

بررسی اثر تنش آب بر کارایی مصرف آب دو رقم کلزا (*Brassica napus L.*) در شرایط آب و هوایی پاکدشت و کرج

علیرضا پازکی*

قربان نور محمدی**

امیرحسین شیرانی راد***

داوود حبیبی****

چکیده

به منظور بررسی اثر تنش آب بر کارایی مصرف آب اقتصادی^۱ و بیولوژیک^۲ دو رقم کلزا، آزمایشی در قالب طرح فاکتوریل اسپلیت پلات به صورت بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در دو منطقه پاکدشت و کرج در پاییز سال زراعی ۱۳۷۸ و ۱۳۷۹ اجرا گردید. دور آبیاری در سه سطح (۴۵، ۶۵ و ۸۵ میلی‌متر تبخیر از سطح تشتک تبخیر کلاس A) و مقدار آب در سه سطح (آبیاری به میزان ۶۰، ۸۰ و ۱۰۰ درصد آب تبخیر شده پس از خروج گیاه از روزت) به صورت فاکتوریل به عنوان عامل اصلی و رقم در دو سطح (طلایه و $PF_{7.45/91}$) به عنوان عامل فرعی در نظر گرفته شد. نتایج حاصل نشان داد که اثر متقابل دور آبیاری و مقدار آب بر دو صفت کارایی مصرف آب اقتصادی و کارایی مصرف آب بیولوژیک در هر دو منطقه مورد آزمایش در سطح احتمال آماری ۱٪ معنی‌دار بود. در هر دو دور آبیاری ۴۵ و ۶۵ میلی‌متر تبخیر از سطح تشتک تبخیر کلاس A، با کوتاه شدن دور آبیاری و کاهش مقدار آب مصرفی تا ۶۰ درصد تبخیر از سطح تشتک تبخیر کلاس A، کارایی مصرف آب برای عملکرد دانه^۳ و برای عملکرد بیولوژیک^۴ به ترتیب حداکثر تا $۸۶۶/۶g/m^3$ و $۲۳۴۹/۰g/m^3$ افزایش یافت. اثر متقابل دور آبیاری و رقم بر دو صفت مورد آزمون نیز در سطح احتمال آماری ۱٪ معنی‌دار گردید. با کاهش دور آبیاری و به عبارت دیگر با کم شدن فواصل آبیاری، میانگین کارایی مصرف آب اقتصادی و بیولوژیک افزایش یافت، ولی مقدار آن در رقم $PF_{7.45/91}$ و طلایه بیشترین میزان کارایی مصرف آب اقتصادی به ترتیب $۷۶۹/۳g/m^3$ و $۵۹۸/۰g/m^3$ و کارایی مصرف آب بیولوژیک $۲۰۹۹/۰g/m^3$ و $۱۷۸۲/۰g/m^3$ بود. اثر متقابل مقدار آب و رقم بر دو صفت مورد مطالعه در دو منطقه در سطح ۱٪ معنی‌دار

1- Economic Water Use Efficiency (E W U E)
3- Seed yield

2- Biologic Water Use Efficiency (B W U E)
4- Biological yield

* استادیار دانشگاه آزاد اسلامی واحد شهر ری.
** استاد واحد علوم و تحقیقات - دانشگاه آزاد اسلامی.
*** استادیار پژوهش موسسه اصلاح و تهیه نهال و بذر کرج.
**** استادیار دانشگاه آزاد اسلامی واحد کرج.

تاریخ دریافت مقاله ۱۳۸۲/۱۱/۲ تاریخ دریافت نسخه نهایی ۱۳۸۳/۹/۱۶

گردید. به صورتی که با کاهش مقدار آب تا ۶۰ درصد میزان آب تبخیر شده از سطح تشتک تبخیر کلاس A، میانگین کارایی مصرف آب اقتصادی برای دور رقم $PF_{۷.۴۵/۹۱}$ و طلایه به ترتیب تا $۶۰۳/۴g/m^3$ و $۴۸۹/۵g/m^3$ و برای کارایی مصرف آب بیولوژیک به ترتیب تا $۱۹۱۷/۰$ و $۱۷۳۴/۰g/m^3$ افزایش یافت.

واژه‌های کلیدی: تنش آب، کارایی مصرف آب اقتصادی، کارایی مصرف آب بیولوژیک، کلزا.

مقدمه و بررسی منابع

برخی از پژوهشگران از جمله استنهیل، کارایی مصرف آب^۱ را از دو جنبه بسیار مهم هیدرولوژیکی و فیزیولوژیکی مورد توجه قرار دادند (۱). از نظر هیدرولوژیکی کارایی مصرف آب در مرحله نخست با کارایی استفاده از آب در آبیاری ارتباط پیدا کرده و توسط بوس و ناگستین به صورت افزایش مقدار آب در منطقه ریشه به دنبال آبیاری که به صورت نسبتی از کل آب مورد استفاده در آبیاری است، بیان می‌شود (۱). از نظر فیزیولوژی یا روابط آب و گیاه کارایی مصرف آب عبارت از نسبت ماده خشک تولیدی به کل مقدار آب استفاده شده برای تولید محصول می‌باشد. از آنجا که تعیین وزن ریشه دشوار است، فقط از ماده خشک بخش‌های هوایی گیاه استفاده می‌شود. در گذشته، پژوهشگران بسیاری از اصطلاح نسبت تعرق^۲ استفاده می‌کردند که به صورت نسبت کل ماده خشک اندام‌های هوایی یا وزن تر مربوط به جزء اقتصادی گیاه به مقدار آب تعرق یافته یا مقدار تبخیر و تعرق تعریف می‌شود (۱).

ماسوجدک و تری ودی (۱۹۹۱) با مطالعه و بررسی اثر تنش آب بر کارایی مصرف آب چنین نتیجه‌گیری نمودند که به دلیل افزایش سیستم توسعه ریشه‌ای در ارزن آفریقایی این گیاه از کارایی مصرف آب بیشتری به میزان سه تا چهار برابر گیاهان زراعی معمول برخوردار است (۸).

کلارک و همکاران (۱۹۹۱) رابطه خاصی را بین کارایی مصرف آب و تعرق در گندم مشاهده نکرده، اما بین اثرات متقابل ژنوتیپ و تیمار تنش اختلاف معنی‌داری را گزارش نمودند (۲).

داماتو و جیوردانو (۱۹۸۷) با مطالعه توام تراکم‌های ۶۰ و ۱۲۰ هزار بوته، مقدار کود ازته ۱۲۰ و ۱۸۰ کیلوگرم در هکتار و سه تیمار آبیاری ۱/۵، ۱ و ۱/۵ برابر مقدار تبخیر از سطح تشتک تبخیر کلاس A در گیاه چغندر قند مصرف کود ازته را سبب افزایش WUE دانسته و نشان دادند با ازدیاد مقدار آب، افزایش بیشتری در کارایی مصرف آب مشاهده می‌شود (۳).

اهدایی و همکاران (۱۹۹۱) بین تنش آب و مقدار کارایی مصرف آب در گندم همبستگی منفی مشاهده نموده و اظهار داشتند اصولاً این صفت ژنتیکی می‌باشد و قابلیت توارث آن حدود ۹۰ درصد است (۴). گاریتی و سولیوان (۱۹۸۳) اظهار داشتند که بروز تنش آبی خفیف با وجودی که صورت کسر WUE یعنی عملکرد را کمتر تحت تاثیر قرار می‌دهد. اما به واسطه فعالیت مکانیزم تنظیم اسمزی در این گیاه مخرج کسر بیشتر کاهش یافته و WUE تا حدودی افزایش می‌یابد (۶).

پرینار و ساندهو (۱۹۸۷) استفاده از کود ازته در افزایش WUE را تنها زمانی موثر دانستند که آب کافی برای رشد گیاه وجود داشته باشد. آنها اظهار داشتند که بهتر است به جای استفاده از پتانسیل عملکرد، عملکرد بهینه همراه با بیشترین مقدار کارایی مصرف آب را به کار گیریم (۱۱).

نورتن (۱۹۹۸) دلیل افزایش WUE کلزا به دنبال استفاده از ازت را کاهش مقدار تبخیر از سطح خاک به واسطه افزایش سریع پوشش گیاهی و افزایش تثبیت کربن به دنبال افزایش فتوسنتز و انتقال کربوهیدرات‌ها به دانه دانست. او بین استفاده از تیمارهای کودی و راندمان تعرق ارتباط کمتری را مشاهده نموده و اظهار داشت که کاربرد کود ازته در کلزا سبب افزایش سطح برگ شده و به واسطه افزایش مقدار فتوسنتز، میزان عملکرد و در نتیجه WUE حداکثر تا دو برابر افزایش می‌یابد. افزایش مصرف آب همراه با ازت سبب افزایش عملکرد دانه از ۳ به ۶ کیلوگرم در هکتار به ازای مصرف هر میلی‌متر آب اضافی گردید (۱۰).

مندهام و همکاران (۱۹۹۰) با مطالعه اثر تنش آب و تاریخ کاشت از بهار (May) تا پاییز (Oct) در دو منطقه از تاسمانی^۱ بر سه رقم کلزا به این نتیجه رسیدند که در هر دو منطقه کاشت زود هنگام سبب گردید تا حداکثر مقدار محصولی معادل ۵ تن در هکتار حاصل شود. ولی کاشت تاخیری سبب کاهش مقدار محصول به ۲ و حتی کمتر از یک تن در شرایط تنش آبی می‌گردد. تحت این شرایط رقم حد واسط مارنو^۲ به دلیل رشد بیشتر اندام‌های هوایی در هر دو منطقه بیشترین مقدار محصول را تولید کرده و حداکثر کارایی مصرف آب را داشته و بذور تولیدی آن از بنیه^۳ بیشتری برخوردار می‌باشند (۹). کیمبر و گریگور (۱۹۹۵) گزارش کردند که با توجه به اثر همپوشانی بین دو شاخص تعداد غلاف و تعداد دانه در غلاف کلزا، کاهش تعداد غلاف به دنبال اعمال تنش در مرحله گلدهی تا حدودی توسط افزایش تعداد دانه در غلاف جبران می‌شود. بنابراین به نظر می‌رسد، تنش‌های خفیف آبی اثر چندانی بر مقدار WUE نداشته باشند (۷). لذا با توجه به مجموع موارد ذکر شده، اهمیت آب و به ویژه زمان و میزان دقیق مصرف آن در مزرعه با استفاده از محاسبه تبخیر و تعرق پتانسیل^۴ به‌عنوان یکی از راهکارهای تعیین مناسب‌ترین دور آبیاری (فاصله زمانی یک آبیاری تا آبیاری بعد) و مقدار آب مصرفی برحسب متر مکعب در هکتار در هر مرحله از آبیاری که به بیشترین میزان کارایی مصرف آب اقتصادی و بیولوژیک منجر شود، تحقیق مذکور انجام پذیرفت.

مواد و روش‌ها:

به منظور بررسی اثر تنش آب بر ویژگی‌های کمی و کیفی محصول کلزا دو رقم به نام‌های طلایه و PF ۷۰۴۵/۹۱ در پاییز سال زراعی ۱۳۷۸ - ۱۳۷۹ در منطقه پاکدشت ورامین و ماهدشت کرج کشت گردیدند. آزمایش‌های مورد نظر در قالب طرح فاکتوریل اسپلیت پلات اجرا شد که در آن دوره‌های آبیاری ۴۵، ۶۵ و ۸۵ میلی‌متر تبخیر از سطح تشتک تبخیر کلاس^۵ A، همراه با مقدارهای آب مصرفی ۶۰، ۸۰ و ۱۰۰ درصد آب تبخیر شده از سطح تشتک تبخیر برای هر یک از دوره‌های آبیاری پس از خروج گیاه از مرحله روزت به صورت فاکتوریل به عنوان عامل اصلی و دو رقم طلایه و PF ۷۰۴۵/۹۱ به عنوان عامل فرعی، در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار اجرا گردید. به عنوان مثال در رابطه با دور آبیاری ۴۵mm و مقدار آب مصرفی ۶۰٪، ۸ مرحله آبیاری تا انتهای دوره رشد گیاه صورت پذیرفت. بذرها روی ۶ خط کاشت ۶ متری با فاصله ردیف‌های ۲۵ سانتیمتر و فاصله بوته ۴/۵ سانتیمتر روی هر ردیف کشت شدند و برای تأمین حاصلخیزی خاک به ترتیب مقدار ۱۵۰ kg/ha و ۶۰ ازت و فسفر خالص از دو منبع کودی اوره و فسفات آمونیوم مورد استفاده قرار گرفت. برای اجرای دقیق آزمایش، ابتدا و انتهای کرت‌ها مسدود و

1- Tasmania
3- Vigour
5-Evaporation pan

2- Marnoo
4- Potential Evapotranspiration (PET)

با توجه به مساحت آن‌ها، دور آبیاری و مقدار آبی که به هر یک از آنها اختصاص یافت، براساس محاسبه تبخیر و تعرق پتانسیل روزانه انجام شده از سطح تشتک تبخیر کلاس A و با در نظر گرفتن این نکته که هر یک میلی‌متر تبخیر و تعرق پتانسیل و یا به عبارت دیگر قرار گرفتن یک میلی‌متر آب در سطح زمین به دنبال مصرف $10 \text{ m}^3 / \text{ha}$ آب حاصل می‌شود، حجم آب مشخصی برحسب لیتر در هر دور آبیاری برای آن‌ها در نظر گرفته شد و بدین ترتیب با تغییر دور آبیاری و مقدار آب مصرفی با استفاده از روش آبیاری نشتی اقدام به اعمال تنش آبی از مرحله ساقه رفتن گیاه گردید. سپس با شلنگ‌های مخصوص آب به محل هر کرت رسانده شده و با اندازه‌گیری دقیق مقدار آن توسط کنتور، آب مورد نیاز هر کرت توسط یک بخش تنظیم‌کننده به شکل مساوی بین ۶ خط کاشت توزیع گردید، تا به این ترتیب با محاسبه نسبت عملکرد دانه بر آب مورد استفاده گیاه برحسب تبخیر و تعرق پتانسیل کارایی مصرف آب اقتصادی و با تقسیم میزان عملکرد بیولوژیک بر آب مصرفی، کارایی مصرف آب بیولوژیک محاسبه شد. البته به منظور بررسی اثر تنش آب با یک صفت گیاهی مناسب، مقدار محتوی نسبی آب برگ^۱ (RWC) نیز قبل از آبیاری هر یک از کرت‌ها با استفاده از تقسیم تفاضل وزن تازه برگ از وزن خشک برگ بر وزن اشباع برگ منهای وزن خشک برگ دقیقاً اندازه‌گیری گردیده و برای جلوگیری از ورود نزولات جوی و کاهش دقت آزمایش، سطح کرت‌ها با پلاستیک مخصوص پوشانده شد. پس از رسیدن محصول، مساحتی حدود ۴ مترمربع از منطقه برداشت نهایی^۲ را برداشت کرده، توسط کمباین دانه‌ها از غلاف جدا گردیده و پس از توزین به آزمایشگاه انتقال یافتند تا با محاسبه عملکرد در واحد سطح، برخی آزمایش‌های تکمیلی دیگر نیز انجام گیرد. در این تحقیق برای تجزیه آماری داده‌ها از برنامه Mstatc و برای مقایسه میانگین صفات از آزمون چند دامنه‌ای دانکن استفاده گردید.

نتایج و بحث:

با توجه به نتایج حاصل از آزمایش‌ها، اثر متقابل دور آبیاری و مقدار آب بر دو صفت کارایی مصرف آب اقتصادی و بیولوژیک در دو منطقه پاکدشت و کرج در سطح ۱٪، معنی‌دار گردید (جدول ۱). این بدان معنی است که در هر دو منطقه مورد آزمایش تغییر فواصل آبیاری و همچنین میزان آب مصرفی در واحد سطح از طریق تغییر در میزان عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک و همچنین میزان تبخیر و تعرق خاک، تفاوت معنی‌دار میزان کارایی مصرف آب اقتصادی و بیولوژیک در دو منطقه ایجاد گردید. در تجزیه واریانس مرکب نیز اثر متقابل دور آبیاری و مقدار آب بر دو صفت مذکور در سطح ۱٪ معنی‌دار شد (جدول ۲).

مقایسه میانگین مرکب اثر متقابل دور آبیاری و مقدار آب بر دو صفت کارایی مصرف آب اقتصادی و بیولوژیک مذکور نشان داد که با کم شدن دور آبیاری تا ۴۵ میلی‌متر و کاهش مقدار آب مصرفی تا ۶۰٪ مقدار آب تبخیر شده از سطح تشتک تبخیر کلاس A (استفاده از ۸ مرحله آبیاری پس از خروج گیاه از روزت و $360 \text{ m}^3 / \text{ha}$ آب در هر بار آبیاری) هر دو صفت به شکل معنی‌داری افزایش یافت، به شکلی که بیشترین مقدار کارایی مصرف آب اقتصادی و بیولوژیک به ترتیب معادل $866/6 \text{ g/m}^3$ و $2439/0 \text{ g/m}^3$ گردید (جدول ۳). که این امر با نتیجه تحقیقات کلارک و همکاران (۱۹۹۱)، داماتو و جیوردانو (۱۹۸۷)، اهدایی و همکاران (۱۹۹۱) و هاتن دورف و همکاران (۱۹۸۸) مطابقت دارد.

جدول ۱ - تجزیه واریانس کارایی مصرف آب اقتصادی و بیولوژیک در دو منطقه پاکدشت و کرج

میانگین مربعات				درجه آزادی	منبع تغییرات
کارایی مصرف آب برحسب عملکرد بیولوژیک (B WUE) (g/m ³)		کارایی مصرف آب برحسب عملکرد دانه (E WUE) (g/m ³)			
کرج	پاکدشت	کرج	پاکدشت		
۶۳۷۲/۴۳**	۴۷۹۲/۹۷**	۳۵۲۸/۵۸۰**	۲۰۱۱/۶۳**	۲	تکرار
۳۱۵۸۱۹۷/۹۹۲**	۲۴۵۶۸۸۰/۷۵۰**	۹۰۱۶۰۹/۴۸۸**	۴۶۶۶۳۴/۱۹۴**	۲	دور آبیاری
۱۹۸۱۰۰۲/۴۹۰**	۱۸۹۷۸۱/۹۳۲**	۱۵۶۴۵۹/۲۹۱**	۱۱۵۸۳/۳۷۰**	۲	مقدار آب
۲۰۸۷۵۰/۶۲۵**	۱۵۰۳۵۷/۳۲۴**	۸۵۷۸۳/۰۱۹**	۴۱۱۲۱/۵۲۳**	۴	دور آبیاری × مقدار آب
۵۶۴/۶۳۷	۵۵۵/۷۳۶	۳۰۶/۱۷۹	۲۵۵/۲۳۱	۱۶	اشتباه
۵۵۶۸۳/۰۶۲**	۴۰۷۱۶۳/۱۴۳**	۲۱۲۳۶۹/۸۴۰**	۱۰۹۴۶۵/۷۶۳**	۱	رقم
۷۱۰۷۷/۳۷۵**	۵۶۰۹۸/۵۷۷**	۲۰۵۶۹/۹۳۲**	۱۲۷۳۲/۸۲۶**	۲	دور آبیاری × رقم
۲۱۰۶۹/۷۵۰**	۱۹۱۸۴/۸۹۹**	۲۰۲۱/۸۲۳**	۱۳۹۱/۵۴۴**	۲	مقدار آب × رقم
۷۸۹۴/۹۰۰**	۶۸۸۳/۵۴۹**	۱۸۲۱/۲۵۰**	۱۱۳۴/۴۹**	۴	دور آبیاری × مقدار آب × رقم
۴۶۱/۶۷۷	۳۶۱/۲۴۶	۹۵/۳۲۱	۹۴/۹۱۸	۱۸	اشتباه

** معنی دار در سطح ۱٪

* معنی دار در سطح ۵٪

n.s غیر معنی دار

در رابطه با اثر متقابل دور آبیاری و رقم بر مقدار کارایی مصرف آب اقتصادی و بیولوژیک چنین نتیجه گیری شد که برای هر دو صفت در دو منطقه مورد آزمایش، تفاوت معنی داری در سطح احتمال ۱٪ وجود داشت (جدول ۱). تجزیه واریانس مرکب اثر متقابل دور آبیاری و رقم بر دو صفت مورد مطالعه نیز در سطح احتمال ۱٪ معنی دار گردید (جدول ۲). مقایسه میانگین مرکب هر دوی این صفات نشان داد که با کاهش دور آبیاری (استفاده از ۸ مرحله آبیاری که در آن ۴۵۰ m³/ha آب در هر نوبت آبیاری پس از خروج گیاه از مرحله روزت مورد استفاده قرار گرفت)، کارایی مصرف آب اقتصادی و بیولوژیک هر دو رقم افزایش می یابد. ولی مقدار آن در رقم $PF_{7.45/91}$ بیشتر از طلایه بود. به شکلی که حداکثر کارایی مصرف آب اقتصادی برای دو رقم $PF_{7.45/91}$ و طلایه به ترتیب، $769/3 g/m^3$ و $598/0 g/m^3$ و حداکثر کارایی مصرف آب بیولوژیک این دو رقم به ترتیب $2099/0 g/m^3$ و $1782/0 g/m^3$ بود (جدول ۴). دلیل این مساله کاهش بروز تنش آبی از طریق کوتاه شدن فواصل آبیاری در مراحل حساسی چون گلدهی و

جدول ۲ - تجزیه واریانس مرکب کارایی مصرف آب اقتصادی و بیولوژیک

میانگین مربعات			درجه آزادی	منبع تغییرات
کارایی مصرف آب برحسب عملکرد بیولوژیک (B WUE) (g/m ³)	کارایی مصرف آب برحسب عملکرد دانه (E WUE) (g/m ³)	کارایی مصرف آب برحسب عملکرد بیولوژیک (B WUE) (g/m ³)		
۱۵۵۲۵۸/۱۱۴**	۲۶۵۹۲۸/۷۹۱**	۲۶۵۹۲۸/۷۹۱**	۱	منطقه
۵۵۸۲/۶۴۴	۲۷۷۰/۱۰۷	۲۷۷۰/۱۰۷	۴	اشتباه
۵۵۹۳۴۷۶/۶۴۸**	۱۳۳۲۶۹۰/۱۴۹**	۱۳۳۲۶۹۰/۱۴۹**	۲	دور آبیاری
۲۲۳۰۲/۰۹۹**	۳۵۵۵۳/۴۹۳**	۳۵۵۵۳/۴۹۳**	۲	منطقه × دور آبیاری
۳۸۵۹۴۲۷/۱۴۷**	۲۷۰۲۴۱/۷۸۲**	۲۷۰۲۴۱/۷۸۲**	۲	مقدار آب
۱۳۵۷/۲۸۵ ^{n.s}	۲۰۲۰/۸۹۷**	۲۰۲۰/۸۹۷**	۲	منطقه × مقدار آب
۳۵۶۵۴۰/۹۸۷**	۱۲۲۷۶۶/۴۳۲**	۱۲۲۷۶۶/۴۳۲**	۴	دور آبیاری × مقدار آب
۲۵۶۶/۹۶۲**	۴۱۳۸/۱۱۰**	۴۱۳۸/۱۱۰**	۴	منطقه × دور آبیاری × مقدار آب
۵۶۰/۱۸۶	۲۸۰/۷۰۵	۲۸۰/۷۰۵	۳۲	اشتباه
۹۵۸۱۴۹/۴۷۹**	۳۸۸۳۱۳/۲۱۴**	۳۸۸۳۱۳/۲۱۴**	۱	رقم
۵۸۴۴/۷۲۶**	۸۴۴۷/۳۸۹**	۸۴۴۷/۳۸۹**	۱	منطقه × رقم
۱۲۶۷۱۳/۳۳۰**	۳۲۸۳۰/۵۲۴**	۳۲۸۳۰/۵۲۴**	۲	دور آبیاری × رقم
۴۶۲/۶۲۲ ^{n.s}	۴۷۱/۲۳۴*	۴۷۱/۲۳۴*	۲	منطقه × دور آبیاری × رقم
۴۰۲۲۸/۵۲۴**	۳۳۰۲/۳۲۴**	۳۳۰۲/۳۲۴**	۲	مقدار آب × رقم
۲۵/۵۲۵ ^{n.s}	۳۹/۴۳ ^{n.s}	۳۹/۴۳ ^{n.s}	۲	منطقه × مقدار آب × رقم
۱۴۷۲۶/۳۲۲**	۲۸۹۱/۰۸۲**	۲۸۹۱/۰۸۲**	۴	دور آبیاری × مقدار آب × رقم
۵۲/۱۲۶ ^{n.s}	۶۴/۲۱۶ ^{n.s}	۶۴/۲۱۶ ^{n.s}	۴	منطقه × دور آبیاری × مقدار آب × رقم
۳۶۱/۴۶۱	۹۵/۱۱۹	۹۵/۱۱۹	۳۶	اشتباه
			۱۰۷	کل
			%*	n.s غیر معنی دار
			**	معنی دار در سطح ۱٪

جدول ۳ - مقایسه میانگین اثر متقابل دور آبیاری و مقدار آب بر کارایی مصرف آب اقتصادی و بیولوژیک

دور آبیاری	مقدار آب (درصد)	کارایی مصرف آب برحسب عملکرد دانه (E WUE) (g/m ³)	کارایی مصرف آب برحسب عملکرد بیولوژیک (B WUE) (g/m ³)
۴۵ (mm)	۶۰	۹۷۲/۹a	۲۴۳۹/۰a
	۸۰	۷۸۹/۴b	۲۵۲۱/۰a
	۱۰۰	۵۳۵/۴d	۱۹۱۵/۰b
۶۵	۶۰	۵۰۱/۱e	۱۴۰۲/۰e
	۸۰	۵۸۱/۴c	۱۶۶۰/۰c
	۱۰۰	۴۲۲/۶f	۱۶۸۷/۰c
۸۵	۶۰	۳۱۹/۷g	۱۴۸۹/۰d
	۸۰	۳۳۱/۰g	۱۵۳۷/۰d
	۱۰۰	۳۱۲/۰g	۱۱۴۰/۰g
			۱۳۷۶/۰f
			۱۱۶۴/۰g
			۹۷۴/۰h

حروف مشابه در هر ستون نشان دهنده عدم وجود اختلاف معنی دار می باشند.

جدول ۴- مقایسه میانگین اثر متقابل دور آبیاری و رقم بر کارایی مصرف آب اقتصادی و بیولوژیک

دور آبیاری (mm)	مقدار آب (درصد)	کارایی مصرف آب برحسب عملکرد دانه (g/m ³) (E WUE)			کارایی مصرف آب برحسب عملکرد بیولوژیک (g/m ³) (B WUE)		
		پاکدشت	کرج	میانگین	پاکدشت	کرج	میانگین
۴۵	طلایه	۵۲۸/۲b	۶۶۷/۸b	۵۹۸/۰b	۱۷۲۹/۰b	۱۸۳۵/۰b	۱۷۸۲/۰b
	<i>PF</i> _{۷۰.۴۵/۹۱}	۶۷۴/۵a	۸۶۴/۱a	۷۶۹/۳a	۲۰۲۵/۰a	۲۱۷۴/۰a	۲۰۹۹/۰a
۶۵	طلایه	۳۶۶/۱d	۴۴۲/۶d	۴۰۴/۳d	۱۳۱۹/۰d	۱۳۷۶/۰d	۱۳۴۷/۰d
	<i>PF</i> _{۷۰.۴۵/۹۱}	۴۴۹/۳c	۵۶۰/۸c	۵۰۵/۰c	۱۴۶۸/۰c	۱۵۵۵/۰c	۱۵۱۲/۰c
۸۵	طلایه	۲۶۱/۴f	۲۹۰/۱f	۲۷۵/۷f	۱۱۱۳/۰f	۱۱۳۴/۰f	۱۱۲۴/۰f
	<i>PF</i> _{۷۰.۴۵/۹۱}	۳۰۲/۰e	۳۵۱/۷e	۳۲۶/۹e	۱۱۸۹/۰e	۱۲۲۵/۰e	۱۲۰۷/۰e

حروف مشابه در هر ستون نشان دهنده عدم وجود اختلاف معنی دار می باشند.

جدول ۵- مقایسه میانگین اثر متقابل مقدار آب و رقم بر کارایی مصرف آب اقتصادی و بیولوژیک

دور آبیاری (mm)	مقدار آب (درصد)	کارایی مصرف آب برحسب عملکرد دانه (g/m ³) (E WUE)			کارایی مصرف آب برحسب عملکرد بیولوژیک (g/m ³) (B WUE)		
		پاکدشت	کرج	میانگین	پاکدشت	کرج	میانگین
۶۰	طلایه	۴۴۷/۵c	۵۳۱/۶c	۴۸۹/۵c	۱۷۰۲/۰b	۱۷۶۵/۰b	۱۷۳۴/۰b
	<i>PF</i> _{۷۰.۴۵/۹۱}	۵۴۲/۶a	۶۶۴/۳a	۶۰۳/۴a	۱۸۷۰/۰a	۱۹۶۴/۰a	۱۹۱۷/۰a
۸۰	طلایه	۴۰۳/۲d	۴۹۶/۳d	۴۴۹/۷d	۱۳۷۴/۰d	۱۴۴۵/۰d	۱۴۱۰/۰d
	<i>PF</i> _{۷۰.۴۵/۹۱}	۵۰۷/۳b	۶۳۸/۳b	۵۷۲/۸b	۱۶۹۶/۰c	۱۷۱۹/۰c	۱۶۶۷/۰c
۱۰۰	طلایه	۳۰۵/۱f	۳۷۲/۵f	۳۳۸/۸f	۱۰۸۵/۰f	۱۱۳۵/۰f	۱۱۱۰/۰f
	<i>PF</i> _{۷۰.۴۵/۹۱}	۳۷۶/۰e	۴۷۴/۱e	۴۲۵/۱e	۱۱۹۶/۰e	۱۲۷۲/۰e	۱۲۳۴/۰e

حروف مشابه در هر ستون نشان دهنده عدم وجود اختلاف معنی دار می باشند.

خصوصاً پر شدن دانه‌ها می‌باشد که این امر از طریق افزایش عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک و همچنین افزایش سطح سایه اندازی بر سطح زمین سبب افزایش کارایی مصرف آب اقتصادی و بیولوژیک گردید. این امر با نتیجه تحقیقات کلارک و همکاران (۱۹۹۱) و گاریتی و سولیوان (۱۹۸۳) مطابقت دارد.

با مطالعه اثر متقابل مقدار آب و رقم بر دو صفت کارایی مصرف آب اقتصادی و بیولوژیک مشخص شد که در هر دو منطقه پاکدشت و کرج از نظر دو صفت مورد بحث تفاوت معنی‌داری در سطح ۱٪ وجود دارد (جدول ۱). در تجزیه واریانس مرکب نیز اثر متقابل مقدار آب و رقم بر دو صفت مذکور ضمن معنی‌دار شدن در سطح احتمال ۱٪ (جدول ۲) نشان داد که با کاهش مقدار آب مصرفی تا ۶۰٪ آب تبخیر شده از سطح تشتک تبخیر کلاس A در هر سه دور آبیاری و برای هر دو رقم مورد مطالعه، به واسطه افزایش معنی‌دار میزان عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک و کاهش تبخیر از سطح خاک بواسطه افزایش سایه اندازی، کارایی مصرف آب اقتصادی و بیولوژیک افزایش یافته ولی مقدار آن برای رقم $PF_{7.45/91}$ بیش از ۶۰٪ افزایش یافت. به شکلی که بیشترین مقدار کارایی مصرف آب اقتصادی برای این دو رقم به ترتیب $60.3/4g/m^3$ و $48.9/5g/m^3$ و کارایی مصرف آب بیولوژیک $191.7/0g/m^3$ و $173.4/0g/m^3$ بود (جدول ۵). که این امر به دلیل مقاومت بیشتر رقم $PF_{7.45/91}$ نسبت به تنش است.

به نظر می‌رسد که یکی از دلایل این مقاومت الگوی مناسب‌تر رشد رقم $PF_{7.45/91}$ نسبت به تنش آبی است به طوری که در این رقم از طریق رشد رویشی و شاخص سطح برگ مناسب در شرایط بروز تنش، از سهم تبخیر در فرایند تبخیر و تعرق کاسته شده و به این ترتیب کارایی مصرف آب افزایش یافت. این مساله با نتیجه تحقیقات ماسوجدک و تری‌ودی (۱۹۹۱)، کلارک و همکاران (۱۹۹۱)، داماتو و جیوردانو (۱۹۸۷)، اهدایی و همکاران (۱۹۹۱)، گاریتی و سولیوان (۱۹۸۳)، نورتن (۱۹۸۹)، مندهام و همکاران (۱۹۹۰) و کیمبر و گریگور (۱۹۹۵) مطابقت دارد. از طرفی مقدار متوسط کارایی مصرف آب اقتصادی و بیولوژیک در کرج بیشتر از پاکدشت بود که این امر به دلیل تفاوت شرایط اقلیمی کرج و پاکدشت می‌باشد. لذا در مجموع باید به این نکته اشاره داشت که بیشتر بودن کارایی مصرف آب به شدت تحت تاثیر ارقام بوده ولی روش‌های مدیریتی مناسب در مزرعه نظیر کوتاهی فواصل آبیاری و کاهش مقدار آب مصرفی سبب افزایش مقدار آن می‌گردد.

منابع و مآخذ

- ۱- کوچکی، ع و ا، سلیمانی. ۱۳۷۷. اصول و عملیات کشاورزی در مناطق خشک (ترجمه).
- 2- Clark, J. M., R.A Richards. and A. Condon. 1991. Effect of drought stress on residual transpiration and its relation with water use of wheat. *Can.J.Plant. Sci.* 71: 695-702.
- 3- Damato, A. and L. Giordano. 1987. Response of spring sown sugar beet at different irrigation volumes nitrogen and plant density in southern Italy. *Irrigation and Drenaggio.* 34: 2:3-9.
- 4- Ehdai, B., A.E. Hall., G.D. Nguyen. and J.G. Waines. 1991. Water use efficiency and carbon isotope discrimination in wheat. *Crop Sci.* 31: 1282-1288.
- 5- Garrity, D.D. and C.Y. Sullivan. 1983. Moisture deficit and grain sorghum performance drought stress condition. *Agron.J.* 75:997-1004.
- 6- Hattendorf, M.J., M.S. Redelfs., B. Amos., L.R. Stone. and R.E. Gwin. 1988. Comparative water use characteristics of six row crop. *Agron. J.* 80: 80-85.

- 7- Kimber, D.S. and M.C. Gregor. 1995. Brassica oilseeds: Production and Utilization. CAB international.
- 8- Masojidek, J. and S. Trivedi. 1991. The synergistic effect of drought and Light stress in sorghum and Pearl millet. *Plant Physiology*. 96:198-207.
- 9- Mendham, N.j., J. Russel. And N.K. Jarosz. 1990. Respon to sowing time of three contrasting australia cultivars of oilseeds rape (*Brassica napus L.*) *J. Agr.Sci. Cambridge*. 103: 303-316.
- 10- Norton, R.M. 1989. Applied nitrogen and water use efficiency of canola. In: Buzza, G.C. (ed) proceeding of seventh workshop of Australian rapeseed agronomists and breeders. Toowoomba, Queensland, Australia, PP. 107-110.
- 11- Prinars, S.S. and B.S. Sandhu. 1987. Irrigation of field crops (principles and practices): Indian council of agricultural research, New dehli.