843.976 ns | 560.441* | 1.073 ns | 0.006 ns | 805612.323 ns | 40.526* | 0.032 ns | 0.811 ns | 13.046 ns | 4 | 3.924 ns |
| Error b | خطای b | 36 | 36335.538 | 235.463 | 1.260 | 0.069 | 919836.080 | 16.544 | 0.042 | 0.638 | 13.578 | 27 | 1.926 |
| C.V. (%) | ضریب تغییرات (٪) | | 12.21 | 12.58 | 9.84 | 8.35 | 8.08 | 7.55 | 8.42 | 6.67 | 14.34 | | 5.78 |

* and **: Significant at 5% and 1% probability levels, respectivey.

ns: Non- significant

* و **: به ترتیب غیرمعنی دار در سطح احتمال ۵٪ و ۱٪.

ns: غیرمعنی دار





[ DOR: 20.1001.1.15625540.1385.8.4.4.9 ]

جدول ٣- مقایسه میانگین صفات فیزیولوژیک، عملکرد دانه و اجزای آن در کلزا در سطوح مختلف اثر اصلی آبیاری، نیتروژن و رقم

Table 3. Mean comparision of physiological characters, grain yield and yield components in rapeseed at different levels of main effect of irrigation (I), Nitrogen (N) and Cultivar (C)

| تیمار Treatment | کارایی جذب نیتروژن (گرم بر گرم) N. uptake efficiency (g/g) | کارایی استفاده از نیتروژن (گرم بر گرم) N. utility efficiency (g/g) | میزان جذب نیتروژن (گرم بر مترمربع) N. uptake $g/m^2$ | کارایی مصرف آب ماده خشک کل (کیلوگرم بر مترمکعب در هکتار) Water use efficiency (Total dry matter) $Kg/m^3/ha$ | کارایی مصرف آب عملکرد دانه (کیلوگرم بر مترمکعب در هکتار) Water use efficiency (Grain) $Kg/m^3/ha$ | عملکرد بیولوژیک (کیلوگرم در هکتار) Biological yield (Kg/ha) | تعداد خورجین در بوته No. of pods/ plant | تعداد دانه در خورجین No. of grain / pod | وزن هزار دانه (گرم) 1000-grain weight (g) | عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار) Grain yield (Kg/ha) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | **Irrigation** آبياري | | | | | |
| $I_1$ | 0.32 a | 24.63 b | 16.08 a | 2.54 a | 0.59 a | 14160 a | 165.7 a | 25.6 a | 3.19 a | 3340 a |
| $I_2$ | 0.22 b | 25.07 b | 11.33 b | 2.44 a | 0.53 b | 11590 b | 113.8 b | 22.8 b | 3.14 a | 2548 b |
| $I_3$ | 0.17 c | 27.39 a | 8.531 c | 2.31 b | 0.47 c | 9848 c | 78.8 c | 21.1 c | 3.08 a | 2040 c |
| | | | | | **Nitrogen** نیتروژن | | | | | |
| $N_1$ | - | 32.84 a | 5.132 d | 1.60 d | 0.33 c | 7863 d | 71.08 d | 21.4 b | 3.04 b | 1672 c |
| $N_2$ | 0.21 c | 31.91 a | 8.138 c | 2.32 c | 0.51 b | 11330 c | 90.30 c | 22.1 b | 3.04 b | 2547 b |
| $N_3$ | 0.25 a | 21.13 b | 15.22 b | 2.81 b | 0.63 a | 13740 b | 142.3 b | 24.6 a | 3.22 a | 3119 a |
| $N_4$ | 0.24 b | 16.91 c | 19.44 a | 2.98 a | 0.65 a | 14540 a | 174.1 a | 24.6 a | 3.24 a | 3232 a |
| | | | | | **Cultivar** رقم | | | | | |
| $C_1$ | 0.24 a | 25.837 a | 11.992 a | 2.53 a | 0.54 a | 12392 a | 113.1 b | 24 a | 3.40 a | 2654 a |
| $C_2$ | 0.23 b | 25.555 b | 11.968 b | 2.33 b | 0.53 b | 11342 b | 125.7 a | 23 b | 2.88 b | 2631 b |

- میانگین‌هایی، در هر ستون، که دارای حداقل یک حرف مشترک هستند بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ٥ درصد تفاوت معنی‌داری ندارند.

- Means, in each column, followed, by one, similar letter are not significantly different at the 5% probability level- using Duncan's Multiple Range Test.





[ DOR: 20.1001.1.15625540.1385.8.4.4.9 ]

جدول ۴- مقایسه میانگین صفات فیزیولوژیک برگ، عملکرد دانه و اجزای آن در کلزا در سطوح مختلف آبیاری و نیتروژن

Table 4. Mean comparision of leaf physiological characters, grain yield and yield components in rapeseed at different levels of irrigation (I) and nitrogen (N)

| سطوح آبیاری Irrigation level | سطوح نیتروژن Nitrogen level | کارایی جذب نیتروژن (گرم بر گرم) N. uptake efficiency (g/g) | کارایی استفاده از نیتروژن (گرم بر گرم) N. utility efficiency (g/g) | میزان جذب نیتروژن (گرم بر مترمربع) N. uptake $g/m^2$ | کارایی مصرف آب ماده خشک کل (کیلوگرم بر مترمکعب در هکتار) Water use effi. (Total dry matter) $Kg/m^3/ha$ | کارایی مصرف آب دانه (کیلوگرم بر مترمکعب در هکتار) Water use efficiency (Grain) $Kg/m^3/ha$ | عملکرد بیولوژیک (کیلوگرم در هکتار) Biological yield (Kg/ha) | تعداد خورجین در بوته No. of pods/ plant | تعداد دانه در خورجین No. of grain / pod | وزن هزار دانه (گرم) 1000-grain weight (g) | عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار) Grain yield (Kg/ha) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $I_1$ | $N_1$ | - | 35.85 a | 6.60 fg | 1.84 ef | 0.41f | 10250 e | 101.7 d | 23 cd | 2.95 b | 2340 d |
| | $N_2$ | 0.29 c | 28.32 c | 11.02 e | 2.31d | 0.55 e | 12870 bc | 126.9 c | 24.5 b | 3.10 b | 3112 b |
| | $N_3$ | 0.35 a | 18.67 fg | 20.67 b | 2.92 ab | 0.68 ab | 16280 a | 186.6 b | 27.8 a | 3.22 ab | 3838 a |
| | $N_4$ | 0.32 b | 15.66 g | 26.04 a | 3.09 a | 0.73 a | 17230 a | 247.6 a | 27.3 a | 3.49 a | 4072 a |
| $I_2$ | $N_1$ | - | 25.77 cd | 5.34 h | 1.34 g | 0.28 g | 6375 g | 66.1 ef | 21.6 def | 3.08 b | 1368 f |
| | $N_2$ | 0.20 e | 35.86 a | 7.48 f | 2.59 c | 0.56 de | 12280 cd | 82.2 e | 21.5 ef | 3.07 b | 2682 c |
| | $N_3$ | 0.23 d | 21.36 ef | 14.07 d | 2.85 abc | 0.62 cd | 13550 bc | 136.5 c | 24.0 bc | 3.25 ab | 2975 b |
| | $N_4$ | 0.22 d | 17.29 g | 18.41c | 2.98 a | 0.67 bc | 14170 b | 170.2 b | 24.2 bc | 3.16 b | 3165 b |
| $I_3$ | $N_1$ | - | 36.88 a | 3.45 i | 1.63 f | 0.30 g | 6964 g | 45.4 g | 19.7 g | 3.08 b | 1309 f |
| | $N_2$ | 0.15 g | 31.54 b | 5.91 gh | 2.07 de | 0.43 f | 8821f | 61.7 fg | 20.3 fg | 2.96 b | 1847 e |
| | $N_3$ | 0.18 ef | 23.35 de | 10.91e | 2.67 bc | 0.59 de | 11930 de | 103.7 d | 22.0 de | 3.18 ab | 2543 cd |
| | $N_4$ | 0.17 fg | 17.79 g | 13.85 d | 2.86 abc | 0.57 de | 12220 cd | 104.3 d | 22.3 de | 3.09 b | 2460 cd |

- میانگین‌هایی، در هر ستون، که دارای حداقل یک حرف مشترک هستند بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵ درصد تفاوت معنی‌داری ندارند.

- Means, in each column, followed by, at least one, similar letter are not significantly different at the 5% probability level- using Duncan's Multiple Range Test.





[ DOR: 20.1001.1.15625540.1385.8.4.4.9 ]

جدول ۵- مقایسه میانگین صفات فیزیولوژیک برگ، عملکرد دانه و اجزای آن در کلزا در سطوح مختلف آبیاری و رقم

Table 5. Mean comparision of leaf physiological characters, yield and yield components in rapeseed at different levels of irrigation (I) and cultivar (C)

| تیمار آبیاری Irrigation treatment | ارقام Cultivars | کارایی جذب نیتروژن (گرم بر گرم) N. uptake efficiency (g/g) | کارایی استفاده از نیتروژن (گرم بر گرم) N. utility efficiency (g/g) | میزان جذب نیتروژن (گرم بر مترمربع) N. uptake $g/m^2$ | کارایی مصرف آب ماده خشک کل (کیلوگرم بر مترمکعب در هکتار) Water use efficiency (Total dry matter) $Kg/m^3/ha$ | کارایی مصرف آب عملکرد دانه (کیلوگرم بر مترمکعب در هکتار) Water use efficiency (Grain) $Kg/m^3/ha$ | عملکرد بیولوژیک (کیلوگرم در هکتار) Biological yield (Kg/ha) | تعداد خورجین در بوته No. of pods/ plant | تعداد دانه در خورجین No. of grain / pod | وزن هزار دانه (گرم) 1000-grain weight (g) | عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار) Grain yield (kg/ha) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $I_1$ | $C_1$ | 0.32 a | 25.38 b | 16.16 a | 2.69 a | 0.60 a | 15000 a | 159.7 b | 26.4 a | 3.44 a | 3385 a |
| | $C_2$ | 0.31 a | 23.87 b | 16.00 a | 2.39 b | 0.59 a | 13320 b | 171.7 a | 24.9 b | 2.94 b | 3296 a |
| $I_2$ | $C_1$ | 0.22 b | 25.81 ab | 11.23 b | 2.57 a | 0.54 b | 12200 c | 104.0 d | 23.6 c | 3.40 a | 2598 b |
| | $C_2$ | 0.22 b | 24.34 b | 11.42 b | 2.31 b | 0.52 b | 10990 d | 123.5 c | 22.0 d | 2.88 b | 2497 b |
| $I_3$ | $C_1$ | 0.17 c | 28.45 a | 8.55 c | 2.34 b | 0.49 c | 9977 e | 75.5 e | 21.6 d | 3.35 a | 2100 c |
| | $C_2$ | 0.16 c | 26.33 ab | 8.51 c | 2.28 b | 0.46 c | 9719 e | 82.0 e | 20.5 e | 2.80 b | 1979 c |

- میانگین‌هایی، در هر ستون، که دارای حداقل یک حرف مشترک هستند بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵ درصد تفاوت معنی‌داری ندارند.

- Means, in each column, followed by, at least one, similar letter are not significantly different at the 5% probability level- using Duncan's Multiple Range Test.





[ DOR: 20.1001.1.15625540.1385.8.4.4.9 ]

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 کرد. از طرفی می‌دانیم که انتقال مواد از آوند آبکش هم به فتوسنتز که مواد اصلی را تأمین می‌کند و هم به متابولیسم مخزن وابسته است. تنش کم آبی، فتوسنتز و مصرف مواد فتوسنتزی را در برگ‌های در حال توسعه کاهش می‌دهد. در نتیجه، 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 آسیمیلات ذخیره‌ای می‌کاهد که این امر، آسیب‌پذیری تشکیل دانه را در شرایط کم آبی افزایش می‌دهد (کافی و همکاران، ۱۳۷۹). 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. براساس آزمایش رایت و همکاران (Wright *et al*., 1995) نیز تعداد دانه در خورجین در کلزا از تنش خشکی متأثر می‌گردد ولی در مقایسه با خردل هندی در کلزا تعداد دانه در خورجین کمتر تحت تأثیر تنش قرار می‌گیرد. علاوه بر آن، در خردل هندی همراه با کاهش تعداد دانه در خورجین، افزایش تعداد خورجین به عنوان یک واکنش جبرانی تحقق می‌یابد در صورتی که این وضعیت در کلزا مشاهده نگردید (Wright *et al*., 1995). 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. این وضعیت موجب از بین رفتن اندام‌های زایشی (گل‌ها) و در نتیجه، افزایش آسیب‌پذیری تشکیل دانه در خورجین‌ها در شرایط کم آبی گردید. در آغاز پر شدن دانه‌ها که اکثر دانه‌ها در مرحله پر شدن هستند، ادامه ارسال آسیمیلات کافی به دانه‌ها با افزایش سقط دانه‌های دیگر مقدور نیست. در این زمان، فتوسنتز برگ و انتقال مواد فتوسنتزی نیز توسط خشکی کاهش یافته است. از طرفی، در غیاب فتوسنتز جاری، نمو دانه متکی به آسیمیلات‌های ذخیره‌ای در گیاه است. به نظر می‌رسد که دلیل عدم تأثیرپذیری زیاد وعدم کاهش معنی‌دار وزن هزار دانه در شرایط تنش آبی، انتقال مجدد مواد آسیمیلات ذخیره‌ای در ساقه به سمت دانه‌های در پایان دوره رشد باشد.

پوما و همکاران (Poma *et al*., 1999) نیز در بررسی اثر تیمارهای آبیاری روی عملکرد دو واریته کلزا مشاهده کردند که تمام اجزای عملکرد دانه در شرایط کم آبی همانند عملکرد دانه کاهش یافتند. در آزمایش‌های زیادی مشاهده شده است که افزایش عملکرد دانه کلزا در شرایط نیتروژن بالای مصرفی، عمدتاً مربوط به تعداد خورجین بالاتر و وزن دانه بالاتر است در حالی که تعداد دانه در هر خورجین تحت تأثیر قرار نمی‌گیرد (Hocking *et al*., 1997;Asare and Scarisbrick, 1995). 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) داشتند. 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.

ب- عملکرد دانه و بیولوژیک

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که عملکرد دانه و بیولوژیک، به طور معنی‌داری تحت تأثیر تیمارهای آبیاری و نیتروژن قرار گرفت (جداول ۲ و ۳). اثر متقابل آبیاری و نیتروژن نیز بر این صفات معنی‌دار بود. میان ارقام نیز اختلاف معنی‌داری مشاهده شد. بیشترین میزان این دو صفت به رقم زرفام متعلق بود. اثرات متقابل آبیاری ، رقم و نیتروژن ، رقم نیز معنی‌دار بود در حالی





[ DOR: 20.1001.1.15625540.1385.8.4.4.9 ]

جدول ۶- مقایسه میانگین صفات فیزیولوژیک، عملکرد دانه و اجزای آن در کلزا در سطوح مختلف نیتروژن و رقم

Table 6. Mean comparision of physiological characters, yield and yield components in rapeseed at different levels of nitrogen (N) and cultivar (C )

| نیتروژن Nitrogen | ارقام Cultivar | کارایی جذب نیتروژن (گرم بر گرم) N. uptake efficiency (g/g) | کارایی استفاده از نیتروژن (گرم بر گرم) N. utility efficiency (g/g) | میزان جذب نیتروژن (گرم بر مترمربع) N. uptake $g/m^2$ | کارایی مصرف آب ماده خشک کل (کیلوگرم بر مترمکعب در هکتار) Water use effi. (Total dry matter) $Kg/m^3/ha$ | کارایی مصرف آب عملکرد دانه (کیلوگرم بر مترمکعب در هکتار) Water use efficiency (Grain) $Kg/m^3/ha$ | عملکرد بیولوژیک (کیلوگرم بر مترمکعب در هکتار) Biological yield (Kg/ha) | تعداد خورجین در بوته No. of pods /plant | تعداد دانه در خورجین No. of grain / pod | وزن هزار دانه (گرم) 1000-grain weight (g) | عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار) Grain yield (Kg/ha) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $N_1$ | $C_1$ | _ | 35.54 a | 5.73 e | 1.64 e | 0.36 d | 8023 e | 58.9 d | 21.3 c | 3.20 c | 1804 d |
| | $C_2$ | _ | 32.13 a | 4.52 f | 1.56 e | 0.30 e | 7702 e | 83.2 c | 21.5 c | 2.87 d | 1540 e |
| $N_2$ | $C_1$ | 0.22 c | 31.22 a | 8.18 d | 2.38 d | 0.51 c | 11680 d | 86.8 c | 23.2 b | 3.32 bc | 2520 c |
| | $C_2$ | 0.21 c | 32.60 a | 8.08 d | 2.25 d | 0.52 c | 10980 d | 93.7 c | 21.0 c | 2.77 d | 2574 c |
| $N_3$ | $C_1$ | 0.26 a | 20.65 bc | 15.65 b | 2.94 b | 0.63 b | 14400 b | 138.1 b | 25.2 a | 3.47 ab | 3137 b |
| | $C_2$ | 0.25 b | 21.60 b | 14.78 c | 2.69 c | 0.63 b | 13090 c | 146.4 b | 24.0 b | 2.96 d | 3103 b |
| $N_4$ | $C_1$ | 0.24 b | 17.94 cd | 19.50 a | 3.24 a | 0.69 a | 15800 a | 168.6 a | 25.8 a | 3.60 a | 3419 a |
| | $C_2$ | 0.24 b | 15.89 d | 19.37 a | 2.72 c | 0.61 b | 13280 c | 179.5 a | 23.5 b | 2.88 d | 3046 b |

- میانگین‌هایی، در هر ستون، که دارای حداقل یک حرف مشترک هستند بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵ درصد تفاوت معنی‌داری ندارند.

- Means, in each column, followed by, at least one, similar letter are not significantly different at the 5% probability level- using Duncan's Multiple Range Test.





[ DOR: 20.1001.1.15625540.1385.8.4.4.9 ]

جدول ۷- مقایسه میانگین صفات فیزیولوژیک، عملکرد دانه و اجزای آن در کلزا در سطوح مختلف آبیاری، نیتروژن و رقم

Table 7. Mean comparision of physiological characters, yield and yield components in rapeseed at different levels of irrigation (I), nitrogen (N) and cultivar (C)

| آبیاری (I) | نیتروژن (N) | رقم (C ) | کارایی جذب نیتروژن (گرم بر گرم) (گرم بر گرم) N. uptake efficiency (g/g) | کارایی استفاده از نیتروژن (گرم بر گرم) N. utility efficiency (g/g) | میزان جذب نیتروژن (گرم بر مترمربع) N. uptake $g/m^2$ | کارایی مصرف آب ماده خشک کل (کیلوگرم بر مترمکعب در هکتار) Water use efficiency (Total dry matter) $Kg/m^3/ha$ | کارایی مصرف آب عملکرد دانه (کیلوگرم بر مترمکعب در هکتار) Water use efficiency (Grain) $Kg/m^3/ha$ | عملکرد بیولوژیک (کیلوگرم در هکتار) Biological yield (Kg/ha) | تعداد خورجین در بوته No. of pods/ plant | تعداد دانه در خورجین No. of grain / pod | وزن هزار دانه (گرم) 1000-grain weight (g) | عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار) Grain yield (Kg/ha) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $I_1$ | $N_1$ | $C_1$ | – | 38.54 a | 5.96 i | 1.82 ijk | 0.41 gh | 10140 jk | 85.5 ghi | 23.2 fgh | 3.10 cdefg | 2287 i |
| | | $C_2$ | – | 33.17 abcd | 7.23 gh | 1.87 hij | 0.42 gh | 10360 ij | 117.8 def | 22.7 fghij | 2.79 gh | 2392 ghi |
| | $N_2$ | $C_1$ | 0.29 c | 28.36 cdef | 10.93 f | 2.44 fg | 0.55 ef | 13640 cde | 118.9 def | 22.5 cd | 3.35 bcde | 3086 cd |
| | | $C_2$ | 0.29 c | 28.29 cdef | 11.10 f | 2.17 gh | 0.56 ef | 12110 efgh | 134.9 cd | 23.5 fg | 2.86 fgh | 3138 c |
| | $N_3$ | $C_1$ | 0.37 a | 18.58 hijk | 21.72 b | 3.15 ab | 0.71 ab | 17610 a | 185.9 b | 28.5 a | 3.49 abc | 4003 a |
| | | $C_2$ | 0.33 b | 18.76 hijk | 19.62 c | 2.68 def | 0.65 bc | 14960 bc | 187.4 b | 27.2 ab | 2.96 efgh | 3673 b |
| | $N_4$ | $C_1$ | 0.32 b | 16.04 jk | 26.05 a | 3.33 a | 0.74 a | 18610 a | 248.4 a | 28.5 a | 3.83 a | 4164 a |
| | | $C_2$ | 0.32 b | 15.28 k | 26.03 a | 2.84 bcde | 0.71 ab | 15860 b | 246.9 a | 26.2 bc | 3.14 bcdefg | 3979 a |
| $I_2$ | $N_1$ | $C_1$ | – | 27.49 defgh | 4.69 jk | 1.75 jk | 0.27 i | 6500 m | 56.3 kl | 21.7 ghijk | 3.26 bcdef | 1293 lm |
| | | $C_2$ | – | 24.05 efgh | 5.98 i | 1.51 kl | 0.30 i | 6250 m | 75.9 hijk | 21.5 hijk | 2.91 efgh | 1442 l |
| | $N_2$ | $C_1$ | 0.20 e | 35.89 a | 7.46 g | 2.66 def | 0.56 ef | 12640 defg | 81.9 hij | 23.0 fghi | 3.34 bcde | 2675 efg |
| | | $C_2$ | 0.20 e | 35.84 a | 7.50 g | 2.51 ef | 0.56 ef | 11930 fgh | 82.5 hij | 20.0 klm | 2.80 gh | 2690 efg |
| | $N_3$ | $C_1$ | 0.24 d | 20.67 hijk | 14.30 e | 2.92 bcd | 0.61 cdei | 13850 cd | 129.9 cde | 24.5 def | 3.47 abcd | 2929 cde |
| | | $C_2$ | 0.23 d | 22.05 ghij | 13.83 e | 2.79 cde | 0.63 cd | 13250 def | 143.0 c | 23.5 fg | 3.03 defgh | 3022 cd |
| | $N_4$ | $C_1$ | 0.22 d | 19.17 hijk | 18.47 d | 3.33 a | 0.74 a | 15820 b | 148. c | 25.2 cde | 3.55 ab | 3495 b |
| | | $C_2$ | 0.22 d | 15.42 k | 18.35 d | 2.64 def | 0.59 cdef | 12510 defgh | 192.5 b | 23.2 fgh | 2.77 gh | 2835 def |
| $I_3$ | $N_1$ | $C_1$ | – | 39.18 a | 3.98 kl | 1.37l | 0.37 h | 6464 m | 34.8 l | 20.5 klm | 3.25 bcdef | 1577 kl |
| | | $C_2$ | – | 34.59 ab | 2.92l | 1.31l | 0.24 i | 7464 lm | 56.0 kl | 19.0 m | 2.65 h | 1040 m |
| | $N_2$ | $C_1$ | 0.16 fg | 29.41 bcde | 6.16 hi | 2.05 hij | 0.42 gh | 8750 kl | 59.6 jk | 21.2 ijkl | 3.27 bcdef | 1800 jk |
| | | $C_2$ | 0.15 g | 33.68 abc | 5.65 ij | 2.08 hi | 0.44 g | 8892 kl | 63.9 ijk | 19.5 lm | 2.92 efgh | 1894 j |
| | $N_3$ | $C_1$ | 0.18 ef | 22.71 fghi | 10.94 f | 2.75 cdef | 0.58 def | 11730 fghi | 98.4 fgh | 22.7 fghij | 3.46 abcd | 2479 ghi |
| | | $C_2$ | 0.18 ef | 23.99 efgh | 10.87 f | 2.59 def l | 0.61 cdef | 11050 hij | 108.9 efg | 21.2 ijkl | 2.90 efgh | 2607 fgh |
| | $N_4$ | $C_1$ | 0.17 fg | 18.61 hijk | 14.01 e | 3.04 abc | 0.61 cdef | 12960 defg | 109.3 efg | 23.7 ef | 3.43 abcd | 2598 fgh |
| | | $C_2$ | 0.17 fg | 16.96 ijk | 13.70 e | 2.69 def | 0.54 f | 11470 ghij | 99.2 fgh | 21.0 jkl | 2.74 gh | 2323 hi |

– میانگین‌هایی، در هر ستون، که دارای حداقل یک حرف مشترک هستند بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵ درصد تفاوت معنی‌داری ندارند.

- Means, in each column, followed by, at least one, similar letter(s) are not significantly different at the 5% probability level- using Duncan's Multiple Range Test.





[ DOR: 20.1001.1.15625540.1385.8.4.4.9 ]

که اثرات متقابل آبیاری، نیتروژن و رقم معنی‌دار نبود (جداول ۴ و ۵ و ۶ و ۷). مشخص شده است که عملکرد دانه و شاخص برداشت در شرایط خشکی وکم آبی می‌توانند شاخص‌های مناسبی برای بررسی تحمل ژنوتیپ‌ها به کم آبی باشند (Francois *et al*., 1998). همبستگی مثبت و معنی‌دار میان عملکرد دانه، تعداد خورجین در بوته، تعداد دانه در خورجین و وزن هزار دانه نشان می‌دهد که تغییرات عملکرد دانه هم جهت با تغییرات این صفات است. به این دلیل، کاهش هر یک از این عوامل، بر اثر کمبود آب، به شدت بر عملکرد دانه مؤثر خواهد بود. بررسی‌ها نشان داده است که بالاترین میزان نیتروژن مصرفی که در آن، حداکثر میزان عملکرد دانه کلزا به دست آمده است، متغیر و بین ۲۰۰ تا ۲۴۰ کیلوگرم در هکتار متغیر است (Rathke *et al*., 2005; Sieling and Christen, 1997; Ozer, 2003). در منابع مختلف گزارش شده است که ارتباط میان ماده خشک کل تولیدی گیاه کلزا و میزان نیتروژن مصرفی، ارتباط خطی بوده که نشان‌دهنده واکنش گیاه کلزا به داشتن عادت رشدی نامحدود در زمانی است که عناصر غذایی و آب محدودیت ندارند. ارتباط میان عملکرد دانه و عملکرد روغن دانه تولیدی به میزان نیتروژن مصرفی نیز حالت منحنی شکل دارد که معمولاً، بالاترین میزان عملکرد دانه و عملکرد روغن دانه در میزان نیتروژن مصرفی ۱۸۰ تا ۲۲۰ کیلوگرم در هکتار به دست می‌آید (Jackson, 2000). به نظر می‌رسد که در این بررسی، رقم زرفام، با تعداد دانه در خورجین و وزن هزار دانه بالاتر نسبت به رقم مودنا، توانسته است عملکرد دانه بالاتری تولید کند.

این بررسی نشان داد که کلزا از مرحله ساقه‌دهی به بعد به تنش رطوبتی بسیار حساس است، به این دلیل که حتی تنش رطوبت متوسط اعمال شده نیز سبب کاهش معنی‌دار عملکرد دانه و ماده خشک کل تولیدی گردید. همچنین، مشاهده شد که علی‌رغم افزایش عملکرد دانه با افزایش نیتروژن مصرفی، اختلاف معنی‌داری میان سطوح $N_4$ و $N_3$ مشاهده نگردید که می‌تواند نشان‌دهنده عدم کارایی گیاه در استفاده از این میزان نیتروژن اضافی و یا خارج شدن آن از دسترس گیاه در اثر آبشویی باشد. اثرات متقابل آبیاری، نیتروژن و رقم نیز نشان داد که در تیمار آبیاری معمول و بالاترین میزان نیتروژن مصرفی و در رقم زرفام، بیشترین عملکرد دانه تولیدی وجود داشت. همچنین مشاهده شد که همین رقم در شرایط تنش رطوبتی متوسط و شدید و در بالاترین میزان نیتروژن مصرفی، عملکرد دانه بالاتری نسبت به رقم مودنا تولید کرد. به نظر می‌رسد که رقم زرفام، سازگاری بیشتری نسبت به شرایط کم آبی و تنش تغذیه‌ای داشته باشد.

### ج- کارایی مصرف آب دانه و ماده خشک کل

نتایج نشان‌دهنده این است که تیمارهای آبیاری و نیتروژن، اثر معنی‌داری بر کارایی مصرف آب برای عملکرد دانه و ماده خشک کل دارند. اثرات متقابل آبیاری × نیتروژن نشان داد که به ترتیب، تیمارهای $I_1N_4$ و $I_3N_1$ بیشترین و کمترین میزان این دو صفت را داشتند که این اختلاف معنی‌دار بود. در بین ارقام نیز اختلاف معنی‌داری مشاهده گردید به گونه‌ای که بالاترین میزان این صفات به رقم زرفام تعلق داشت (جداول۲ و۳ و۴). اثر متقابل آبیاری × رقم نیز نشان‌دهنده این است که تیمارهای $I_3V_1$ و $I_1V_1$ کمترین و بیشترین میزان این دو کارایی را داشتند به گونه‌ای که اختلاف آن‌ها فقط از نظر کارایی مصرف آب برای عملکرد دانه معنی‌دار بود. همچنین، اثر متقابل نیتروژن × رقم نیز نشان‌دهنده این است که تیمارهای $N_4V_1$ و $N_1V_2$ بیشترین و کمترین میزان این دو صفت را داشتند، که این اختلافات معنی‌دار بود. همچنین، اثر متقابل آبیاری × نیتروژن × رقم نیز نشان داد که به ترتیب تیمارهای $I_1N_4V_1$ و $I_3N_1V_1$ بیشترین و کمترین میزان این صفات را دارند که این اختلافات فقط در مورد کارایی مصرف آب برای عملکرد دانه معنی‌دار بود (جداول ۵ و۶ و۷).





[ DOR: 20.1001.1.15625540.1385.8.4.4.9 ]

در یک بررسی ، چهار دور آبیاری پس از ۵۰، ۷۵، ۱۰۰ و ۱۲۵ میلی‌متر تبخیر تجمعی از تشتک تبخیر کلاس A بر روی کلزا مورد مطالعه قرار گرفت. نتایج نشان‌دهنده این بود که تیمارهای آبیاری پس از ۵۰ و ۷۵ میلی‌متر تبخیر تجمعی از تشتک تبخیر کلاس A، دارای بیشترین عملکرد دانه بودند و اختلاف معنی‌داری را نشان ندادند. بالاترین کارایی مصرف آب برای عملکرد دانه (۰/۴۸۵ کیلوگرم بر مترمکعب) در تیمار ۱۲۵ میلی‌متر و با مصرف آب ۳۸۵۰ مترمکعب به دست آمد. در حالی که بیشترین عملکرد دانه مربوط به تیمار آبیاری ۵۰ میلی‌متر و با میزان آب مصرفی ۸۳۵۰ مترمکعب بود (بی‌نام، ۱۳۸۵).

در این تحقیق مشاهده می‌شود که میزان کاهش عملکرد دانه و ماده خشک کل به هنگام تنش آبی، نسبت به کاهش آب مصرفی بیشتر بوده که این موضوع منجر به این امر گردید که کمترین میزان این کارایی‌ها در تیمار رطوبتی $I_3$ (تنش رطوبتی شدید) مشاهده شود. از طرفی با افزایش نیتروژن مصرفی، کارایی مصرف آب دانه و ماده خشک کل نیز افزایش یافت، به گونه‌ای که حداکثر میزان این دو کارایی در تیمار $N_4$ مشاهده شد. آنچنان که گفته شد در این تیمار، بیشترین میزان عملکرد دانه و ماده خشک کل تولیدی به دست آمد. در بررسی اثر نیتروژن و آب مصرفی بر عملکرد دانه و تجمع نیتروژن در کلزا مشاهده شد عملکرد دانه به وسیله نیتروژن مصرفی در تیمار آبیاری نرمال، در زمانی که حدود ۱۰۰ و ۲۰۰ کیلوگرم نیتروژن به کار برده شد افزایش معنی‌داری یافت. کارایی مصرف آب برای عملکرد دانه و ماده خشک کل نیز حدود ۷/۵ و ۲۳ کیلوگرم در هکتار به ازای هر مترمکعب آب مصرفی بود. حداکثر کارایی مصرف آب دانه (۸/۹) و کارایی مصرف ماده خشک کل (۲۶۹/۸ ) در تیمار ۲۰۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار، یعنی بالاترین میزان مصرف کود نیتروژنه به دست آمد (Taylor *et al.*, 1991). در شرایط این مطالعه، اگرچه افزایش نیتروژن مصرفی، احتمالاً افزایش در تعرق را به همراه داشته است اما به دلیل تولید عملکرد دانه بیشتر، در نهایت، کارایی مصرف آب بیشتر شده است. به عبارت دیگر، در جریان افزایش نیتروژن مصرفی، افزایش در عملکرد دانه بسیار بیشتر از افزایش در تبخیر و تعرق از جامعه گیاهی بوده است. از آنجایی که عملکرد دانه و کارایی مصرف آب با یکدیگر رابطه مستقیم دارند، افزایش در عملکرد دانه، لزوماً موجب افزایش در کارایی مصرف آب نخواهد شد، مشروط بر اینکه میزان آب تبخیر و تعرق یافته نوسان زیادی نداشته باشد. اما چنانچه افزایش در عملکرد دانه، با فرا رفتن از محدوده‌ای همراه با افزایش در مصرف آب باشد، رابطه بین کارایی مصرف آب و عملکرد دانه دستخوش تغییرات شده و حتی معکوس خواهد شد.

د- جذب نیتروژن

نتایج تجزیه واریانس، نشان داد که تیمارهای آبیاری و نیتروژن تأثیر معنی‌داری نیز بر میزان جذب نیتروژن دارند. اثرات متقابل آبیاری × نیتروژن نیز نشان داد که به ترتیب، تیمارهای $I_1N_4$ و $I_3N_1$ بیشترین و کمترین میزان این صفت را دارند که این اختلاف معنی‌دار بود. در بین ارقام، اختلاف معنی‌دار مشاهده نشد. اثر متقابل آبیاری × رقم نیز معنی‌دار نبود. اثر متقابل نیتروژن × رقم نیز نشان‌دهنده این است که تیمارهای $N_4V_1$ و $N_1V_1$ به ترتیب بیشترین و کمترین مقدار جذب نیتروژن را دارند که این اختلاف معنی‌دار بود. اثر متقابل آبیاری× نیتروژن × رقم نیز از نظر میزان جذب نیتروژن معنی‌دار نبود (جداول ۲ تا ۷ ).

تجمع و انتقال نیتروژن در اندام‌های رویشی و دانه‌ها، فرایندهای مهمی در تعیین عملکرد و کیفیت دانه است. نیتروژن موجود در گیاه و برگ، همراه با افزایش خشکی خاک کاهش می‌یابد، البته توانایی جذب نیتروژن و نسبت انتقال نیتروژن در شرایط تنش آبی ممکن است بستگی به رقم و گونه داشته باشد. کاهش در جذب نیتروژن در گیاهانی که در تنش آبی هستند،





[ DOR: 20.1001.1.15625540.1385.8.4.4.9 ]

در نتیجه کاهش رشد گیاه بوده که تقاضای گیاه برای جذب نیتروژن را تحت تأثیر قرار می‌دهد. بیان شده است که تسریع در پیری اندام‌ها در تنش آبی و نیتروژن، در نتیجه افزایش در انتقال مجدد است. بنابراین، در گیاهان تحت تنش آبی، ممکن است تعادلی میان کاهش در جذب نیتروژن و افزایش در انتقال مجدد نیتروژن وجود داشته باشد (Xu *et al.*, 2006). در این بررسی، رقم مودنا، مقدار نیتروژن ذخیره شده کمتری برای پر شدن دانه نسبت به رقم زرفام داشت. تیلور و همکاران (Taylor *et al.*, 1991) نشان دادند که در گندم، با افزایش دفعات آبیاری، میزان نیتروژن در برگ و گیاه به طور معنی‌داری افزایش می‌یابد. برگ یکی از مهمترین منابع تأمین‌کننده نیتروژن مراحل پس از گل‌دهی است و همراه با افزایش میزان نیتروژن موجود در گیاه و برگ، میزان فتوسنتز خالص و فعالیت آنزیم روبیسکو افزایش می‌یابد. در بررسی عملکرد چهار رقم کلزای بهاره با مقادیر مختلف نیتروژن مصرفی، مشخص گردید که ارقامی که با نیتروژن بالای مصرفی، عملکرد بالاتری داشتند، پاسخ مشابهی در شرایط مصرف کم نیتروژن از خود نشان دادند (Svencjak and Rengel, 2006). تجمع نیتروژن و توزیع آن در کلزا نشان داد که میزان نیتروژن در کل گیاه، همراه با افزایش میزان نیتروژن مصرفی افزایش می‌یابد. در کل مشاهده شد که کاربرد بیشتر نیتروژن، مقدار کل نیتروژن تجمع یافته در کلزا را افزایش داد اما اثر کمی بر میزان توزیع نیتروژن میان اندام‌های مختلف گیاهی حتی در مقادیر بالاتر مصرف داشت (Chamorro *et al.*, 2002). در این بررسی مشخص شد که رقم زرفام، توانایی بالایی در جذب نیتروژن در شرایط آبیاری معمول و نیتروژن بالای مصرفی و همچنین شرایط خشکی شدید و نیتروژن کم دارد به گونه‌ای که این توانایی، سبب تولید عملکرد دانه بالاتر این رقم نسبت به رقم مودنا گردید. همان طور که گفته شد میزان نیتروژن موجود در گیاه و به ویژه برگ، با ظرفیت فتوسنتزی و کیفیت دانه همبستگی دارد. بنابراین به نظر می‌رسد که رقم زرفام با جذب نیتروژن بالاتر در شرایط آبیاری معمول و تنش خشکی و همچنین، نیتروژن بالای مصرفی و شرایط محدودیت نیتروژن، ظرفیت فتوسنتزی خود را بالا برده و به این وسیله، توانسته است عملکرد دانه بالاتری در این شرایط تولید کند. عمیق شدن ریشه در شرایط خشکی، گیاه را از نظر جذب آب کارامدتر کرده و سبب بهبود روابط آبی گیاه در مرحله رشد زایشی می‌گردد. از طرفی، کارایی جذب آب و عناصر غذایی به ویژه نیتروژن، به وسیله ریشه‌ها پروسه پیچیده‌ای است که به ساختار، آناتومی و سهم قسمت‌های مختلف ریشه جهت انتقال کلی آب بستگی دارد. آزمایش‌ها نشان داده است که خصوصیات ریشه می‌تواند میزان جذب نیتروژن را تحت تأثیر قرار دهد. کارایی بالاتر رقم کارامدتر از نظر جذب نیتروژن مربوط به رشد ریشه بالاتر نسبت به جذب بالاتر نیتروژن در هر واحد طول ریشه بود (Herzog and Gotz, 2004). مطالعات زیادی در گندم نشان داده است که اختلافات ژنوتیپی در عملکرد دانه مربوط به اختلافات مورفولوژیکی و فیزیولوژیکی همانند طول و فعالیت سیستم ریشه‌ای و میزان جذب نیتروژن است که کارایی جذب ومصرف نیتروژن را تحت تأثیر قرار می‌دهد (Diekmann and Fischbeck, 2005).

### ٥- کارایی استفاده از نیتروژن

بررسی کارایی استفاده از نیتروژن نشان داد که تیمارهای آبیاری و نیتروژن، اثر معنی‌داری بر این صفت دارند. اثر متقابل آبیاری و نیتروژن نیز نشان داد که به ترتیب، تیمارهای $I_1N_4$ و $I_3N_1$ بیشترین و کمترین میزان این صفت را دارند که این اختلاف معنی‌دار بود. میان ارقام اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد. اثر متقابل آبیاری و رقم و نیتروژن و رقم نیز معنی‌دار نبود. اثرات متقابل آبیاری، نیتروژن و رقم نیز نشان داد که به ترتیب، تیمارهای $I_1N_4V_2$ و $I_3N_1V_1$ بیشترین و کمترین میزان کارایی استفاده از نیتروژن را دارند که البته این اختلاف نیز معنی‌دار نبود (جداول ٢ تا ٧).





[ DOR: 20.1001.1.15625540.1385.8.4.4.9 ]

آنچنان که می‌دانیم، کارایی استفاده از نیتروژن، از تقسیم عملکرد دانه بر کل نیتروژن جذب شده به دست می‌آید. همان طوری که گفته شد، تنش آبی سبب کاهش عملکرد دانه و کل نیتروژن جذب شده گردید. به نظر می‌رسد که با وجود مقدار کمتر کل نیتروژن جذب شده در شرایط تنش آبی، گیاه به طور کارامدتری از این نیتروژن برای تشکیل دانه استفاده کرده و کارایی انتقال نیتروژن نسبت به آبیاری معمول بالاتر بوده است. از طرفی، با افزایش نیتروژن مصرفی، مقدار عملکرد دانه و کل نیتروژن جذب شده افزایش یافت. به نظر می‌رسد که با اینکه با افزایش نیتروژن مصرفی، مقدار کل نیتروژن جذب شده توسط گیاه افزایش یافته، ولی در مقادیر پایین‌تر نیتروژن مصرفی، کارایی انتقال و استفاده از نیتروژن جذب شده برای تشکیل دانه بیشتر بوده است.

### و-کارایی جذب نیتروژن

همچنین، نتایج تجزیه واریانس نشان داد که تیمارهای آبیاری و نیتروژن، اثر معنی‌داری بر کارایی جذب نیتروژن دارند. اثر متقابل آبیاری و نیتروژن نیز نشان داد که به ترتیب، تیمارهای $I_1N_3$ و $I_3N_2$ بیشترین و کمترین مقدار جذب نیتروژن را دارند که این اختلاف معنی‌دار بود. میان ارقام، اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد. اثر متقابل آبیاری و رقم و نیتروژن و رقم نیز معنی‌دار نبود (جداول ۲ تا۷).

آنچنان که مشخص است با کاهش میزان رطوبت خاک و افزایش خشکی، کارایی جذب نیتروژن کاهش یافته و سبب کاهش مقدار نیتروژن موجود در اندام‌های گیاهی گردیده است. از طرفی، ما بیشترین میزان جذب را در تیمار $N_3$ داشتیم که نشان‌دهنده این است که در مقادیر بالای نیتروژن مصرفی، مقدار زیادی از این عنصر در خاک باقی مانده و جذب نمی‌گردد. گیاهان، مقادیر زیادی از نیتروژن را بسته به ارقام و شرایط محیطی از دست می‌دهند. جذب نیتروژن و توزیع آن در گیاهان زراعی، بستگی به شرایط محیطی به ویژه رژیم رطوبتی دارد. مشخص شده است که مقدار جذب نیتروژن اساساً می‌تواند به وسیله آبیاری افزایش یابد (Abreu *et al.*, 1993). همچنین مشاهده شد که کارایی جذب رقم زرفام در شرایط نرمال و تنش محیطی نسبت به رقم مودنا بیشتر است. با این حال، با اینکه بیشترین کارایی جذب در تیمار $N_3$ مشاهده شد ولی بیشترین عملکرد دانه مربوط به تیمار$N_4$ بود. به نظر می‌رسد که در این بررسی، آبیاری کم و سطوح بالای نیتروژن مصرفی، منجر به کارایی مصرف و جذب کم نیتروژن برای ارقام گردیده است. در گندم مشخص شده که تنش آبی اعمال شده در طی پر شدن دانه می‌تواند انتقال ذخائر نیتروژن به دانه‌ها و سرعت پرشدن دانه را افزایش دهد. همچنین، انتقال نیتروژن از برگ‌ها به دانه در شرایط کمبود جذب نیتروژن از خاک می‌تواند سریع‌تر شود (Xu and Yu, 2006). آزمایش‌های مختلفی در کلزا نشان داده‌اند که با افزایش میزان نیتروژن مصرفی، میزان کارایی استفاده از نیتروژن کاهش می‌یابد (Chamorro *et al.*, 2002).

## نتیجه‌گیری کلی

در این بررسی مشاهده شد که حتی تنش آبی متوسط اعمال شده از مرحله ساقه‌دهی سبب کاهش معنی‌دار عملکرد دانه و ماده خشک کل تولیدی گردید. از طرفی، با افزایش نیتروژن مصرفی، عملکرد دانه و اجزای عملکرد افزایش یافت که البته میان سطوح $N_4$ و$N_3$، تفاوت معنی‌داری مشاهده نگردید که دلیل این امر می‌تواند عدم کارایی ارقام در استفاده از این نیتروژن اضافی و یا آبشویی و خارج شدن آن از دسترس گیاه باشد. در این آزمایش مشخص گردید که کارایی انتقال نیتروژن ذخیره شده در برگ به دانه‌ها، با افزایش ذخیره نیتروژن در داخل گیاه ، به عنوان مخازن قابل صدور بهبود می‌یابد. در این بررسی، با افزایش مقدار آب، کارایی جذب و انتقال نیتروژن در داخل گیاه افزایش یافت. رقم زرفام، توانایی بالایی برای جذب





[ DOR: 20.1001.1.15625540.1385.8.4.4.9 ]

و انتقال نیتروژن در شرایط آبیاری نرمال و تنش شدید رطوبتی و همچنین، شرایط نیتروژن زیاد و کم را داشت و توانست عملکرد دانه بالاتری تولید کند. همچنین مشخص شد که آبیاری زیاد و سطوح بالای نیتروژن، منجر به افزایش در کارایی مصرف آب برای عملکرد دانه و ماده خشک کل می‌گردند.

## سپاسگزاری

این پژوهش با همکاری بخش تحقیقات دانه‌های روغنی مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر و مؤسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی اجرا شد. بدین وسیله از زحمات آقایان مهندس قلی بیگیان ، مهندس عرفت پور و آقایان حسین‌زاده، عرب و اسدی تشکر و سپاسگزاری به عمل می‌آید.

## منابع مورد استفاده References

بی‌نام. ١٣٧٧. گزارش‌های ماهانه شرکت سهامی توسعه کشت دانه‌های روغنی. انتشارات شرکت توسعه کشت دانه‌های روغنی. ٨٥ ص.

بی‌نام. ١٣٨٥. گزارش‌های سالیانه مؤسسه آب و خاک. کرج. ٢٥٠ ص.

کافی، م.، ا. زند، ب. کامکار، ح. ر، شریفی و م. گلدانی. ١٣٧٩. فیزیولوژی گیاهی. (ترجمه). جلد دوم. انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد. ٣٧٩ ص.

**Abreu, J. P. D., I. Folres, F. M. G. De Abreu and M. V. Medeira. 1993.** Nitogen uptake in relation to water availability in wheat. Plant and Soil. 154 (1): 89-96.

**Asare, E. and D. H. Scarisbrick. 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.

**Chamorro, A. M., L. N. Tamagno, R. Bezus and S. J. Sarandon. 2002.** Nitrogen accumulation, partitioning and nitrogen–use efficiency in canola under different nitrogen availabilities. Soil Sci. and Plant Analysis. 33 (3-4): 493-504.

**Daniels, M. B. and H. D. Scott. 1991.** Water use efficeiency of double cropped wheat and soybean. Agron. J. 83: 564-570.

**Diekmann, F. and G. Fischbeck. 2005.** Differences in wheat cultivar response to nitrogen supply. II. differences in N-metabolism–related traits. J. Agron and Crop Sci. 191: 362-376.

**Francois, J., M. Sanchez, F. Eusebio, L. Jose Andres, L. Tonorio and L. Ayerbe. 1998.** Turgour maintenance, osmotic adjustment and soluble sugars and proline accumulation in 49 pea cultivars in response to water stress. Field Crops Res. 59. (3): 225-235.

**Garside, A. L., R. J. Lawn., R. C. Muchow and D. E. Byth. 1992.** Irrigation management of soybean in a semi-arid tropical environment .II. effect of irrigation frequency on soil and plant water status and crop water use. Aust . J. Agric. Res. 43: 1019-1032.

**Hashem, A, M. N. Amin Majumdar, A. Hamid and M. M Hossein. 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.

**Herzog, H. and K. P. Gotz. 2004.** Influence of water deficit on uptake and distribution of nitrogen in soybean monitore by soil injected $^{15}$N. J. Agron and Crop Sci. 190: 161-167.





[ DOR: 20.1001.1.15625540.1385.8.4.4.9 ]

**Hocking, P. J., J. Randall and D. DeMarco. 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: 201-220.

**Jackson, G. D. 2000.** Effects of nitrogen and sulfur on canola yield and nutrient uptake. Agron. J. 92: 644-649.

**Ozer, H. 2003.** Sowing date nad nitrogen rate effects on growth, yield and yield components of two summer rapeseed cultivars. Eur. J. Agri. 19: 453-463.

**Poma, I., G. Venezia and L. Gristina. 1999.** Rapeseed (*Brassica napus* L.var Oleifera D. C.) echophysiologcial and agronomical aspects as affected by soil water availability. Proceddings of the 10th International Rapeseed Congress. Canberra. Australia: 8pp.

**Rathke, G. W. O. Christen and W. Diepenbrok. 2005.** Effect of nitrogen source and rate on productivity and quality of winter oilseed rape (*Brassica napus* L.) grown in different crop rotations. Field Crop Res. 94 (2-3): 103-113.

**Rossate, L., P. Laine and A. Qurry. 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. of Exper. Bot. 52 (361): 1655-1663.

**Sieling, K. and O. Christen. 1997.** Effect of preceding crop combination and N fertilization on yield of six oil-seed rape cultivars. Eur. J. Agron. 7 (4): 301-306.

**Sierts, H. P., G. Geisler, J. Leon and W. Dipenbrock. 1987.** Stability of yield components for winter oilseed rape (*Brassica napus* L.) J. Agron and Crop Sci: 158: 107-113.

**Sloan, R. J., R. P. Patterson and T. E. Carter. 1990.** Field drought tolerance of soybean plant introduction. Crop Sci: 30: 118-123.

**Sylvester, B. and N. C. Bradley. 1978.** Phenological stages in rapeseed (*Brassica napus* L.). Agron.J.25: 36-41.

**Taylor, A. T., C. J. Smith and I. B. Wilson. 1991.** Effect of irrigation and nitrogen fertilizer on yield, oil content, nitrogen accumulation and water use of canola (*Brassica napus* L.). Nut.Cyc. Agroeco. 29 (3): 249-260.

**Wright, P. R., J. M. Morgan, R. S. Jessop and A. Gass. 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.

**Wright, P. R., J. M. Morgan and R. S. Jessop. 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.

**Xu, Z. Z., Z. W. Yu, D. Wang and Y. L. Zhang. 2005.** Nitrogen accumulation and translocation for winter wheat under different irrigation regimes. J. Agron and Crop Sci. 191: 439-449.

**Xu, Z. and Z. W. Yu. 2006.** Nitrogen metabolism in flag leaf and grain of wheat in response to irrigation regimes. J. Plant. Nut. Soil Sci. 169: 118-126.

**Xu, Z., Z. W. Yu and D. Wang. 2006.** Nitrogen translocation in wheat plants under soil water deficit. Plant and Soil. 280: 291-303.



[ DOR: 20.1001.1.15625540.1385.8.4.4.9 ]

# Effect of water stress and different levels of nitrogen fertilizer on seed yield and its components, nitrogen uptake and water use and nitrogen utility efficiency in two rapeseed (*Brassica napus* L.) cultivars

**Daneshmand[1], A. R., A. H. Shirani-Rad[2], Gh. Noormohamadi[3], Gh. Zarei[4] and J. Daneshian[5]**

## ABSTRACT

**Daneshmand, A. R., A. H. Shirani-Rad, Gh. Noormohammadi, Gh. Zarei and J. Daneshian. 2007.** Effect of water stress and different levels of nitrogen fertilizer on seed yield and its components, nitrogen uptake and water use and nitrogen utility efficiency in two rapeseed (*Brassica napus* L.) cultivars. Iranian Journal of Crop Sciences. 8 (4): 323-342.

In order to determine the effects of water deficit and different nitrogen levels on seed yield, yield components, water use efficiency, nitrogen utility efficiency and uptake 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), three water regimes (irrigation after 40, 60 and 80 percent depletion of soil water) and four nitrogen levels (0, 75, 150 and 225 Kg/ha) was studied. Results showed that increasing the nitrogen rate from 0 to 220 kg/ha and increase in soil water, caused increasing the total biomass production that was accompained by increasing the seed yield. Increasing the seed yield, was related to increasing the number of pods per plant and number of seeds per pod in both conditions. With increasing the ntirgoen and soil water, water use efficiency (seed and total biomass) was increased. The maximum rate of these efficiency, obtained from 220 kg N and 40 percent depletion of soil water. Nitrogen accumulation in all plant organs and nitrogen uptake, increased with increasing nitrogen and watering times. In contrast, nitrogen utility efficiency decreased with increasing nitrogen used and decreasing soil water that finally improved the seed yield and total biomass. Zarfam had a higher nitrogen uptake and mobilization under normal irrigation and severe water stress conditions, and also in higher and lower nitrogen conditions and produced higher seed yield.

**Key words:** Rapeseed, Water stress, Nitrogen, Yield, Yield components, Water use efficiency, Nitrogen utility efficiency.



[ DOR: 20.1001.1.15625540.1385.8.4.4.9 ]

**Received: February, 2007**

1- Faculty member, Islamic Azad University, Ghaemshahr Unit (Corresponding author)
2 and 5- Assistant Prof., Seed and Plant Improvement Institute, Karaj, Iran.
3- Prof., Islamic Azad University, Science and Research Unit, Tehran, Iran.
4- Assistant Prof., Agricultural Engineering Research Institute, Karaj, Iran.