

اثر قطع آبیاری در مراحل مختلف رشد بر عملکرد دانه و شاخص‌های تحمل به تنش در سه رقم گلرنگ

Effect of irrigation withhold at different growth stages on grain yield and stress tolerance indices in three safflower cultivars

امیرحسن امیدی^۱

چکیده

امیدی، ا. ح. ۱۳۹۰. اثر قطع آبیاری در مراحل مختلف رشد بر عملکرد دانه و شاخص‌های تحمل به تنش در سه رقم گلرنگ. مجله علم زراعی ایران. (۱) ۱۱۶-۱۳۰.

به منظور بررسی اثر قطع آبیاری بر عملکرد دانه و برخی صفات مهم زراعی و شاخص‌های مقاومت به خشکی، سه رقم گلرنگ بهاره در پنج مرحله رشدی مختلف در معرض تنش خشکی قرار گرفتند. این آزمایش به صورت کوتاه‌های خود شده بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی در ۳ تکرار و به مدت دو سال زراعی (۸۱-۸۳) در منطقه کرج اجرا شد. عامل اصلی قطع آبیاری در مراحل رشد گیاه (به ترتیب مرحله تکمه‌زنی و دانه‌بندی، مرحله تکمه‌زنی و گلدنه، مرحله گلدنه، مرحله دانه‌بندی) و بدون تنش و سطوح فاکتور فرعی نیز سه رقم گلرنگ به اسمی محلی اصفهان، اراک ۲۸۱۱ و رقم خارجی FO2 در نظر گرفته شدند. تجزیه واریانس مرکب نشان داد که بالاترین عملکرد دانه متعلق به رقم محلی اصفهان در تیمار بدون تنش با ۱۲۵۸ کیلوگرم در هکتار بود که با تیمار تنش قطع آبیاری در مرحله پر شدن دانه اختلاف معنی داری نشان نداد. میانگین عملکرد روغن ارقام در سطوح تنش معنی دار بود. بالاترین میزان عملکرد روغن در هکتار (۳۷۷ کیلوگرم در هکتار) از رقم محلی اصفهان و در شرایط بدون تنش حاصل شد. برای ارزیابی تحمل ارقام به سطوح مختلف تنش از شاخص‌های حساسیت به تنش (SSI)، تحمل (TOL)، بهره‌وری متوسط (MP)، تحمل به تنش (STI) و میانگین هندسی بهره‌وری (GMP) استفاده گردید. نتایج نشان داد که عملکرد دانه در شرایط بدون تنش و تنش با شاخص‌های میانگین هندسی بهره‌وری و شاخص تحمل به تنش (STI) همبستگی مثبت و معنی داری داشت. همچنین همبستگی مثبت بالا و معنی دار شاخص حسابی (MP) با شاخص‌های STI، GMP داد که این شاخص‌ها به خوبی قادر به تدقیک ارقام مقاوم به خشکی و گزینش آنها می‌باشند. شاخص‌های MP و STI و GMP که مقادیر بالای آنها نشان دهنده تحمل به تنش است، رقم محلی اصفهان را به عنوان رقم متحمل و رقم اراک ۲۸۱۱ را به عنوان رقم حساس به خشکی مشخص کردند. شاخص‌های SSI، TOL نیز رقم محلی اصفهان را به عنوان متحمل ترین رقم به تنش خشکی نشان دادند.

واژه‌های کلیدی: تنش خشکی، شاخص‌های تحمل به تنش خشکی، عملکرد دانه، عملکرد روغن و گلرنگ.

تاریخ دریافت: ۱۳۸۷/۱۱/۱۳ تاریخ پذیرش: ۱۳۸۹/۱/۲۵

۱- عضو هیأت علمی موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر (مکاتبه کننده) (پست الکترونیک: omidixyz@yahoo.com)

مقدمه

خشکی گاهی در مرحله رشد رویشی نیز باعث کاهش عملکرد گیاه می‌شود که علت آن کاهش میزان سطح برگ گیاه و میزان کم ماده خشک تولید شده در این مرحله است. پایین بودن میزان سطح برگ گیاه در مراحل گلدهی و پرشدن دانه باعث کم شدن میزان فتوستتر جاری که تشکیل دهنده قسمت زیادی از عملکرد دانه است در ارتباط می‌باشد (Fischer and Maurer, 1978).

میزان خسارت واردہ به گیاه در اثر تنفس خشکی به گونه گیاه و تیپ رشد گیاه نیز بستگی دارد. مطالعات انجام شده بر روی اکثر گیاهان زراعی مؤید آن است که مواجه شدن گیاه با تنفس خشکی در مرحله پیدايش و تشکیل گلها حتی اگر تنفس خشکی به صورت جزئی باشد، باعث کاهش میزان ظهور سلول‌های بنیادی گل می‌شود و به طور مثال تعداد سنبلاچه‌ها را در غلات و همچنین تعداد خورجین‌ها را در گیاه کلزا کاهش می‌دهد (Singh and Stoskopf, 1971). تنفس خشکی در مرحله گرده افشاری کاهش تعداد دانه‌های گرده زنده و مادگی‌های لفاف یافته و در نهایت تعداد دانه را به دنبال دارد. تنفس خشکی همچنین جوانه زدن دانه گرده و رشد لوله گرده در داخل کلاله و تخمدان را کاهش می‌دهد (Abulhashem et al., 1998). گاهی اوقات نیز تنفس خشکی در مرحله گلدهی باعث خشک شدن دانه‌های گرده و کلاله می‌گردد. خشک شدن دانه‌های گرده باعث اختلال در عمل گرده افشاری توسط حشرات می‌شود و خشک شدن کلاله باعث عدم چسبیدن دانه‌های گرده روی آن می‌گردد، به طور کلی که تنفس خشکی در مرحله گرده افشاری سهم عمداتی از کاهش عملکرد را به خود اختصاص می‌دهد (Parasad, 2004).

در آزمایش انجام شده توسط ایبل (Abel, 1976) نشان داده شد که قطع آبیاری درصد ۷۵ درصد گلدهی گیاه گلنگ، بالاترین کارایی مصرف آب توسط گیاه را داشته و ادامه آبیاری در این مرحله نه تنها باعث افزایش

روغن گلنگ با دارا بودن بیش از ۹۰ درصد اسیدهای چرب غیراشباع بخصوص اسید لیتوالیک و اوئلیک همواره به عنوان یک روغن با ارزش محسوب شده است (Mundel and Hung, 2005). تحقیقات این گیاه روغنی در کشور بر اساس دستیابی به لاینهای پر محصول با محتوای روغن بالا، بدون خار و زودرس در حال انجام است. جمع آوری توده‌های بومی برای استفاده از تنوع ژنتیکی موجود در کشور، به منظور فراهم آوردن امکان گزینش ژنتوتیپ‌های مطلوب، از اولین قدم‌های اساسی برای ایجاد ارقام اصلاح شده و پر محصول گلنگ محسوب می‌شود. به همین منظور اکثر توده‌های بومی گلنگ کشور بار دیگر از سال ۱۳۷۲ جمع آوری و ارزیابی آنها آغاز گردید و طی آن لاینهای با ارزشی نظیر I.I.L.111، زرقان ۲۷۹، محلی مرند و محلی اصفهان انتخاب شدند. اخیراً کشت این گیاه در تناوب زراعی نواحی گرم و خشک استان اصفهان مورد توجه قرار گرفته است با توجه به خشکسالی‌های اخیر و کمبود آب، کشت این گیاه به عنوان جایگزین گیاهانی با نیاز آبی بالا مانند ذرت، به عنوان کشت تابستانه پس از برداشت گندم و جو مورد توجه قرار گرفته است (Omidi, 2000).

مقاومت به خشکی در گیاهان زراعی معمولاً با خصوصیات فیزیولوژیکی نظیر ضخامت کوتیکول، میزان بسته یا باز بودن روزنه‌ها، توسعه و عمق ریشه‌ها، ترکیب هورمونی، تنظیم اسمزی، تولید آنتی اکسیدان‌ها، محتوای رطوبت نسبی بافت‌های گیاه و حداقل شاخص برداشت در ارتباط مستقیم است (Mahajan and Tuteja., 2005).

سازوکارهای تحمل به خشکی در ژنتوتیپ‌های بومی که بطور طبیعی به خشکی متحمل می‌باشند، می‌تواند الگوی خوبی برای اصلاح ارقام متحمل باشد (Clavel et al., 2005). وقوع تنفس خشکی در مراحل رشد زایشی باعث کاهش عملکرد می‌شود. وقوع

افزایش تنش آب کاهش یافته، اما تاثیری بر شروع گلدهی گیاه نداشت.

شاخص برداشت یکی از مهم‌ترین شاخص‌های فیزیولوژیکی است نشان دهنده میزان انتقال مواد فتوستراتی از اندام‌های رویشی گیاه به دانه‌ها است. برادران و زینالی (Baradaran and Zynali, 1996) همبستگی مثبت و معنی دار بین عملکرد دانه و شاخص برداشت در گلنگ گزارش کردند. سینگ و استوسکوب (Singh and Stoskopf, 1971) گزارش نمودند که عملکرد دانه با شاخص برداشت همبستگی مثبت ولی با رشد رویشی گیاه همبستگی منفی دارد. مجید نصیری (Majd Nasiri, 2001) در آزمایشی روی سه رقم گلنگ، میانگین شاخص برداشت کشت بهاره و تابستانه را به ترتیب ۱۷/۵۳ و ۲۱/۷۸ درصد گزارش نمود. چوکان و همکاران (Choukan *et al.*, 2008) در ارزیابی تحمل به خشکی هیبریدهای ذرت، شاخص‌های حساسیت به تنش (SSI)، تحمل (TOL)، بهره‌وری متوسط (MP)، تحمل به تنش (STI) و میانگین هندسی بهره‌وری (GMP) را که دارای بیشترین همبستگی با عملکرد در شرایط عادی و تنش خشکی بودند، به عنوان شاخص‌های برتر معرفی نمودند.

هدف از این تحقیق بررسی اثرات تنش‌های خشکی در مراحل رشد رویشی و زایشی بر عملکرد دانه ارقام بهاره گلنگ و شناسائی رقم برتر از نظر تحمل به خشکی در مراحل حساس رشدی گیاه بوده است.

مواد و روش‌ها

در این آزمایش به منظور ارزیابی اثر تنش خشکی در مراحل مختلف رشد گلنگ بر عملکرد دانه و برخی صفات مهم زراعی گلنگ در منطقه کرج، از شش سطح تنش خشکی (کرت اصلی) و سه رقم گلنگ (کرت فرعی) به صورت کرت‌های خرد شده بر پایه بلوک‌های کامل تصادفی با چهار تکرار طی دو

اقتصادی محصول نمی‌شود، بلکه با افزایش رشد علف‌های هرز، برداشت محصول نیز با مشکل مواجه می‌شود. نتایج حاصل از بررسی‌های مربوط به تعیین نیاز آبی گلنگ نشان داده است که این گیاه در صورت آبیاری در مراحل قبل از کاشت، گلدهی و دانه‌بندی، عملکرد اقتصادی مناسبی تولید می‌کند و امکان کشت گلنگ به صورت دیم در مناطق خشک زمانی موقتیت آمیز است که آبیاری تکمیلی انجام شود. هایashi و هانادا (Hayashi and Handa., 1985) در یک پژوهش با بررسی اثر کمبود آب بر عملکرد و اجزای عملکرد گلنگ نتیجه گرفتند که کمبود آب باعث جلوگیری از رشد کافی میانگرهای ساقه اصلی و جوانه‌های جانبی می‌شود. در آزمایش آنها تعداد برگ‌ها و برآکته‌ها در ساقه اصلی تحت تأثیر تنش قرار نگرفته، ولی تنش باعث کاهش سطح برگ تعداد دانه و وزن خشک دانه در گیاه شد. در تحقیق دیگری که توسط پاتل و پاتل (Patel and Patel, 1996) صورت گرفت، مرحله گلدهی و پر شدن دانه به عنوان مراحل حساس گلنگ نسبت به آبیاری گزارش شد.

پاتل (1993) در ارزیابی اثر رژیم‌های متفاوت آبیاری در گلنگ در مراحل رشد سریع ساقه. گلدهی و دانه‌بندی نتیجه گیری نمود که رقم "بهیما" با عملکرد ۱۶۵۰ کیلوگرم دانه در هکتار و با آبیاری در هر سه مرحله فوق در بالاترین رتبه قرار گرفت، وی همچنین اعلام نمود که حساس ترین مراحل نیاز آبی در گلنگ، مرحله گلدهی و دانه‌بندی می‌باشد.

سینگ و همکاران (Singh *et al.*, 1995) با ارزیابی اثر آبیاری و کود فسفر بر عملکرد گلنگ گزارش دادند که آبیاری در مراحل روزت و دانه‌بندی بیشترین عملکرد دانه (۱۵۲۰ کیلوگرم در هکتار) را داشته است. هاشمی دزفولی (Hashemi Dezfuli, 1994) در ارزیابی اثر تنش خشکی بر گلنگ رقم ارakk ۲۸۱۱ گزارش داد که میزان سطح برگ، ارتفاع بوته، تعداد ساقه و تعداد غوزه در بوته با

به شرایط تنش خشکی از شاخص‌های زیر استفاده گردید:

- شاخص حساسیت به تنش (SSI) (Fischer and Maures, 1978):

$$SSI = \left(1 - \frac{\bar{Y}_s}{\bar{Y}_p} \right) / SI \quad SI = 1 - \frac{\bar{Y}_s}{\bar{Y}_p} \quad (1)$$

SI معادل شدت تنش می‌باشد. هرچه مقدار کوچکتر باشد، میزان تحمل به خشکی بالاتر است.

- شاخص تحمل (TOL) که اختلاف عملکرد محیط تنش و بدون تنش و بهره‌وری متوسط (MP) شاخص میانگین عملکرد در دو محیط تنش و بدون تنش را نشان داده و بر اساس روابط زیر محاسبه می‌شوند:

$$TOL = Y_p - Y_s \quad (2)$$

$$MP = \frac{(Y_p + Y_s)}{2} \quad (3)$$

مقادیر بالای TOL نشان دهنده حساسیت بیشتر به خشکی بوده در حالیکه ارقام متحمل تر دارای مقادیر بیشتر MP می‌باشند.

- شاخص تحمل به تنش STI (Fernandez, 1992):

$$STI = Y_p \cdot Y_s / (\bar{Y}_p)^2 \quad (4)$$

مقدار بالاتر شاخص تحمل برای یک ژنوتیپ، نشان دهنده تحمل به خشکی بالا و عملکرد بالقوه بیشتر است.

- میانگین هندسی بهره‌وری GMP (Fernandez, 1992):

$$GMP = \sqrt{Y_p \cdot Y_s} \quad (5)$$

این شاخص حساسیت کمتری به مقادیر بسیار متفاوت Y_s و Y_p دارد و بیشتر بودن مقدار عددی آن نشانه تحمل بیشتر به تنش است. در کلیه روابط فوق، Y_p = عملکرد ژنوتیپ در محیط بدون تنش Y_s = عملکرد ژنوتیپ در محیط دارای تنش \bar{Y}_p = متوسط عملکرد کلیه ژنوتیپ‌ها در محیط بدون تنش \bar{Y}_s = متوسط عملکرد کلیه ژنوتیپ‌ها در محیط واجد تنش می‌باشد.

تجزیه‌های آماری (آنالیز واریانس ساده و مرکب) با استفاده از نرم افزارهای SAS و SPSS و مقایسه‌های

سال زراعی (۱۳۸۱-۱۳۸۳) استفاده به عمل آمد. مشخصات اقلیمی و خصوصیات خاک منطقه آزمایش در جدول یک ارائه شده است.

سطوح عامل اصلی به صورت تنش در مرحله تکمه زنی و دانه بندی (S1)، تنش در مرحله تکمه زنی و گلدهی (S2)، تنش در مرحله تکمه زنی (S3)، تنش در مرحله گلدهی (S4)، تنش در مرحله دانه بندی (S5) و بدون تنش (S6) و عامل‌های فرعی نیز شامل سه رقم گلرنگ اراک ۲۸۱۱ (پر محصول، خاردار و گل نارنجی) رقم محلی اصفهان (پرمحصول، بدون خار گل قرمز) و رقم خارجی FO2 (پرمحصول با مبدأ چین، بدون خار گل قرمز) در نظر گرفته شدند. زمین مورد آزمایش در بهار سال ۱۳۸۱ آماده سازی شده و قبل از کاشت ۶۹ کیلوگرم در هکتار فسفر خالص از منبع کودی سوپر فسفات تریپل و ۲۳ کیلوگرم در هکتار کود نیتروژن خالص از منبع کودی اوره به خاک افزوده شدند. هر کرت آزمایشی شامل ۴ خط ۵ متری با فواصل ۶۰ سانتیمتر و فواصل بوطه ۱۰ سانتیمتر بوده و در طول مرحله داشت در یک مرحله ۲۳ کیلوگرم در هکتار کود نیتروژن خالص به صورت سرک به خاک اضافه شد، جهت مبارزه با آفت مگس گلرنگ از سم متابیستوکس به میزان دو هزار استفاده گردید. به منظور ثابت نگه داشتن میزان آب ورودی به هر کرت در هرنوبت آبیاری و ثابت بودن آب ورودی کرت‌ها در یک دور آبیاری از سیفون استفاده و در جویها نیز سر ریز نصب و میزان دبی هر سیفون اندازه گیری شد (بطور تقریبی حدود ۰/۲ لیتر بر ثانیه) و براساس آن میزان آب ورودی به هر کرت در هر نوبت آبیاری تعیین شد. در طول فصل رشد از صفات مهم گیاهی شامل زمان سبزشدن، شروع گلدهی، ۵۰ درصد گلدهی، پایان گلدهی، رسیدگی کامل، ارتفاع بوته و اجزای عملکرد شامل تعداد غوزه در بوته و تعداد دانه در غوزه یادداشت برداری به عمل آمد.

به منظور بررسی واکنش ژنوتیپ‌های مورد مطالعه

بدون تنش (S6) بود که با تیمار S5 (قطع آبیاری در مرحله پر شدن دانه) تفاوت معنی داری نداشت. قطع آبیاری در مرحله غنچه دهی و دانه بندی (S2) باعث کاهش معنی دار عملکرد روغن گردید که ناشی از کاهش شدید عملکرد دانه است. عملکرد روغن ارقام گلرنگ نیز تفاوت معنی داری با یکدیگر نداشت. بالاترین میزان عملکرد روغن مربوط به رقم محلی اصفهان (۲۸۳/۴ کیلو گرم در هکتار) و کمترین آن مربوط به رقم خارجی F02 بود. اثر متقابل رقم در سطوح تنش خشکی نیز معنی دار بود، به طوریکه بالاترین میزان عملکرد روغن در هکتار (۳۷۷ کیلو گرم در هکتار) از رقم محلی اصفهان و در شرایط بدون تنش حاصل شد. شاخه های فرعی به طور غیر مستقیم و از طریق تعداد غوزه که یکی از مهم ترین اجزای عملکرد در گلرنگ می باشد، بر عملکرد دانه اثر می گذارد که معمولاً همبستگی مثبت با عملکرد دانه نشان می دهد (Kumar, 1994).

بررسی نتایج مربوط به تعداد شاخه های فرعی مشخص نمود که ارقام گلرنگ از نظر تعداد شاخه فرعی در بوته تفاوت معنی داری نداشتند، در صورتیکه سطوح عامل اصلی تنش خشکی و اثرات متقابل تفاوت معنی داری نشان دادند. مقایسات میانگین های مربوط به شاخه های فرعی نشان داد که بیشترین تعداد شاخه های فرعی از تیمار بدون تنش (S6) با تعداد ۶/۲ و کمترین آن از تیمار قطع آبیاری در مرحله غنچه دهی و دانه بندی (S2) به تعداد ۳/۸ بدست آمد. قطع آبیاری در مراحل تکمه زنی و دانه بندی (S1)، مرحله تکمه زنی و گلدھی (S2) و مرحله تکمه زنی (S3) باعث کاهش شدید شاخه فرعی در بوته شد.

اثر متقابل رقم در سطوح تنش بر تعداد شاخه های فرعی معنی دار بود. بالاترین میزان تعداد شاخه فرعی از رقم محلی اصفهان در شاهد بدون تنش به میزان ۶/۹ عدد به دست آمد (جدول ۳). مقایسات میانگین های مربوط به صفت تعداد غوزه در بوته نشان

میانگین صفات تیمارهای استفاده از آزمون دانکن انجام شدند.

نتایج و بحث

نتایج مربوط به تجزیه واریانس مرکب دو ساله و مقایسات میانگین های مربوطه نشان داد که اثرات اصلی و فرعی تیمارهای آزمایشی صفات عملکرد دانه و روغن، میزان روغن دانه، تعداد شاخه های فرعی، تعداد دانه در غوزه و همچنین اثرات متقابل آنها بر عملکرد دانه، میزان روغن، عملکرد روغن، تعداد شاخه های فرعی معنی دار بودند (جدول ۲). مقایسه میانگین های مربوط به سطوح تنش و ارقام گلرنگ مشخص نمود که بالاترین میزان عملکرد دانه در این آزمایش از رقم محلی اصفهان و به میزان ۹۳۲/۸ کیلو گرم در هکتار حاصل شد. عملکرد دانه در تیمار قطع آبیاری در مرحله پر شدن دانه (S5) با عملکرد حاصل از تیمار بدون تنش معنی دار نبود، پایین ترین میزان عملکرد دانه در تیمار قطع آبیاری در مرحله غنچه و گلدھی (۵/۵۹۱ کیلو گرم در هکتار) مشاهده گردید (جدول ۳).

نتایج ارزیابی اثرات متقابل سطوح تنش و ارقام نیز نشان داد که بالاترین میزان عملکرد دانه متعلق به رقم محلی اصفهان در تیمار شاهد با ۱۲۵۸ کیلو گرم در هکتار بود که با عملکرد ۱۱۳۷ کیلو گرم در هکتار حاصل از همین رقم در تیمار S5 (قطع آبیاری در مرحله پر شدن دانه)، اختلاف معنی داری نداشت (جدول ۴). میزان روغن دانه ارقام گلرنگ در تیمارهای تنش خشکی تغییرات نسبتاً کمی داشتند، زیرا کنترل میزان روغن دانه صفت روغن دانه به عنوان یک صفت کمی توسط تعداد زیادی ژن صورت می گیرد و به همین لحاظ احتمال کاهش شدید این صفت آسیب در اثر تیمارهای تنش خشکی پایین است (Hashemi Dezfuli, 1994). معمولاً تغییرات عملکرد روغن مشابه با تغییرات عملکرد دانه است. در این تحقیق بیشترین میزان عملکرد روغن مربوط به تیمار

جدول ۱- مشخصات اقلیمی و خصوصیات خاک منطقه آزمایش

Table 1. Climatic conditions and soil properties of experimental site

ارتفاع از سطح دریا Altitude	متوسط بارندگی Rainfall (mm)	بافت خاک Soil texture	پتانسیم قابل جذب K ($\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$)	فسفرقابل جذب P ($\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$)	نیتروژن N (%)	ماده آلی OC (%)	هدایت الکتریکی EC ($\text{dS} \cdot \text{m}^{-1}$)	اسیدیته pH
1300	250-300	Loam clay	312	11.3	0.056	0.8	0.9	7.5

جدول ۲- تجزیه واریانس مرکب صفات عملکرد دانه، اجزای عملکرد و صفات گیاهی سه رقم گلرنگ بهاره در تیمارهای تنش خشکی

Table 2. Combined analysis of variance for grain yield, yield component and plant characteristics of three spring safflower cultivars in water stress treatments

S.O.V.	متغیر	درجه آزادی d.f	عملکرد دانه Grain yield	میزان روغن		تعداد شاخه های فرعی		وزن هزار دانه 1000 G.W	تعداد غوزه در بوته No. head.plant ⁻¹
				Oil Content	عملکرد روغن Oil yield	No. Sec. branches			
Year (Y)	سال	1	25361.34 ^{ns}	1.85 ^{ns}	763.0 ^{**}	398 ^{**}	49.61 ^{**}	986.99 ^{**}	
R×Y	سال×تکرار	4	19018.16	1.50	58.90	11.76	1.17	279.80	
Stress (S)	تنش	5	241924.11 ^{**}	4.26 ^{**}	408.33 ^{**}	104.50 ^{**}	1.33 ^{ns}	197.27 ^{ns}	
Y×S	سال×تنش	5	856.15 ^{ns}	0.63 ^{ns}	16.70 ^{ns}	16.78 ^{ns}	1.60 ^{ns}	397.60 ^{ns}	
E1	خطای اول	20	10390.24	0.55	19.33	10.70	1.70	106.80	
Cultivar (C)	رقم	2	1147106.55 ^{**}	3.69 ^{**}	70.90 ^{**}	9.08 ^{ns}	0.88 ^{ns}	398.66 ^{ns}	
C×Y	رقم×سال	2	15537.19 ^{ns}	0.57 ^{ns}	54.20 ^{ns}	10.90 ^{ns}	1.27 ^{ns}	211.14 ^{ns}	
C×S	رقم×تنش	10	32706.14 ^{**}	2.44 ^{**}	107.30 ^{**}	45.80 ^{**}	1.13 ^{ns}	181.33 ^{ns}	
C×S×Y	رقم×تنش×سال	10	2203.76 ^{ns}	0.67 ^{ns}	55.70 ^{ns}	6.90 ^{ns}	1.12 ^{ns}	147.69 ^{ns}	
E2	خطای دوم	48	11055.70	0.56	34.50	6.74	1.165	103.60	
CV (%)	ضریب تغییرات		12.50	5.50	4.07	5.1	3.4	16.1	

ns: Non-significant

: غیرمعنی دار

**: Significant at 1% probability level

: معنی دار در سطح احتمال یک درصد

"اثر قطع آبیاری در مراحل مختلف رشد بر....."

جدول ۳- مقایسه میانگین اثرات رقم و سطوح تنش خشکی بر عملکرد دانه و اجزای عملکرد سه رقم گلرنگ بهاره در تیمارهای تنش خشکی

Table 3. Mean comparison of grain yield and yield components of three spring safflower cultivars in water stress treatments

Treatment	تیمارهای آزمایشی	عملکرد دانه (kg.ha ⁻¹)	میزان روغن Oil Content (%)	عملکرد روغن Oil yield (kg.ha ⁻¹)	تعداد شاخه‌های فرعی No. Sec. branches	وزن هزار دانه 1000 G.W (g)	تعداد غوزه No. head.plant ⁻¹
Cultivars ارقام							
Local variety محلی اصفهان	۹۳۲.۵ a	۳۰.۴a	۲۸۳.۴a	۵.۵a	۳۱.۷a	۶.۷a	
Arak 2811 اراک ۲۸۱۱	۷۷۷.۶ b	۳۰.۰a	۲۴۴.۱a	۵.۱a	۳۱.۹a	۶.۵a	
FO2	۸۰۸.۶ b	۲۹.۸a	۲۳۶.۹a	۴.۳a	۳۲.۱a	۵.۹a	
Water stress تنش خشکی							
S1	۶۹۷.۲ bc	۲۶.۸b	۲۰۹.۳b	۵.۱a	۳۰.۴bc	۶.۱a	
S2	۵۹۱.۵ d	۲۶.۸b	۱۷۸.۰b	۳.۸b	۲۸.۴c	۵.۹a	
S3	۶۶۰.۷ cd	۲۸.۳b	۲۰۱.۸b	۵.۶a	۳۴.۲a	۶.۷a	
S4	۷۷۹.۵ b	۲۹.۷ab	۲۳۵.۴b	۵.۳a	۳۲.۲b	۶.۳a	
S5	۱۱۱۵.۰ a	۳۳.۴ab	۳۴۱.۷a	۶.۱a	۳۲.۷ab	۷.۱a	
S6 (Control) بدون تنش	۱۱۹۴.۰ a	۳۶.۶a	۳۴۶.۹a	۶.۲a	۳۳.۴a	۷.۹a	

Means in each column followed by similar letter(s) are not significantly different at 1% probability level, using Duncan's Multiple Range Test

- S1= Water stress at bud and seed filling stages,
- S2= Water stress at bud and flowering stages
- S3 Water stress at bud stage
- S4= Water stress at flowering stage
- S5= Water stress at grain filling stage
- S6= Non stress (Control)

در هر ستون میانگین‌هایی که دارای حروف مشترک هستند، بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال یک درصد تفاوت معنی داری ندارند

- =S1 = تنش در مرحله تکمه زنی و دانه بندی
- =S2 = تنش در مرحله تکمه زنی و گلدهی
- =S3 = تنش در مرحله تکمه زنی
- =S4 = تنش در مرحله گل دهی
- =S5 = تنش در مرحله دانه بندی
- =S6 = بدون تنش (شاهد)

جدول ۴- مقایسه میانگین اثر متقابل رقم در سطوح تنش خشکی بر عملکرد دانه ، اجزای عملکرد سه رقم گلرنگ بهاره در تیمارهای تنش خشکی

Table 4. Mean comparison of grain yield and yield components of three spring safflower cultivars in water stress treatments

Treatment	تیمارهای آزمایشی	عملکرد دانه Grain yield (kg.ha ⁻¹)	میزان روغن Oil Content (%)	عملکرد روغن Oil yield (kg.ha ⁻¹)	تعداد شاخه‌های فرعی No. Sec. branches	وزن هزار دانه 1000 G.W (g)	تعداد غوزه No. head.plant ⁻¹
V1S1		718.3 de	30.7b	220.51b	4.1a	32.1a	
V1S2		678.0 def	29.9b	202.7b	3.7b	33.4a	5.9a
V1S3		853.8 cd	31.01a	264.7b	5.1a	30.2a	6.1a
V1S4		961.7 bc	30.2b	290.4a	4.2a	30.4a	7.1a
V1S5		1159.0 a	30.9b	358.2a	4.7a	29.8a	6.8a
V1S6		1258.0 a	30.0b	377.4a	6.9a	28.9a	7.7a
V2S1		710.0de	32.7a	232.2b	4.9a	30.1a	6.9a
V2S2		659.0def	31.1a	204.9b	3.9b	30.2a	5.4a
V2S3		899.0cd	30.9b	277.8b	4.6a	28.8a	5.1a
V2S4		979.0bc	31.03a	303.7a	4.1a	32.2a	6.6a
V2S5		1080.0a	30.8b	333.5a	5.9a	33.1a	7.2a
V2S6		115.0a	31.7a	368.3a	5.4a	30.9a	6.2a
V3S1		739.0de	28.8c	219.9b	3.9b	29.9a	5.3a
V3S2		698.0def	29.4b	205.2b	4.6a	30.3a	5.8ba
V3S3		870.0cd	29.9b	260.0b	5.7a	32.1a	6.4a
V3S4		950.0bc	30.1b	286.0a	5.7a	31.8a	6.2a
V3S5		1100.0a	28.9c	317.9a	6.1a	31.2a	7.1a
V3S6		1159.0a	29.0b	336.0a	6.2a	30.0a	7.4a

Means in each column followed by similar letter(s) are not significantly different at 1% of probability level using Dancan Multiple Range Test.

V1=Local variety, V2= Arak variety, V3=FO2 variet

S1= Water stress at bud and seed filling stages,

S2= Water stress at bud and flowering stages

S3= Water stress at bud stage

S4= Water stress at flowering stage

S5= Water stress at grain filling stage

S6= Non stress (Control)

در هر ستون میانگین‌هایی که دارای حروف مشترک هستند، بر اساس آزمون

چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال یک درصد تفاوت معنی داری ندارند

V1= محلی اصفهان V2= اراك ۲۸۱۱ FO2=V3

=S1 =تش در مرحله تکمه زنی و دانه بندی

=S2 =تش در مرحله تکمه زنی و گلدهی

=S3 =تش در مرحله تکمه زنی

=S4 =تش در مرحله گل دهی

=S5 =تش در مرحله دانه بندی

=S6 =بدون تنش (شاهد)

گزارش شده (Ehdaei and Nourmohamadi, 1983) از

کلیه شاخص‌های مقاومت و حساسیت به خشکی برای عملکرد دانه و بر اساس میانگین دو ساله داده‌ها محاسبه و به همراه مقایسه میانگین عملکرد دانه در شرایط بدون تنش و تنش در جدول ۵ ارائه شده است. برآورد شدت تنش (SI) در سطوح مختلف تنش (شکل ۱) نشان داد که شدیدترین میزان آن مربوط به تیمارهای قطع آبیاری در مرحله تکمه‌زنی و دانه‌بندی (S2) بوده است. تاثیر نامطلوب تنش خشکی بر عملکرد دانه در چنین مراحلی از رشد گیاه توسط سایر محققان نیز گزارش شده است از است (Abel, 1976, Haby *et al.*, 1982) به همین دلیل است که تاخیر در کاشت باعث مصادف شدن مراحل رشد زایشی گیاه با شرایط هوای بسیار گرم اوایل تابستان و تنش‌های شدید رطوبتی و در نتیجه کاهش چشمگیر عملکرد می‌شود. کمترین میزان شدت تنش مربوط به تیمار قطع آبیاری در مرحله پر شدن دانه (S5) بود که علت اصلی آن مصادف شدن شروع و پایان مراحل زایشی گیاه با تیمار قطع آبیاری بوده است. با توجه به پایین بودن شدت تنش در تیمار مرحله پر شدن دانه (S5) و عدم مشاهده تفاوت معنی‌دار عملکرد دانه این تیمار با تیمار شاهد به نظر می‌رسد که قطع آبیاری در مرحله پر شدن دانه تاثیر معنی‌داری بر میزان عملکرد دانه نخواهد داشت.

مقایسه شاخص حسابی ارقام (MP) در سطوح تنش نشان داد که میزان عددی این شاخص در کلیه ارقام گلنگ در مرحله قطع آبیاری در مراحل تکمه‌زنی و دانه‌بندی (S1) پائین و در مرحله قطع آبیاری در مرحله پر شدن دانه (S5) بالا می‌باشد، به طوری که رقم محلی اصفهان در تمامی مراحل تنش دارای بالاترین میزان عددی شاخص حسابی بود. با توجه به همبستگی معنی‌دار شاخص میانگین هندسی (GMP) با میانگین عملکرد دانه ارقام گلنگ در شرایط تنش و عادی می‌توان

داد که بیشترین تعداد غوزه از تیمار بدون تنش (S6) با تعداد ۱۰/۸۸ و کمترین آن از تیمار قطع آبیاری در مرحله تکمه‌زنی (S3) با تعداد ۵/۲۲ بدست آمد. قطع آبیاری در مراحل تکمه‌زنی و دانه‌بندی (S1)، مرحله تکمه‌زنی و گلدھی (S2) و مرحله تکمه‌زنی (S3) باعث کاهش شدید تعداد غوزه در بوته شد (جدول ۲). نتایج این آزمایش با نتایج بدست آمده از آزمایشات ایبل (Abel, 1976)، هایاشی و هانادا (Hayashi and Hanada, 1985) و سینگ و همکاران (Hashemi Dezfuli, 1994) مطابقت دارد. تعداد غوزه در بوته که یکی از مهم‌ترین اجزای عملکرد در گلنگ است و عمولاً همبستگی مثبت با عملکرد دانه نشان می‌دهد (Kumar, 1994).

اثر متقابل رقم در سطوح تنش بود. بالاترین تعداد غوزه از رقم محلی اصفهان در تیمار شاهد (V1S6) به میزان ۷/۷ عدد به دست آمد (جدول ۳). ارقام مختلف نیز از نظر تعداد دانه در غوزه اختلاف معنی‌داری نشان ندادند. بیشترین تعداد دانه در غوزه مربوط به رقم اراک - ۲۸۱۱ (۴۱/۳۰ دانه) و کمترین تعداد دانه در غوزه مربوط به رقم FO2 (۷۷/۲۹ دانه) بود.

بین ارقام گلنگ از نظر وزن هزار دانه اختلاف معنی‌داری دیده نشد به طوریکه بالاترین وزن هزار دانه مربوط به رقم FO2 و کمترین آن مربوط به رقم اراک - ۲۸۱۱ بود. وزن هزار دانه در سطوحی که دو مرحله قطع آبیاری داشتند [یعنی در مراحل تکمه‌زنی و دانه‌بندی (S1)، مرحله تکمه‌زنی و گلدھی (S2)]، نسبت به تیمارهای دیگر کاهش نشان داده و در سایر تیمارها یکسان بود (جدول ۳). اثرات متقابل تیمارها بر صفت وزن هزار دانه معنی‌دار نبود (جدول ۴).

کاهش وزن هزار دانه در اثر تنش خشکی در آزمایشات دیگران از جمله ابوالهاشم و همکاران (Abulhashem *et al.*, 1998) حیدری و آсад (Heidari and Asad, 1998) اهدایی و نور محمدی

(MP)، میانگین هندسی (GMP) و شاخص تحمل به تنش (STI) همبستگی مثبت و معنی داری در سطوح احتمال یک و پنج درصد نشان داد. از طرفی نتایج نشان داد که عملکرد در شرایط بدون تنش و تنش با شاخص حساسیت (SSI) همبستگی معنی داری در سطح احتمال پنج درصد داشت.

همبستگی مثبت و منفی معنی دار و یک سوئی شاخص‌های SSI و GMP با میانگین عملکرد دانه تیمارها در شرایط تنش و بدون تنش و همچنین همبستگی مثبت و معنی دار شاخص حسابی (MP) با شاخص‌های STI و GMP با یکدیگر نشان می‌دهد که این شاخص‌ها به خوبی قادر به تفکیک ارقام مقاوم به خشکی و گزینش آنها می‌باشد (جدول ۵). یاهوئیان و همکاران (2006) (Yahoueian *et al.*, 2006) در ارزیابی هیریدهای سویا در شرایط تنش خشکی از شاخص‌های میانگین حسابی، میانگین هندسی و شاخص فرناندز به عنوان شاخص‌های برتر نام برده‌اند. فرناندز (Fernandez, 1992) معتقد است شاخص‌هایی که در هر دو محیط تنش و بدون تنش همبستگی بالایی با عملکرد داشته باشند، به عنوان بهترین شاخص‌ها محسوب می‌شوند که به کمک آنها می‌توان واکنش ارقام نسبت به خشکی را تعیین کرد و به تفکیک ارقام متتحمل و حساس به خشکی پرداخت. فرز و همکاران (Fereres *et al.*, 1983) معتقدند که در ارزیابی واکنش ارقام آفت‌گردن نسبت به تنش خشکی بایستی بیشترین توجه را به حساسیت عملکرد آنها نسبت به خشکی معطوف کرد.

با توجه به نتایج بدست آمده از آزمایش حاضر می‌توان اظهار نظر نمود که مرحله تکمه زنی یکی از مراحل مهم رشدی گلرنگ بوده که با قطع آبیاری در این مرحله، عملکرد دانه کاهش می‌یابد و مرحله پرشدن دانه حساسیت کمتری به قطع آبیاری دارد. با توجه به عدم تفاوت معنی دار عملکرد دانه در شرایط بدون تنش و تیمار قطع آبیاری در مرحله پر شدن دانه

نتیجه گیری نمود که این شاخص توانایی شناسایی ارقام متتحمل در این آزمایش را دارا می‌باشد. شاخص GMP رقم محلی اصفهان را که دارای عملکرد دانه بالاتری بود، به عنوان رقم متتحمل شناسایی کرد. از نظر این شاخص، رقم ارakk ۲۸۱۱ ضعیف‌ترین تیمار در شرایط تنش بود (جدول ۵ و شکل ۳). برتری این شاخص نسبت به میانگین حسابی آن است که به مقادیر Yp و Y حساسیت کمتری دارد. مقایسه شاخص تحمل به تنش (STI) نشان داد که بالاترین میزان آن در تیمار قطع آبیاری در مرحله پر شدن دانه (S5) بوده است. این شاخص نیز رقم محلی اصفهان را به عنوان متتحمل شناسایی کرد. در شاخص تحمل TOL مقادیر پائین عددی آن نشان دهنده تحمل رقم می‌باشد (جدول ۵). این شاخص تغییر حاصل از شرایط تنش را نشان می‌دهد و پائین بودن آن الزاماً به معنی بالا بودن عملکرد دانه در شرایط تنش نمی‌باشد. در چنین شرایطی ممکن است عملکرد یک رقم در شرایط بدون تنش پائین باشد و در شرایط تنش نیز بافت کمتری همراه باشد. اگرچه در این تحقیق رقم محلی اصفهان در شرایط تنش و بدون تنش دارای عملکرد بالایی بوده و به عنوان رقم متتحمل (SSI) شناسایی شد، از نظر شاخص حساسیت به تنش (STI) مقادیر عددی پائین آن نشان دهنده تحمل رقم می‌باشد. در همین راستا رقم محلی اصفهان که در هردو شرایط بدون تنش و تنش دارای عملکرد بالایی بود و همچنین در اثر تنش چار کاهش عملکرد شدیدی نشد، به عنوان رقم متتحمل شناخته شد (جدول ۵).

همبستگی بین شاخص‌های تحمل به خشکی و عملکرد می‌تواند به عنوان معیاری مناسب برای انتخاب بهترین ارقام و شاخص‌ها مورد استفاده قرار گیرد. نتایج نشان داد که عملکرد در شرایط بدون تنش با شاخص‌های میانگین بهره‌وری (MP)، میانگین هندسی (GMP)، و شاخص تحمل به تنش (STI) همبستگی معنی داری در سطح احتمال پنج درصد داشت. عملکرد در شرایط تنش نیز با شاخص‌های میانگین بهره‌وری

"اثر قطع آبیاری در مراحل مختلف رشد بر....."

جدول ۵- میانگین های شاخص های تحمل و حساسیت به تنش برای عملکرد دانه سه رقم گلرنگ در تیمارهای تنش خشکی

Table 5. Means of drought tolerance/susceptibility indices for grain yield of three safflower cultivars in water stress treatments

تیمارهای آزمایش Treatment	مراحل تنش Stress stages	YP	YS	MP	GMP	STI	SSI	TOL
Local variety		1225.0	718.0	971.6	938.0	0.61	0.99	506.7
	S1	1148.0	683.0	915.5	885.4	0.55	0.97	465.0
	FO2	1208.0	690.0	949.0	912.9	0.58	1.03	518.0
Local variety		1225.0	678.0	951.5	911.3	0.58	0.88	547.0
	S2	1148.0	583.0	865.5	818.0	0.46	0.97	565.0
	FO2	1208.0	513.0	860.5	787.2	0.43	1.14	695.0
Local variety		1225.0	853.0	1039.4	1022.6	0.73	0.67	371.2
	S3	1148.0	510.0	829.0	765.1	0.41	1.24	638.0
	FO2	1208.0	618.0	913.0	864.0	0.52	1.09	590.0
Local variety		1225.0	961.0	1093.3	1085.3	0.82	0.61	263.3
	S4	1148.0	686.0	917.3	887.8	0.55	1.15	461.3
	FO2	1208.0	690.0	949.0	912.9	0.58	1.23	518.0
Local variety		1225.0	1159.0	1192.0	1191.5	0.99	0.81	66.0
	S5	1148.0	1054.0	1101.0	1099.9	0.84	1.24	94.0
	FO2	1208.0	1132.0	1170.0	1169.3	0.95	0.95	76.0

S1= Interrupting irrigation at bud and seed filling stages,

=S1 تنش در مرحله تکمه زنی و دانه بندی

S2= Water stress at bud and flowering stages

=S2 تنش در مرحله تکمه زنی و گلدهی

S3= Water stress at bud stage

=S3 تنش در مرحله تکمه زنی

S4= Water stress at flowering stage

=S4 تنش در مرحله گل دهی

S5= Water stress at grain filling stage

=S5 تنش در مرحله دانه بندی

S6= Non stress (Control)

=S6 بدون تنش (شاهد)

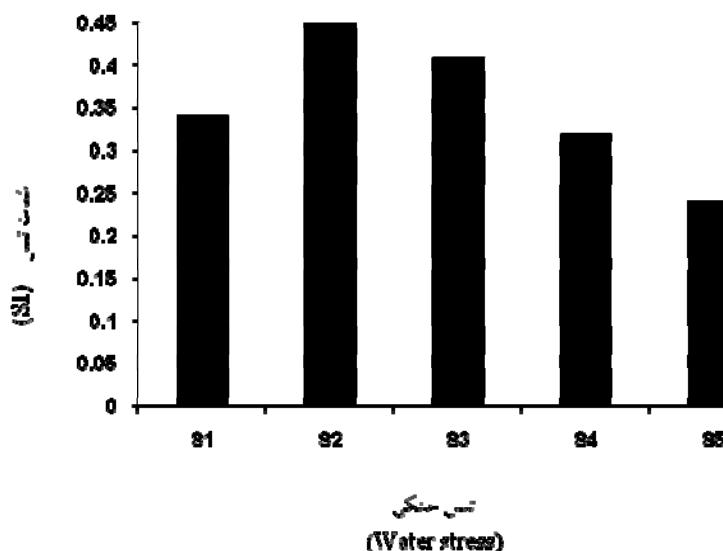
جدول ۶- همبستگی بین شاخص‌های تحمل و حساسیت به تنش و عمکرد دانه سه رقم گلرنگ در تیمارهای تنش خشکی

Table 6. Correlation between drought tolerance/susceptibility indices and grain yield under normal and

drought stress conditions of three safflower cultivars in water stress treatments

	YP	YS	MP	GMP	STI	SSI	TOL
YP	1						
YS	0.279	1					
MP	0.429*	0.982**	1				
GMP	0.481*	0.992*	0.993**	1			
STI	0.366	0.995**	0.993**	0.998**	1		
SSI	-0.561*	-0.489*	-0.531*	-0.492*	-0.490*	1	
TOL	-0.123	-0.987	-0.944	-0.963**	-0.967**	0.351	1

* and **: Significant at 5% and 1% probability levels, respectively و **: به ترتیب معنی‌دار در سطوح احتمال پنج و یک درصد



شکل ۱- تغییرات شدت تنش (SI) در تیمارهای تنش خشکی در سه رقم گلرنگ

Fig. 1. Variation in stress index (SI) in water stress treatment in three safflower cultivars

- S1= Water stress at bud and seed filling stages, =تش در مرحله تکمه زنی و دانه بندی
- S2= Water stress at bud and flowering stages, =تش در مرحله تکمه زنی و گلدهی
- S3= Water stress at bud stage, =تش در مرحله تکمه زنی
- S4= Water stress at flowering stage, =تش در مرحله گل دهی
- S5= Water stress at grain filling stage, =تش در مرحله دانه بندی
- S6= Non stress (Control), =بدون تنش (شاهد)

بیشترین شدت تنش را داشت، می‌توان رقم محلی اصفهان در اصفهان را به عنوان رقم متحمل برای کشت در منطقه کرج و مناطق مشابه مورد توجه قرار داد.

(S5) و همچنین عملکرد بالاتر رقم محلی اصفهان در شرایط بدون تنش و در تمامی سطوح تنش و حتی در سطح تنش در مرحله تکمه زنی و گلدهی (S2) که

References

- Abel, G. 1976. Effect of irrigation regimes, planting date, nitrogen levels and row spacing on safflower cultivars. Agron. J. 68: 448-451.

منابع مورد استفاده

- Abul Hashem, L., M. N. Amin Majumdar and M. Hossain.** 1998. Drought stress on seed yield, yield attributes, growth, cell membrane stability and gas exchange of synthesized *Brassica napus* L. *Crop Sci* 180: 129-136.
- Baradaran, R. and H. Zynali.** 1996. Evaluation of yield genetic relations and important traits correlations. The 4th Iranian Crop Science Congress. Aug. 24-26. Isfahan University of Technology. (in Persian).
- Choukan, R., A. Heidari, A. Mohammadh and H. Haddadi.** 2008. Evaluation of drought tolerance in grain maize hybrids using drought tolerance indices. *Seed and Plant.* 3: 543-562. (In Persian with English abstract).
- Clavel, D., N. Drame, K., Roy Macauley and N. Braconnier.** 2005. Analysis of early responses to drought associate with field drought adaptation in four sahelian groundnut. *Environ. Exp. Bot.* 54: 219 - 230.
- Ehdaei, B. and G. Nourmohamadi.** 1983. Effects of planting date on two safflower varieties for grain yield and some agronomic traits. *J. Agric. Res.* 9: 28-42 (in Persian with English abstract).
- Fereres, E., C. Gemenez, J. Brenngena, J. Fernandez and J. Domiguez.** 1983. Genetic variability of sunflower cultivars in response to drought. *Helia* 6: 17-21.
- Fernandez, G. C.** 1992. Effective selection criteria for assessing plant stress tolerance. In: Proceeding of a Symposium of AVRDC, Aug. 13-18. Taiwan.
- Fischer, R. and R. Maurer.** 1978. Drought resistance in spring wheat cultivars. I. Grain yield responses. *Austr. J. Agri. Res.* 29: 897-912.
- Haby, V., J. Black, W. Bergman and R. A. Larson.** (1982). Nitrogen fertilizer requirements of irrigated safflower in the Northen Great Plains. *Agron. J.* 74: 331-335.
- Haydari, H. and M. T. Asad.** 1998. Effects of irrigation regimes, nitrogen fertilizer and plant density on safflower cultivar (Zargan279) for grain yield in Arsanjan region. 5th Iranian Crop Science Congress. Aug. 31-Sep.4. Karaj, Iran. (In Persian).
- Hashemi Dezfuli, A.** 1994. Growth and yield of safflower by drought stress. *Crop Res. Hisar.* 7(3): 313-319.
- Hayashi, H. and K. Hanada.** 1985. Effects of soil water deficit on seed yield and yield components of safflower. *Japan. J. Crop Sci.* 54 (4): 346-352.
- Kumar, A. and D. P. Singh.** 1994. Influence of water stress on photosynthesis, transpiration, water use efficiency and yield of *Brassica Juncea* L. *Field Crops Abs.* 37: 95-101.
- Mahajan, S. and N. Tuteja.** 2005. Cold and drought stresses: An overview. *Archives of Biochemistry and Biophysics.* Available online at www.Scindirect.com.
- Majd Nasiri, B.** 2001. Evaluation of safflower summer planting and physiological-phenological traits comparision with spring planting. PhD. thesis. Chamran University. (In Persian).
- Mundal, H., H. Hung, G. Kozub and D. Barr.** 1995. Effect of soil moisture and temperature on seedling emergence and incidence of phytiun damping-off in safflower *Can. J. plant Sci.* 75: 505-509.

Omidi, A. H. 2000. A review of agro-breeding safflower researches in Iran and world. Zeitoon 142: 14-19. (In Persian).

Patel, P. and Z. G. Patel. 1996. Effect of irrigation on growth, yield and water use efficiency of safflower. Field Crop Abs. 50(3): 272.

Patel, N. 1993. Performance of safflower under different irrigation scheduling in south Gujarat. Annal. Agric. Res. 1993. 14(1) 109-110

Prasad, R. 2004. Textbook of Field Crop Production. Indian Council of Agricultural Research. New Delhi.

Singh, V., S.K. Sharmra, B.L. Verma. 1995. Effect of irrigation and phosphorus on safflower (*Carthamus tinctorius*) yield in Rajasthan. Indian Journal of Agricultural Sciences 65(9): 644-647. Agric. Res. Stn., Rajasthan Agric. Univ., Sriganganagar 335 001, India.

Singh, L. D. and N. C. Stoskapf. 1971. Harvest index in cereals. Agron. J. 63: 224-226.

Yahoueian, S. H., M. R. Ghannadha, H. R. Babaie and D. Habibi. 2006. Evaluation of soybean genotypes in drought stress conditions. Iran. J. Agron. Plant Breeding. 2(2): 57-72. (In Persian with English abstract).

Effect of irrigation withhold at different growth stages on grain yield and stress tolerance indices in three safflower cultivars

Omidi, A. H.

ABSTRACT

Omidi, A. H. 2011. Effect of irrigation withhold at different growth stages on grain yield and stress tolerance indices in three safflower cultivars. **Iranian Journal of Crop Sciences.** 13 (1) 116-130. (In Persian).

Effect of irrigation withhold at different growth stages on grain yield and drought tolerance indices in three safflower cultivars was studied in experimental field of Seed and Plant Improvement Institute, Karaj, Iran, in 2002-2004 cropping seasons. The experimental design was split plot arrangement in randomized complete block design with three replications. Drought stress levels; S1 (blooming and seed development), S2 (blooming and flowering), S3 (blooming), S4 (flowering), S5 (seed development) and S6 (control) were assigned to main plots, and safflower cultivars; Arak 2811, Isfahan local and FO2 were randomized in sub-plots. Combined analysis of variance demonstrated that the highest grain (1258 kg.ha^{-1}) and oil (377 kg.ha^{-1}) yields belonged to Isfahan local in non-stress conditions which was not significantly different from grain and oil yield under S5 drought stress treatment. To evaluate the responses of cultivars to drought stress, different drought tolerance indices, including Stress Susceptibility Indices (STI), Tolerance index (TOL), Mean Productivity (MP), Stress Tolerance Index (STI) and Geometric Mean Productivity (GMP) were calculated. Correlation coefficients showed strong relationship between grain yield in stress and non stress conditions as well as SSI ,TOL and GMP indices. MP, GMP, and STI identified Isfahan local as tolerant , and Arak 2811 as susceptible cultivars to drought stress. TOL and SSI also confirmed that Isfahan local as tolerant cultivar for drought stress conditions.

Key words: Drought stress, Drought tolerance indices, Grain yield, Oil yield and Safflower.

Received: February, 2008 Accepted: April, 2010

1-Faculty member, Seed and Plant Improvement Institute, Karaj, Iran (Corresponding author)
(Email: omidixyz@yahoo.com)