# بررسی اثرات قطع آبیاری بر واکنش دو رقم گلرنگ در شرایط کشت بهاره و تابستانه

**شعله دانایی[۱]، بابک پاساری[۲*]، اسعد رخزادی[۲]**

۱- دانش‌آموخته کارشناسی ارشد، گروه زراعت و اصلاح نباتات، واحد سنندج، دانشگاه آزاد اسلامی، سنندج، ایران

۲- استادیار، گروه مهندسی زراعت و اصلاح نباتات، واحد سنندج، دانشگاه آزاد اسلامی، سنندج، ایران

* ایمیل نویسنده مسئول: bpasary@yahoo.com

(تاریخ دریافت :۱٤۰۱/۱۰/۲۱- تاریخ پذیرش: ۱٤۰۱/۱۲/۲۹)

## چکیده

**با هدف بررسی اثرات تنش قطع آبیاری بر واکنش دو رقم گلرنگ در زراعت بهاره و تابستانه، آزمایشی به صورت کرت‌های دو بار خرد شده در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در سال ۱۳۹٦ در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه آزاد واحد سنندج اجرا شد. عامل اصلی، تاریخ کاشت در دو سطح (کاشت بهاره و تابستانه)، عامل فرعی، تنش در دو سطح (شاهد: بدون تنش و تنش قطع آبیاری در مرحله گلدهی) و عامل سوم، رقم (سینا و فرامان) بودند. نتایج نشان داد که تعداد طبق در بوته و عملکرد دانه در کاشت بهاره به طور معنی‌داری بیشتر از کاشت تابستانه بود. در کاشت بهاره، وجود تنش در زمان گلدهی موجب اُفت معنی‌دار اجزای عملکرد و عملکرد دانه نسبت به حالت آبیاری کامل شد ولی در کاشت تابستانه، تنش در مرحله گلدهی اثری بر این صفات نداشت. بیشترین عملکرد دانه به مقدار ۳۲۸۷ کیلوگرم در هکتار در کاشت بهارۀ رقم فرامان و با آبیاری کامل به دست آمد و در شرایط تنش (چه در کاشت بهاره و چه در کاشت تابستانه) تفاوت معنی‌داری بین دو رقم از نظر عملکرد دانه وجود نداشت. بر اساس نتایج این آزمایش، در زراعت تابستانه، انجام آبیاری در مرحله گلدهی نسبت به حالت قطع آبیاری در مرحله گلدهی مزیتی نداشت. بنابراین در صورت به تاخیر افتادن کاشت از بهار به تابستان می‌توان با قطع آبیاری در زمان گلدهی در مصرف آب صرفه‌جویی نمود و عملکرد قابل قبولی به عنوان کشت دوم به‌دست آورد.**

**واژه‌های کلیدی:** تاریخ کاشت، تنش خشکی، عملکرد، گلرنگ

**مقدمه**

عملکرد پایین دانه‌های روغنی و نیاز به واردات بخش عمده‌ای از روغن خوراکی جهت تامین نیاز جمعیت روزافزون کشور و همچنین وجود محدودیت در تامین نیاز آبی گیاهان، لزوم انتخاب گیاه مناسب را که ضمن تامین عملکرد دانه و روغن مطلوب از منابع آب موجود نیز با راندمان بالا استفاده نماید، را ضروری می‌سازد (Soleymani *et al.*, 2011; Bahadori *et al.*, 2020; Tabib Loghmani *et al.*, 2019). گلرنگ (*Carthamus tinctorius* L.) به عنوان یک گیاه دانه روغنی با خصوصیات مطلوب از قبیل دارا بودن ریشه عمیق و مقاومت به خشکی، کیفیت روغن بالا و سازگار به مناطق نیمه خشک شناخته شده است (Salek Mearaji and Tavakoli, 2020; Abou chehade *et al.*, 2022; Singh *et al.*, 2016). این گیاه در اراضی دیم کم بازده و با نهاده‌های کم و با حداقل آبیاری کشت می‌گردد (Santos *et al.*, 2018). مقایسه سه گیاه دانه روغنی گلرنگ، آفتابگردان و کنجد در برابر سطوح مختلف تنش کم آبی نشان داد که اِعمال تنش خشکی موجب کاهش معنی‌دار عملکرد دانه هر سه گیاه گردید ولی واکنش گونه‌ها در برابر تنش متفاوت بود به‌طوری که بیشترین کاهش عملکرد دانه در اثر تنش خشکی به میزان ۱۶٪ مربوط به آفتابگردان و کمترین اُفت عملکرد نیز به میزان ۹/۸٪ مربوط به گلرنگ بود (Ebrahimian *et al.*, 2019). علیرغم مقاومت بالای گلرنگ نسبت به خشکی، اختلاف فاحش میانگین عملکرد این گیاه در شرایط آبی (۲۳۵۵ کیلوگرم در هکتار) در مقایسه با زراعت دیم (۳۸۶ کیلوگرم در هکتار)، ضرورت انجام آبیاری در این گیاه را با حفظ منابع آبی و مدیریت صحیح آبیاری ضروری می‌سازد (Anonymous, 2022). با توجه به موقعیت ایران در منطقه نیمه خشک، تأثیر کمبود آب بر عملکرد دانه و روغن ارقام گلرنگ بسیار قابل توجه است (Salek Mearaji and Tavakoli, 2020؛ Pasban Eslam *et al.*, 2021؛ Shahrokhnia and Khadem Hamzeh, 2022؛ Joshan *et al.*, 2019).

تنش خشکی مهمترین تنش محیطی کاهش دهنده عملکرد گیاهان زراعی از جمله گلرنگ به شمار می‌رود (Salek Mearaji and Tavakoli, 2020؛ Shahrokhnia and Khadem Hamzeh, 2022). تحقیقات نشان داده است که آبیاری گلرنگ در دوره‌های خشکسالی باعث کاهش تنش و افزایش اجزای عملکرد و عملکرد دانه می‌گردد. از این رو مدیریت صحیح آبیاری گلرنگ که ضمن صرفه‌جویی در مصرف آب، عملکرد قابل قبولی تولید نماید در آزمایشات متعدد مورد بررسی قرار گرفته است (Joshan *et al.*, 2019; Singh *et al.*, 2016; Karaş, 2020; Bijanzadeh *et al.*, 2022). در آزمایشی دو ساله بر روی ۱۵ ژنوتیپ گلرنگ نشان داده شد که قطع آبیاری در مرحله زایشی گیاه بر اکثر صفات تأثیر منفی داشت و در همه ژنوتیپ‌ها، به‌طور میانگین عملکرد دانه را در حدود ٦٦٪ کاهش داد (Tabib loghmani *et al.*, 2019). نتایج بررسی اثر تنش کم آبی بر هشت ژنوتیپ گلرنگ حاکی از آن بود که عملکرد دانه در تیمار آبیاری کامل به میزان ٧٤٪ نسبت به شرایط تنش برتری داشت، هر چند که شرایط کم آبی موجب افزایش ظرفیت

آنتی‌اکسیدانی گیاه و تجمع ترکیبات پلی‌فنلی همچون اسید وانیلیک و اسید کافئیک در گل‌های گیاه گردید (Alizadeh Yeloojeh et al., 2020).

از آنجایی که نوسانات بارندگی و دسترسی به منابع آب زیرزمینی در مناطق خشک و نیمه خشک، عملکرد و اجزای عملکرد محصولات زراعی را به ویژه در کشت‌های بهاره و تابستانه تحت تأثیر قرار می‌دهد به منظور استفاده بهینه از منابع محیطی و در نتیجه کسب حداکثر عملکرد دانه و روغن، انتخاب تاریخ کاشت مطلوب در ارقام گلرنگ بسیار ضروری اعلام گردیده است (Bahadori *et al.*, 2017؛ Shiresmaili *et al.*, 2020; Abou chehade *et al.*, 2022; Al-Doori, 2017).

تاخیر در کاشت گلرنگ، به دلایلی مانند تأمین دیرهنگام آب، نهاده‌های ورودی و یا در اولویت نبودن عملیات زراعی، در برخی مناطق مرسوم است (Pasban Eslam, 2018). در صورت تأخیر در کاشت، طول مراحل رشد وخصوصاً طول دوره سبز شدن تا گلدهی گلرنگ کاهش پیدا کرده و با کاهش میزان آب خاک، طول دوره رشد گلرنگ و در نتیجه عملکرد دانه کاهش خواهد یافت (Wachsmann *et al.*, 2004). در ارتباط با اثرات تاریخ کاشت بر راندمان تولید گیاه، (Ahadi *et al.*, 2011) با مقایسه تاریخ‌های کاشت گلرنگ با فواصل ده روزه نشان دادند که تاخیر در کاشت موجب افت معنی‌دار عملکرد و اجزای آن شد به طوری‌که بیشترین میزان عملکرد دانه با اختلاف معنی‌داری نسبت به سایر تاریخ‌های‌کاشت در اولین تاریخ به‌دست آمد. واکنش ارقام مختلف گیاه زراعی کاملینا در سه تاریخ کاشت بهاره نیز نشان داد که تغییر زمان کاشت به‌طور معنی‌داری اکثر صفات زراعی گیاه همچون میزان سبز شدن، فنولوژی، عملکرد دانه، میزان پروتئین و روغن دانه و عملکرد بیودیزل در واحد سطح را تحت تأثیر قرار داد (Sintim *et al.*, 2016).

با توجه به ضرورت بهره‌برداری بهینه از منابع آب در دوره رشد از یک طرف و اهمیت گیاه گلرنگ به عنوان گیاهی سازگار با اقلیم‌های مختلف کشور از سوی دیگر، این تحقیق با هدف بررسی اثر تنش قطع آبیاری در مرحله گلدهی بر عملکرد و صفات زراعی دو رقم تجاری گلرنگ در دو حالت کشت بهاره و تابستانه در منطقه سنندج انجام شد.

## مواد و روش‌ها

این آزمایش در مزرعه پژوهشی دانشکده کشاورزی دانشگاه آزاد اسلامی سنندج، واقع در طول جغرافیایی ٤٦ درجه و ۵۹ دقیقه شرقی و عرض ۳۵ درجه و ۱۰ دقیقه شمالی، با ارتفاع ۱۳۹۰ متر از سطح دریا در سال ۱۳۹٦ انجام شد. میانگین درجه حرارت و میزان بارندگی سالانه درازمدت هواشناسی منطقه به ترتیب ۱۳/٤ درجه سانتی‌گراد و ٤۷۱ میلی‌متر بود. این آزمایش به صورت کرت‌های دوبار خرد شده (اسپلیت اسپلیت پلات) در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار اجرا شد. عامل اصلی، تاریخ کاشت در دو سطح (کاشت بهاره و تابستانه)، عامل فرعی، تنش در دو سطح (شاهد: بدون تنش و تنش قطع آبیاری در مرحله گلدهی) و عامل فرعی فرعی، رقم در دو سطح (سینا و فرامان) در نظر گرفته شد.

به منظور اطلاع از خصوصیات خاک مزرعه آزمایشی قبل از کاشت گیاه، نمونه‌برداری صورت گرفت و بر اساس آنالیز خاک، توصیه کودی انجام شد. جهت آماده‌سازی زمین و کاشت، زمین مزرعه ابتدا توسط تراکتور و گاوآهن برگردان‌دار شخم زده شد و پس از آن به منظور خرد نمودن کلوخه‌ها و تسطیح زمین، عملیات دیسک و ماله‌کشی صورت گرفت. سپس با استفاده از دستگاه فاروئر متصل به تراکتور اقدام به پشته‌بندی زمین مزرعه با فواصل ۵۰ سانتی‌متری بین پشته‌ها گردید. در این آزمایش هر کرت آزمایشی دارای ٤ ردیف کاشت به طول سه متر با فواصل ۵۰ سانتی‌متر بین ردیف‌ها و ۱۰ سانتی‌متر بین بوته‌ها روی هر ردیف کاشت بود. عملیات کاشت بذور گلرنگ بر روی خط داغاب کنار پشته‌ها در دو تاریخ ١٤ اردیبهشت ماه و ۳۱ خرداد ماه به صورت دستی صورت گرفت. آبیاری مزرعه در کرت‌های بدون تنش، مطابق معمول و بر اساس نیاز گیاه به صورت جوی و پشته‌ای انجام شد و در کرت‌های تنش، به محض شروع گلدهی تا پایان مرحله گلدهی عمل قطع آبیاری به اجرا گذاشته شد و پس از آن آبیاری مجدد این کرت‌ها مانند تیمارهای بدون تنش انجام شد. مبارزه با علف‌های هرز در طول دوره آزمایش و بسته به نیاز در مراحل مختلف به صورت دستی انجام و برداشت گیاه در تیمارهای کاشت بهاره و تابستانه به ترتیب در تاریخ‌های ١٤ مرداد و ۲۷ شهریور انجام شد.

صفات مورد بررسی در این تحقیق شامل: شاخص سبزینگی یا عدد اسپاد، دمای کانوپی، اجزای عملکرد، عملکرد دانه و درصد روغن بودند. در دوره زمانی وقوع تنش قطع آبیاری با استفاده از دستگاه ترمومتر مادون قرمز در هر کرت در پنج برگ از پوشش گیاهی گلرنگ دما ثبت و میانگین پنج عدد به عنوان دمای کانوپی در آن کرت منظور گردید. شاخص سبزینگی یا عدد اسپاد نیز در دوره تنش قطع آبیاری با استفاده از دستگاه کلروفیل‌متر در هر کرت بر روی ۱۰ برگ از بوته‌های گلرنگ اقدام به ثبت اعداد شد و میانگین ۱۰ عدد به عنوان شاخص سبزینگی در آن کرت تعیین شد. در مرحله رسیدگی در هر کرت تعداد هفت بوته به طور تصادفی انتخاب شد و تعداد طبق‌های موجود در هر کدام از این بوته‌ها شمارش شده و پس از میانگین‌گیری عدد بدست آمده به عنوان صفت تعداد طبق برای آن کرت منظور گردید. سپس کل دانه‌های موجود در همه طبق‌های موجود در هفت بوته برداشت شده در هرکرت شمارش و بر کل تعداد طبق‌های موجود در آن هفت بوته تقسیم و بدین صورت تعداد دانه در طبق به‌دست آمد. از کل دانه‌های برداشت شده در هر کرت چهار نمونه ۱۰۰ بذری به طور تصادفی جدا و اقدام به اندازه‌گیری وزن خشک آن‌ها گردید. سپس با میانگین‌گیری و انجام تناسب صفت وزن هزار دانه مربوط به آن کرت به دست آمد. در مرحله نهایی با در نظر گرفتن نیم‌متر از ابتدا و انتهای هر کرت به عنوان اثرحاشیه، کل بوته‌های مربوط به دو ردیف میانی کاشت در سطح خاک قطع و برداشت گردید. دانه‌ها را از بقیه قسمت‌های بوته جدا کرده و توسط ترازوی دیجیتالی، کل دانه‌های برداشت شده در هر کرت توزین و پس از اضافه نمودن وزن دانه‌های هفت بوته برداشتی به آن‌ها، عدد نهایی به عنوان عملکرد دانه در مساحت برداشت

شده ثبت و سپس به واحد کیلوگرم در هکتار تبدیل گردید. جهت تعیین درصد روغن دانه نیز از دانه‌های برداشت شده هر کرت یک نمونه پنج گرمی به طور تصادفی انتخاب و درصد روغن آن با روش سوکسله در آزمایشگاه تعیین گردید. تجزیه واریانس داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SAS صورت گرفت و مقایسه میانگین‌های تیمارها با آزمون LSD انجام شد.

## نتایج و بحث

### دمای کانوپی و شاخص سبزینگی

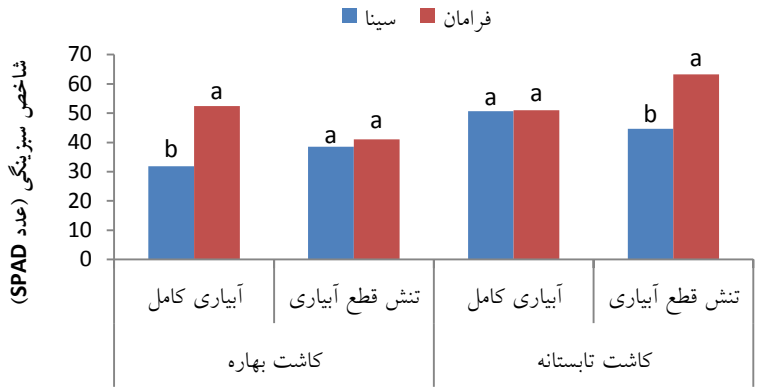
نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر تنش بر دمای کانوپی در سطح احتمال ۵ درصد معنی‌دار شد. همچنین اثر متقابل سه گانه تاریخ کاشت، تنش و رقم بر شاخص سبزینگی در سطح احتمال ۵ درصد معنی‌دار گردید (جدول ۱). مقایسه میانگین دمای کانوپی در دو حالت آبیاری کامل و تنش قطع آبیاری (شکل۱) نشان داد که تنش قطع آبیاری موجب افزایش معنی‌دار دمای کانوپی نسبت به حالت آبیاری کامل گردید. از آنجایی که در حالت تنش خشکی، گیاه با کمبود رطوبت مواجه می‌شود روزنه‌های هوایی گیاه بسته شده، در نتیجه تعرق کاهش یافته و این امر منجر به افزایش دمای سطح برگ‌ها و کانوپی گیاه می‌گردد (Kafi *et al.*, 2009). در آزمایشی مشابه Shahrikhnia و Khadem Hamzeh (۲۰۲۲) با مقایسه سطوح مختلف آبیاری بر واکنش ارقام گلرنگ، اندازه‌گیری دمای برگ را به عنوان نشانگری جهت تعیین آغاز تنش خشکی و زمان شروع آبیاری توصیه نمودند. مقایسه میانگین‌های اثر متقابل تاریخ کاشت، تنش و رقم بر شاخص سبزینگی برگ در شکل ۲ نشان می‌دهد که در کاشت بهاره شاخص سبزینگی در شرایط تنش قطع آبیاری در دو رقم سینا و فرامان تفاوت معنی‌داری نداشت ولی در شرایط آبیاری کامل در رقم فرامان افزایش معنی‌داری پیدا کرده است در حالی که در کاشت تابستانه شاخص سبزینگی در شرایط تنش تفاوت معنی‌داری در دو رقم داشت ولی در شرایط آبیاری کامل تفاوت معنی‌داری بین دو رقم مشاهده نگردید. طی تحقیقی مشابه شاخص سبزینگی در ارقام مختلف سورگوم تحت شرایط تنش آبی مورد بررسی قرار گرفت و ضمن مشاهده تفاوت معنی‌دار ارقام از نظر شاخص سبزینگی، کاربرد کلروفیل‌متر جهت تعیین شاخص سبزینگی و تعیین مقاومت نسبی ارقام به تنش رطوبتی مناسب تشخیص داده شد (Jagtap *et al.*, 1998). در گیاه سیب‌زمینی نیز افزایش فواصل بین دوره‌های آبیاری باعث افزایش شاخص سبزینگی گردیده است (Khosravi-Far *et al.*, 2008). طی تحقیقی مشابه مشاهده گردید که تنش از مرحله گلدهی تا رسیدگی دانه، شاخص کلروفیل برگ، هدایت روزنه‌ای و محتوی نسبی آب برگ را به طور معنی‌داری کاهش و دمای برگ را افزایش داد. در این آزمایش شاخص‌های فوق در بین ارقام گلرنگ نیز معنی‌دار گردیدند و به عنوان معیاری مناسب جهت گزینش ارقام متحمل به خشکی معرفی شدند (Psban Eslam *et al.*, 2021).

**جدول ۱- نتایج تجزیه واریانس اثرات تاریخ کاشت، تنش قطع آبیاری و رقم بر صفات فیزیولوژیک و زراعی گلرنگ**

| منابع تغییر | درجه آزادی | میانگین مربعات (MS) | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | دمای کانوپی | شاخص سبزینگی | تعداد طبق در بوته | تعداد دانه در طبق | وزن ۱۰۰۰ دانه | عملکرد دانه | درصد روغن |
| بلوک | ۲ | ۳۲/٤۷٦$^{ns}$ | ٥۲۲/۹۲$^{ns}$ | ۳/۱٦۱$^{ns}$ | ۲/٥۰٥$^{ns}$ | ۱۰/۷۸$^{ns}$ | ۲٦٥۲٦$^{ns}$ | ٥/۲۸۳$^{ns}$ |
| تاریخ کاشت | ۱ | ٥٦/۷۳٤$^{ns}$ | ۷۸٤/۳۳$^{ns}$ | ۲۳۹/٦۱۲$^{*}$ | ٤٦/٤۹۰$^{ns}$ | ۳۱/۸٥$^{ns}$ | ٦۰۳۲۰٤۳$^{*}$ | ۱۳/۸۰۲$^{ns}$ |
| خطای a | ۲ | ۷/۹۹۹ | ۱۹٤/۷۱ | ٤/۸۳٤ | ٥/۳۱۰ | ۲۳/٥۹ | ۹۸۸۰۹ | ٤/۱۳۳ |
| تنش | ۱ | ۲٥۱/٥٥٤$^{*}$ | ۱/۲۱$^{ns}$ | ۱۲۲/۲٥۱$^{**}$ | ٤٤/٤۸۱$^{**}$ | ۲۸/۱۱$^{*}$ | ٥۰٦۷۹۷۹$^{**}$ | ٤۱/۰۸۲$^{*}$ |
| تاریخ کاشت × تنش | ۱ | ۲۸/۸۲۰$^{ns}$ | ٤٥/۳۷$^{ns}$ | ٥۱/٥۲۹$^{**}$ | ٤۳/۸٤۰$^{**}$ | ٦۹/۷٦$^{**}$ | ٤۱۰٦۸۸۳$^{**}$ | ٥۷/۰٤۲$^{**}$ |
| خطای b | ٤ | ۱۹/۳۸۳ | ۲۰۳/٥۹ | ۱/۳۲٤ | ۰/۸۳۰ | ۲/۸٦ | ۱۰٦۳۸ | ۲/٥۲۸ |
| رقم | ۱ | ۰/٥۱۰$^{ns}$ | ٦٥۹/٤۰$^{*}$ | ۱/۲٦۰$^{ns}$ | ۰/۲۹۳$^{ns}$ | ٤۰۲/۰۷$^{**}$ | ۸۲۳۱۲۸$^{*}$ | ٥۹/٥۳٥$^{*}$ |
| تاریخ کاشت × رقم | ۱ | ۲٦/۲٥۰$^{ns}$ | ٦/٦۱$^{ns}$ | ۰/۰۱۰$^{ns}$ | ۱۹/۳۷۳$^{*}$ | ۲٦۰/٦٥$^{**}$ | ۳۰۷۹٦٥$^{ns}$ | ۲٤/٤۰۲$^{ns}$ |
| تنش × رقم | ۱ | ۱٦/٥۰۰$^{ns}$ | ۰/۰۰$^{ns}$ | ۳/٥۰۱$^{ns}$ | ٥/۹۳٦$^{ns}$ | ٥/۲۳$^{ns}$ | ۷۳٦۱٦۷$^{*}$ | ۱۰/٤۰۲$^{ns}$ |
| تاریخ کاشت × تنش × رقم | ۱ | ۰/۰۲۰$^{ns}$ | ٤۸۹/٦۱$^{*}$ | ۲/۳٤٤$^{ns}$ | ۲٦/٤۸۰$^{**}$ | ۲۹/٤۱$^{ns}$ | ٦٦٤٤٤٦$^{*}$ | ٥۹٤/۰۱٥$^{**}$ |
| خطای c | ۸ | ۷/۱۱۸ | ۸۸/۹۹ | ۲/۸۹۰ | ۱/۸۰۲ | ۱۱/٥۰ | ۱۲۱۰۸۹ | ۷/۱۸٥ |
| ضریب تغییرات (٪) | | ۸/٤٦ | ۲۰/۲۲ | ۱۲/۲۷ | ۱۱/۰۱ | ۹/۸٤ | ۲۷/۳٥ | ۱۰/۸۹ |

$^{ns}$ ، $^{*}$ و $^{**}$ به ترتیب، غیرمعنی‌دار و معنی‌دار در سطوح احتمال ۵ و ۱ درصد

**شکل۱- مقایسه میانگین دمای کانوپی در شرایط آبیاری کامل و تنش قطع آبیاری**

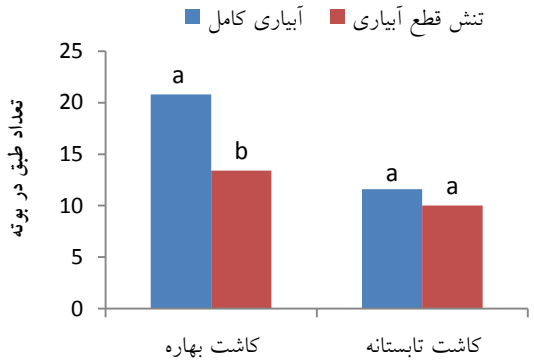



**شکل۲- مقایسه برشی میانگین‌های اثر متقابل تاریخ کاشت، تنش و رقم بر شاخص سبزینگی برگ**

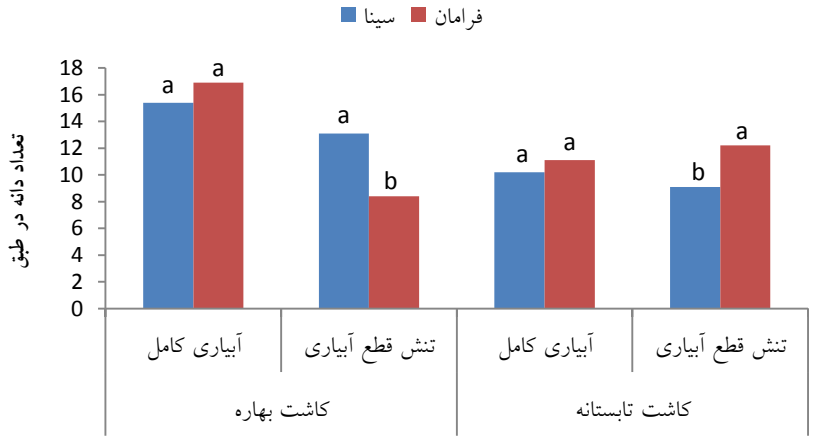
**اجزای عملکرد دانه**

نتایج حاصل از تجزیه واریانس نشان داد که اثر تاریخ کاشت بر تعداد طبق در بوته در سطح احتمال ۵ درصد معنی‌دار بود. همچنین اثر تنش و اثر متقابل تاریخ کاشت در تنش در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار بود (جدول ۱). مقایسه میانگین‌های اثر متقابل تاریخ کاشت و تنش نشان داد که در کاشت بهاره اختلاف بین دو تیمار آبیاری از لحاظ تعداد طبق در بوته معنی‌دار می‌باشد ولی در کاشت تابستانه اختلاف آنها معنی‌دار نیست (شکل۳). به نظر می‌رسد در کشت بهاره مساعد بودن شرایط اقلیمی و افزایش طول دوره رویش گیاه فرصت کافی را جهت بهره‌برداری از نهاده‌های محیطی جهت تولید ساقه‌های فرعی و در نتیجه تولید طبق در بوته فراهم نموده باشد، شرایطی که در کشت تابستانه فراهم نیست. نتایج این آزمایش در خصوص اثرات منفی تنش قطع آبیاری بر تعداد طبق در بوته با نتایج آزمایش Lotfi و همکاران (۲۰۱۲) مشابهت داشت. این محققین با بررسی اثرات سطوح مختلف آبیاری بر چند ژنوتیپ گلرنگ نشان دادند که کاهش میزان آبیاری موجب کاهش معنی‌دار تعداد طبق در بوته نسبت به تیمار آبیاری نرمال گردید.

در این آزمایش اثر تنش و همچنین اثر متقابل تاریخ کاشت در تنش، اثر متقابل تاریخ کاشت در رقم و اثر متقابل سه گانه تاریخ کاشت در تنش در رقم بر تعداد دانه در طبق معنی‌دار بود. مقایسه میانگین‌های اثر متقابل تاریخ کاشت، تنش و رقم بر تعداد دانه در طبق نشان داد که در حالت آبیاری، چه در کاشت بهاره و چه در کاشت تابستانه، تفاوتی بین دو رقم سینا و فرامان از نظر تعداد دانه در طبق وجود نداشت ولی در حالت وقوع تنش کم آبی، دو رقم با هم تفاوت داشتند به طوری که در حالت تنش در کاشت بهاره، رقم سینا برتری داشت ولی در حالت تنش در کاشت تابستانه، رقم فرامان وضعیت بهتری داشت (شکل٤). چنین تفاوت‌هایی بین دو رقم از لحاظ تعداد دانه در طبق در پاسخ به تاریخ کاشت و سطوح تنش خشکی نشان دهنده آن است که ارقام مختلف دارای پاسخ‌های متفاوتی به عوامل محیطی هستند.



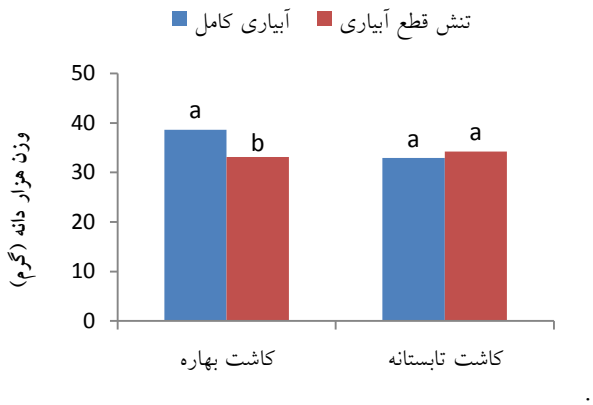

**شکل ۳- مقایسه برشی میانگین‌های اثر متقابل تاریخ کاشت و تنش بر تعداد طبق در بوته**




**شکل ٤- مقایسه برشی میانگین‌های اثر متقابل تاریخ کاشت، تنش و رقم بر تعداد دانه در طبق**

وزن هزار دانه نیز تحت تأثیر اثرات اصلی تنش و رقم به ترتیب در سطوح احتمال ۵ و ۱ درصد معنی‌دار بود. همچنین اثر متقابل تاریخ کاشت در تنش و اثر متقابل تاریخ کاشت در رقم بر وزن هزار دانه در سطح ۱ درصد معنی‌دار گردید. مقایسه میانگین‌های اثر متقابل تاریخ کاشت در تنش بر وزن هزار دانه نشان داد که در کاشت بهاره تفاوت بین دو تیمار آبیاری کامل و تنش، معنی‌دار بود به طوری که تنش قطع آبیاری موجب اُفت معنی‌دار وزن هزار دانه نسبت به آبیاری کامل گردید در حالی‌که در کاشت تابستانه تفاوت معنی‌داری بین دو تیمار آبیاری کامل و تنش مشاهد نشد (شکل۵). در کاشت بهاره گلرنگ در این آزمایش دوره پر شدن دانه با گرمای هوا مصادف بوده و وقوع تنش کم آبی در دوره پر شدن دانه اثر منفی بر انتقال مواد فتوسنتزی به دانه‌ها داشته و موجب کاهش وزن دانه‌ها شده است. در کاشت تابستانه به دلیل تأخیر در کاشت، دوران پر شدن دانه مصادف با اواخر تابستان و خنک شدن هوا بوده و وجود یا عدم وجود تنش کم آبی در دوره پر شدن دانه تأثیر معنی‌داری بر انتقال مواد فتوسنتزی نداشته است. مقایسه میانگین‌های اثر متقابل تاریخ کاشت در رقم بر وزن هزار دانه نیز نشان داد که دو رقم گلرنگ

در کاشت بهاره با هم اختلاف معنی‌داری داشتند به طوری که وزن هزار دانه رقم فرامان بیشتر از رقم سینا بود ولی در کاشت تابستانه، تفاوت معنی‌داری بین دو رقم از لحاظ وزن هزار دانه مشاهده نشد (شکل٦). این نتیجه می‌تواند نشان دهنده واکنش متفاوت دو رقم به تاریخ کاشت بهاره باشد. طی آزمایشی مشابه آبیاری باعث کاهش تنش و افزایش اجزای عملکرد و عملکرد دانه گردید. در این آزمایش کاهش بیشتر محتوی نسبی آب برگ در ارقام حساس تحت تنش خشکی مشاهده گردید و در نهایت تنش آبی ملایم به میزان ۷۵ درصد ظرفیت زراعی توصیه گردید به طوری که ضمن صرفه‌جویی در مصرف آب، عملکرد قابل قبولی نیز تولید نمود (Bijanzadeh *et al.*, 2022). در تحقیقی دیگر کاهش آبیاری در مرحله گلدهی و پر شدن دانه از طریق کاهش محتوی نسبی آب برگ، سبب کاهش عملکرد و اجزای عملکرد ارقام مختلف گلرنگ گردید (Tabib Loghmani *et al.*, 2019). طی تحقیقی دوساله با اعمال رژیم‌های مختلف آبیاری بر روی ارقام گلرنگ مشاهده گردید که با افزایش سطح آبیاری پتانسیل آب برگ افزایش ولی پتانسیل اسمزی، میزان فتوسنتز و میزان تعرق با کاهش سطح آبیاری کاهش یافت. این محققین افزایش ۱۷۱-۸۵ درصدی عملکرد دانه در ارقام گلرنگ را در تیمار بیشترین میزان سطح آبیاری عمدتا به دلیل افزایش تعداد طبق و تعداد دانه در طبق گزارش نمودند (Singh *et al.*, 2016). در آزمایش دیگری بر روی پنج رقم گلرنگ مشاهده شد تعداد دانه، وزن هزار دانه و عملکرد دانه در اثر تنش کم آبی به ترتیب ۲۸/۲ ، ٦/۲ و ۱۷/۲ درصد نسبت به شرایط آبیاری کامل کاهش یافت و تفاوت معنی‌داری بین ارقام در صفات مذکور مشاهده گردید (Joshan *et al.*, 2019). در آزمایشی سه ساله بر روی تنش خشکی، بیشترین عملکرد و وزن ۱۰۰۰ دانه در شرایط بدون تنش حاصل گردید و کارایی مصرف آب آبیاری در مراحل مختلف رشد بین ۷/۳ و ۱۱ کیلوگرم در هکتار گزارش گردید. در این آزمایش دوره گلدهی بسیار حساس به تنش خشکی اعلام گردید (Karaş, 2020). Javadi و همکاران (۲۰۲۰) دریافتند که افزایش دور آبیاری از ۷ به ۲۱ روز باعث کاهش تعداد دانه در طبق (۲۲٪/۵)، وزن هزار دانه (۱۲٪/٤۱) و عملکرد دانه (۷٪/۷۸) گردید و وزن هزار دانه همبستگی مثبت و معنی‌داری با عملکرد دانه داشت. درتحقیق دیگری مشاهده شد که تاریخ کاشت و رقم تأثیر معنی‌داری بر صفات رویشی، عملکرد و اجزای عملکرد (تعداد طبق، تعداد دانه در طبق و وزن هزار دانه) داشت. تعداد طبق بالا در برخی ارقام، عامل سازگاری به شرایط اقلیمی خشک منطقه اعلام گردید. همچنین افزایش وزن دانه به انتقال مجدد مطلوب فرآورده‌های فتوسنتزی به دانه‌ها نسبت داده شد (Al-Doori, 2017).




**شکل ۵- مقایسه برشی میانگین‌های اثر متقابل تاریخ کاشت و تنش بر وزن هزاردانه**

**شکل ٦- مقایسه برشی میانگین‌های اثر متقابل تاریخ کاشت و رقم بر وزن هزاردانه**

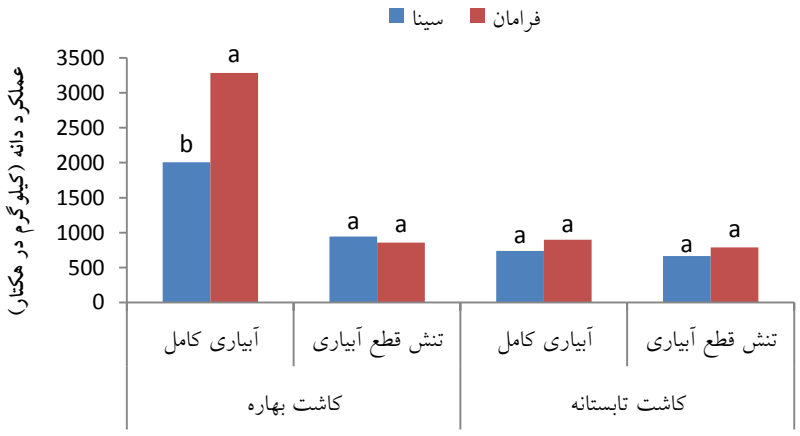
**عملکرد دانه**

نتایج حاصله بیانگر معنی‌دار شدن اثرات اصلی هر سه عامل تاریخ کاشت، تنش و رقم بر عملکرد دانه بود. همچنین اثر متقابل تاریخ کاشت در تنش، تنش در رقم، و اثر متقابل سه گانه عامل‌ها بر عملکرد دانه از لحاظ آماری معنی‌دار گردید (جدول ۱). بر اساس مقایسه میانگین‌های اثر متقابل سه‌گانه فاکتورها بر عملکرد دانه، بیشترین عملکرد دانه به میزان ۳۲۸۷ کیلوگرم در هکتار در رقم فرامان با آبیاری کامل در کاشت بهاره به دست آمد و در شرایط تنش (چه در کاشت بهاره و چه در کاشت تابستانه) تفاوت معنی‌داری بین دو رقم از نظر عملکرد دانه وجود نداشت (شکل۷). با توجه به نتایج اجزای عملکرد در این آزمایش به خصوص تعداد طبق در بوته، وقوع چنین امری قابل انتظار بود. همچنین تجزیه همبستگی نشان داد که عملکرد دانه با هر سه جزء عملکرد دارای همبستگی مثبت و معنی‌داری در سطح احتمال ۱٪ بود که در این میان بیشترین همبستگی با عملکرد دانه مربوط به تعداد طبق در بوته به میزان ۰/۸۹۵ بود (جدول ۲). در تشابه با نتایج آزمایش حاضر، همبستگی تعداد طبق در بوته، تعداد دانه در طبق، وزن هزار دانه و عملکرد دانه ارقام گلرنگ با یکدیگر مثبت و معنی‌دار گزارش گردیده است (Pasban Eslam *et al.*, 2021). طی تحقیقی مشابه

بیشترین عملکرد مربوط به آبیاری بهینه به میزان ٤۲۰۰ کیلوگرم در هکتار حاصل گردید و تنش شدید خشکی، عملکرد دانه را به میزان ٤٤ درصد نسبت به آبیاری بهینه کاهش داد (Gholinezhad *et al.*, 2009). طی آزمایشی دیگر عملکرد دانه و بیوماس ارقام گلرنگ به طور معنی‌داری تحت تأثیر تنش خشکی کاهش یافت (Bagheri *et al.*, 2011). در اثر تنش خشکی، شاخص سبزینگی برگ، هدایت روزنه‌ای، مقدار نسبی آب برگ و اجزای عملکرد به طور معنی‌داری کاهش و دمای برگ افزایش یافت. صفت دمای کانوپی در این آزمایش با صفات تعداد طبق در بوته، تعداد دانه در طبق و عملکرد دانه دارای همبستگی منفی و معنی‌داری بود (جدول ۲). (Shahrokhnia & Khadem Hamzeh, 2004) بیشترین عملکرد دانه ارقام گلرنگ را در تیمار آبیاری بر اساس ۱۰۰ درصد نیاز آبی گیاه گزارش نمودند. این محققین بهره‌وری اقتصادی آب در تیمار آبیاری بر اساس ۷۵ درصد نیاز گیاه را به عنوان مناسبترین تیمار معرفی نمودند، هر چند عملکرد اندکی کاهش یافت. قطع آبیاری در ارقام گلرنگ سبب کاهش ارتفاع گیاه، شاخص سطح برگ، عملکرد دانه و اجزای آن گردیده و در این بین تعداد دانه در طبق بیشترین همبستگی را با عملکرد دانه داشته است. همچنین آبیاری ارقام گلرنگ در مرحله گلدهی ضروری اعلام شده و بهترین رقم در شرایط آبیاری معمولی و در شرایط تنش، متفاوت گزارش گردیده است (Soleymani *et al.*, 2011).

(Tavakoli & Salek Mearaji, 2020) دریافتند که بیشترین عملکرد دانه و وزن هزار دانه در آبیاری مطلوب حاصل شد به طوری که تنش خشکی، عملکرد دانه ارقام گلرنگ را به میزان ۵۱ درصد کاهش داد. واکنش ارقام تحت شرایط تنش و آبیاری مطلوب متفاوت بود. این محققین کاهش تعداد طبق در بوته را به قدرت رشد رویشی کمتر گیاه تحت شرایط تنش نسبت دادند و مشاهده نمودند که رقم برتر به علت دارا بودن ریشه طویل و گسترده و از طریق تنظیم کننده‌های اسمزی قوی قادر بود تا در پتانسیل‌های پائین، جذب آب توسط ریشه را حفظ نموده در نتیجه اثرات تنش خشکی را کاهش داده و در نتیجه عملکرد قابل قبولی در شرایط تنش تولید نمود. کاهش معنی‌داری اجزای عملکرد و عملکرد دانه ارقام گلرنگ تحت تأثیر تأخیر در تاریخ کاشت ثابت شده است (Pasban Eslam, 2018). این محقق همبستگی مثبت و معنی‌داری بین قطر طبق، تعداد دانه در طبق، وزن هزاردانه و عملکرد دانه مشاهده نمود و اعلام نمود که با تأخیر در تاریخ کاشت، میانگین دمای روزانه افزایش و مراحل نموی تسریع، دوره شاخه‌دهی کوتاه‌تر شده و در نتیجه تعداد طبق در بوته کاهش می‌یابد. همچنین کاهش تعداد دانه در بوته به دلیل برخورد با دماهای بالاتر و محدودیت آب و به دنبال آن سقط شدن گلچه‌ها اعلام گردید. طی آزمایشی دوساله افزایش ارتفاع، تعداد شاخه، عملکرد دانه، اجزای عملکرد (تعداد طبق در بوته و تعداد دانه در طبق) در کشت زودهنگام افزایش یافت. افزایش صفات مذکور در کشت زودهنگام به بارندگی بیشتر و دمای مطلوب که سبب کاهش اثر تنش خشکی در مراحل حساس رشد زایشی گردید و نهایتا منجر به افزایش جذب نیتروژن و افزایش بیوماس گردید، نسبت داده شده است. همچنین کاهش عملکرد دانه ارقام گلرنگ در تاریخ‌های

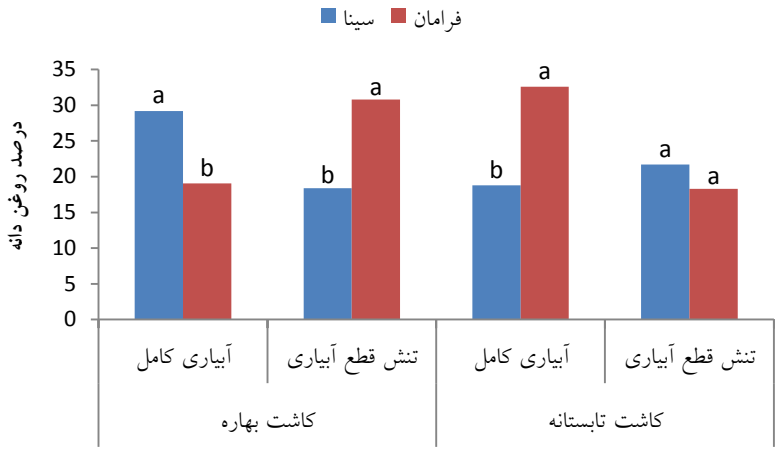
کاشت دیرهنگام به دلیل استقرار ضعیفتر، ساقه کوتاهتر، شاخه‌دهی کمتر و تعداد کمتر طبق و تولید دانه نسبت داده شده است (Abou Chehade *et al.*, 2022). مشاهده نمودند که عملکرد دانه در کشت بهاره نسبت به تابستانه ٦٢ درصد بیشتر بود. همچنین تنش خشکی در مرحله گلدهی و دانه‌بندی به‌ترتیب موجب کاهش ۵۹/۸۱ و ۲۹/۸ درصدی عملکرد دانه گردید. کاهش عملکرد دانه در مرحله تنش گلدهی، ناشی از کاهش تعداد دانه در طبق و کاهش وزن هزار دانه در مرحله دانه‌بندی بود. واکنش ارقام در برابر تنش متفاوت بود ولی عملکرد همه ارقام در شرایط بدون تنش، نسبت به شرایط تنش بیشتر بود. این محققین عامل کاهش عملکرد دانه ارقام گلرنگ را به کاهش سطح برگ ناشی از زرد شدن و ریزش سریع برگ‌ها، کاهش سرعت رشد و کاهش تجمع ماده خشک تحت شرایط تنش خشکی نسبت دادند. طی آزمایشی دیگر قطع آبیاری طی دوره پر شدن دانه و گلدهی باعث کاهش عملکرد دانه گلرنگ به میزان ۲۱ و ٥٤ درصد گردید. در این آزمایش ارقام ایرانی نسبت به ارقام مکزیکی توانایی بهتری برای مقاومت به تنش و تولید عملکرد دانه بالاتر داشتند (Shiresmaili *et al.*, 2017). با بررسی اثر کشت تاخیری و رژیم آبیاری دریافتند که قطع آبیاری در مرحله گلدهی، تعداد طبق در بوته، تعداد دانه در طبق، وزن هزار دانه و عملکرد دانه گلرنگ را به میزان ۲۱-۳۳ درصد کاهش داد. در عین حال میزان انتقال مجدد در این شرایط افزایش یافت. همچنین با تاخیر در کاشت انتقال مجدد مواد پرورده، مشارکت مواد پرورده و کارآیی انتقال مجدد مواد پرورده، تعداد طبق در گیاه، تعداد دانه در طبق و عملکرد دانه به میزان ۱۳-٤٤ درصد کاهش یافت. افزایش میزان انتقال مجدد در شرایط تنش آبی باعث جبران کاهش عملکرد در شرایط دمایی آخر فصل شد و در نهایت بیشترین میانگین عملکرد دانه در تاریخ کاشت دوم و در تیمار آبیاری مطلوب حاصل گردید. واکنش ارقام در تاریخ‌های مختلف کاشت و تحت تنش خشکی متفاوت بود.




**شکل۷- مقایسه برشی میانگین‌های اثر متقابل تاریخ کاشت، تنش و رقم بر عملکرد دانه**

**درصد روغن دانه**

اثرات اصلی تنش و رقم و اثرات متقابل تاریخ کاشت در تنش، و تاریخ کاشت در تنش در رقم بر درصد روغن دانه معنی‌دار گردید. مقایسه میانگین‌های اثر متقابل سه گانه بر درصد روغن دانه نشان داد که دو رقم در حالت‌های مختلف آبیاری و تنش در دو تاریخ کاشت، پاسخ‌های متفاوتی از لحاظ درصد روغن داشته‌اند. در کاشت بهاره و با آبیاری کامل مشاهده گردید که درصد روغن در رقم سینا به طور معنی‌داری بیشتر از رقم فرامان بود ولی در حالت تنش (در کاشت بهاره) وضعیت معکوس شده به طوری که میزان روغن در رقم فرامان بیشتر از سینا بود. در تاریخ کاشت تابستانه نیز مشاهده گردید که با آبیاری کامل، میزان روغن دانه رقم فرامان نسبت به رقم سینا برتری معنی‌دار داشت ولی در حالت تنش در کاشت تابستانه، تفاوت معنی‌داری بین دو رقم مشاهده نگردید (شکل ۸). (Tavakoli & Salek Mearaji, 2020) اعلام نمودند که درصد روغن تحت شرایط مطلوب آبیاری، به میزان ۸ درصد بالاتر از شرایط تنش خشکی بود. در این آزمایش واکنش ارقام تحت شرایط تنش و آبیاری مطلوب متفاوت بود. طی آزمایشی دوساله با اعمال رژیم‌های مختلف آبیاری، کاهش درصد روغن ارقام گلرنگ در سطوح بالای تنش گزارش گردید (Singh *et al.*, 2016; Soleymani *et al.*, 2011). از طرف دیگر در تحقیقی سه ساله بر روی تش خشکی مشاهده گردید که آبیاری تأثیری بر درصد روغن نداشت ولی بر درصد اسیدهای چرب تأثیرگذار بود (Karaş, 2020). در عین حال طی آزمایش دوساله دیگری قطع آبیاری در مرحله پرشدن دانه، درصد روغن و ترکیب اسیدهای چرب را در همه ارقام کاهش داد (Joshan *et al.*, 2019). افزایش دور آبیاری در ارقام گلرنگ از ۷ به ۲۱ روز باعث کاهش درصد و عملکرد روغن گردیده است (Javadi *et al.*, 2020). (Yari *et al.*, 2014) کاهش درصد و عملکرد روغن ارقام گلرنگ را تحت تأثیر تنش در مرحله گلدهی به اثرات سوء تنش کمبود آب بر وزن دانه و عملکرد دانه که در نهایت بر عملکرد روغن تأثیر می‌گذارد، نسبت دادند. گزارش شده است که تأخیر در تاریخ کاشت، به طور معنی‌داری درصد و عملکرد روغن در ارقام گلرنگ را کاهش داده است (Pasban Eslam, 2018). طی آزمایشی دوساله تاخیر در کاشت به دلیل افزایش درجه حرارت و کاهش بارندگی منجر به کاهش درصد روغن شد. همچنین تحت این شرایط درصد اسیدهای چرب در بین ارقام تغییر یافت (Abou Chehade *et al.*, 2022). تاریخ‌های مختلف کاشت در ارقام گلرنگ تأثیر معنی‌داری بر کیفیت روغن دانه داشته است (Al-Doori, 2017). همبستگی درصد روغن، عملکرد دانه و روغن با یکدیگر مثبت و معنی‌دار گزارش گردیده است. به طوری که با افزایش عملکرد دانه در بوته، عملکرد روغن نیز افزایش می‌یابد (Pasban Eslam *et al.*, 2021).




**شکل۸- مقایسه برشی میانگین‌های اثر متقابل تاریخ کاشت، تنش و رقم بر درصد روغن دانه**

**جدول ۲- ضرایب همبستگی ساده بین صفات زراعی گلرنگ**

| | دمای کانوپی | شاخص سبزینگی | تعداد طبق در بوته | تعداد دانه در طبق | وزن هزار دانه | عملکرد دانه |
|---|---|---|---|---|---|---|
| **شاخص سبزینگی** | -۰/۰۰۶ | | | | | |
| **تعداد طبق در بوته** | -۰/۵۸۵ ** | -۰/۲۷۶ | | | | |
| **تعداد دانه در طبق** | -۰/۵۴۲ ** | -۰/۰۱۰ | ۰/۷۱۷ ** | | | |
| **وزن هزار دانه** | -۰/۰۳۳ | ۰/۱۷۲ | ۰/۳۰۸ | ۰/۱۱۵ | | |
| **عملکرد دانه** | -۰/۵۳۲ ** | -۰/۰۲۰ | ۰/۸۹۵ ** | ۰/۸۱۶ ** | ۰/۵۴۳ ** | |
| **درصد روغن دانه** | -۰/۱۰۹ | -۰/۲۳۰ | ۰/۰۴۳ | -۰/۱۶۶ | ۰/۲۰۲ | -۰/۰۵۷ |

** معنی‌دار در سطح احتمال ۱درصد

## نتیجه‌گیری

بر اساس یافته‌های این تحقیق قطع آبیاری در مرحله گلدهی، سبب افزایش دمای کانوپی، کاهش اجزای عملکرد، عملکرد دانه و درصد روغن گردید. همچنین با تاخیر در کاشت از بهار به تابستان اجزای عملکرد، عملکرد دانه و درصد روغن کاهش یافت. در این آزمایش حداکثر عملکرد دانه به عنوان مهمترین صفت مورد مطالعه، در کاشت بهاره و تحت شرایط آبیاری کامل در رقم فرامان بدست آمد. نتیجه‌گیری نهایی بیانگر این است که در صورت تاخیر در کاشت از بهار به تابستان با قطع آبیاری در مرحله گلدهی ضمن صرفه‌جویی در مصرف آب می‌توان عملکرد مناسبی را نیز حاصل نمود.

## REFRENCES

Abou Chehade, L., Angelini, L. G. and Tavarini, S. 2022. Genotype and seasonal variation affect yield and oil quality of safflower (*Carthamus tinctorius* L.) under mediterranean conditions. *Agronomy*. 12(122): 1-18.

Ahadi, K., Kenarsari, M. J. and Rokhzadi, A. 2011. Effects of sowing date and planting density on growth and yield of safflower cultivars as second crop. *Advances in Environmental Biology*. 5 (9): 2756-2761.

Al-Doori, S. A. M. 2017. Determination of optimum sowing date and plant population of some safflower cultivars (*Carthamus tinctorius* L.) under Mosul city conditions. Mesopotamia *Journal of Agriculture*. 45 (2): 331-342.

Alizadeh Yeloojeh, K., Saeidi, G. and Sabzalian, M. R. 2020. Drought stress improves the composition of secondary metabolites in safflower flower at the expense of reduction in seed yield and oil content. *Industrial Crops and Products*. 154: 112496.

Anonymous. 2022. First volume: Crops. Vice President of Statistics, Information and Communication Technology Center. *Ministry of Jihad, Agriculture*. Tehran, Iran.

Bagheri. H. 2011. The response of morphological traits in safflower cultivar to drought stress (*Carthamus tinctorius* L.). *Research Journal of Fisheries and Hydrobiology*. 6(4): 533-536.

Bahadory, F., Bijanzadeh, A. and Bepoori, A. 2020. Investigation of delay cropping on assimilate remobilization, yield components and yield of two safflower cultivars under cutting off irrigation. *Journal of Plant Production*. 28(4): 85-104.

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 Journal*. 8: 1-11.

Ebrahimian, E., Seyyedi, S. M., Bybordi, A. and Damalas, C. A. 2019. Seed yield and oil quality of sunflower, safflower, and sesame under different levels of irrigation water availability. *Agricultural Water Management*. 218: 149-157.

Gholinezhad, B., Hassanzadeh, A., Noormohamadi, G. and Bernousi, I. 2009. Study of the effect of drought stress on yield, yield components and harvest index of sunflower hybrid iroflor at different levels of nitrogen and plant population. *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca*. 37 (2): 85-94.

Jagtap, V., Bhargava, S., Strep, P. and Feierabend, J. 1998. Comparative effect of water heat and light stresses on photosynthesis reaction in Sorghum biocolor Moench. *Journal of Experimental Botany*. 327: 1715-1721.

Javadi, H., Mousavi, S.G. and Azari Nasrabadi, A. 2020. The effect of deficit-irrigation in reproductive stage on grain yield, yield components and oil percentage in safflower cultivars. *Applied Research in Field Crops*. 33(4): 1-18.

Joshan, Y., Sani, B., Jabbari, H., Mozafari, H. and Moaveni P. 2019. Effect of drought stress on oil content and fatty acids composition of some safflower genotypes. *Plant, Soil and Environment*. 65(11): 563-567.

Kafi, M., Kamkar, B., Mahdavi Damghani, A. and Abbasi, F. 2009. Plant Physiology, 2nd Volume. *Mashhad University Jihad Publication*. 676 pp.

Karaş, E. 2020. The effect of deficit irrigation applied in different phenological periods on safflower yield and quality. *Applied Ecology and Environmental Research*. 18(1):1755-1769.

Khosravi-Far, S., Yarnia, M., Khorshidi Benam, M. B. and Hossein-Zade Moghbeli, A. H. 2008. Effect of potassium on drought tolerance in potato variety Agria. *Proceedings of the 10th Iranian Congress of Agronomy and Plant Breeding*. 358p.

Lotfi, P., Keshtkar, A.H. and Sepehri, A. 2012. Investigating tolerance to drought stress in different safflower genotypes. *Agronomy Science*. 5(7): 1-14.

Pasban Eslam, b. 2018. Effect of planting date on reducing growth period of spring safflower cultivars in tabriz cold and semi-arid climate. *Iranian Journal of Field Crops Research*. 15(4): 851-860.

Pasban Eslam, B., Sadeghi Bakhtevar, A.R., Jabbari, H. and Bybordi, A. 2021. Physiological and agronomic response of promise safflower genotypes to late season water deficit stress. *Iranian Journal of Field Crops Science.* 52(1): 123-130.

Salek Mearaji, H. and Tavakoli, A. 2020. Evaluation of yield and some traits of two safflower (*Carthamus tinctorius* L.) cultivars under different irrigation regimes. *Invironmental Stresses in Crop Sciences*. 13(3): 763-775.

Santos, R. F., Bassegio, D., Sartori, M. M. P., Zannoto, M. D. and Silva, M. A. 2018. Safflower (*Carthamus tinctorius* L.) yield as affected by nitrogen fertilization and different water regimes. *Acta Agronómica*. 67(2): 264-269.

Shahrokhnia, M.A. and Khadem Hamzeh, H.R. 2022. Investigation of the effects of drought stress on safflower cultivars and presentation of critical stress limits baced on plant canopy temperature. *Iranian Water Research Journal*. 16(3): 1-14.

Shiresmaili, G., Maghsoodi Mood, A.A., Khajoueinezhad, G. and Abdolshahi, R. 2017. Responses of Safflower cultivars to irrigation treatments in spring and summer cropping seasons. *Applied Field Crops Research*. 30(3): 36-52.

Singh, S., Angadi, S. V., Grover, K., Begna, S. and Auld, D. 2016. Drought response and yield formation of spring safflower under different water regimes in the semiarid southern high plains. *Agricultural Water Management*. 163: 354-362.

Sintim, H. Y., Zheljazkov, V. D., Obour, A. K., Garcia y Garcia, A. and Foulke, T. K. 2016. Evaluating agronomic responses of camelina to seeding date under rain-fed conditions. *Agronomy journal*. 108 (1): 349-357.

Soleymani, A., Shahrajabian, M. H., Hosseini Far, S. H. and Naranjani, L. 2011. Morphological traits, yield and yield components of safflower (*Carthamus tinctorius* L.) cultivars under drought stress condition in Kerman province. *Journal of Food, Agriculture and Environment*. 9: 249-251.

Tabib Loghmani, S. M. T., Bazrafshan, F., Alizadeh, O., Amiri, B. and Bahrani, A. 2019. Influence of cut-off irrigation on seed quality and physiological indices of various safflower (*Carthamus tinctorius* L.) genotypes. *Acta Agrobotanica*. 72: 1791-1800.

Wachsmann, N., Norton, N, R., Jochinke, D. and Kinghts, S. 2004. Optimum sowing time for rainfed safflower in southern Australia is affected by soil water availability. *Proceedings of the 4th International Crop Science Congress*, Brisbane, Australia. 26 Sep.-1 Oct.

Yari, P., Keshtkar, A.H. and Sepehri, A. 2014. Investigating the effect of moisture stress on the growth and performance of spring safflower. *Technology of Plant Productions*. 14(2): 101-117.

**Sustainable Agricultural Science Research /Vol. 2/No. 4/Winter 2023/P: 74-90**

**https://www.sarj.iauk.ac.ir**

# The Effects of Interrupted Irrigation on the Response of Two Safflower Cultivars under Spring and Summer Sowing Conditions

**Sholeh Danaei [1], Babak Pasari [2*], Asad Rokhzadi [2]**

[1]Graduated MSc Student, Department of Agronomy and Plant Breeding, Sanandaj Branch, Islamic Azad University, Sanandaj, Iran.
[2] Assistant professor, Department of Agronomy and Plant Breeding, Sanandaj Branch, Islamic Azad University, Sanandaj, Iran.
* Corresponding Author's Email: bpasary@yahoo.com
(Received: January. 11, 2023 – Accepted: March. 20, 2023)

## ABSTRACT

In order to study the effects of water deficit stress on two safflower cultivars under spring and summer sowing conditions, an experiment was conducted in a split-split-plot layout based on a randomized complete block design with three replications in 2017 at the research farm of agriculture faculty, Islamic Azad University, Sanandaj Branch. The main factor was the sowing date including spring and summer dates. The sub-factor was drought stress with two levels (full irrigation and interrupted irrigation at the flowering stage). The sub-sub-factor was cultivar including Sina and Faraman. The heads number per plant and seed yield in spring sowing significantly increased compared to summer sowing. In spring sowing conditions, yield and its components were significantly decreased as the result of water deficit stress during the flowering stage compared with full irrigation however in summer sowing conditions, stress had no effect on the above-mentioned traits. The highest rate of seed yield (3287 kg/ha) was obtained in the spring sowing of Faraman cultivar with full irrigation, and there was no significant difference between the two cultivars with respect to seed yield, under stress conditions in spring or summer sowing conditions. According to the results of this experiment, in summer sowing conditions there were no advantages from irrigation at the flowering stage compared with interrupted irrigation at the flowering stage, therefore in the case of shifting the sowing time from spring to summer, it will be possible to save the water by interrupting the irrigation at flowering stage accordingly an acceptable yield may be attained as a second crop.

**Keywords:** Safflower, Sowing date, Water stress, Yield