نشریه دانش آب و خاک / جلد ۳۲ شماره ۴ صفحه‌های ۱۰۷ تا ۱۱۶/ سال ۱۴۰۱

مقاله پژوهشی

اثرات تنش کمبود آب روی واکنش‌های فیزیولوژیک و زراعی شش ژنوتیپ گلرنگ متحمل به شوری (*Carthamus tinctorius L.*)

بهمن پاسبان اسلام*

تاریخ دریافت: ۹۷/۱۰/۱۸ تاریخ پذیرش: ۹۹/۱۰/۲۳

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

* مسئول مکاتبات، پست الکترونیکی: b.pasbaneslam@areeo.ac.ir

چکیده

اهداف مطالعه شناسایی اثرات کمبود آب روی بازتاب‌های فیزیولوژیک و زراعی ارقام متحمل به شوری گلرنگ و معرفی شاخص‌های گزینش ژنوتیپ‌های متحمل به خشکی بودند. آزمایش به‌صورت کرت‌های خرد شده بر پایه بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در اراضی شور (۶/۷ دسی زیمنس بر متر) با بافت خاک لوم رسی در مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی آذربایجان شرقی طی سال زراعی ۹۷-۱۳۹۶ اجرا گردید. فاکتور اصلی خشکی با دو سطح: بدون تنش و تنش از گل‌دهی تا رسیدگی دانه و فاکتور فرعی شش ژنوتیپ متحمل به‌شوری گلرنگ شامل: پدیده، گل‌مهر، مکزیک ۱۴، مکزیک ۲۴۸، مکزیک ۲۹۵ و پرنیان بودند. شاخص‌های مقدار نسبی آب برگ (RWC)، هدایت روزنه، کلروفیل برگ و تعداد دانه در طبق، درصد روغن، عملکرد دانه و روغن در اثر تنش خشکی کاهش و دمای برگ افزایش معنی‌دار (به‌ترتیب ۵ و یک درصد برای تعداد دانه در طبق و سایر صفات) نشان دادند. مقادیر آنها به‌جز دمای برگ بین ژنوتیپ‌ها تفاوت معنی‌دار داشت. همبستگی بین این شاخص‌ها با عملکرد دانه و روغن معنی‌دار (به‌ترتیب ۵ و یک درصد برای کلروفیل و سایر صفات) بود. بنابراین شاخص‌های RWC، هدایت روزنه و کلروفیل برگ می‌توانند برای گزینش ژنوتیپ‌های متحمل به خشکی گلرنگ به‌کار روند. وجود همبستگی مثبت و معنی‌دار بین تعداد طبق در بوته و تعداد دانه در طبق با عملکرد دانه و روغن، نشان دهنده نقش برجسته آنها در محصول‌دهی بود. ژنوتیپ‌های مورد مطالعه به‌جز پرنیان با کسب عملکرد دانه و روغن بالاتر، برای کشت در اراضی شور مناسب تشخیص داده شدند.

واژه‌های کلیدی: شاخص کلروفیل، دمای برگ، عملکرد دانه، مقدار نسبی آب برگ، هدایت روزنه

The Effects of Water Deficit on Physiological and Agronomic Responses of Six Salt Tolerant Safflower (Carthamus tinctorius L.) Genotypes

Bahman Pasban Eslam*

Received: January 8, 2019 Accepted: January 12, 2021

Assoc. Prof. of Crop and Horticultural Science Research Department, East Azerbaijan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Tabriz, Iran
Corresponding Author, Email: b.pasbaneslam@areeo.ac.ir

Abstract

To recognize the effects of water deficit stress on physiological and agronomic responses of salt tolerant safflower genotypes, and introducing indices to selecting drought tolerant genotypes of safflower, an experiment was conducted as split plot based on a randomized complete blocks design with three replications in saline soils (6.7 dS m^{-1}) of the East Azerbaijan Agriculture and Natural Resources Research and Education Center during 2017-18. The experimental factors included drought stress (non-stressed and stressed from flowering to maturity) and six fall safflower genotypes including: Padideh, Golemehr, Mexico14, Mexico248, Mexico295 and Parnian. Drought stress increased leaf temperature and decreased leaf relative water content (RWC), stomatal conductance and leaf chlorophyll index and also grain number per capitulum, oil percent, grain and oil yields significantly. Significant differences were seen among the genotypes in the above-mentioned indices (except for leaf temperature), yield components and seed and oil yields. Correlations among leaf temperature, RWC, stomatal conductance and leaf chlorophyll index with each other and with seed and oil yields were significant. Therefore, these indices (except for leaf temperature) can be used to select drought-tolerant fall genotypes of safflower in the region. Correlation among capitulum number per plant and grain number per capitulum with each other and seed and oil yields, were positive and significant. Hence, these yield components had important role in productivity. Golemehr, Mexico 14, Mexico 248 and Mexico 295 genotypes indicated higher seed and oil yields. It seems that the above four genotypes could be adapted to cultivate in saline areas around Urmia Lake and areas with similar climate.

Keywords: Grain yield, Leaf chlorophyll index, Leaf temperatures, Relative water content, Stomatal conductance.

مقدمه

بخش عمده‌ای از روغن خوراکی مورد نیاز در کشور از منابع خارجی تامین می‌گردد. بنابراین توسعه کشت دانه‌های روغنی در راستای رسیدن به خود اتکایی در زمینه روغن‌های خوراکی با کیفیت مناسب، از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. از بین دانه‌های روغنی سازگار با شرایط آب و هوایی کشور، گلرنگ به‌عنوان یک گیاه مقاوم به تنش شوری و خشکی (باسیل و همکاران ۲۰۰۲، اسندل و همکاران ۱۹۹۲) و با داشتن تیپ‌های بهاره و پاییزه، از آینده نوید بخشی برخوردار است (پاسبان اسلام ۲۰۰٤). گلرنگ به‌عنوان گیاهی سازگار به مناطقی با بارندگی زمستانه و بهاره اندک و هوایی خشک در طول دوره گل‌دهی، پرشدن و رسیدگی دانه از یک سو و با داشتن ریشه‌های طویل و با توان جذب آب بالا از پروفیل خاک از سوی دیگر، یک دانه روغنی متحمل به خشکی به حساب می‌آید (وینبرگ و همکاران ۲۰۰۵). کوتروباس و همکاران (۲۰۰٤) با ارزیابی ژنوتیپ‌های هیبرید و آزاد گرده افشان گلرنگ در کشت دیم و تحت شرایط آب و هوایی مدیترانه‌ای یونان، به این نتیجه رسیدند که تولید و تجمع ماده خشک تا مرحله گرده افشانی و میزان انتقال این مواد به دانه در طول دوره پرشدن دانه و درنهایت عملکرد دانه با همدیگر همبستگی مثبت و معنی‌داری داشته و بین ژنوتیپ‌های مورد بررسی از این جهات تفاوت

معنی‌داری وجود دارد. 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 (امیدی تبریزی ۲۰۰۶). ارزیابی ژنوتیپ‌های گلرنگ در کرج نشان داد که ژنوتیپ جمع‌آوری شده از اطراف تبریز با داشتن ۲۹/۶ گرم دانه در بوته بیشترین عملکرد تک بوته را به خود اختصاص داد و بیشترین ضریب تنوع مربوط به صفت تعداد دانه در طبق (۲۲/۰۲ درصد) بود (امیدی تبریزی و همکاران ۲۰۰۸). نشان داده شده است تنش خشکی متوسط و شدید در گلرنگ باعث کاهش معنی‌دار رشد بوته‌ها گردید (سالم و همکاران ۲۰۱٤). گزارش شده است با کاهش میزان آب در دسترس بوته‌های گلرنگ به کمتر از ۲۵ درصد آب قابل استفاده خاک، عملکرد دانه و اجزای آن به‌طور معنی‌داری کاهش می‌یابد (نوروزی و کاظمینی ۲۰۱۳). در شرایط کمبود آب، ارقام با سرعت رشد بالاتر گلرنگ از ثبات عملکرد بیشتری برخوردارند (استانبول اوغلو و همکاران ۲۰۰۹). مشاهده گردید که گلرنگ پاییزه رقم پدیده در دشت تبریز با تولید عملکرد دانه و روغن به‌ترتیب ٤٤۲۰ و ۱۳٦۹ کیلوگرم در هکتار، رقم برتر بوده است (پاسبان اسلام ۲۰۱۵).

نتایج یک مطالعه در دشت تبریز، همبستگی مثبت و معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد بین تعداد دانه در طبق با عملکرد دانه در ژنوتیپ‌های پاییزه گلرنگ را نشان داد (پاسبان اسلام ۲۰۱۲). نشان داده شده است که از بین اجزای عملکرد، تعداد طبق در بوته و وزن هزار دانه در تعیین عملکرد دانه گلرنگ نقش برجسته‌تری داشته‌اند (کوترباس و همکاران ۲۰۰٤). نتایج ارزیابی ژنوتیپ‌های بهاره گلرنگ در شرایط اقلیمی همدان نشان داد که تحت خشکی اعمال شده از مرحله ۵۰ درصد گل‌دهی و از 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 (یاری و کشتکار ۲۰۱٦). امیدی تبریزی و همکاران (۲۰۰۸) با بررسی صفات مهم زراعی ارقام گلرنگ بهاره، همبستگی مثبت و معنی‌داری بین عملکرد روغن با عملکرد دانه را مشاهده نموده 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 متوسط دانه در همه آنها گردید و تنوع معنی‌داری از نظر تحمل به کمبود آب بین ژنوتیپ‌ها دیده شد (زارعی و همکاران ۲۰۱۳) نتایج ارزیابی ٦٤ ژنوتیپ گلرنگ تحت تنش کمبود آب در شرایط اقلیمی اصفهان نشان داد که کمبود آب باعث کاهش معنی‌دار عملکرد دانه در همه ژنوتیپ‌ها شد ولی میزان این کاهش به‌طور معنی‌داری بین ژنوتیپ‌ها متفاوت بوده و تجزیه کلاستر آنها را در دو گروه حساس و متحمل به خشکی قرار داد (بهرامی و همکاران ۲۰۱٤). تنوع ژنتیکی معنی‌داری از نظر عملکرد دانه بین لاین‌های گلرنگ در شرایط تنش کمبود آب گزارش شده است که امکان گزینش لاین‌های متحمل به خشکی را فراهم می‌سازد (بورتوهیرو و سیلوا ۲۰۱۷).

عقیده بر این است که مقدار نسبی آب برگ (RWC) شاخص مناسب تری برای بیان وضعیت آب برگ در گیاهان زراعی می باشد و شاید RWC وضعیت فراگیرتری از تعادل بین میزان تامین آب به برگ و میزان تعرق را نشان بدهد (سینکلر و لودلاو ۱۹۸۵). نتایج حاصل از مطالعات رائو و مندهام (۱۹۹۱) حاکی از وجود همبستگی معنی‌دار بین توان جذب آب در کلزا و RWC برگ آن است. نشان داده شده است که تحت تنش خشکی شدید، ارقام مقاوم به خشکی گندم دوروم از RWC بالاتری در برگ‌های خود برخوردار بودند (رائو و مندهام ۱۹۹۱). پاسبان اسلام (۲۰۱۲) با بررسی

ژنوتیپ‌های کلزا، گزارش کرد تنش کمبود آب باعث کاهش RWC و افزایش دمای برگ شده و در ژنوتیپ‌های متحمل‌تر در مقایسه با سایر ژنوتیپ‌ها این تغییرات کمتر بوده و پایداری عملکرد بیشتر است.

امروزه اندازه‌گیری دمای برگ و تاج پوشش برگی به‌عنوان روشی متداول برای ارزیابی شدت تنش خشکی در گیاهان زراعی مورد استفاده قرار می‌گیرد (جانسون و رامباق ۱۹۹۵). به‌طور کلی دمای تاج پوشش برگی با تنش خشکی مطابقت دارد. به دنبال کاهش آب قابل استفاده خاک، پتانسیل آب گیاه و در نهایت تعرق آن نیز کاهش می‌یابد. بر مبنای بیلان انرژی در سطح برگ، تنزل تعرق منجر به افزایش دمای تاج پوشش برگ می‌گردد (کارکوا و همکاران ۱۹۹۸). در یک آزمایش مزرعه‌ای روی سه رقم یونجه مشاهده گردید که مقادیر پایین‌تر هدایت روزنه‌ای با دماهای بالاتر تاج پوشش برگ مطابقت دارد (جانسون و رامباق ۱۹۹۸). گزارش‌های متعددی حاکی از آن است که دمای تاج پوشش برگ می‌تواند به‌عنوان شاخص مناسبی برای شناسایی ژنوتیپ‌های مقاوم به خشکی گندم به‌کار گرفته شود (کارکوا و همکاران ۱۹۹۸، گلستانی عراقی و آساد ۱۹۹۸). در آزمایشی دمای برگ شاخص مناسبی در گزینش ژنوتیپ‌های بهاره متحمل به خشکی گلرنگ بوده است (پاسبان اسلام ۲۰۱۱). گلستانی عراقی و آساد (۱۹۹۸) تفاوت معنی‌داری در دمای تاج پوشش برگی 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 معنی‌داری بین این شاخص‌ها با دمای برگ در ژنوتیپ‌های بهاره گلرنگ گزارش شده است. مشاهده شده که شاخص‌های مذکور از توان تفکیک ژنوتیپ‌های بهاره گلرنگ با عملکرد دانه و روغن بیشتر در شرایط خشکی برخوردار بودند (پاسبان اسلام ۲۰۱۱).

اهداف مطالعه شناسایی اثرات تنش کمبود آب روی بازتاب‌های فیزیولوژیک و زراعی ارقام متحمل به شوری گلرنگ و معرفی شاخص‌های گزینش ارقام متحمل به خشکی برای کشت در اراضی شور دچار کمبود آب آخر فصل بودند.

مواد و روش ها

آزمایش در ایستگاه خسروشاه مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی آذربایجان شرقی طی سال زراعی ۹۷-۱۳۹۶ اجرا شد. این ایستگاه (٤٦ درجه و ۲ دقیقه شرقی، ۳۷ درجه و ۵۸ دقیقه شمالی) در سیستم اقلیم‌بندی کوپن سرد و نیمه خشک است (علیخانی ۲۰۱۳). همچنین منطقه زمستان‌هایی با روزهای یخبندان دارد. میانگین دراز مدت بارندگی سالانه ۲۷۰ میلیمتر می‌باشد. بخش عمده بارندگی در بازه زمانی نیمه دوم پاییز تا نیمه اول بهار رخ می‌دهد. ارتفاع محل آزمایش از سطح دریا ۱۳٤۷ متر می‌باشد. این ایستگاه در حاشیه شرقی دریاچه اورمیه قرار دارد. مشخصات آب و هوایی ایستگاه طی دوره آزمایش در جدول یک آمده است. خاک محل آزمایش لوم رسی بوده و دارای ۱/۵ درصد ماده آلی و با شوری ٦/۷ دسی زیمنس بر متر بود (جدول ۲).

آزمایش در قالب طرح آماری کرت‌های خرد شده بر پایه بلوک کامل تصادفی با سه تکرار اجرا شد. کشت در ۲۰ شهریور ماه سال ۱۳۹٦ انجام گردید. فاکتورهای آزمایش شامل تنش خشکی به‌عنوان عامل اصلی با دو سطح : بدون تنش و تنش از مرحله گل‌دهی تا رسیدگی دانه (فنولوژی ژنوتیپ‌ها مشابه بود) و فاکتورفرعی ژنوتیپ در شش سطح شامل: پدیده، گل‌مهر، مکزیک ١٤، مکزیک ٢٤٨، مکزیک ۲۹۵ و پرنیان بودند. آستانه تحمل این ژنوتیپ‌ها در برابر شوری خاک ۷/۲ دسی زیمنس بر متر به‌دست آمده است (امیدی ۲۰۱٦). فاصله خطوط کاشت ٢٤ سانتیمتر و میزان بذر بیست کیلوگرم

در هکتار بوده و در نهایت تراکم ٤٨ بوته در متر مربع تثبیت شد. هر کرت شامل شش ردیف به‌طول پنج متر بود. برای جلوگیری از نشت آب بین کرت‌ها و بین تکرارها دو متر فاصله ایجاد شد. در این آزمایش از تشتک تبخیر کلاس A استفاده گردید. از مرحله گل‌دهی برای سطوح بدون تنش، آبیاری در زمان ۸۰ میلی‌متر تبخیر و برای تیمارهای تنش، آبیاری در زمان ۱۸۰ میلی‌متر تبخیر تجمعی از تشتک انجام گرفت (پاسبان اسلام ۲۰۱۱، دانشمند و همکاران ۲۰۰٦، شرقی و همکاران ۲۰۱۱). برای یکنواختی آبیاری در کرت‌های آزمایشی، مقدار آب با کنتور اندازه گیری می‌شد. آبیاری کرت‌ها به‌شکل غرقاب کردن بود. کوددهی مزرعه بر پایه نتایج آزمون خاک (جدول ۲) با استفاده از کود نیتروژن‌دار اوره به‌مقدار ۱۳۲ کیلوگرم در هکتار در دو مرحله قبل کاشت و شروع ساقه‌روی، سولفات پتاسیم به‌مقدار ۲۰ کیلوگرم در هکتار به‌صورت K_2O و سوپر فسفات تریپل به‌مقدار ۱۸ کیلوگرم در هکتار به‌صورت P_2O_5 قبل از کاشت صورت گرفت. مبارزه با علف‌های هرز در طول دوره آزمایش به‌صورت وجین دستی بود. همچنین در اواسط گل‌دهی برای مبارزه با آفت مگس گلرنگ، مزرعه با سم دیازینون با غلظت یک در هزار سمپاشی گردید.

برای تعیین مقدار نسبی آب برگ(RWC) از هر نمونه برگ برداشت شده سه دیسک به قطر ۲۰ میلی‌متر جدا گردیده و بلافاصله وزن شدند (وزن تر)، سپس نمونه‌ها به مدت چهار ساعت در آب مقطر دوبار تقطیر با دمای حدود ٥ درجه سانتی‌گراد و نور اندک غوطه‌ور شده و پس از گرفتن آب روی آنها با کاغذ صافی، وزن شدند (وزن تورم کامل) سپس نمونه‌ها به مدت ٢٤ ساعت در دمای ۸۰ درجه سانتی‌گراد قرار داده شده و وزن شدند (وزن خشک). در نهایت مقدار نسبی آب برگ از فرمول: RWC = FW -DW /TW -DW محاسبه گردید. در این فرمول FW وزن تر، TW وزن تورم کامل و DW وزن خشک نمونه‌های برگ است. دمای برگ با استفاده از دماسنج مادون قرمز مدل T۲-۸۲٥ ساخت کارخانه تستو (Testo) ایتالیا اندازه‌گیری شد (پاسبان اسلام و همکاران ۲۰۱۲، کومار و سینک ۱۹۹۸). هدایت روزنه‌های برگ نیز با استفاده از دستگاه پورومتر پخشی مدل AP4 ساخت انگلستان اندازه‌گیری شد (کومار و سینک ۱۹۹۸). شاخص کلروفیل برگ با استفاده از دستگاه کلروفیل متر (Minolta Model: SPAD-502) ساخت کشور ژاپن اندازه گیری گردید. تعیین مقدار نسبی آب برگ، دمای برگ و هدایت روزنه بین ساعات ۱۱ تا ١٤ انجام گردید. صفات مذکور در اواسط مرحله گل‌دهی و خورجین‌دهی دو مرتبه در طول آزمایش اندازه‌گیری شدند.

برای تعیین تعداد طبق در بوته و تعداد دانه در طبق از هر کرت آزمایشی ۱۰ بوته به صورت تصادفی انتخاب و مورد اندازه‌گیری قرار گرفت. به‌هنگام رسیدگی محصول پس از حذف حاشیه‌ها، تمامی کرت‌ها برداشت و عملکرد دانه، وزن هزار دانه و درصد روغن دانه‌ها تعیین شدند. برداشت پس از رسیدگی وزنی در تاریخ ۲۱ مرداد ماه انجام گردید. درنهایت تجزیه داده‌ها و مقایسه میانگین‌ها با آزمون حداقل اختلاف معنی‌دار (LSD) در سطح احتمال ٥ درصد با نرم افزار آماری MSTATC و تعیین همبستگی صفات به‌روش پیرسون با استفاده از نرم افزار آماری SPSS نسخه ١٦صورت گرفت. درصد روغن دانه‌ها به روش استخراج پیوسته سوکسله تعیین شدند (میر نظامی ضیابری و صمصامی شریعت ١٩٩٤).

جدول ۱- ویژگی‌های آب و هوایی ایستگاه تحقیقات کشاورزی خسروشاه در طول فصل رشد سال زراعی۹۷-۱۳۹۶.

سال	ماه‌های سال	میانگین دمای حداکثر (°C)	میانگین دمای حداقل (°C)	میانگین کل دما (°C)	مجموع بارندگی (mm)	مجموع تبخیر از تشت کلاس A (mm)
۱۳۹۶	شهریور	۳٤/۲	۱۷/۱	۲۵/۷	۰/۰	۳۱۱/۲
	مهر	۲۲/۷	۷/٦	۱۵/۲	۱۰/۵	۱۷۰/۱
	آبان	۱۷/۵	۵/۸	۱۱/۷	۱٦/٦	۸۹/۲
	آذر	٦/۵	-٤/۳	۱/۱	۲٦/٤	۱/۷
	دی	۹/۱	-۱/۰	٤/۱	۲۱/۵	-
	بهمن	۷/۸	-۲/۳	۲/۸	۸۰/۰	-
	اسفند	۱۳/٦	۲/۸	۲/۸	۳۳/۰	-
۱۳۹۷	فروردین	۱۹/۲	۵/۸	۱۲/۵	٤۸/۹	۱۲۰/۰
	اردیبهشت	۲۰/٤	۸/٤	۱٤/٤	۷۸/۳	۱٦۷/۵
	خرداد	۲۸/۵	۱۳/٦	۲۱/۰	۲۷/۲	۲٦۰/۰
	تیر	۳۷/٤	۲۱/۲	۲۹/۳	۰/۰	٤۰۹/٦
	مرداد	۳۷/۰	۲۱/۳	۲۹/۲	۰/۰	۳۸۵/۰

- داده‌ها از ایستگاه سینوپتیک مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی آذربایجانشرقی (خسروشاه) به‌دست آمده است.

جدول۲: برخی خصوصیات فیزیکوشیمیایی خاک مزرعه آزمایشی.

شن (٪)	سیلت (٪)	رس (٪)	پتاسیم (mg in Kg^{-1})	فسفر (mg in Kg^{-1})	نیتروژن (٪)	کربن آلی (٪)	هدایت الکتریکی (dS m^{-1})	واکنش خاک
٦۹	۱۷	۱٤	۲۱۵	۱۵	۰/۰۵	۰/٤۲	٦/۷	۸/۰

جدول ۳- تجزیه واریانس صفات اندازه گیری شده روی ژنوتیپ‌های پاییزه گلرنگ تحت تنش خشکی طی سال زراعی۹۷-۱۳۹۶.

		میانگین مربعات				
منابع تغییر	درجات آزادی	دمای برگ	مقدار نسبی آب برگ	هدایت روزنه	شاخص کلروفیل برگ	تعداد طبق در بوته
تکرار	۲	٤/۱۱۱	۰/۰۰۱	۰/۰۰۱	۲٦۷/۱۹٤	۲/۵۲۸
تنش خشکی	۱	۲۷۲/۲۵۰**	۰/۱٤۱**	۰/۱٦۵**	۷۱۹٦/٦۹٤*	۱۷/۳٦۱
خطای اصلی	۲	۲/۳۳۳	۰/۰۰۰۵	۰/۰۰۱	۲۱٦/۳٦۱	۱/۸٦۱
ژنوتیپ	۵	۰/٦۲۸	۰/۰۰٦**	۰/۰۰۸**	۱۸۳/٦۹٤**	۲۲/٤۹٤*
تنش خشکی × ژنوتیپ	۵	۰/٤۵۰	۰/۰۰۱**	۰/۰۰۱	٤۷/۰۲۸	۲/٤۹٤**
خطای فرعی	۲۰	۰/۲۸۹	۰/۰۰۰۳	۰/۰۰۱	٤۱/٦٤٤	۰/۳٦۱
ضریب تغییرات (درصد)		۲/۷۸	۲/۲۱	۳/۸۲	۸/۷٦	٦/۹٦

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

ادامه جدول ۳

منابع تغییر	درجات آزادی	میانگین مربعات				
		تعداد دانه در طبق	وزن هزار دانه	عملکرد دانه	درصد روغن	عملکرد روغن
تکرار	۲	۲۰/۵۸۸	۲۰/٤۳۱	۳۷۰۲٦٦/۱۹٤	۰/۳٦۱	۲٦۷٦۱/۷۰۱
تنش خشکی	۱	٦۳۵/۰٤۰*	۱۳/۹۳۸	۸٤۷۳۹۲۱/۰۰۰**	٤۹/۰۰۰*	۱۲۸۹٦۱۳/۹٦۷**
خطای اصلی	۲	٦/۵٤۳	٦/۰٤۹	٦٤۸۱۳/۰۸۳	۲/۵۸۳	٤۱۲۰/٤٤۹
ژنوتیپ	۵	٤۳۸/٤۳۱**	۵۹/٤۸۳**	٦۸۰۱۱۳۲/۳۱۱**	٤/۱۷۸**	۵٦۷٦۳۹/۰۵۹**
تنش خشکی × ژنوتیپ	۵	۱۱۹/۹۰۷**	۱۹/۹۸۵	۳۵٤۲۵۱/۷۳۳*	۰/۳۳۳	٤۱٤٦۳/۸٦۵**
خطای فرعی	۲۰	۲٤/۵۹۱	۱۰/٦۵۰	۹٦۹٤۱/۳۳۹	۰/۱۷۲	۷٤۱۷/۸۰۳
ضریب تغییرات (درصد)		۱۰/۲٦	۹/۷۳	۹/۰۹	۱/۵۱	۹/۱۷

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

نتایج و بحث

اعمال تنش خشکی از مرحله گل‌دهی اثر معنی داری روی دمای برگ، مقدار نسبی آب برگ (RWC)، هدایت روزنه، شاخص کلروفیل برگ، تعداد دانه در طبق، عملکرد دانه، درصد روغن دانه و عملکرد روغن داشت (جدول ۳). همچنین بین ژنوتیپ‌های گلرنگ مورد مطالعه از نظر همه صفات به‌جز دمای برگ، اختلاف معنی‌داری دیده شد. اثر متقابل تنش خشکی با ژنوتیپ روی RWC، تعداد طبق در بوته، تعداد دانه در طبق، عملکرد دانه و روغن معنی دار شد. اثر متقابل تنش خشکی با ژنوتیپ روی مقدار نسبی آب برگ، تعداد طبق در بوته، تعداد دانه در طبق، عملکرد دانه و روغن معنی‌دار به‌دست آمد (جدول ۳).

شاخص‌های فیزیولوژیک RWC، هدایت روزنه و کلروفیل برگ در اثر تنش خشکی واقع شده از مرحله گل‌دهی به‌طور معنی داری کاهش یافته و شاخص دمای برگ افزایش یافت. این در حالی بود که مقادیر این شاخص‌ها به‌جز دمای برگ بین ژنوتیپ‌ها به‌طور معنی‌داری متفاوت بود (جدول ٤). ارزیابی ژنوتیپ‌های گلرنگ در شرایط اقلیمی اصفهان نشان داد که بروز تنش خشکی در هر دو مرحله گل‌دهی و پرشدن دانه باعث کاهش معنی‌دار مقدار نسبی آب برگ، وزن خشک بوته و عملکرد دانه و روغن گردید. میزان این کاهش در شرایط بروز تنش در مرحله پرشدن دانه ۲۰ درصد بیشتر از اثر تنش در مرحله گل‌دهی بود (شیر اسماعیلی و همکاران ۲۰۱۳). نتایج مطالعه لاین‌های گلرنگ در برزیل نشان داد که تنش خشکی باعث کاهش معنی‌دار مقدار کلروفیل کل برگ و درنهایت عملکرد دانه و روغن می‌گردد (برتوهیرو و سیلوا ۲۰۱۷). در آزمایشی دمای برگ شاخص مناسبی در نشان دادن اثرات خشکی روی ژنوتیپ‌های بهاره گلرنگ گزارش شده است (پاسبان اسلام ۲۰۱۱). همبستگی بین RWC، هدایت روزنه و شاخص کلروفیل برگ با عملکرد دانه، درصد روغن و عملکرد روغن مثبت و معنی‌دار به‌دست آمد (جدول ۵). چنین استنباط می‌گردد که شاخص‌های فیزیولوژیک مقدار نسبی آب برگ (RWC)، هدایت روزنه و شاخص کلروفیل برگ از توان لازم در بازتاب اثرات تنش خشکی آخر فصل در گلرنگ پاییزه برخوردار بوده و می‌توانند برای گزینش ژنوتیپ‌های متحمل به خشکی آخر فصل گلرنگ پاییزه به‌کار روند.

خشکی به‌طور معنی‌داری تعداد دانه در طبق، درصد روغن و عملکرد دانه و روغن را کاهش داد. نتایج آزمایش جاری (جدول ٤) نشان دادند در شرایط بدون تنش بیشترین مقادیر تعداد طبق در بوته به پدیده،

مکزیک ۲٤۸، مکزیک ۱٤و مکزیک ۲۹۵ و تعداد دانه در طبق به پدیده، مکزیک ۲٤۸ و مکزیک ۲۹۵ و وزن هزار دانه به مکزیک ۱٤، مکزیک ۲٤۸، مکزیک ۲۹۵ و پرنیان ۲۹۵ و بیشترین درصد روغن به گل‌مهر و مکزیک ۲۹۵ و بالاترین عملکرد دانه و روغن به گل‌مهر، مکزیک ۲۹۵، مکزیک ۲٤۸ و مکزیک ۱٤ تعلق گرفت. در شرایط تنش خشکی بیشترین تعداد طبق در بوته به پدیده، گل‌مهر، مکزیک ۲٤۸ و مکزیک ۲۹۵ و تعداد دانه در طبق به مکزیک ۲۹۵، مکزیک ۲٤۸ و گل‌مهر و وزن هزار دانه به پرنیان، مکزیک ۲۹۵ و مکزیک ۲٤۸ و درصد روغن و عملکرد دانه و روغن به همه ژنوتیپ‌ها جز پرنیان تعلق داشت (جدول ٤). نتایج مطالعه زارعی و همکاران (۲۰۱۳) نشان داد از بین ده ژنوتیپ گلرنگ ایرانی ارزیابی شده در شرایط قطع آبیاری از مرحله گل‌دهی، پرنیان بیشترین افت عملکرد دانه در اثر خشکی را داشت. در یک مطالعه با عمال تنش کمبود آب روی بوته‌های گلرنگ در طول فصل رشد، عملکرد دانه و اجزای آن به‌طور معنی‌داری کاهش یافته است (نوروزی و کاظمینی ۲۰۱۳). نتایج مطالعه اثرات تنش خشکی همبستگی بین تعداد طبق در بوته و تعداد دانه در طبق با درصد روغن و عملکرد دانه و روغن مثبت و معنی‌دار بود. همچنین همبستگی این اجزای عملکرد با دمای برگ منفی و با RWC و هدایت روزنه مثبت و معنی‌دار گردید (جدول ۵). این امر نشان دهنده نقش تعیین کننده این دو بخش عملکرد دانه در محصول‌دهی ژنوتیپ‌های گلرنگ پاییزه است. همبستگی عملکرد روغن با عملکرد دانه و با درصد روغن مثبت و معنی‌دار به‌دست آمد

نتیجه‌گیری کلی

شاخص‌های فیزیولوژیک RWC، هدایت روزنه و کلروفیل برگ در اثر تنش خشکی به‌طور معنی‌داری کاهش یافته و بین ژنوتیپ‌های مورد مطالعه تفاوت معنی‌دار داشتند. وجود همبستگی معنی‌دار (سطح احتمال یک درصد) بین RWC، هدایت روزنه و شاخص کلروفیل برگ با همدیگر و با عملکرد دانه، درصد روغن روی روغن دانه و ترکیبات آن در گلرنگ نشان داد که کمبود آب باعث کاهش معنی‌دار درصد روغن دانه می‌گردد. این افت با کاهش بیشتر در اسیدهای چرب اشباع همراه بود (اشرفی و رزمجو ۲۰۱۰). مطابق جدول ٤ در هر دو شرایط عادی و تنش خشکی واقع شده از مرحله گل‌دهی، همه ژنوتیپ‌های مورد مطالعه گلرنگ به‌جز پرنیان عملکرد دانه و روغن بالاتری داشته (جدول ٤) و برای کشت پاییزه در اراضی شور حاشیه دریاچه اورمیه و مناطقی با شرایط اقلیمی مشابه (سرد و نیمه‌خشک در سیستم پهنه‌بندی کوپن) مناسب دیده شدند. گزارش شده است گلرنگ پاییزه رقم پدیده در دشت تبریز تحت آبیاری عادی با تولید عملکرد دانه و روغن به‌ترتیب ٤٤۲۰ و ۱۳٦۹ کیلوگرم در هکتار (پاسبان اسلام ۲۰۱۵)، رقم برتر بوده است. نتایج مطالعه ژنوتیپ‌های گلرنگ در شرایط عادی و تنش کمبود آب نشان داد ژنوتیپ‌هایی که در شرایط عادی عملکرد دانه بالاتری داشتند، در شرایط کمبود آب نیز عملکرد دانه بالاتری کسب کردند (صفوی و همکاران ۲۰۱۳).

(جدول ۵). امیدی تبریزی و همکاران (۲۰۰۸) با بررسی صفات مهم زراعی ارقام گلرنگ بهاره، همبستگی مثبت و معنی‌داری بین عملکرد روغن با عملکرد دانه را مشاهده نموده و نتیجه‌گیری کردند که با افزایش عملکرد دانه در بوته، عملکرد روغن نیز افزایش می‌یابد. در این آزمایش ضریب همبستگی ساده عملکرد روغن با درصد روغن ۰/۸۳ و با عملکرد دانه ۰/۹۹ بود.

و عملکرد روغن نشان می‌دهد که سه ویژگی مذکور از توان لازم در بازتاب اثرات تنش خشکی آخر فصل در گلرنگ پاییزه برخوردار بوده و این شاخص‌ها می‌توانند برای گزینش ژنوتیپ‌های متحمل به خشکی گلرنگ پاییزه در اراضی شور به‌کار روند. خشکی به‌طور معنی‌داری تعداد دانه در طبق، درصد روغن و عملکرد دانه و روغن را کاهش داد. همبستگی بین تعداد طبق در

بوته و تعداد دانه در طبق با همدیگر و با عملکرد دانـه و روغن نشـان دهنـده نقـش تعیـین کننـده ایـن دو بخـش عملکـرد دانـه در محصـول‌دهـی گلرنـگ پـاییزه اسـت. ژنوتیپ‌های گل‌مهر، مکزیک ۱٤، مکزیـک ۲٤۸ و مکزیـک ۲۹۵ در هـر دو شـرایط بـدون تـنش و خشـکی، مقـادیر بالاتر عملکرد دانه و روغن را کسب کرده و برای کشـت پاییزه در اراضی شور حاشیه دریاچه اورمیه و مناطقی با شرایط اقلیمی مشابه (سرد و نیمه‌خشـک در سیسـتم پهنه‌بندی کوپن) مناسب تشخیص داده شدند.

منابع مورد استفاده

Alikhani B, 2013. Climatology of Iran (Geography Branch). Peyameh Nour University Publication. 236 p. (In Persian).

Ashrafi E and 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.

Bahrami F, Arzani A and Karimi V, 2014. Evaluation of yield-based drought tolerance indices for screening safflower genotypes. Agronomy Journal 106: 1219-1224.

Bassil BS and Kaffka SR, 2002. Response of safflower (*Carthamus tinctorius* L.) to saline soils and irrigation. II Crop response to salinity. Agricultural Water Management 54: 81-92.

Bortolheiro FPAP and Silva MA, 2017. Physiological response and productivity of safflower lines under water deficit and rehydration. Annuals of the Brazilian Academy of Science 89: 3051-3066.

Carcova J, Maddonni GA and Ghersa CM, 1998. Crop water stress index of three maize hybrids grown in soils with different quality. Field Crops Research 55: 165-174.

Daneshmand A, Shirani-Rad AH, Darvish F, Ardakani A, Zarei G and Ghooshchi F, 2006. Effect of drought stress on qualities and quantities of yield, yield components and relative water content in rapeseed cultivars. No. 3. p. 19, Geological Society of America Abstracts with Programs, Speciality Meeting.

Esendel E, Kevesoglu KE, Ulsa N and Aytac S, 1992. Performance of late autumn and spring planted safflower under limited environment. Pp. 221-280. Proceeding of the Third International Safflower Conference, 14-18 Jun. China.

Golestani-Araghi S and Assad MT, 1998. Evaluation of four screening techniques for drought resistance and their relationship to yield reduction ratio in wheat. Euphytica 103: 293-299.

Istanbulluoglu A, Gocmen E, Gezer E, Pasa C and Konukcu F, 2009. Effects of water stress at different development stages on yield and water productivity of winter and summer safflower (*Carthamus tinctoriu*s L.). Agricultural Water Management 96: 1429–1434.

Johnson DA and Rumbaugh MD, 1995. Genetic variation and inheritance characteristics for carbon isotope discrimination in alfalfa. Range Management Journal 48: 126-131.

Koutroubas SD, Papakosta DK and Doitsinis A, 2004. Cultivar and seasonal effects on the contribution of pre-anthesis assimilates to safflower yield. Field Crops Research 90: 263-274.

Kumar A and Singh DP, 1998. Use of physiological indices as screening technique for drought tolerance in oil seed Brassica species. Annual of Botany 81: 413-420.

Mirnezami-Ziabari SH and Sanei-Shariatpanah M. 1994. Usual Methods in Fats and Oils Analysis. Mashhad Astaneh Gods. (In Persian).

Noroozi M and Kazemeini SA, 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 with English abstract).

Omidi, AH, 2016. Evaluation of new safflower cultivars lines for seed yield in saline regions of the country. Final Report of Research. No. 52203, 17p. Seed and Plant Improvement Institute. Karaj. (In Persian).

Omidi-Tabrizi AH, 2006. Stability and adaptability estimates of some safflower cultivars and lines in different environmental conditions. Agricultural Science Technology Journal 8:141-151.

Omidi-Tabrizi AH, Gannadha MR and Peygambari SA, 2008. Study of important agronomic traits in spring cultivars of safflower by multivariate statistical methods. Iranian Agriculture Science Journal 30: 817-826. (In Persian with English abstract).

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 with English abstract).

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 with English abstract).

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.

Pasban Eslam B, 2004. Evaluation yield and yield components in new spineless safflower genotypes. Iranian Agriculture Science Journal 35: 869-874. (In Persian with English abstract).

Salem N, Msaada K, Dhifi W, Sriti J, Mejri H, Liman F and Marzouk B, 2014. Effect of drought on safflower natural dyes and their biological activity. Excli Journal 13: 1-8.

Safavi SM, Pourdad SS and Safavi SA, 2013. Evaluation of drought tolerance in safflower (*Carthamus tinctorius* L.) under non stress and drought stress conditions. International Journal of Advanced Biological and Biomedical Research 1(9): 1086-1093.

Sharghi Y, Shirani-Rad, AH, Ayeneh B and A, Nourmohammadi G and 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.

Sinclair TR and Ludlow MM, 1985. Who taught plants thermodynamics? The unfulfilled potential of plant water potential. Australian Journal of Plant Physiology 12: 213-217.

Shiresmaeili GH, Maghsudimood AA, Khajueinejad GR and 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 with English abstract).

Weinberg ZG, Landau SY, Bar-Tal A, Chen Y, Gamburg M, Brener S and Dvash L, 2005. Ensiling safflower (*Carthamus tinctorius* L.) as an alternative winter forage crop. p 169. In: Park RS, Strong MD (Eds.). Proceedings of the 15th International Silage Conference. Belfast, Northern Ireland, July 3-6. Wageningen Academic Publishers. The Netherlands.

Yari P and Keshtkar AH, 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 with English abstract).

Zareie S, Mohamadi-Nejad G and 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.