

پاسخ فیزیولوژیک و زراعی ژنوتیپ‌های امید بخش گلرنگ به تنش کمبود آب آخر فصل

بهمن پاسبان اسلام^{۱*}، امیر رضا صادقی بختوری^۲، حمید جباری^۳ و احمد بایبوردی^۴

۱- دانشیار، بخش تحقیقات علوم زراعی و باغی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان آذربایجان شرقی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تبریز، ایران، ۲- استادیار، گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید مدنی آذربایجان، تبریز، ۳- استادیار، موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران، ۴- استادیار، بخش تحقیقات خاک و آب، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان آذربایجان شرقی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تبریز، ایران

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۹/۱۹ - تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۱۱/۱۶)

چکیده

با هدف شناسایی اثرات خشکی آخر فصل روی اجزای عملکرد، عملکرد دانه و روغن و برخی شاخص‌های فیزیولوژیک مرتبط با تحمل به خشکی در ژنوتیپ‌های امیدبخش گلرنگ، آزمایشی به صورت کرت‌های خرد شده بر پایه بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار، در اراضی شور مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی آذربایجان شرقی، طی سال زراعی ۹۸-۱۳۹۷ اجرا شد. فاکتور اصلی، خشکی با دو سطح بدون تنش و تنش از گل‌دهی تا رسیدگی دانه و فاکتور فرعی، شش ژنوتیپ گلرنگ (پدیده، قزاقی، لاین‌های ۹۲، ۶۸، ۹۷ و ۱۳۲) بودند. در اثر تنش خشکی، اجزای عملکرد، عملکرد دانه و روغن، شاخص کلروفیل برگ، هدایت روزنه‌ای و مقدار نسبی آب برگ (RWC) به طور معنی‌داری کاهش و دمای برگ افزایش یافت و مقادیر این صفات آن‌ها بین ژنوتیپ‌ها متفاوت بود. همبستگی بین این شاخص‌ها و اجزای عملکرد و عملکرد دانه و روغن معنی‌دار شد. بنابراین نقش همه اجزای عملکرد و درصد روغن دانه روی محصول‌دهی معنی‌دار بود. رقم پدیده و لاین امید بخش ۶۸، با کسب مقادیر بالاتر این شاخص‌ها، همواره بیشترین عملکرد دانه و روغن را نشان دادند. شاخص‌های کلروفیل برگ، هدایت روزنه، مقدار نسبی آب برگ و دمای برگ، به اثرات خشکی روی ژنوتیپ‌های گلرنگ را نشان دادند و توان لازم برای گزینش ژنوتیپ‌های متحمل به خشکی را داشتند.

واژه‌های کلیدی: شاخص برداشت، عملکرد زیست توده، غلاف‌دهی، گلدهی، وزن صد دانه.

Physiological and agronomic response of promise safflower genotypes to late season water deficit stress

Bahman Pasban Eslam^{1}, Amir Reza Sadeghi Bakhtevari², Hamid Jabbari³ and Ahmad Bybord⁴*

1. Crop and Horticultural Science Research Department, East Azarbaijan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Tabriz, Iran, 2. Department of Agronomy, Faculty of Agriculture, Azarbaijan Shahid Madani University, 3. Seed and Plant Improvement Institute, AREEO, Karaj, Iran, 4. Soil and Water Science Research Department, East Azarbaijan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Tabriz, Iran

(Received: December 10, 2019 - Accepted: February 5, 2020)

ABSTRACT

To investigate the effects of late season drought on yield components, seed and oil yields and some physiological indices related to drought tolerance in promise genotypes of safflower, an experiment was conducted as split plot based on a randomized complete blocks design with three replications in saline areas of the East Azarbaijan Agriculture and Natural Resources Research and Education Center during the cropping season of 2018-19. The experimental factors included drought stress (non-stressed and stressed from flowering to maturity) and six safflower genotypes (Padideh, Gazagi, 59, 68, 97 and 132 lines). Drought stress decreased yield components, seed and oil yields, leaf chlorophyll index, stomatal conductance and RWC and increased leaf temperature significantly. Amounts of these traits were significantly different among genotypes. Correlations among these indices and with seed and oil yields were significant. Also all yield components had important role in productivity. In all water conditions, Padideh variety and promise line 68 had higher amounts of physiological indices and indicated higher seed and oil yields. Therefore, Leaf chlorophyll index, stomatal conductance, RWC and leaf temperature are able to reflect the effects of water deficit on safflower genotypes and could be used in the drought tolerant genotypes selection.

Keywords: Leaf chlorophyll index, leaf temperatures, relative water content, seed yield, stomatal conductance

* Corresponding author E-mail: b.pasbaneslam@areeo.ac.ir

مقدمه

بخش عمده روغن خوراکی مصرفی ایران از منابع خارجی تهیه می‌شود؛ بنابراین توسعه کشت دانه‌های روغنی برای رسیدن به خود اتکایی در زمینه روغن‌های خوراکی، اهمیت ویژه‌ای دارد. از بین دانه‌های روغنی سازگار با شرایط آب و هوایی کشور، گلرنگ به‌عنوان یک گیاه مقاوم به تنش شوری و خشکی (Esandel *et al.*, 2002; Bassil & Kaffka, 1992) و با داشتن تیپ‌های بهاره و پاییزه، از آینده نوید بخشی برخوردار است (Pasban Eslam, 2004). نتایج حاصل از بررسی سازگاری ۱۰ لاین گلرنگ در کرج، اصفهان و داراب فارس طی سه سال زراعی نشان داد که بین لاین‌های مورد بررسی، تفاوت معنی‌داری از نظر عملکرد دانه و روغن در این محیط‌ها وجود دارد (Omid Tabrizi, 2009). گزارش شده است که تنش خشکی متوسط و شدید در گلرنگ، باعث کاهش معنی‌دار رشد بوته‌ها شد (Salem *et al.*, 2014). در مطالعه دیگری، با کاهش مقدار آب در دسترس بوته‌های گلرنگ به کمتر از ۲۵ درصد آب قابل استفاده خاک، عملکرد دانه و اجزای آن به‌طور معنی‌داری کاهش یافت (Noroozi & Kazemeini, 2013). در شرایط کمبود آب، ارقام گلرنگ با سرعت رشد بالاتر، از ثبات عملکرد بیشتری برخوردارند (Istanbulluoglu *et al.*, 2009). نتایج مطالعات نشان داده است که گلرنگ پاییزه رقم پدیده در دشت تبریز، با تولید عملکرد دانه و روغن به‌ترتیب ۴۴۲۰ و ۱۳۶۹ کیلوگرم در هکتار، رقم برتر بوده است (Pasban Eslam, 2015).

نتایج یک آزمایش در دشت تبریز، همبستگی مثبت و معنی‌دار بین تعداد دانه در طبق با عملکرد دانه در ژنوتیپ‌های پاییزه گلرنگ را نشان داد (Pasban Eslam, 2012). از بین اجزای عملکرد، تعداد طبق در بوته و وزن هزار دانه در تعیین عملکرد دانه گلرنگ نقش برجسته‌تری داشته‌اند (Koutroubas *et al.*, 2004). گلرنگ‌هایی که در مرحله گل‌دهی و گرده افشانی در معرض تنش خشکی قرار داشتند، ۲۱/۵ درصد دانه در طبق کمتری از گیاهان گلرنگ پرورش یافته در شرایط عادی بروز دادند (Magsoudi *et al.*, 2018). نتایج

ارزیابی ژنوتیپ‌های بهاره گلرنگ در شرایط اقلیمی همدان نشان داد که تحت تنش خشکی اعمال شده از مرحله ۵۰ درصد گل‌دهی و شروع دانه‌بندی، به‌ترتیب وزن هزار دانه و شاخص برداشت بیشترین اثر مستقیم را بر عملکرد دانه داشتند. همچنین همبستگی مثبت و معنی‌داری بین وزن هزار دانه و عملکرد دانه در شرایط بروز تنش از زمان ۵۰ درصد گل‌دهی دیده شد (Yari & Keshtkar, 2016). Omidi Tabrizi *et al.* (2008) با بررسی صفات مهم زراعی ارقام گلرنگ بهاره، همبستگی مثبت و معنی‌داری بین عملکرد روغن با عملکرد دانه را مشاهده نمودند و نتیجه‌گیری کردند که با افزایش عملکرد دانه در بوته، عملکرد روغن نیز افزایش می‌یابد. نتایج ارزیابی ژنوتیپ‌های ایرانی گلرنگ در شرایط قطع آبیاری در مرحله گل‌دهی نشان داد که خشکی، باعث کاهش عملکرد دانه در همه آن‌ها شد و تنوع معنی‌داری از نظر تحمل به کمبود آب بین ژنوتیپ‌ها دیده شد (Zareie *et al.*, 2013). نتایج ارزیابی ۶۴ ژنوتیپ گلرنگ تحت تنش کمبود آب در شرایط اقلیمی اصفهان نشان داد که کمبود آب، باعث کاهش معنی‌دار عملکرد دانه در همه ژنوتیپ‌ها شد؛ اما میزان این کاهش به‌طور معنی‌داری بین ژنوتیپ‌ها متفاوت بود و تجزیه کلاستر، آن‌ها را در دو گروه حساس و متحمل به خشکی قرار داد (Bahrami *et al.*, 2014). تنوع ژنتیکی معنی‌داری از نظر عملکرد دانه بین لاین‌های گلرنگ در شرایط تنش کمبود آب گزارش شده است که امکان گزینش لاین‌های متحمل به کمبود آب را فراهم می‌سازد (Bortolheiro & Silva, 2017).

عقیده بر این است که مقدار نسبی آب برگ (RWC)، شاخص مناسب‌تری برای بیان وضعیت آب برگ در گیاهان زراعی می‌باشد (Sinclar & Ludlow, 1985). Pasban Eslam (2012) با بررسی ژنوتیپ‌های کلزا گزارش کرد که تنش کمبود آب، باعث کاهش RWC و افزایش دمای برگ می‌شود و در ژنوتیپ‌های متحمل‌تر در مقایسه با سایر ژنوتیپ‌ها، این تغییرات کمتر و پایداری عملکرد بیشتر است. به‌طور کلی دمای برگ با تنش خشکی مطابقت دارد. به دنبال کاهش

زیمنس بر متر بود. آزمایش در قالب طرح آماری کرت‌های خرد شده بر پایه بلوک کامل تصادفی با سه تکرار اجرا شد. کاشت گیاهان در ۲۰ شهریور ماه انجام گرفت. فاکتورهای آزمایش شامل تنش کمبود آب به‌عنوان عامل اصلی با دو سطح بدون تنش و تنش از مرحله گل‌دهی تا رسیدگی دانه و ژنوتیپ در شش سطح شامل پدیده، قزاقی، لاین‌های امید بخش ۵۹، ۶۸، ۹۷ و ۱۳۲ به‌عنوان فاکتور فرعی بودند (Omidi, 2016). هر کرت شامل شش ردیف به فاصله ۲۴ سانتی‌متر و طول پنج متر بود. برای جلوگیری از نشت آب، بین کرت‌های اصلی و بین تکرارها دو متر فاصله ایجاد شد. در این آزمایش از تشتک تبخیر کلاس A استفاده شد. از مرحله گل‌دهی برای سطوح بدون تنش، آبیاری در زمان ۸۰ میلی‌متر تبخیر تجمعی و برای تیمارهای تنش، آبیاری در زمان ۱۸۰ میلی‌متر تبخیر تجمعی از تشتک انجام گرفت (Pasban Eslam *et al.*, 2011; Sharghi *et al.*, 2011).

کوددهی مزرعه بر پایه نتایج آزمون خاک (جدول ۲) و با استفاده از اوره به مقدار ۲۵۰ کیلوگرم (در سه قسط شامل: زمان کاشت، شروع رشد بهاره و شروع گل‌دهی)، سولفات پتاسیم ۱۰۰ کیلوگرم و سوپر فسفات تریپل ۵۰ کیلوگرم (هر دو در زمان کاشت) به ازای هر هکتار محاسبه و اعمال شد. در اواسط مرحله گل‌دهی برای مبارزه با آفت مگس گلرنگ، مزرعه با سم دیازینون به غلظت یک در هزار سمپاشی شد.

برای تعیین مقدار نسبی آب برگ (RWC)، از هر نمونه برگ برداشت شده، سه دیسک به قطر ۲۰ میلی‌متر جدا و بلافاصله وزن شدند (وزن تر، FW). سپس نمونه‌ها به مدت چهار ساعت در آب مقطر دوبار تقطیر با دمای حدود پنج درجه سانتی‌گراد و نور اندک غوطه‌ور شدند و پس از گرفتن آب روی آن‌ها با کاغذ صافی، وزن شدند (وزن تورم کامل، TW). نمونه‌ها به مدت ۲۴ ساعت در دمای ۸۰ درجه سانتی‌گراد قرار گرفتند و وزن شدند (وزن خشک، DW). در نهایت مقدار نسبی آب برگ از فرمول: $FW - DW / TW - DW$ $RWC =$ محاسبه شد. دمای برگ با استفاده از دماسنج مادون قرمز مدل T۲-۸۲۵ ساخت کارخانه تستو (Testo) ایتالیا اندازه‌گیری شد

آب قابل استفاده خاک، پتانسیل آب گیاه و در نهایت تعرق آن نیز کاهش می‌یابد. بر مبنای بیلان انرژی در سطح برگ، کاهش تعرق منجر به افزایش دمای برگ می‌شود (Carcova *et al.*, 1998). در یک آزمایش مزرعه‌ای روی سه رقم یونجه مشاهده شد که مقادیر پایین‌تر هدایت روزنه‌ای با دماهای بالاتر تاج پوشش برگ مطابقت دارد (Johnson & Rumbaugh, 1995). در آزمایشی، دمای برگ شاخص مناسبی در گزینش ژنوتیپ‌های بهاره متحمل به خشکی گلرنگ بود (Pasban Eslam, 2011). وجود تفاوت معنی‌دار در دمای برگ بین ژنوتیپ‌های مقاوم و حساس به خشکی گندم و وجود همبستگی منفی و معنی‌دار بین شاخص مورد بحث و عملکرد دانه در شرایط تنش آبی را گزارش کردند. همبستگی مثبت و معنی‌داری بین هدایت روزنه، RWC و تنظیم اسمزی با همدیگر و همبستگی منفی و معنی‌دار بین این شاخص‌ها با دمای برگ در ژنوتیپ‌های بهاره گلرنگ گزارش شده است (Pasban Eslam, 2011).

اهداف این آزمایش، شناسایی اثرات تنش کمبود آب آخر فصل روی اجزای عملکرد، عملکرد دانه و روغن و برخی شاخص‌های فیزیولوژیک مرتبط با تحمل به خشکی در ژنوتیپ‌های امید بخش گلرنگ کشت شده در اراضی شور بودند.

مواد و روش‌ها

آزمایش در اراضی شور ایستگاه خسروشاه مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی آذربایجان شرقی (واقع در شرق دریاچه اورمیه) طی سال زراعی ۹۸-۱۳۹۷ اجرا شد. این ایستگاه با موقعیت جغرافیایی ۴۶ درجه و دو دقیقه شرقی، ۳۷ درجه و ۵۸ دقیقه شمالی، در سیستم اقلیم‌بندی کوپن در گروه سرد و نیمه خشک قرار دارد (Alikhani, 2013). همچنین این منطقه زمستان‌هایی با روزهای یخبندان دارد و میانگین درازمدت بارندگی سالانه ۲۷۰ میلی‌متر می‌باشد. مشخصات آب و هوایی ایستگاه طی دوره آزمایش در جدول یک آمده است. خاک محل آزمایش، لوم رسی با ۱/۵ درصد ماده آلی و شوری به‌طور میانگین ۶/۷ دسی

میانگین آن‌ها ثبت شد. به‌هنگام رسیدگی دانه (۲۴) مرداد ماه) و پس از حذف حاشیه‌ها، تمامی کرت‌ها برداشت شدند و عملکرد دانه، وزن هزار دانه و درصد روغن دانه‌ها اندازه‌گیری شد. درصد روغن دانه‌ها به روش استخراج پیوسته سوکسله تعیین شدند (Mirnezami Ziabari & Sanei Shariatpanah, 1994). در نهایت تجزیه داده‌ها و مقایسه میانگین‌ها با نرم افزار آماری MSTATC و تعیین همبستگی صفات به روش پیرسون با استفاده از نرم افزار آماری SPSS نسخه ۱۶ انجام شد.

(Kumar & Singh, 1998; Pasban Eslam, 2012). هدایت روزه‌های برگ نیز با استفاده از دستگاه پورومتر پخشی مدل AP4 ساخت انگلستان تعیین شد (Kumar & Singh, 1998). شاخص کلروفیل برگ با استفاده از دستگاه کلروفیل متر (Minolta Moel: SPAD-502) ساخت کشور ژاپن تعیین شد. صفات مذکور در دوره اعمال تنش اندازه‌گیری شدند. برای تعیین تعداد طبق در بوته و دانه در طبق، از هر کرت آزمایشی ۱۰ بوته به‌صورت تصادفی انتخاب و به ترتیب طبق‌ها و دانه‌های هر طبق شمارش شد و

جدول ۱- ویژگی‌های آب و هوایی ایستگاه تحقیقات کشاورزی خسروشاه در طول فصل رشد سال زراعی ۱۳۹۷-۹۸

Table 1. Climatological characteristic of Khosrowshah Agricultural Research Station in 2018-19 growing season

Month of year	Mean of minimum temperature (°C)	Mean of maximum temperature (°C)	Mean of total temperature (°C)	Sum of precipitation (mm)	Sum of evaporation from class A pan (mm)
September	17.4	32.3	24.8	3.1	296.5
October	11.6	26.2	18.9	5.5	167.0
November	-0.3	22.8	9.5	15.6	78.0
December	1.7	9.2	5.5	80.3	-
January	-2.1	6.2	2.1	15.8	-
February	-0.8	7.2	3.2	62.3	-
March	1.1	10.5	5.8	29.5	-
April	5.1	14.7	9.9	96.3	9.6
May	8.4	20.9	16.6	39.5	180.4
June	16.3	30.8	23.6	4.6	300.9
July	19.9	34.5	27.2	-	411.4
August	20.4	35.1	27.7	-	407.7

* داده‌ها از ایستگاه سینوپتیک مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی آذربایجان شرقی (خسروشاه) به‌دست آمده است

جدول ۲- برخی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک مزرعه آزمایشی

Table 2. Some physicochemical traits of experimental field soil

pH	EC (dS m ⁻¹)	Organic carbon (%)	Nitrogen (%)	Phosphorus (mg Kg ⁻¹)	Potassium (%)	Clay (%)	Silt (%)	Sand (%)
8.0	6.7	0.29	0.03	15	215	33	30	37

کمبود آب از نظر مقادیر این صفات، روند مشابهی داشتند.

شاخص‌های کلروفیل برگ، هدایت روزه و RWC در اثر تنش خشکی واقع شده از مرحله گل‌دهی به‌طور معنی‌داری کاهش یافت و شاخص دمای برگ افزایش یافت؛ این در حالی بود که مقادیر این شاخص‌ها بین ژنوتیپ‌ها به‌طور معنی‌داری متفاوت بودند (جدول ۴). Shiresmaeili *et al.* (2018) با ارزیابی ارقام و لاین‌های گلرنگ در شرایط عادی و تنش خشکی آخر فصل در

نتایج و بحث

بروز تنش خشکی از مرحله گل‌دهی تا رسیدگی دانه، اثر معنی‌داری روی اجزای عملکرد دانه، درصد روغن، عملکرد دانه و روغن، شاخص کلروفیل برگ، هدایت روزه، دمای برگ و مقدار نسبی آب برگ (RWC) داشت. همچنین بین ژنوتیپ‌های گلرنگ مورد مطالعه، اختلاف معنی‌داری از نظر همه صفات دیده شد، ولی اثر متقابل آن‌ها غیرمعنی‌دار بود (جدول ۳). بنابراین ژنوتیپ‌های مورد مطالعه در هر دو شرایط عادی و

جدول ۳- تجزیه واریانس صفات اندازه گیری شده ژنوتیپ‌های گلرنگ در سال زراعی ۱۳۹۷-۹۸

Table 3. Variance analysis of the measured traits of safflower genotypes during 2018-19 growing season

S.O.V.	df	Mean squares									
		Capitula per plant	Seeds per capitulum	1000-seeds weight	Seed yield	Oil percent	Oil yield	Leaf chlorophyll index	Stomatal conductance	Leaf temperature	RWC
Replication	2	0.583	4.694	1.028	133645.083	0.083	9587.694	1.396	0.001	1.083	0.001
Drought (A) stress	1	51.361**	544.444*	230.028**	27405225.000**	36.000**	2252000.444**	1072.563**	0.008**	552.250**	0.069**
Error ₁	2	0.194	6.861	1.694	137633.250	0.167	9984.361	0.146	0.002	1.083	0.001
Genotype(B)	5	5.183**	13.444*	7.094*	2769752.067**	21.667**	234241.711**	100.646**	0.011**	9.250**	0.003**
A×B	5	0.961	9.711	0.828	197385.600	2.667	15800.178	1.379	0.002	0.450	0.001
Error ₂	20	1.156	4.211	1.961	90281.500	6.333	6736.128	0.871	0.001	0.583	0.0006
C.V. (%)		8.54	4.78	4.47	11.60	2.21	12.18	1.45	2.95	3.90	1.53

* و **: به ترتیب معنی دار در سطح احتمال یک و پنج درصد.

* and **: Significant at the 5% and 1% of probability levels, respectively

جدول ۴- میانگین صفات مورد مطالعه ژنوتیپ‌های گلرنگ در سال زراعی ۱۳۹۶-۹۷

Table 4. Mean of measured traits of safflower genotypes during 2017-18 growing season

Genotype	Capitula per plant	Seeds per capitulum	1000-seeds weight (g)	Seed yield (Kg h ⁻¹)	Oil percent	Oil yield (Kg h ⁻¹)	Leaf chlorophyll index	Stomatal conductance (cm S ⁻¹)	Leaf temperature (°C)	RWC
Padideh	14.0 a	45.3 a	32.8 a	3598 a	26.8 a	978 a	71.2 a	0.712 a	17.2 b	0.72 a
Gazagi	11.5 b	41.2 b	30.5 c	2721 b	25.0 c	688 c	65.5 b	0.660 b	20.2 a	0.69 bc
Line 59	12.8 ab	43.0 ab	30.2 c	2158 c	24.7 c	544 d	62.6 c	0.652 b	20.2 a	0.67 c
Line 68	13.2 ab	43.7 ab	32.5 ab	3138 ab	26.2 ab	832 b	66.7 b	0.682 ab	19.3 a	0.71 ab
Line 97	12.2 ab	41.7 b	30.8 bc	1908 c	24.8 c	481 d	60.1 d	0.600 c	20.3 a	0.67 c
Line 132	11.8 b	42.5 b	31.3 abc	2023 c	25.5 bc	521 d	61.3 cd	0.605 c	20.3 a	0.67 c

در هر ستون، میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک، اختلاف معنی داری در سطح یک درصد ندارند.

Means with the same letters in the same cilumn are not significantly different at 5% of probability level.

روزنه و RWC و کمترین دمای برگ، به ترتیب به پدیده و لاین ۶۸ تعلق گرفت (جدول ۴). دو لاین قزاقی و ۹۷ در مقایسه با سایر ژنوتیپ‌ها، تعداد طبق در بوته و تعداد دانه در طبق کمتری داشتند. کمترین عملکردهای دانه و روغن نیز به لاین‌های ۵۹، ۹۷ و ۱۳۲ اختصاص داشت. نتایج مطالعه Zareie *et al.* (2013) نشان داد بین گلرنگ‌های ایرانی ارزیابی شده در شرایط قطع آبیاری از مرحله گل‌دهی، پرنیان بیشترین افت عملکرد دانه را داشت. در یک مطالعه با اعمال تنش خشکی روی بوته‌های گلرنگ، عملکرد دانه و اجزای آن به‌طور معنی‌داری کاهش یافت (Noroozi & Kazemini, 2013). گزارش شده است که تنش خشکی، باعث کاهش معنی‌دار درصد روغن دانه می‌شود (Ashrafi & Razmjoo, 2010). Hosseini *et al.* (2018) با ارزیابی پانزده ژنوتیپ گلرنگ در شرایط عادی و تنش خشکی مشاهده کردند که ژنوتیپ‌هایی که در هر دو شرایط آبی عملکرد دانه بیشتری داشتند، از پایداری عملکرد بالاتری برخوردار بودند و برای اقلیم‌های مواجهه با خشکی مناسب بودند. در نهایت چنین به نظر می‌رسد که رقم پدیده و لاین ۶۸، به‌عنوان ژنوتیپ امید بخش در منطقه آزمایش (اراضی شور حاشیه دریاچه اورمیه با شوری خاک به‌طور میانگین ۶/۷ دسی‌زیمنس بر متر و اقلیم سرد و نیمه خشک) که همواره با کمبود آب در دوره گل‌دهی و پرشدن دانه مواجه است و مناطقی با شرایط اقلیمی مشابه، قابل کشت و کار باشند.

همبستگی تعداد طبق در بوته، تعداد دانه در طبق، وزن هزار دانه، درصد روغن، عملکرد دانه و روغن با یکدیگر مثبت و معنی‌دار بود (جدول ۵). بنابراین در این آزمایش، همه اجزای عملکرد و درصد روغن دانه از نقش تعیین‌کننده در محصول دهی برخوردار بودند. گزارش شده است که از بین اجزای عملکرد، تعداد طبق در بوته و وزن هزار دانه در تعیین عملکرد دانه گلرنگ نقش برجسته‌تری دارند (Koutroubas *et al.*, 2004). همبستگی مثبت و معنی‌دار بین تعداد دانه در طبق با عملکرد دانه در ژنوتیپ‌های پاییزه گلرنگ دیده شده است (Pasban Eslam, 2012). در آزمایش حاضر، ضریب همبستگی ساده عملکرد روغن با درصد روغن،

شرایط اقلیمی اصفهان گزارش کردند که بروز خشکی در مراحل گل‌دهی و پرشدن دانه، باعث کاهش معنی‌دار RWC، شاخص برداشت و عملکرد دانه و روغن شد. در مطالعه مذکور، رقم صغه همواره عملکردهای بیشتری داشت. نتایج مطالعه لاین‌های گلرنگ در برزیل نشان داد که تنش خشکی باعث کاهش معنی‌دار مقدار کلروفیل کل برگ، RWC و درنهایت عملکرد دانه و روغن می‌شود (Bortolheiro & Silva, 2017). در آزمایشی، دمای برگ، شاخص مناسی در نشان دادن اثرات خشکی روی ژنوتیپ‌های بهاره گلرنگ گزارش شده است (Pasban Eslam, 2011). همبستگی بین شاخص کلروفیل برگ، هدایت روزنه و RWC با همدیگر، مثبت و معنی‌دار و با دمای برگ منفی و معنی‌دار به‌دست آمد. همه این شاخص‌ها، همبستگی‌های معنی‌داری با اجزای عملکرد دانه، درصد روغن، عملکرد دانه و روغن نشان داد (جدول ۵) و مقادیر آن‌ها در رقم پدیده و لاین امید بخش ۶۸ بالاتر بود (جدول ۴). این دو ژنوتیپ، بیشترین عملکرد دانه و روغن را نیز کسب کردند. چنین استنباط می‌شود که شاخص‌های فیزیولوژیک مورد بررسی، از توان لازم در بازتاب اثرات تنش خشکی طی دوره پرشدن دانه در گلرنگ برخوردارند و می‌توان از آن‌ها برای گزینش ژنوتیپ‌های متحمل به خشکی آخر فصل در اراضی شور استفاده کرد. در این شرایط دشوار، گیاهان علاوه بر تنش خشکی، تحت تنش شوری نیز قرار دارند و گزینش لاین‌هایی که بتوانند محصول قابل قبولی تولید کنند، حایز اهمیت است.

تنش خشکی به‌طور معنی‌داری همه اجزای عملکرد دانه، درصد روغن، عملکرد دانه و روغن همه ژنوتیپ‌ها را کاهش داد (جدول ۴). Pasban Eslam and Omid (2019) عملکرد و اجزای عملکرد لاین‌های پاییزه گلرنگ را مورد بررسی قرار دادند و گزارش کردند که خشکی واقع شده از مرحله گل‌دهی با کاهش معنی‌دار تعداد دانه در طبق و وزن هزار دانه، عملکرد دانه و روغن را کاهش داد. در آزمایش حاضر، همواره بیشترین مقادیر اجزای عملکرد، درصد روغن، عملکرد دانه و روغن و بالاترین مقادیر شاخص کلروفیل برگ، هدایت

نتیجه‌گیری کرد که با افزایش عملکرد دانه در بوته، عملکرد روغن نیز افزایش می‌یابد. در نهایت چنین استنباط می‌شود که در مزارع گلرنگ کشت شده در اراضی شور، تنش خشکی از طریق کاهش معنی‌دار همه اجزای عملکرد دانه، باعث افت عملکرد دانه و روغن شد.

۰/۹۶ و با عملکرد دانه، ۰/۹۹ به‌دست آمد؛ بنابراین هر دو مولفه از اثر معنی‌داری در تولید روغن برخوردار بودند. Omidi Tabrizi (2008) با بررسی صفات مهم زراعی ارقام گلرنگ، همبستگی مثبت و معنی‌داری بین عملکرد روغن و عملکرد دانه مشاهده نمود و

جدول ۵- ضرایب همبستگی بین صفات مورد مطالعه ژنوتیپ‌های گلرنگ

Table 5. Correlation coefficients among studied traits of safflower genotypes

** و ***: به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال پنج و یک درصد. Leaf chl. I: شاخص کلروفیل برگ، g_s: هدایت روزنه‌ای، T_i: دمای سایه‌انداز و RWC: محتوی نسبی آب.

* and **: Significant at the 5% and 1% of probability levels, respectively. Leaf chl.I: Leaf chlorophyll index, g_s: Stomatal conductance,

Traits	Capitula per plant (1)	Seeds per capitulum (2)	1000-seeds weight (3)	Seed yield (4)	Oil percent (5)	Oil yield (6)	Leaf chl. I (7)	g _s (8)	T _i (9)	RWC (10)
2	0.78*									
3	0.84**	0.92**								
4	0.79**	0.85**	0.91**							
5	0.88**	0.85**	0.92**	0.95**						
6	0.82**	0.84**	0.91**	0.99**	0.96**					
7	0.80**	0.88**	0.90**	0.96**	0.97**	0.96**				
8	0.82**	0.88**	0.86**	0.96**	0.93**	0.96**	0.97**			
9	-0.83**	-0.95**	-0.94**	-0.87**	-0.91**	-0.87**	-0.91**	-0.86**		
10	0.83**	0.91**	0.96**	0.94**	0.96**	0.95**	0.97**	0.94**	-0.96**	

T_i: Canopy temperature and RWC: Relative water content.

اجزای عملکرد و درصد روغن دانه منعکس شد. رقم پدیده و لاین امید بخش ۶۸، با داشتن مقادیر بالاتر شاخص‌های فیزیولوژیک، همواره بیشترین عملکرد دانه و روغن را در منطقه آزمایش (اراضی شور حاشیه دریاچه اورمیه) به خود اختصاص دادند. چنین استنباط می‌شود که شاخص‌های مذکور، از توان لازم در بازتاب اثرات تنش خشکی آخر فصل در گلرنگ برخوردارند و می‌توانند برای گزینش ژنوتیپ‌های متحمل به خشکی برای کشت در اراضی شور و کم‌بازده به‌کار روند.

نتیجه‌گیری کلی

در اثر تنش خشکی واقع شده از مرحله گل‌دهی تا رسیدگی دانه، شاخص‌های فیزیولوژیک کلروفیل برگ، هدایت روزنه و RWC به‌طور معنی‌داری کاهش و دمای برگ افزایش یافت و مقادیر آن‌ها بین ژنوتیپ‌های مورد مطالعه متفاوت بود. همبستگی بین این شاخص‌ها با هم‌دیگر و با اجزای عملکرد دانه، درصد روغن، عملکرد دانه و روغن معنی‌دار به‌دست آمد. اثر تنش خشکی روی عملکرد دانه و روغن از طریق اثر کاهشی روی همه

REFERENCES

1. Alikhani, B. (2013). *Climatology of Iran (Geography branch)*. Peyameh Nour University Publication, 236 Pp. (In Persian).
2. Ashrafi, E. & Razmjoo, K. (2010). Irrigation regimes effect on oil content and composition of safflower (*Carthamus tinctorius* L.) cultivars. *Journal of the American Chemists Society*, 87, 499-506.
3. Bahrami, F., Arzani, A. & Karimi, V. (2014). Evaluation of yield-based drought tolerance indices for screening safflower genotypes. *Agronomy Journal*, 106, 1219-1224.
4. Bassil, B. S. & Kaffka, S. R. (2002). Response of safflower (*Carthamus tinctorius* L.) to saline soils and irrigation. II Crop response to salinity. *Agricultural Water Management*, 54, 81-92.
5. Bortolheiro, F. P. A. P. & Silva, M. A. (2017). Physiological response and productivity of safflower lines under water deficit and rehydration. *Annals of the Brazilian Academy of Science*, 89, 3051-3066.
6. Carcova, J. Maddonni, G. A. & Ghera, C. M. (1998). Crop water stress index of three maize hybrids grown in soils with different quality. *Field Crops Research*, 55, 165-174.
7. Esendel, E., Kevesoglu, K. E., Ulsa, N. & Aytac, S. (1992). Performance of late autumn and spring planted safflower under limited environment. *Proceeding of the Third International Safflower Conference*. 14-18 Jun. China, pp. 221-280.

8. Golestani Araghi, S. & Assad, M. T. (1998). Evaluation of four screening techniques for drought resistance and their relationship to yield reduction ratio in wheat. *Euphytica*, 103, 293-299.
9. Hosseini, S. Z., Esmaceli, A. & Sohrabi, S. S. (2018). Evaluation of drought tolerance in safflower (*Carthamus tinctorius*) under limited irrigation condition. *Plant Genetic Research Journal*, 5, 55-72. (In Persian).
10. Istanbuluoglu, A., Gocmen, E., Gezer, E., Pasa, C. & Konukcu, F. (2009). Effects of water stress at different development stages on yield and water productivity of winter and summer safflower (*Carthamus tinctorius* L.). *Agricultural Water Management Journal*, 96, 1429-1434.
11. Johnson, D. A. & Rumbaugh, M. D. (1995). Genetic variation and inheritance characteristics for carbon isotope discrimination in alfalfa. *Range Management Journal*, 48, 126-131.
12. Koutroubas, S. D., Papakosta, D. K. & Doitsinis, A. (2004). Cultivar and seasonal effects on the contribution of pre-anthesis assimilates to safflower yield. *Field Crops Research*, 90, 263-274.
13. Kumar, A. & Singh, D. P. (1998). Use of physiological indices as screening technique for drought tolerance in oil seed Brassica species. *Annual of Botany*, 81, 413-420.
14. Magsoudi, E., Yadavi, A. R., Movahedi Dehnavi, M. & Balouch, H. R. (2018). Effect of water off and different nutrition systems on yield and yield components of spring safflower in Yasouj. *Crop Production Journal*, 11, 101-112. (In Persian).
15. Mirnezami Ziabari, S. H. & Sanei Shariatpanah, M. (1994). *Usual methods in fats and oils analysis*. Mashhad Astaneh Gods. 274p. (In Persian).
16. Noroozi, M. & Kazemeini, S. A. (2013). Effect of irrigation deficit and plant density on growth and seed yield of safflower. *Iranian Journal of Field Crops Research*, 10, 781-788. (In Persian).
17. Omid, A. H. (2016). Evaluation of new safflower cultivars lines for seed yield in saline regions of the country. Final Report of Research. No. 52203. *Seed and Plant Improvement Institute*. Karaj. 17 p. (In Persian).
18. Omid Tabrizi, A. H. (2006). Stability and adaptability estimates of some safflower cultivars and lines in different environmental conditions. *Agricultural Science Technology Journal*, 8, 141-151.
19. Omid Tabrizi, A. H., Gannadha, M. R. & Peygambari, S. A. (2008). Study of important agronomic traits in spring cultivars of safflower by multivariate statistical methods. *Iranian Agriculture Science Journal*, 30, 817-826. (In Persian).
20. Pasban Eslam, B. (2015). Effects of row spacing and seeding rate on seed yield and its components in safflower Padideh cv. in Tabriz region. *Seed and Plant Improvement Journal*, 30 (2), 223-236. (In Persian).
21. Pasban Eslam, B. (2012). Effect of drought stress on seed and oil yields of safflower fall genotypes. *Iranian Agronomy Science Journal*, 42, 275-283. (In Persian).
22. Pasban Eslam, B. (2011). Evaluation of physiological indices for improving water deficit tolerance in spring safflower. *Journal of Agriculture Science and Technology*, 13, 327-338.
23. Pasban Eslam, B. (2004). Evaluation yield and yield components in new spineless safflower genotypes. *Iranian Agriculture Science Journal*, 35, 869-874. (In Persian).
24. Pasban Eslam, B. & Omid, A. H. (2019). Evaluation of yield components, seed and oil yields of safflower fall genotypes under water deficit stress during reproductive period. *Agriculture Science and Sustainable Production Journal*, 29(3), 73-84. (In Persian).
25. Salem, N., Msaada, K., Dhifi, W., Sriti, J., Mejri, H., Liman, F. & Marzouk, B. (2014). Effect of drought on safflower natural dyes and their biological activity. *Excli Journal*, 13, 1-8.
26. Sharghi, Y., Shirani Rad, A. H., Ayeneh, B. A., Nourmohammadi, G. & Zahedi, H. (2011). Yield and yield components of six canola (*Brassica napus* L.) cultivars affected by planting date and water deficit stress. *African Journal of Biotechnology*, 10(46), 9309-9313.
27. Sinclair, T. R. & Ludlow, M. M. (1985). Who taught plants thermodynamics? The unfulfilled potential of plant water potential. *Australian Journal of Plant Physiology*, 12, 213-217.
28. Shiresmaeli, G. H., Maghsudimood, A. A., Khajueinejad, G. R. & Abdolshahi, R. (2018). Yield and oil percentage of safflower cultivars (*Carthamus tinctorius* L.) in spring and summer planting seasons affected by drought stress. *Journal of Crop Ecophysiology*, 12, 237-252. (In Persian).
29. Yari, P. & Keshtkar, A. H. (2016). Correlation between traits and path analysis of safflower grain yield under water stress conditions. *Iranian Journal of Field Crops Research*, 14, 427-437. (In Persian).
30. Zareie, S., Mohamadi Nejad, G. & Sardouie Nasab, S. (2013). Screening of Iranian safflower genotypes under water deficit and normal conditions using tolerance indices. *Australian Journal of Crop Science*, 7, 1032-1037.