

تأثیر آبیاری تکمیلی بر جذب عناصر، روابط آبی و ارزیابی تحمل به خشکی در گلرنگ در شرایط اردبیل

ماشاله جباری اورنج^{۱*}، علی عبادی^۲

۱. کارشناس ارشد زراعت، دانشگاه محقق اردبیلی؛ ۲. هیات علمی گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشگاه محقق اردبیلی

تاریخ دریافت: ۸۹/۰۸/۱؛ تاریخ پذیرش: ۹۰/۰۹/۳۰

چکیده

به منظور بررسی تأثیر آبیاری تکمیلی بر جذب عناصر، روابط آبی و ارزیابی تحمل به خشکی در گلرنگ، آزمایشی با چهار سطح آبیاری (بدون آبیاری، آبیاری در مرحله ظهور طبق، آبیاری در مرحله گلدهی و آبیاری در دو مرحله ظهور طبق و گلدهی) و دو رقم و یک ژنوتیپ گلرنگ (ژیلا، محلی اصفهان و PI-537636) بصورت اسپلیت پلات در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار در ایستگاه تحقیقات کشاورزی اردبیل در سال ۱۳۸۷ اجرا شد. در این مطالعه اثر سطوح آبیاری بر درصد پتانسیم برگ، محتوای رطوبت نسبی برگ، پتانسیل آب برگ و پایداری غشاء معنی‌دار شد. ارقام مورد مطالعه از نظر درصد سدیم، درصد پتانسیم، درصد کلسیم، پتانسیل آب و پایداری غشاء اختلاف معنی‌داری داشتند و اثر متقابل معنی‌داری بین آبیاری و رقم از لحاظ پتانسیل آب برگ و پایداری غشاء مشاهده شد، به طوری که بیشترین پتانسیل آب (۰/۵۷- مگاپاسکال) و پایداری غشاء (۹۵/۳٪) از آبیاری رقم ژیلادر مراحل ظهور طبق و گلدهی بدست آمد و بر اساس شاخص حساسیت به تنش (SSI) و شاخص تحمل (TOL)، ژنوتیپ PI-537636 و بر اساس شاخص‌های تحمل به تنش (STI) و میانگین هندسی بهره‌وری (GMP) رقم محلی اصفهان برتری داشتند، ولی با توجه به اینکه بهترین ارقام، ارقامی با عملکرد بالا در شرایط عادی و حداقل کاهش عملکرد در شرایط تنش است، رقم محلی اصفهان رقم مناسب در شرایط تنش خشکی بود.

واژه‌های کلیدی: گلرنگ، پایداری غشاء، پتانسیل آب، شاخص تحمل تنش

مقدمه

حدود ۵۰ درصد از زراعت محصولات مختلف در ایران به خاطر کمبود آب و توزیع نامناسب بارندگی تحت تأثیر قرار می‌گیرند (Vaezi and Ahmadikhah., 2010). بخش عمده‌ای از روغن مورد نیاز در کشور از منابع خارجی تامین می‌شود، بنابراین توسعه کشت دانه‌های روغنی از اهمیت زیادی برخوردار است. از بین دانه‌های روغنی سازگار با شرایط آب و هوایی کشور، گلرنگ (*Carthamus tinctorius* L.) به عنوان گیاه مقاوم به تنش شوری و خشکی، و با داشتن تیپ‌های پاییزه و بهاره، آینده نویدبخشی دارد (Pasban-Eslam, 2011). گلرنگ گیاهی یک‌ساله و پهن‌برگ می‌باشد که با اهداف مختلف به صورت گیاه دانه روغنی و تغذیه طیور تولید می‌شود، یا از گل‌های آن به عنوان منبع رنگرزی و نیز مصارف داروئی استفاده می‌شود (Naseri, 1991; Khan et al., 2003).

کشور ما به لحاظ قرار گرفتن در ناحیه خشک و نیمه خشک جهان از نزولات آسمانی محدودی برخوردار است، لذا توجه به ابزارها و شیوه‌های موثر در کاهش خطر احتمالی و ایجاد ثبات و پایداری عملکرد محصولات دیم اهمیت دارد. آبیاری تکمیلی و تک آبیاری همراه با استفاده از رقم مناسب می‌تواند در تولید محصولات زراعی موثر واقع شود (Tavakoli, 2001). منظور از آبیاری تکمیلی کاربرد مقدار محدودی آب در زمان توقف بارندگی است تا آب کافی برای تداوم رشد بوته‌ها و افزایش و ثبات عملکرد دانه تامین شود (Oweis and Hachum, 1999). کمبود آب در مراحل مختلف رشد، فعالیت‌های فیزیولوژیکی گیاه را تا مرحله تشکیل و پرشدن دانه محدود و عملکرد دانه را کاهش می‌دهد (Gau et al., 2007). در شرایط دیم اکثر گیاهان زراعی از نظر همه ویژگی‌های زراعی مورد مطالعه کاهش نسبی نشان می‌دهند (Akash et al., 2009).

افزایش میزان تبخیر و تعرق از جامعه گیاهی از عوامل دخیل در کاهش محتوای رطوبت نسبی شناخته شده‌اند (Tarumingkeng and Coto, 2003).

استفاده از گونه‌های گیاهی مناسب و ارقام اصلاح شده‌ای که دارای عملکرد مطلوب همچنین متحمل به شرایط تنش رطوبتی باشند، امکان استفاده بهتر از منابع آب موجود را میسر نموده و موجب توسعه سطح زیر کشت گیاهان و افزایش بازده تولید می‌شود. تحقیقات متعددی برای ارزیابی عملکرد گیاهان زراعی در شرایط تنش رطوبتی انجام شده و به همین منظور نیز شاخص‌های مختلفی برای انتخاب ژنوتیپ‌های برتر و متحمل به تنش برای کشت در شرایط دارای تنش رطوبتی پیشنهاد شده است (Fernandez, 1992). (Rosielle and Hamblin, 1981) با پیشنهاد شاخص تحمل^۱ (TOL) و شاخص MP^۲ معتقدند که انتخاب بر مبنای مقادیر کمتر TOL به گزینش ژنوتیپ‌هایی منجر می‌شود که عملکرد آنها در محیط تنش‌زا نسبت به محیط بدون تنش، کاهش کمتری داشته و دارای ثبات عملکرد خواهند بود. Fisher and Mourer (1978) با استفاده از شاخص حساسیت به تنش^۳ (SSI) جهت ارزیابی تحمل به خشکی مشاهده کردند که در بین ارقام گندم مورد بررسی، تنوع ژنتیکی وجود دارد و بعضی از ژنوتیپ‌ها کمترین حساسیت را به خشکی دارند. این شاخص قادر نیست که ژنوتیپ‌های متحمل به تنش رطوبتی را از آن‌هایی که دارای پتانسیل عملکرد پایین هستند، تفکیک نماید. بنابراین انتخاب بر اساس SSI به گزینش ژنوتیپ‌های متحمل به تنش ولی با پتانسیل عملکرد پایین منجر می‌شود. Fernandez (1992) در بررسی شاخص‌های تحمل به خشکی به این نتیجه رسید که شاخص تحمل به تنش^۴ (STI) بهترین شاخص برای گزینش ژنوتیپ‌های متحمل به تنش و نیز دارای عملکرد بالا می‌باشد. با توجه به محدودیت بارندگی، بالا بودن تبخیر و تعرق و سایر عوامل محدود کننده زراعت گلرنگ در شرایط دیم، نیاز بیشتر به مطالعه تاثیر خشکی و نیز تخفیف اثرات آن با استفاده از منابع آبی موجود و دستیابی به ارقام مقاوم به خشکی ضرورت دارد.

غلظت عناصر غذایی در گیاه در شروع رشد زیاد بوده و با افزایش درصد کربوهیدرات‌های گیاهی از غلظت عناصر کربنی کاسته می‌شود. غلظت سدیم در اواخر فصل رشد افزایش می‌یابد که علت آن افزایش مقدار تبخیر به دلیل افزایش دما است که سبب افزایش تعرق و در نتیجه افزایش انتقال سدیم به قسمت‌های هوایی گیاه می‌گردد (Marshner, 1986). (Polshakan et al., 2007) در بررسی اثر تنش آبی بر جذب برخی عناصر غذایی در گندم مشاهده کردند که غلظت عناصر در تنش‌های شدید در اندام‌های هوایی افزایش می‌یابد. پتاسیم و قند از مواد اسمزی موثر در گیاه ذرت می‌باشد که در تنش خشکی شدید بر مقدار آنها افزوده شده و این امر بیشتر در برگ‌های بالغ دیده می‌شود (Yin and Vyn, 2002). در بررسی (Niakan and Gorbanli, 2007) تنش خشکی موجب افزایش یون پتاسیم در اندام‌های هوایی شد و تنش خشکی بر میزان سدیم اندام هوایی سویا اثر معنی‌داری نداشت.

پتانسیل آب و مولفه‌های آن به عنوان معیار قابل اطمینانی از وضعیت‌های آبی در بافت‌های گیاهی به شمار می‌آید. اندازه‌گیری پتانسیل کل آب برگ، پتانسیل اسمزی برگ و محتوی نسبی آب، به صورت مستقیم و یا غیرمستقیم با عکس‌العمل گیاه، در برابر تنش خشکی در ارتباط است (Brown, 1995). تنش آب باعث خارج شدن سلول‌های گیاهی از حالت آماس می‌گردد. با کاهش مقدار آب خاک و عدم جایگزینی آن، پتانسیل آب در منطقه ریشه و نیز در گیاه کاهش می‌یابد و اگر شدت تنش زیاد باشد این امر باعث کاهش شدید فتوسنتز، مختل شدن فرایندهای فیزیولوژیک و سرانجام خشک شدن و مرگ گیاه می‌شود (Alizadeh, 2001). Cechin et al. (2006) با بررسی اثر تنش خشکی در آفتابگردان نشان دادند که پتانسیل آب برگ در شرایط تنش خشکی منفی‌تر می‌شود و این تغییر در برگ‌های جوان بیشتر از برگ‌های پیر اتفاق می‌افتد. (Hieng et al., 2004) در آزمایشی بر روی لوبیا گزارش کردند تنش کمبود آب موجب تخریب غشاء و کاهش مقاومت آن می‌شود. بر اساس نتایج (Macarron et al., 1995) مواجه شدن گیاه با خشکی، باعث افزایش میزان نسخه‌برداری از ژن‌های اکسیدکننده چربی‌های دیواره سلولی و در نتیجه تخریب دیواره سلولی می‌شود. کاهش رشد و فعالیت ریشه و

1. Tolerance

2. Mean Productivity

3. Stress Susceptibility Index

4. Stress Tolerance Index

که در رابطه فوق، FW = وزن تر بافت، DW = وزن خشک بافت، و TW = وزن آماس بافت می‌باشند.

برای تعیین پتانسیل آب برگ از روش تعادل مایعات استفاده شد (Alizadeh, 2001). میزان آسیب وارده به غشاء در اثر تنش کمبود آب و درصد پایداری غشاء از طریق معادله‌های [۲] و [۳] تعیین شدند (Saneoka et al., 2004).

$$[۲] \quad [۲] \times 100 = [(1 - (T_1/T_2)) / (1 - (C_1/C_2))] \times 100 = \text{درصد خسارت غشاء}$$

[۳] درصد خسارت غشاء - ۱۰۰ = درصد پایداری غشاء
 T_1 و T_2 به ترتیب هدایت الکتریکی (EC) تیمار قبل و بعد از اتوکلاو و C_1 و C_2 به ترتیب EC شاهد قبل و بعد از اتوکلاو می‌باشند.

در این تحقیق از شاخص‌های مختلف تحمل و حساسیت به خشکی نیز برای ارزیابی واکنش ارقام استفاده شد که عبارت بودند از:

الف) شاخص‌های تحمل (TOL) و میانگین تولید (MP) (Rosielle and Hamblin, 1981):

$$[۴] \quad TOL = (Y_p - Y_s)$$

$$[۵] \quad MP = (Y_p + Y_s) / 2$$

که در آن‌ها Y_p و Y_s به ترتیب عملکرد دانه یک رقم در شرایط تنش و بدون تنش است. مقادیر زیاد TOL بیان کننده حساسیت بیشتر و مقادیر بالای MP نشان دهنده تحمل بیشتر رقم به شرایط تنش می‌باشد.

ب) شاخص حساسیت به خشکی (SSI) (Fisher and Mourer, 1978):

$$[۶] \quad SSI = [(1 - (Y_s/Y_p)) / (1 - (\hat{Y}_s/\hat{Y}_p))]$$

\hat{Y}_s متوسط عملکرد ارقام در شرایط تنش و \hat{Y}_p متوسط عملکرد ارقام در شرایط بدون تنش می‌باشد. مقادیر کوچکتر SSI نشان دهنده تحمل بیشتر ژنوتیپ به شرایط تنش است.

ج) میانگین هندسی عملکرد (GMP) در دو محیط بدون تنش و دارای تنش (Fernandez, 1992):

$$[۷] \quad GMP = \sqrt{Y_p \times Y_s}$$

مقادیر بالای این شاخص برای یک رقم، بیان کننده تحمل بیشتر آن به تنش می‌باشد.

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

$$[۸] \quad STI = (Y_p \times Y_s) / (\hat{Y}_p)^2$$

مقادیر بالای این شاخص برای یک رقم نشان دهنده تحمل بیشتر آن به تنش است.

لذا این تحقیق برای دستیابی به تولید بیشتر از طریق انتخاب زمان مناسب آبیاری و تاثیر آن بر عملکرد دانه سه رقم گلرنگ بهاره اجرا شد.

مواد و روش‌ها

این پژوهش در بهار سال ۱۳۸۷ در ایستگاه تحقیقات کشاورزی اردبیل با ارتفاع ۱۳۵۰ متر از سطح دریا، واقع در عرض جغرافیایی ۳۸ درجه و ۱۵ دقیقه و طول جغرافیایی ۴۸ درجه و ۱۵ دقیقه، با خاک لوم رسی به صورت آزمایش اسپلیت پلات در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار اجرا شد. شرایط آب‌وهوایی زمان آزمایش در جدول ۱ و نتایج تجزیه آب و خاک در جداول ۲ و ۳ ارائه شده‌اند. فاکتور اصلی شامل چهار سطح آبیاری بر اساس مراحل فنولوژیکی گیاه (Tanaka et al., 2002)، شامل شاهد (بدون آبیاری)، آبیاری در مرحله ظهور طبق، آبیاری در مرحله گلدهی و آبیاری در دو مرحله ظهور طبق و گلدهی، و فاکتور فرعی شامل دو رقم و یک ژنوتیپ گلرنگ (ژبلا، محلی اصفهان و PI-537636) بودند. هر کرت فرعی شامل ۶ ردیف کاشت به فواصل ۲۵ سانتی متر و طول ۴ متر بود. فاصله بوته‌ها روی ردیف ۱۰ سانتی متر انتخاب شد، بنابراین تراکم کاشت ۴۰ بوته در متر مربع و فاصله کرت‌ها از یکدیگر یک متر بود. زمین محل آزمایش در سال قبل زیرکشت حبوبات بود. کاشت بذر در اواخر اسفند به صورت دستی انجام شد. مبارزه با علف‌های هرز به صورت وجین دستی بود و با استفاده از حشره‌کش دیازینون بر علیه مگس گلرنگ در مرحله داشت سمپاشی انجام گرفت. آبیاری به صورت یکنواخت در هر کرت انجام می‌گرفت، به طوری که با ثبت زمان مساوی مقدار آب یکسانی (۱۰۰ میلی‌متر) به هر کرت داده می‌شد. نمونه برداری با حذف اثرات حاشیه از ردیف‌های وسطی انجام گرفت. تعیین غلظت سدیم، پتاسیم و کلسیم از روش خاکستری خشک (Hamada and EL-Enany, 1994)، با دستگاه Flame-Photometer انجام گرفت (Borgan, 2006). برای این کار نمونه‌ها از برگ‌های کاملاً توسعه یافته انتهایی و بعد از اعمال آخرین تیمار آبیاری تهیه شدند.

محتوی نسبی آب از رابطه [۱] محاسبه شد (Dhopt and Manuel, 2002):

$$[۱] \quad RWC = (FW - DW) / (TW - DW) \times 100$$

نتایج به وسیله نرم‌افزار SAS تجزیه و تحلیل آماری شده و مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون LSD انجام شد. برای ترسیم نمودارها و شکل‌ها از نرم‌افزار Excel استفاده گردید.

جدول ۱. آمار هواشناسی در طول مدت اجرای طرح در سال ۸۷ (ایستگاه تحقیقات کشاورزی اردبیل)

Table 1. Weather data during year 2008 at the experimental place (Ardabil Agricultural Research Station).

ماه‌های سال Months	نرخ تبخیر (میلی‌متر) Evaporation rate (mm)	بارندگی (میلی‌متر) Rainfall (mm)	میانگین رطوبت نسبی (درصد) Average relative humidity (%)	میانگین درجه حرارت حداقل (درجه سانتی‌گراد) Average minimum temperature (C°)	میانگین درجه حرارت حداکثر (درجه سانتی‌گراد) Average maximum temperature (C°)
فروردین (March-April)	39.4	14.6	61	4.8	19.7
اردیبهشت (April-May)	143.3	32.3	70	6.2	21.1
خرداد (May-June)	465.8	4.6	74	8.1	22.1
تیر (June-July)	162.8	1.6	75	12	23.4
مرداد (July-August)	187.2	1.5	69	12	27.1
شهریور (August-September)	151.6	14.9	73	12.6	25.7

جدول ۲. ویژگی‌های خاک‌شناسی طبق آزمون خاک صورت گرفته در عمق صفر تا ۳۰ سانتی‌متری خاک

Table 2. Soil characteristics according to the soil test from 0 to 30 cm depth.

شن	سیلت	رس	پتاسیم	فسفر	نیتروژن کل	کربن آلی	کربنات کلسیم	درصد اشباع خاک	اسیدیته	هدایت الکتریکی
sand	silt	clay	potassium	phosphorus	total nitrogen	organic carbon	CaCO ₃	soil saturated	pH	EC
————— (%) —————			————— (ppm) —————		————— (%) —————			—————		(ds.m ⁻¹)
31	30	39	594	2.2	0.08	0.858	5	53	7.7	2.04

The experimental site was loamy clay soil.

خاک مکان آزمایش از نوع رسی لومی بود.

جدول ۳. ویژگی‌های کیفی آب مورد استفاده در آزمایش (میلی‌اکی‌والان و میلی‌گرم در لیتر)

Table 3. Qualitative features of the water used in the experiment (meq.l⁻¹ and mg.l⁻¹)

تیپ برحسب ویلکوکس Vilcox Type	HCO ₃ ⁻	Cl ⁻	SO ₄ ⁻	Na ⁺	Mg ⁺⁺	Ca ⁺⁺	SAR	Na	T.D.S	EC	pH
	————— meq.l ⁻¹ —————							%	————— mg.l ⁻¹ —————		
C ₃ S ₂	6.5	5.2	15.72	5.5	5	5.2	2.43	35	1090	1590	7.3

نتایج و بحث

غلظت عناصر

درصد سدیم برگ بین تیمارهای آبیاری اختلاف معنی‌داری نشان نداد (جدول ۴). در بررسی Niakan and Gorbanli (2001) نیز تنش خشکی بر میزان سدیم اندام هوایی سویا اثر معنی‌داری نداشت. میزان سدیم برگ در بین ارقام اختلاف معنی‌داری داشت (جدول ۴)، به طوری که بیشترین و کمترین میزان سدیم برگ به ترتیب به

ارقام ژبلا و محلی اصفهان تعلق داشتند (جدول ۵). به نظر می‌رسد جلوگیری از جذب سدیم در گلرنگ بیشتر در حفظ پتانسیل آب نقش داشته است، به طوری که پتانسیل آب این رقم (محلی اصفهان) در شرایط عدم آبیاری وضعیت بسیار مطلوب‌تری از دو رقم دیگر داشت (شکل ۱). با توجه به این که در ژنوتیپ PI-537636 میزان سدیم از نظر آماری با رقم محلی اصفهان برابر بود که این رقم نیز وضعیت آبی بهتری از رقم ژبلا داشت

اختلاف معنی‌دار نشان داد (جدول ۴)، و رقم ژایلا بیشترین و ژنوتیپ PI-537636 کمترین میزان پتاسیم برگ را به خود اختصاص دادند (جدول ۵). به نظر می‌رسد انباشت بیشتر پتاسیم در رقم ژایلا در تنظیم اسمزی (شکل ۱) و همچنین در پایداری غشاء (شکل ۲) تاثیر داشته است. در حالیکه تیمارهای آبیاری بر روی درصد کلسیم برگ اختلاف معنی‌داری نداشتند (جدول ۴)، ارقام گلرنگ از لحاظ درصد کلسیم برگ اختلاف معنی‌دار نشان دادند (جدول ۴). رقم محلی اصفهان بیشترین و ژایلا کمترین میزان کلسیم برگ را داشتند (جدول ۵).

(شکل ۱)، می‌توان چنین نتیجه گرفت ارقامی که بتوانند از ورود سدیم به طور کارآمدی جلوگیری نمایند، می‌توانند پتانسیل آب خود را به طور مطلوب تری حفظ کنند. میزان پتاسیم برگ تحت تاثیر تیمارهای آبیاری قرار گرفت (جدول ۴)، به طوری که بیشترین درصد پتاسیم برگ از تیمار بدون آبیاری بدست آمد (جدول ۵). جذب زیاد پتاسیم در شرایط تنش نشان می‌دهد که این عنصر در تنظیم اسمزی در شرایط تنش مورد استفاده قرار می‌گیرد تا بتواند از کاهش شدید پتانسیل آماس جلوگیری نماید (جدول ۷). میزان پتاسیم برگ نیز بین ارقام گلرنگ

جدول ۴. تجزیه واریانس جذب عناصر در واریته‌های گلرنگ تحت رژیم‌های آبیاری

Table 4. Variance analysis of nutrient uptake in safflower cultivars under irrigation schedules

منبع تغییرات	S.O.V	درجه آزادی df	میانگین مربعات (Mean square)		
			درصد سدیم Sodium(%)	درصد پتاسیم Potassium(%)	درصد کلسیم Calcium(%)
تکرار	Replication	2	0.00020	0.155	0.125
تکرار × آبیاری	R×I	3	0.00074 ^{ns}	0.118*	0.053 ^{ns}
آبیاری	Irrigation	6	0.00021	0.075	0.041
رقم	Cultivars	2	0.00275**	0.404**	0.453**
رقم × آبیاری	C×I	6	0.00042 ^{ns}	0.028*	0.009 ^{ns}
اشتباه	Error	35	0.00029	0.034	0.050
ضریب تغییرات	CV(%)	-	9.8	8.6	7.4

ns, * و ** به ترتیب غیر معنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد.

ns, * and ** are non-significant, and significant at 5% and 1% probability levels, respectively.

جدول ۵. مقایسه میانگین تیمارهای اعمال شده بر جذب عناصر در برگ گلرنگ تحت رژیم‌های مختلف آبیاری

Table 5. Mean comparison of treatments on leaf nutrient uptake under different irrigation schedules

Treatments	تیمار	درصد سدیم Sodium (%)	درصد پتاسیم Potassium (%)	درصد کلسیم Calcium (%)
Irrigation schedules				
سطوح آبیاری				
عدم آبیاری	Non-Irrigation	0.189 a	2.28 a	2.94 a
آبیاری در مرحله ظهور طبق	Irrigation at heading stage	0.173 a	2.17 ab	3.08 a
آبیاری در مرحله گلدهی	Irrigation at flowering stage	0.169 a	2.06 b	2.95 a
آبیاری در مرحله ظهور طبق و گلدهی	Irrigation at heading and flowering stages	0.171 a	2.03 b	3.09 a
Cultivars				
ارقام				
ژایلا	Gila	0.193 a	2.33 a	2.79 b
محلی اصفهان	Native Isfahan	0.163 b	2.10 b	3.17 a
PI-537636	PI-537636	0.171 b	1.97 b	3.08 a

در هر ستون میانگین‌های دارای حروف مشترک از نظر آماری اختلاف معنی‌دار ندارند.

Means with similar letters in each column are not significantly different.

جدول ۶. تجزیه واریانس روابط آبی گیاه و عملکرد دانه در ارقام گلرنگ تحت شرایط رژیم‌های مختلف آبیاری

Table 6. Variance analysis of water relatives and yield in safflower cultivars under different irrigation schedules

		میانگین مربعات (Mean square)				
		درجه آزادی	رطوبت نسبی	پتانسیل آب برگ	پایداری غشاء	عملکرد دانه
		df	Relative water	Leaf water potential	Membrane stability	Seed yield
منبع تغییرات	S.O.V					
تکرار	Replication	2	0.53	0.195	1.36	0.628
آبیاری	Irrigation	3	754.92**	1.943**	169.41**	20.91**
تکرار × آبیاری	R×I	6	3.64	0.075	1.99	0.607
رقم	Cultivar	2	0.86 ^{ns}	0.215*	65.36**	4.111**
رقم × آبیاری	C×I	6	1.16 ^{ns}	0.378**	16.21**	0.863**
اشتباه	Error	35	2.57	0.045	2.63	0.181
ضریب تغییرات	CV(%)	-	2.2	21.2	1.8	8.9

ns, * و ** به ترتیب غیر معنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد.

ns, * and ** are non-significant, and significant at 5% and 1% probability levels, respectively.

جدول ۷. مقایسه میانگین اثرات اصلی تیمارهای اعمال شده بر روابط آبی و عملکرد گلرنگ تحت رژیم‌های مختلف آبیاری

Table 7. Mean comparison of treatments on water relations and yield under different irrigation schedules

تیمار Treatments		محتوی رطوبت نسبی (درصد)	پتانسیل آب برگ (مگاپاسکال)	پایداری غشاء (درصد)	عملکرد دانه (گرم بر بوته)
		Relative water content (%)	Leaf water potential (MPa)	Membrane Stability (%)	Seed yield (gr.pl ⁻¹)
سطوح آبیاری Irrigation schedules					
عدم آبیاری	Non-Irrigation	61.9 d	-1.69 a	84.11 b	2.68 c
آبیاری در مرحله ظهور طبق	Irrigation at heading stage	70.0 c	-0.88 b	91.89 a	4.82 b
آبیاری در مرحله گلدهی	Irrigation at flowering stage	73.3 b	-0.77 b	92.89 a	5.49 ab
آبیاری در مرحله ظهور طبق و گلدهی	Irrigation at heading and flowering	84.0 a	-0.68 b	93.33 a	6.22 a
ارقام Cultivars					
ژایلا	Gila	72.42 a	-1.10 a	92.92 a	4.23 c
محلی اصفهان	Native Isfahan	72.00 a	-1.06 a	90.50 b	5.40 a
PI-537636	PI-537636	72.50 a	-0.85 b	88.25 c	4.77 b

در هر ستون میانگین‌های دارای حروف مشترک از نظر آماری اختلاف معنی‌دار ندارند

Means with similar letters in each column are not significantly different

روابط آبی و عملکرد دانه

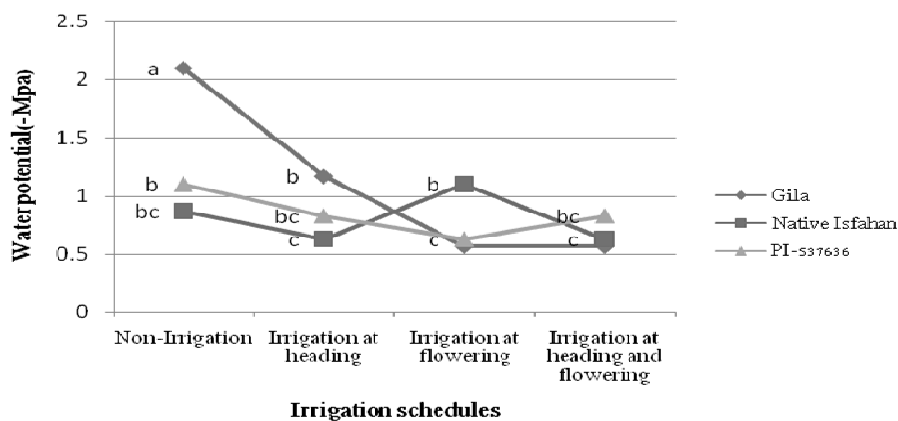
وضعیتی در عملکرد گیاه مشاهده می‌شود. عدم دسترسی به آب که منجر به واکنش گیاه به منظور حفظ رطوبت سلول از طریق تنظیم اسمزی در اغلب گیاهان می‌شود. در اینجا نیز سبب شده است پتانسیل آب بافت در تیمار عدم آبیاری پایین‌تر (۱/۶۹- مگاپاسکال) از دو تیمار دیگر باشد. کاهش محتوای رطوبت نسبی برگ در اثر تنش خشکی دارای همبستگی مثبت و بالایی با رطوبت خاک می‌باشد (Nautiyal et al., 2002). کاهش رشد و فعالیت ریشه و افزایش میزان تبخیر و تعرق از جامعه گیاهی از عوامل

تیمارهای آبیاری از لحاظ محتوای رطوبت نسبی برگ اختلاف معنی‌دار داشتند (جدول ۶). به طوری که آبیاری در مراحل ظهور طبق و گلدهی بیشترین میزان رطوبت نسبی برگ را داشت (جدول ۷). محتوای رطوبت نسبی برگ به میزان دسترسی گیاه به آب (آبیاری) و توانایی گیاه در تنظیم حرکات روزنه‌ای، همچنین تنظیم اسمزی بستگی دارد. از طرف دیگر میزان رشد و تولید محصول نیز تحت تاثیر وضعیت آبی گیاه می‌باشد. نتایج چنین

که بیشترین پتانسیل آب از آبیاری در مرحله ظهور طبق و گلدهی بدست آمد. بین ارقام گلرنگ نیز از نظر پتانسیل آب برگ اختلاف معنی داری مشاهده شد (جدول ۶). همچنین اثر متقابل معنی داری بین آبیاری و رقم از لحاظ پتانسیل آب برگ مشاهده شد. رقم ژایلا در تیمار بدون آبیاری کمترین پتانسیل آب برگ (۲/۱-) و همین رقم با آبیاری در مراحل ظهور طبق و گلدهی بیشترین پتانسیل آب برگ (۰/۵۷- مگاپاسکال) را به خود اختصاص داد (شکل ۱). رقم محلی اصفهان که در اغلب تیمارهای آبیاری وضعیت بهتری از نظر پتانسیل آب داشت (شکل ۱) از نظر عملکرد محصول نیز برتر از دو رقم دیگر عمل نمود بنابراین می توان گفت که حفظ پتانسیل آب در حد مناسب تر از نظر رشد، توانایی گیاه را در جذب CO₂ و افزایش ماده خشک و عملکرد افزایش می دهد.

دخیل در کاهش محتوی رطوبت نسبی گیاه شناخته شده‌اند (Tarumingkeng and Coto, 2003). پتانسیل کل آب برگ، و محتوی نسبی آب به صورت مستقیم و غیر مستقیم با عکس‌العمل گیاه در برابر تنش خشکی در ارتباط است (Brown, 1995). (Ebadi (1999) بیان کرد که تنش آب موجب کاهش پتانسیل آب برگ و محتوی رطوبت نسبی می‌شود. ارقام گلرنگ از نظر محتوی رطوبت نسبی برگ اختلاف معنی‌داری نشان ندادند (جدول ۶). پتانسیل آب برگ با پایداری غشاء همبستگی منفی و معنی‌داری داشت و این نشان می‌دهد که با کاهش محتوای آب و در نتیجه پتانسیل آب پایداری غشاء کاهش می‌یابد (جدول ۸).

پتانسیل آب برگ بین تیمارهای آبیاری متفاوت بود و تنش خشکی باعث کاهش آن گردیده است، به طوری



شکل ۱. اثر متقابل سطوح آبیاری و ارقام گلرنگ از نظر پتانسیل آب برگ (سطح احتمال ۵٪)

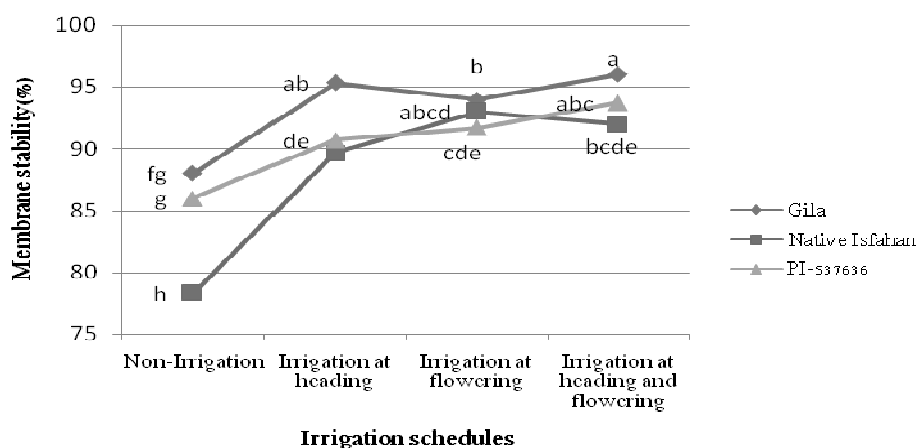
Fig. 1. Interaction between irrigation schedules and safflower cultivars on leaf water potential (at 5% probability level)

دانه تحت تاثیر قرار می‌گیرد. بین ارقام گلرنگ نیز از نظر پایداری غشاء اختلاف معنی‌داری مشاهده شد (جدول ۶). همچنین اثر متقابل معنی‌داری بین آبیاری و رقم از نظر این صفت مشاهده گردید، به طوری که رقم ژایلا با آبیاری در مراحل ظهور طبق و گلدهی بیشترین و رقم محلی اصفهان با عدم آبیاری کمترین درصد پایداری غشاء را نشان داد (شکل ۲). پتانسیل آب با عملکرد دانه همبستگی معنی‌دار نشان داد (جدول ۸)، به طوری که با افزایش پتانسیل آب می‌توان انتظار عملکردهای بالا داشت. همچنین پایداری غشاء و محتوی رطوبت نسبی نیز تاثیر

پایداری غشاء نیز بین تیمارهای آبیاری متفاوت بود و تنش خشکی باعث کاهش آن گردید، به طوری که بیشترین پایداری غشاء از آبیاری در مرحله ظهور طبق و گلدهی بدست آمد. پایداری غشاء تحت تاثیر پتانسیل آب سلول، که خود ناشی از دسترسی گیاه به آب و یا استفاده از مکانیزم کارآمدتر در حفظ رطوبت بافت از جمله تنظیم اسمزی و حرکات روزنه‌ای مناسب می‌باشد، قرار می‌گیرد. کاهش در محتوی آب سلول و یا پتانسیل آب سلول می‌تواند به غشاء سلول آسیب برساند. در چنین حالتی رشد گیاه کاهش می‌یابد و تولید اندام‌های زایشی و نیز پر شدن

وجود همبستگی بین غلظت سدیم و پتاسیم با عملکرد دانه (جدول ۸) به دلیل قرار گرفتن گیاهان در شرایط تنش و لزوم تنظیم اسمزی جهت تنظیم حرکات روزنه‌ای می‌تواند نشان دهنده نقش این عناصر در تحمل گیاه به شرایط تنش باشد. از آن جایی که تجمع این عناصر به منظور تنظیم اسمزی می‌تواند مطرح باشد، در چنین حالتی حفظ بقای گیاه نیز در شرایط تنش با اهمیت است.

معنی‌داری بر عملکرد دانه داشتند. از آن جایی که پتانسیل آب و رطوبت نسبی هر دو نشان‌دهنده وضعیت آبی سلول بوده و تامین پتانسیل آماس مناسب برای رشد و انجام وظایف سلول‌ها ضرورت دارد، بنابراین با افزایش رطوبت نسبی یا بهبود وضعیت پتانسیل آبی گیاه اسیمیلاسیون کربن براحتی امکان پذیر بوده و سبب بهبود رشد گیاه و پر شدن دانه و نهایتاً افزایش عملکرد می‌شود.



شکل ۲. اثر متقابل سطوح آبیاری و ارقام گلرنگ از نظر پایداری غشاء (سطح احتمال ۵٪)

Fig. 2. Interaction between irrigation schedules and safflower cultivars on membrane stability (at 5% probability level)

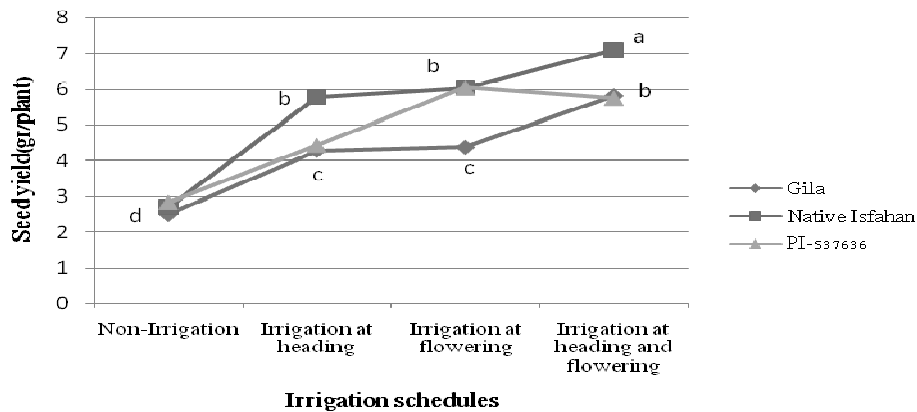
شاخص‌های مقاومت به خشکی

بر اساس شاخص حساسیت به تنش (SSI) که مقادیر پایین عددی (کمتر از واحد) آن نشان دهنده تحمل بالای ژنوتیپ به تنش می‌باشد (Choukan et al., 2006)، ژنوتیپ PI-537636 به عنوان ژنوتیپ متحمل به تنش شناخته شد (جدول ۹). ارزیابی ارقام با استفاده از شاخص SSI مواد آزمایشی را فقط بر اساس مقاومت و حساسیت به تنش دسته بندی می‌کند و به عبارت دیگر با استفاده از این شاخص، می‌توان ارقام حساس و متحمل را بدون توجه به پتانسیل عملکرد آنها مشخص کرد (Naderi et al., 2000). شاخص حساسیت به تنش بر اساس نسبت عملکرد هر رقم در شرایط تنش به شرایط بدون تنش در مقایسه با این نسبت در کل ارقام سنجیده می‌شود؛ بنابراین دو رقم با عملکرد زیاد یا کم در دو محیط می‌توانند مقدار SSI یکسانی داشته باشند. لذا انتخاب بر اساس این شاخص اصلاح‌گران را به اشتباه می‌اندازد. گرچه

بین تیمارهای آبیاری از نظر عملکرد دانه اختلاف معنی‌داری وجود داشت (جدول ۶). تیمار آبیاری در دو مرحله ظهور طبق و گلدهی بیشترین و تیمار بدون آبیاری کمترین میزان عملکرد دانه را از خود نشان دادند (جدول ۷). به نظر می‌رسد که تنش خشکی از طریق بستن روزنه‌های برگ موجب کاهش فتوسنتز شده و در نهایت عملکرد را کاهش داده است. نتایج این تحقیق با یافته‌های Naderi et al. (2000) نیز مطابقت دارد. ارقام مورد مطالعه از نظر عملکرد دانه اختلاف معنی‌دار داشتند (جدول ۶)، و رقم محلی اصفهان بیشترین و رقم ژیلدا کمترین عملکرد دانه را نشان دادند (جدول ۷). بین سطوح آبیاری و ارقام از نظر عملکرد دانه اثر متقابل معنی‌داری مشاهده شد (جدول ۶)، و رقم محلی اصفهان با آبیاری در دو مرحله ظهور طبق و گلدهی بیشترین میزان عملکرد دانه (۷/۱ گرم در بوته) را داشت (شکل ۳).

بیانگر این حقیقت است که ژنوتیپ PI-537636 نه دلیل تولید عملکرد مناسب در شرایط تنش، بلکه صرفاً به علت پایین بودن درصد تغییر عملکرد توسط این شاخص به عنوان متحمل‌ترین ژنوتیپ به تنش شناسایی شده است؛ بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که انتخاب بر اساس شاخص حساسیت به تنش باعث گزینش ارقامی با عملکرد نسبتاً بالا در محیط عادی می‌گردد.

در این پژوهش شاخص SSI ژنوتیپ PI-537636 را به عنوان متحمل‌ترین ژنوتیپ معرفی کرد، ولی با مقایسه عملکرد این ژنوتیپ در شرایط تنش (تیمار بدون آبیاری) و بدون تنش (تیمار آبیاری در دو مرحله ظهور طبق و گلدهی) مشاهده شد که ژنوتیپ ذکر شده از نظر میزان عملکرد در شرایط بدون تنش در رتبه آخر و در شرایط تنش در رتبه اول قرار دارد (جدول ۹). مشاهدات فوق



شکل ۳. اثر متقابل سطوح آبیاری و ارقام گلرنگ از نظر عملکرد دانه (سطح احتمال ۵٪)

Fig. 3. Interaction between irrigation schedules and safflower cultivars on seed yield (at 5% probability level)

جدول ۸. ضرایب همبستگی ساده بین صفات مختلف

Table 8. Correlation coefficients between different characteristics

	پتانسیل آب Water potential	پایداری غشاء Membrane stability	رطوبت نسبی RWC	سدیم Sodium	پتاسیم Potassium	کلسیم Calcium	عملکرد دانه Seed yield
پتانسیل آب Water potential	1						
پایداری غشاء Membrane stability	-0.581**	1					
رطوبت نسبی RWC	-0.623**	0.652**	1				
سدیم Sodium	0.303	-0.060	-0.269	1			
پتاسیم Potassium	0.381*	-0.063	-0.291	0.511**	1		
کلسیم Calcium	-0.111	-0.098	0.159	-0.375*	-0.551**	1	
عملکرد دانه Seed yield	-0.666**	0.594**	0.506**	-0.394*	-0.426*	0.314	1

* و ** به ترتیب معنی دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد.

* and ** are significant at 5% and 1% probability levels, respectively

آنها و عملکرد دانه در شرایط تنش و بدون تنش، بعنوان مناسب‌ترین شاخص‌های گزینش ارقام دارای عملکرد مطلوب قابل توصیه‌اند. از نظر شاخص STI و GMP که مقادیر بالای آنها نشان دهنده تحمل ارقام می‌باشد، رقم محلی اصفهان به عنوان رقم متحمل تعیین گردید (جدول ۹). استفاده از شاخص‌های بهره‌وری متوسط (MP) که

بر اساس نتایج برخی از محققین (برای مثال، Fernandez, 1992; Sadeghzade, 2006)، بهترین شاخص برای گزینش ارقام، شاخص تحمل به تنش (STI) می‌باشد. Fernandez (1992) معتقد است که شاخص‌های تحمل به تنش (STI) و میانگین هندسی بهره‌وری (GMP) با توجه به همبستگی بالا و معنی‌دار موجود بین

باعث کوچک شدن این شاخص شده و در نتیجه این ژنوتیپ به عنوان ژنوتیپ متحمل معرفی شود (Moghadam and Hadizadeh, 2002)، که دلایل ذکر شده در انتخاب ژنوتیپ PI-537636 به درستی صدق می‌کند. (Behmaram et al. (2006) در گزارشات خود در زمینه ارزیابی تحمل به خشکی ارقام بهاره کلزا عنوان کردند که شاخص STI بهتر از شاخص‌های SSI و TOL می‌تواند در ارزیابی تحمل به خشکی ارقام کاربرد داشته باشد. بنابراین با توجه به این شاخص رقم محلی اصفهان به عنوان رقم متحمل به خشکی در این پژوهش شناسایی شد و با توجه به این که شاخص‌های STI و GMP نتایج مناسبی در خصوص ارزیابی تیمارهای اعمال شده با عملکرد از خود نشان داده‌اند، می‌توانند در تحقیقات نظیر نیز مورد استفاده قرار گیرند.

بین شاخص‌های TOL و SSI همبستگی مثبت و معنی‌داری وجود داشت (جدول ۱۰)، که مقادیر زیاد هر دو نشان دهنده حساسیت بیشتر به شرایط تنش است همچنین همبستگی مثبت و معنی‌داری بین STI، MP و GMP با عملکرد در شرایط تنش وجود داشت (جدول ۱۰). بعبارت دیگر هرچه این شاخص‌ها مقادیر بیشتری داشته باشند، تحمل بیشتر و در نتیجه عملکرد بیشتر خواهد بود؛ به بیان بهتر انتخاب بر اساس STI سبب گزینش ارقامی می‌شود که هم در شرایط تنش و هم در شرایط پتانسیل عملکرد بیشتری دارند. در مجموع می‌توان STI را به عنوان شاخص برتر برای انتخاب ارقام مناسب در هر دو شرایط تنش و بدون تنش برگزید.

مقادیر بالای عددی آن نشان دهنده تحمل نسبی به تنش می‌باشد، اغلب منجر به گزینش ارقامی با عملکرد بالا در شرایط عادی ولی تحمل کم به شرایط تنش می‌شود (Rosiell and Hamblin, 1981). در این بررسی شاخص MP رقم محلی اصفهان را به عنوان رقم متحمل به تنش شناسایی کرد (جدول ۹). در شاخص تحمل (TOL) نیز مقادیر عددی پایین، نشان دهنده تحمل نسبی ارقام می‌باشد. از نظر این شاخص ژنوتیپ PI-537636 به عنوان ژنوتیپ متحمل شناسایی شد (جدول ۹). انتخاب بر اساس این شاخص اغلب موجب گزینش ارقامی می‌گردد که در شرایط تنش عملکرد پایینی تولید می‌کنند (Rosiell and Hamblin, 1981). علی‌رغم این که ژنوتیپ PI-537636 از نظر میزان عملکرد تولیدی در شرایط بدون تنش در رتبه آخر و در شرایط تنش در رتبه اول قرار گرفت، ولی توسط شاخص TOL به عنوان ژنوتیپ متحمل به تنش شناسایی گردید (جدول ۹). بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که این شاخص در گزینش ارقامی که در هر دو محیط دارای تنش و بدون تنش، عملکرد بالایی تولید کنند، موفق نبوده است. در حقیقت شاخص TOL به نوعی بیانگر تغییر حاصل از اعمال تنش می‌باشد، بعبارتی ژنوتیپی که دارای شاخص TOL کمتری است، در محیط تنش تغییر عملکرد کمتری از خود نشان می‌دهد. نکته دیگر در مورد شاخص TOL این است که پایین بودن این شاخص الزاما به معنای بالا بودن عملکرد ژنوتیپ در محیط بدون تنش نمی‌باشد، چرا که ممکن است عملکرد ژنوتیپی در شرایط عادی پایین باشد و در شرایط تنش نیز با افت کمتری همراه باشد که

جدول ۹. برآورد میزان حساسیت یا تحمل ارقام گلرنگ بر اساس شاخص‌های تحمل در شرایط تنش (Ys) و بدون تنش (Yp)
Table 9. Estimation of susceptibility or tolerance rates of safflower cultivars based on tolerance indices in non-stress (Yp) and stressed (Ys) conditions.

ارقام	Cultivars	Ys (gr/plant)	Yp (gr/plant)	SSI	TOL	MP	GMP	STI
ژبلا	Gila	2.5	5.8	1	3.3	4.15	3.81	0.38
محلی اصفهان	Native Isfahan	2.7	7.09	1.09	4.39	4.89	4.37	0.50
PI-537636	PI-537636	2.84	5.75	0.89	2.91	4.29	4.04	0.42

Ys: عملکرد دانه در شرایط تیمار عدم آبیاری و Yp: عملکرد دانه در شرایط آبیاری در دو مرحله گلدهی و ظهور طبق

جدول ۱۰. ضرایب همبستگی ساده بین شاخص‌های تحمل و عملکرد دانه در شرایط تنش (عدم آبیاری) و بدون تنش (آبیاری در دو مرحله ظهور طبق و گلدهی)

Table 10. Correlation coefficients between tolerance rates and Ys and Yp in stress (non-irrigation) and non-stress (irrigation at heading and flowering stages) conditions.

	SSI	STI	TOL	MP	GMP	YP	YS
SSI	1						
STI	-0.096	1					
TOL	0.834**	0.341	1				
MP	0.230	0.811**	0.697	1			
GMP	-0.088	0.867**	0.425	0.945**	1		
YP	0.552	0.646	0.907**	0.934**	0.765*	1	
YS	-0.662	0.706*	-0.219	0.546	0.789*	0.211	1

* و ** به ترتیب معنی دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد.

* and **: Not significant, significant at 5% and 1% probability levels, respectively.

نتیجه‌گیری

متفاوت بودند؛ بنابراین از این تنوع ژنتیکی می‌توان برای تولید ارقام اصلاح شده مناسب برای هر دو محیط دارای تنش و بدون تنش رطوبتی استفاده نمود. در این پژوهش رقم محلی اصفهان بر اساس شاخص STI بهترین رقم بود و علاوه بر اینکه بیشترین تحمل را به تنش رطوبتی داشت، بیشترین عملکرد دانه را تولید کرد.

به طور کلی نتایج این پژوهش نشان داد که آبیاری تاثیر معنی‌داری بر روی غلظت عناصر سدیم و کلسیم در برگ نداشت، ولی موجب کاهش غلظت پتاسیم در گیاه شد. بیشترین غلظت پتاسیم از تیمار بدون آبیاری بدست آمد و روابط آبی در گیاه نیز تحت تاثیر سطوح آبیاری قرار گرفت. ارقام گلرنگ از لحاظ عملکرد دانه در شرایط دارای تنش و بدون تنش و همچنین از لحاظ تحمل به تنش رطوبتی

منابع

- Alizadeh, A., 2001. Water, Soil and Plant Relations. Astan Ghods Razavi Press. 355p. [In Persian].
- Akash, M.W., Al-Abdallat, A.M., Saoub, H.M., Ayad, J.Y., 2009. Molecular and field comparison of selected barely cultivars for drought tolerance. J. New seeds. 10 (2), 98-111.
- Behmaram, R.A., Faraji, A.F., Amiari-Oghan, H., 2006. Evaluation of drought tolerance in spring rapeseed cultivars (*Brassica napus* L.). The 9th Iranian crop science congress. Aboureyhan Campus- University of Tehran. pp, 496.
- Borgan, J.C., 2006. Flame photometric determination of calcium in plants. J. Sci. Food Agric. 11, 446-449.
- Brown, R.W., 1995. The water relations of range plants: Adaptations to water deficits. In: Bedunah, D.J., Sosebee, R.E. (Eds.), Wild Land Plants. Physiological Ecology and Developmental Morphology. Society of Range Management. Denver. Ca. pp. 291-413.
- Cechin, I., Rossi, S.C., Oliveira, V.C., Fumis, T.F., 2006. Photosynthetic responses and praline content of mature and young leaves of sunflower plants under water deficit. photosynthetic. 44, 143-146.

- Choukan, R., Taherkhani, T., Ghannadha, M.R., Khodarahmi, M., 2006. Evaluation of drought tolerance in grain maize inbred lines using drought tolerance indices. Iran. J. Agric. Sci. 8(1), 79-89. [In Persian with English Summary].
- Dhopte, A.M., Manuel, L.M., 2002. Principles and Techniques for Plant Scientists. Updesh Purohit for Agrobios (India). 373p.
- Ebadi Khazinehghadim, A., 1999. Evaluation of physiological aspects of rainfed alfalfa to improve yield. Doctoral Thesis. Faculty of Agriculture. Tarbiat Modarres University. [In Persian with English Summary].
- Fernandez, G.C.J., 1992. Effective selection criteria for assessing plant stress tolerance. In: Kuo, C.G. (Ed.), Proceedings of the International Symposium on Adaptation of Vegetables and Other Food Crops in Temperature and Water Stress, Tainan, Taiwan.
- Fischer, R.A., Mourer, R., 1978. Drought resistance in spring wheat cultivar. I: Grain yield responses. Aust. J. Agric. Res. 29, 897-912.
- Gau, P.G., Baum, M., Li, R.H., Grando, S., Varshney, R.K., Valkoun, J., Ceccarelli, S., Graner, A., 2007. Differentially expressed genes between two barely cultivars contrasting in drought tolerance. Mol. Plant Breed. 5(2), 181-183.
- Hamada, A.M., EL-Enany, A.E., 1994. Effect of NaCl salinity on growth, pigment and mineral element contents, and gas exchange of broad bean and pea plants. Biologia Plantarum, 36, 75-81.
- Hieng, B., Ugrinovi, K., Utra, J., Vozli, B., Kidri, M., 2004. Different classes of proteases are involved in the response to drought of *phaseolus vulgaris* L. cultivars differencing in sensitivity. J. Physiol. 161, 519-530.
- Khan, M.A., Witzke-Ebrecht, S., Maass, B.L., Becker, H.C., 2003. Evaluation of a worldwide collection of safflower for morphological diversity and fatty acid composition. Technological and Institutional Innovations for Sustainable Rural Development. Deutscher Tropentage, Gottingen.
- Macarrone, M., Veldink, G.A., Agro, A.F., Vlienthart, J.F., 1995. Modulation of soybean lipoxygenase expression and membrane oxidation by water deficit. FEBS Letters, 371(3), 223-226.
- Marschner, H., 1986. Mineral Nutrition of Higher Plants. Academic Press. 612p.
- Moghaddam, A., Hadizade, M.H., 2002. Response of corn (*Zea mays* L.) hybrids and their parental lines to drought using different stress tolerance indices. Plant Seed J. 18(3): 255-272. [In Persian with English Summary].
- Naderi, A., Majidi-Hervan, E., Hashemi-Dezfoli, A., Rezaei, A., Nour mohammadi, G., 2000. Efficiency analysis of indices for tolerance to environmental stresses in field crops and introduction of a new index. Plant Seed J. 15(4), 390-402. [In Persian with English Summary].
- Naseri, F., 1991. Oil Seeds (translation). Astan Ghods Razavi Press. [In Persian].
- Nautiyal, P.C., Rachaputi, N.R., Joshi, Y.C., 2002. Moisture-deficit-induced changes in leaf water content, leaf carbon exchange rate and biomass production in groundnut cultivars differing in specific leaf area. Field Crop Res. 74, 67-79.
- Niakan, M., Gorbanli, M., 2007. The effect of drought stress on growth parameters, photosynthetic factors, content of protein, Na and K in shoot and root in two soybean cultivars. J. Rostaniha. 8(1), 17-29. [In Persian].

- Oweis, T., Hachum, A., 1999. Water harvesting and supplementary irrigation for improved water use efficiency in dry areas. System-Wide Initiative on Water Management, Paper 7. International Water Management Institute. Colombo, Sri Lanka.
- Pasban-Eslam, B., 2011. Drought stress effects on productivity of fall safflower genotypes. Iranian J. Field Crop Sci. 42(2), 275-283. [In Persian with English Summary].
- Polshakan, M.R., Movahedi Naeini, S.A.R., Eatesam, Gh.R., Keykha, Gh., 2007. Wheat plant growth and yield with different planting systems and irrigation frequency. 2- soil and plant nutrients. J. Agric. Sci. Nature. Resour. 14(5), 23-34. [In Persian with English Summary].
- Rosielle, A. A., Hamblin, J., 1981. Theoretical aspects of selection for yield in stress and non-stress environments. Crop Sci. 21, 943-946.
- Sadeghzade-Ahari, D., 2006. Evaluation for tolerance to drought stress in dry land promising durum wheat genotypes. Iran. J. Crop. Sci. 8(1), 30-45. [In Persian with English Summary].
- Saneoka, H., Moghaieb, R.E.A., Premachandra, G.S., Fujita, K., 2004. Nitrogen Nutrition and water stress effects on cell membrane stability and leaf water relation in *Agrostis pabustris* Huds. Environ. Exp. Botany. 52, 131-138.
- Tanaka, D.L., Rivaland, N.B., Bergman, J.W., Johnson, B.L., 2002. A description of safflower plant development stages. NDSU, Ag Report 2.
- Tarumingkeng, R.C., Coto, Z., 2003. Effects of drought stress on growth and yield of soybean. Kisman, Science Philosophy, 702p. Term paper, Graduate School, Borgor Agricultural University (Institut Ppertanian Bogor), December 2003.
- Tavakoli, A.R., 2001. Selection for single irrigation management in wheat cultivation. J. Agric. Eng. Res. 2(7), 41-50. [In Persian with English Summary].
- Vaezi, B., Ahmadikhah, A., 2010. Evaluation of drought tolerance of twelve improved barely genotypes in dry and warm condition. J. Plant Production. 17(1), 23-44. [In Persian with English Summary].
- Yin, X., Vyn, T.Y., 2002. Soybean responses to potassium placement and tillage alternatives flowering no-till. Agron. J. 94, 1367-1374.

