تنش‌های محیطی در علوم زراعی
Environmental Stresses in Crop Sciences
جلد چهاردهم، شماره اول، بهار ۱۴۰۰
۴۶-۳۹
http://dx.doi.org/10.22077/escs.2020.2526.1665

مقاله پژوهشی

بررسی اثر تنش کم‌آبی و تراکم بوته بر عملکرد و اجزایی عملکرد گلرنگ (*Carthamus tinctorius* L.) در جنوب کرمان

علی خوشنام[1]، ابراهیم ممنوعی[2]*

۱. کارشناس‌ارشد، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی جنوب استان کرمان، جیرفت
۲. استادیار بخش تحقیقات گیاه‌پزشکی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی جنوب استان کرمان، موسسه تحقیقات گیاه‌پزشکی کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، جیرفت

تاریخ دریافت: ۹۸/۰۳/۱۱؛ تاریخ پذیرش: ۹۸/۰۴/۱۷

چکیده

به‌منظور بررسی اثر تراکم بوته و تنش کم‌آبی بر عملکرد و اجزایی عملکرد گلرنگ رقم محلی اصفهان آزمایشی به‌صورت کرت‌های نواری (استریپ پلات) در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار در سال زراعی ۹۲-۱۳۹۱ در اراضی مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی جیرفت اجرا شد. عامل‌های آزمایش شامل تنش کم‌آبی به‌عنوان عامل عمودی در چهار سطح آبیاری کامل (شاهد)، قطع آبیاری در مرحله ظهور تکمه‌دهی، قطع آبیاری در مرحله ۵۰ درصد گلدهی و قطع آبیاری در مرحله دانه‌بندی بود و تراکم بوته به‌عنوان عامل افقی در چهار سطح شامل تراکم ۳۰، ۳۵، ۴۰ و ۴۵ بوته در هر مترمربع بود. نتایج نشان داد که اثر تنش کم‌آبی و تراکم بوته بر عملکرد و اجزایی عملکرد دانه معنی‌دار بود. به‌طوری‌که با کاربرد تنش کم‌آبی ارتفاع بوته، وزن هزار دانه، تعداد طبق، دانه در طبق، عملکرد دانه و مقدار روغن به‌طور معنی‌دار کاهش یافت. قطع آبیاری در مرحله ظهور تکمه‌دهی و دانه‌بندی به ترتیب بیشترین و کمترین تأثیر در کاهش عملکرد دانه و روغن داشتند. بیشترین عملکرد دانه و روغن در شرایط تنش کم‌آبی از تیمار قطع آبیاری در زمان دانه‌بندی با تراکم ۴۰ بوته در مترمربع به ترتیب ۲۸۵۲ و ۸۸۴ کیلوگرم در هکتار به دست آمد. در مقابل کمترین مقدار عملکرد دانه و روغن از تیمار قطع آبیاری در زمان ظهور تکمه‌دهی با تراکم ۴۵ بوته در مترمربع به ترتیب ۷۱۸ و ۲۰۴ کیلوگرم در هکتار حاصل شد. همچنین، بیشترین عملکرد دانه و روغن در شرایط بدون تنش (شاهد) با تراکم ۴۰ بوته در مترمربع به ترتیب با مقادیر ۴۱۰۱ و ۱۲۳۹ کیلوگرم در هکتار بود.

واژه‌های کلیدی: **تراکم، ظهور تکمه دهی، قطع آبیاری، گلدهی، مقدار روغن**

مقدمه

گلرنگ گیاهی یک‌ساله با سازگاری وسیع به اقلیم‌های مختلف (Zeinali, 1999) که از دانه آن در تولید روغن و از کنجاله و گلچه‌های آن به ترتیب در مصارف تغذیه دام، دارویی و صنعتی استفاده می‌شود (Hussain et al., 2015). سطح زیر کشت دانه‌های روغنی در کشور ۴۹۰ هزار هکتار و سطح زیر کشت گلرنگ در ایران حدود ۷ هزار هکتار است (Maj, 2017). گلرنگ دارای ریشه‌های عمیق و توسعه یافته است که توانایی زیادی در تنظیم اسمزی دارد (Safavi et al., 2013) از این نظر نسبت به سایر دانه روغنی به خشکی و شوری متحمل‌تر است (Hussain et al., 2015).

تنش‌های خشکی و محدودیت‌های آبی یکی از مهم‌ترین عوامل محدودکننده تولید محصولات کشاورزی است. به‌طوری‌که وقوع تنش‌های کم‌آبی در مراحل مختلف رشد گیاه سبب اختلال در مراحل رشد و نموی گیاه می‌گردد (Eskandari and Kazemi, 2019). تنش خشکی قادر است از طریق کاهش سطح برگ و مقدار فتوسنتز سبب

* نگارنده پاسخگو: ابراهیم ممنوعی. پست الکترونیک: e.mamnoie@areeo.ac.ir

کاهش ماده خشک و عملکرد گیاه گردد (Canavar et al., 2014; Seyedsharifi and Seyedsharifi, 2019). مقدار خسارت حاصل از تنش‌های خشکی به گونه زراعی، شدت تنش و مراحل رشد وقوع تنش در گیاهان دارد (Jian-yong, et al., 2017). حساس‌ترین مراحل رشد گیاهان به تنش‌های خشکی مرحله گلدهی و دانه‌بندی است (Muhammad et al., 2016). بااین‌وجود، مرحله گلدهی و تشکیل طبق نسبت به مرحله پر شدن دانه نسبت به تنش خشکی حساس‌تر گزارش شده است (Hussain et al., 2015). در گزارشی نقل شده که قطع آبیاری در مرحله شاخه‌دهی در مقایسه با قطع آبیاری در مرحله گلدهی باعث افت عملکرد بیشتری در گلرنگ شد (Sirosmehr et al., 2008). به‌طوری‌که با آبیاری در مراحل ساقه‌دهی و تشکیل دانه بیشترین عملکرد دانه و درصد روغن حاصل گردید (Hussain et al., 2018). همچنین گزارش‌های مختلف نشان داده است، تنش کم‌آبی قادر است ارتفاع بوته، تعداد کاپیتول در بوته، تعداد دانه در طبق، وزن هزار دانه، عملکرد، درصد روغن و مقدار کلروفیل برگ را کاهش دهد (Bortolheiro and Silva, 2017).

انتخاب تعداد بوته در واحد سطح به‌منظور بهره‌وری از عوامل تولید در مدیریت زراعی برای دستیابی به حداکثر عملکرد بوته یکی از فاکتورهای کلیدی و ضروری محسوب می‌شود (Sampaio et al., 2017). به‌طوری بدون در نظر گرفتن تراکم مطلوب بوته در واحد سطح نمی‌توان به عملکرد مطلوبی رسید. دراین‌ارتباط گزارش شده در تراکم‌های نامطلوب رقابت نوری، رقابت برای جذب آب و مواد غذایی و خسارت علف‌های هرز افزایش می‌یابد و نتیجه آن کاهش عملکرد گیاه زراعی است (Sampaio et al., 2017). دراین‌ارتباط، نتایج گزارشی نشان داد که تراکم بوته تأثیر معنی‌دار بر عملکرد، تعداد شاخه‌ها، تعداد طبق، تعداد دانه در طبق و شاخص برداشت داشت (Ehsanzadeh and Zareian, 2003). به‌طوری‌که با مقایسه تراکم‌های ۵ تا ۲۰ بوته گلرنگ در مترمربع مشخص شد که تراکم‌های ۱۵ و ۱۶ بوته در مترمربع بیشترین عملکرد دانه، وزن هزار دانه و عملکرد روغن داشت (Sampaio et al., 2017). در گزارش دیگری نقل شده که تراکم ۱۴ بوته در مترمربع بیشترین عملکرد دانه، تعداد دانه در بوته، تعداد دانه در طبق، وزن هزار دانه و تعداد شاخه در بوته دارد (Zarei et al., 2011).

با توجه به محدودیت آبی در ایران و وقوع خشک‌سالی‌های سال‌های قبل، به‌ویژه در مناطق جنوبی کشور تلاش برای کاهش مصرف آب حتی با حذف یک نوبت آبیاری ضروری به نظر می‌رسد. همچنین، با توجه به اهمیت تراکم بوته این آزمایش با هدف بررسی اثر قطع آبیاری و تراکم بوته گلرنگ برای تعیین مناسب‌ترین تراکم بوته و ارزیابی پاسخ مراحل رشد گیاه به تنش کم‌آبی انجام شد.

مواد و روش‌ها

این پژوهش در اراضی مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی جنوب استان کرمان در سال زراعی ۹۲-۱۳۹۱ انجام شد. مختصات جغرافیایی محل آزمایش شامل ۵۷ درجه، ۳۲ دقیقه و ۳۱ ثانیه طول شرقی و ۲۸ درجه، ۳۲ دقیقه و ۴۸ ثانیه عرض شمالی با ارتفاع ۶۲۸ متر از سطح دریا و میانگین بارندگی ۱۴۰ میلی‌متر انجام شد. برخی از خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش در جدول ۱ ذکر شده است.

آزمایش به‌صورت کرت‌های نواری (استریپ پلات) در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار انجام گرفت. کرت‌های عمودی شامل سطوح تنش کم‌آبی در چهار سطح آبیاری کامل (شاهد)، قطع آبیاری در مرحله ظهور تکمه‌دهی (معادل کد ۵۰ تقسیم‌بندی BBCH)، قطع آبیاری در مرحله ۵۰ درصد گلدهی (معادل کد ۶۵ تقسیم‌بندی BBCH)، قطع آبیاری در مرحله دانه‌بندی (معادل کد ۷۱ تقسیم‌بندی BBCH) بود (Flemmer et al., 2015). کرت‌های افقی شامل تراکم بوته در ۴ سطح ۳۰، ۳۵، ۴۰ و ۴۵ بوته در مترمربع بود. هر واحد آزمایش (کرت) دارای ۴ خط کشت به طول ۶ متر با فاصله خطوط کاشت ۴۵ سانتی‌متر بود. بر این اساس، فاصله بین بوته در خطوط کاشت در تیمارهای ۳۰، ۳۵، ۴۰ و ۴۵ بوته در مترمربع به ترتیب ۷/۵، ۶/۴، ۵/۵، ۵ سانتیمتر بود. فاصله بین تکرارها و بین کرت‌های عمودی ۲ متر و بین تیمارها یک متر در نظر گرفته شد. عملیات تهیه بستر کشت شامل شخم نیمه عمیق، دو بار دیسک عمود برهم و تهیه فارو بود. کشت به‌صورت جوی و پشته‌ای در نیمه دوم آذرماه با دست و با تراکم بالا انجام شد. سپس در مرحله ۳ تا ۴ برگی بر اساس تیمارها آزمایش تنک شدند. بذر گلرنگ مورداستفاده در آزمایش رقم محلی اصفهان بود. آبیاری به‌صورت نشتی انجام شد. همچنین، کاربرد کود سوپرفسفات تریپل به مقدار ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار و سولفات پتاسیم به مقدار ۱۵۰ کیلوگرم هکتار قبل از کشت و کود اوره به مقدار ۱۰۰ کیلوگرم هکتار طی سه مرحله قبل از کشت

(نیمه دوم آذر)، ۵ برگی و قبل از گل‌دهی در کنار بوته انجام شد. برداشت نمونه‌ها در پایان اردیبهشت و اوایل خردادماه بود. مقدار بارندگی در سال انجام آزمایش در جدول ۲ نشان داده شده است.

جدول ۱. ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش

Table 1. Soil physical and chemical properties of experimental location

عمق	اسیدیته				کربن آلی	بافت خاک
Depth	EC	pH	K_2O	P_2O_5	Organic carbon	Soil texture
(cm)	(ds/m)		------ (mg/kg) ------		(%)	
0-30	2.35	7.4	205	4.2	0.2	لومی- شنی Sandy loam

جدول ۲. مقدار بارندگی (میلی‌متر) در طی آزمایش (۹۱-۱۳۹۰)

Table 2. Rainfall amount (mm) during the during experiment 2011-2012

خرداد	اردیبهشت	فروردین	اسفند	بهمن	دی	آذر	آبان
June	May	April	March	February	January	December	November
4.9	1	1.2	1.9	59	47	58.2	0

صفات اندازه‌گیری شده شامل ارتفاع بوته، وزن هزار دانه، تعداد طبق در بوته، تعداد دانه در طبق، عملکرد دانه، مقدار روغن بود. ارتفاع بوته در مرحله گلدهی با دقت سانتیمتر اندازه‌گیری شد. برای اندازه‌گیری تعداد دانه در طبق، تعداد طبق و قطر طبق در بوته ۵ طبق به‌طور تصادفی از هر واحد آزمایش انتخاب و شمارش گردید. برای اندازه‌گیری وزن هزار دانه، تعداد ۲۰۰ دانه از هر تیمار انتخاب و وزن آن‌ها با ترازوی با دقت ۰/۰۰۱ اندازه‌گیری شد و سپس وزن هزار دانه تعیین گردید. جهت تعیین عملکرد بعد از حذف اثر حاشیه، از مساحت دو مترمربع در هر واحد آزمایش برداشت و اندازه‌گیری شد. برای اندازه‌گیری روغن پس از جمع‌آوری دانه‌های هر تیمار و ارسال به آزمایشگاه بخش تحقیقات دانه‌های روغنی موسسه اصلاح و تهیه نهال و بذر اندازه‌گیری شد. مقایسه میانگین با آزمون حداقل تفاوت معنی‌دار (LSD) در سطح ۵ درصد با استفاده از نرم‌افزار SAS (نسخه ۱,۹) انجام شد

نتایج و بحث

بر اساس نتایج حاصل از تجزیه واریانس صفات اندازه‌گیری شده اثر تیمارهای تراکم بوته و تنش کم‌آبی تأثیر معنی‌دار بر ($P\leq$۰/۰۱) وزن هزار دانه، تعداد دانه در طبق، تعداد طبق در بوته، قطر طبق، عملکرد دانه و مقدار روغن داشت. همچنین، اثرات متقابل تراکم بوته و تنش کم‌آبی نیز تأثیر معنی‌دار ($P\leq$۰/۰۱) بر صفات مذکور داشتند. در مقابل، تراکم بوته تأثیر معنی‌دار بر ارتفاع بوته نداشت اما تنش کم‌آبی تأثیر معنی‌دار ($P\leq$۰/۰۱) بر این صفت داشت (جدول ۳)؛ بنابراین با توجه به معنی‌دار شدن اثرات متقابل بیشتر صفات مذکور، در ارزیابی صفات موردمطالعه از اثرات متقابل تنش کم‌آبی× تراکم استفاده شد.

اثر تراکم بوته در سطوح تنش کم‌آبی تأثیر متفاوتی بر ارتفاع بوته داشت. در شرایط بدون تنش، با افزایش تراکم بوته ارتفاع بوته افزایش یافت. به‌طوری‌که بیشترین ارتفاع بوته در شرایط بدون تنش در تراکم ۴۵ بوته در مترمربع با ارتفاع ۱۶۷ سانتی‌متر بود. درحالی‌که افزایش تراکم بوته در شرایط تنش آبیاری سبب کاهش معنی‌دار ارتفاع بوته گردید. به‌طوری‌که بیشترین ارتفاع بوته در شرایط قطع آبیاری در مرحله دانه‌بندی از تیمار ۳۵ بوته در مترمربع با مقدار ۱۵۲ سانتی‌متر بود و کمترین ارتفاع بوته در شرایط قطع آبیاری در ظهور تکمه‌دهی در تراکم ۴۵ بوته در مترمربع با مقادیر ۱۲۵ سانتی‌متر شد. همچنین، نتایج نشان که بین شاهد (بدون تنش) و تنش در دانه‌بندی به‌جز تراکم ۴۵ بوته در مترمربع تفاوت معنی‌داری وجود نداشت (جدول ۴).

جدول ۳. نتایج تجزیه واریانس اثر تراکم بوته و تنش خشکی بر صفات اندازه‌گیری شده گلرنگ

Table 3. ANOVA results of plant density and water stress on measured traits of safflower

منابع تغییرات Source of variation	df	ارتفاع بوته Height plant	وزن هزار دانه 1000 seed weight	دانه در طبق Seed number in capitul	طبق در بوته Capitul number in plant	قطر طبق Diameter of capitul	عملکرد دانه Seed yield	مقدار روغن Oil content
تکرار Replication	2	366.76^{ns}	1.05^{ns}	24.87^{ns}	11.66*	28.2**	18965^{ns}	6314^{ns}
تراکم Density (D)	3	77.42^{ns}	26.49**	99.04**	66.25**	23.69**	584109**	66258**
خطای ۱ Error 1	6	21.91	0.74	7.65	1.51	1.12	24072	5781
تنش Stress (S)	3	2102**	222**	1193**	154.78**	110**	13310319**	1173059**
خطای ۲ Error 2	6	116	0.59	14.63	0.59	0.57	51889	4781
تراکم×تنش D × S	9	41.4^{ns}	3.32*	38.1*	6.07*	9.02**	137702*	13172**
خطای ۳ Error 3	18	142.09	1.38	14.6	2.41	3.65	52851	4188
CV%		8.13	4.75	8.72	7.75	7.98	10.25	9.27

ns , *, ** به ترتیب عدم معنی‌داری، معنی‌دار در سطح پنج و یک درصد

ns, * and **; non significant, significant at 5% and 1% levels of probability, respectively

جدول ۴. اثر تیمارهای تراکم و تنش کم‌آبی بر صفات اندازه‌گیری شده گلرنگ

Table 4. Effects plant density and water stress on measured traits of safflower

تراکم بوته Plant density	تنش کم‌آبی Water deficit	ارتفاع بوته height plant	وزن هزار دانه 1000 seed weight	دانه در طبق seed per Capitul	طبق در بوته Capitul per plant	قطر طبق Capitul diameter	عملکرد دانه Seed yield	مقدار روغن Amount of oil
cm		cm	g	---------- No. ----------		mm	--------- kg/ha ---------	
30	CE	136.5^{d-f}	19.88^{h}	35.53^{h-i}	19.88^{c-e}	23.63^{b-d}	995.7^{hi}	265.9^{jk}
	F (50%)	141.65^{d-f}	24.33^{ef}	40.07^{e-h}	20.40^{b-e}	24.86^{a-d}	1792^{g}	538.2^{hg}
	EF	150.94^{a-b}	26.4^{cd}	47.86^{b-d}	20.63^{b-d}	25.62^{a-c}	2413^{ef}	726.4^{e}
	Control	161.42^{a-c}	28.72^{b}	63.53^{a}	28.17^{a}	27.15^{a}	3089.9^{c}	918.7^{c}
35	CE	139.45^{d-f}	20.48^{gh}	34.73^{h-j}	17.97^{e-f}	22.19^{d}	1140.7^{h}	372.2^{ij}
	F (50%)	143.24^{b-f}	25.87^{de}	40.43^{e-h}	19.87^{c-e}	24.14^{a-d}	1893^{g}	591^{fg}
	EF	152.11^{a-d}	26.77^{b-c}	45.87^{c-e}	21.84^{bc}	25.48^{a-c}	2427^{ef}	797de
	Control	163.35^{ab}	32.91^{a}	61.87^{a}	26.11^{a}	27.27^{a}	3181^{c}	960.6^{c}
40	CE	130.25^{ef}	18.92^{h}	33.50^{ij}	15.86^{g}	18.21^{e}	1186.7^{h}	437^{hi}
	F (50%)	142.25^{d-f}	25.37^{de}	44.87^{c-f}	18.83^{d-f}	23.83^{b-d}	2034^{fg}	700.9^{ef}
	EF	147.54^{a-d}	26.17^{c-e}	37.63^{g-i}	19.87^{c-e}	24.68^{a-d}	2952^{dc}	884.9^{cd}
	Control	164.8^{a}	28.17^{bc}	53.50^{b}	22.84^{b}	26.65^{ab}	4101.7^{a}	1239^{a}
45	CE	125.3^{f}	16.61^{i}	30.43j	10.87^{h}	14.81^{f}	718.7^{i}	204.7^{k}
	F (50%)	138.95^{d-f}	22.37^{fg}	38.73^{f-h}	16.50^{fg}	23.37^{cd}	1820^{g}	579.9^{g}
	EF	142.68^{d-f}	25.46^{de}	42.40^{d-g}	18.83^{d-f}	24.31^{a-d}	2584de	866.7^{cd}
	Control	167.1^{a}	27.07^{b-d}	50.77^{bc}	21.87^{bc}	26.36^{a-c}	3590.3^{b}	1097^{b}
LSD (0.05)		*20.45*	*2.02*	*6.56*	*2.66*	*3.28*	*394.36*	*111.02*

در هر ستون، تیمارهای با حداقل یک حروف مشترک اختلاف معنی‌دار ندارند. ظهور کاپیتول (CE)، پایان گلدهی (EF)، ۵۰ درصد گلدهی (F 50%)

Means within each column followed by same letter are not significantly different, Capitul emergence (CE), End of flowering (EF), 50% of flowering (F 50%)

تنش‌های کم‌آبی با محدود کردن توسعه و گسترش سلولی و کاهش تورژسانس سلولی سبب کاهش ارتفاع بوته می‌گردد (Eskandari and Kazemi, 2019). این نتایج با گزارش‌های برخی محققین (Esendal et al., 2007; Canavar et al., 2014; Kafi and Rostami, 2007) مطابقت دارد. با افزایش تراکم بوته وزن هزار دانه کاهش یافت به‌طوری‌که بیشترین و کمترین وزن هزار دانه در شرایط بدون تنش به ترتیب از تراکم‌های ۳۵ و ۴۵ بوته در مترمربع با مقادیر ۳۲ و ۲۷ گرم حاصل شد. همچنین، تنش کم‌آبی وزن هزار دانه را کاهش داد؛ بنابراین، اعمال تنش کم‌آبی توأم با افزایش تراکم بوته توانست وزن هزار دانه را به‌طور معنی‌دار کاهش دهد. به‌طوری‌که کمترین وزن هزار دانه از تیمار قطع آبیاری در زمان تکمه‌دهی در تراکم ۴۵ بوته در مترمربع با مقادیر ۱۶/۶ گرم به دست آمد. در مقابل، بیشترین وزن هزار دانه در شرایط قطع آبیاری در زمان دانه‌بندی با تراکم ۳۰ بوته در مترمربع با مقدار ۲۶/۴ گرم به دست آمد (جدول ۴). کاهش وزن هزار دانه تحت شرایط تنش محیطی می‌تواند مربوط به کاهش مقدار فتوسنتز، کاهش مقدار انتقال مواد فتوسنتزی به مقاصد فیزیولوژیک، کاهش طول دوره پر شدن دانه و یا توقف فعالیت متابولیکی مخزن دانست (Seyedsharifi and Seyedsharifi, 2019). کاهش وزن هزار دانه تحت شرایط تنش‌های کم‌آبی توسط محققین متعددی گزارش شده است (Nadery et al., 2007; Kafi and Rostami, 2007). گزارش‌های مختلف نشان داده است که تراکم ۱۴ (Zarei et al., 2011) و ۲۰ بوته مترمربع (Nakhzry-Moghadam, 2000) بیشترین وزن هزار دانه دارند.

با افزایش تراکم بوته در واحد سطح تعداد دانه در طبق به‌طور معنی‌دار کاهش یافت. به‌طوری‌که در شرایط بدون تنش بیشترین تعداد دانه در طبق در تراکم‌های ۳۰ و ۳۵ بوته در مترمربع به ترتیب با ۶۳ و ۶۱ دانه بود و کمترین دانه در شرایط بدون تنش از تراکم ۴۵ و ۴۰ بوته در مترمربع به ترتیب با مقادیر ۵۰ و ۵۳ دانه در طبق به دست آمد. همچنین، در شرایط تنش کم‌آبی نیز بیشترین تعداد دانه در طبق در تیمار قطع آبیاری در زمان دانه‌بندی با تراکم ۳۰ بوته در مترمربع (۴۷/۸ دانه در طبق) به دست آمد. در مقابل، کمترین مقدار از تیمار قطع آبیاری در مرحله ظهور تکمه‌دهی با تراکم ۴۵ بوته در مترمربع (۳۰/۴ دانه در طبق) حاصل شد (جدول ۴). به نظر می‌رسد افزایش تعداد بوته در واحد سطح و به‌تبع افزایش رقابت بین مقاصد فیزیولوژیک دلیل افزایش سقط‌جنین و کاهش تعداد دانه در طبق باشد (Sampaio et al., 2017). همچنین، کاهش فتوسنتز و تولید ماده پرورده و کاهش مقدار انتقال مواد فتوسنتزی در شرایط تنش خشکی (Eskandari and Kazemi, 2019; Seyedsharifi and Seyedsharifi, 2019) را می‌توان دلیل کاهش تعداد دانه در طبق دانست. گزارش‌های متعدد نشان داده است که با افزایش تراکم بوته (Marita and Muldoon, 1995) و افزایش تنش‌های کم‌آبی (Hashemi Dezfuli, 1994; Esendal et al., 2007; Kafi and Rostami, 2007) تعداد دانه در طبق کاهش می‌یابد. همچنین، بیشترین تعداد دانه در طبق گلرنگ در تراکم‌های ۱۴ (Zarei et al., 2011) و ۲۰ بوته مترمربع (Nakhzry-Moghadam, 2000) گزارش شده است.

پاسخ تعداد طبق در بوته به تراکم و سطوح تنش آبیاری مشابه با تعداد دانه در طبق بود. به‌طوری‌که در شرایط بدون تنش بیشترین و کمترین تعداد طبق در بوته به ترتیب از تراکم‌های ۳۰ و ۴۵ بوته در مترمربع با مقادیر ۲۸ و ۲۱ طبق در بوته حاصل شد. در مقابل در شرایط تنش، بیشترین تعداد طبق در بوته از کاربرد تیمار قطع آبیاری در دانه‌بندی با تراکم ۳۵ بوته در مترمربع با ۲۱ طبق در بوته به دست آمد. در مقابل، کمترین تعداد طبق از تیمار قطع آبیاری در مرحله تکمه‌دهی با تراکم ۴۵ بوته در مترمربع با ۱۰/۸ طبق در بوته مشاهده شد (جدول ۴). به نظر می‌رسد کاهش کلروفیل، رنگ‌دانه‌ها گیاهی و به‌تبع فتوسنتز در شرایط تنش‌های محیطی می‌تواند سبب افزایش سقط گلچه‌ها (Eskandari and Kazemi, 2019; Seyedsharifi and Seyedsharifi, 2019) و کاهش تعداد طبق گردد. دراین‌ارتباط با کاهش تعداد طبق در شرایط تنش‌های خشکی نتایج این آزمایش با گزارش‌های متعددی مطابقت دارد (Esendal et al., 2007; Hashemi Dezfuli, 1994; Kafi and Rostami, 2007). همچنین، گزارش شده با تراکم ۴۰ بوته (Heidary and Asad, 1998) و ۵۰ بوته در مترمربع (Nakhzry-Moghadam, 2000) می‌تواند بیشترین تعداد طبق در گلرنگ حاصل گردد.

تراکم بوته در شرایط بدون تنش تأثیر معنی‌دار بر قطر طبق نداشت. بااین‌وجود، بیشترین قطر طبق در شرایط بدون تنش از تراکم ۳۵ بوته در مترمربع (۲۷/۲۷ سانتیمتر) حاصل شد؛ اما در شرایط تنش کم‌آبی تراکم بوته اثر معنی‌دار بر قطر

طبق داشت. به‌طوری‌که کمترین قطر طبق از تیمار قطع آبیاری در زمان تکمه‌دهی با تراکم ۴۵ بوته در مترمربع با ۱۴/۸۱ سانتیمتر مشاهده شد و در مقابل، بیشترین قطر طبق از کاربرد تیمار قطع آبیاری در مرحله دانه‌بندی با تراکم ۳۰ و ۳۵ بوته در مترمربع با مقدار ۲۵/۶۲ و ۲۵/۴۸ سانتیمتر به دست آمد (جدول ۴).

تراکم بوته و سطوح تنش تأثیر معنی‌داری بر عملکرد دانه داشتند. به‌طوری‌که در شرایط بدون تنش کم‌آبی بیشترین و کمترین عملکرد دانه از تراکم ۴۰ و ۳۰ بوته در مترمربع با مقادیر ۴۱۰۱ و ۳۰۸۹ کیلوگرم در هکتار حاصل شد. در شرایط تنش کم‌آبی نیز بیشترین عملکرد دانه از تیمار تراکم ۴۰ بوته در مترمربع با قطع آبیاری در مرحله دانه‌بندی با مقادیر ۲۹۵۲ کیلوگرم در هکتار بود که با تیمار ۴۵ بوته در مترمربع در همان شرایط قطع آبیاری (دانه‌بندی) در یک گروه آماری بودند. در مقابل، کمترین عملکرد دانه از تیمار تراکم ۴۵ بوته در مترمربع در شرایط قطع آبیاری در زمان تکمه‌دهی با مقادیر ۷۱۸ کیلوگرم در هکتار به دست آمد (جدول ۴). کاهش وزن هزار دانه، تعداد دانه در طبق و تعداد طبق در گیاه با اعمال قطع آبیاری دلایل کاهش عملکرد دانه در شرایط تنش آبی است. بررسی‌ها نشان داده است که کاهش فتوسنتز و طول دوره پر شدن دانه و افزایش تنفس نوری در شرایط خشکی از دلایل کاهش عملکرد دانه است (Seyedsharifi and Seyedsharifi, 2019). کاهش عملکرد دانه در شرایط تنش خشکی در گزارش‌های متعددی به اثبات رسیده است (Abolhasani et al., 2006; Esendal et al., 2007; Canavar et al., 2014; Nadery et al., 2004; Nadery et al., 2007; Kafi and Rostami, 2007; Rostami and Mirzaei, 2003).

در گزارش‌های مختلف تراکم‌های متفاوتی برای عملکرد مطلوب در گلرنگ، از جمله ۱۶ بوته (Sampaio et al., 2017) ۲۰ بوته (Bachtiari Ramezani et al., 2006; Zarei et al., 2011) ۴۰ بوته (Omidi et al., 2010; Jajarmi and Shadlu, 2005; Sirosmehr et al., 2008) و ۵۰ بوته در مترمربع (Pourhadian et al., 2008; Nakhzry-Moghadam, 2000) توصیه شده است.

مقدار روغن نیز در شرایط بدون تنش تحت تأثیر تراکم بوته قرار گرفت. به‌طوری‌که بیشترین و کمترین مقدار روغن در شرایط بدون تنش به ترتیب مربوط به تراکم‌های ۴۰ و ۳۰ بوته در مترمربع با مقادیر ۱۲۳۹ و ۹۱۸ کیلوگرم در هکتار بود. همچنین، در شرایط تنش نیز بیشترین مقدار روغن از کاربرد تیمار قطع آبیاری در مرحله دانه‌بندی با تراکم ۴۰ بوته در مترمربع با ۸۸۴ کیلوگرم در هکتار به دست آمد. در مقابل، کمترین مقدار روغن هم از تیمار قطع آبیاری در مرحله تکمه‌دهی با تراکم ۴۵ بوته در مترمربع با مقدار ۲۴۰ کیلوگرم در هکتار مشاهده شد (جدول ۴). بررسی‌ها نشان داده است که تجمع روغن در دانه با طول دوره پر شدن دانه ارتباط دارد، بنابراین کاهش طول دوره پر شدن دانه در شرایط تنش خشکی (Eskandari and Kazemi, 2019) به نظر می‌رسد دلیل کاهش مقدار روغن باشد.

کاهش روغن با اعمال تنش کم‌آبی در گزارش‌های متعددی به اثبات رسیده است (Abolhasani et al., 2006; Hashemi Dezfuli, 1994; Nadery et al., 2004; Nadery et al., 2007; Kafi and Rostami, 2007). تأثیر تراکم بوته برای به دست آوردن حداکثر مقدار روغن گلرنگ متفاوت گزارش شده است به‌طوری‌که در برخی گزارش‌ها تراکم ۲۰ (Bachtiari Ramezani et al., 2006) و برخی تراکم ۴۰ بوته در مترمربع (Omidi et al., 2010; Jajarmi and Shadlu, 2005) برای دستیابی به حداکثر تولید روغن گزارش شده است.

نتیجه‌گیری نهایی

تنش کم‌آبی باعث کاهش معنی‌دار ارتفاع بوته، وزن هزار دانه، تعداد دانه در طبق، تعداد طبق در بوته، قطر طبق، عملکرد دانه و مقدار روغن گردید. بیشترین شدت تنش کم‌آبی بر صفات مزبور به ترتیب از قطع آبیاری در مرحله ظهور تکمه‌دهی > مرحله ۵۰ درصد گلدهی > دانه‌بندی بود. همچنین، مطلوب‌ترین تراکم بوته ازنظر عملکرد بوته و مقدار روغن در شرایط بدون تنش تراکم ۴۰ بوته در مترمربع به دست آمد. همچنین، در شرایط تنش کم‌آبی، نیز بیشترین عملکرد و مقدار روغن تیمار قطع آبیاری در مرحله دانه‌بندی با تراکم ۴۰ بوته در مترمربع حاصل شد. درحالی‌که کمترین مقدار عملکرد دانه و مقدار روغن از تیمار قطع آبیاری در زمان ظهور طبق با تراکم ۴۵ بوته در مترمربع مشاهده شد.

منابع

Abolhasani, K.H., Saeidi, G., 2006. Evaluation of drought tolerance of safflower lines based on tolerance and sensitivity indices to water stress. Agriculture and Natural Resources. 10, 419-427.

Bachtiari-Ramezani, M., Lebaschy, M.H, Neamati, N., 2006. Effects of plant densities on yield and yield components of safflower on dry farming condition. Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants. 22, 155-160. [In Persian with English Summer].

Bortolheiro, F.P.A.P., Silva, M.O.A., 2017. Physiological response and productivity of safflower lines under water deficit and rehydration. Anais da Academia Brasileira de Ciências. 89, 3051-3066.

Canavar, O., Gotz, K.P., Koca, Y.O., Ellmer, F., 2014. Relationship between water use efficiency and $\delta^{13}C$ isotope discrimination of safflower (*Carthamus tinctorius* L.) under drought stress. Turkish Journal of Field Crops. 19, 203-211.

Ehsanzadeh, P., Zareian-Baghdadabadi, A., 2003. Yield, yield compounds and growth characteristics of two safflower genotypes under varying plant densities. Journal of Science and Technology of Agriculture and Natural Resources. 7, 140-148.

Esendal, A., Istanbulluoglu, B., Arslan, B., Pasa, C., 2007. Effect of water stress on growth components of winter safflower (*Carthamus tinctorius*). In: Knights, S.E. and Potter, T.D. (ed.), Safflower: Unexploited potential and world adaptability. Proceedings of the 7th International Safflower Conference, Wagga Wagga, New South Wales, Australia. http://www.australianoilseeds.com

Eskandari, H., Kazemi, K., 2019. Evaluation of irrigation levels and soil fertility management on seed and oil yield of sesame (*Sesamum indicum* L.). Environmental Stresses in Crop Sciences, 12, 111-122. [In Persian with English Summary].

Flemmer, A.C., Franchini, M.C., Lindström, L.I., 2015. Description of safflower (*Carthamus tinctorius*) phonological growth stages according to the extended BBCH scale. Annals of Applied Biology. 166, 331–339.

Hashemi-Dezfuli, A., 1994. Growth and yield of safflower affected by drought stress. Crop Research Hisar. 7, 313-319.

Heidary, S., Asad, M., 1998. Effect of irrigation methods, nitrogen rate and plant density on yield safflower of Zarghan 279 in Arsanjan, Fars. Proceedings of the 5th Iranian Crop Science Congress, 9-13 September, 1998. Seed and Plant Improvement Research Institute, Karaj, Iran. [In Persian with English Summer].

Hussain, M., Farooq, S., Hasan, W., Allah, S.U., Tanveer M., Farooq, M., Nawaz, A., 2018. Drought stress in sunflower: physiological effects and its management through breeding and agronomic alternatives. Agricultural Water Management. 201, 152–166

Hussain, M.I., Lyra, D.A., Farooq, M., Nikoloudakis, N., Khalid, N., 2015. Salt and drought stresses in safflower: a review. Agronomy for Sustainable Development. 36, 1-33.

Jajarmi, V.M., Shadlu, A., 2005. The effect of density, variety and planting date on yield and yield components of safflower. In: Knights, S.E., Potter, T.D. (ed.), Safflower: Unexploited potential and world adaptability. Proceedings of the 7th International Safflower Conference, Wagga Wagga, New South Wales, Australia. http://www. australianoilseeds.com

Jian-yong, W., You-Cai, X., Feng-Min, L., Kadambot, H.M., Neil, C.T., 2017. Effects of drought stress on morpho-physiological traits, biochemical characteristics, yield, and yield components in different ploidy wheat: a meta-analysis. Advance in Agronomy. 134, 139-173.

Kafi, M., Rostami, M., 2007. Effect of water stress on yield, yield compounds and oil content of three safflower (*Carthamus tinctorius* L.). Iranian Journal of Field Crops Research. 5, 121-131. [In Persian with English Summer].

MAJ, 2017. Crop production. Agriculture of Statistic Database. Agriculture Products. Ministry of Jihad-e-Agriculture. 1: 137 p. [In Persia] Available online at http//www.agri-jahad.ir.

Marita, T., Muldoon, D., 1995. Effect of irrigation schedules and new spacing on the yield of safflower (*Carthamus tinctorius* L.). Journal of Oilseed Research. 7, 307-308.

Muhammad, Z.I., Fathy, S.E., Saleh, M.I., 2016. Wheat phenological development and growth studies as affected by drought and late season high temperature stress under arid

environment. Frontiers in Plant Science. 7, 1-14.

Nadery, M.A.R., Banitba, R., Shahsavar, R., 2007. Investigation of the effect of drought stress on early spring safflower In the Isfahan region. Journal of Research in Agricultural Science. 3 (2), 138-151.

Nadery, M.R., Normohamadi, Gh., Majidi A., Darvishi, F., 2004. Investigation of effect of water stress and plant density on ecophysiology characteristic of tree cultivars safflower in planting summer. Seed and plant Journal. 3, 281-296. [In Persian with English Summer].

Nakhzry-Moghadam, A., 2000. Effect of planting row and plant density on yield and yield compounds Zargha, cultivar safflower. Proceedings of the 6th Iranian Crop Science Congress. 3-6 September, 2000. University of Mazandaran, Babolsar, Iran [In Persian].

Omidi, A.H., Sharifmognadas, M.R., 2010. Evaluation of Iranian safflower cultivars reaction to different Sowing dates and plant densities. World Applied Sciences Journal. 8, 953-958.

Pourhadian, H., Khajehpour, M.R., 2008. Effects of row spacing and planting density on growth indices and yield of safflower, local variety of Isfahan Kosheh in summer planting. Journal of Science and Technology of Agriculture and Natural Resources. 11, 32 P.

Rostami, M., Mirzaei, R., 2003. Assessment of drought resistance in four safflower cultivars at the germination stage. In: El-Beltagy E.D.A., Saxena, M.C. (ed.), Proceedings of the 7th International Conference on the Development of Drylands: 14-17 September 2003. International Center for Agricultural Research in the Dry Areas, Tehran, Iran.

Safavi, M., Pourdad, S.S., Safav S.A., 2013. Evaluation of drought tolerance in safflower (*Carthamus tinctorius* L.) under non stress and drought stress conditions. International journal of Advanced Biological and Biomedical Research. 1, 1086-1093.

Sampaio, M.C., Santos, R.F., Bassegio, D., Vasconselos, E.S., Silveira, L., Lenz, N.B., Lewandoski, C.F., Tokuro, L.K., 2017. Effect of plant density on oil yield of safflower. African journal of agricultural research, 12, 2147-2152.

Seyedsharifi, R., Seyedsharifi, R., 2019. Effects of different irrigation levels, methanol application, and nano iron oxide on yield and grain filling components of sunflower (*Helianthus annuus* L.). Journal of Agricultural Crops Production. 21(1), 27-42. [In Persian with English Summary].

Sirosmehr, A.M., Shakiba, M., Aliari, H., 2008. Effect of water stress and plant density on yield and morphology characteristic of safflower sparing varieties. Journal of Pajouhesh and Sazanegi. 21, 80-87. [In Persian with English Summer].

Zarei, G., Shamsi, H., Fazeli, F. 2011. Effect of planting density on yield and yield components of safflower cultivars in spring planting. International Journal of Agricultural and Biosystems Engineering, 5, 929-931.

Zeinali, E. 1999. Safflower (Characteristics, production and utilization). Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources Publication. 144p [In Persian].