"مجله علوم زراعی ایران"
جلد بیستم، شماره ۱، بهار ۱۳۹۷

اثر پرایمینگ بذر بر محتوای رنگیزه‌های فتوسنتزی، عملکرد دانه و اجزای عملکرد ارقام گلرنگ (*Carthamus tinctorius* L.) در شرایط تنش خشکی

Effect of seed priming on photosynthetic pigments, seed yield and yield components of safflower (*Carthamus tinctorius* L.) cultivars under drought stress conditions

شهرام طاهری[۱]، احمد غلامی[۲]، حمید عباس دخت[۳] و حسن مکاریان[۴]

چکیده

طاهری، ش.، ا. غلامی، ح. عباس دخت و ح. مکاریان. ۱۳۹۷. اثر پرایمینگ بذر بر محتوای رنگیزه‌های فتوسنتزی، عملکرد دانه و اجزای عملکرد ارقام گلرنگ (*Carthamus tinctorius* L.) در شرایط تنش خشکی. **مجله علوم زراعی ایران. ۲۰(۱): ٤٤-۳۰.**

پرایمینگ بذر یکی از روش‌های موثر برای مقابله با تنش خشکی و بهبود عملکرد گیاهان زراعی به‌شمار می‌رود. به منظور بررسی اثر پرایمینگ بذر بر رنگیزه‌های فتوسنتزی، عملکرد دانه و اجزای عملکرد ارقام گلرنگ در شرایط تنش خشکی، آزمایشی به صورت کرت‌های خرد شده فاکتوریل بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار طی دو سال (۱۳۹٤ و ۱۳۹۵) در مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی شاهرود انجام شد. کرت‌های اصلی شامل آبیاری در سه سطح (بر اساس میزان تبخیر از تشتک تبخیرکلاس A) شامل: بدون تنش خشکی(آبیاری پس از ٦۰ میلی‌متر تبخیر)(شاهد)، تنش خشکی ملایم (آبیاری پس از ۱۲۰ میلی‌متر تبخیر) و تنش خشکی شدید (آبیاری پس از ۱۸۰ میلی‌متر تبخیر) و کرت‌های فرعی ترکیبی از دو فاکتور (سه رقم گلرنگ گلدشت، سینا و صفه) و پرایمینگ بذر (تیمار بذر با اسید سالیسیلیک و عدم تیمار بذر) بودند. نتایج تجزیه مرکب داده‌ها نشان دهنده افزایش معنی‌دار عملکرد دانه و اجزای آن در تیمار پرایمینگ نسبت به بذرهای پرایم نشده در هر دو سال آزمایش بود. به طوری که با اعمال پرایمینگ عملکرد دانه و عملکرد روغن به ترتیب ۸ و ۱٤ درصد افزایش یافت. رقم گلدشت بالاترین میزان کلروفیل در شرایط بدون تنش (٦/۲۹ میلی‌گرم بر گرم وزن تر برگ) و تنش ملایم را داشت که نتیجه آن بالاتر بودن عملکرد دانه و اجزای عملکرد در این رقم بود. بالاترین عملکرد دانه در ترکیب تیماری رقم گلدشت تیمار شده با اسید سالیسیلیک در شرایط بدون تنش، ۳۸۰۰ کیلوگرم در هکتار بود. بیشترین عملکرد روغن در این تحقیق مربوط به رقم صفه به میزان ۸۸٦ کیلوگرم در هکتار بود. با افزایش شدت تنش، صفات مورد اندازه‌گیری در همه ارقام گلرنگ مورد بررسی کاهش معنی‌داری یافتند. به طوری که در تنش شدید عملکرد دانه (۲۲۵۷ کیلوگرم در هکتار) عملکرد روغن (٦۰٤ کیلوگرم در هکتار) و میزان کلروفیل کل (٤/۷۲ میلی‌گرم بر گرم وزن تر برگ) به‌ترتیب ۲۹، ۳٦ و ۳۲ درصد کاهش یافت. نتایج این آزمایش نشان داد که پرایمینگ بذر با اسید سالیسیلیک باعث افزایش توان تحمل گلرنگ به تنش خشکی و بهبود عملکرد دانه آن شد.

واژه‌های کلیدی: اسید سالیسیلیک، شاخص برداشت، عملکرد زیستی، گلرنگ و کلروفیل

تاریخ دریافت: ۱۳۹٦/۰۸/۲۳ تاریخ پذیرش:۱۳۹۷/۰۱/۲۲ این مقاله مستخرج از رساله دکتری نگارنده اول می‌باشد.

۱- دانشجوی دکتری دانشگاه صنعتی شاهرود (مکاتبه کننده) (پست الکترونیک: taheri4448@gmail.com)
۲- دانشیار دانشگاه صنعتی شاهرود
۳- دانشیار دانشگاه صنعتی شاهرود
۴- دانشیار دانشگاه صنعتی شاهرود

[DOR: 20.1001.1.15625540.1397.20.1.3.6]

مقدمه

گلرنگ (*Carthamus tinctorius* L.) یکی از قدیمی‌ترین گیاهان زراعی است که تا حدودی با مناطق کم‌آب سازگاری یافته است. این گیاه با توجه به ویژگی‌های زراعی منحصر به فرد آن می‌تواند به‌عنوان یک گیاه جایگزین و امیدوارکننده در اکوسیستم‌های زراعی مناطق خشک در نظر گرفته شود (Janmohammadi *et al*., 2017).

تنش خشکی یکی از مهم‌ترین تنش‌های غیرزنده محدودکننده تولید گیاهان به شمار می‌رود (Yan, 2015). این تنش باعث وارد شدن خسارت به غشاهای سلولی و سامانه فتوسنتزی گیاهان می‌شود. تنش خشکی از طریق بسته شدن روزنه‌ها و نرسیدن دی‌اکسید کربن به کلروپلاست و کاهش پتانسیل آب سلول، باعث کاهش فتوسنتز می‌شود (Hopkins and Huner, 2008). تنش خشکی بر فعالیت‌های فتوشیمیایی گیاه اثر بازدارندگی داشته و باعث تغییر در محتوای کلروفیل برگ و کاهش فعالیت آنزیم‌های چرخه کالوین در فرآیند فتوسنتز می‌شود (Monakhova and Chernyadev, 2002). در تعداد زیادی از گونه‌های گیاهی، کاهش در تولید محصول در شرایط تنش خشکی غالبا به کاهش در ظرفیت فتوسنتزی ارتباط داده شده است (Bacelar *et al*., 2007).

یکی از ترکیباتی که باعث القای تحمل گیاه در برابر تنش خشکی می‌شود، ترکیب شبه هورمونی اسید سالیسیلیک (SA) است. اسید سالیسیلیک یک ترکیب فنلی گیاهی است که به عنوان یک هورمون گیاهی و تنظیم‌کننده رشد شناخته شده و نقش آن در ارتباط با سازوکارهای دفاعی گیاه در برابر عوامل تنش‌زای زیستی و غیرزیستی به خوبی مشخص شده است (Hayat and Ahmad, 2007). نتایج آزمایش مارتین مکس و همکاران (Martin-Mex *et al*., 2001) نشان داد که در گیاهان زینتی نظیر بنفشه آفریقایی، محلول‌پاشی اسید سالیسیلیک باعث افزایش سطح برگ گیاهان تیمار شده نسبت به گیاهان شاهد و افزایش فتوسنتز گردید. بالجانی و شکاری (Baljani and Shekari, 2012) طی پژوهشی بیان داشتند که پیش‌تیمار اسید سالیسیلیک تحمل گلرنگ را در مقابله با تنش خشکی افزایش می‌دهد.

هدف از اجرای این آزمایش ارزیابی امکان کشت ارقام بهاره گلرنگ در شرایط تنش خشکی در شرایط اقلیمی شهرستان شاهرود و بررسی اثر پرایمینگ بذر با اسید سالیسیلیک روی این ارقام در تیمارهای آبیاری و ارزیابی واکنش ارقام به این عوامل با تاکید بر فتوسنتز و ارتباط آنها با عملکرد دانه بود.

مواد و روش‌ها

این تحقیق به‌صورت کرت‌های خرد شده فاکتوریل بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در بهار و تابستان سال‌های ۱۳۹۴ و ۱۳۹۵ در مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی شاهرود اجرا شد. تیمارهای آزمایشی به ترتیب شامل آبیاری در سه سطح (بر اساس میزان تبخیر از تشتک تبخیر کلاس A) شامل: بدون تنش خشکی (آبیاری پس از ۶۰ میلی‌متر تبخیر)(شاهد)، تنش خشکی ملایم (آبیاری پس از ۱۲۰ میلی‌متر تبخیر) و تنش خشکی شدید (آبیاری پس از ۱۸۰ میلی‌متر تبخیر) به عنوان کرت اصلی، سه رقم گلرنگ بهاره (گلدشت، سینا و صفه) و پرایمینگ در دو سطح (تیمار بذر با اسید سالیسیلیک و عدم تیمار بذر) به صورت فاکتوریل در کرت‌های فرعی در نظر گرفته شدند. جهت اجرای پرایمینگ کیسه‌های توری حاوی بذرهای گلرنگ در ظروف شیشه‌ای حاوی محلول اسید سالیسیلیک ۱/۵ میلی‌مولار به مدت ۶ ساعت در دمای ۲۵ درجه سانتیگراد قرار داده شدند (Jamshidi Jam *et al*., 2012).

تهیه زمین در اسفند ماه هر دو سال انجام شد. ابعاد کرت‌های آزمایشی ۵×۲ متر، شامل چهار ردیف

[DOR: 20.1001.1.15625540.1397.20.1.3.6]

کاشت بود. فاصله ردیف‌های کاشت ۵۰ سانتیمتر و فاصله بین بوته‌ها روی ردیف، پنج سانتیمتر (تراکم ۴۰ بوته در مترمربع) در نظر گرفته شد. به منظور جلوگیری از ورود آب به کرت‌های مجاور، فاصله بین تکرارها دو متر و بین هر دو کرت فرعی مجاور یک خط و بین هر دو کرت اصلی مجاور دو خط به صورت نکاشت در نظر گرفته شد. قبل از آماده‌سازی زمین، نمونه‌هایی از خاک مزرعه آزمایشی تهیه و خصوصیات فیزیکی و شیمیایی آن اندازه‌گیری شد (جدول ۱). بر اساس نتایج آزمون خاک، قبل از کاشت ۷۰ کیلوگرم در هکتار فسفر (از منبع کود فسفات آمونیوم) به خاک اضافه شده و در مرحله ساقه‌دهی ۵۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن (از منبع کود اوره) به صورت سرک به کرت‌ها داده شد. برای کنترل شیمیایی علف‌های هرز از علف‌کش ترفلان بعد از اجرای شخم و قبل از کاشت، به میزان ۲/۵ لیتر در هکتار استفاده شد. با مساعد شدن شرایط جوی و دمای خاک، کاشت بذر ارقام گلرنگ در ششم و هشتم فروردین سال‌های ۱۳۹۴ و ۱۳۹۵ انجام شد. از ابتدای فصل رشد، اطلاعات تبخیر به صورت روزانه از ایستگاه هواشناسی مستقر در محل آزمایش دریافت شد. آبیاری بوته‌ها به روش قطره‌ای نواری (Tape) انجام شد. پس از استقرار کامل گیاهچه‌ها و در مرحله ۳ تا ۴ برگی، تنک بوته‌ها انجام و تیمارهای آبیاری اعمال شدند. کنترل علف‌های هرز در طول رشد گیاه و در دو مرحله به صورت دستی انجام شد. جهت مبارزه با آفات گلرنگ مخصوصا شته و مگس گلرنگ در دو مرحله سمپاشی با سم استامی پراید به نسبت ۰/۵ در هزار انجام شد. برداشت محصول در اواخر تیر ماه هر سال به صورت دستی انجام گردید.

جدول ۱- مشخصات فیزیکی و شیمیایی خاک محل اجرای آزمایش (عمق صفر تا ۳۰ سانتیمتری)

Table 1. Physical and chemical properties of soil in the experiment site (depth 0-30 cm)

بافت Texture	شن Sand	سیلت Silt	رس Clay	کل مواد خنثی‌شونده T.N.V	کربن آلی O.C.	پتاسیم K	فسفر P	سدیم Na	هدایت الکتریکی EC	اسیدیته
لوم شنی	(%)					($mg.kg^{-1}$)	($mg.kg^{-1}$)	($meq.l^{-1}$)	($dS.m^{-1}$)	pH
Sandy Loam	56	32	12	24	0.46	240	11	4.2	1.1	8.12

جدول ۲- میزان بارندگی و میانگین دمای هوا در طول فصل رشد (۱۳۹۴ و ۱۳۹۵)

Table 2. Rainfall and mean air temperature during growth season (2015 and 2016)

		فروردین Apr.		اردیبهشت May		خرداد Jun.		تیر Jul.	
		۱۳۹۴ 2015	۱۳۹۵ 2016	۱۳۹۴ 2015	۱۳۹۵ 2016	۱۳۹۴ 2015	۱۳۹۵ 2016	۱۳۹۴ 2015	۱۳۹۵ 2016
Rainfall (mm)	بارندگی	13.5	35.5	1.5	28.8	0	6.8	16	0
Temperature (˚c)	دما	9.6	10.8	19.0	18.8	25.0	22.6	26.5	24.8

جهت اندازه‌گیری میزان رنگدانه‌های فتوسنتزی، نمونه‌های برگی تازه در مرحله آغاز گلدهی از هر کرت برداشت شد. برای اندازه‌گیری این رنگدانه‌ها ابتدا ۵۰ میلی‌گرم نمونه برگی تازه از هر کرت آزمایشی در پنج میلی لیتر دی متیل سولفوکساید به مدت چهار ساعت در دمای ۶۵ درجه سانتی گراد در بن ماری قرار داده شد. سپس جذب نوری عصاره‌های برگی در طول موج‌های ۴۸۰، ۶۴۹ و ۶۶۵ نانومتر با دستگاه اسپکتروفتومتر (Unico Series 2100UV, USA) اندازه‌گیری شد. سپس محتوای کلروفیل a،

[DOR: 20.1001.1.15625540.1397.20.1.3.6]

کلروفیل b، کلروفیل کل و کاروتنوئیدها بر حسب میلی‌گرم بر گرم وزن تر برگ محاسبه شدند (Sumanta *et al*., 2014).

برای اندازه‌گیری عملکرد دانه، عملکرد زیستی، شاخص برداشت و وزن هزار دانه، محصول سه متر مربع از هر کرت با رعایت حاشیه برداشت و محاسبه عملکرد دانه بر اساس ۱۳ درصد رطوبت انجام شد. برای محاسبه تعداد طبق در بوته و تعداد دانه در طبق در مرحله رسیدگی کامل ۱۰ بوته به صورت تصادفی از هر کرت با رعایت حاشیه برداشت شدند. به منظور اندازه‌گیری محتوای روغن دانه از روش سوکسله استفاده شد (AOAC, 1995).

بعد از آزمون همگنی واریانس‌های اشتباه آزمایش (آزمون بارتلت)، تجزیه واریانس مرکب داده‌ها با رویه GLM و با استفاده از برنامه SAS (9.1) انجام گردید و سال به عنوان متغیر تصادفی در نظر گرفته شد. مقایسه میانگین‌ها به روش LSD و رسم شکل‌ها با استفاده از نرم‌افزار Excel انجام شد.

نتایج و بحث

بررسی نتایج تجزیه مرکب داده‌ها نشان داد که اثر تنش خشکی و رقم، برهمکنش سال با تنش خشکی و برهمکنش تنش خشکی با رقم (در سطح احتمال یک درصد) و برهمکنش رقم با پرایمینگ بذر (در سطح احتمال پنج درصد) بر محتوای کلروفیل a معنی‌دار بود. نتایج مقایسه میانگین‌ها نشان داد که بیشترین میزان کلروفیل a در سال دوم آزمایش مربوط به تیمار بدون تنش و کمترین میزان کلروفیل a با بیش از ۴۴ درصد تفاوت، در سال دوم آزمایش مربوط به تیمار تنش شدید آبی بود (جدول ۳). نتایج مقایسه میانگین‌ها نشان داد که بیشترین میزان کلروفیل a مربوط به رقم گلدشت در شرایط بدون تنش آبی و کمترین میزان کلروفیل a با بیش از ۴۱ درصد تفاوت، مربوط به رقم سینا در شرایط تنش شدید بود (جدول ۴). نتایج مقایسه میانگین‌ها نشان داد که بیشترین میزان کلروفیل a مربوط به تیمار پرایمینگ بذر و رقم گلدشت و کمترین میزان کلروفیل a با بیش از ۱۷ درصد تفاوت، مربوط به تیمار شاهد و رقم سینا بود (شکل ۱). گزارش شده است که در شرایط تنش خشکی، میزان فتوسنتز به دلیل بسته شدن روزنه‌ها کاهش یافته و با پیشرفت خشکی، به دلیل تغییرات بیوشیمیایی در کلروپلاست، تثبیت دی‌اکسید کربن کاهش بیشتری پیدا می‌کند (Pinheiro *et al*., 2011). نتایج آزمایش معراجی‌پور و همکاران (Meerajipour *et al*., 2013) در رابطه با ارزیابی اثر تنش کم آبی بر ارقام گلرنگ نشان داد که در گلرنگ رقم گلدشت با کاهش سطح تعرق کننده، میزان کلروفیل a بیشتر از سایر ارقام حفظ شد.

نتایج نشان داد که اثر تنش خشکی، رقم و برهمکنش سال با تنش خشکی در سطح احتمال یک درصد و برهمکنش تنش خشکی با رقم در سطح احتمال پنج درصد، بر میزان کلروفیل b معنی‌دار بودند. نتایج مقایسه میانگین‌ها نشان داد که بیشترین میزان کلروفیل b در سال اول آزمایش مربوط به تیمار بدون تنش و کمترین میزان کلروفیل b با بیش از ۴۲ درصد اختلاف، در سال اول آزمایش مربوط به تیمار تنش شدید بود (جدول ۳). نتایج مقایسه میانگین‌ها نشان داد که بیشترین میزان کلروفیل b مربوط به رقم گلدشت در شرایط بدون تنش و کمترین میزان کلروفیل b با بیش از ۵۰ درصد اختلاف مربوط به رقم سینا در شرایط تنش شدید بود (جدول ۴). نتایج آزمایش امینی و همکاران (Amini *et al*., 2013) نیز نشان دهنده کاهش محتوای کلروفیل b در شرایط تنش آب در ۳۶ ژنوتیپ گلرنگ مورد بررسی بود.

نتایج نشان داد که اثر تنش خشکی، رقم، برهمکنش سال با تنش خشکی و برهمکنش تنش خشکی با رقم در سطح احتمال یک درصد بر میزان کلروفیل کل معنی‌دار بود. نتایج مقایسه میانگین‌ها نشان داد که بیشترین میزان کلروفیل کل در سال دوم آزمایش

[DOR: 20.1001.1.15625540.1397.20.1.3.6]

جدول ۳- مقایسه میانگین میزان کلروفیل a، کلروفیل b، کلروفیل کل و شاخص برداشت ارقام گلرنگ در برهمکنش تیمارهای سال و تنش خشکی (۱۳۹۴ و ۱۳۹۵)

Table 3. Meam comparison of Chl_a, Chl_b, total chlorophyll content and harvest index of safflower cultivars in interaction effect of year and drought stress treatments (2015 and 2016)

		کلروفیل a Chl_a (mg.g^{-1}FW)		کلروفیل b Chl_b (mg.g^{-1}FW)		کلروفیل کل Total Chl (mg.g^{-1}FW)		شاخص برداشت Harvest index (%)	
		۱۳۹۴	۱۳۹۵	۱۳۹۴	۱۳۹۵	۱۳۹۴	۱۳۹۵	۱۳۹۴	۱۳۹۵
Treatments	تیمارهای آزمایشی	2015	2016	2015	2016	2015	2016	2015	2016
Normal	بدون تنش	4.49ab	5.01a	2.23a	2.20a	6.72ab	7.16a	24.9a	21.8d
Mild stress	تنش ملایم	4.26ab	3.90b	1.72b	1.93ab	5.98bc	5.78bc	23.3b	22.6bc
Severe stress	تنش شدید	3.68bc	2.82c	1.29c	1.66bc	4.97cd	4.48d	21.7d	22.0cd

در هر ستون میانگین‌هایی که دارای حروف مشترک هستند، بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌داری ندارند

Means in each column followed by similar letter(s) are not significantly different at 5% probability level, using LSD test

جدول ۴- مقایسه میانگین میزان کلروفیل a، کلروفیل b، کلروفیل کل، کاروتنوئیدها، تعداد طبق در بوته، شاخص برداشت و میزان روغن دانه گلرنگ در برهمکنش تیمارهای تنش خشکی و رقم (۱۳۹۴ و ۱۳۹۵)

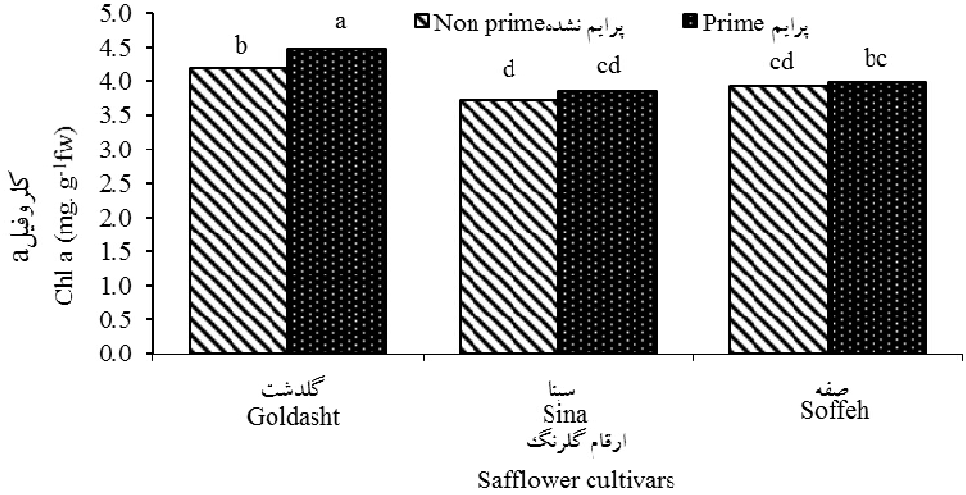
Table 4. Meam comparison of Chl_a, Chl_b, total chlorophyll, carotenoid content, number of seeds.head^{-1}, harvest index and oil content of seeds safflower cultivars in interaction effect of drought stress and cultivar treatments (2015 and 2016)

		کلروفیل a Chl_a	کلروفیل b Chl_b	کلروفیل کل Total Chl	کارتنوئیدها Carotenoids	تعداد دانه در طبق	شاخص برداشت Harvest index	روغن دانه Oil content
Treatments	تیمارهای آزمایشی	(mg.g^{-1}FW)				No. of seeds.head^{-1}	(%)	
Goldasht×Normal	بدون تنش×گلدشت	4.97a	2.36a	7.32a	7.77c	24.9c	23.58ab	26.1d
Sina×Normal	بدون تنش×سینا	4.59b	2.17ab	6.76b	7.02d	28.2b	23.46ab	31.8a
Soffeh×Normal	بدون تنش×صفه	4.70ab	2.12b	6.74b	7.70c	30.0a	22.67bc	32.8a
Goldasht×Mild stress	تنش ملایم×گلدشت	4.58b	1.99b	6.51b	8.86b	24.8c	23.54ab	26.6cd
Sina×Mild stress	تنش ملایم×سینا	3.87c	1.73c	5.60c	7.56cd	22.8de	25.00a	29.5b
Soffeh×Mild stress	تنش ملایم×صفه	3.78c	1.75c	5.53c	7.63cd	27.2b	20.42d	32.2a
Goldasht×Severe stress	تنش شدید×گلدشت	3.44d	1.62c	5.06d	8.90b	20.2f	21.25cd	25.1d
Sina×Severe stress	تنش شدید×سینا	2.92e	1.18d	4.11e	8.42b	21.4ef	24.08ab	26.5cd
Soffeh×Severe stress	تنش شدید×صفه	3.39d	1.62c	5.02d	9.83a	23.5cd	20.33d	28.5bc

در هر ستون میانگین‌هایی که دارای حروف مشترک هستند، بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌داری ندارند

Means in each column followed by similar letter(s) are not significantly different at 5% probability level, using LSD test

[DOR: 20.1001.1.15625540.1397.20.1.3.6]



شکل ۱- محتوای کلروفیل a در برهمکنش تیمارهای رقم با پرایمینگ بذر در ارقام گلرنگ

Fig. 1. Chlorophyll$_a$ content in interaction effect of cultivar and seed priming in safflower cultivars

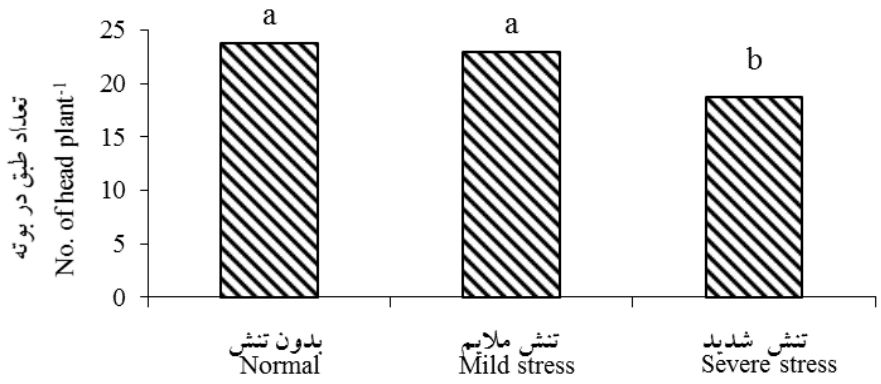
مربوط به تیمار بدون تنش و کمترین میزان کلروفیل کل با بیش از ۳۷ درصد اختلاف در سال دوم آزمایش مربوط به تیمار تنش شدید بود (جدول ۳). نتایج مقایسه میانگین‌ها نشان داد که بیشترین میزان کلروفیل کل مربوط به رقم گلدشت در شرایط بدون تنش و کمترین میزان کلروفیل کل با بیش از ۴۵ درصد اختلاف مربوط به رقم سینا در شرایط تنش شدید بود (جدول ۴). براساس گزارش گارسیا و همکاران (Garcı´a ., 2005) *et al* میزان کلروفیل a، کلروفیل b و کلروفیل کل در اثر تنش اسمزی تا ۶ روز پس از شروع تنش در اثر توسعه کلروپلاست‌ها و افزایش تعداد تیلاکوئیدها افزایش یافته و با ادامه تنش، کاهش خواهد یافت. کاهش محتوای کلروفیل کل و در نتیجه کاهش فتوسنتز در شرایط تنش آبی در ارقام گلرنگ (Amini *et al*., 2013) گزارش شده است.

نتایج نشان داد که اثر تنش خشکی، رقم و برهمکنش تنش خشکی با رقم در سطح احتمال یک درصد بر میزان کاروتنوئیدها معنی‌دار بود. نتایج مقایسه میانگین‌ها نشان داد که بیشترین میزان کاروتنوئیدها مربوط به رقم صفه در شرایط تنش شدید و کمترین میزان کاروتنوئیدها، با بیش از ۲۹ درصد اختلاف، مربوط به رقم سینا در شرایط بدون تنش بود (جدول ۴). کاروتنوئیدها رنگدانه‌های کمکی هستند که با جذب و انتقال تابش نقش حفاظت کننده از کلروفیل در مقابل اکسیداسیون نوری را دارند (Eldahshan and Singab, 2013). در این آزمایش دو رقم گلدشت و صفه در شرایط بدون تنش دارای کاروتنوئید بیشتری نسبت به رقم سینا بودند، ولی در شرایط تنش شدید، رقم صفه محتوای کاروتنوئید بالاتری نسبت به دو رقم دیگر داشت. گونه‌هایی که دارای کاروتنوئید بیشتری هستند، در شرایط اکسیداتیو ناشی از تنش خشکی، قادر به دفاع مؤثرتری بوده و تحمل بهتری را در برابر تنش خشکی نشان می‌دهند (Nematollahi *et al*., 2013). افزایش میزان کاروتنوئیدها و کاهش میزان کلروفیل در ارقام ذرت در شرایط تنش خشکی توسط سایر محققان گزارش شده است (Mohammadkhani and Heidari, 2007).

نتایج نشان داد که اثر تنش خشکی، رقم و پرایمینگ بذر در سطح احتمال یک درصد بر تعداد طبق در بوته معنی‌دار بود. تنش شدید نسبت به تیمار بدون تنش باعث کاهش حدود ۲۱ درصدی تعداد طبق در بوته گردید (شکل ۲). اثر رقم بر

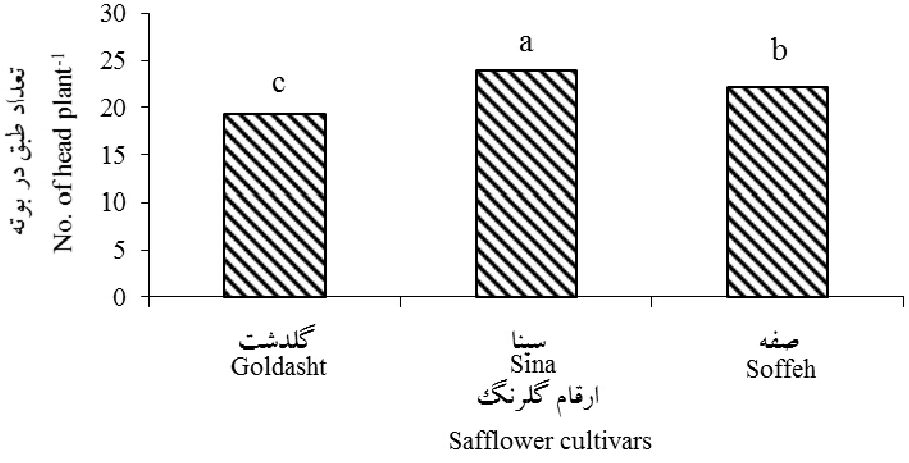
[DOR: 20.1001.1.15625540.1397.20.1.3.6]

تعداد طبق در بوته نیز نشان داد که تعداد طبق در بوته در رقم سینا نسبت به رقم صفه حدود هشت درصد و نسبت به رقم گلدشت ۱۹ درصد بیشتر بود (شکل ۳). نتایج اثر پرایمینگ بذر بر تعداد طبق در بوته نشان دهنده افزایش حدود نه درصدی تعداد طبق در بوته در بذرهای پرایم‌شده نسبت به بذرهای پرایم نشده بود (جدول ۵). کاهش تعداد طبق در بوته در اثر تنش خشکی در گلرنگ توسط فنایی و نارویی راد (Fanaei and Narouirad, 2014) گزارش شده است که با نتایج آزمایش حاضر مطابقت دارد.



شکل ۲- اثر تیمارهای تنش خشکی بر تعداد طبق در بوته ارقام گلرنگ

Fig. 2. Effect of drought stress treatments on number of head.plant^{-1} of safflower cultivars



شکل ۳- میانگین تعداد طبق در بوته ارقام گلرنگ

Fig. 3. Mean of number of head.plant^{-1} of safflower cultivars

[DOR: 20.1001.1.15625540.1397.20.1.3.6]

جدول ۵- مقایسه میانگین صفات گیاهی ارقام گلرنگ در تیمار پرایمینگ بذر

Table 5. Meam comparison of plant characteristics of safflower cultivars in seed priming treatment

Treatments	تیمارهای آزمایشی	طبق در بوته No. of head.plant^{-1}	تعداد دانه در طبق No. of seed.head^{-1}	وزن هزاردانه 1000 seed weight (g)	عملکرد دانه Seed yield (kg.ha^{-1})	عملکرد زیستی Biological yield (kg.ha^{-1})	روغن دانه Oil content (%)	عملکرد روغن Oil yield (kg.ha^{-1})
No priming	بذرهای پرایم نشده	20.8b	24.3b	36.6b	2622b	11700b	27.9b	737b
Seed priming	بذرهای پرایم شده	22.8a	25.6a	38.3a	2866a	12666a	29.6a	853a

در هر ستون میانگین‌هایی که دارای حروف مشترک هستند، بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌داری ندارند

Means in each column followed by similar letter(s) are not significantly different at 5% probability level, using LSD test

جدول ۶- مقایسه میانگین صفات گیاهی ارقام گلرنگ در برهمکنش تیمارهای تنش خشکی با آبیاری و رقم (۱۳۹۴ و ۱۳۹۵)

Table 6. Meam comparison plant characteristics of safflower cultivars in interaction effect of drought stress and cultivar treatments (2015 and 2016)

Treatment	تیمارهای آزمایشی	وزن هزاردانه 1000 grain weight (g)		عملکرد دانه Grain yield (kg.ha^{-1})		عملکرد زیستی Biological yield (kg.ha^{-1})		عملکرد روغن Oil yield (kg.ha^{-1})	
		۱۳۹۴ 2015	۱۳۹۵ 2016	۱۳۹۴ 2015	۱۳۹۵ 2016	۱۳۹۴ 2015	۱۳۹۵ 2016	۱۳۹۴ 2015	۱۳۹۵ 2016
Normal×Goldasht	بدون تنش×گلدشت	48.7bc	52.3a	3527a	3508a	14069bc	15886a	867bcd	962b
Normal× Sina	بدون تنش×سینا	35.0fg	36.0ef	2708cdef	3007bc	10906ef	13445cd	864bcd	955bc
Normal× Soffeh	بدون تنش×صفه	34.8fgh	38.2e	2980bcde	3271ab	12073de	15707a	972ab	1090a
Mild stress×Goldasht	تنش ملایم×گلدشت	40.8d	49.5b	3179b	2853cde	13503cd	12106de	840cde	765de
Mild stress×Sina	تنش ملایم×سینا	33.6fghi	35.2fg	2151h	2691def	8536h	10790ef	617fg	823de
Mild stress×Soffeh	تنش ملایم×صفه	35.2fg	34.5fgh	2974bcde	3003bcd	13877bc	15382ab	960bc	969b
severe stress×Goldasht	تنش شدید×گلدشت	32.0i	46.8c	2236gh	2687ef	10391fg	12970cd	522gh	726ef
severe stress×Sina	تنش شدید×سینا	27.2j	32.5hi	1823i	2140h	7722h	8930gh	476h	577gh
severe stress×Soffeh	تنش شدید×صفه	29.2j	33.3ghi	2518fg	2137h	12597cd	10404fg	731ef	595gh

در هر ستون میانگین‌هایی که دارای حروف مشترک هستند، بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌داری ندارند

Means in each column followed by similar letter(s) are not significantly different at 5% probability level, using LSD test

[DOR: 20.1001.1.15625540.1397.20.1.3.6]

نتایج نشان داد که اثرتنش خشکی، رقم، پرایمینگ بذر و برهمکنش تنش خشکی با رقم در سطح احتمال یک درصد بر تعداد دانه در طبق گلرنگ معنی‌دار بود. پرایمینگ بذر باعث افزایش حدود پنج درصدی تعداد دانه در طبق در بذور پرایم‌شده نسبت به بذرهای پرایم نشده بود (جدول ۵). مقایسه میانگین‌ها نشان داد که بیشترین تعداد دانه در طبق از رقم صفه در شرایط بدون تنش و کمترین تعداد دانه در طبق با بیش از ۳۳ درصد اختلاف، از رقم گلدشت در شرایط تنش شدید به‌دست آمد (جدول ۴). تنش خشکی با کاهش رشد رویشی گیاه، بر اجزای عملکرد تاثیر گذاشته و باعث کاهش برخی از آنها می‌شود. نتایج سایر تحقیقات نشان داده است که وقوع تنش کمبود آب در مرحله گرده‌افشانی باعث کاهش تعداد دانه در طبق می‌شود، ولی میزان این کاهش تابع نوع گیاه زراعی، ژنوتیپ و بویژه شدت تنش است. با افزایش قدرت رشد گیاه که در اثر پرایمینگ بذر اتفاق می‌افتد، اجزای عملکرد و از جمله تعداد طبق در بوته و تعداد دانه در طبق، افزایش می‌یابند. در آزمایش حاضر در تنش ملایم، تعداد دانه در طبق رقم گلدشت بر خلاف دو رقم دیگر، کاهش معنی‌داری نداشت، ولی با ادامه تنش این صفت در هر سه رقم کاهش یافت، ولی این کاهش در رقم گلدشت کمتر بود. گل پرور و قاسمی (Golparvar and Ghasemi, 2012) با ارزیابی همبستگی بین صفات، رگرسیون گام به گام و تجزیه علیت اظهار داشتند که صفات وزن هزار دانه، تعداد دانه در بوته، تعداد دانه در طبق و عملکرد زیستی، بهترین شاخص‌های انتخاب برای بهبود ژنتیکی عملکرد دانه بوده و وزن هزار دانه و تعداد دانه در بوته نیز بهترین شاخص‌ها برای بهبود ژنتیکی عملکرد روغن ارقام گلرنگ بهاره در شرایط کم‌آبی هستند.

اثر تنش خشکی، رقم، پرایمینگ بذر، برهمکنش سال با تنش خشکی، برهمکنش سال با رقم، برهمکنش تنش خشکی با رقم و برهمکنش سال با تنش خشکی و رقم در سطح احتمال یک درصد بر وزن هزار دانه گلرنگ معنی‌دار بودند. نتایج مقایسه میانگین‌ها نشان دهنده افزایش حدود پنج درصدی وزن هزار دانه در بذرهای پرایم‌شده نسبت به بذرهای پرایم نشده بود (جدول ۵). مقایسه میانگین‌ها نشان داد که بیشترین وزن هزاردانه در سال دوم آزمایش از رقم گلدشت در شرایط بدون تنش و کمترین مقدار وزن هزار دانه در سال اول آزمایش از رقم سینا و صفه در شرایط تنش شدید به‌دست آمد، بطوری‌که ۴۸ درصد اختلاف در وزن هزار دانه بین دو تیمار حداقل و حداکثر وجود داشت (جدول ۶). اختلاف معنی‌دار بین وزن هزار دانه در دو سال آزمایش را می‌توان به شرایط بهتر آب و هوایی سال دوم آزمایش (جدول ۲) و انتقال بیشتر مواد فتوسنتزی به دانه‌ها نسبت داد که باعث بالاتر بودن وزن هزار دانه در سال دوم نسبت به سال اول آزمایش در تیمارهای تنش خشکی شد. نتایج نشان داد که گلرنگ رقم گلدشت پتانسیل ژنتیکی بیشتری از نظر وزن هزار دانه نسبت دو رقم دیگر داشت و این برتری در شرایط تنش شدید نیز حفظ شد که علت آن را می‌توان بالاتر بودن محتوای کلروفیل این رقم در شرایط تنش ذکر کرد که باعث برتری عملکرد دانه این رقم گردید. گزارش شده است که تنش خشکی باعث کوتاه شدن دوره پرشدن دانه می‌شود و در اثر مختل شدن سنتز کربوهیدرات‌ها و روغن، قدرت مخزن (دانه) نیز کاهش یافته و باعث کاهش وزن دانه می‌شود (Okcu *et al*, 2005). نتایج سایر تحقیقات روی گلرنگ نیز حاکی از کاهش وزن هزار دانه در اثر تنش خشکی است (Amiri *et al*., 2016).

نتایج نشان داد که اثر تنش خشکی، رقم و پرایمینگ بذر و برهمکنش سال با رقم و برهمکنش سال با تنش خشکی و رقم در سطح احتمال یک درصد و اثر سال در سطح احتمال پنج درصد بر عملکرد دانه گلرنگ معنی‌دار بود. مقایسه میانگین‌ها نشان داد که عملکرد دانه در بذرهای پرایم شده نسبت به بذرهای

[DOR: 20.1001.1.15625540.1397.20.1.3.6]

تیمار نشده در حدود هشت درصد بیشتر بود (جدول ۵). مقایسه میانگین‌ها نشان داد که بیشترین مقدار عملکرد دانه در سال اول آزمایش از رقم گلدشت در شرایط بدون تنش (۳۵۲۷ کیلوگرم در هکتار) و کمترین مقدار عملکرد دانه در سال اول آزمایش از رقم سینا در شرایط تنش شدید با ۴۸ درصد کاهش (۱۸۲۳ کیلوگرم در هکتار) به‌دست آمد (جدول ۶). به طور کلی عملکرد دانه در سال دوم آزمایش بیشتر بود. دلیل اختلاف عملکرد دانه (به غیر از رقم صفه در تیمار تنش شدید) در دو سال آزمایش را می‌توان به تفاوت شرایط آب و هوایی و طول دوره رشد در این دو سال نسبت داد (جدول ۲). رقم گلدشت در شرایط بدون تنش و تنش ملایم بالاترین عملکرد دانه را دارا بود. علت پایین بودن عملکرد دانه رقم سینا را می‌توان به پایین بودن محتوای کلروفیل و کارتنوئیدها در این رقم نسبت داد که در شرایط تنش، این کمبود تشدید گردید و باعث کاهش وزن هزار دانه و عملکرد دانه آن گردید. به طور کلی در شرایط کمبود آب، روزنه‌ها بسته شده و در نتیجه میزان دی‌اکسید کربن ورودی به داخل گیاه کاهش یافته و فتوسنتز و عملکرد دانه کاهش می‌یابد. پالیزدار و همکاران (Palizdar *et al*., 2013) گزارش کردند که با افزایش دور آبیاری از ۶۰ به ۱۸۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک تبخیر، عملکرد دانه گلرنگ ۱۱۰ درصد کاهش یافت. هریس و همکاران (Harris *et al*., 2001) گزارش کردند که با پرایمینگ بذر، جوانه‌زنی بذر و سبزشدن گیاهچه سریع‌تر صورت گرفته و در مدت زمان کوتاه‌تری مراحل نمو گیاه کامل می‌شود، در نتیجه گیاهچه‌هایی با بنیه بالاتر تولید شده و عملکرد بیشتری به دست می‌آید. آن‌ها علت افزایش عملکرد درگندم در اثر پرایمینگ را استقرار سریع‌تر، بهتر و یکنواخت گیاهچه‌ها عنوان کردند که باعث پنجه‌زنی بیشتر و گل‌دهی و رسیدگی زودتر شده و باعث افزایش عملکرد دانه تا ۴۰ درصد گردید.

نتایج نشان داد که اثر تنش خشکی، رقم، پرایمینگ بذر، برهمکنش سال با تنش خشکی، برهمکنش تنش خشکی با رقم و برهمکنش سال با تنش خشکی و رقم در سطح احتمال یک درصد بر عملکرد زیستی معنی‌دار بود. نتایج نشان داد که عملکرد زیستی در تیمار پرایمینگ بذر در حدود هشت درصد افزایش یافت (جدول ۵). بیشترین عملکرد زیستی در سال دوم آزمایش از تیمار بدون تنش و رقم گلدشت و صفه و کمترین مقدار عملکرد زیستی با بیش از ۵۱ درصد اختلاف، در سال اول آزمایش از تیمار تنش شدید و رقم سینا به‌دست آمد که با عملکرد زیستی این رقم در سال دوم در شرایط تنش شدید و در سال اول در شرایط تنش ملایم، فاقد اختلاف معنی‌دار آماری بود (جدول ۶). تفاوت در عملکرد زیستی ارقام گلرنگ و سطوح تنش خشکی طی دو سال آزمایش را می‌توان به تفاوت پتانسیل ژنتیکی آنها در پاسخ به شرایط محیطی و واکنش متفاوت آنها به تنش خشکی در شرایط متفاوت آب و هوایی نسبت داد. نتایج آزمایش محسن نیا و جلیلیان (Mohsen Nia and Jalilian, 2014) روی گلرنگ نشان داد که بیشترین و کمترین میزان عملکرد زیستی و عملکرد دانه به ترتیب در تیمارهای آبیاری کامل و قطع آبیاری در مرحله رشد رویشی به دست آمد. امیری و همکاران (Amiri *et al*., 2016) نیز گزارش کردند که تنش آبی موجب کاهش ۵۰ درصدی عملکرد زیستی در گلرنگ گردید.

نتایج نشان داد که اثر رقم و برهمکنش سال با تنش خشکی در سطح احتمال یک درصد و اثر تنش خشکی و برهمکنش تنش خشکی با رقم در سطح احتمال پنج درصد بر شاخص برداشت معنی‌دار بود. مقایسه میانگین‌ها نشان داد که بیشترین شاخص برداشت در سال اول آزمایش از تیمار بدون تنش و کمترین مقدار شاخص برداشت با بیش از ۱۳ درصد اختلاف، در سال اول آزمایش از تیمار تنش شدید به‌دست آمد (جدول ۳). نتایج مقایسه میانگین‌ها نشان داد که بیشترین شاخص برداشت مربوط به رقم سینا در شرایط تنش

[DOR: 20.1001.1.15625540.1397.20.1.3.6]

ملایم و کمترین مقدار شاخص برداشت با بیش از ۱۹ درصد اختلاف، مربوط به رقم صفه در شرایط تنش شدید بود (جدول ۴). افزایش تراکم گیاهی، قطر طبق، تعداد دانه در طبق، وزن هزار دانه و عملکرد دانه باعث افزایش شاخص برداشت در گلرنگ می‌شوند. در آزمایش حاضر کاهش میزان رطوبت خاک، باعث کاهش توام عملکرد دانه و عملکرد زیستی شد، ولی میزان کاهش عملکرد دانه بیش از عملکرد زیستی بود. احتمالا کاهش وزن دانه در بوته در رطوبت کمتر خاک، در کاهش شاخص برداشت تاثیر بیشتری داشته است. با توجه به این که شاخص برداشت نشان دهنده کارآیی توزیع مواد فتوسنتزی تولید شده در گیاه به دانه‌ها است و در شرایط تنش، کاهش مواد فتوسنتزی در گیاه اتفاق می‌افتد، بنابراین سهم هر یک از دانه‌ها از این مواد کمتر شده و باعث کاهش شاخص برداشت می‌شود (Behdani and Mousavifar, 2011).اختلاف بین ژنوتیپ‌ها از نظر شاخص برداشت در گیاه گلرنگ توسط سایر محققان نیز گزارش شده است (Mahmudieh *et al*., 2006).

نتایج نشان داد که اثر تنش خشکی و رقم و برهمکنش تنش خشکی با رقم در سطح احتمال پنج درصد و اثر پرایمینگ بذر در سطح احتمال یک درصد بر میزان روغن دانه معنی‌دار بود. میزان روغن دانه در بذرهای پرایم‌شده نسبت به بذرهای پرایم نشده در حدود ۱/۷۵درصد بیشتر بود (جدول ۵). نتایج مقایسه میانگین‌ها نشان داد که بیشترین میزان روغن دانه از رقم صفه و سینا در شرایط بدون تنش و کمترین میزان روغن دانه با بیش از ۷/۷ درصد اختلاف، از رقم گلدشت در شرایط تنش شدید به‌دست آمد (جدول ۴). تحقیقات انجام شده روی سه گیاه دانه روغنی بزرک، خردل و گلرنگ نشان داد که تنش آبی باعث کاهش میزان روغن دانه می‌شود (Gouranga *et al*., 2007). در آزمایش اشرفی و رزمجو (Ashrafi & Razmjoo, 2014) نیز کاهش میزان روغن دانه در گلرنگ در شرایط تنش خشکی گزارش شده است.

اثر تنش خشکی، رقم و پرایمینگ بذر و برهمکنش سال با تنش خشکی و رقم در سطح احتمال یک درصد و برهمکنش سال با رقم در سطح احتمال پنج درصد بر عملکرد روغن دانه گلرنگ معنی‌دار بود. نتایج مقایسه میانگین‌ها نشان داد که عملکرد روغن دانه در بذرهای پرایم شده نسبت به بذرهای پرایم نشده در حدود ۱۱ درصد بیشتر بود (جدول ۵). مقایسه میانگین‌ها نشان داد که بیشترین مقدار عملکرد روغن در سال دوم آزمایش از رقم صفه در تیمار عدم تنش (۱۰۹۰ کیلوگرم در هکتار) و کمترین عملکرد روغن در سال اول آزمایش از رقم سینا در شرایط تنش شدید با ۵۶ درصد کاهش (۴۷۶ کیلوگرم در هکتار) به دست آمد (جدول ۶). علت بالا بودن عملکرد روغن رقم صفه در شرایط بدون تنش را می‌توان به میزان بالای روغن دانه این رقم مرتبط دانست، ولی در شرایط تنش شدید با افت شدید محتوای روغن و عملکرد دانه، عملکرد روغن این رقم کاهش معنی‌داری یافته و از رقم گلدشت کمتر شد. گل پرور و قاسمی (Golparvar and Ghasemi, 2012) در آزمایش خود بیان داشتند که در گلرنگ در شرایط کم‌آبی، صفات وزن هزار دانه، تعداد دانه در بوته و عملکرد روغن همبستگی مثبت و معنی‌داری با عملکرد دانه و وزن هزار دانه، تعداد دانه در بوته، عملکرد دانه و میزان روغن نیز همبستگی مثبت و معنی‌داری با عملکرد روغن دارد. کاهش عملکرد روغن گلرنگ در شرایط تنش کم‌آبی و افزایش میزان آن در اثر پرایمینگ بذر توسط فنایی و همکاران (Fanaei *et al*., 2015) نیز گزارش شده است.

نتیجه‌گیری

براساس نتایج این تحقیق با تشدید کمبود آب، عملکرد دانه ارقام گلرنگ کاهش قابل توجهی در هر دو سال آزمایش نشان داد. پرایمینگ بذر با اسید سالیسیلیک در هر دو شرایط بدون تنش و تنش خشکی

[DOR: 20.1001.1.15625540.1397.20.1.3.6]

باعث افزایش تعداد طبق در بوته، تعداد دانه در طبق، وزن هزار دانه، عملکرد دانه، عملکرد زیستی، میزان روغن دانه و عملکرد روغن گردید و حداکثر عملکرد دانه در رقم گلدشت در شرایط بدون تنش به‌دست آمد. با توجه به نتایج می‌توان اظهار داشت که در شرایط تنش ملایم و با پرایمینگ بذر با اسید سالیسیلیک می‌توان محصول قابل قبولی از نظر کمی و کیفی در زراعت گلرنگ (ارقام صفه و گلدشت) به‌دست آورد.

منابع مورد استفاده References

Amini, H., A. Arzani. and F. Bahrami. 2013. Seed yield and some physiological traits of safflower as affected by water deficit stress. Int. J. Plant Prod. 7: 597-614.

Amiri, A., A. Sirousmehr. and S. Esmaeilzadeh Bahabadi. 2016. Effect of foliar application of salicylic acid and chitosan on yield of safflower (*Carthamus tinctorius* L.) under drought stress conditions. J. Plant Res. 28(4): 712-725. (In Persian with English abstract).

AOAC (Association of Official Analytical Chemists) 1995. Official Methods of Analysis. 16th Edition. AOAC Int. Pub., Gaithersburg, MD, USA.

Ashrafi, E. and J. Razmjoo. 2014. Effect of seed hydropriming and irrigation regimes on grain, biological yield, harvest index, oil and protein content of safflower (*Carthamus tinctorius* L.) cultivars. Agron. J. (Pajouhesh & Sazandegi) 103: 61-68. (In Persian with English abstract).

Bacelar, E. A., D. L. Santaos, J. M. Moutinho-Pereira, J. I. Lopes, B. C. Goncalves and T. C. Ferreira. 2007. Physiological behaviour, oxidative damage and antioxidative protection of olive trees grown under different irrigation regimes. Plant Soil 292: 1–12.

Baljani, R. and F. Shekari. 2012. Effects of priming by salicylic acid on yield and growth indices of safflower (*Carthamus tinctorus* L.) plants under end season drought stress. J. Agric. Sci. Sustain. Prod. 22(1): 87-103. (In Persian with English abstract).

Behdani, M. A. and B. E. Mousavifar. 2011. The effect of low irrigation on remobilization and dry matter of plant organs in three spring safflower genotypes. J. Agroecol. 3(3): 277-289. (In Persian with English abstract).

Eldahshan, O. A. and A. B. Singab. 2013. Carotenoids. J. Pharmacog. Phytochem. 2(1): 225-234.

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

Fanaei, H. R., H. Keikha. and I. Piri. 2015. Effect of seed priming on grain and oil yield of Safflower under irrigation deficit conditions. Iranian J. Seed Sci. Res. 2(2): 49-59. (In Persian with English abstract).

Garcı´a-Valenzuela, X., E. Garcı´a-Moya, Q. Rascon- Cruz, L. Herrera-Estrella. and G. A. Aguado-Santacruz. 2005. Chlorophyll accumulation is enhanced by osmotic stress in graminaceous chlorophyllic cells. J. Plant Physiol. 162: 650-661.

Golparvar, A. R. and A. Ghasemi. 2012. Evaluation of correlation and path analysis of seed and oil yield in spring safflower cultivars under normal irrigation and drought stress conditions. J. Agric. New Findings.

[DOR: 20.1001.1.15625540.1397.20.1.3.6]

6(3): 255-267. (In Persian with English abstract).

Gouranga, K., A. Ashwani. and M. Martha. 2007. Water use efficiency and crop coefficients of dry season oilseed crops. Agric. Water Manag. 87: 73-82.

Harris, D., A. K. Pathan, P. Gothkar, A. Joshi, W. Chivasa. and P. Nyamudeza. 2001. On-farm seed priming: using participatory methods to revive and refine a key technology. Agric. Sys. 69: 151-164.

Hayat, S. and A. Ahmad. 2007. Salicylic Acid: a Plant Hormone. Springer.

Hopkins, W. G. and N. P. A. Huner. 2008. Introduction to Plant Physiology (Fourth Ed.) John Wiley and Sons, Inc., New York, USA.

Jamshidi Jam, B., F. Shekari, M. R. Azimi. and E. Zangani. 2012. Effect of priming by salicylic acid on germination and seedling growth of safflower seeds under $CaCl_2$ stress. Int. J. Agric. Res. Rev. 2(5): 1097-1105.

Janmohammadi, M., N. Mohammadi, F. Shekari, A. Abbasi. and M. Esmailpour. 2017. The effects of silicon and titanium on safflower (*Carthamus tinctorius* L.) growth under moisture deficit condition. Acta Agric. Slovenica. 109(2): 443-455.

Mahmudieh, R., P. Ehsanzadeh. and G. Saeidi. 2006. Effect of genotype and shading of heading and near leaves on components yield and safflower yield in Isfahan. Iran. J. Agric. Sci. 1(37): 157-165. (In Persian with English abstract).

Martin-Mex, R., E. Villanueva-Couoh, T. Herrera-Campos. and A. Larqué-Saavedra. 2001. Positive effect of salicylates on the flowering of African violet. Sci. Hort. 103: 499-502.

Mohammadkhani, N. and R. Heidari. 2007. Effects of water stress on respiration, photosynthetic pigments and water content in two maize cultivars. Pak. J. Biol. Sci. 10(22): 4022-4028.

Meerajipour, M., M. Movahhedi Dehnavi, A. Dehdari, H. Farajee. and M. Meerajipour. 2013. Effect of drought stress on some physiological characteristics of four spring safflower (*Carthamus tinctorius* L.) cultivars in Yasouj. Environ. Stresses Crop Sci. 5(2): 125-134. (In Persian with English abstract).

Mohsen Nia, O. and J. Jalilian. 2014. The effect of plant nutrition on some morphological traits and protein content of safflower under different irrigation regimes. J. Crop Prod. 6(3): 165-176. (In Persian with English abstract).

Monakhova, O. F. and I. I. Chernyadev. 2002. Protective role of kartolin-4 in wheat plants exposed to soil drought. Appl. Environ. Microbiol. 38: 373-380.

Nematollahi, E., A. Jafari. and A. Bagheri. 2013. Effect of drought stress and salicylic acid on photosynthesis pigments and macronutrients absorption in two sunflower (*Helianthus annuus* L.) cultivars. J. Plant Ecophysiol. 12: 37-51. (In Persian with English abstract).

Okcu, G., M. D. Kaya. and M. Atak. 2005. Effects of salt and drought stresses on germination and seedling growth of pea (*Pisum sativum* L.). Turk. J. Agric. Forest. 29: 237-242.

Palizdar, M., B. Delkhosh, A. H. Shiranirad. and G. Noormohammadi. 2013. Investigation on effects of irrigation regimes and potassium content on yield and yield components of safflower (*Carthamus tinctorius* L.).

[DOR: 20.1001.1.15625540.1397.20.1.3.6]

J. Med. Aroma. Plants. 28(4): 628-645. (In Persian with English abstract).

Pinheiro, H. A., F. M. Damatta, A. R. M. Chaves, E. P. B. Fontes. and M. E. Loureiro. 2011. Drought tolerance in relation to protection against oxidative stress in clones of *Coffea canephora* subjected to long-term drought. Plant Sci. 167: 1307-1314.

Sumanta, N., C. Imranul. Haque, J. Nishika. and R. Suprakash. 2014. Spectrophotometric analysis of chlorophylls and carotenoids from commonly grown fern species by using various extracting solvents. Res. J. Chem. Sci. 4(9): 63-69.

Yan, M. 2015. Seed priming stimulate germination and early seedling growth of Chinese cabbage under drought stress. South Afric. J. Bot. 99: 88-92.

[DOR: 20.1001.1.15625540.1397.20.1.3.6]

Effect of seed priming on photosynthetic pigments, seed yield and yield components of safflower (*Carthamus tinctorius* L.) cultivars under drought stress conditions

Taheri, Sh.[1], A. Gholami[2], H. Abbasdokht[3] and H. Makarian[4]

ABSTRACT

Taheri, Sh., A. Gholami Dr, H. Abbasdokht and H. Makarian. 2018. Effect of seed priming on photosynthetic pigments, seed yield and yield components of safflower (*Carthamus tinctorius* L.) cultivars under drought stress conditions**. Iranian Journal of Crop Sciences. 20(1): 30-44. (In Persian).**

Seed priming is an effective method for mitigating water stress effect and improving crop yields. To study the effect of seed priming on photosynthetic pigments, seed yield and yield components of safflower cultivars under water stress conditions a field experiment was conducted as split plot factorial arrangement using randomized complete block design with three replications at Shahrood Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Iran for two years (2015 and 2016). The main plot consisted of irrigation at three levels based on the evaporation from class A evaporation pan including; non water stress (60 mm evaporation), mild water stress (120 mm evaporation) and severe water deficit stress (180 mm evaporation) and subplots consisted of factorial of two factors including; safflower cultivars (Goldasht, Sina and Soffeh) and seed priming (Treated seeds with salicylic acid and non treated seeds). Results showed significant increase in seed yield and its components in priming treatment compared to control both years. Therefore, by applying priming, seed yield and oil yield increased by 8 and 14 percent, respectively. Goldasht cultivar had the highest chlorophyll content under non stress (6.29 $mg.g^{-1}FW$) and mild stress conditions which resulted in high seed yield and yield components in this cultivar. The highest seed yield (3800 $kg.ha^{-1}$) was obtained from Goldasht cultivar primed with salicylic acid under non-stressed conditions. However, the highest oil yield (886 $kg.ha^{-1}$) was obtained from Soffeh cultivar. Results showed that severe stress significantly reduced all measured traits in all cultivars. Under severe stress seed yield (2257 $kg.ha^{-1}$), oil yield (604 $kg.ha^{-1}$) and total chlorophyll content (4.72 $mg.g^{-1}FW$) decreased by 29, 36 and 32 percent, respectively. It can be conluded that application of seed priming with salicylic acid increased seed yield and improved tolerance of safflower cultivars under water stress conditions.

Key words: Biological yield, Chlorophyll, Harvest index, Safflower and Salicylic acid

Received: Novemebr 2016 Accepted: April 2018

1. PhD Student, Shahrood University of Technology, Shahrood, Iran (Corresponding author) (Email: taheri4448@gmail.com)
2. Associate Prof. Shahrood University of Technology, Shahrood, Iran
3. Associate Prof. Shahrood University of Technology, Shahrood, Iran
4. Associate Prof. Shahrood University of Technology, Shahrood, Iran

[DOR: 20.1001.1.15625540.1397.20.1.3.6]