Archive of SID

نشریه پژوهش های کاربردی زراعی
دوره۳۳- شماره ۴ پیاپند ۱۲۹ زمستان ۱۳۹۹

تأثیر کم آبیاری در مرحله زایشی بر عملکرد دانه، اجزای عملکرد و درصد روغن ارقام گلرنگ

The effect of low irrigation in reproductive stage on grain yield, yield components and oil percentage of safflower cultivars (*Carthamus tinctorius* L.)

حامد جوادی [۱*]، سید غلامرضا موسوی [۲] ،علی آذری نصرآباد [۳]

۱. استادیار دانشکده علوم کشاورزی دانشگاه پیام نور. ، (*نگارنده مسئول)
۲. دانشیار گروه کشاورزی، واحد بیرجند، دانشگاه آزاد اسلامی، بیرجند، ایران
۳. استادیار بخش تحقیقات علوم زراعی و باغی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان خراسان جنوبی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، بیرجند، ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۱۰/۲۵ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۰۸/۳۰ شناسانهٔ برنمود رقمی: 10.22092/aj.2021.124972.1377

چکیده

جوادی، ح.، موسوی، س. غ.، ـ آذری نصرآباد، ع.، **. تأثیر کم آبیاری در مرحله زایشی بر عملکرد دانه، اجزای عملکرد و درصد روغن ارقام گلرنگ.**
نشریه پژوهش های کاربردی زراعی دوره ۳۳ - شماره ۴- پیاپند ۱۲۹ زمستان ۱۳۹۹ صفحه:۰۱-۱۸

به منظور بررسی تأثیر کم آبیاری در مرحله زایشی بر عملکرد دانه، اجزای عملکرد و درصد روغن برخی از ارقام گلرنگ، آزمایشی در سال زراعی ۹۶-۱۳۹۵ در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه آزاد اسلامی بیرجند به‌صورت کرت‌های خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار انجام شد. عامل اصلی شامل سه سطح دور آبیاری در مرحله زایشی (۷، ۱۴ و ۲۱ روز) و عامل فرعی شامل سه رقم (گلدشت، پدیده و KWS) بودند. نتایج نشان داد که افزایش دور آبیاری از ۷ به ۱۴ روز تفاوت معنی‌داری در صفات مورد مطالعه ایجاد نکرد، اما افزایش دور آبیاری از ۷ به ۲۱ روز باعث کاهش تعداد دانه در غوزه (۲۲/۵ درصد)، وزن هزار دانه (۱۲/۴۱ درصد)، عملکرد دانه (۷/۷۸ درصد)، عملکرد زیستی (۱۱/۴۱ درصد) و عملکرد روغن (۱۹/۲۵ درصد) شد. تمامی صفات مورد مطالعه (به‌جز تعداد دانه در غوزه) تحت تأثیر رقم قرار گرفتند. بیشترین درصد روغن به‌طور مشترک متعلق به ارقام KWS (۳۳ درصد) و پدیده (۳۰/۷ درصد) بود. ارقام گلدشت و KWS به‌طور مشترک بیشترین عملکرد دانه (به ترتیب ۱۸۶۸ و ۱۷۶۸ کیلوگرم در هکتار) و عملکرد روغن (به ترتیب ۵۲۱/۲ و ۵۸۳/۴ کیلوگرم در هکتار) را داشتند. همچنین در بین اجزای عملکرد، وزن هزار دانه همبستگی مثبت و معنی‌داری با عملکرد دانه داشت. نتایج رگرسیون گام به گام نشان داد که عملکرد بیولوژیک، شاخص برداشت و درصد روغن بیشترین سهم را در توجیه تنوع ژنوتیپ‌های مورد مطالعه دارا می‌باشند. بر اساس نتایج تجزیه علیت، عملکرد بیولوژیک، شاخص برداشت و درصد روغن تأثیر مستقیم و مثبت بر عملکرد دانه داشتند. اثر غیرمستقیم صفات عملکرد بیولوژیک و شاخص برداشت از طریق درصد روغن بر عملکرد، منفی بود. بر اساس نتایج این تحقیق، جهت صرفه‌جویی در مصرف آب دور آبیاری ۱۴ روز در مرحله زایشی گلرنگ و ارقام گلدشت و KWS مناسب منطقه بیرجند تشخیص داده شد.

واژه های کلیدی: تجزیه علیت، تنش خشکی، عملکرد روغن، گلدشت، همبستگی

آدرس پست الکترونیکی نگارنده مسئول: h_javadi@pnu.ac.ir

www.SID.ir

Archive of SID

مقدمه

روغن یکی از مواد غذایی اصلی مورد نیاز بشر است. افزایش تقاضا برای روغن‌های گیاهی در بازار جهانی و قیمت بالای آن، باعث فشار اقتصادی به کشورهای واردکننده روغن از جمله ایران شده است (Iftikar Hussain *et al*., 2016). با توجه به رشد جمعیت و افزایش مصرف سرانه روغن، توسعه سطح زیر کشت دانه‌های روغنی جهت کاهش وابستگی کشور امری ضروری است.

یکی از مهمترین محدودیت‌های تولید محصولات زراعی در اغلب مناطق ایران کمبود آب است (Touryoryan *et al*., 2018). در این مناطق با توجه به نوسانات بارندگی برخی از مراحل مهم رشدی گیاه تحت تأثیر کاهش پتانسیل خاک قرار می‌گیرند. تولید محصول در مناطق خشک و نیمه‌خشک مستلزم استفاده از گیاهان متحمل به خشکی می‌باشد تا بتوانند با حداقل رطوبت در دسترس، عملکرد قابل قبولی داشته باشند (Sampaio *et al*., 2016). گلرنگ (*Carthamus tinctorius* L) یکی از گیاهان روغنی متحمل به خشکی است که به دلیل خصوصیات مورفولوژیکی ویژه‌ای که دارا می‌باشد، توانایی تولید میزان مناسبی روغن را در شرایط آب و هوایی ایران دارد و برخی از ارقام آن تا حدود ۴۵ درصد روغن دارند (Emongor, 2010; Ebrahimi *et al*., 2016; Shir esmaeili *et al*., 2017; Moradi *et al*., 2017).

به‌طور کلی، کمبود آب و بروز تنش خشکی در محیط رشد گیاه باعث کاهش اندازه گیاه، تغییر رنگ برگ‌ها، کم شدن دوام سطح برگ و کاهش عملکرد می‌شود (Omidi *et al*., 2012; Mohsen Nia & Jalilian, 2012). بنابراین جهت تولید عملکرد قابل قبول در این شرایط، شناخت مراحلی از رشد گیاه که بیشتر تحت تأثیر تنش خشکی قرار می‌گیرد از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. مطالعات نشان داده است که اثر زمان ظهور تنش خشکی بر عملکرد دانه ممکن است به اندازه شدت تنش اهمیت داشته باشد (Omidi *et al*., 2012). نتایج مطالعات متعددی نشان می‌دهد که قطع آبیاری در مراحل ساقه‌دهی و گل‌دهی نسبت به مرحله پر شدن دانه موجب کاهش بیشتر عملکرد گلرنگ می‌شود (Omidi, 2011; Mirshekari *et al*., 2013; Tahmasbpour *et al*., 2017; Touryoryan *et al*., 2018).

در تحقیقی، تنش در مراحل رشد رویشی و زایشی گلرنگ نسبت به آبیاری کامل (شاهد) باعث کاهش تعداد غوزه در بوته، تعداد دانه در غوزه، وزن هزار دانه، عملکرد دانه و درصد روغن شد (Farjam *et al*., 2014). با افزایش فواصل آبیاری از ۷ به ۲۱ روز ارتفاع بوته ۱۵/۶ درصد، تعداد شاخه‌های جانبی ۲۲/۲۷ درصد، تعداد غوزه در بوته ۲۸/۳۴ درصد، تعداد دانه در غوزه ۱۷/۴۵ درصد، وزن هزار دانه ۱۲/۲۸ درصد، عملکرد دانه ۵۲/۱۴ درصد و شاخص برداشت ۲۹/۶۲ درصد در گلرنگ کاهش یافت (Behdani & Jami Alahmadi, 2010). وقوع تنش خشکی در دوره پر شدن دانه و گل‌دهی نسبت به شاهد (آبیاری کامل در کل دوره رشد) به ترتیب باعث ۲۱ و ۵۴ درصد کاهش عملکرد دانه در گلرنگ شد (Shir Esmaeili *et al*., 2017). پایین بودن میزان سطح برگ

www.SID.ir

Archive of SID

گیاه در مراحل گل‌دهی و پر شدن دانه باعث کاهش میزان فتوسنتز جاری شده و از این طریق موجب کاهش بخش قابل ملاحظه‌ای از عملکرد دانه می‌شود (Fischer & Maurer, 1978). در تحقیقی مشخص شد که بیشترین کارایی مصرف آب در گیاه گلرنگ در زمان قطع آبیاری در ۷۵ درصد گل‌دهی مشاهده شد و ادامه آبیاری تأثیر معنی‌داری بر عملکرد دانه نداشت (Abel, 1976). بروز تنش خشکی در مرحله گل‌دهی معمولاً تخصیص بیشتر منابع را برای پر شدن دانه به همراه دارد (Prasad *et al.*, 2008). در تحقیقی، تنش خشکی در مرحله ظهور غوزه‌ها و گل‌دهی نسبت به مرحله پر شدن دانه بیشترین تأثیر بر عملکرد دانه داشت و با قطع آبیاری پس از پایان مرحله گل‌دهی و شروع پر شدن دانه عملکرد دانه افت چندانی نشان نداد (Omidi, 2011). در آزمایشی مشخص شد که درصد روغن تحت تأثیر رژیم‌های آبیاری قرار می‌گیرد و با افزایش مقدار آبیاری درصد روغن افزایش می‌یابد (Mirshekari *et al.*, 2013).

استفاده از گونه‌های گیاهی مناسب و ارقام اصلاح شده که دارای عملکرد قابل قبول و متحمل به شرایط تنش خشکی باشند امکان استفاده بهتر از منابع آب را فراهم نموده و موجب توسعه سطح زیر کشت گیاهان و افزایش بازده تولید می‌گردد (Khalili *et al.*, 2014). در تحقیقی که به منظور تأثیر تنش خشکی در مراحل مختلف رشدی بر عملکرد دانه گلرنگ انجام شد، بالاترین عملکرد دانه از رقم محلی اصفهان در شرایط بدون تنش حاصل شد که با تیمار قطع آبیاری در مرحله پر شدن دانه تفاوت آماری معنی‌داری نداشت (Omidi, 2011).

با توجه به اهمیت توسعه کشت گلرنگ به عنوان یک گیاه دانه روغنی متحمل به خشکی و سازگاری آن با مناطق خشک و نیمه‌خشک و از طرفی دیگر، دستیابی به راهکارهای مناسب جهت افزایش کارایی مصرف آب و عملکرد قابل قبول، این تحقیق با هدف مطالعه واکنش ارقام گلرنگ به تنش خشکی در مرحله زایشی در منطقه بیرجند انجام شد.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در سال زراعی ۹۶-۱۳۹۵ در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه آزاد اسلامی بیرجند با مختصات جغرافیایی ۳۲ درجه و ۵۲ دقیقه عرض شمالی و ۵۹ درجه و ۱۳ دقیقه طول شرقی و با ارتفاع ۱۴۸۰ متر از سطح دریا اجرا شد. محل آزمایش از نظر اقلیمی بر اساس سیستم طبقه‌بندی آمبرژه جزء مناطق خشک می‌باشد. میانگین ۱۵ ساله بارندگی این منطقه ۱۷۶ میلی‌متر، حداکثر دمای آن ۳۹/۱، حداقل دما ۱۷- و متوسط دمای روزانه ۱۲ درجه سانتی‌گراد است. اطلاعات مجموع بارش ماهیانه ایستگاه هواشناسی شهرستان بیرجند در سال زراعی ۹۶-۱۳۹۵ در جدول ۱ آمده است: نتایج تجزیه خاک منطقه مورد آزمایش در جدول ۲ آمده است:

این آزمایش به‌صورت کرت‌های خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار انجام شد. عامل اصلی شامل سه سطح دور آبیاری در مرحله زایشی (۷، ۱۴ و ۲۱ روز) و عامل فرعی شامل سه رقم (گلدشت، پدیده و KWS) بودند. هر کرت فرعی شامل ۶ خط کاشت به طول ۶ متر و با فاصله ردیف

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۱- اطلاعات مجموع بارش ماهیانه ایستگاه هواشناسی بیرجند در سال زراعی ۹۶-۱۳۹۵

Table 1. Total monthly precipitation data of Birjand meteorological station in 2016-2017

بارش ماهیانه (میلی‌متر) Total monthly precipitation (mm)											
فروردین	اردیبهشت	خرداد	تیر	مرداد	شهریور	مهر	آبان	آذر	دی	بهمن	اسفند
March	April	May	Jue	July	August	September	October	November	December	January	February
42.7	3	6.1	9	0	0	0	0	3.4	2	18.7	2

جدول ۲- نتایج تجزیه خاک محل آزمایش در عمق صفر تا ۳۰ سانتی‌متری در سال زراعی ۹۶-۱۳۹۵

Table 2. Results of soil analysis at 0-30 cm depth during the growing season of 2016-2017

بافت خاک Soil texture	هدایت الکتریکی (میلی‌موس بر سانتی‌متر) EC ($ms.cm^{-1}$)	اسیدیته pH	نیتروژن (پی‌پی‌ام) N (ppm)	فسفر (پی‌پی‌ام) P (ppm)	پتاسیم (پی‌پی‌ام) K (ppm)
(Sandy clay loam)	2.74	8.38	0.147	5.4	276

۰/۵ متر بود که دو ردیف کناری در دو طرف هر کرت به عنوان حاشیه در نظر گرفته شد. فاصله بین کرت‌های فرعی ۰/۵ متر، بین دو کرت اصلی ۱ متر و بین دو تکرار ۳ متر در نظر گرفته شد. عملیات آماده‌سازی زمین در اوایل پاییز آغاز گردید. بر اساس نتایج آزمون خاک، ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار اوره (یک‌سوم قبل از کاشت، یک‌سوم در مرحله ساقه دهی و یک‌سوم در مرحله قبل از گلدهی)، ۱۲۰ کیلوگرم در هکتار سوپرفسفات تریپل و ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار سولفات پتاسیم به‌صورت قبل از کاشت داخل زمین پخش گردید و با خاک مخلوط شد. کاشت بذور در تاریخ اول آبان ماه به روش خشکه‌کاری و با دست انجام گردید. قبل از کاشت، بذور به وسیله قارچ‌کش کاربوکسین تیرام با غلظت ۲ در هزار ضدعفونی گردید. در مرحله ۴ تا ۶ برگی، گیاهچه‌ها بر اساس فاصله ۱۰ سانتی‌متر (تراکم ۲۰ بوته در مترمربع) تنک شدند. پس از کاشت بلافاصله آبیاری به‌صورت نشتی و با سیفون انجام شده و بر اساس عرف منطقه تا شروع گل‌دهی آبیاری انجام شد. تیمارهای دور آبیاری در مرحله زایشی نیز طبق زمان‌بندی در نظر گرفته شده اعمال گردید. مدت زمان آبیاری برای تیمارها یکسان در نظر گرفته شد. مقدار آب مصرفی در مرحله رویشی ۷۶۰۰ مترمکعب در هکتار و در مرحله زایشی بر اساس دور آبیاری ۷، ۱۴ و ۲۱ روز به ترتیب ۳۲۰۰، ۱۶۰۰ و ۸۰۰ مترمکعب در هکتار بود. عملیات مبارزه با علف‌های هرز طی سه نوبت با دست انجام پذیرفت. در طول فصل رشد آفت و بیماری خاصی مشاهده نگردید.

جهت اندازه‌گیری صفاتی مانند ارتفاع بوته و تعداد شاخه‌های فرعی در هر بوته، ۱۰ بوته از هر کرت به‌صورت تصادفی مشخص و پس از اندازه‌گیری صفات مورد نظر میانگین آن‌ها ثبت شد. به منظور تعیین اجزاء عملکرد، ۵ بوته به‌طور تصادفی مشخص و اجزاء عملکرد شامل تعداد غوزه در بوته، تعداد دانه در غوزه، وزن هزار دانه، عملکرد بیولوژیک و شاخص برداشت محاسبه شد. جهت تعیین عملکرد، دانه غوزه‌های دو ردیف میانی در زمان رسیدگی فیزیولوژیک (قهوه‌ای شدن غوزه‌ها) پس از حذف ۰/۵ متر از ابتدا و انتهای کرت، برداشت و پس از خرمنکوبی و بوجاری، به مدت ۴۸ ساعت در

www.SID.ir

Archive of SID

دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد در آون قرار داده شد تا رطوبت آن‌ها به صفر برسد، سپس عملکرد دانه بر مبنای ۱۲ درصد رطوبت تعیین گردید.

جهت اندازه‌گیری روغن دانه از هر کرت فرعی یک نمونه ۳۰ گرمی جدا و به آزمایشگاه منتقل شد، مقدار ۲ گرم نمونه آسیاب و خشک شده مربوط به هر کرت، توسط دستگاه سوکسله به مدت ۱۶ ساعت در مجاورت حلال پترولیوم اتر مورد استخراج روغن قرار گرفت و پس از توزین توسط ترازوی دیجیتال با دقت ۰/۰۰۱ گرم، مقدار روغن نمونه هر کرت بر اساس ماده خشک، به‌صورت درصد در یک گرم نمونه تعیین شد (Asghari & Gharibi Asl, 2016). عملکرد روغن نیز از حاصل‌ضرب عملکرد دانه و درصد روغن به دست آمد.

پس از جمع‌آوری داده‌ها، تجزیه واریانس با استفاده از نرم‌افزار MSTATC، محاسبه ضرایب همبستگی و رگرسیون گام به گام با استفاده از نرم افزار SPSS و تجزیه و تحلیل علیت با استفاده از بسته نرم افزاری PATH2 انجام پذیرفت. جهت مقایسه میانگین‌ها از آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵ درصد استفاده شد.

نتایج و بحث

صفات مورفولوژیکی

اثر دور آبیاری در مرحله زایشی و اثرمتقابل دور آبیاری و رقم بر ارتفاع بوته و تعداد شاخه‌های فرعی معنی‌دار نبود، اما اثر رقم بر این صفات در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۳). نتایج مقایسه میانگین نشان داد که بیشترین ارتفاع بوته با میانگین ۸۴/۱ سانتی‌متر متعلق به رقم KWS بود و پس از آن ارقام پدیده و گلدشت با میانگین‌های به ترتیب ۷۹/۱ و ۷۱/۷ سانتی‌متر در رتبه‌های بعدی قرار گرفتند (جدول ۴).

نتایج مقایسه میانگین در خصوص تعداد شاخه جانبی نشان داد که ارقام گلدشت و KWS به ترتیب با میانگین ۱۰/۲ و ۸/۷ از تعداد شاخه جانبی بیشتری نسبت به رقم پدیده با میانگین ۶/۶ برخوردار بود (جدول ۴). در مطالعات متعددی به تفاوت معنی‌دار بین ارقام گلرنگ از لحاظ تعداد شاخه جانبی اشاره شده است (Behdani & Jami Alahmadi, 2010; Lotfi & Golkar, 2012; Farjam & Ghaleshakhati, 2014).

عملکرد دانه و اجزای آن

اثر دور آبیاری در مرحله زایشی بر تعداد غوزه در بوته در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۳). نتایج مقایسه میانگین نشان داد که افزایش فواصل آبیاری در مرحله زایشی از ۷ به ۲۱ روز موجب کاهش ۲۳/۵ درصدی تعداد غوزه در بوته شد. در مطالعه‌ای مشخص شد که هر چه طول دوره تنش در مراحل رشد زایشی طولانی‌تر باشد تعداد غوزه در بوته گلرنگ کاهش می‌یابد (Moosavifar *et al.*, 2009). تنش خشکی در مرحله زایشی با ایجاد محدودیت در فتوسنتز جاری زمینه سقط غوزه‌های تمایز یافته و در نهایت کاهش تعداد غوزه در بوته گلرنگ را فراهم می‌کند (Tahmasebpour *et al.*, 2011).

اثر رقم بر تعداد غوزه در بوته در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۳). نتایج مقایسه میانگین نشان داد که تعداد غوزه در بوته در رقم KWS نسبت به ارقام پدیده و گلدشت به ترتیب ۴۳/۶ و ۴۵/۳ درصد بیشتر بود (جدول ۴). در مطالعات محققان متعددی

www.SID.ir

Archive of SID

به تفاوت معنی‌دار بین ارقام گلرنگ از لحاظ تعداد غوزه در بوته اشاره شده است (Behdani & Jami Alahmadi, 2010; Lotfi & Golkar, 2012; Farjam & Ghaleshakhati, 2014). ارتفاع بیشتر رقم KWS نسبت به ارقام پدیده و گلدشت از طریق افزایش تعداد شاخه‌های

جدول ۳- میانگین مربعات تأثیر کم آبیاری در مرحله زایشی بر برخی صفات مورفولوژیک، عملکرد، اجزای عملکرد دانه و درصد روغن ارقام گلرنگ

Table 3. Mean squares for the effect of water-deficit on some morphological traits, grain yield and its components and oil percentage of safflower cultivars at reproductive stage

ضریب تغییرات S.O.V	درجه آزادی df	ارتفاع بوته Plant height	تعداد شاخه اصلی در بوته Number of branches	تعداد غوزه در بوته Number of capitulum per plant	تعداد دانه در غوزه Number of seeds per capitulum	وزن هزار دانه 1000-grain weight	عملکرد دانه Grain yield	عملکرد بیولوژیک Biological yield	شاخص برداشت Harvest index	درصد روغن Oil percentage	عملکرد روغن Oil yield
تکرار Replication	2	15.1 $^{n.s}$	14.4 $^{n.s}$	0.88 $^{n.s}$	1625.1 *	2.1 $^{n.s}$	16320.4 $^{n.s}$	103908.3 $^{n.s}$	8.8 $^{n.s}$	4.3 $^{n.s}$	4616.1 $^{n.s}$
دور آبیاری Irrigation interval (A)	2	10.1 $^{n.s}$	0.76 $^{n.s}$	84.7 **	165.5 *	59.1 *	190246.1 *	1181408.3 *	9.1 $^{n.s}$	20.3 $^{n.s}$	113094.5 **
خطای آزمایشی Error a	4	31.2	2.6	2.4	17.9	8.8	18154.3	94208.3	6.1	6.8	5494.07
رقم Variety (B)	2	325.1 **	30.41 **	294.8 **	10.1 $^{n.s}$	740.1 *	710503.7 **	5966936.1 **	11.6 *	21.7 **	41415.1 **
دور آبیاری × رقم A×B	4	12.4 $^{n.s}$	3.6 $^{n.s}$	19.1 $^{n.s}$	9.75 $^{n.s}$	2.2 $^{n.s}$	1627.6 $^{n.s}$	43861.1 $^{n.s}$	0.6 $^{n.s}$	1.1 $^{n.s}$	303.1 $^{n.s}$
خطای آزمایشی Error b	12	9.9	3.5	11.8	6.1	4.3	29306.7	136552.7	2.8	3.4	2373.8
ضریب تغییرات C.V (%)		11.5	5.25	9.94	10.5	5.5	15.8	16.7	7.2	3.1	9.8

**، * و $^{n.s}$ به ترتیب معنی‌دار در سطح ۱، ۵٪ و غیر معنی‌دار می‌باشد.

**, * and ^{ns} are significant at 1 and 5% probability levels and non-significant, respectively

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۴- مقایسه میانگین تأثیر کم آبیاری در مرحله زایشی بر برخی صفات مورفولوژیک، عملکرد، اجزای عملکرد و درصد روغن ارقام گلرنگ

Table 4. Mean comparison for the effect of water-deficit on some morphological traits, grain yield and its components and oil percentage of safflower cultivars at reproductive stage

تیمار Treatment	ارتفاع گیاه (سانتی‌متر) Plant height (cm)	تعداد شاخه اصلی در بوته Number of branches	تعداد غوزه در بوته Number of capitulum per plant	تعداد دانه در غوزه Number of seeds per capitulum	وزن هزار دانه (گرم) 1000-grain weight (gr)	عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار) Grain yield (kg.ha^{-1})	عملکرد بیولوژیک (کیلوگرم در هکتار) Biological yield (kg.ha^{-1})	شاخص برداشت (درصد) Harvest index (%)	میزان روغن (درصد) Oil percentage (%)	عملکرد روغن (کیلوگرم در هکتار) Oil yield (kg.ha^{-1})
دور آبیاری (روز) Irrigation interval at reproductive stage (days)										
7	78.1 ^{a}	8.2 ^{a}	17.4 ^{a}	43.5 ^{a}	47.1 ^{a}	1703 ^{a}	6462 ^{a}	26.2 ^{a}	31.2 ^{a}	531.3 ^{a}
14	77.4 ^{a}	8.7 ^{a}	16.6 ^{ab}	36.7 ^{b}	44.7 ^{ab}	1661 ^{ab}	6387 ^{a}	25.9 ^{a}	29.5 ^{a}	489.9 ^{ab}
21	79.1 ^{a}	8.6 ^{a}	13.3 ^{b}	35.5 ^{b}	41.9 ^{b}	1580 ^{b}	5800 ^{b}	27.7 ^{a}	28.2 ^{a}	445.5 ^{b}
Variety										
Padideh	79.1 ^{b}	6.6 ^{b}	13.3 ^{b}	39.8 ^{a}	35.7 ^{c}	1339 ^{b}	5320 ^{c}	25.3 ^{b}	30.7 ^{a}	412.2 ^{b}
Goldasht	71.7 ^{c}	10.2 ^{a}	12.9 ^{b}	38.2 ^{a}	53.9 ^{a}	1868 ^{a}	6917 ^{a}	27.0 ^{ab}	27.9 ^{b}	521.2 ^{a}
KWS	84.1 ^{a}	8.7 ^{a}	23.6 ^{a}	37.8 ^{a}	44.1 ^{b}	1768 ^{a}	6409 ^{b}	27.5 ^{a}	33 ^{a}	583.4 ^{a}

میانگین‌های دارای حروف مشترک، اختلاف معنی‌داری بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد ندارند.

Means with the same letter are not significantly different based on Duncan test ($p \leq 0.05$).

اصلی در بوته موجب افزایش تعداد غوزه در بوته گلرنگ شد. همبستگی مثبت و معنی‌داری بین تعداد غوزه در بوته و ارتفاع بوته (۰/۴۹= r) نیز گواه این موضوع می‌باشد (جدول ۵). اثرمتقابل دور آبیاری در مرحله زایشی و رقم بر تعداد غوزه در بوته معنی‌دار نبود (جدول ۳).

اثر دور آبیاری بر تعداد دانه در غوزه در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار بود، اما اثر رقم و اثرمتقابل دور آبیاری و رقم بر این صفت معنی‌دار نبود (جدول ۳). نتایج مقایسه میانگین نشان داد که افزایش فواصل آبیاری در مرحله زایشی از ۷ به ۲۱ روز موجب کاهش ۲۲/۵ درصدی تعداد دانه در غوزه شد. نتایج مطالعات متعددی حاکی از کاهش تعداد دانه در غوزه در اثر اعمال تنش خشکی در اواخر فصل رشد گلرنگ می‌باشد (Behdani & Jami Alahmadi, 2010; Lotfi *et al.*, 2012; Mohammadi *et al.*, 2018). به نظر می‌رسد تنش خشکی در مرحله زایشی از طریق محدودیت فتوسنتز جاری و کاهش اسیمیلات تولیدی، موجب کاهش تعداد گلچه‌های بارور شده که تأثیر آن در کاهش تعداد دانه در غوزه مشهود می‌باشد.

اثر دور آبیاری بر وزن هزار دانه در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار بود (جدول ۳). افزایش دور آبیاری از ۷ به ۲۱ روز باعث کاهش ۱۲/۴۱ درصدی وزن هزار دانه شد (جدول ۴). در مطالعات محققان متعددی به تأثیر تنش خشکی بر کاهش وزن هزار دانه اشاره شده است (Moosavifar *et al.*, 2009; Behdani & Jami Alahmadi, 2010; Omidi *et al.*, 2012; Farjam *et al.*, 2014; Amiri *et al.*, 2015; Aminian *et*

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۵- ضرایب همبستگی بین صفات مورد مطالعه ژنوتیپ‌های مختلف گلرنگ

Table 5. Correlation coefficients between the studied traits of different safflower genotypes

صفات Traits	ارتفاع بوته Plant height	تعداد شاخه اصلی در بوته Number of branches	تعداد غوزه در بوته Number of capitulum per plant	تعداد دانه در غوزه Number of seeds per capitulum	وزن هزار دانه 1000-grain weight	عملکرد دانه Grain yield	عملکرد بیولوژیک Biological yield	شاخص برداشت Harvest index	درصد روغن Oil percentage
تعداد شاخه اصلی در بوته Number of branches	-0.26 ns								
تعداد غوزه در بوته Number of capitulum per plant	0.49**	0.21 ns							
تعداد دانه در غوزه Number of seeds per capitulum	-0.03 ns	0.04 ns	0.13 ns						
وزن هزار دانه 1000- grain weight	-0.5 **	0.47*	0.01 ns	0.04 ns					
عملکرد دانه Grain yield	-0.18 ns	0.43*	0.21 ns	-0.01 ns	0.81**				
عملکرد بیولوژیک Biological yield	-0.3 ns	0.52 **	0.19 ns	0.12 ns	0.86 **	0.16 ns			
شاخص برداشت Harvest index	0.11 ns	0.06 ns	0.09 ns	-0.24 ns	0.25 ns	0.61 **	0.16 ns		
درصد روغن Oil percentage	0.22 ns	-0.43*	0.39*	0.29 ns	-0.26 ns	-0.27 ns	-0.25 ns	-0.18 ns	
عملکرد روغن Oil yield	-0.05 ns	0.22 ns	0.45*	0.14 ns	0.66**	0.86**	0.73**	0.55**	0.24 ns

**، * و ns به ترتیب معنی‌دار در سطح ۱، ۵٪ و غیر معنی‌دار می‌باشد.

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

al., 2017). تنش خشکی از طریق کاهش سطح برگ، بسته شدن روزنه‌ها، کاهش در آبگیری کلروپلاست و سایر بخش‌های پروتوپلاسم، کاهش سنتز پروتئین و کلروفیل سبب تقلیل فرآیند فتوسنتز می‌گردد. همچنین، تنش خشکی به‌طور مستقیم بر فرآیندهای بیوشیمیایی فتوسنتز تأثیر گذاشته و به‌طور غیرمستقیم تبادلات روزنه‌ای را کاهش می‌دهد، به‌طوری که سهم دانه در دریافت مقدار کربوهیدرات ذخیره شده و مواد فتوسنتزی کم شده و وزن هزار دانه در تیمارهای تحت تنش خشکی کاهش می‌یابد (Tahmasbpour *et al.*, 2017). از طرفی دیگر،

www.SID.ir

Archive of SID

گزارش شده است که تنش از مرحله گل‌دهی تا رسیدگی دانه به‌خصوص زمانی که این مرحله با دمای زیاد همراه است موجب تسریع در پیری برگ و کاهش دوره پر شدن دانه شده و در نهایت وزن هزار دانه می‌شود (Kafi *et al.*, 2008).

اثر رقم بر وزن هزار دانه در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار بود (جدول ۳). نتایج مقایسه میانگین نشان داد که رقم گلدشت با میانگین ۵۳/۹ گرم بیشترین وزن هزار دانه را داشت و پس از آن ارقام KWS و پدیده به ترتیب با میانگین‌های ۴۴/۱ و ۳۵/۷ گرم در رتبه‌های بعدی قرار گرفتند (جدول ۴). در مطالعات محققان متعددی به تفاوت معنی‌دار بین ارقام گلرنگ از لحاظ وزن هزار دانه اشاره شده است (Behdani & Jami Alahmadi, 2010; Lotfi & Golkar, 2012; Farjam & Ghaleshakhati, 2014).

اثر دور آبیاری بر عملکرد دانه در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار بود (جدول ۳). با افزایش دور آبیاری در مرحله زایشی از ۷ به ۱۴ روز تفاوت معنی‌داری در عملکرد دانه گلرنگ ایجاد نشد، اما افزایش دور آبیاری به ۲۱ روز موجب کاهش ۷/۷۸ درصدی عملکرد نسبت به تیمار شاهد (۷ روز) شد (جدول ۴). در مطالعات محققان متعددی به کاهش عملکرد دانه گلرنگ به دلیل بروز تنش خشکی به‌ویژه در مرحله زایشی اشاره شده است (Behdani & Jami Alahmadi, 2010; Omidi, 2011; Omidi *et al.*, 2012; Lotfi *et al.*, 2012; Mohsen Nia & Jalilan, 2012; Mirshekari *et al.*, 2013; Farjam *et al.*, 2014; Amiri *et al.*, 2015; Aminian *et al.*, 2017; Mohamadi *et al.*, 2018). این در حالی بود که نتایج برخی مطالعات حاکی از آن است که رژیم‌های مختلف آبیاری در مراحل پایانی رشد تأثیری بر عملکرد دانه گلرنگ ندارد (Singh *et al.*, 1995; Heshmati *et al.*, 2017). با عبور از مرحله رویشی به زایشی، محدودیت آبی از طریق کاهش دوام سطح برگ (Baljani & Shekari, 2014) منجر به کاهش بیشتر فتوسنتز شده و با توجه به اینکه در این زمان دانه در حال پر شدن است، از طریق تسریع پیری موجب کاهش دوره پر شدن دانه‌ها و وزن دانه شده که در نهایت کاهش عملکرد دانه را به دنبال دارد (Moosavifar *et al.*, 2009). در این پژوهش، کاهش تعداد دانه در غوزه و وزن هزار دانه موجب کاهش عملکرد دانه گلرنگ تحت تأثیر تنش در مرحله گل‌دهی شد (جدول ۴).

اثر رقم بر عملکرد دانه در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۳). بیشترین عملکرد دانه به‌طور مشترک از ارقام گلدشت و KWS با میانگین‌های به ترتیب ۱۸۶۸ و ۱۷۶۸ کیلوگرم در هکتار حاصل شد و کمترین آن متعلق به رقم پدیده با میانگین ۱۳۳۹ کیلوگرم در هکتار بود (جدول ۴). در مطالعات محققان متعددی به تفاوت عملکرد دانه بین ارقام گلرنگ اشاره شده است (Kafi & Rostami, 2007; Lotfi *et al.*, 2012; Fanaei & Narouirad, 2014; Moradi *et al.*, 2017; Tahmasbpour *et al.*, 2017; Shiresmaeili *et al.*, 2017). در این پژوهش، رقم گلدشت به دلیل تعداد شاخه‌های فرعی و وزن هزار دانه بیشتر و رقم KWS به دلیل تعداد شاخه‌های فرعی و تعداد غوزه در بوته بیشتر از عملکرد دانه بالاتری برخوردار بودند

www.SID.ir

Archive of SID

(جدول ۴). از بین اجزای عملکرد دانه، وزن هزار دانه بیشترین همبستگی مثبت و معنی‌دار (r=۰/۸۱) را داشت. همچنین بین عملکرد دانه و تعداد شاخه اصلی در بوته همبستگی مثبت و معنی‌داری (r=۰/۴۷) مشاهده شد (جدول ۵). نتایج بررسی برخی محققان بر روی ژنوتیپ‌های گلرنگ نشان دهنده همبستگی مثبت و معنی‌دار بین وزن هزار دانه و عملکرد دانه بود (Behdani & Jami Alahmadi, 2010; Lotfi *et al*., 2012).

اثر دور آبیاری بر عملکرد زیستی در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار بود (جدول ۳). بین دور آبیاری ۷ و ۱۴ روز تفاوت آماری معنی‌داری از لحاظ عملکرد زیستی وجود نداشت، اما افزایش دور آبیاری به ۲۱ روز موجب کاهش ۱۱/۴۱ درصدی عملکرد زیستی نسبت به شاهد (۷ روز) شد (جدول ۴). نتایج به دست آمده از مطالعه سایر محققان نیز بیانگر تأثیر تنش خشکی بر کاهش عملکرد زیستی گلرنگ می‌باشد (Behdani & Jami Alahmadi, 2010; Lotfi *et al*., 2012; Fanaei & Narouirad, 2014; Touryoryan *et al*., 2018). نتایج مطالعه‌ای نشان داد که تجمع ماده خشک با قطع آبیاری دچار افت می‌شود و هر چه قطع آبیاری در مراحل رشد گیاه زودتر اعمال شود میزان خسارت آن بیشتر خواهد بود به‌طوری که کاهش میزان آب در دسترس گیاه در اواخر مراحل رشد تأثیر کمتری بر عملکرد زیستی گلرنگ دارد (Omidi, 2012). در این پژوهش به نظر می‌رسد کاهش شاخص سطح برگ و دوام سطح برگ موجب کاهش فتوسنتز و عملکرد دانه (به عنوان بخشی از عملکرد زیستی) شده و در نهایت عملکرد زیستی کاهش یافته باشد.

اثر رقم بر عملکرد زیستی در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۳). بیشترین عملکرد زیستی از رقم گلدشت با میانگین ۶۹۱۷ کیلوگرم در هکتار حاصل شد و پس از آن ارقام KWS و پدیده با میانگین‌های به ترتیب ۶۴۰۹ و ۵۳۲۰ کیلوگرم در هکتار در رتبه‌های بعدی قرار گرفتند (جدول ۴). نتایج مطالعات محققان متعددی به تفاوت عملکرد زیستی بین ارقام گلرنگ اشاره دارد (Behdani & Jami Alahmadi, 2010; Lotfi *et al*., 2012; Omidi, 2012; Fanaei & Narouirad, 2014).

اثر دور آبیاری و اثرمتقابل دور آبیاری و رقم بر شاخص برداشت معنی‌دار نبود، اما اثر رقم بر شاخص برداشت در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار بود (جدول ۳). نتایج مقایسه میانگین نشان داد که رقم KWS با میانگین ۲۷/۵ درصد بیشترین شاخص برداشت را دارا بود و ارقام گلدشت و پدیده با میانگین‌های به ترتیب ۲۷ و ۲۵/۳ درصد در رتبه‌های بعدی قرار گرفتند (جدول ۴). هر چه شاخص برداشت بیشتر باشد، نشان دهنده آن است که درصد بیشتری از مواد فتوسنتزی به دانه‌ها انتقال یافته است (Behdani & Jami Alahmadi, 2010).

عملکرد و محتوی روغن دانه

اثر دور آبیاری بر درصد روغن دانه معنی‌دار نبود، اما اثر ارقام بر این صفت در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۳). نتایج مطالعه برخی پژوهشگران بیانگر آن است که تنش خشکی تأثیری بر درصد روغن دانه نداشت (Omidi, 2012; Hernandez-Ochoa *et*

www.SID.ir

Archive of SID

al., 2014; Heshmati *et al.*, 2017; Touryoryan & Mohammadi, 2018). این در حالی بود که برخی دیگر، معتقدند که با افزایش تنش خشکی درصد روغن دانه کاهش یافت (Moosavifar *et al.*, 2009; Mirshekari *et al.*, 2013; Farjam *et al.*, 2014; Mohamadi *et al*., 2018). نتایج مطالعه‌ای نشان داد که در اثر اعمال تیمارهای مختلف آبیاری درصد روغن دانه گلرنگ تغییر اندکی می‌کند (Engel & Bergman, 1997; Tavakoli, 2002). اصولاً درصد روغن یک صفت کمی است و توسط چندین ژن کنترل می‌شود. بنابراین احتمال آسیب تعداد زیادی از ژن‌های کنترل‌کننده در اثر تنش خشکی بسیار کم است (Jensen *et al.*, 1996; Tavakoli, 2002; Kafi & Rostami, 2008).

اثر رقم بر درصد روغن دانه در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۳). بیشترین درصد روغن دانه متعلق به ارقام KWS و پدیده با میانگین به ترتیب ۳۳ و ۳۰/۷ درصد و کمترین آن متعلق به رقم گلدشت با میانگین ۲۷/۹ درصد بود (جدول ۴). نتایج مطالعات محققان متعددی به تفاوت درصد روغن بین ارقام گلرنگ اشاره دارد (Behdani & Jami Alahmadi, 2010; Omidi, 2011; Mohamadi *et al*., 2018).

اثر دور آبیاری بر عملکرد روغن دانه در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۳). با افزایش دور آبیاری در مرحله زایشی از ۷ به ۱۴ روز تفاوت معنی‌داری در عملکرد روغن دانه گلرنگ ایجاد نشد، اما افزایش دور آبیاری به ۲۱ روز موجب کاهش ۱۹/۲۵ درصدی عملکرد روغن نسبت به تیمار شاهد (۷ روز) شد (جدول ۴). نتایج مطالعه پژوهشگران متعددی بیانگر آن است که تنش خشکی موجب کاهش عملکرد روغن گلرنگ شد (Moosavifar *et al.*, 2009; Omidi, 2012; Amiri *et al.*, 2017; Touryoryan & Mohammadi, 2018). با توجه به اینکه افزایش دور آبیاری تأثیر معنی‌داری بر درصد روغن دانه نداشت اما موجب کاهش عملکرد دانه شد (جدول ۴) و از طرفی دیگر، عملکرد روغن تحت تأثیر درصد روغن و عملکرد دانه قرار می‌گیرد. بنابراین انتظار می‌رفت که کاهش عملکرد دانه موجب کاهش عملکرد روغن شود.

اثر رقم بر عملکرد روغن در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۳). بیشترین عملکرد روغن به‌طور مشترک از ارقام KWS و گلدشت با میانگین‌های به ترتیب ۵۸۳/۴ و ۵۲۱/۲ کیلوگرم در هکتار حاصل شد و کمترین آن متعلق به رقم پدیده با میانگین ۴۱۲/۲ کیلوگرم در هکتار بود (جدول ۴). در مطالعات برخی محققان به تفاوت عملکرد روغن بین ارقام گلرنگ اشاره شده است (Kafi & Rostami, 2007; Moosavifar *et al.*, 2009). با توجه به اینکه عملکرد روغن حاصل‌ضرب عملکرد دانه در درصد روغن دانه است، لذا اختلاف بین ارقام از نظر عملکرد روغن بیشتر به تفاوت آن‌ها از لحاظ عملکرد دانه برمی‌گردد. نتایج ضرایب همبستگی نیز نشان داد که بین عملکرد روغن و عملکرد دانه همبستگی مثبت و معنی‌دار (r=۰/۸۶) وجود داشت (جدول ۵). نتایج بررسی برخی محققان بر روی ژنوتیپ‌های گلرنگ نیز بر این نکته تأکید دارد که تغییرات عملکرد روغن مشابه تغییرات عملکرد دانه است و همبستگی

www.SID.ir

Archive of SID

مثبت و معنی‌داری با آن دارد (Behdani & Jami Alahmadi, 2010; Lotfi *et al*., 2012).

نتایج رگرسیون گام به‌گام و تجزیه علیت

صفات مورد مطالعه

در تجزیه رگرسیون گام به گام عملکرد دانه به‌عنوان متغیر وابسته در مقابل سایر صفات به‌عنوان متغیر مستقل مورد بررسی قرار گرفت. عملکرد بیولوژیک، اولین صفتی بود که وارد مدل رگرسیونی شد و ۹۲ درصد از تغییرات مربوط به عملکرد دانه را توجیه کرد. صفت بعدی شاخص برداشت بود که این دو ویژگی مجموعاً بیش از ۹۹ درصد تغییرات عملکرد دانه را توجیه کردند. آخرین صفت وارد شده در مدل، درصد روغن بود که این سه ویژگی مجموعاً ۹۹/۸ درصد از تغییرات عملکرد دانه را توجیه نمودند (جدول ۶). این نتایج با نتایج همبستگی ساده صفات مطابقت دارد، به‌طوری‌که ویژگی عملکرد بیولوژیک در بین صفات مورد بررسی بزرگترین ضریب همبستگی را با عملکرد داشت (r=۰/۹۷ **) و همچنین صفات شاخص برداشت و درصد روغن نیز همبستگی معنی‌داری با عملکرد دانه نشان دادند (جدول ۵). در تحقیقی روی گلرنگ صفات وزن هزار دانه، تعداد دانه در گیاه، تعداد دانه در طبق و عملکرد بیولوژیک از جمله صفاتی بودند که وارد مدل رگرسیونی شدند و در مقابل صفت وابسته به عملکرد دانه قرار گرفتند (Golparvar & Ghasemi Pirbalouti, 2012). نتایج تحقیقی روی گلرنگ نشان داد که صفات عملکرد بیولوژیک، تعداد طبق در بوته، تعداد دانه در طبق و درصد روغن ۹۸ درصد تغییرات عملکرد دانه را توجیه کرد (Salamati, 2012). با توجه به نتایج تجزیه رگرسیونی گام به گام می‌توان گفت که صفات مورد اشاره بیشترین اهمیت و سهم را در توجیه تنوع در جمعیت مورد مطالعه دارا می‌باشند.

نتایج همبستگی ساده صفات به‌تنهایی نمی‌تواند در توجیه روابط صفات با عملکرد دانه کارایی لازم را داشته باشد و لازم است، علت این تفاوت در تجزیه علیت با استفاده از اثرات مستقیم و غیرمستقیم صفات بر عملکرد دانه مورد بررسی قرار گیرد. روش تجزیه و تحلیل ضرایب مسیر روشی است که روابط بین ویژگی‌ها و اثرات مستقیم و غیرمستقیم آن‌ها را بر عملکرد روشن می‌سازد. در این روش ضریب همبستگی بین دو ویژگی به اجزائی که اثرات مستقیم و غیرمستقیم را اندازه‌گیری می‌کنند، تفکیک می‌گردد (Soltani *et al*., 2018). لذا با استفاده از اثرات مستقیم و غیرمستقیم صفات بر عملکرد دانه از طریق تجزیه علیت، این تفاوت‌ها بهتر تبیین می‌گردند. در تجزیه علیت، عملکرد دانه به‌عنوان متغیر وابسته در مقابل صفات عملکرد بیولوژیک، شاخص برداشت و درصد روغن به‌عنوان متغیرهای مستقل قرار داده شد تا اثرت مستقیم و غیرمستقیم هر یک از متغیرها با متغیر تابع مشخص گردد (جدول ۶). همان‌طور که در نتایج جدول ۷ مشاهده می‌شود عملکرد بیولوژیک بیشترین تأثیر مستقیم را بر عملکرد دانه (۰/۸۸) داشت. در تحقیقی بر روی گلرنگ بهاره که با استفاده از روش آماری چند متغیره تجزیه علیت انجام شد صفات وزن هزار دانه، تعداد دانه در بوته، تعداد دانه در طبق و عملکرد بیولوژیک بهترین شاخص‌های انتخاب

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۶- نتایج تجزیه رگرسیون گام به گام عملکرد دانه (متغیر وابسته) با سایر صفات در ارقام مختلف گلرنگ

Table 6. Results of stepwise regression analysis for grain yield (dependent variable) with other traits in different safflower cultivars

صفات Traits	ضرایب تبیین Coefficients of determination		B در مرحله واردشدن در مدل B at the model entry point
	R^2	R^2 adjusted	
عملکرد بیولوژیک Biological yield	0.939	0.923	0.3125
شاخص برداشت Harvest index	0.998	0.996	0.2831
درصد روغن Oil percentage	0.999	0.998	0.2841

برای بهبود ژنتیکی عملکرد دانه در شرایط تنش خشکی معرفی شدند (Golparvar & Ghasemi Pirbalouti, 2012). اثر غیرمستقیم عملکرد بیولوژیک از طریق شاخص برداشت، مثبت و از طریق درصد روغن، منفی بود. شاخص برداشت دانه دارای اثر مستقیم و مثبت (۰/۲۶۷) بود. این صفت به‌صورت غیرمستقیم و مثبت از طریق عملکرد بیولوژیک و به‌صورت منفی از طریق درصد روغن بر عملکرد دانه مؤثر بود. صفت درصد روغن دارای اثر مستقیم و مثبت (۰/۰۴۲) بود. این صفت به‌صورت غیرمستقیم و منفی از طریق عملکرد بیولوژیک و شاخص برداشت بر عملکرد دانه مؤثر بود (جدول ۷).

نتیجه‌گیری کلی

نتایج این پژوهش نشان داد که تنش ملایم در مرحله زایشی تأثیر معنی‌داری در کاهش اجزای عملکرد دانه و نهایتاً عملکرد دانه نداشت. همچنین، درصد و عملکرد روغن دانه نیز تحت تأثیر آن واقع نشد. این در حالی بود که تنش شدید موجب کاهش صفات کمی و کیفی عملکرد گلرنگ شد. به عبارتی، گلرنگ تنش‌های ملایم را تحمل می‌کند ولی تنش‌های شدید را نمی‌تواند تحمل کند. در این آزمایش، ارقام مورد مطالعه نیز از لحاظ عملکرد دانه و روغن متفاوت بودند. به‌طوری که ارقام گلدشت و KWS از عملکرد دانه و روغن بالاتری برخوردار بودند.

References

www.SID.ir

www.SID.ir

جدول ۷- ضرایب تجزیه علیت همبستگی عملکرد دانه با برخی صفات (صفات وارد شده در مدل رگرسیونی گام به گام) در ارقام مورد مطالعه گلرنگ

Table 7. Pathway correlation analysis of grain yield with some traits (traits entered in the stepwise regression model) in the studied cultivars of safflower

صفات Traits	اثر مستقیم Direct effect	اثر غیرمستقیم Indirect effect			اثر کل Total effect
		عملکرد بیولوژیک Biological yield	عملکرد بیولوژیک Biological yield	عملکرد بیولوژیک Biological yield	
عملکرد بیولوژیک Biological yield	0.88	0.88	0.093	- 0.005	0.97
شاخص برداشت Harvest index	0.267	0.030	0.267	- 0.006	0.569
درصد روغن Oil percentage	0.042	- 0.089	- 0.035	- 0.08	- 0.08

اثر باقیمانده

Residual effect = - 0.004

Archive of SID

Archive of SID

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

Aminian, R., Pak Nejad, M., and Hosseini, M. 2017. Effect of titanium dioxide on yield and yield components of safflower under normal irrigation and dehydration. *Environmental Stresses in Crop Sciences*, 10(3): 377- 390. (In Persian with English Summary).

Amiri, A., Esmaeilzadeh Bahabadi, S., Yadollahi Dehcheshmeh, P., and Sirousmehr, A. 2017. The role of salicylic acid and chitosan foliar applications under drought stress condition on some physiological traits and oil yield of safflower (*Carthamus tinctorius* L.). *Journal of Crop Ecophysiology,* 11(1): 69-84. (In Persian with English Summary).

Amiri, A., Sirousmehr, A., and Esmaeilzaheh Bahabadi, S. 2015. Effect of foliar application of salicylic acid and chitosan on yield of safflower (*Carthamus tinctorius* L.). *Journal of Plant Researches*, 28(4): 712-725. (In Persian with English Summary).

Asghari, B., and Gharibi Asl, S. 2016. The oil and protein content of Isfahan's safflower in different periods of irrigation, levels of humic acid and superabsorbent. *International Journal of Life Science and Pharma Research*, 1: 56-63.

Baljani, R., and Shekari, F. 2014. Effects of priming by salicylic acid on yield and growth indices of safflower (*Carthamus tinctorus* L.) plants under end season drought stress. *Journal of Agricultural Science and Sustainable Production*, 22(1): 87-103. (In Persian with English Summary).

Behdani, M. A., and Jami Alahmadi, M. 2010. Response of spring safflower cultivars to different irrigation intervals in Birjand. *Iranian Journal of Field Crops Research*, 8(2): 315- 323.

Ebrahimi, F., Majidi M. M., Arzani, A., and Mohammadi-Nejad, G. 2016. Oil and seed yield stability in a worldwide collection of safflower under arid environments of Iran. *Euphytica*, 212: 131-144.

Emongor, V. 2010. Safflower (*Carthamus tinctorius* L.) the underutilized and neglected crop: A review. *Asian Journal of Plant Sciences*, 9: 299-306

Engel, R. and Bergman, J. 1997. Safflower seed yield and oil content as affected by water and N. *Fertilizer Facts*, 14, 14-25.

Fanaei, H. R., and Narouirad, M. R. 2014. Study of yield, yield components and tolerance to drought stress in safflower genotypes. *Journal of Crop Production*, 7(3): 33-51. (In Persian with English Summary).

www.SID.ir

Archive of SID

Farjam, S., Rokhzadi, A., Mohammadi, H., and Ghaleshakhati, S. 2014. Effect of cut irrigation tension and foliar application of salicylic acid on growth, yield and yield components of three safflower cultivars. *Crop Physiology Journal*, 6(23): 99- 112. (In Persian with English Summary).

Fischer, R., and Maurer, R. 1978. Drought resistance in spring wheat cultivars. I. Grain yield responses. *Australian Journal of Agricultural Research*., 29: 897- 912.

Golparvar, A., and Ghasemi Pirbalouti, A. 2012. Evaluation of correlation and path analysis of seed and oil yield in spring safflower cultivars under normal irrigation and drought stress conditions. *New Finding in Agriculture*, 6 (3): 255-267. (In Persian with English Summary).

Hernandez-Ochoa, I., Santos, B. M., Stansly, C. D., Huang, P. W. and Stanley, C. D. 2014. Using low-volume irrigation programs and crop protectants to establish strawberry transplants. *In Proceedings of the Florida State Horticultural Society*, 125: 150-152.

Heshmati, S., Amini dehaghi, M., and Fathi Amirkhiz, K. 2017. Effects of biological and chemical phosphorous fertilizer on grain yield, oil seed and fatty acids of spring safflower in water deficit conditions. *Iranian Journal of Field Crop Science*, 48(1): 159-169.

Iftikhar Hussain, M., Lyra, D., Farooq, M., Nikoloudakis, N., and Khalid, N. 2016. Salt and drought stresses in safflower: a review. *Agronomy for sustainable development,* 36(4): 1-31.

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 Crop Research*, 47: 693- 705.

Kafi, M., and Rostami, M. 2007. Yield characteristics and oil content of three safflowers (*Carthamus tinctorius* L.) cultivars under drought in reproductive stage and irrigation with saline water. *Iranian Journal of Field Crops Research*, 5(1): 121-131. (In Persian with English Summary).

Kafi, M., Borzoie, A., Salehi, M., Kamandi, A., and Nabati, J. 2008. Physiology of environmental stresses in plants. *Mashhad Jahad- edaneshgagi press*. (In Farsi).

Khalili, M., Pour-Aboughadareh, A., Naghavi, M. R., and Mohamad- Amini, E. 2014. Evaluation of drought tolerance in safflower genotypes based on drought tolerance indices. *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj- Napoca*, 42(1): 214- 218.

Lotfi, P., Mohammadi- Nejad, Gh., and Golkar, P. 2012. Evaluation of drought tolerance in different genotypes of the Safflower (*Carthamus tinctorius* L.). *Journal of Crop Science*, 5(7): 1-14. (In Persian with English Summary).

Mirshekari, M., Majnounhosseini, 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: 505- 515.

Mohammadi, M., Ghassemi- Golezani, K., Chaichi, M. R., and Safikhani, S. 2018. Seed oil accumulation and yield of safflower affected by water supply and harvest time. *Crop Ecology and Physiology*, 110(2): 1-8.

Mohsen Nia, O., and Jalilian, J. 2012. Effects of drought stress and fertilizer sources on yield and

www.SID.ir

Archive of SID

yield components of safflower (*Carthamus tinctorius* L.). *Agroecology*, 4(3): 235- 245. (In Persian with English Summary).

Moosavifar, B. E., Behdani, M. A., Jami Alahmadi, M., and Hosaini Bojd, M. S. 2009. The effect of irrigation disruption in different reproductive growth stages on yield, yield components and oil content in three spring safflower cultivars. *Journal of Agroecology*., 1(1): 41-51. (In Persian with English Summary).

Moradi, P., Pasari, B., and Fayyaz, F. 2017. The effects of fulvic acid application on seed and oil yield of safflower cultivars. *Journal of Central European Agriculture*, 18(3): 584- 597.

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

Omidi, A. H., Khazaei, H., Monneveux, P., and Stoddard, F. 2012. Effect of cultivar and water regime on yield and yield components in safflower (*Carthamus tinctorius* L.). *Turkish Journal of Field Crops*, 17(1): 10-15.

Prasad, P. V. V., Staggenborg S. A., Ristic, Z. 2008. Impacts of drought and/or heat stress on physiological, developmental, growth, and yield processes of crop plants, in response of crops to limited water: Understanding and Modeling Water Stress Effects on Plant Growth Processes, *Advances in Agricultural Systems Modeling 1* eds Ahuja L. R., Reddy V. R., Saseendran S. A., Qiang Y. U., editors. (Madison, WI: American Society of Agronomy) 301–355.

Salamati, M.S. 2012. Path analysis on seed yield components on Iranian *Carthamus tinctorius* L. genotypes. *Agronomy Journal (Pajouhesh and Sazandegi)*, 97: 105-111. (In Persian with English Summary).

Sampaio, M. C., Santos, R. F., Bassegio, D., De vasconcelos, E. S., Silva, M. De, A., Secco, D., and Silva, T. R. B. 2016. Fertilizer improves seed and oil yield of safflower under tropical conditions. *Industrial Crops and Products*, 94, 589-595.

Shiresmaeili, G.H.H., Maghsoudi Mood, A.A., Khajouei Nezhad, G.H., and Abdolshahi, R. 2017. Effect of irrigation cut treatment on yield and yield components of ten safflower cultivars in spring and summer crops. *Applied Research in Field Crops*, 30(3): 1-12. (In Persian with English Summary).

Singh, V.D., Shamrma, S. K., and Verma, B. L. 1995. Response of safflower to irrigation and phosphorus. *India Journal of Agronomy*, 40: 459-464.

Soltani Howyzeh, M., Sadat Noori, S.A., Shariati J, V., and Niazian, M. 2018. Essential oil chemotype of Iranian ajowan (*Trachyspermum ammi* L.). *Journal of Essential Oil Bearing Plants*, 21: 273-276.

Tahmasbpour, B., Younessi- Hamzekhanlu, M., Mahdavisafa, D., and Sabzi Nojadeh, M. 2017. Grain yield performance of *Carthamus tinctorius* L. cultivars under water deficient condition. *Journal of Biodiversity and Environmental Sciences*, 11(6): 235- 243.

Tahmasebpour, B., Aharizad, S., Shakiba, M., and Babazade Bedostani, A. 2011. Safflower genotypes' responses to water deficit. *International Journal of Agricultural Science*, 1:97-106. (In Persian with English Summary).

Tavakoli, E. 2002. *Evaluation of irrigation in different stages of growth on yield, yield components*

www.SID.ir

Archive of SID

and yield of safflower oil. Ms.C. Thesis, Faculty of Agriculture Tehran University, Iran. (In Farsi).

Touryoryan, S.H., Pasari, B., and Mohammadi, K.H. 2018. The effect of foliar application of kaolin clay and irrigation cut on the quantitative characteristics of safflower (*Carthamus tinctorius* L.). *Crop Physiology Journal*, 10(37): 49-63. (In Persian with English Summary).

www.SID.ir

Archive of SID

The effect of low irrigation in reproductive stage on grain yield, yield components and oil percentage of safflower cultivars (*Carthamus tinctorius* L.)

Hamed Javadi [1*], Gholam Reza Mosavi[2], Ali Azarinasrabad[3]

1. Assistant Professor, Faculty of Agricultural Sciences, Payame Noor University (PNU), Tehran, Iran (Corresponding author)
2. Associate Professor, Department of Agriculture, Birjand Branch, Islamic Azad University, Birjand, Iran
3. Assistant Professor, Crop and Horticultural Science Research Department, South Khorassan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Birjand, Iran

Received: January 2019 Accepted: November 2020 - DOI: 10.22092/aj.2021.124972.1377

Extended Abstract

Javadi, H., Mosavi, GH., Azarinasrabad, A., The effect of low irrigation in reproductive stage on grain yield, yield components and oil percentage of safflower cultivars (***Carthamus tinctorius*** L.)
Applied Research in Field Crops Vol 33, No. 4, 2021 01-03: 01-18(in Persian)

Introduction

Safflower (*Carthamus tinctorius* L.) is one of the drought-resistant oilseed plants. Due to its specific morphological characteristics, it has the ability to produce proper oil in Iran's climate, and some of its varieties contain up to 45% oil (Moradi *et al*, 2017). One of the most important restrictions to crop production in most parts of Iran is lack of water. In these areas, due to rainfall fluctuations, some of the important stages of plant growth are affected by potential degradation of soil (Omidi *et al*, 2012). Production of crops in arid and semi-arid areas requires the use of drought-resistant plants, which are able to produce acceptable yields under minimal moisture conditions (Khalili *et al*., 2014).

Materials and Methods

In order to investigate the effect of deficit- irrigation on grain yield, yield components, and oil percentage of safflower cultivars at reproductive stage, an experiment was conducted at Research Farm of Islamic Azad University, Birjand Branch, in 2015-2016. The study was split plot in a completely randomized block

Email address of the corresponding author: : h_javadi@pnu.ac.ir

www.SID.ir

Archive of SID

design with three replications. The main factor included three levels of irrigation at the reproductive stage (7, 14 and 21 days) and the sub-factor included three varieties (Padideh, Goldasht and KWS). Each sub plot consisted of 6 planting lines with a length of 6 meters and a row spacing of 0.5 meters, with two lateral rows on each side of each plot as margin. The distance between the sub plots was 0.5 m, between two main plots was 1 m and between two repetitions was 3 m. The operations for land preparation began in early fall. Based on the soil test results, 150 kg ha^{-1} urea (one third before planting, one third at stem elongation, and one third at pre-flowering stage), 120 kg ha^{-1} triple superphosphate and 100 kg ha^{-1} potassium sulfate before planting was spread over the field and mixed with soil. Seeds were planted by hand in November. The evaluated traits in this study included plant height, number of branches, number of capitulum per plant, number of seeds per capitulum, kernels 1000 weight, grain yield, biological yield, harvest index, oil percentage and oil yield. After data collection, statistical analysis was performed using MSTATC software. Also SPSS software was used to calculate the correlation coefficients and to perform the stepwise regression. The path analysis was done using PATH2 application. To compare the means, Duncan's multiple range test was used at 5% probability level.

Results and Discussion

The results showed that increasing the irrigation interval from 7 to 14 days had no significant impact on the studied traits, but increasing the irrigation interval from 7 to 21 days reduced the number of seeds per head (22.5%), kernels 1000 weight (12.41%), grain yield (7.78%), biological yield (11.41%) and oil yield (19.25%). Going from the vegetative stage to reproduction stage, the imposition of water restriction reduced the durability of the leaf area index, which consequently led to a further reduction in photosynthesis. This also coincided with grains increasing in number and weight, which resulted in the decreased length of seed filling period and reduced grain weight. Ultimately, this led to a decrease in grain yield. All studied traits (except for number of seeds per capitulum) were affected by cultivars. The highest oil content was obtained by both KWS cultivars (33%) and Padideh (30.7%). Goldasht and KWS cultivars produced the highest grain yield (1868 and

www.SID.ir

Archive of SID

1768 kg ha^{-1}, respectively) and oil yield (521.2 and 58.43 kg ha^{-1}, respectively). Also, among the grain yield components, 1000-grain weight had a positive and significant correlation with grain yield. The results of stepwise regression analysis showed that the biological yield, harvest index and oil percentage had the highest contribution in terms of representing diversity in the genotypes. According to path analysis, the biological yield, harvest index and oil percentage had the most direct effect on grain yield. While the biological yield and harvest index had indirect and negative effects on oil percentage yield.

Conclusions

The results showed that in order to save water, 14 day- irrigation interval and using Goldasht and KWS cultivars are suggested as the most suitable at the breeding stage of safflower in Birjand region.

Keywords: Correlation, Drought Stress, Goldasht, Oil Yield, Path analysis

References

Khalili, M., Pour-Aboughadareh, A., Naghavi, M. R., Mohamad- Amini, E. 2014. Evaluation of drought tolerance in safflower genotypes based on drought tolerance indices. *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj- Napoca*, 42(1): 214- 218.

Moradi, P., Pasari, B., and Fayyaz, F. 2017. The effects of fulvic acid application on seed and oil yield of safflower cultivars. *Journal of Central European Agriculture*, 18(3): 584- 597.

Omidi, A. H., Khazaei, H., Monneveux, P., and Stoddard, F. 2012. Effect of cultivar and water regime on yield and yield components in safflower (*Carthamus tinctorius* L.). *Turkish Journal of Field Crops*, 17(1): 10-15.

www.SID.ir