تحقیقات علوم زراعی در مناطق خشک/ جلد ششم، شماره دوم، تابستان ۱۴۰۳، ص ۵۳۹-۵۲۱

مقاله پژوهشی

ارزیابی میزان رشد، عملکرد و اجزای عملکرد ژنوتیپ‌های امید بخش گلرنگ پاییزه (*Carthamus tinctorius* L.) تحت تنش کمبود آب طی دوره زایشی

سمانه ساجدی چلیک[۱]، سعید حضرتی[۱*]، بهمن پاسبان اسلام[۲]، امیررضا صادقی بختوری[۱]

۱- گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید مدنی آذربایجان، تبریز، ایران

۲- بخش تحقیقات علوم زراعی و باغی، مرکز تحقیقات آموزش کشاورزی و منابع طبیعی، آذربایجان شرقی، تبریز، ایران

* مسئول مکاتبه: saeid.hazrati@azaruniv.ac.ir

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۰۳/۰۸ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۰۷/۰۸ **DOI: 10.22034/CSRAR.2024.399219.1345**

چکیده

پژوهش حاضر با هدف ارزیابی ویژگی‌های زراعی ژنوتیپ‌های گلرنگ متحمل به کم‌آبی برای کشت در اراضی شور و کم‌بازده اجرا گردید. آزمایش در قالب کرت‌های خرد شده بر پایه بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در اراضی شور ایستگاه خسروشاه مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی آذربایجان شرقی طی سال زراعی ۹۹-۱۳۹۸ اجرا گردید. فاکتور اصلی شامل دو سطح آبیاری (بدون تنش و تنش از گلدهی تا رسیدگی دانه) و فاکتور فرعی شش ژنوتیپ گلرنگ پاییزه بودند. نتایج نشان داد در شرایط بدون تنش، ژنوتیپ پدیده بیشترین و KH 92 کمترین عملکرد دانه و روغن را داشتند و تحت تنش کم‌آبی، ژنوتیپ پدیده بیشترین و KH 132 کمترین عملکرد دانه و روغن را نشان دادند. بیش‌ترین و کم‌ترین درصد روغن در آبیاری کامل به ترتیب مربوط به ژنوتیپ پدیده (۲۹/۴۳ درصد) و ژنوتیپ kh 92 (۲۲/۷۶ درصد) و در تیمار تنش کم‌آبی مربوط به ژنوتیپ پدیده (۲۴/۳ درصد) و ژنوتیپ kh 92 (۱۶/۸درصد) بود. براساس نتایج حاصل از تجزیه کلاستر در شرایط عدم‌تنش و تنش، در گروه اول (پدیده و kh 132) به‌علت داشتن عملکرد دانه و روغن بالا و نیز ژنوتیپ‌های گروه دوم (قزاقی، kh 92 و kh 97) به‌دلیل این‌که از نظر صفاتی نظیر عملکرد دانه و روغن دارای بیش‌ترین درصد انحراف نسبت به میانگین کل بودند، نسبت به تنش کم‌آبی مقاوم شناخته شدند. هم‌چنین ژنوتیپ‌های گروه سوم (قزاقی، kh 68 و kh 132) به‌دلیل عملکرد دانه و روغن پایین‌تر و نیز درصد انحراف کمتری نسبت به ژنوتیپ‌های گروه دو، در گروه‌های حساس به تنش کم‌آبی قرار گرفتند.

واژه‌های کلیدی: تنش کم‌آبی، دانه‌های روغنی، عملکرد دانه، عملکرد روغن

مقدمه

نتایج حاصل از مطالعات و بررسی‌های مؤسسه‌ی تغذیه ایران حاکی از آن است که ۲۱ درصد از انرژی روزانه مردم ایران از طریق مصرف روغن تأمین می‌شود، از طرفی، در سال‌های اخیر، تولید دانه‌های روغنی در کشور به حداقل رسیده است (Mohsenniya and Jaliliyan, 2012).بنابراین، افزایش سطح زیرکشت دانه‌های روغنی و افزایش عملکرد آن‌ها برای کاهش وابستگی به کشورهای دیگر ضروری است. روغن موجود در دانه‌های روغنی در صنایع غذایی، محصولات دارویی و آرایشی بهداشتی مورد استفاده قرار می‌گیرند (Morya *et al.*, 2022).تولید روغن خوراکی در ایران بسیار کم است و متأسفانه همه ساله مقدار قابل توجهی ارز جهت واردات این ماده از کشور خارج می‌شود. بنابراین، لازم است که به‌منظور تأمین نیاز روزافزون روغن کشور، تولید گیاهان دانه روغنی افزایش یابد (Rostami Ahmadvandi and Faghihi, 2021). گلرنگ باتوجه به بومی بودن، داشتن خصوصیات ارزشمندی از جمله سازگاری به شرایط خشک و نیمه‌خشک، کیفیت بالای روغن، مقاومت به تنش‌های محیطی به‌خصوص تنش خشکی مورد توجه می‌باشد (Kaya, 2009).

گلرنگ با نام علمی (*Carthamus tinctorius* L.) گیاهی است یک‌ساله، علفی و از خانواده‌ی Compositae یا Asteraceae که عمدتاً برای تولید بذر و روغن کشت می‌شود (Emongor and Emongor, 2023). این گیاه بومی بخش‌هایی از آسیا، خاورمیانه و آفریقا است و به‌دلیل داشتن ریشه‌های عمیق نسبت به دانه‌های کوچک تحمل بیشتری در برابر شرایط شور و تنش‌های خشکی دارد (Hussain *et al.*, 2016). ضمن آنکه با طیف وسیعی از خاک‌ها سازگار بوده و از منابع مهم روغن به شمار می‌رود (Gecgel *et al.*, 2007). گلرنگ به‌عنوان یک محصول مهم سالانه دانه روغنی در تناوب زراعی در نظر گرفته می‌شود که حاوی ۳۰ تا ۴۰ درصد روغن و ۱۵ تا ۲۰

درصد پروتئین است (Hussain *et al*., 2016). اسیدهای چرب در دانه‌های گلرنگ بیشتر شامل اسید استئاریک (۲ تا ۳ درصد)، اسید اولئیک (۱۶ تا ۲۰ درصد)، اسید پالمیتیک (۶ تا ۸ درصد) و اسید لینولئیک (۷۱ تا ۷۵ درصد) است (Zafari *et al*., 2020).

تنش خشکی که در دسترس بودن آب کم یا تغییرات تصادفی و غیرقابل پیش‌بینی در شرایط آب و هوایی در طول دوره رشد گیاهان است، یکی از عوامل محدود کننده تولید گیاهان زراعی می‌باشد. خشکی از جمله تنش‌های غیرزنده است که موجب محدودیت در تولیدات کشاورزی می‌گردد (Seleiman *et al*., 2021). تنش خشکی در مراحل مختلف رشد گیاه با کاهش شاخص سطح برگ باعث کاهش تولید ماده خشک و کاهش عملکرد گیاه می‌شود. با ارزیابی پتانسیل توسعه کشت گلرنگ و آفتابگردان در کشور هندوستان و تطبیق آن‌ها مشخص شد که سود حاصل از تولید گلرنگ بالاتر از تولید آفتابگردان در مساحت مشخصی از مزرعه است. علت اصلی این امر تحمل بالاتر گلرنگ به کمبود آب به‌خاطر داشتن ریشه‌هایی با توان جذب آب بالاتر از لایه‌های عمیق‌تر خاک بود (Kumar, 2000). در مطالعه‌ای پژوهشگران عنوان کردند که وقوع تنش خشکی در مرحله جوانه‌زنی گلرنگ، باعث می‌شود که درصد و سرعت جوانه‌زنی کاهش پیدا کند (Mostafavi, 2011) . گزارش شده است که حساس‌ترین مرحله در گلرنگ به آبیاری، مرحله گلدهی و پر شدن است (Istanbulluoglu, 2009) و نیز رژیم‌های مختلف آبیاری تأثیر قابل توجهی بر بذر، عملکرد روغن خام، تعداد دانه در طبق، شاخص برداشت و کل وزن خشک داشتند (Nabipour, 2007). در مطالعه‌ای محققان گزارش کردند که وقوع تنش خشکی در مرحله پرشدن دانه‌ها در گلرنگ باعث شد که تعداد دانه در طبق و وزن هزاردانه به‌صورت معنی‌داری کاهش یابند (Pasban Eslam, 2011). نتایج تحقیق دیگری نشان داد که تنش کم‌آبی بر عملکرد و اجزای عملکرد مؤثر است. در این بررسی بین تنش و وزن هزاردانه و تعداد دانه در طبق اختلاف معنی‌داری مشاهده شد (Ozturk *et al*., 2008)؛ هم‌چنین اثر ژنوتیپ‌های گلرنگ بر میزان روغن دانه و عملکرد روغن دانه نیز معنی‌دار شد که ژنوتیپ Montola 2000 در هر دو شرایط تنش و بدون تنش دارای کم‌ترین مقدار روغن بود، ولی در شرایط بدون تنش، ژنوتیپ Dincer با ۳۲ درصد روغن و در شرایط تنش، ژنوتیپ C9305 با ۳۱ درصد روغن دارای بیش‌ترین درصد روغن در دانه بودند (Ozturk *et al*., 2008). نتایج ارزیابی ده ژنوتیپ گلرنگ ایرانی در پاسخ به خشکی در مرحله گلدهی با تأکید بر تفاوت‌های اساسی بین ژنوتیپ‌ها برای همه ژنوتیپ‌های مورد مطالعه نشان داد که دوره گلدهی به‌عنوان حساس‌ترین مرحله نسبت به کم‌آبی است که خود باعث کاهش عملکرد می‌شود(Zareie *et al*., 2013). در مطالعه‌ای دیگر 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 and Silva, 2017). در آریزونا با مطالعه روی ۲۴ ژنوتیپ گلرنگ مشخص شد که عملکرد دانه در واحد سطح با تعداد طبق، تعداد بذر در طبق، وزن هزاردانه و تعداد شاخه جانبی دارای همبستگی معنی‌داری بود، ضمن این‌که تعداد طبق در بوته مهم‌ترین جزء از اجزای عملکرد گلرنگ می‌باشد. تأثیر خشکی بر میزان و ترکیب اسیدهای چرب دانه گلرنگ، ارزش اقتصادی روغن و ترکیب اسیدهای چرب روغن دانه گلرنگ را تعیین می‌کند. بنابراین خشکی می‌تواند اثر برجسته‌ای بر کیفیت و کمیت روغن استخراج شده از دانه داشته باشد (Ashrafi and Razmjo, 2015). گلرنگ اگرچه به‌عنوان گیاهی متحمل به شرایط کم‌آبی شناخته می‌شود، اما تنش کم‌آبی به‌ویژه قطع آب آبیاری در فاز زایشی، از گلدهی به بعد باعث کاهش عملکرد دانه و اجزای عملکرد می‌گردد (Bijanzadeh *et al*., 2022). محققان در مطالعه‌ای عنوان کردند که با وقوع تنش خشکی در گلرنگ، ارتفاع و عملکرد دانه به‌طور معنی‌داری کاهش پیدا می‌کند (Tayebi *et al*., 2018) و نیز تحقیق دیگری نشان داد آبیاری نرمال باعث افزایش ارتفاع در ژنوتیپ‌های گیاه گلرنگ می‌گردد و اعمال تیمار کم‌آبی از میزان این متغیر به‌طور معنی‌داری می‌کاهد (Farasat *et al*., 2012).

در پژوهش‌های مختلف، عنوان شده است که کمبود آب، رشد گیاه گلرنگ را تحت تأثیر قرار می‌دهد، به‌طوری‌که با افزایش شدت تنش خشکی، کاهش در اکثر صفات مورفولوژیکی از قبیل ارتفاع، فاصله محل اولین انشعاب شاخه‌ها تا سطح خاک، تعداد شاخه فرعی و میزان ماده خشک گیاهی مشاهده

شده است.

هدف از تحقیق حاضر، ارزیابی اثرات تنش کمبود آب در دوره زایشی روی هریک از اجزای عملکرد دانه و میزان بازتاب آن روی محصول نهایی دانه و روغن ژنوتیپ‌های امیدبخش گلرنگ پاییزه در اراضی کم‌بازده حاشیه دریاچه ارومیه به‌منظورگزینش ژنوتیپ‌های متحمل به تنش کمبود آب در طی دوره زایشی برای گزینش نهایی جهت کشت در اراضی کم‌بازده حاشیه دریاچه ارومیه بود.

مواد و روش‌ها

پژوهش حاضر در ایستگاه خسروشاه مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی آذربایجان شرقی طی سال زراعی ۹۹-۱۳۹۸ اجرا شد. این ایستگاه (۴۶ درجه و ۲ دقیقه شرقی، ۳۷ درجه و ۵۸ دقیقه شمالی) درسیستم اقلیم‌بندی کوپن سرد و نیمه‌خشک است. هم‌چنین منطقه زمستان‌هایی با روزهای یخبندان دارد. میانگین دراز مدت بارندگی سالانه ۲۷۰ میلی‌متر می‌باشد. ارتفاع محل آزمایش از سطح دریا ۱۳۴۷ متر می‌باشد.این ایستگاه در حاشیه دریاچه ارومیه قرار دارد. برخی خصوصیات خاک محل آزمایش تا عمق ۳۰ سانتی‌متری در جدول ۱ گزارش شده است. آزمایش در قالب کرت‌های خرد شده بر پایه بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار انجام شد. فاکتور اصلی، تنش کم‌آبی با دو سطح بدون تنش و اعمال تنش از مرحله گلدهی تا رسیدگی دانه و فاکتور فرعی شامل شش ژنوتیپ گلرنگ پاییزه به نام‌های پدیده، قزاقی، kh 68 , kh 97 و kh 132 بود. بذر این ژنوتیپ‌ها از مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان آذربایجان شرقی تهیه شدند.

جدول زمان‌بندی آبیاری واحدهای آزمایشی بر اساس روش تغییرات درصد حجمی رطوبت خاک در عمق توسعه ریشه انجام گرفت. در این آزمایش تیمار رژیم آبیاری کامل (عدم تنش) زمانی صورت گرفت که ۳۵ درصد رطوبت قابل استفاده در عمق صفر تا ۳۰ سانتی‌متری خاک توسط گیاه و یا در اثر تبخیر از سطح خاک تخلیه گردید و در رژیم آبیاری دوم (تنش کم‌آبی) آبیاری زمانی انجام شد که ۶۰ درصد رطوبت قابل استفاده در عمق صفر تا ۷۰ سانتی‌متری خاک تخلیه گردید. تعیین مقدار رطوبت قابل استفاده نیز از تفاوت درصد حجمی رطوبت (در عمق توسعه ریشه) در نقطه ظرفیت زراعی (ظرفیت زراعی) از درصد حجمی رطوبت در نقطه پژمردگی دائمی بدست آمد. برای کنترل رطوبت خاک در عمق توسعه ریشه از دستگاه T.D.R ساخت تایوان در عمق صفر تا ۳۰ سانتی‌متری کرت‌ها استفاده شد. در کل دوره رشد گیاه، تعداد دفعات آبیاری شامل دو مرحله آبیاری در پاییز و در فصل بهار کرت‌های عدم تنش چهار مرحله و کرت‌هایی که در آن‌ها تنش اعمال گردیده بود دو مرحله آبیاری گردیدند. با توجه به شرایط اقلیمی منطقه، در دوره اعمال تنش بارندگی صورت نگرفت. هر کرت از چهار ردیف کاشت به طول چهار متر تشکیل شده بود و برای جلوگیری از نشت آب بین کرت‌ها و بین تکرارها دو متر فاصله ایجاد شد. فاصله خطوط کاشت ۲۴ سانتی‌متر تنظیم شد. میزان بذر ۲۰ کیلوگرم در هکتار بوده و در نهایت تراکم ۴۸۰ هزار بوته در هکتار تثبیت شد. کشت در ۲۰ شهریور ماه سال ۱۳۹۸ انجام گردید.

جدول ۱- برخی خصوصیات فیزیکو شیمیایی خاک مزرعه آزمایشی

Table 1- Some Physico-chemical characteristics of experimental farm soil

عمق خاک Depth (cm)	شن Sand (%)	سیلت Silt (%)	رس Clay (%)	پتاسیم Potassium (mg/kg)	فسفر Phosphorus (mg/kg)	نیتروژن Nitrogen (%)	کربن آلی Organic carbon (%)	هدایت الکتریکی EC (ds/m)	pH
0-30	69	17	14	215	15	0.05	0.42	6.7	8

کوددهی مزرعه بر پایه نتایج آزمون خاک با استفاده از کود نیتروژن‌دار اوره به مقدار ۱۳۲ کیلوگرم در هکتار در دو مرحله قبل کاشت و شروع گلدهی، سولفات پتاسیم به مقدار۲۰ کیلوگرم در هکتار به صورت K_2O و سوپر فسفات تریپل به مقدار ۱۸ کیلوگرم در هکتار به‌صورت P_2O_5 قبل از کاشت انجام گرفت. هم‌چنین در اواسط مرحله‌ی گلدهی برای مبارزه با آفت مگس گلرنگ، مزرعه با سم دیازینون با غلظت یک در هزار سم‌پاشی گردید.علف‌های هرز به شکل دستی وجین شدند. با

مشاهده علایم رسیدگی فیزیولوژیک از اوایل تا اواخر تیرماه تعداد طبق در بوته، تعداد دانه در طبق و وزن هزاردانه، در ۱۰ بوته انتخابی به‌صورت تصادفی از هر کرت آزمایشی اندازه‌گیری شدند. عملکرد دانه پس از حذف حاشیه‌ها با برداشت کل بوته‌های هر کرت آزمایشی تعیین گردید. در این پژوهش، به‌منظور بدست آوردن وزن هزاردانه از ترازوی دقیق آزمایشگاهی استفاده گردید. سایر صفات نیز به‌صورت زیر اندازه‌گیری شدند:

درصد و عملکرد روغن: جهت استخراج روغن از حلال دی اتیل اتر استفاده گردید. بدین منظور دو گرم دانه از هر تیمار به‌صورت کامل پودر گردید و در داخل فالکون‌های ۵۰ سی‌سی ریخته شد. سپس مقدار ۲۰ سی‌سی محلول دی اتیل اتر با استفاده از پیپت روی نمونه‌ها اضافه گردید. از دستگاه ورتکس جهت مخلوط کردن نمونه‌ها استفاده شد. پس از گذشت ۲۴ ساعت، نمونه‌ها به مدت ۱۰ دقیقه با دور ۱۰۰۰۰ و با دمای ۲۰- درجه‌ی سانتی‌گراد در داخل دستگاه سانتریفیوژ قرار گرفتند و سپس فاز جامد از مایع جداسازی و تحت شرایط خلاء روغن از حلال جداسازی و جمع‌آوری گردید. درصد روغن از طریق رابطه‌ی وزن روغن تقسیم بر مقدار ماده خشک ضربدر ۱۰۰ محاسبه شد (Zahedifard *et al.*, 2014).

برای محاسبه عملکرد روغن، درصد روغن در عملکرد دانه ضرب شده و عدد حاصل به‌عنوان عملکرد روغن در هکتار در محاسبات آماری استفاده شد.

دمای برگ: برای اندازه‌گیری دمای برگ با استفاده از دماسنج مادون قرمز مدل T_2-825 ساخت کارخانه تستو ایتالیا اندازه‌گیری شد. تعداد ۱۰ بوته به‌صورت تصادفی انتخاب و دمای آن‌ها اندازه‌گیری و میانگین مربوطه تعیین شد. هم‌چنین اندازه‌گیری دمای برگ بین ساعات ۱۱ الی ۱۴ صورت گرفت.

شاخص سبزینگی: برای این منظور در مرحله حداکثر رشد رویشی (اوایل دوره پر شدن دانه) با استفاده از دستگاه کلروفیل‌متر SPAD شاخص سبزینگی در پنج بوته و از لایه‌های بالایی کانوپی (برگ‌های جوان توسعه یافته) در یک برگ انتخاب شده اندازه‌گیری شد.

قبل از تجزیه آماری، تست نرمال بودن داده‌ها انجام و سپس تجزیه و تحلیل آماری داده‌های بدست آمده از اندازه‌گیری صفات مورد نظر با استفاده از نرم‌افزار SAS 9.1 انجام شد. برای مقایسه میانگین‌ها از آزمون حداقل اختلاف معنی‌دار (LSD) در سطح احتمال پنج درصد استفاده شد، هم‌چنین برای مقایسه میانگین بین ژنوتیپ‌ها تحت شرایط نرمال و تنش کم‌آبی از روش برش‌دهی استفاده گردید. برای ترسیم شکل‌ها از نرم‌افزار Excel استفاده شد. جهت ارزیابی ارتباط بین صفات مورد مطالعه در این پژوهش از اعداد همبستگی پیرسون استفاده گردید. به‌منظور گروه‌بندی ژنوتیپ‌ها، پی بردن به فاصله ژنتیکی بین آن‌ها و استفاده از تنوع ژنتیکی موجود در آن‌ها از تجزیه خوشه‌ای (Cluster Analysis) به روش Ward براساس مربع فاصله اقلیدسی به‌عنوان معیار فاصله استفاده گردید.

نتایج و بحث

تعداد طبق در بوته و تعداد دانه در طبق

نتایج حاصل از تجزیه واریانس نشان دادند که شروع تنش کم‌آبی از مرحله گلدهی تأثیر معنی‌داری روی صفت تعداد طبق در بوته داشت (جدول ۲). به‌طوری‌که تعداد طبق در بوته، در شرایط نرمال (بدون تنش) و تنش کم‌آبی به ترتیب ۱۲/۲۵ و ۱۱ عدد در بوته بود. درحالی‌که بین ژنوتیپ‌های مورد مطالعه از نظر صفت تعداد طبق در بوته اختلاف معنی‌داری مشاهده نگردید. کاهش تعداد طبق در بوته در شرایط تنش را می‌توان به قدرت رشد رویشی کمتر گیاه تحت شرایط تنش کم‌آبی که از کاهش در صفاتی چون طول ساقه، قطر ساقه و تعداد شاخه‌های فرعی ناشی می‌شود، نسبت داد. در آزمایش حاضر، کاهش منابع و مواد فتوسنتزی به‌دلیل کاهش سطح برگ‌ها در اثر رژیم آبیاری نامطلوب باعث کم شدن تعداد طبق در بوته گردید.

محققان در مطالعه‌ای عنوان کردند که اعمال قطع آبیاری از مرحله رشد زایشی باعث کاهش معنی‌دار تعداد طبق در بوته در سه رقم گلرنگ سینا، فرامان و محلی اصفهان شد (Farjam *et al.*, 2014). در مطالعه‌ای دیگر محققان گزارش کردند که تنش کم‌آبی با کاهش طول دوره رشد گیاه و هم‌چنین تسریع در ورود به فاز زایشی منجر به کاهش تعداد طبق در بوته می‌شود، هم‌چنین کمبود آبیاری مانع رشد جوانه‌های جانبی شده و تعداد شاخه فرعی و در نتیجه تعداد طبق در بوته گلرنگ را کاهش می‌دهد (Bijanzadeh *et al.*, 2022). تنش خشکی با کاهش طول دوره رشد گیاه و هم‌چنین تسریع در ورود به فاز زایشی منجر به کاهش تعداد طبق در بوته می‌شود.

جدول ۲- نتایج تجزیه واریانس صفات مورد مطالعه در ژنوتیپ‌های پاییزه گلرنگ تحت تنش کم‌آبی

Table 2- The results of analysis of variance of studied traits in autumn safflower genotypes under water stress

منابع تغییر Sources of Variation	درجه آزادی df	میانگین مربعات Mean Squares							
		تعداد طبق در بوته Petal Number per plant	تعداد دانه در طبق Seed Number of Petal	وزن هزاردانه Seed thousand Weight	عملکرد دانه Seed Yield	درصد روغن Oil Percentage	عملکرد روغن Oil Yield	شاخص کلروفیل Chlorophyll Index	دمای برگ Leaf Temperature
تکرار Replication	2	1.61 n.s	102.61 n.s	4.21 n.s	20651.10 n.s	0.30 n.s	2073.7 n.s	1087 **	2.59 n.s
تنش کم‌آبی Water stress	1	14.69 **	3616.01**	35.20 **	10525742.04 **	129.58 **	1075731.98 **	16086.69 **	383.50 **
خطای اصلی Error A	2	2.01	102.92	0.70	94689.71	0.16	6473.55	188.11	24.71
ژنوتیپ Genotype	5	2.28 n.s	51.97 n.s	10.35 **	1149088.05 **	33.88 **	140248.05 **	1177.36 **	6.75 n.s
ژنوتیپ × تنش Genotype × Stress	5	0.24 n.s	35.70 n.s	2.18 n.s	400183.93 **	4.62 **	34076.56 **	1554.74 **	13.25 *
خطای فرعی Error B	20	1.80	51.26	1.29	83930.99	12.91	4809.37	61.03	4.71
ضریب تغییرات (C.V) (%)		9.38	17.29	3.69	13.96	3.31	13.33	11.01	11.79

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

n.s,* and ** are respectively insignificant and significant at the probability level of 5% and 1%

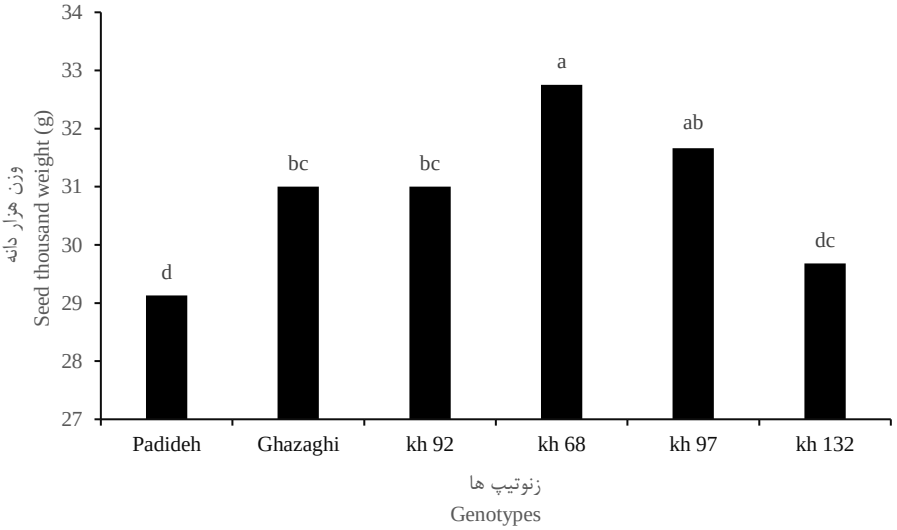
براساس نتایج بدست آمده مشخص گردید که بروز تنش کم‌آبی از مرحله‌ی گلدهی تأثیر معنی‌داری روی تعداد دانه در طبق داشته (جدول ۲) به‌طوری‌که تعداد دانه در طبق، در شرایط نرمال (بدون تنش) و تنش کم‌آبی به ترتیب ۵۱/۴۳ و ۳۱/۳۸ عدد در بوته بود. ولی اختلاف معنی‌داری بین ژنوتیپ‌های مورد مطالعه از نظر تعداددانه در طبق مشاهده نگردید. به‌طورکلی تعداد دانه در طبق تحت تأثیر شرایط محیطی طی دوران رشد سریع طبق و شروع رشد مغز دانه قرار می‌گیرد و تعداد دانه در طبق می‌تواند از قبل از شروع گرده‌افشانی تا مدتی پس از آن تغییر کند (Sehgal *et al*., 2018). ماده خشک ذخیره شده در بذر عمدتاً نتیجه فتوسنتز انجام شده (فتوسنتز جاری) می‌باشد، بنابراین در اثر تنش خشکی تعداد آغازه‌های گل کاهش می‌یابد و تعداد دانه در طبق کمتری تولید می‌گردد. به نظر می‌رسد کاهش جریان فرآورده‌های فتوسنتزی به تخمک‌های لقاح یافته در اواخر مرحله گلدهی که از نظر نیاز آبی بحرانی می‌باشد، باعث سقط دانه‌ها و افت تعداد دانه در طبق می‌گردد (Koutroubas *et al*., 2004; Pasban Eslam, 2004 از طرفی می‌توان گفت تنش خشکی باعث کاهش سطح ویژه برگ و دوام سطح برگ در گیاه شده که این وضعیت نیز با کاهش سطح فتوسنتزکننده در طول دوره رشد گیاه باعث کاهش سطح تولید اسیمیلات‌ها شده و درنتیجه تعداد دانه کاهش می‌یابد (Bogati and Walczak, 2022).

وزن هزار دانه

براساس اطلاعات بدست آمده مشخص گردید که اثر تنش کم‌آبی روی وزن هزاردانه معنی‌دار بود (جدول ۲). به‌طوری‌که مقدار این صفت، در شرایط نرمال (بدون تنش) و تنش کم‌آبی به ترتیب ۳۱/۸۶ و ۲۹/۸۸ گرم بدست آمد. در نتیجه مقدار وزن هزاردانه در اثر تنش کم‌آبی کاهش یافت. هم‌چنین بین ژنوتیپ‌های مورد مطالعه نیز اختلاف معنی‌داری از نظر وزن هزاردانه مشاهده گردید (جدول ۲). براساس مقایسه میانگین وزن هزاردانه ژنوتیپ‌های مورد مطالعه مشخص گردید که بیش‌ترین وزن هزاردانه مربوط به ژنوتیپ kh 68 (۳۲/۷۵ گرم) وکم‌ترین وزن هزاردانه مربوط به ژنوتیپ پدیده (۲۹/۱۳ گرم)

بود (شکل ۱). بدیهی است که کمبود آب در طول دوره پر شدن دانه‌ها با کاهش فتوسنتز جاری و پشتیبانی کمتر مخزن دانه، باعث ایجاد دانه‌های سبک‌تری شده است.

به طورکلی وزن هزاردلنه تابعی از سرعت و طول دوره پر شدن آن است که از دو منبع فتوسنتز جاری و انتقال مجدد مواد ذخیره‌ای در گیاه تأمین می‌شود که به نظر می‌رسد در تیمارهای قطع آبیاری، این مؤلفه‌ها از سرعت و مدت کمتری نسبت به شرایط عدم تنش برخوردار بودند (Sinaki *et al.*, 2007). در این تحقیق نیز دلیل کاهش وزن هزاردانه در شرایط تنش خشکی احتمالاً می‌تواند به این دلیل باشد که وقوع تنش موجب کاهش جذب آب و املاح و در نتیجه کاهش فتوسنتز برگ و تولید شیره پرورده شده است. در آزمایشی نشان داده شده است که از بین اجزای عملکرد، وزن هزاردانه در تعیین عملکرد دانه گلرنگ نقش برجسته‌ای دارد (Koutroubas *et al.*, 2004). نتایجی که در این تحقیق بدست آمده با نتایج سایر محققین (Mahmoudieh champiri, 2012) مبنی بر وجود اختلاف معنی‌دار بین ژنوتیپ‌های گلرنگ از نظر صفت وزن هزاردانه، مطابقت دارد.



شکل ۱- مقایسه میانگین وزن هزاردانه ژنوتیپ‌های مورد مطالعه

Figure 1- Mean comparison of seed thousand weight of studied genotypes

حروف متفاوت بیانگر اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد به روش LSD می‌باشد.

Different letters indicate a significant difference at the 5% probability level by LSD method.

دمای برگ

براساس نتایج بدست آمده، مشخص گردید اثر متقابل تنش کم‌آبی و ژنوتیپ نیز روی دمای برگ معنی‌دار بود (جدول ۲). به طورکلی تنش کمبود آب در ژنوتیپ‌های مورد آزمایش گلرنگ پاییزه باعث افزایش دمای برگ گردید، به‌طوری‌که دمای برگ دو ژنوتیپ kh 132 (۲۴/۱۶ درجه سانتی‌گراد) و قزاقی (۲۲/۳۳ درجه سانتی‌گراد) در شرایط اعمال تنش به طور معنی‌داری افزایش پیدا کرده که این موضوع می‌تواند ناشی از حساسیت بیشتر این دو ژنوتیپ به شرایط تنش باشد. هم‌چنین کم‌ترین دمای برگ به ژنوتیپ‌های پدیده، kh 68 و kh 92 اختصاص داشت که نشان‌دهنده مقاومت آن‌ها نسبت به تنش خشکی می‌باشد(جدول ۳). به دنبال افت آب قابل استفاده خاک، پتانسیل آب گیاه و کاهش تعرق، دمای برگ افزایش می‌یابد. بدیهی است کمبود آب برگ با بسته شدن روزنه‌ها و افت تعرق، افزایش دمای برگ و در نهایت کاهش عملکرد را باعث می‌شود (Bagheri *et al.*, 2013). به نظر می‌رسد که بتوان از شاخص دمای تاج پوشش برگی برای بررسی بازتاب اثرات تنش خشکی و ارزیابی تحمل به خشکی ارقام گلرنگ پاییزه استفاده نمود.

در آزمایشی، دمای برگ، شاخص مناسبی در نشان دادن اثرات خشکی روی ژنوتیپ‌های بهاره گلرنگ گزارش شده است (Pasban Eslam, 2011). امروزه اندازه‌گیری دمای برگ و تاج

پوششی برگی به‌عنوان روشی متداول برای ارزیابی شدت تنش خشکی در گیاهان زراعی مورد استفاده قرار می‌گیرد (Durigon and van Lier, 2013). به طورکلی دمای تاج پوشش برگی با تنش خشکی همبستگی مثبت دارد. هم‌چنین پژوهشگران عنوان کردند که یکی از مکانیسم‌های اصلی مقاومت به خشکی در گیاهان کاهش میزان تعرق از طریق بستن روزنه‌ها می‌باشد که نتیجه این امر افزایش دمای پوشش گیاهی و میزان آب حفظ شده برگ می‌باشد. با محدودیت دسترسی به آب، تعرق کاهش یافته و متعاقب آن دمای برگ‌ها به‌خاطر تداوم جذب تشعشع افزایش می‌یابد (Karimizadeh and Mohammadi, 2011)

شاخص کلروفیل (اسپد)

براساس نتایج تجزیه واریانس مشخص گردید که اثر متقابل تنش کم‌آبی و ژنوتیپ روی شاخص کلروفیل معنی‌دار بود (جدول ۲).

در اکثر ژنوتیپ‌های مورد مطالعه تنش کم‌آبی موجب کاهش شاخص کلروفیل در گیاه گلرنگ گردید ولی در دو ژنوتیپ kh 97 (۴۳/۶۷) و kh 132 (۴۸/۳۳) شاخص کلروفیل در شرایط اعمال تنش به طور معنی‌داری کاهش پیدا کرد که این موضوع می‌تواند به دلیل کاهش سطح برگ، پیری زودرس برگ‌ها و تغییر در ساختار رنگدانه‌ها باشد. هم‌چنین ژنوتیپ‌های پدیده، kh 68 و kh 92 دارای بیش‌ترین شاخص کلروفیل بودند به عبارتی این ژنوتیپ‌ها دارای دمای برگ کمتری بودند، بنابراین به تنش کم‌آبی مقاوم‌تر بوده و محتوای کلروفیل افزایش داشته است (جدول ۳). کاهش محتوای کلروفیل در تنش خشکی به‌علت کاهش عوامل لازم برای سنتز کلروفیل و تخریب ساختمان آن است؛ به این معنا که کاتابولیسم کلروفیل در شرایط تنش خشکی افزایش می‌یابد و علت عمدهٔ آن علاوه بر موارد یاد شده، پیری زودرس برگ‌ها در اثر اختلال هورمونی ناشی از تنش خشکی است(Kafi and Rustami, 2009)

مطالعات نشان داده‌اند که تنش کم‌آبی موجب تخریب رنگدانه‌های فتوسنتزی، کاهش مقدار کلروفیل برگ و تخریب تشکیلات فتوسنتزی می‌گردد. در شرایط تنش، با وجود افزایش وزن مخصوص برگ، شدت تخریب کلروفیل نیز افزایش می‌یابد. کاهش میزان کلروفیل‌ها در شرایط تنش مربوط به افزایش تولید رادیکال‌های اکسیژن در سلول است. این رادیکال‌های آزاد سبب پراکسیداسیون و در نتیجه تجزیه این رنگیزه می‌گردند (Schutz and Fangmier, 2001). شاخص کلروفیل به‌عنوان یک معیار سنجش برای بررسی تأثیر تنش‌های محیطی، از جمله تنش آب برگونه‌های زراعی و تعیین میزان مقاومت به کم‌آبی در آن‌ها پیشنهاد شده است. زیرا کم‌آبی باعث شکسته شدن کلروپلاست‌ها و کاهش میزان کلروفیل می‌شود و محققان عنوان کردند که تنش خشکی از طریق فعالیت آنزیم‌های کلروفیلاز و پراکسیداز در گیاه باعث تخریب کلروپلاست و کاهش میزان کلروفیل می‌شود (Misra and Sricastatva, 2000). مقدار کلروفیل از مهم‌ترین عوامل مؤثر در ظرفیت فتوسنتزی گیاهان است، زیرا به‌طور مستقیم بر سرعت و میزان فتوسنتز و در نهایت تولید زیست‌توده تأثیرگذار می‌باشد. کاهش محتوای کلروفیل تحت شرایط تنش خشکی گزارش شده است و حفظ غلظت کلروفیل تحت شرایط تنش خشکی به ثبات فتوسنتز در این شرایط کمک می‌کند (Sherin *et al*., 2022).

عملکرد دانه

براساس نتایج بدست آمده مشخص گردید که اثر متقابل تنش کم‌آبی و ژنوتیپ روی عملکرد دلنه در گلرنگ معنی‌دار بود (جدول ۲). براساس مقایسه میانگین ژنوتیپ‌های مورد مطالعه در صفت عملکرد دانه مشخص گردید که تنش کم‌آبی در ژنوتیپ‌های مورد مطالعه گلرنگ پاییزه باعث کاهش عملکرد دانه گردید ولی در دو ژنوتیپ kh 132 (۹۵۵/۳ کیلوگرم در هکتار) و kh 92 (۱۳۲۳/۵ کیلوگرم در هکتار) عملکرد دانه، تحت تنش اعمال شده به‌صورت معنی‌داری کاهش پیدا کرد (جدول ۳). دلیل کاهش عملکرد دانه در این دو ژنوتیپ را می‌توان ناشی از افزایش دمای برگ که به دنبال آن کلروفیل، فتوسنتز و درنتیجه تعداد طبق در بوته، تعداد دلنه در طبق و وزن هزاردلنه کاهش می‌یابد، دانست. به‌عبارتی دیگر احتمال دارد تنش خشکی باعث کاهش فتوسنتز جاری شده و روی انتقال مجدد مواد فتوسنتزی از لندام‌های گیاهی به دلنه تأثیر منفی گذاشته و درنتیجه دانه‌های کمتر و سبک‌تری (چروکیدگی) در داخل طبق تشکیل گردد. هم‌چنین در آزمایش حاضر ژنوتیپ پدیده بیش‌ترین عملکرد دانه را داشت. نتایج

تحقیق حاضر نشان داد که تحت تنش کم‌آبی، عملکرد دانه در ژنوتیپ پدیده بیشتر از سایر ژنوتیپ‌ها بود که ممکن است به‌دلیل سازگاری بهتر این رقم با شرایط تنش آبی از مراحل گلدهی تا بلوغ بذر نسبت به سایر ژنوتیپ‌ها باشد. عملکرد گیاهان زراعی مختلف تحت تأثیر مقدار آب آبیاری، مرحله رشدی گیاه و هم‌چنین ژنوتیپ متفاوت است و معمولاً با افزایش تنش کم‌آبی کاهش می‌یابد. در آزمایش حاضر از بین اجزای عملکرد دانه گلرنگ پاییزه اثر تنش کم‌آبی روی تعداد دانه در طبق و وزن هزاردانه معنی‌دار شده و در نهایت روی عملکرد دانه منعکس گردید. بنابراین چنین استنباط می‌شود که در طی دوره پر شدن دانه‌ها با کاهش جریان فرآورده‌های فتوسنتزی به سوی دانه‌ها، آن‌ها از وزن کمتری برخوردار شده و در نهایت وزن هزاردانه و عملکرد دانه کاهش یافته است. نتایج این آزمایش نشان دادند که کمبود آب در طول دوره پر شدن دانه‌ها با کاهش وزن هزاردانه، تعداد طبق در بوته و تعداد دانه در طبق، عملکرد دانه را کاهش داد.

در مورد گیاه گلرنگ پژوهشگران متعددی گزارش کردند که تنش کم‌آبی سبب کاهش عملکرد و اجزای عملکرد دانه در این گیاه می‌گردد که با نتایج تحقیق حاضر در ژنوتیپ‌های مختلف گلرنگ مطابقت دارد. در مطالعه‌ای ژنوتیپ‌های مختلف گلرنگ تحت تنش کم‌آبی مورد مطالعه قرار گرفتند و نتایج نشان داد همه ژنوتیپ‌ها تحت شرایط تنش در مقایسه با عدم تنش کاهش معنی‌داری در میزان عملکرد دانه داشتند و در بین ژنوتیپ‌ها، گلدشت مقاومت بیشتری نسبت به تنش نشان داد و میزان کاهش عملکرد در مقایسه با سایر ژنوتیپ‌ها کمتر بود (Bijanzadeh *et al.*, 2022). پژوهشگران گزارش کردند که تنش خشکی در گیاه با کاهش آب برگ و در نتیجه بسته شدن روزنه‌ها و افت فتوسنتز از یک سو و متأثر کردن فعالیت‌های آنزیمی و فرآیندهای مربوطه از سوی دیگر، موجب افت عملکرد دانه از طریق کاهش اجزای عملکرد می‌شود (Farrokhinia *et al.*, 2011).

محققان گزارش کردند که کمبود آب در مراحل مختلف رشد، فعالیت‌های فیزیولوژیکی گیاه (نظیر تشکیل و پر شدن دانه) را کاهش داده و از این طریق عملکرد دانه را می‌کاهد (Jabbari Orange and Ebadi, 2011). در یک مطالعه نشان داده شد که با اعمال تنش کمبود آب روی بوته‌های گلرنگ در طول فصل رشد، عملکرد دانه و اجزای آن به‌طور معنی‌داری کاهش می‌یابد (Noroozi and Kazemeini, 2013).

درصد و عملکرد روغن

براساس نتایج بدست آمده از تجزیه‌ی واریانس مشخص گردید که اثر متقابل تنش کم‌آبی و ژنوتیپ روی درصد روغن معنی‌دار بود (جدول ۲). نتایج مقایسه میانگین ژنوتیپ‌های مورد مطالعه نشان داد که تنش خشکی باعث کاهش درصد روغن ژنوتیپ‌های گلرنگ پاییزه گردید اما در دو ژنوتیپ kh 92 (۱۶/۸ درصد) و kh 132 (۲۱/۷۳ درصد) میزان کاهش بیشتر بود. به عبارتی حساسیت این دو ژنوتیپ به تنش کم‌آبی نسبت به ژنوتیپ‌های دیگر بیشتر بود (جدول ۳).

در آزمایش حاضر ژنوتیپ پدیده در هر دو حالت آبیاری کامل و تنش کم‌آبی بیش‌ترین درصد روغن را کسب کرد. هم‌چنین این ژنوتیپ ازشاخص کلروفیل بالاتر و دمای برگ کمتری برخوردار بود. نتایج مطالعه اثرات تنش خشکی روی روغن دانه و ترکیبات آن در گلرنگ نشان داد که کمبود آب باعث کاهش معنی‌دار درصد روغن دانه شد (Ashrafi and Razmjoo, 2010). اصولاً درصد روغن یک صفت کمی است و توسط چندین ژن کنترل می‌شود، بنابراین آسیب دیدن تعداد زیادی از ژن‌های کنترل کننده سنتز روغن دانه در اثر تنش خشکی بعید به نظر می‌رسد. از این رو کاهش درصد روغن در اثر تنش خشکی جزئی است (Jensen *et al.*, 1996). در ارتباط با تأثیر تنش رطوبتی بر صفت درصد روغن در گیاهان دانه روغنی گزارش‌های متفاوت و حتی متناقضی موجود است. به‌طوری‌که برخی گزارش دادند که تنش خشکی باعث کاهش درصد روغن دانه می‌گردد(Rudranaik *et al.*, 2001). در آزمایشی وقوع تنش خشکی طی مرحله پر شدن دانه موجب افت ۱ تا ۲ درصدی روغن دانه شده است (Mirshekari *et al.*, 2013).

براساس نتایج بدست آمده از تجزیه واریانس، مشخص گردید که اثر متقابل تنش کم‌آبی و ژنوتیپ روی عملکرد روغن معنی‌دار بود (جدول ۲). براساس مقایسه میانگین ژنوتیپ‌های مورد مطالعه در مورد عملکرد روغن مشخص گردید که تنش خشکی باعث کاهش عملکرد روغن ژنوتیپ‌های گلرنگ پاییزه

گردید ولی در دو ژنوتیپ kh 92 (۲۲۳/۰۷ کیلوگرم در هکتار) و kh 132 (۲۰۷/۲۲ کیلوگرم در هکتار) عملکرد روغن در شرایط اعمال تنش به‌صورت معنی‌داری کاهش پیدا کرد و نشان از افت شدید این صفت در ژنوتیپ‌ها دارد که می‌تواند ناشی از حساسیت بیشتر این ژنوتیپ‌ها به شرایط تنش باشد و هم‌چنین تنش کم‌آبی باعث کاهش طول دوره پر شدن دانه و در نتیجه کاهش وزن هزاردلنه و عملکرد دلنه و درصد روغن می‌شود. ژنوتیپ پدیده در هر دو شرایط آبیاری کامل (بدون تنش) و تنش کم‌آبی بیش‌ترین عملکرد دانه را کسب کرد، که نسبت به سایر ژنوتیپ‌ها دارای برتری معنی‌دار بود (جدول ۳). هم‌چنین این ژنوتیپ از شاخص کلروفیل، عملکرد دلنه، تعداد طبق در بوته و تعداد دلنه در طبق بالاتری نیز برخوردار بود و از آنجایی که بین عملکرد روغن با تعداد دانه در طبق و تعداد طبق در بوته همبستگی مثبت وجود دارد بنابراین ژنوتیپ پدیده مقاومت بالایی در برابر تنش خشکی داشته و عملکرد روغن بالاتری دارد.

در مطالعه‌ای بررسی ۱۴ ژنوتیپ گلرنگ نشان داد که بین ژنوتیپ‌های مورد مطالعه از نظر عملکرد دانه، اجزای عملکرد و عملکرد روغن اختلاف معنی‌داری وجود دارد (Paban-Eslam, 2004). ارزیابی ژنوتیپ‌های گلرنگ نشان داد که بروز تنش کم‌آبی در هر دو مرحله گلدهی و پرشدن دانه باعث کاهش معنی‌دار تعداد دانه در طبق، تعداد طبق در بوته، وزن خشک بوته و عملکرد دانه و روغن گردید. در آزمایشی که با تیمارهای سطوح مختلف آبیاری براساس ۱۰۰، ۷۵ و ۵۰ درصد نیاز آبی روی گلرنگ انجام گرفت، بیش‌ترین عملکرد روغن به مقدار ۴۰۷/۲ کیلوگرم در هکتار با تامین ۱۰۰ درصد نیاز آبی وکم‌ترین عملکرد روغن نیز به مقدار ۲۹۷/۷ کیلوگرم در هکتار با تامین ۵۰ درصد نیاز آبی گیاه بدست آمد؛ در این گزارش آمده است که با اعمال تنش کم‌آبی در گلرنگ، عملکرد روغن به شدت کاهش یافت ولی با افزایش شدت تنش در سطوح بعدی، افت عملکرد روغن با شدت کمتری انجام شد (Ferasat *et al*., 2008).

در تحقیقی با بررسی عملکرد و اجزای عملکرد ۲۶ رقم، لاین و جمعیت گلرنگ در دو سال در شرایط نیمه‌خشک مشاهده شد که ارقام Syria Hama, Hartinan و لاین s-541-2 دارای بیش‌ترین عملکرد دلنه و لاین‌های 250540 و s-541-2 دارای بیش‌ترین محتوای روغن بودند (Beyyavas *et al*., 2011). گزارش شده است که تنش شدید کم‌آبی سبب کاهش مقدار روغن تولیدی در گلرنگ می‌شود و با کاهش بیشتر مقدار اسیدهای چرب با چند پیوند دوگانه و افزایش نسبت اسیدهای چرب اشباع، در نهایت موجب بالا رفتن درجه اشباع بودن روغن گلرنگ می‌گردد که با نتایج تحقیق حاضر روی ژنوتیپ‌های مورد مطالعه مطابقت دارد (Hamrouni *et al*., 2001).

تجزیه همبستگی بین صفات

با کمک تجزیه همبستگی پیرسون می‌توان اثر صفات غیر مؤثر یا کم تاثیر را در مدل رگرسیونی روی عملکرد حذف نموده و تنها صفاتی را که میزان قابل ملاحظه‌ای از تغییرات عملکرد را توجیه می‌کنند مورد بررسی قرار داد. بنابراین تجزیه ضرایب همبستگی صفات مختلف با عملکرد دانه به تصمیم‌گیری در مورد اهمیت نسبی این صفات و ارزش آن‌ها به‌عنوان معیارهای انتخاب کمک می‌کند (Al-Ashkar *et al*., 2021). شناسایی صفات مهم در گلرنگ و یا به‌عبارتی شناسایی همبستگی بین صفات با عملکرد دانه و روغن در این گیاه از اهمیت ویژه‌ای در تحقیقات به‌نژادی برخوردار می‌باشد (Bijanzadeh *et al*., 2022). جهت ارزیابی ارتباط بین صفات مورد مطالعه در این پژوهش از ضرایب همبستگی استفاده شد که نتایج آن در جدول ۴ نشان داده شده است. براساس نتایج بدست آمده، ضرایب همبستگی عملکرد دانه با درصد روغن (۰/۸۳)، عملکرد روغن (۰/۹۹۱)، تعداد طبق در بوته (۰/۷۶۸)، تعداد دانه در طبق (۰/۷۰۱) مثبت و معنی‌دار بود که بیش‌ترین مقدار ضریب همبستگی به عملکرد روغن اختصاص داشت (جدول ۴). بنابراین بیش‌ترین تأثیر تنش خشکی روی عملکرد روغن از طریق تغییر روی درصد روغن، تعداد طبق در بوته و تعداد دانه در طبق اعمال گردیده است. طبق بررسی‌های پژوهشگران، صفاتی مانند ارتفاع بوته و حجم نهایی بوته از مهم‌ترین ویژگی‌هایی هستند که به‌طور غیرمستقیم در تعیین عملکرد دلنه نقش دارند (Jakson, 1995). پژوهشگران دریافتند که تعداد روز تا شروع گلدهی، ارتفاع گیاه، تعداد شاخه اصلی، تعداد طبق در بوته و قطر طبق در ارقام مختلف گلرنگ، تفاوت معنی‌داری از خود نشان داده و اثر قطر طبق را مهم‌ترین عامل غیر مستقیم در جهت افزایش عملکرد دانسته‌اند (Mathur *et al*., 1996). محققان گزارش نمودند که ضرایب همبستگی

ژنوتیپی بین عملکرد دلنه و تعداد شـــاخه در گیاه، تعداد روز تا گلدهی و تعداد دلنه در طبق در ژنوتیپ‌های گلرنگ مثبت بوده و تعداد طبق مهم‌ترین صفت برای افزایش عملکرد دانه می‌باشد (Elfadl *et al*., 2009). در مطالعه‌ای دیگر روی ژنوتیپ‌های گلرنگ مشـخص شـد که عملکرد دانه با صـفات تعداد طبق در بوته و تعداد دانه در طبق همبسـتگی معنی‌داری داشـت و نتایج تجزیه رگرسـیون مرحله‌ای نشـان داد که تعداد دانه در طبق و تعداد طبق در بوته بیش‌ترین سهم را در توجیه تغییرات عملکرد دانه داشـتند (Amini *et al*., 2008). گزارش شـده اسـت که رابطه مثبت و معنی‌داری بین عملکرد دلنه و تعداد طبق در دلنه و هم‌چنین بین عملکرد دانه و وزن هزاردانه در گلرنگ وجود دارد (Bratulin, 1993). گزارش شـده اسـت که صـفات قطر طبق، تعداد طبق در بوته و تعداد دانه در طبق می‌توانند به‌عنوان بهترین شـــاخص‌های انتخاب در جهت افزایش عملکرد دانه ژنوتیـپ‌هـای گلرنـگ مورد اســـتفـاده قرار بگیرنـد (Arsalan, 2007). پژوهشـگران نیز صـفات وزن هزاردانه و تعداد دانه در طبق را به‌عنوان بهترین شـــاخص‌های انتخاب مؤثر برای بهبود ژنتیکی عملکرد دانـه ارقـام گلرنـگ بهـاره در شـــرایط معمول رطوبتی معرفی نمودند (Mozaffari and Asadi, 2006).

جدول ۳- مقایسه میانگین عملکرد دانه، درصد روغن، عملکرد روغن، شاخص کلروفیل و دمای برگ ژنوتیپ‌های مورد مطالعه تحت شرایط نرمال و تنش کم‌آبی

Table 3- Mean comparison of seed yield, oil content, oil yield, flower weight, chlorophyll index and leaf temperature of studied under normal conditions (no stress) and water stress genotypes

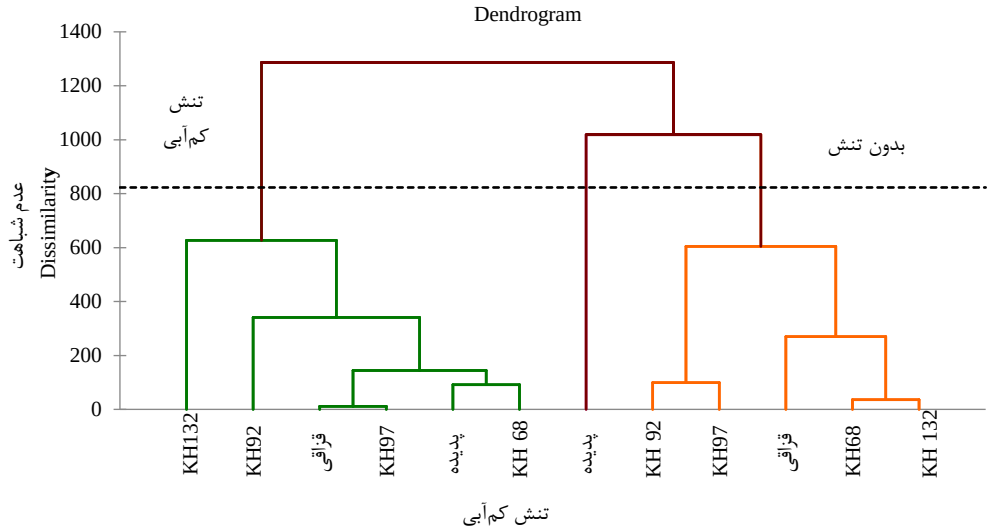
حروف متفاوت بیانگر اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد به روش LSD می‌باشد

Different letters indicate a significant difference at the 5% probability level by LSD method

تنش کم‌آبی Water stress	ژنوتیپ‌ها Genotypes	عملکرد دانه Seed yield (kg ha^{-1})	درصد روغن Oil content (%)	عملکرد روغن Oil yield (kg ha^{-1})	شاخص کلروفیل Chlorophyll index	دمای برگ Leaf temperature (◦C)
بدون تنش آبی Without water stress	Padideh	3476.7 ^{a}	29.43 ^{a}	1023.25 ^{a}	52 ^{c}	15 ^{abc}
	Ghazaghi	2598.3 ^{bc}	25.1 ^{c}	651.73 ^{bc}	134 ^{a}	12.33 ^{c}
	KH 92	1733.1 ^{d}	22.76 ^{d}	393.65 ^{d}	93.5 ^{b}	17.5 ^{ab}
	KH 68	2855.8 ^{b}	26.76 ^{b}	764.37 ^{b}	77.33 ^{b}	13.83 ^{bc}
	KH 97	2202.9 ^{c}	26.26 ^{b}	578.46 ^{c}	118 ^{a}	17.83 ^{a}
	KH 132	2826 ^{b}	26.33 ^{b}	745.33 ^{b}	77.5 ^{b}	14.33 ^{abc}
تنش کم‌آبی Water stress	Padideh	2162.6 ^{a}	24.3 ^{a}	524.23 ^{a}	50.67 ^{a}	21 ^{a}
	Ghazaghi	1554.4 ^{b}	23.9 ^{a}	372.51 ^{b}	48.67 ^{a}	22.33 ^{a}
	KH 92	1323.5 ^{bc}	16.8 ^{c}	223.09 ^{c}	51 ^{a}	20.33 ^{a}
	KH 68	1652.1 ^{ab}	23.66 ^{a}	391.41 ^{b}	56.33 ^{a}	20.5 ^{a}
	KH 97	1556.2 ^{b}	23.5 ^{a}	363.99 ^{b}	43.67 ^{a}	21.66 ^{a}
	KH 132	955.3 ^{c}	21.73 ^{b}	207.22 ^{c}	48.33 ^{a}	24.16 ^{a}

محققان در مطالعه‌ای عنوان کردند که عملکرد روغن، تعداد طبق در بوتـه، وزن هزاردانـه، عملکرد بیولوژیـک و ارتفـاع بوتـه، همبســـتگی مثبت و معنی‌دار با عملکرد دانه گلرنگ داشـــتند و تجزیه مســـیر نشـــان داد که وزن هزاردانه و تعداد طبق در بوته بیش‌ترین تـأثیر مســـتقیم بر عملکرد روغن و عملکرد دانـه را داشـتند (Naserirad *et al*., 2013).در پژوهش دیگری نشـان داده شـــد که عملکرد دلنه با ارتفاع بوته، تعداد دلنه در طبق و تعداد طبق در بوته دارای همبســـتگی مثبت و معنی‌دار بود ولی تجزیه ضـرایب مسـیر عملکرد دانه نشـان داد که وزن هزاردانه، تعداد طبق در بوته و تعداد دانه در طبق بیش‌ترین اثر مسـتقیم را بر عملکرد دانه داشـتند (Mohammadi *et al*., 2012). در یک آزمایش نشـان دادند که بین عملکرد دانه با صـفات تعداد روز تا ظهور اولین گل، تعداد دانه در طبق، تعداد طبق در بوته و وزن هزاردانـه همبســـتگی مثبـت و معنـی‌داری وجود دارد (Bagheri *et al*., 2001). هم‌چنین براساس نتایج بدست آمده ضـرایب همبسـتگی دمای برگ با تعداد دانه در طبق (۰/۸۳۹-)،

تعداد طبق در بوته (۰/۷۲۷-)، عملکرد روغن (۰/۸-)، درصد روغن (۰/۵۸-) و عملکرد دانه (۰/۸۵-) منفی و معنی‌داری بود (جدول ۴). به‌عبارتی بین افزایش و کاهش میزان دمای برگ با مقدار صفات ذکر شده رابطه معکوس وجود داشت.



شکل ۲- گروه بندی ژنوتیپ های گلرنگ بر اساس میانگین صفات مورد ارزیابی به روش Ward و مربع فاصله اقلیدسی در شرایط نرمال (بدون تنش) و تنش کم‌آبی

Figure 2- Grouping of safflower genotypes based on the average traits evaluated by Ward and distance square method Euclidean in normal conditions (no stress) and water stress.

جدول ۴- ضرایب همبستگی بین صفات مورد مطالعه در شرایط تنش کم‌آبی

Table 4- Correlation coefficients between studied traits under water stress conditions

صفات Characteristics	عملکرد دانه Seed Yield	وزن هزاردانه Seed Thousand Weight	درصد روغن Oil Percentage	عملکرد روغن Oil Yield	تعداد طبق در بوته Petal Number	تعداد دانه در طبق Seed Number of Petal	شاخص کلروفیل Chlorophyll Index	دمای برگ Leaf Temperature
عملکرد دانه Seed Yield	1							
وزن هزاردانه Seed Thousand Weight	0.262	1						
درصد روغن Oil Percentage	0.83 **	0.254	1					
عملکرد روغن Oil Yield	0.991 **	0.238	0.88 **	1				
تعداد طبق در بوته Petal Number	0.768 **	0.482	0.722 **	0.757 **	1			
تعداد دانه در طبق Seed Number of Petal	0.701 *	0.573 *	0.489	0.678 *	0.617 *	1		
شاخص کلروفیل Chlorophyll Index	0.346	0.739 **	0.278	0.299	0.575 *	0.678 *	1	
دمای برگ Leaf Temperature	-0.85 **	-0.549	-0.58*	**-0.8	-0.727**	-0.839 **	-0.672 *	**1**

n.s، * و ** به ترتیب غیر معنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد و یک درصد

n.s,* and ** are respectively insignificant and significant at the probability level of 5% and 1%

جدول ۵- میانگین گروه‌های حاصل از تجزیه کلاستر براساس صفات مورد ارزیابی در شرایط نرمال (بدون تنش) و تنش کم‌آبی

Table 5- The average of the groups resulting from the cluster analysis based on the evaluated traits in normal conditions (no stress) and water stress

خوشه Cluster	ژنوتیپ Genotype		تعداد طبق در بوته Petal number	تعداد دانه در طبق Seed number of Petal	وزن هزاردانه Seed thousand weight (g)	عملکرد دانه Seed yield (kg ha^{-1})	درصد روغن Percentage Oil (%)	عملکرد روغن Oil yield (kg ha^{-1})	شاخص کلروفیل Chlorophyll index	دمای برگ Leaf Temperature (^{0}C)
1	kh 132 Padideh	میانگین Average	12.66	52.93	29.9	3476.7	29.43	1023.25	52	15
2	kh 92, Ghazaghi, kh 97, kh 92	میانگین Average	12.13	47.48	31.55	2529.19	25.75	652.82	91.5	15.86
		درصد انحراف از میانگین کل Percentage deviation from the total average	(0.62±)	(7.04±)	(1.96±)	(296.78±)	(0.91 ±)	(92.81±)	(30.24±)	(3.14±)
3	kh 68, Ghazaghi, kh 132	میانگین Average	11	34.43	30.46	1462.43	22.06	325.31	56.92	21.08
		درصد انحراف از میانگین کل Percentage deviation from the total average	(0.65±)	(9.08±)	(1.24±)	(259.16±)	(2.46±)	(78.7±)	(16.79±)	(2.05±)
		میانگین کل Total Average	11.74	42.95	30.82	2242.62	24.82	578.09	23.71	17.89

تجزیه خوشه‌ای

تجزیه خوشه‌ای به‌منظور اندازه‌گیری و تعیین فواصل ژنتیکی، دوری یا نزدیکی و خویشاوندی بین ژنوتیپ‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرد. هدف یک متخصص اصلاح نباتات از دسته‌بندی ارقام و لاین‌های مختلف، پی بردن به فاصله‌ی ژنتیکی بین آن‌ها و استفاده از تنوع ژنتیکی موجود در آن‌ها در برنامه‌های اصلاحی می‌باشد (Anderberg, 1973). شکل ۲ دندروگرام حاصل از تجزیه خوشه‌ای ژنوتیپ‌های گلرنگ براساس میانگین صفات مورد مطالعه را نشان می‌دهد. گروه‌بندی ژنوتیپ‌ها براساس تجزیه خوشه‌ای در محل فاصله اقلیدسی توانست ژنوتیپ‌ها را در شرایط بدون تنش (نرمال) در سه گروه قرار دهد (شکل ۲). در گروه اول ژنوتیپ kh 132، در گروه دوم ژنوتیپ‌های قزاقی، kh 92 وkh 97 و در گروه سوم ژنوتیپ‌های پدیده وkh 68 قرار گرفتند. در حالت تنش کم‌آبی ژنوتیپ‌های گلرنگ در دو گروه تقسیم‌بندی شدند (شکل ۲) که درگروه اول ژنوتیپ‌های پدیده، قزاقی و kh 97 و در گروه دوم ژنوتیپ‌های kh 92, kh 68 و kh 132 قرار گرفتند. تحلیل خوشه‌ای عنوان کلی برای یک سلسله از روش‌های ریاضی است که برای پیدا کردن شباهت بین مواد در یک مجموعه به کار می‌رود. هدف بسیاری از فعالیت‌های تحقیقاتی پی بردن به این موضوع است که کدام یک از مواد موجود در یک طبقه، مشابه یا متفاوت هستند؛ از این رو، این روش بهترین روش طبقه‌بندی است. در این روش گروه‌هایی که دارای شباهت بیش‌تری با یکدیگر هستند در یک گروه قرار می‌گیرند. روش‌های متفاوتی برای تشکیل خوشه‌های تراکمی در روش تحلیل خوشه‌ای وجود دارد مانند روش پیوند تکی، پیوند متوسط، پیوند کامل، روش وارد و روش مرکز ثقل، این روش‌ها از نظر نحوه محاسبه فاصله بین خوشه‌ها از هم متفاوت‌اند. انتخاب هرکدام از این روش‌ها بستگی به داده‌های آماری و هدف برنامه‌ریزی دارد (Hekmatnia and Mousavi, 2006). میانگین و درصد انحراف ژنوتیپ‌های

مورد مطالعه حاصل از تجزیه کلاستر در شرایط نرمال و تنش در جدول ۵ درج شده است. ژنوتیپ‌های گروه اول از نظر میانگین تعداد طبق در بوته، وزن هزاردانه و درصد روغن تقریباً نزدیک به متوسط کل ژنوتیپ‌ها بودند. ژنوتیپ‌های گروه دوم از نظر میانگین صفاتی نظیر تعداد طبق در بوته، تعداد دانه در طبق، وزن هزاردانه، عملکرد دانه، درصد روغن و عملکرد روغن تقریبا نزدیک به متوسط کل ژنوتیپ‌ها بودند. از طرف دیگر ژنوتیپ‌های این گروه از نظر عملکرد دانه و عملکرد روغن بیش‌ترین درصد انحراف از میانگین کل ژنوتیپ‌ها را نشان دادند. ژنوتیپ‌های گروه سوم از نظر میانگین صفاتی نظیر تعداد طبق در بوته، وزن هزاردانه، عملکرد دانه، درصد و عملکرد روغن نزدیک به متوسط کل ژنوتیپ‌ها بودند. هم‌چنین ژنوتیپ‌های این گروه از نظر صفاتی مانند عملکرد دانه و روغن دارای درصد انحراف بیشتری نسبت به بقیه صفات بودند. پژوهشگران نشان دادند که گروه‌بندی با تجزیه خوشه‌ای مناسب‌تر است، چرا که از تمام اطلاعات صفات استفاده می‌کند (Ehteshami *et al*., 2015, Rahimi *et al*., 2009). از تکنیک تحلیل خوشه‌ای به‌عنوان روشی برای کاهش داده‌ها، از این حیث که مشاهدات در هر خوشه می‌تواند به نمایندگی میانگین سایر مشاهدات در آن خوشه باشد نام برده‌اند (Shannon *et al*., 2003).

نتیجه‌گیری کلی

براساس نتایج مشخص گردید که ژنوتیپ‌های مورد مطالعه در صفات وزن هزاردلنه، عملکرد دلنه، درصد روغن، عملکرد روغن، شاخص کلروفیل و دمای برگ تحت شرایط عدم تنش و تنش کم‌آبی اختلاف معنی‌داری با یکدیگر داشتند. به‌طوری‌که بیش‌ترین شاخص کلروفیل و کم‌ترین دمای برگ به ژنوتیپ پدیده اختصاص داشت که نشان‌دهنده مقاومت آن نسبت به تنش خشکی است، هم‌چنین نتایج اثر متقابل نشان داد که بیش‌ترین میزان عملکرد دانه، درصد و عملکرد روغن در ژنوتیپ پدیده تحت شرایط عدم تنش و تنش کم‌آبی و کم‌ترین مقادیر صفات نامبرده در ژنوتیپ‌های kh 132 و kh 92 بدست آمد. میانگین گروه‌های حاصل از تجزیه کلاستر، مشخص کرد که ژنوتیپ‌های گروه اول (پدیده و kh 132) به‌علت داشتن عملکرد دانه و روغن بالا و نیز ژنوتیپ‌های گروه دوم (قزاقی، kh 92 و kh 97) به‌دلیل این‌که از نظر صفاتی نظیر عملکرد دانه و روغن دارای بیش‌ترین درصد انحراف نسبت به میانگین کل بودند، بنابراین نسبت به تنش کم‌آبی مقاوم می‌باشند. هم‌چنین ژنوتیپ‌های گروه سوم (قزاقی، kh 68 و kh 132) به‌دلیل این‌که دارای عملکرد دانه و روغن پایین‌تری بودند و نیز دارای درصد انحراف کمتری نسبت به ژنوتیپ‌های گروه دو بودند، در گروه‌های حساس به تنش کم‌آبی قرار می‌گیرند. براساس نتایج تجزیه همبستگی، مشاهده گردید که بین عملکرد دانه با تعداد طبق در بوته و تعداد دانه در طبق همبستگی مثبت و معنی‌داری وجود دارد. بنابراین تعداد طبق در بوته یکی از مهم‌ترین اجزا در افزایش عملکرد دانه‌ی گلرنگ می‌باشند. براساس گروه‌بندی ژنوتیپ‌ها به‌عنوان گروه‌های حساس و مقاوم به تنش کم‌آبی، با کشت ژنوتیپ‌های متحمل نسبت به کم‌آبی می‌توان در این دشت‌های وسیع که به‌علت شور و خشک شدن خاک آن‌ها، امکان کشت سایر محصولات پربازده از بین رفته است، محصولی قابل قبول از نظر اقتصادی تولید کرد.

References

Al-Ashkar, I., Ibrahim, A., A. Ghazy, A., Attia, K., Al-Ghamdi, A. A., and Al-Dosary, M. A., 2021. Assessing the correlations and selection criteria between different traits in wheat salt-tolerant genotypes. *Saudi Journal* of *Biological Sciences, 28*(9), pp.5414-5427. **doi: 10.1016/j.sjbs.2021.05.076**

Amini, F., Saeidi, G., and Arzani, A., 2008. Relationship among seed yield and its components in genotypes of safflower (*Carthamus tinctorius* L.). *JWSS - Isfahan University of Technology*, *12*(45), pp.525-535. [In Persian].

Anderberg, M. R., 1973. Cluster analysis for applications. Academic press. New York, 359 pp. **doi: 10.1016/c2013-0-06161-0**

Arsalan, B., 2007. Assessing heritability and variance components of yield and some agronomic traits of different safflower cultivars. *Asian Journal* of *Plant Sciences, 6*(3), pp.554-557. **doi: 10.3923/ajps.2007.554.557**

Ashrafi, A., and Razmjoo, J., 2015. The effect of seed treatment under salinity and drought stress conditions on safflower plant germination. *Academic Jihad Scientific Information Center Database, 28*(106), pp.65-75. [In Persian].

Ashrafi, E., and Razmjoo, K., 2010. Effect of irrigation regimes on oil content and composition of safflower (*Carthamus tinctorius* L.) cultivars. *Journal of the American Chemists Society, 87*, pp.499-506. **doi: 10.1007/s11746-009-1527-8**

Bagheri, A., Yazdi Samadi, B., Taib, B., and Ahmadi, M. R., 2001. Investigating the correlation and relationships between yield and other quantitative and qualitative traits of saffron. *Journal of Agricultural Science*, *32*(2), pp.307-295. [In Persian].

Bagheri, H., Andalibi, B., and Azimi Moghaddam, M., 2013. Effect of atrazine anti-transpiration application on improving physiological traits. Yield and yield components of safflower under rainfed condition**.** *Journal of Crop Improvement*, *14*(2), pp.1-16. [In Persian]. **doi: 10.22059/jci.2013.29497**

Beyyavas, V., Haliloglu, H., Copur, O., and Yilmaz, A., 2011. Determination of seed yield and yield components of some safflower (*Carthamus tinctorius* L.) cultivars, lines and populations under the semi-arid condition. *African Journal of Biotechnology*, *10*(4), pp.527-534. **doi: 10.5897/ajb09.1395**

Bijanzadeh, E., Moosavi, S. M., and Bahadori, F., 2022. Quantifying water stress of safflower (*Carthamus tinctorius* L.) cultivars by crop water stress index under different irrigation regimes. *Heliyon*, *8*(3). **doi: 10.1016/j.heliyon.2022.e09010**

Bogati, K., and Walczak, M., 2022. The impact of drought stress on soil microbial community, enzyme activities and Plants. *Agronomy*, *12*(1), 189. **doi: 10.3390/agronomy12010189**

Bortolheiro, F., and Silva, M.A., 2017. Physiological response and productivity of safflower lines under water deficit and rehydration. *Annuals of the Brazilian Academy of Science*, *89*, pp.3051-3066. **doi: 10.1590/0001-3765201720170475**

Bratulin, C., 1993. Studies of some genetic resources under rain condition in Moldavia. Proceedings of the Third International Safflower Conference. *China*. 9-13 June, Pp 196-205.

Durigon, A., and Van Lier, Q. D. J., 2013. Canopy temperature versus soil water pressure head for the prediction of crop water stress. *Agricultural Water Management, 127*, PP.1-6. **doi: 10.1016/j.agwat.2013.05.014**

Ehteshami, S. M., Ramezani, M., and Frozi, M., 2015. The selection of top genotypes in forage corn using multivariate methods in Varamin region. *Journal* of *Plant Ecology*, *7*, pp.98-111. [In Persian].

Elfadl, E., Reinbrecht, C., and Claupein, W., 2009. Evalution of phnotype varation in a world germplasm collection of safflower (*Carthamus tinctorius* L.) grown under organic farming conditions in Germany. *Genetic Resources and Crop Evoulation*, *57*(2), pp. 155-170. **doi: 10.1007/s10722-009-9458-7**

Emongor, V. E., and Emongor, R. A., 2023. Safflower (*Carthamus tinctorius* L.). In *Neglected and Underutilized Crops* (pp. 683-731). Academic Press.

Farasat, M., Sajedi, N., and Mirzakhani, M., 2012. Evaluation of effect of drought stress on yield and yield components of safflower genotypes. *Iranian Journal of Field Crops Research*, *10*(2), pp.346-353. [In Persian].

Farjam, S., FarRokhzadi, A., Mohammadi, H., and Qala-Shakhani, S., 2014. The effect of irrigation interruption stress and salicylic acid foliar application on growth, yield and yield components of three spring safflower cultivars. *Journal of Crop Physiology*, *6*(23), pp.112-99.

Farrokhinia, M., Roshdi, M., Pasban Eslam, B., and Sasandoost, R., 2011. Effect of drought stress on seed yield and several morphological traits of safflower. *Journal of Agricultural Science*, *5*(3), pp.545-553. [In Persian].

Ferasat, M., Sajedi, N., and Mirzakhani, M., 2008. Response of plant traits in four safflower genotypes under water deficit conditions. *New Agricultural Findings*, *3*(1), pp.67-81. [In Persian].

Gecgel, U., Demirci, M., and Esendal, E., 2007. Seed yield, oil content and fatty acids composition of safflower (*Carthamus tinctorius* L.) varieties sown in spring and winter. *International Journal* of *Natural and Engineering Sciences*, *1*, pp.11-15.

Hamrouni, I., Ben Salah, H., and Marzouk, B., 2001. Effect of water deficit on lipids of safflower aerial parts . *Journal of Phytopharmacology*, *58*, pp. 277-280. **doi: 10.1016/s0031-9422(01)00210-2**

Hekmatnia, H., and Mousavi, M., 2006. Evaluation of sustainable urban development indicators in the areas of Yazd city. Collection of articles of the first conference on geography and the 21st century. Isfahan. *Islamic Azad University, Najaf-Abad branch*, 25-38. [In Persian].

Hussain, M. I., Lyra, D. A., Farooq, M., Nikoloudakis, N., and Khalid, N., 2016. Salt and drought stresses in safflower: a review. *Agronomy for Sustainable Development, 36*, pp.1-31. **doi: 10.1007/s13593-015-0344-8**

Istanbulluoglu, A., 2009. Effects of irrigation regimes on yield and water productivity of safflower (*Carthamus tinctorius* L.) under Mediterranean climatic condition. *Agricultural Water Management*, *96*, pp. 1792-1798. **doi: 10.1016/j.agwat.2009.07.017**

Jabbari Orange, M., and Ebadi, G. H., 2011. Effect of supplemental irrigation on nutrient uptake, water relations and drought tolerance of safflower cultivars in Ardabil conditions . *Environmental Stresses in Crop Sciences*, *3*(2), pp.115-127. [In Persian]. **doi:10.22077/escs.2011.88**

Jakson, K.J., 1995. Plant population and moisture usage in safflower, Sesame and Safflower. Status and Potentials, Pp, 26.

Jensen, C. R., Morgensen, V. O., Mortensen, G., and Fieldsend, J. K., 1996. Glucosinolate, oil and protein of field grown rape affected by soil drying and evaporative demands. *Field Crops Research*, *47*, pp.693- 705.

Kafi, M., and Rustami, M., 2009. Effect of drought stress on yield, yield components and oil percentage of safflower cultivars under irrigated conditions with saline water. *Iranian Journal of Crop Research*, *5*(1), pp.132-121. [In Persian].

Karimizadeh, R., and Mohammadi, M**.,** 2011. Association of canopy temperature depression with yield of durum wheat genotypes under supplementary irrigated and rainfed conditions. *Australian Journal of Crop Science*, *5*(2), 138. **doi:10.3316/informit.835205284825916**

Kaya, M. D., 2009. The role of hull in germination and salinity tolerance in some sunflower (*Helianthus annuus* L.)

cultivars. *African Journal Biotechnol*, *8*(4), pp.597–600. **doi: 10.5897/ajb2009.000-9100**

Koutroubas, S. D., Papakosta, D. K., and Doitsinis, A., 2004. Cultivar and seasonal effects on the contribution of pre-anthesis assimilates to safflower yield. *Field Crops Research*, *90*, pp.263-274. **doi: 10.1016/j.fcr.2004.03.009**

Kumar, H., 2000. Development potential of safflower in 536omparison to sunflower. Sesame and Safflower Newsletter. *Institute of Ssustainable Aagriculture*, Spain *5*, pp.86-89.

Mahmoudieh Champiri, R., 2012. Contribution of photosynthesis of inflorescence and upper leaves of four safflower cultivars to yield seeds and its components in Isfahan. Thesis of Master of Agriculture, Faculty of Agriculture. *Isfahan University of Technology*, 25-36. [In Persian].

Mathur, J. R., Tikka, S. B., Sharman, R. K., and Singh, S. P., 1996. Genetic variability and path coefficient analysis of yield components in safflower. *Indian Journal of Genetics and Plant Breeding*, *8*, pp.314- 315.

Mirshekari, M., Majnoonhoseini, N., Amiri, R., Moslehi, A., and Zandvakili, O.R., 2013. Effects of sowing date and irrigation treatment on safflower seed quality. *Journal of Agricultural Science and Technology, 15*, pp.505-515.

Misra, A., and Sricastatva, N. K., 2000. Influence of water stress on Japanese mint. *Journal* of *Herbs*, *Spices* & *Medicinal Plants*, *7*, pp.51-58. **doi: 10.1300/J044v07n01_07**

Mohammadi, M., Sharifi, P., Karimizadeh, R., and Shefazadeh, M. K., 2012. Sequential path analysis for determination of relationships between yield and oil content and yield components of safflower (*Carthamus tinctorius* L.). *International Journal of Agricultural Research and Reviews*, *2*(4), pp.410-415.

Mohsenniya, V., and Jalilian, J., 2013. The effect of drought stress and fertilizer sources on yield and yield components of safflower (*Carthamus tinctorius* L.). *Journal of Agricultural Ecology*, *4*(3), pp.245-235. [In Persian].

Morya, S., Menaa, F., Jiménez-López, C., Lourenço-Lopes, C., BinMowyna, M.N., and Alqahtani, A., 2022. Nutraceutical and pharmaceutical behavior of bioactive compounds of miracle oilseeds: An Overview. *Foods*, *11*, 1824. **doi: 10.3390/foods11131824**

Mostafavi, K., 2011. 'An evaluation of safflower genotypes (*Carthamus tinctorius* L.), seed germination and seedling characters in salt stress conditions. *African Journal of Agricultural Research*, *6*(7), pp.1667-1672. **doi: 10.5897/ajar10.915**

Mozaffari, K., and Asadi, A. A., 2006. Relationships among traits using correlation, principal components and path analysis in safflower mutants sown in irrigated and drought stress condition. *Asian Journal of Plant Sciences*, *5*(6), pp.977-983.**doi:10.3923/ajps.2006.977.983**

Nabipour, M., Meskarbashee, M., and Yousefpour, H., 2007. The effect of water deficit on yield and yield components of safflower (*Carthamus tinctorius* L.). *Pakistan Journal of Biological Sciences, 10*(3), pp.421-426. **doi:10.3923/pjbs.2007.421.426**

Naserirad, H., Soleymanifard, A., Naseri, R., and Nasiri, S., 2013. Study of correlation between important agronomic traits and path analysis for grain and oil yield in Safflower. *International Journal of Agronomy and*

Plant Production, *4*, pp. 670-673

Noroozi, M., and 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*, pp. 781-788. [In Persian].

Ozturk, E., Ozer, H., and Potal, T., 2008. Growth and yield of safflower genotypes grown under irrigated and nonirrigated conditions in a highland environment. *Plant Soil Environment*, *54*(10), pp.453-460. **doi: 10.17221/403-pse**

Pasban Eslam, B., 2004. An evaluation of yield and yield components in new spineless genotypes of safflower (*Carthamus tinctorius* L.). *Iranian Journal of Agricultural Sciences*, *4*, pp.869-874. [In Persian].

Pasban Eslam, B., 2011. Evaluation of physiological indices for improving water deficit tolerance in spring safflower. *Journal of Agriculture Sciences and Technology*, *13*, pp.327-338. [In Persian].

Rahimi, M., Ramezani, M., and Rabiee, B., 2009. Identification of elite lines and hybrids of rice using factor analysis. *Journal of Agronomy*, (Pajouhesh & Sazandegi), *84*, pp.78-85. [In Persian].

Rohini, V. K., and Sankara, K. R., 2000. Embryo Transformation, A Practical Approach for realizing Transgenic Plants of Safflower (*Carthamus tinctorius* L.). *Annals of Botany*, *86*, pp.1043-1049. **doi: 10.1006/anbo.2000.1278**

Rostami Ahmadvandi, H., and Faghihi, A., 2021. Adapted oilseed crops with the ability to grow economically in dryland conditions in Iran. *Agrotechniques in Industrial Crops*, *1*(3), pp. 122-128. **doi: 10.22126/atic.2021.6518.1015**

Rudranaik, V., Gulgangi, G. G., Mallapupr, C. P., and Raju, S. G., 2001. Association analysis in safflower under rain fed condition. 5 th International Safflower Conference. Montana, USA. July. 23-27. P. 89-97

Schutz, H., and Fangmier, E., 2001. Growth and yield responses of spring Wheat (*Triticum aestivum* L. cv. Minaret) to elevated Co2 and water limitation. Environmental Pollution, *114*, pp.187-194. **doi: 10.1016/s0269-7491(00)00215-3.**

Sehgal. A., Sita, K., Siddique, K. H. M., Kumar, R., Bhogireddy, S., Varshney, R. K., HanumanthaRao, B., Nair, R. M., Prasad, P. V. V., and Nayyar, H., 2018. Drought or/and heat-stress effects on seed filling in food crops: impacts on functional biochemistry, seed yields, and nutritional quality. *Frontiers in Plant Science*, 9, pp. 1705. **doi: 10.3389/fpls.2018.01705**

Seleiman, M. F., Al-Suhaibani, N., Ali, N., Akmal, M., Alotaibi, M., Refay, Y., Dindaroglu, T., Abdul-Wajid, H. H., and Battaglia, M. L., 2021. Drought Stress Impacts on Plants and Different Approaches to Alleviate Its Adverse Effects. *Plants (Basel, Switzerland)*, 10(2), 259. **doi: 10.3390/plants10020259**

Shannon, W., Culverhouse, R., and Duncan, J., 2003. Analyzing micro array data using cluster analysis. Ashley Publications Ltd, *4*, pp. 41-54. **doi: 10.1517/phgs.4.1.41.22581.**

Sherin, G., Aswathi, K. R., Puthur, J. T. 2022. Photosynthetic functions in plants subjected to stresses are positively influenced by priming. *Plant Stress*, 4, 100079. **doi:10.1016/j.stress.2022.100079**

Sinaki, M. J., Majidi Heravan, E., Shirani-rad, A. H., Noormohamadi, G., and Zarei, G.H., 2007. The effects of water deficit during growth stage of canola (*Brassica napus* L.). *American-Eurasian Journal of Agricultural*

& *Environmental Sciences*, *2*(4), pp. 417-424.

Tayebi, S., Earahvash, F., Mirshekari, B., Tarinejad, A., and Yarnia, M., 2018. Effect of shoot application of Salicylic acid on some growth parameres and yield of safflower (*Carthamus tinctorius* L.) under water stress. *Journal of Plant Ecophysiology*, *32*, pp.78-93. [In Persian].

Zafari, M., Ebadi, A., Jahanbakhsh, S., and Sedghi, M., 2020. Safflower (*Carthamus tinctorius*) biochemical properties, yield, and oil content affected by 24-epibrassinosteroid and genotype under drought stress. *Journal of agricultural and food chemistry*, *68*(22), pp.6040-6047. [In Persian].

Zahedifard, M., Sharafzadeh, S., Zolfibavariani, M., and Zare, M., 2014. Influence of nitrogen and vermicompost on grain and oil yield of rapeseed CV. RGS003. *Bulletin of Environment, Pharmacology and Life Sciences*, *3*, pp. 54-57..

Zareie, S., MohammadiNejad, G., and SardouieNasab, S., 2013. Screening of Iranian safflower genotypes under water deficit and normal conditions using tolerance indices. *Australian Journal of Crop Science*, 7, pp.1032–1037.

Journal of Crop Science Research in Arid Regions/ Volume 6, Issue 2, Summer 2024, P. 521-539

Evaluation of the growth rate, yield, and yield components of promising autumn safflower (*Carthamus tinctorius* L.) genotypes under water deficit stress during the reproductive period

Samaneh Sajedi Chilak[1], Saeid Hazrati[1*], Bahman Pasban Eslam[2], Amir Reza Sadeghi-bakhtvari[1]

[1] Department of Agronomy and Plant Breeding, Faculty of Agriculture, Azarbaijan Shahid Madani University, Tabriz, Iran
[2] Crop and Horticultural Science Research Department, East Azarbaijan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Tabriz, Iran
[*]Corresponding Author: saeid.hazrati@azaruniv.ac.ir

Received: 29 May 2023 Accepted: 30 September 2023 **DOI: 10.22034/CSRAR.2024.399219.1345**

Abstract

Introduction: *Carthamus tinctorius* L., is a member of the family Asteraceae, cultivated mainly for its seed, which is used as edible oil and as birdseed. This plant originated in the Middle East, due to the deep and extensive root system known for salt as well as drought tolerance. Climate changes and water availability have an important impact in agriculture, food disposal and consequently in human health. We evaluated the agronomic characteristics and drought-tolerant genotypes of safflower for cultivation in saline and low-yielding environments.
Materials and Methods: This experiment was conducted in the saline lands of Khosrowshahr Station of East Azarbaijan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center during the crop year 2018-2019 using split plots with randomized complete blocks design. The main factor was drought stress with non-stress (control) and stress from flowering to seed maturity and 6 autumn safflower genotypes as secondary factor.
Results and Discussion: The results showed that the water deficit stress in the studied stages caused a significant decrease in the number of seeds per petal, the number of petals per plant, and the weight of 1,000 seeds. It was also found that the interaction effect of water stress and genotype on seed yield, oil content, oil yield, chlorophyll index and leaf temperature was significant. According to the results, under without water deficit stress the highest and the lowest seed yield respectively belonged to the Padideh genotype (3476.7 kg ha^{-1}) and the Kh 92 genotype (1733.1 kg ha^{-1}) and under water deficit stress to to the Padideh genotype (2162.6 kg ha^{-1}) and the kh 132 genotype (955.3 kg ha^{-1}) was related. The highest and lowest content of oil in the full irrigation treatment corresponded to the Padideh genotype (29.43 %) and kh 92 genotype (22.76 %) and under water stress conditions related to the Padideh genotype (24.3 %) and genotype kh was 92 (16.8 %). The highest oil yield under normal irrigation related to the Padideh genotype (524.23 kg ha^{-1}) and the lowest in the kh 132 genotype (207.22 kg ha^{-1}) was obtained. The leaf temperature of the genotypes in non-stress conditions was significantly lower compared to stress conditions. Based on the results of cluster analysis under normal and stress conditions, in the first group (Padideh and kh 132) due to high seed and oil yield, and also the genotypes of the second group (Kazakhi, kh 92 and kh 97) due to this which in terms of traits such as seed and oil yield had the highest deviation percentage compared to the total average, were known to be resistant to water deficit stress. Also, the genotypes of the third group (Kazakhi, kh 68 and kh 132) due to the fact that they had lower seed and oil yield and also had a lower deviation percentage than the genotypes of the second group, were in the groups They were sensitive to water stress.
Conclusion: Accordingly, it can be understood that the variations among genotypes in terms of oil content, and oil yield and seed yield are important components that could be used to select appropriate genotypes with drought conditions. Padideh genotype had the highest seed yield and oil yield in both favorable and stressful conditions.

Keywords: Drought stress, Oilseeds, Oil yield, Seed yield