اثر کم‌آبیاری در دورهٔ زایشی بر کارآیی مصرف آب و تحمل خشکی ارقام جدید آفتابگردان

مصطفی کریمی کاخکی و علی سپهری[۱*]

(تاریخ دریافت: ۱۳۸۷/۸/۳۰ ؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۸۸/۱/۱۸)

چکیده

به‌منظور بررسی اثر کم‌آبیاری در مرحلهٔ زایشی بر کارآیی مصرف آب و تحمل خشکی ارقام آفتابگردان، آزمایشی به‌صورت کرت‌های خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در مزرعهٔ پژوهشی دانشگاه بوعلی سینای همدان در سال ۱۳۸۶ انجام گرفت. آبیاری در ۶ سطح شامل: آبیاری کامل (شاهد)، کم آبیاری با قطع آبیاری در مرحلهٔ غنچه‌دهی، قطع آبیاری در مرحلهٔ گل‌دهی، قطع آبیاری در مرحلهٔ دانه‌بندی، قطع آبیاری در مراحل غنچه‌دهی و دانه‌بندی و قطع آبیاری در مراحل گل‌دهی و دانه‌بندی بود. از ۴ هیبرید آفتابگردان شامل آذرگل، آلستار، آلیسون و یوروفلور استفاده شد. عملکرد بیولوژیک، عملکرد اقتصادی، شاخص برداشت، مقدار آب مصرفی، کارآیی مصرف آب و شاخص‌های مقاومت به خشکی اندازه‌گیری و محاسبه شد. نتایج نشان داد بیشترین عملکرد بیولوژیک (۱۱۶۸۱/۷ کیلوگرم در هکتار)، عملکرد اقتصادی (۴۸۵۴/۰ کیلوگرم در هکتار) و شاخص برداشت (۴۲ درصد) با آبیاری کامل و پس از آن با کم‌آبیاری در مرحلهٔ دانه‌بندی به‌دست آمد. در بین ارقام، رقم یوروفلور با عملکرد بیولوژیک معادل ۱۰۱۲۷/۱ کیلوگرم در هکتار، عملکرد اقتصادی معادل ۴۰۸۱/۵ کیلوگرم در هکتار و شاخص برداشت ۴۰ درصد بیشترین مقادیر را به خود اختصاص داد. بیشترین کارآیی مصرف آب با دوبار قطع آبیاری در مراحل گل‌دهی و دانه‌بندی و سپس قطع آبیاری در مرحلهٔ دانه‌بندی (به ترتیب با ۱/۰۹ و ۰/۹۶ کیلوگرم در مترمکعب) به‌دست آمد. هم‌چنین رقم آلستار و پس از آن یوروفلور به ترتیب با ۱/۰۱ و ۰/۹۴ کیلوگرم در مترمکعب دارای بالاترین کارآیی مصرف آب در بین ارقام بودند. رقم یوروفلور به‌عنوان متحمل‌ترین رقم شناسایی و کارآیی شاخص تحمل به تنش و شاخص متوسط بهره‌وری در شناسایی ارقام متحمل به خشکی که هم در شرایط تنش و هم بدون تنش کمبود آب دارای عملکرد بالایی باشند، مورد تأیید قرار گرفت. در مجموع، کم‌آبیاری در مرحلهٔ دانه‌بندی کمترین اثر منفی را بر عملکرد و شاخص برداشت داشته و از نظر کارآیی مصرف آب نیز مناسب بود. هم‌چنین رقم یوروفلور ضمن دارا بودن بالاترین عملکرد، تحمل خشکی و شاخص برداشت از کارآیی مصرف آب مناسبی برخوردار بود.

واژه‌های کلیدی: آفتابگردان، کارآیی مصرف آب، تحمل خشکی، کم‌آبیاری

۱. به ترتیب دانشجوی سابق کارشناسی ارشد و استادیار زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بوعلی سینا، همدان

* : مسئول مکاتبات، پست الکترونیکی: sepehri110@yahoo.com

مقدمه

کشاورزی پایدار بدون استفاده بهینه از منابع آب میسر نخواهد شد. کشور ایران دارای آب و هوای خشک و نیمه‌خشک و اراضی مستعد کشاورزی زیادی است. حدود ۹۳/۵ درصد آب استحصالی از منابع سطحی و زیرزمینی کشور در بخش کشاورزی مصرف می‌شود و در عین حال کمبود آب عامل اصلی محدودکنندهٔ تولید است (۹). در این راستا کم‌آبیاری (Deficit irrigation) با صرفه‌جویی در مصرف آب می‌تواند به‌عنوان یک راهکار سودمند در وضعیت محدودیت آب و با هدف حداکثر استفاده از واحد حجم آب مصرفی، مطرح شود. با کم‌آبیاری به‌طور آگاهانه به گیاه اجازه داده می‌شود با دریافت آب کمتر از نیاز، محصول خود را کاهش دهد (۱۸). هر چند به اعتقاد گوکسوی و همکاران (۲۴) قبل از شروع فعالیت زراعی اثرات کم‌آبیاری بر عملکرد و کیفیت گیاه باید به‌دقت مورد بررسی قرار گیرد.

گیاهانی که برای کم‌آبیاری انتخاب می‌شوند بایستی مقاوم به تنش آبی باشند (۲). آفتابگردان (*Helianthus annuus* L.) به‌عنوان یکی از چهار گیاه مهم زراعی تأمین کنندهٔ روغن و پروتئین (۱ و ۱۰) دارای دامنه سازگاری اقلیمی گسترده بوده و بهتر از سایر گیاهان زراعی یکساله قادر به تحمل کم آبی است. توانائی آفتابگردان در تحمل دوره‌های کوتاه تنش کمبود آب با کاهش عملکرد در حد قابل قبول یک خصوصیت ارزشمند در مناطق خشک محسوب می‌شود (۳). نیاز آبی آفتابگردان از ۶۰۰ تا ۱۰۰۰ میلی‌متر بسته به اقلیم و طول دورهٔ رشد متفاوت است (۱۶).

به اعتقاد اهدائی و وینز (۱۷) یکی از مهم‌ترین عوامل مؤثر در برنامه‌ریزی آبیاری، کارآیی مصرف آب (WUE) یا مقدار مادهٔ خشک تولیدی به ازای واحد آب مصرفی است که از عوامل تعیین کنندهٔ آن، عملکرد اقتصادی (عملکرد دانه)، عملکرد بیولوژیک و میزان آب مصرفی را می‌توان نام برد. به‌طور نسبی، در شرایط زراعی، افزایش کمبود آب سبب افزایش راندمان مصرف آب می‌شود. به عبارت دیگر در شرایط نزدیک به تنش کمبود آب، گیاه در مقایسه با شرایط آبی، نسبت به میزان آب مصرف شده محصول بیشتری تولید می‌کند (۶). کرام و همکاران (۲۵) کارآیی مصرف آب را در شرایط آبیاری کامل آفتابگردان ۰/۷۴ کیلوگرم در مترمکعب برآورد نموده و نشان دادند با کم‌آبیاری در اوایل گل‌دهی این مقدار کاهش یافته و در مراحل بعدی افزایش می‌یابد. به‌طوری که با کم‌آبیاری در اوایل تشکیل دانه به بالاترین مقدار رسید. در اغلب گیاهان زراعی بازدهٔ استفاده از آب بیشتر برای دانه، مربوط به بهبود زیست‌توده نیست بلکه عمدتاً مربوط به بهبود شاخص برداشت (HI) است. در بررسی ارقام جدید و قدیم اغلب گیاهان زراعی شاخص برداشت مسئول افزایش عملکرد بوده است (۲۷). ریچاردز و همکاران (۲۸) معتقدند شاخص برداشت در شرایط خشکی تابع مقدار آب استفاده شده پس از گرده‌افشانی بوده که هر چه بیشتر باشد شاخص برداشت نیز بیشتر خواهد بود.

در مناطق خشک و نیمه‌خشک دست‌یابی به ارقامی که در شرایط محدودیت آب و کم‌آبیاری تحمل بیشتری نشان داده و کاهش عملکرد کمتری داشته باشند، بسیار مهم است. به‌طوری که می‌توان از اتلاف منابع آب جلوگیری نمود و در عین حال در شرایط محدودیت آب عملکرد مطلوبی به‌دست آورد (۵). انتخاب مستقیم برای عملکرد معمولاً ساده‌ترین راه برای بهبود عملکرد و افزایش بازدهٔ استفاده از آب در گیاهان زراعی و در شرایط تنش کمبود آب می‌باشد. در این رابطه فیشر و مورر (۲۱) شاخص حساسیت به تنش (Stress Susceptibility Index, SSI) را معرفی کردند. هم‌چنین رزلی و هامبلین (۳۰) شاخص تحمل به تنش (Tolerance Index, TOL) و نیز شاخص متوسط محصول‌دهی یا بهره‌وری (Mean Productivity, MP) را ارائه دادند. هر چه TOL و SSI کمتر باشد، نشان‌دهندهٔ این است که گیاه مقاومت بیشتری نسبت به تنش دارد. انتخاب بر اساس TOL و SSI باعث انتخاب ژنوتیپ‌هایی می‌شود که در شرایط تنش عملکرد بالایی دارند ولی پتانسیل عملکردشان کم است (۲۰). انتخاب براساس MP باعث افزایش عملکرد در هر دو محیط می‌شود. البته در صورتی‌که هم‌بستگی عملکرد در شرایط تنش و بدون تنش

شدیداً منفی باشد، انتخاب براساس MP باعث کاهش عملکرد در شرایط تنش می‌شود (۳۰). فرناندز (۲۰) شاخص تحمل به تنش (Stress Tolerance Index, STI) و میانگین هندسی محصول‌دهی (Geometric Mean Productivity, GMP) را ارائه نمود. شاخص GMP در مقایسه با MP قدرت بیشتری دارد. بنابراین در صورت اختلاف زیاد بین عملکرد در شرایط مطلوب و عملکرد در شرایط تنش، گیاه نسبت به مقادیر آستانه‌ای حساسیت کمتری دارد. ژنوتیپ‌هایی که مقادیر STI آنها بالاتر است، هم تحمل به خشکی و هم پتانسیل عملکرد بالاتر دارند. در مطالعهٔ غفاری (۷) روی ارقام آفتابگردان در شرایط تنش کمبود آب و بدون تنش، شاخص STI با شاخص برداشت هم‌بستگی مثبت و شاخص SSI با شاخص برداشت هم‌بستگی منفی داشت.

با توجه به اهمیت آب آبیاری در کشت تابستانه گیاهان، کمبود آب در این زمان و نیاز سایر محصولات زراعی به آب، اعمال کم‌آبیاری از طریق قطع آبیاری در مراحلی از رشد زایشی که دارای حساسیت کمتری به کمبود آب می‌باشد از اهمیت خاصی برخوردار است. پژوهش حاضر به بررسی کارآیی مصرف آب و تحمل خشکی ارقام جدید آفتابگردان در شرایط کم‌آبیاری آخر فصل پرداخته است.

مواد و روش‌ها

این پژوهش در سال زراعی ۱۳۸۶ در مزرعه تحقیقاتی دانشکدهٔ کشاورزی دانشگاه بوعلی سینای همدان با ارتفاع ۱۷۴۱/۵ متر از سطح دریا و مختصات عرض جغرافیایی ′۵۲ °۳۴ شمالی و طول جغرافیایی ′۳۲ °۴۸ شرقی و در یک خاک لوم رسی با اسیدیته ۷/۲ اجرا شد. منطقه مورد بررسی از مناطق نیمه‌خشک کشور با میانگین بارندگی ۳۳۳ میلی‌متر در سال و میانگین دمای ۲۴ درجه سانتی‌گراد در گرم‌ترین ماه سال بر اساس آمار ۵۵ ساله هواشناسی است. عوامل مورد بررسی شامل شش سطح آبیاری: آبیاری کامل (I_1)، کم‌آبیاری با قطع آبیاری در مرحله غنچه‌دهی (I_2)، قطع آبیاری در مرحله گل‌دهی (I_3)، قطع آبیاری در مرحله دانه‌بندی (I_4)، قطع آبیاری در دو مرحله غنچه‌دهی و دانه‌بندی (I_5) و قطع آبیاری در دو مرحله گل‌دهی و دانه‌بندی (I_6) بود. از چهار هیبرید آفتابگردان شامل آذرگل، آلستار (Allstar)، آلیسون (Alison) و یوروفلور (Euroflor) استفاده شد. آزمایش به‌صورت کرت‌های خرد شده، در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار انجام شد. عملیات کاشت به روش جوی پشته‌ای در تاریخ ۶ خردادماه با دست صورت گرفت. هر کرت آزمایشی شامل ۸ ردیف کاشت به طول ۶ متر، فاصله کاشت روی ردیف ۲۵ سانتی‌متر و فاصلهٔ بین ردیف‌ها ۶۰ سانتی‌متر در نظر گرفته شد. آماده‌سازی مزرعه، شامل شخم عمیق در پائیز سال قبل، شخم متوسط و دو مرحلهٔ دیسک‌زنی عمود بر هم در بهار بود. کودهای مورد نیاز بر اساس نتایج آزمایشگاه خاک‌شناسی و بر اساس توصیه کودی، به میزان ۲۰۰ کیلوگرم فسفات آمونیوم، ۱۰۰ کیلوگرم سولفات پتاسیم و ۱۵۰ کیلوگرم کود اوره در هکتار استفاده شد. تمام کودهای فسفردار و پتاس و یک سوم کود نیتروژن‌دار قبل از کاشت و مابقی آن در مرحلهٔ ۶ تا ۷ برگی به خاک اضافه شد. تمام کرت‌ها عاری از آفت و بیماری بوده و کنترل علف‌های هرز به‌طور کامل طی ۲ مرحله در دورهٔ رشد رویشی با دست انجام شد. با تعیین تبخیر و تعرق گیاه مرجع (ET_o) به روش فائو- پنمن مونتیث و ضرایب گیاهی (K_c) در مراحل مختلف رشد، نیاز آبی گیاه (ET_{Crop}) در منطقه مورد آزمایش از رابطهٔ ۱ تعیین شده (۱۱) و سپس با در نظر گرفتن بارندگی مؤثر، راندمان آبیاری (۶۰ درصد) و ۴۵ درصد تخلیهٔ مجاز رطوبتی در منطقه توسعهٔ ریشه برآورده شد (۱۶).

$$ET_{Crop} = K_c \times ET_o \qquad [1]$$

آبیاری با استفاده از لولهٔ پلی‌اتیلن انجام و مقدار آب مصرفی در هر بار آبیاری با استفاده از کنتور کنترل گردید. تمام تیمارهای آزمایشی در دوران رشد رویشی تا مرحلهٔ غنچه‌دهی از آبیاری یک‌نواخت برخوردار بودند. به منظور تعیین عملکرد نهایی، در مرحلهٔ رسیدگی کامل از هر کرت آزمایشی، ۴ متر مربع برداشت و عملکرد بیولوژیک شامل وزن خشک تمام اندام‌های بالای

سطح خاک و عملکرد اقتصادی با اندازه‌گیری وزن کل دانه‌های هر تیمار محاسبه شد. برای محاسبهٔ کارآیی مصرف آب و شاخص برداشت از روابط زیر استفاده شد (۲۲، ۲۵ و ۳۵):

$$WUE = \frac{EY}{ET_{Crop}} \quad [۲]$$

$$HI = \frac{EY}{BY} \times ۱۰۰ \quad [۳]$$

در این روابط WUE کارآیی مصرف آب برحسب کیلوگرم در مترمکعب، EY عملکرد اقتصادی برحسب کیلوگرم در هکتار، ET_{Crop} نیاز آبی یا حجم آب مصرفی برحسب مترمکعب در هکتار، HI شاخص برداشت برحسب درصد و BY عملکرد بیولوژیک برحسب کیلوگرم در هکتار است.

هم‌چنین برای محاسبه شاخص‌های مقاومت به خشکی از روابط زیر استفاده شد (۲۰، ۲۱ و ۳۰):

$$SI = ۱ - \left(\frac{\overline{Y}_S}{\overline{Y}_P}\right) \quad [۴]$$

$$SSI = \frac{۱ - \left(\frac{Y_S}{Y_P}\right)}{SI} \quad [۵]$$

$$TOL = Y_P - Y_S \quad [۶]$$

$$MP = \frac{Y_S + Y_P}{۲} \quad [۷]$$

$$STI = \frac{Y_S \times Y_P}{\overline{Y}_P^{۲}} \quad [۸]$$

$$GMP = \sqrt{Y_S \times Y_P} \quad [۹]$$

در این روابط Y_S عملکرد دانه در شرایط تنش، Y_P عملکرد دانه در شرایط آبیاری کامل (بدون تنش)، $\overline{Y}_S$ میانگین عملکرد در شرایط تنش و $\overline{Y}_P$ میانگین عملکرد دانه در شرایط بدون تنش می‌باشد. تجزیه‌های آماری با استفاده از نرم‌افزار SAS انجام شد (۳۲). مقایسه میانگین داده‌ها با آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح ۵ درصد صورت گرفت.

نتایج و بحث

عملکرد بیولوژیک

نتایج حاصل از تجزیه واریانس عملکرد بیولوژیک در جدول ۱ و مقایسه میانگین‌های صفات در جدول ۲ آورده شده است. همان‌طور که ملاحظه می‌شود اثر تیمارهای آبیاری و رقم بر عملکرد بیولوژیک در سطح ۱ درصد معنی‌دار است. بر این اساس بیشترین عملکرد بیولوژیک در بین تیمارهای آبیاری از آبیاری کامل با ۱۱۶۸۱/۷ کیلوگرم در هکتار به‌دست آمد. با اعمال کم‌آبیاری عملکرد بیولوژیک کاهش یافت. به‌طوری که کمترین کاهش نسبت به آبیاری کامل با قطع آبیاری در مرحله دانه‌بندی با ۱۰۷۸۴/۶ کیلوگرم در هکتار دیده شد. پس از آن تیمارهای دارای یک بار قطع آبیاری در مراحل غنچه‌دهی و گل‌دهی به ترتیب با ۸۹۰۸/۵ و ۸۷۷۸/۹ کیلوگرم در هکتار جای داشتند. کمترین مقدار نیز از تیمارهای دارای دو بار قطع آبیاری در مراحل غنچه‌دهی و دانه‌بندی و مراحل گل‌دهی و دانه‌بندی به ترتیب با ۷۷۶۰/۶ و ۷۶۱۹/۰ کیلوگرم در هکتار حاصل شد.

در بین ارقام آفتابگردان، بیشترین عملکرد بیولوژیک از رقم یوروفلور با ۱۰۱۲۷/۱ کیلوگرم در هکتار به‌دست آمد (جدول ۲). پس از آن ارقام آلستار و آذرگل به ترتیب با ۹۵۰۴/۸ و ۹۱۹۰/۷ کیلوگرم در هکتار جای داشتند. هم‌چنین کمترین مقدار از رقم آلیسون با ۸۱۹۹/۵ کیلوگرم در هکتار حاصل شد. در تحقیقات پرونتی (۲۶)، کاکس و جولیف (۱۴) و جیمنز و فررس (۲۳) شدت تولید مادهٔ خشک آفتابگردان در تیمار آبیاری محدود، به‌طور معنی‌داری کمتر از شرایط آبیاری مطلوب بود. کاهش تجمع مادهٔ خشک در شرایط کم‌آبیاری آفتابگردان توسط کرام و همکاران (۲۵) گزارش شد. آنها با اعمال کم‌آبیاری در اوائل و اواسط گل‌دهی و اوایل تشکیل دانه نتیجه گرفتند که تجمع نهایی مادهٔ خشک در کم‌آبیاری اوائل گل‌دهی نسبت به سایر تیمارهای کم‌آبیاری و آبیاری کامل کمتر بود.

عملکرد اقتصادی

با توجه به نتایج حاصل از تجزیه واریانس عملکرد دانه یا اقتصادی اثر تیمارهای آبیاری و رقم در سطح ۱ درصد معنی‌دار

جدول ۱. تجزیه واریانس عملکرد بیولوژیک، عملکرد اقتصادی، شاخص برداشت و کارآیی مصرف آب ارقام آفتابگردان تحت تأثیر تیمارهای آبیاری

منابع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات			
		عملکرد بیولوژیک (کیلوگرم در هکتار)	عملکرد اقتصادی (کیلوگرم در هکتار)	شاخص برداشت (درصد)	کارآیی مصرف آب (کیلوگرم در مترمکعب)
تکرار	۲	۵۴۹۸۴۶۱/۴**	۲۷۳۵۱۲/۴*	۰/۰۰۲**	۰/۰۱۸**
آبیاری	۵	۳۲۳۶۴۰۵۴/۶**	۸۱۴۹۸۲۱/۳**	۰/۰۰۵۱**	۰/۲۹۰**
خطای فرعی	۱۰	۲۰۳۰۳۱/۴	۵۲۱۷۷/۶	۰/۰۰۰۱	۰/۰۰۵
رقم	۳	۱۱۶۴۶۰۵۳/۸**	۲۲۵۱۴۷۶/۶**	۰/۰۰۱۴**	۰/۴۰۴**
آبیاری×رقم	۱۵	۷۶۰۷۳۰/۰ n.s	۱۴۱۴۶۰/۹*	۰/۰۰۰۲n.s	۰/۰۷۱**
خطای اصلی	۳۶	۶۵۵۰۷۹/۱	۶۳۳۶۲/۱	۰/۰۰۰۳	۰/۰۰۳
ضریب تغییرات (٪)	–	۸/۷۵	۶/۹۴	۴/۲۲	۶/۹۷

*: معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد، **: معنی‌دار در سطح احتمال ۱ درصد

n.s : غیر معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد

جدول ۲. مقایسه میانگین‌های عملکرد بیولوژیک، عملکرد اقتصادی، شاخص برداشت و کارآیی مصرف آب ارقام آفتابگردان تحت تأثیر تیمارهای آبیاری

	تیمار	عملکرد بیولوژیک (کیلوگرم در هکتار)	عملکرد اقتصادی (کیلوگرم در هکتار)	شاخص برداشت (درصد)	کارآیی مصرف آب (کیلوگرم در مترمکعب)
آبیاری					
	آبیاری کامل	۱۱۶۸۱/۷a	۴۸۵۴/۰a	۴۲a	۰/۷۵d
	کم‌آبیاری در مرحلهٔ غنچه‌دهی	۸۹۰۸/۵c	۳۵۷۴/۱c	۴۰b	۰/۶۶e
	کم‌آبیاری در مرحلهٔ گلدهی	۸۷۷۸/۹c	۳۳۱۳/۲d	۳۸c	۰/۸۰cd
	کم‌آبیاری در مرحلهٔ دانه‌بندی	۱۰۷۸۴/۶b	۴۳۵۵/۱b	۴۰b	۰/۹۶b
	کم‌آبیاری در مراحل غنچه‌دهی و دانه‌بندی	۷۷۶۰/۶d	۲۹۲۰/۴e	۳۸c	۰/۸۵c
	کم‌آبیاری در مراحل گل‌دهی و دانه‌بندی	۷۶۱۹/۰d	۲۷۵۵/۵e	۳۶c	۱/۰۹a
رقم					
	آذرگل	۹۱۹۰/۷b	۳۵۲۷/۶b	۳۸b	۰/۶۷d
	آلستار	۹۵۰۴/۸b	۳۶۷۴/۷b	۳۸b	۱/۰۱a
	آلیسون	۸۱۹۹/۵c	۳۲۳۱/۳c	۳۹ab	۰/۸۰c
	یوروفلور	۱۰۱۲۷/۱a	۴۰۸۱/۵a	۴۰a	۰/۹۴b

در هر ستون میانگین‌های با یک حرف مشترک بر اساس آزمون دانکن از نظر آماری در سطح احتمال ۵ درصد اختلاف معنی‌دار ندارند.

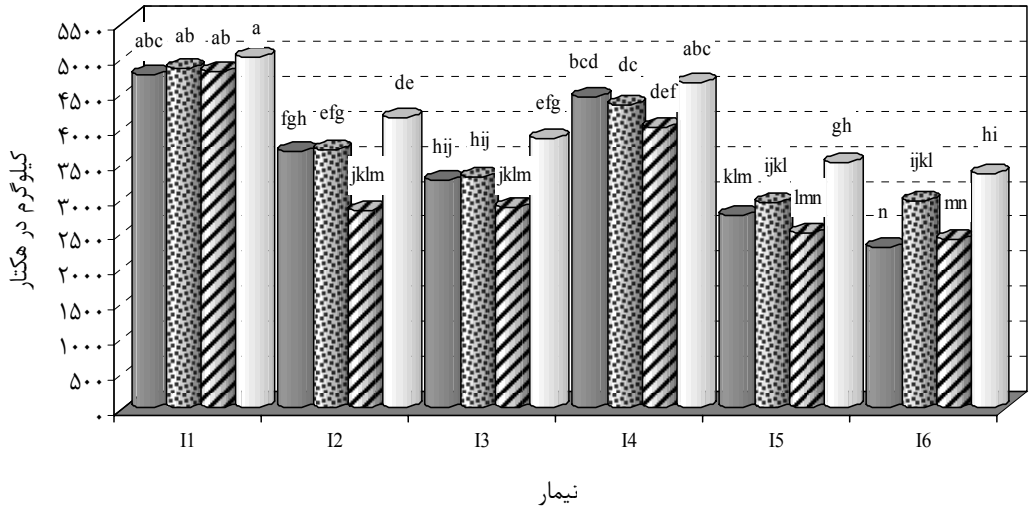
است. هم‌چنین آثار متقابل آبیاری و رقم در سطح ۵ درصد معنی‌دار می‌باشد (جدول ۱). بیشترین عملکرد اقتصادی بین تیمارهای آبیاری از آبیاری کامل با ۴۸۵۴/۰ کیلوگرم در هکتار به‌دست آمد (جدول ۲). با اعمال کم‌آبیاری عملکرد اقتصادی کاهش یافت. کمترین کاهش در قطع آبیاری در مرحلهٔ دانه‌بندی با ۴۳۵۵/۱ کیلوگرم در هکتار اتفاق افتاد. تیمار قطع آبیاری در مرحلهٔ غنچه‌دهی با ۳۵۷۴/۱ کیلوگرم در هکتار در ردیف سوم و قطع آبیاری در مرحلهٔ گل‌دهی با ۳۳۱۳/۲ کیلوگرم در هکتار در جایگاه بعدی قرار گرفت. کمترین مقدار عملکرد نیز از دو بار قطع آبیاری در مراحل غنچه‌دهی و دانه‌بندی و مراحل گل‌دهی و دانه‌بندی به ترتیب با ۲۹۲۰/۴ و ۲۷۵۵/۵ کیلوگرم در هکتار حاصل شد. در بین ارقام آفتابگردان، بیشترین عملکرد اقتصادی از رقم یوروفلور با ۳۵۲۷/۶ کیلوگرم در هکتار به‌دست آمد (جدول ۲). ارقام آلستار و آذرگل به ترتیب با ۳۶۷۴/۷ و ۳۵۲۷/۶ کیلوگرم در هکتار پس از یوروفلور در جایگاه بعد قرار گرفتند. هم‌چنین کمترین مقدار از رقم آلیسون با ۳۲۳۱/۳ کیلوگرم در هکتار حاصل شد.

در بررسی اثرات متقابل آبیاری و رقم، بیشترین عملکرد اقتصادی بدون اختلاف معنی‌داری از همه ارقام با آبیاری کامل و هم‌چنین رقم یوروفلور با قطع آبیاری در مرحلهٔ دانه‌بندی به‌دست آمد (شکل ۱). کمترین مقدار نیز بدون اختلاف معنی‌داری از ارقام آذرگل و آلیسون با قطع آبیاری در مراحل گل‌دهی و دانه‌بندی و هم‌چنین رقم آلیسون با قطع آبیاری در مراحل غنچه‌دهی و دانه‌بندی حاصل شد. با توجه به کاهش عملکرد بیولوژیک با اعمال کم‌آبیاری، کاهش عملکرد دانه که جزیی از آن می‌باشد قابل توجیه است. کاکس و جولیف (۱۴)، فررس و همکاران (۱۹)، کانور و سادراس (۱۳)، دی‌آندریا و همکاران (۱۵)، فلنت و همکاران (۲۲)، مظفری و همکاران (۸)، راضی و آساد (۳) و غفاری (۷) در بررسی واکنش آفتابگردان به کم‌آبیاری، کاهش عملکرد دانه را با اعمال کم‌آبیاری گزارش نمودند. گوکسوی و همکاران (۲۴) بیشترین عملکرد دانه را از آبیاری کامل، آبیاری محدود در مرحلهٔ غنچه‌دهی و ۶۰ درصد کم‌آبیاری در مرحلهٔ شیری شدن دانه به‌دست آوردند. آنها گزارش کردند که عملکرد دانه با کاهش مقدار و تعداد آبیاری کاهش یافت. به‌طوری که کمترین عملکرد دانه از تیمار بدون آبیاری به‌دست آمد و کمبود آب در زمان گل‌دهی به‌طور معنی‌داری عملکرد بذر را کاهش داد. کرام و همکاران (۲۵) کاهش ۲۰ و ۱۵ درصدی عملکرد دانه را با کم‌آبیاری در اوایل و اواسط گل‌دهی آفتابگردان گزارش نمودند. هم‌چنین آنها کاهش معنی‌داری را از کم‌آبیاری مرحلهٔ دانه‌بندی در مورد عملکرد دانه مشاهده نکردند.

شاخص برداشت

بر اساس نتایج تجزیه واریانس صفت شاخص برداشت، اثر تیمارهای آبیاری و رقم در سطح ۱ درصد معنی‌دار شد. ولی اثرات متقابل آبیاری و رقم در سطح ۵ درصد معنی‌دار نبود (جدول ۱). در بین تیمارهای آبیاری، بیشترین شاخص برداشت (۴۲ درصد) از آبیاری کامل با ۴۲ درصد به‌دست آمد (جدول ۲). با اعمال کم‌آبیاری، شاخص برداشت کاهش یافت. کمترین کاهش با قطع آبیاری در مرحلهٔ غنچه‌دهی و قطع آبیاری در مرحلهٔ دانه‌بندی با شاخص برداشت ۴۰ درصد دیده شد. بیشترین کاهش با قطع آبیاری در مرحلهٔ گل‌دهی با شاخص برداشت ۳۸ درصد و هم‌چنین دو بار قطع آبیاری در مراحل غنچه‌دهی و دانه‌بندی و مراحل گل‌دهی و دانه‌بندی به ترتیب با شاخص برداشت ۳۸ و ۳۶ درصد اتفاق افتاد. در بین ارقام آفتابگردان، بیشترین شاخص برداشت به ارقام یوروفلور و آلیسون (به ترتیب با ۴۰ و ۳۹ درصد) و مقدار کمتر به ارقام آلستار و آذرگل (۳۸ درصد) تعلق داشت.

علت کاهش شاخص برداشت، کاهش بیشتر عملکرد دانه نسبت به عملکرد بیولوژیک در شرایط تنش کمبود آب و بویژه در زمان گل‌دهی است. این نتیجه با نتایج سادراس و همکاران (۳۱)، سوریانو و همکاران (۳۳) و غفاری (۷) هم‌آهنگی دارد. کاهش شاخص برداشت بر اثر تنش کمبود آب در مطالعات پرونتی (۲۶)، کاکس و جولیف (۱۴)، جیمنز و فررس (۲۳)،



شکل ۱. مقایسه میانگین اثرات متقابل صفت عملکرد اقتصادی در تیمارهای مختلف آبیاری (I_1 تا I_6) و ارقام مختلف آفتابگردان (آذرگل ▬ آلستار ▒ آلیسون ▨ و یوروفلور ▯). میانگین‌های با یک حرف مشترک بر اساس آزمون دانکن از نظر آماری در سطح احتمال ۵ درصد اختلاف معنی‌دار ندارند.

دی‌آندریا و همکاران (۱۵)، راضی و آساد (۳) و رشدی و رضادوست (۴) نیز گزارش شد. این در حالی‌است که کرام و همکاران (۲۵) تغییر معنی‌داری را در شاخص برداشت آفتابگردان مشاهده نکردند.

طول دورهٔ رشد

ارقام آذرگل، یوروفلور، آلیسون و آلستار با آبیاری کامل به ترتیب در زمان‌های ۱۱۰، ۱۰۳، ۹۹ و ۹۶ روز بعد از کاشت و با دریافت ۱۷۸۲، ۱۶۸۲، ۱۶۲۱ و ۱۵۷۳ درجه- روز رشد به مرحلهٔ رسیدگی فیزیولوژیک رسیدند. زمان برداشت به منظور کاهش رطوبت بذر ۱۴ تا ۱۵ روز بعد از رسیدن فیزیولوژیک بود (جدول ۳). با اعمال کم‌آبیاری، طول دورهٔ رشد کاهش یافت. به‌طوری که با یک بار قطع آبیاری ۲ روز و با دوبار قطع آبیاری ۵ روز نسبت به آبیاری کامل کمتر بود. این امر نشان‌دهندهٔ واکنش گیاه در جهت تکمیل و اتمام زودتر دورهٔ رشد خود با افزایش مدت تنش کمبود آب است که واکنشی در جهت فرار از خشکی می‌باشد. این نتیجه با نتایج مظفری و همکاران (۸)، راضی و آساد (۳) و غفاری (۷) در مورد آفتابگردان مطابقت دارد. به گزارش راضی و آساد (۳) با آبیاری محدود دورهٔ گل‌دهی به میزان کمی کوتاه‌تر شد ولی زمان رسیدن فیزیولوژیک تحت تأثیر کم آبی به‌طور محسوسی کاهش یافت.

مقدار آب مصرفی

مقدار آب مصرفی در آبیاری کامل و با تأمین نیاز آبی در مراحل مختلف رشد گیاه برای ارقام آذرگل، یوروفلور، آلیسون و آلستار به ترتیب ۷۶۱۶، ۶۶۶۱، ۶۱۱۵ و ۵۷۰۶ مترمکعب در هکتار بود (جدول ۳). طبق گزارش فائو نیاز آبی آفتابگردان از ۶۰۰ تا ۱۰۰۰ میلی‌متر بسته به اقلیم و طول دورهٔ رشد متفاوت است (۱۶). کمترین کاهش آب مصرفی با اعمال کم‌آبیاری در مرحلهٔ غنچه‌دهی حاصل شد. این امر به‌دلیل میزان تبخیر و تعرق کمتر و در نتیجه نیاز آبی کمتر محصول در این مرحله از رشد است. کمترین آب صرفه‌جویی شده در این حالت مربوط به رقم آلستار بود که رقمی زودرس و با طول دوره رشد کوتاه می‌باشد. آب صرفه‌جویی شده برای این ارقام به ترتیب ۱۴، ۲۳، ۱۷ و ۱۱ درصد بود.

بیشترین کاهش آب مصرفی با دو بار قطع آبیاری در مراحل گل‌دهی و دانه‌بندی به‌دست آمد. این موضوع می‌تواند به‌علت

جدول ۳. دورهٔ رشد و آب مصرفی ارقام آفتابگردان در تیمارهای مختلف آبیاری

تیمار		رسیدگی فیزیولوژیک		زمان برداشت	مقدار آب مصرفی	آب صرفه‌جویی
		روز بعد از کاشت	درجه-روز رشد	(روز بعد از کاشت)	(مترمکعب در هکتار)	شده (درصد)
آبیاری کامل	آذرگل	۱۱۰	۱۷۸۲	۱۲۵	۷۶۱۶	–
	آلستار	۹۶	۱۵۷۳	۱۱۰	۵۷۰۶	–
	آلیسون	۹۹	۱۶۲۱	۱۱۴	۶۱۱۵	–
	یوروفلور	۱۰۳	۱۶۸۲	۱۱۸	۶۶۶۱	–
کم‌آبیاری در مرحلهٔ غنچه‌دهی	آذرگل	۱۰۸	۱۷۵۵	۱۲۳	۶۵۳۳	۱۴
	آلستار	۹۴	۱۵۴۲	۱۰۸	۵۰۹۴	۱۱
	آلیسون	۹۷	۱۵۸۹	۱۱۲	۵۰۹۸	۱۷
	یوروفلور	۱۰۱	۱۶۵۵	۱۱۶	۵۱۰۳	۲۳
کم‌آبیاری در مرحلهٔ گل‌دهی	آذرگل	۱۰۸	۱۷۵۵	۱۲۳	۳۷۹۸	۵۰
	آلستار	۹۴	۱۵۴۲	۱۰۸	۳۸۱۱	۳۳
	آلیسون	۹۷	۱۵۸۹	۱۱۲	۴۲۲۱	۳۱
	یوروفلور	۱۰۱	۱۶۵۵	۱۱۶	۴۷۶۲	۲۹
کم‌آبیاری در مرحلهٔ دانه‌بندی	آذرگل	۱۰۸	۱۷۵۵	۱۲۳	۵۷۰۶	۲۵
	آلستار	۹۴	۱۵۴۲	۱۰۸	۳۷۹۸	۳۳
	آلیسون	۹۷	۱۵۸۹	۱۱۲	۴۲۰۵	۳۱
	یوروفلور	۱۰۱	۱۶۵۵	۱۱۶	۴۷۵۰	۲۹
کم‌آبیاری در مراحل غنچه‌دهی و دانه‌بندی	آذرگل	۱۰۵	۱۷۰۹	۱۲۰	۴۶۲۳	۳۹
	آلستار	۹۱	۱۴۹۴	۱۰۵	۳۱۸۸	۴۴
	آلیسون	۹۴	۱۵۴۲	۱۰۹	۳۱۸۸	۴۸
	یوروفلور	۹۸	۱۶۰۴	۱۱۳	۳۱۹۳	۵۲
کم‌آبیاری در مراحل گل‌دهی و دانه‌بندی	آذرگل	۱۰۵	۱۷۰۹	۱۲۰	۳۷۹۸	۵۰
	آلستار	۹۱	۱۴۹۴	۱۰۵	۱۹۰۵	۶۷
	آلیسون	۹۴	۱۵۴۲	۱۰۹	۲۳۱۱	۶۲
	یوروفلور	۹۸	۱۶۰۴	۱۱۳	۲۸۵۲	۵۷

بیشتر بودن تبخیر و تعرق در این دوره و نیاز آبی زیاد محصول در این مراحل باشد. بیشترین آب صرفه‌جویی شده در این حالت مربوط به رقم آلستار می‌باشد. آب صرفه‌جویی شده برای ارقام مذکور به ترتیب ۵۰، ۵۷، ۶۲ و ۶۷ درصد بود.

با توجه به نیاز آبی کمتر و آب صرفه‌جویی شده بیشتر، کمترین مقدار آب مصرف شده در این طرح متعلق به رقم آلستار با دو بار قطع آبیاری در مراحل گل‌دهی و دانه‌بندی می‌باشد. در بررسی کرام و همکاران (۲۵) روی آفتابگردان، با کم‌آبیاری در اوایل و اواسط گل‌دهی و اوایل تشکیل دانه به ترتیب ۲۲، ۱۶ و ۹ درصد در مصرف آب صرفه‌جویی شد.

کارآیی مصرف آب

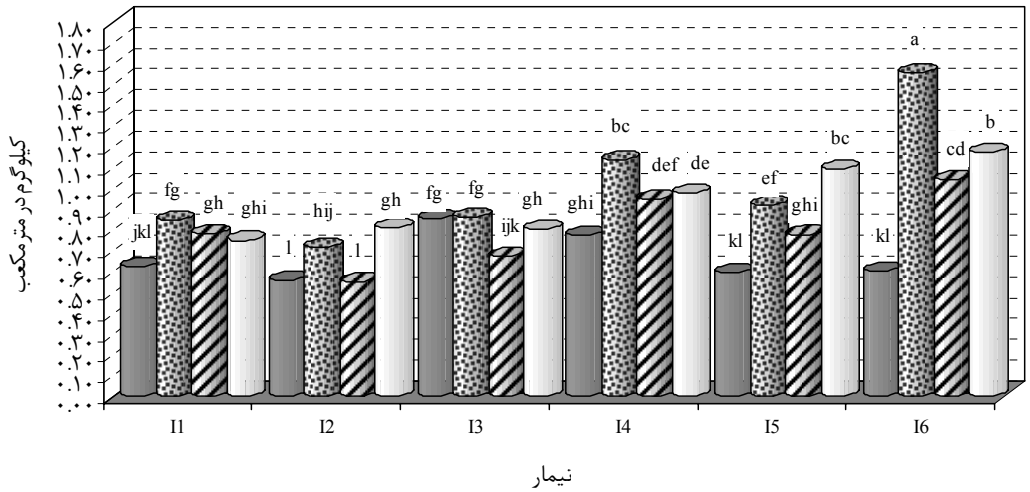
نتایج حاصل از تجزیه واریانس صفت کارآیی مصرف آب بر حسب کیلوگرم دانه در مترمکعب آب مصرفی در این طرح نشان داد اثر تیمارهای آبیاری و رقم، هم‌چنین آثار متقابل آبیاری و رقم در سطح ۱ درصد معنی‌دار است (جدول ۱). بر این اساس بیشترین کارآیی مصرف آب در بین تیمارهای آبیاری با دو بار قطع آبیاری در مراحل گل‌دهی و دانه‌بندی به مقدار ۱/۰۹ کیلوگرم در مترمکعب به‌دست آمد (جدول ۲). پس از آن قطع آبیاری در مرحلهٔ دانه‌بندی با ۰/۹۶ کیلوگرم در مترمکعب جای داشت. کمترین مقدار نیز از قطع آبیاری در مرحلهٔ غنچه‌دهی با ۰/۶۶ کیلوگرم در مترمکعب حاصل شد. در بین ارقام آفتابگردان بیشترین کارآیی مصرف آب متعلق به رقم آلستار با ۱/۰۱ کیلوگرم در مترمکعب بود (جدول ۲). رقم یوروفلور با ۰/۹۴ کیلوگرم در مترمکعب و رقم آلیسون با ۰/۸۰ کیلوگرم در مترمکعب در رتبه‌های بعد قرار گرفتند. هم‌چنین کمترین مقدار با ۰/۶۷ کیلوگرم در مترمکعب مربوط به رقم آذرگل بود. در بررسی اثرات متقابل آبیاری و رقم مشخص شد بیشترین مقدار کارآیی مصرف آب با ۱/۵۶ کیلوگرم در مترمکعب متعلق به رقم آلستار با دو بار قطع آبیاری در مراحل گل‌دهی و دانه‌بندی است (شکل ۲). کمترین مقدار نیز با ۰/۵۶ کیلوگرم در مترمکعب از ارقام آذرگل و آلیسون با قطع آبیاری در مرحلهٔ غنچه‌دهی به‌دست آمد.

مقادیر کارآیی مصرف آب در این پژوهش با مقادیر کارآیی مصرف آب به‌دست آمده برای آفتابگردان توسط کانور و همکاران (۱۲)، رینالدی (۲۹) و کرام و همکاران (۲۵) مطابقت دارد. کرام و همکاران (۲۵) کارآیی مصرف آب را در شرایط آبیاری کامل آفتابگردان ۰/۷۴ کیلوگرم در مترمکعب برآورد نمودند که با کم‌آبیاری در اوایل گل‌دهی به ۰/۷۱ کیلوگرم در مترمکعب کاهش و با کم‌آبیاری در اواسط گل‌دهی و اوایل تشکیل دانه به ترتیب به ۰/۷۶ و ۰/۸۳ کیلوگرم در مترمکعب افزایش یافت. افزایش کارآیی مصرف آب آفتابگردان در شرایط تنش کمبود آب نسبت به آبیاری کامل توسط فلنت و همکاران (۲۲) نیز مورد تأیید قرار گرفته است. این در حالی‌است که استون و همکاران (۳۴) و گوکسوی و همکاران (۲۴) تغییرات معنی‌داری را گزارش نکردند.

با توجه به نتایج این پژوهش و سایر مطالعات چنین نتیجه می‌شود که هر نوع شرایط کم‌آبیاری و تنش کمبود آب موجب افزایش بازدهٔ استفاده از آب نمی‌شود. کارآیی مصرف آب بیشتر، مربوط به کم‌آبیاری در مراحل پایانی رشد و بویژه دانه‌بندی است که ضمن صرفه‌جویی بیشتر در مصرف آب، عملکرد نیز کمتر تحت تأثیر قرار می‌گیرد.

مقاومت به خشکی

نتایج حاصل از محاسبه شاخص‌های SSI، TOL، MP، GMP و STI در شرایط مختلف کم‌آبیاری و رتبه‌بندی ژنوتیپ‌ها در جدول ۴ آورده شده است. مقادیر کمتر شاخص‌های SSI و TOL نشان‌دهندهٔ حساسیت کمتر و تحمل بیشتر ژنوتیپ‌ها در شرایط تنش کمبود آب و موجب انتخاب ارقام با پتانسیل عملکرد بالا در این شرایط می‌شود. از طرفی مقادیر بیشتر سه شاخص دیگر (MP، GMP و STI) نشان‌دهندهٔ تحمل بیشتر ژنوتیپ‌ها به تنش کمبود آب بوده و موجب انتخاب ارقام با پتانسیل عملکرد بالا هم در محیط تنش و هم در محیط بدون تنش می‌شود (۲۰). مقادیر Yp یا عملکرد در شرایط بدون تنش



شکل ۲. مقایسه میانگین اثرات متقابل صفت کارآیی مصرف آب در تیمارهای مختلف آبیاری (I_1 تا I_6) و ارقام مختلف آفتابگردان (آذرگل، آلستار، آلیسون و یوروفلور). میانگین‌های با یک حرف مشترک بر اساس آزمون دانکن از نظر آماری در سطح احتمال ۵ درصد اختلاف معنی‌دار ندارند.

برای ارقام یوروفلور، آلستار، آلیسون و آذرگل به ترتیب ۵۰۰۸/۱، ۴۸۴۲/۸، ۴۸۱۱/۸ و ۴۷۵۳/۴ کیلوگرم در هکتار می‌باشد. نتایج نشان داد رقم یوروفلور بر اساس تمام شاخص‌های مورد بررسی و در همهٔ مراحل کم‌آبیاری، هم‌چنین میانگین شرایط تنش متحمل‌ترین رقم به کمبود آب می‌باشد. این امر می‌تواند در ارتباط با پتانسیل عملکرد بالای این رقم قرار گیرد.

تنها در کم‌آبیاری مرحلهٔ دانه‌بندی و بر اساس شاخص‌های SSI و TOL رقم آذرگل این رتبه را کسب نمود. رقم آلستار بر اساس تمام شاخص‌ها و در شرایط دو بار قطع آبیاری و میانگین شرایط تنش پس از یوروفلور در رتبه دوم قرار داشت. این رقم با یک بار قطع آبیاری و بر اساس سه شاخص MP، GMP و STI در همین جایگاه و بر اساس دو شاخص SSI و TOL در رتبه سوم جای گرفت.

رقم آذرگل بر اساس تمام شاخص‌ها و در میانگین شرایط تنش کمبود آب، هم‌چنین دو بار قطع آبیاری در مراحل غنچه‌دهی و دانه‌بندی در رتبهٔ سوم بود. با دو بار قطع آبیاری در مراحل گل‌دهی و دانه‌بندی این رقم به جز در شاخص MP در سایر شاخص‌ها رتبهٔ آخر را کسب نمود. یک بار قطع آبیاری در مرحلهٔ غنچه‌دهی و مرحلهٔ گل‌دهی باعث شد رقم آذرگل با شاخص‌های MP، GMP و STI در رتبهٔ سوم و با شاخص‌های SSI و TOL در رتبهٔ دوم جای گیرد. از طرفی نیز یک بار قطع آبیاری در مرحلهٔ دانه‌بندی این رقم را با سه شاخص اول در رتبهٔ دوم و با دو شاخص دیگر در رتبهٔ اول قرار داد. کم تحمل‌ترین و حساس‌ترین رقم بر اساس تمام شاخص‌ها و در تمام شرایط کم‌آبیاری، رقم آلیسون بود. تنها با دو بار قطع آبیاری مراحل گل‌دهی و دانه‌بندی و با دو شاخص SSI و TOL این رقم جایگاه خود را به آذرگل داد.

همان‌گونه که ملاحظه می‌شود شاخص‌های MP، GMP و STI از کارآیی بیشتری در تعیین ارقام متحمل به خشکی بر خوردار بوده و در این میان شاخص GMP از MP بهتر است. به اظهار فرناندز (۲۰) شاخص GMP در مقایسه با MP قدرت بیشتری دارد، بنابراین در صورت اختلاف زیاد بین عملکرد در شرایط مطلوب و عملکرد در شرایط تنش نسبت به مقادیر آستانه‌ای حساسیت کمتری دارد. غفاری (۷) در مطالعه خود با عنوان ارزیابی و انتخاب لاین‌های اینبرد آفتابگردان در شرایط نرمال و تنش خشکی گزارش نمود از بین شاخص‌های تحمل، شاخص STI کارآیی بیشتری در شناسایی ارقام مقاوم به

جدول ۴. شاخص‌های خشکی ارقام آفتابگردان در مراحل مختلف کم‌آبیاری (I_2 تا I_6) و میانگین شرایط تنش کمبود آب (M)

		SSI		TOL		MP		GMP		STI	
	تیمار	مقدار	رتبه	مقدار	رتبه	مقدار	رتبه	مقدار	رتبه	مقدار	رتبه
I_2	آذرگل	۰/۸۶	۲	۱۰۸۱/۱	۲	۴۲۱۲/۹	۳	۴۱۷۸/۱	۳	۰/۷۴	۳
	آلستار	۰/۹۱	۳	۱۱۶۶/۰	۳	۴۲۵۹/۸	۲	۴۲۱۹/۷	۲	۰/۷۶	۲
	آلیسون	۱/۵۸	۴	۲۰۰۳/۴	۴	۳۸۱۰/۱	۴	۳۶۷۶/۱	۴	۰/۵۷	۴
	یوروفلور	۰/۶۶	۱	۸۶۹/۱	۱	۴۵۷۳/۶	۱	۴۵۵۲/۹	۱	۰/۸۸	۱
I_3	آذرگل	۱/۲۰	۲	۱۴۹۸/۶	۲	۴۰۰۴/۱	۳	۳۹۳۳/۴	۳	۰/۶۶	۳
	آلستار	۱/۲۱	۳	۱۵۴۸/۴	۳	۴۰۶۸/۶	۲	۳۹۹۴/۳	۲	۰/۶۸	۲
	آلیسون	۱/۵۴	۴	۱۹۵۴/۰	۴	۳۸۳۴/۸	۴	۳۷۰۸/۲	۴	۰/۵۸	۴
	یوروفلور	۰/۸۸	۱	۱۱۱۶/۳	۱	۴۴۲۷/۰	۱	۴۳۸۸/۷	۱	۰/۸۲	۱
I_4	آذرگل	۰/۲۴	۱	۳۰۵/۶	۱	۴۶۰۰/۶	۲	۴۵۹۸/۱	۲	۰/۹۰	۲
	آلستار	۰/۴۰	۳	۵۱۵/۶	۳	۴۵۸۵/۰	۳	۴۵۷۷/۷	۳	۰/۸۹	۳
	آلیسون	۰/۶۳	۴	۸۰۴/۸	۴	۴۴۰۹/۴	۴	۴۳۹۱/۰	۴	۰/۸۲	۴
	یوروفلور	۰/۲۸	۲	۳۶۹/۸	۲	۴۸۲۳/۲	۱	۴۸۱۹/۷	۱	۰/۹۹	۱
I_5	آذرگل	۱/۶۰	۳	۲۰۰۷/۳	۳	۳۷۴۹/۸	۳	۳۶۱۲/۹	۳	۰/۵۵	۳
	آلستار	۱/۴۹	۲	۱۹۰۲/۲	۲	۳۸۹۱/۷	۲	۳۷۷۳/۶	۲	۰/۶۰	۲
	آلیسون	۱/۸۳	۴	۲۳۲۲/۹	۴	۳۶۵۰/۳	۴	۳۴۶۰/۶	۴	۰/۵۱	۴
	یوروفلور	۱/۱۴	۱	۱۵۰۲/۰	۱	۴۲۵۷/۱	۱	۴۱۹۰/۳	۱	۰/۷۵	۱
I_6	آذرگل	۱/۹۶	۴	۲۴۶۲/۵	۴	۳۵۲۲/۲	۳	۳۲۹۹/۹	۴	۰/۴۶	۴
	آلستار	۱/۴۷	۲	۱۸۷۷/۱	۲	۳۹۰۴/۲	۲	۳۷۸۹/۷	۲	۰/۶۱	۲
	آلیسون	۱/۸۹	۳	۲۳۹۷/۸	۳	۳۴۰۸/۲	۴	۳۴۰۸/۲	۳	۰/۴۹	۳
	یوروفلور	۱/۲۵	۱	۱۶۵۶/۸	۱	۴۰۹۶/۸	۱	۴۰۹۶/۸	۱	۰/۷۱	۱
M	آذرگل	۱/۱۷	۳	۱۴۷۱/۰	۳	۴۰۱۷/۹	۳	۳۹۲۴/۵	۳	۰/۶۶	۳
	آلستار	۱/۱۰	۲	۱۴۰۱/۸	۲	۴۱۴۱/۸	۲	۴۰۷۱/۰	۲	۰/۷۱	۲
	آلیسون	۱/۴۹	۴	۱۸۹۶/۶	۴	۳۸۶۳/۵	۴	۳۷۲۸/۸	۴	۰/۶۰	۴
	یوروفلور	۰/۸۴	۱	۱۱۱۲/۰	۱	۴۴۵۲/۱	۱	۴۴۰۹/۷	۱	۰/۸۳	۱

خشکی دارد. در مجموع شاخص‌های GMP و STI برای بررسی در مطالعات آینده معرفی می‌گردد.

نتیجه‌گیری

به‌طور کلی نتایج نشان داد کم‌آبیاری بر عملکرد، شاخص برداشت، کارآیی مصرف آب و تحمل خشکی ارقام آفتابگردان اثر داشته است. بیشترین عملکرد بیولوژیک از آبیاری کامل و سپس قطع آبیاری در مرحلهٔ دانه‌بندی و در بین ارقام آفتابگردان از رقم یوروفلور به‌دست آمد. بیشترین عملکرد اقتصادی از همه ارقام با آبیاری کامل، هم‌چنین رقم یوروفلور با قطع آبیاری در مرحلهٔ دانه‌بندی به‌دست آمد. بیشترین شاخص برداشت متعلق به آبیاری کامل و پس از آن قطع آبیاری در مرحلهٔ غنچه‌دهی و قطع آبیاری در مرحلهٔ دانه‌بندی بود. در بین ارقام، بیشترین شاخص برداشت به ارقام یوروفلور و آلیسون و مقدار کمتر به ارقام آلستار و آذرگل تعلق داشت.

طول دورهٔ رشد با یک بار قطع آبیاری ۲ روز و با دوبار قطع آبیاری ۵ روز نسبت به آبیاری کامل کمتر بود. کمترین کاهش آب مصرفی با اعمال کم‌آبیاری در مرحلهٔ غنچه‌دهی حاصل شد و کمترین آب صرفه‌جویی شده در این حالت مربوط به رقم آلستار بود. بیشترین کاهش آب مصرفی با دو بار قطع آبیاری در مراحل گل‌دهی و دانه‌بندی به‌دست آمد و بیشترین آب صرفه‌جویی شده در این حالت مربوط به رقم آلستار است.

در بررسی آثار متقابل آبیاری و رقم مشخص شد که بیشترین کارآیی مصرف آب متعلق به رقم آلستار با دو بار قطع آبیاری در مراحل گل‌دهی و دانه‌بندی است. کمترین مقدار نیز از ارقام آذرگل و آلیسون با قطع آبیاری در مرحلهٔ غنچه‌دهی به‌دست آمد. رقم یوروفلور بر اساس تمام شاخص‌های مقاومت به خشکی متحمل‌ترین رقم به کمبود آب بود. این امر می‌تواند در ارتباط با پتانسیل عملکرد بالای این رقم قرار گیرد. کم تحمل‌ترین و حساس‌ترین رقم بر اساس تمام شاخص‌ها و در تمام شرایط کم‌آبیاری، رقم آلیسون بود.

از بین شاخص‌های مقاومت، کارآیی بیشتر شاخص‌های GMP و STI برای بررسی در مطالعات آینده مورد تأیید قرار می‌گیرد. در مجموع کم‌آبیاری در مرحلهٔ دانه‌بندی دارای کمترین اثر منفی بر عملکرد و شاخص برداشت بوده و از نظر کارآیی مصرف آب نیز مناسب می‌باشد. هم‌چنین رقم یوروفلور ضمن دارا بودن بالاترین عملکرد، تحمل خشکی و شاخص برداشت از کارآیی مصرف آب مناسبی نیز برخوردار است.

سپاسگزاری

بدین وسیله از معاونت محترم پژوهشی، مسئول مزرعهٔ پژوهشی دانشگاه بوعلی سینا و کلیهٔ عزیزانی که در اجرای این طرح پژوهشی کمک نموده‌اند تقدیر و تشکر می‌گردد.

منابع مورد استفاده

۱. اسماعیلی، م. و ا. گلچین. ۱۳۸۳. تحلیل اقتصادی کم آبیاری و تأثیر آن بر عملکرد دانه و میزان روغن دو رقم آفتابگردان. مجلهٔ دانش کشاورزی ۱۵(۱): ۱۲۱–۱۳۵.

۲. توکلی، ع. ۱۳۸۵. مدیریت کم‌آبیاری و بهینه‌سازی مصرف نیتروژن در تولید گندم الموت. مجله دانش کشاورزی ۱۶(۲): ۱۱۵–۱۲۷.

۳. راضی، ه. و م. آساد. ۱۳۷۷. ارزیابی تغییرات صفات مهم زراعی و معیارهای سنجش تحمل به خشکی در ارقام آفتابگردان. مجلهٔ علوم کشاورزی و منابع طبیعی ۲(۱): ۳۱–۴۳.

۴. رشدی، م. و س. رضادوست. ۱۳۸۳. بررسی اثرات سطوح مختلف آبیاری بر خصوصیات کمی و کیفی ارقام آفتابگردان. مجلهٔ علوم کشاورزی ایران ۳۶(۵): ۱۲۴۱–۱۲۵۰.

۵. سالمی، ح. و د. افیونی. ۱۳۸۴. اثر تیمارهای کم‌آبیاری بر عملکرد و اجزای عملکرد دانهٔ ارقام جدید گندم. مجلهٔ علوم کشاورزی و منابع طبیعی ۱۲(۳): ۱۱–۲۰.

۶. شبیری، س.، ک. قاسمی گلعذانی، ا. گلچین و ج. صبا. ۱۳۸۵. تأثیر میزان آب آبیاری بر فنولوژی و عملکرد سه رقم نخود (*Cicer arietinum* L.). مجلهٔ دانش کشاورزی ۱۶(۲): ۱۳۷–۱۴۷.

۷. غفاری، م. ۱۳۸۶. ارزیابی و انتخاب لاین‌های اینبرد آفتابگردان در شرایط نرمال و تنش خشکی. مجلهٔ نهال و بذر ۲۳(۴): ۶۳۳–۶۴۹.

۸. مظفری، ک.، ی. عرشی و ح. زینالی خانقاه. ۱۳۷۵. بررسی اثر تنش خشکی در برخی از صفات مورفوفیزیولوژیکی و اجزای عملکرد آفتابگردان (*Helianthus annuus* L.). مجلهٔ نهال و بذر ۱۲(۳): ۲۴–۳۳.

۹. نورجو، ا.، ف. عباسی، م. بقایی‌کیا و ع. جدایی. ۱۳۸۵. تأثیر کم‌آبیاری بر کمیت و کیفیت چغندرقند در منطقه میاندوآب. مجلهٔ چغندرقند ۲۲(۲): ۵۳–۶۶.

۱۰. هاشمی دزفولی، ا.، ع. کوچکی و م. بنایان اول. ۱۳۷۷. *افزایش عملکرد گیاهان زراعی*. جلد اول، انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد.

11. Allen, R.G., L.S. Pereira, D. Raes and M. Smith. 1998. Crop Evapotranspiration: Guidelines for Computing Crop Water Requirements. FAO Irrigation and Drainage Paper No. 56. FAO, Rome, Italy.
12. Connor, D.J., T.R. Jones and J.A. Palta. 1985. Response of sunflower to strategies of irrigation. I. Growth, yield and the efficiency of water use. Field Crops Res. 10: 15–36.
13. Connor, D.J. and V.O. Sadras. 1992. Physiology of yield expression in sunflower. Field Crops Res. 30: 333–389.
14. Cox, W.J. and J.P. Jollief. 1986. Growth and yield of sunflower and soybean under soil water deficits. Agron. J. 78: 226-230.
15. D'Andria, R., F.Q. Chiaranda, V. Magliulo and M. Mori. 1995. Yield and soil water uptake of sunflower sown in spring and summer. Agron. J. 87: 1122-1128.
16. Doorenbos, J. and A.H. Kassam. 1979. Yield response to water. FAO Irrigation and Drainage Paper No. 33. FAO, Rome, Italy.
17. Ehdaie, B. and J.G. Waines. 1993. Variation in water-use efficiency and its components in wheat: I. Well watered pot experiment. Crop Sci. 33: 294–299.
18. English M.J., J.T. Musick and V.V.N. Murty. 1990. Deficit irrigation. pp: 631-663. *In*: G.J. Hoffman, T.A. Howell, and K.H. Solomon (Eds.), Management of Farm Irrigation Systems. ASAE Monograph No. 9, American Society of Agricultural Engineers. St. Joseph, MI.
19. Fereres, E., C. Gimenez and J.M. Fernandez. 1986. Genetic variability in sunflower cultivars under drought I. Yield relationships. Aust. J. Agric. Res. 37: 573–582.
20. Fernandez, G.C.J. 1992. Effective selection criteria for assessing plant stress tolerance. Proceedings of the International Symposium on Adaptation of Vegetables and other Food Crops in Temperature and Water Stress. Taiwan, pp. 257–270.
21. Fisher, R.A. and R. Maurer. 1978. Drought resistance in spring wheat, cultivar, I grain yield responses. Aust. J. Agric. Res. 29: 897–912.
22. Flénet, F., A. Bouniols and C. Saraiva. 1996. Sunflower response to a range of soil water contents. Eur. J. Agron. 5: 161–167.
23. Gimenez, C. and E. Fereres. 1986. Genetic variability in sunflower cultivars under drought. II. Growth and water relations. Aust. J. Agric. Res. 37: 583–597.
24. Göksoy, A.T., A.O. Demir, Z.M. Turan and N. Dagustu. 2004. Responses of sunflower (*Helianthus annuus* L.) to full and limited irrigation at different growth stages. Field Crops Res. 87: 167–178.
25. Karam, F., R. Lahoud, R. Masaad, R. Kabalan, J. Breidi, C. Chalita and Y. Rouphael. 2007. Evapotranspiration, seed yield and water use efficiency of drip irrigated sunflower under full and deficit irrigation conditions. Agric. Water Manag. 90: 213–223.
26. Prunty, L. 1983. Soil water and population influence on hybrid sunflower yield and uniformity of stand. Agron. J. 75: 745–749.
27. Richards, R.A., C. Lopez-Castaneda, H. Gomez-Macpherson and A.G. Condon. 1993. Improving the efficiency of water use by plant breeding and molecular biology. Irrig. Sci. 14: 93–104.
28. Richards, R.A., G.J. Rebetzke, A.G. Condon and A.F. van Herwaarden. 2002. Breeding opportunities for increasing

the efficiency of water use and crop yield in temperate cereals. Crop Sci. 42: 111–121.
29. Rinaldi, M. 2001. Application of EPIC model for irrigation scheduling in southern Italy. Agric. Water Manag. 49: 185–196.
30. Rosielle, A.A. and J. Hamblin. 1981. Theoretical aspects of selection for yield in stress and non-stress environments. Crop Sci. 21: 943–946.
31. Sadras, V.O., D.J. Connor and D.M. Whitfield. 1993. Yield, yield components and source-sink relationships in water stressed sunflower. Field Crops Res. 31: 27–39.
32. SAS Institute Inc., 1996. SAS/STAT Software: Changes and Enhancements through Release 6. 11. SAS Institute Inc., Cary, NC, pp. 1–1104.
33. Soriano, M. A., F. Orgaz, F.J. Villalobos and E. Fereres. 2004. Efficiency of water use of early plantings of sunflower. Eur. J. Agron. 21: 465–476.
34. Stone, L.R., A.J. Schlege, R.E. Gwin and A.H. Khan. 1996. Response of corn, grain sorghum, and sunflower to irrigation in the high plains of Kansas. Agric. Water Manag. 30: 251–259.
35. Viets, F.G. 1962. Fertilizer and the efficient use of water. Adv Agron. 14: 223–264.