

اثر کم آبیاری بر ویژگی‌های زراعی هیبریدهای جدید آفتابگردان

Effect of Deficit Irrigation on Agronomic Characteristics of New Sunflower Hybrids

اسداله زارعی سیاه‌بیدی^۱ و عباس رضایی‌زاد^۲

۱ و ۲- به ترتیب استادیار و دانشیار، بخش تحقیقات علوم زراعی و باغی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان کرمانشاه، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرمانشاه، ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۵/۵ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۶/۱۲/۴

چکیده

زارعی سیاه‌بیدی، ا. و رضایی‌زاد، ع. ۱۳۹۷. اثر کم آبیاری بر ویژگی‌های زراعی هیبریدهای جدید آفتابگردان. مجله به‌زراعی نهال و بذر ۲-۳۴: ۸۹-۱۰۸

به‌منظور بررسی اثر کم آبیاری بر خصوصیات زراعی هیبریدهای جدید آفتابگردان و تعیین ارقام متحمل به خشکی، آزمایشی در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار طی سال‌های ۹۳-۱۳۹۲ در ایستگاه تحقیقات کشاورزی اسلام‌آباد غرب اجرا شد. در این آزمایش چهار هیبرید جدید آفتابگردان (فرخ، شمس، قاسم و برزگر) در سه رژیم آبیاری (آبیاری کامل، تنش ملایم و تنش شدید با تأمین ۱۰۰، ۷۵ و ۵۰ درصد نیاز آبی گیاه) مورد ارزیابی قرار گرفتند. نتایج تجزیه واریانس مرکب نشان داد که اثر رژیم آبیاری و ژنوتیپ بر همه صفات شامل تعداد روز تا گلدهی و رسیدگی فیزیولوژیکی، طول دوره پر شدن دانه، قطر طبق، تعداد دانه در طبق، ارتفاع بوته، عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیکی و شاخص برداشت در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود. اثر متقابل رژیم آبیاری و ژنوتیپ بر همه صفات (به جز تعداد دانه در طبق) معنی‌دار بود. نتایج مقایسه میانگین نشان داد که عملکرد دانه هیبریدهای متوسط‌سرس (شمس و برزگر) در هر سه رژیم آبیاری بیشتر از هیبریدهای زودرس (فرخ و قاسم) بود. بیشترین عملکرد دانه (۵۰۰۷ کیلوگرم در هکتار) در هیبرید برزگر و با آبیاری کامل به دست آمد در حالی که هیبرید قاسم در شرایط تنش شدید کمترین عملکرد دانه (۱۸۵۹ کیلوگرم در هکتار) را تولید کرد.

واژه‌های کلیدی: آفتابگردان، دانه روغنی، تنش خشکی، عملکرد دانه، شاخص برداشت.

مقدمه

تنش خشکی یکی از مهم‌ترین تنش‌های غیرزنده است که بسته به فصل و زمان بروز آن می‌تواند به صورت جدی به کاهش محصول منجر شود. در مناطق خشک و نیمه‌خشک، گیاه در طول دوره رشد خود با دوره‌های کم‌آبی روبرو می‌شود و برای تولید عملکرد مناسب باید بتواند این دوره‌ها را تحمل کند (Emam and Niknejad, 2004). یکی از اصلی‌ترین استراتژی‌ها برای مقابله با تنش خشکی، تولید ژنوتیپ‌های متحمل به تنش با کارایی مصرف آب بالا است (Sayadi Maazou et al., 2016).

آفتابگردان (*Helianthus annuus* L.) یکی از دانه‌های روغنی است که روغن آن از کیفیت و کمیت بالایی برخوردار بوده و سازگاری خوبی به بسیاری از شرایط اقلیمی دارد و بدین دلیل زراعت آن در بسیاری از مناطق جهان از جمله کشور ما رایج است. این گیاه متحمل به خشکی با نظام ریشه‌ی عمیق و جستجوگر است به طوری که ریشه این گیاه در شرایط خشکی در مقایسه با دیگر گیاهان زراعی می‌تواند آب را به طور معنی‌داری از لایه‌های زیرین و عمیق‌تر خاک جذب کند (Angadi and Entz, 2002). آفتابگردان معمولاً به عنوان یک گیاه متحمل به تنش خشکی با کارایی مصرف آب بالا شناخته می‌شود. با این حال این گیاه برای تولید عملکرد بالا و ایجاد بیوماس زیاد مقدار زیادی آب مصرف می‌کند؛ از طرفی مدت زیادی از دوره

رشد آفتابگردان مصادف با ماه‌های گرم سال در بهار و تابستان است (Skoric, 1992). آفتابگردان توانایی تحمل خشکی را دارد اما عملکرد آن تا حدودی در شرایط تنش خشکی کاهش خواهد یافت چراکه گیاهان برای جذب آب در شرایط تنش خشکی تحت فشار هستند. آفتابگردان در مراحل گلدهی، باروری و پرشدن دانه بیشترین حساسیت را به تنش کم‌آبی دارد در حالی که در ابتدا و انتهای فصل رشد حساسیت کمتری را به این تنش نشان می‌دهد (Erdem and Delibas, 2002)؛ (Unger, 1986؛ Stone et al., 1996؛ Jana et al., 1982). انگادی و انتز (Angadi and Entz, 2002) بیان کردند درک بهتر اساس تغییرات مورفولوژیکی، ساختاری و فیزیولوژیکی مقاومت به تنش می‌تواند در انتخاب و یا ایجاد ارقام جدید که در شرایط تنش تولید بهتری داشته باشند، مورد استفاده قرار گیرد (Martinez et al., 2007). واکنش گیاهان به تنش خشکی بر اساس شدت و مدت تنش متفاوت است (Chaves et al., 2002). تنش خشکی می‌تواند بر ویژگی‌های زراعی آفتابگردان اثرگذار باشد و در مطالعات متعدد به این موضوع اشاره شده است اما میزان خسارت وارده بستگی به شدت تنش و مرحله رشدی گیاه دارد. تخصیص ماده خشک به طبق آفتابگردان که تعیین‌کننده عملکرد است در شرایط تنش خشکی از اهمیت زیادی برخوردار است. تعیین اثر تنش خشکی بر شاخص برداشت آفتابگردان

انگادی و انتز (Angadi and Entz, 2002) در آزمایشی روابط آبی ارقام پابلند و پاکوتاه آفتابگردان را مورد بررسی قرار داده و اظهار کردند تحت شرایط آب کافی، یک هیبرید پابلند علی‌رغم پتانسیل آب برگ کمتر همواره دارای عملکرد بیشتری است و ارقام پاکوتاه متحمل به خشکی برای تولید در شرایط کم آبیاری دارای اهمیت هستند. فریزر و همکاران (Feres et al., 1986) در آزمایشی بر روی ارقام آفتابگردان تحت شرایط تنش خشکی اشاره کردند که کمبود آب، شاخص برداشت را کاهش می‌دهد، اما این کاهش در بین ژنوتیپ‌های مختلف متفاوت است.

با توجه به رخداد مداوم خشک‌سالی‌های چند سال اخیر و کاهش شدید منابع آب زیرزمینی، زراعت آفتابگردان در مقاطعی از دوران رشد ممکن است دچار تنش خشکی شود؛ بنابراین شناسایی ژنوتیپ‌هایی که بتوانند در چنین شرایطی کاهش عملکرد کمتری داشته باشند، ضروری است. با توجه به مطالب ذکر شده این تحقیق با هدف بررسی تأثیر تنش خشکی بر ویژگی‌های زراعی هیبریدهای آفتابگردان به منظور شناسایی ارقام متحمل به خشکی انجام شد.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار طی سال‌های ۹۳-۱۳۹۲ در ایستگاه تحقیقات کشاورزی اسلام‌آباد غرب

به سبب اثر متقابل آن با شدت و مرحله رشدی پیچیده است (Jaleel et al., 2009). تنش خشکی در مرحله ابتدای غنچه‌دهی آفتابگردان در مقایسه با مرحله ابتدای دانه‌بندی تأثیر بیشتری بر عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیکی آن داشت (Prabhudeva et al., 1998). وقوع تنش خشکی برای بیش از ۱۲ روز در مرحله گلدهی و پرشدن دانه به شدت عملکرد دانه را کاهش داد (Reddy et al., 2004)؛ رازی و اسد (Razi and Asad, 1998) گزارش کردند که در اثر تنش خشکی، عملکرد و اجزای عملکرد آفتابگردان به طور معنی‌داری کاهش یافت اما میزان روغن دانه تحت تأثیر قرار نگرفت. در مطالعات قلی‌نژاد و همکاران (Gholinezhad et al., 2009) آفتابگردان تحت تأثیر تنش قرار گرفت و بیشترین عملکرد دانه (۴۲۰۰ کیلوگرم در هکتار) از آبیاری بهینه به دست آمد و تنش شدید باعث کاهش ۴۴ درصدی عملکرد دانه شد. گومز و همکاران (Gomez et al., 1991) کاهش طول دوره رشد آفتابگردان در شرایط تنش خشکی در ارقام زودرس، میان‌رس و دیررس را نسبت به شرایط عادی گزارش کردند. محققین گزارش کرده‌اند که کاهش میزان آب مصرفی، باعث کاهش ارتفاع بوته آفتابگردان می‌شود (Yarnia et al., 2009)؛ Ebrahimian and Bybordi, 2011؛ Kaya and Kolsarici, 2011).

۲۰-۱۵ سانتی‌متر رسید، بوته‌های اضافی حذف شد. پس از کاشت، زمین به‌طور یکنواخت آبیاری شد تا سطح سبز یکنواخت حاصل شود. اولین آبیاری بلافاصله پس از کاشت انجام شد. رژیم‌های رطوبتی شامل آبیاری کامل، تنش ملایم و تنش شدید با تأمین رطوبت موردنیاز گیاه به ترتیب به میزان ۱۰۰، ۷۵ و ۵۰ درصد اعمال شد. با اندازه‌گیری رطوبت خاک و تطابق آن با منحنی رطوبتی خاک که رابطه بین پتانسیل آب و میزان رطوبت خاک است مقدار رطوبت در نقاط پتانسیلی موردنظر به دست آمد. پس از تعیین مقدار رطوبت خاک و مشخص شدن زمان آبیاری، مقدار آب موردنیاز از طریق نرم‌افزار OPTIWAT محاسبه و آبیاری انجام شد. در مجموع برای آبیاری کامل میزان ۷۵۰۰ مترمکعب در هکتار، در شرایط تنش ملایم ۴۶۸۷ مترمکعب در هکتار و در شرایط تنش شدید ۳۷۵۰ مترمکعب در هکتار آب مصرف شد. با توجه به سیستم آبیاری مورد استفاده در این پژوهش (سیستم آبیاری تحت فشار کلاسیک ثابت) مقادیر فوق بر اساس میزان خروجی هر آب‌پاش (۲/۷ لیتر بر ثانیه) و مدت‌زمان هر بار آبیاری تنظیم شد. تعداد کل دفعات آبیاری برای رژیم‌های رطوبتی موردنظر از ابتدا تا انتهای دوره رشد گیاه هشت بار بود. به‌منظور جلوگیری از خسارت گنجشک و سایر پرندگان بعد از پایان گلدهی طبق‌های آفتابگردان تا مرحله برداشت با روزنامه و یا کیسه‌های پارچه‌ای ململ پوشانده شدند.

اجرا شد و چهار هیبرید جدید آفتابگردان (فرخ، شمس، قاسم و برزگر) در سه رژیم آبیاری (آبیاری کامل، تنش ملایم و تنش شدید با تأمین ۱۰۰، ۷۵ و ۵۰ درصد نیاز آبی گیاه) مورد ارزیابی قرار گرفتند.

ایستگاه تحقیقات کشاورزی اسلام‌آباد غرب (با مختصات ۳۴ درجه و ۸ دقیقه شرقی و ۴۷ درجه و ۲۶ دقیقه شمالی) دارای ارتفاع ۱۳۴۶ متر از سطح دریا و میانگین بارندگی سالانه ۴۶۸ میلی‌متر است. متوسط درجه حرارت سالانه آن ۱۳+ درجه سانتی‌گراد بوده، فاقد باران تابستانه است و اکثر نزولات آسمانی آن در فصول پاییز، زمستان و بهار حادث می‌شود. حداکثر مطلق درجه حرارت، ۴۱+ درجه سانتی‌گراد، حداقل مطلق درجه حرارت، ۲۱/۸- درجه سانتی‌گراد، میزان تبخیر ۱۸۰۸ میلی‌متر، بافت خاک سیلتی-رسی و وضعیت آب و هوایی معتدل سرد دارد.

عملیات آماده‌سازی زمین شامل شخم عمیق، دیسک، تسطیح زمین، تهیه جوی و پشته انجام و تغذیه بر اساس نتایج آزمون خاک صورت گرفت. کنترل علف‌های هرز باریک برگ با علف‌کش گالانت‌سوپر و علف‌های هرز پهن‌برگ با وچین دستی انجام شد. هر کرت آزمایشی شامل چهار خط به طول پنج متر، فاصله ردیف‌ها ۶۵ سانتی‌متر و فاصله بوته‌ها بر روی ردیف ۲۰ سانتی‌متر بود. جهت اطمینان از پوشش سبز مناسب، در هر کپه تعداد سه بذر قرار داده شد و زمانی که ارتفاع گیاهچه‌ها به

نتایج و بحث

خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش در جدول ۱ و آمار هواشناسی ایستگاه تحقیقاتی اسلام آباد غرب طی سال های ۹۳-۱۳۹۲ در جدول ۲ آورده شده است.

نتایج تجزیه واریانس مرکب نشان داد که اثر رژیم آبیاری بر همه صفات بررسی شده معنی دار بود (جدول ۳). هیبریدهای مورد ارزیابی نیز از نظر همه صفات دارای تفاوت معنی داری بودند. اثر متقابل ژنوتیپ و تنش نیز به استثنای تعداد دانه در طبق برای سایر صفات معنی دار بود و این نشان می دهد که هیبریدهای مورد بررسی نسبت به شرایط تنش واکنش متفاوتی از خود نشان داده اند (جدول ۳).

قطر طبق، تعداد دانه در طبق و وزن هزار دانه
بیشترین قطر طبق (۱۷/۳ سانتی متر)، تعداد دانه در طبق (۱۰۴۳ عدد) و وزن هزار دانه (۶۰/۹ گرم) در رژیم آبیاری کامل به دست آمد و در بین ژنوتیپ ها، هیبریدهای برزگر و شمس از نظر این صفات برتر بودند (جدول ۴).
بیشترین قطر طبق (۱۹/۵ سانتی متر) متعلق به هیبرید شمس در رژیم آبیاری کامل بود و کمترین قطر طبق (۱۳/۴ سانتی متر) توسط هیبرید فرخ و تحت تنش شدید تولید شد (جدول ۵). میزان کاهش قطر طبق هیبرید شمس در رژیم های کم آبیاری بیشتر از سایر هیبریدهای مورد بررسی بود؛ به طوری که درصد کاهش قطر طبق در هیبریدهای فرخ، شمس،

در این آزمایش خصوصیات مهم زراعی شامل ارتفاع بوته، قطر طبق، تعداد دانه در طبق، دوره پرشدن دانه و تعداد روز تا رسیدگی فیزیولوژیک بر اساس دستورالعمل اشنایدر و میلر (Schneiter and Miler, 1981) اندازه گیری شد و در نهایت برداشت از دو خط وسط هر کرت با حذف یک بوته از ابتدا و انتهای کرت (شش متر مربع) انجام گرفت و وزن هزار دانه، عملکرد دانه و شاخص برداشت اندازه گیری شد. برای اندازه گیری عملکرد دانه پس از جدا کردن دانه ها از طبق، آن ها را به مدت یک هفته در هوای آزاد گذاشته و وقتی رطوبت دانه ها به حدود ۱۳ درصد رسید، توزین شدند.

برای تجزیه واریانس داده ها از نرم افزار SAS 9.1 استفاده شد. با توجه به سیستم آبیاری مورد استفاده در این پژوهش (آبیاری تحت فشار کلاسیک ثابت)، امکان اجرای این پروژه به صورت فاکتوریل و یا کرت های خرد شده به دلیل تحت تأثیر قرار گرفتن تیمارهای مجاور وجود نداشت و هیبریدهای مورد بررسی در آزمایش های جداگانه و در مجاورت یکدیگر کشت شدند و به منظور بررسی اثر متقابل هیبریدها با سطوح تنش از تجزیه مرکب استفاده شد. تجزیه واریانس مرکب با فرض ثابت بودن اثر ژنوتیپ و رژیم های آبیاری و تصادفی بودن اثر سال صورت گرفت و آزمون F با توجه به امید ریاضی منابع تغییرات انجام شد.

جدول ۱- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش

Table 1. Physical and chemical characteristics of the soil at the experimental site

پتاسیم	فسفر	نیتروژن	کربن آلی	شن	سیلت	رس	آهک	اشباع (%)	اسیدیته	هدایت الکتریکی
Potassium (ppm)	Phosphor (ppm)	Nitrogen (%)	Organic carbon (%)	Sand (%)	Silt (%)	Clay (%)	Lime (%)	Saturation (%)	pH	Electrical conductivity dSm ⁻¹
800	12	0.12	1.2	12	55	33	16	57	8	0.8

جدول ۲- آمار هواشناسی ایستگاه تحقیقاتی اسلام آباد غرب طی سال‌های ۹۳-۱۳۹۲

Table 2. Meteorological statistics of Research Station of Islamabad-e-Gharb during 2013-14

Month	ماه	۱۳۹۲ 2013			۱۳۹۳ 2014						
		درجه حرارت (سانتی‌گراد) Temperature (°C)			ساعات آفتابی Sunny Hours	تبخیر Evaporation	درجه حرارت (سانتی‌گراد) Temperature (°C)			ساعات آفتابی Sunny Hours	تبخیر Evaporation
		متوسط Ave.	حداکثر Max.	حداقل Min.			متوسط Ave.	حداکثر Max.	حداقل Min.		
June-July	تیر	29.9	38.6	17.2	10.12	10.9	27.1	38.6	15.4	11.4	9.8
July-August	مرداد	28.8	39.5	18.1	9.9	12.1	27.8	39.5	16.2	11.5	11.8
August-September	شهریور	24.4	34.6	14.2	10.2	9.6	23.5	34.6	12.5	8.6	8.5
September-October	مهر	18.7	28.5	9.1	8.3	5.8	20.0	28.5	11.6	9.2	6.5

جدول ۳- تجزیه واریانس مرکب صفات زراعی آفتابگردان تحت تأثیر سال، رژیم آبیاری و هیبرید

Table 3. Combined analysis of variance of agronomic traits of sunflower as affected by year, irrigation regime and hybrid

S.O.V.	منابع تغییرات	df.	میانگین مربعات MS								
			درجه آزادی	قطر طبق	تعداد دانه در طبق	وزن هزار دانه	تعداد روز تا گلدهی	دوره پر شدن دانه	روز تا رسیدگی فیزیولوژیک	عملکرد دانه	عملکرد بیولوژیکی
			Head diameter	Number of seeds per head	1000 seed weight	Days to flowering	Seed filling duration	Days to physiological maturity	Seed yield	Biological yield	Harvest index
Year (Y)	سال	1	5.8**	4449 ^{ns}	17.4**	47.4 ^{ns}	1.1 ^{ns}	72.0**	28.6 ^{ns}	208.8 ^{ns}	6.7 ^{ns}
Irrigation regime (I)	رژیم آبیاری	2	77.8**	247529**	1474.9**	33.8*	12.7**	96.2**	15825.7**	220613.9**	48.1**
Y × I	سال × رژیم آبیاری	2	0.2 ^{ns}	347 ^{ns}	3.6 ^{ns}	0.5 ^{ns}	0.1 ^{ns}	0.1 ^{ns}	2.8 ^{ns}	269.9 ^{ns}	0.7 ^{ns}
Rep (Y × I)	خطای سال × آبیاری	12	0.3	4367	3.7	1.1	0.6	0.3	52.3	467.1	2.5
Hybrid (H)	هیبرید	3	7.5*	376041**	170.1**	157.8**	39.8**	380.0**	8778.3**	19876.2**	120.3**
Y × H	سال × هیبرید	3	0.3 ^{ns}	20 ^{ns}	0.6 ^{ns}	0.6 ^{ns}	0.5 ^{ns}	0.1 ^{ns}	184.0 ^{ns}	605.1 ^{ns}	1.9 ^{ns}
I × H	رژیم آبیاری × هیبرید	6	5.9**	9725 ^{ns}	15.8**	1.1 ^{ns}	13.7**	8.2**	151.3*	5815.2**	18.9**
Y × I × H	سال × آبیاری × هیبرید	6	0.2 ^{ns}	21 ^{ns}	0.6 ^{ns}	0.5 ^{ns}	0.1 ^{ns}	0.1 ^{ns}	184.0 ^{ns}	474.1 ^{ns}	2.1 ^{ns}
Error	اشتباه	36	0.3	5231	2.3	0.8	0.7	0.7	57.3	584.4	6.1
C.V. (%)	ضریب تغییرات (%)	-	3.7	7.8	2.8	1.5	2.9	0.8	7.0	8.0	9.4

ns, * و **: به ترتیب غیرمعنی دار، معنی دار در سطح احتمال ۵٪ و ۱٪.

ns, * and **: Not significant, significant at the 5% and 1% probability levels, respectively.

جدول ۴- مقایسه میانگین صفات زراعی آفتابگردان تحت تأثیر رژیم‌های آبیاری و هیبریدها

Table 4. Mean comparison of agronomic traits of sunflower as affected by irrigation regimes and hybrids

Treatment	تیمار	قطر طبق (سانتی‌متر)	تعداد دانه در طبق	وزن هزار دانه (گرم)	تعداد روز تا گلدهی	دوره پر شدن دانه	تعداد روز تا رسیدگی فیزیولوژیک	عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار)	عملکرد بیولوژیکی (کیلوگرم در هکتار)	شاخص برداشت (درصد)
		Head diameter (cm)	Number of seeds per head	1000 seed weight (g)	Days to flowering	Seed filling duration	Days to physiologic maturity	Seed yield (kg ha ⁻¹)	Biological yield (kg ha ⁻¹)	Harvest index (%)
Irrigation regime	رژیم آبیاری									
Full irrigation	آبیاری کامل	17.3	1043	60.9	60.6	29.8	101.8	4192	12850	24.5
Mild stress	تنش ملایم	15.7	903	54.8	59.2	29.9	100.0	3320	9000	26.9
Severe stress	تنش شدید	13.8	846	45.4	58.2	28.6	97.8	2570	6870	27.0
HSD (P≤0.05)		0.7	31.7	3.2	1.2	0.3	0.9	90.0	883	1.5
Hybrid	هیبرید									
Farokh	فرخ	15.2	894	52.5	57.1	28.0	95.8	3124	8580	27.0
Shams	شمس	16.1	1009	55.8	60.9	30.9	103.1	3733	10600	26.6
Ghasem	قاسم	15.0	745	49.9	56.7	28.2	96.1	2500	8760	22.5
Barzegar	برزگر	16.0	1074	56.6	62.7	30.5	104.5	4087	10360	28.5
HSD (P≤0.05)		0.8	7.1	1.3	1.2	1.1	0.5	21.8	1251	2.2

جدول ۵- مقایسه میانگین صفات زراعی آفتابگردان تحت تأثیر رژیم آبیاری × هیبرید
 Table 5. Mean comparison of agronomic traits of sunflower as affected by irrigation regime × hybrid

Irrigation regime	رژیم آبیاری	Hybrid	هیبرید	قطر طبق	تعداد دانه	وزن هزار	تعداد روز	دوره پر	تعداد روز تا	عملکرد دانه	عملکرد	شاخص
				(سانتی متر)	در طبق	دانه (گرم)	تا گلدهی	شدن دانه	رسیدگی فیزیولوژیک	(کیلوگرم در هکتار)	بیولوژیکی (کیلوگرم در هکتار)	برداشت (درصد)
				Head diameter (cm)	Number of seeds per head	1000 seed weight (g)	Days to flowering	Seed filling duration	Days to physiologic maturity	Seed yield (kg ha ⁻¹)	Biological yield (kg ha ⁻¹)	Harvest index (%)
Full Irrigation		Farokh	فرخ	16.1	1031	59.4	58.9	27.8	97.3	3983	11850	25.2
	آبیاری کامل	Shams	شمس	19.5	1086	63.7	62.1	32.8	106.0	4501	13960	24.5
		Ghasem	قاسم	16.2	869	57.2	57.6	27.2	97.0	3281	12500	20.8
		Barzegar	برزگر	17.2	1190	63.5	63.9	31.3	107.0	5007	13200	27.6
Mild Stress		Farokh	فرخ	16.0	825	53.8	56.7	28.1	95.7	2956	7190	29.2
	تنش ملایم	Shams	شمس	15.4	976	58.5	61.1	31.9	104.0	3782	11070	25.5
		Ghasem	قاسم	15.4	726	49.2	56.4	28.6	96.0	2362	7250	24.6
		Barzegar	برزگر	16.0	1085	57.8	62.9	31.0	104.3	4183	10500	28.5
Severe Stress		Farokh	فرخ	13.4	827	44.3	55.8	28.3	94.3	2434	6700	26.6
	تنش شدید	Shams	شمس	13.5	969	45.2	59.7	27.9	99.3	2917	6780	30.1
		Ghasem	قاسم	13.5	640	43.5	56.1	28.9	95.3	1859	6550	22.0
		Barzegar	برزگر	14.8	949	48.5	61.4	29.3	102.3	3072	7470	29.5
HSD (P≤.05)				1.1	10.8	1.8	1.7	0.7	0.7	32.1	1630	3.4

در این شرایط بود (جدول ۴). در مطالعه دانشیان و همکاران (Daneshian *et al.*, 2007) و قلی‌نژاد و همکاران (Gholinezhad *et al.*, 2009) نیز تعداد دانه در تک گیاه با افزایش شدت تنش رطوبتی به‌طور معنی‌داری کاهش یافت و دلیل آن، کاهش قطر طبق در شرایط تنش خشکی بیان شد. تنش رطوبتی در مرحله رشد طبق و گرده‌افشانی می‌تواند سبب کاهش تعداد گل‌ها و در نهایت تعداد دانه در طبق شود (Jaleel *et al.*, 2009). به نظر می‌رسد برخورد دوران رشد رویشی و زایشی گیاه با تنش رطوبتی به‌خصوص در مرحله گلدهی و در نتیجه سقط گلچه‌های درون طبق یکی از دلایل کاهش تعداد دانه در طبق بود. هیبریدهای شمس و برزگر که از قطر طبق بزرگ‌تری برخوردار بودند تعداد دانه بیشتری در طبق داشتند به‌طوری‌که تعداد دانه در طبق این دو هیبرید به ترتیب ۱۰۷۴ و ۱۰۰۹ بود در حالی که تعداد دانه در طبق در هیبریدهای قاسم و فرخ (به ترتیب ۷۴۵ و ۸۹۴ عدد) به‌طور معنی‌داری کمتر از آن‌ها بود. بیشترین تعداد دانه در طبق متعلق به هیبرید شمس در شرایط آبیاری کامل و کمترین تعداد دانه در طبق متعلق به هیبرید قاسم در شرایط تنش شدید بود (جدول ۵).

وزن هزار دانه به‌عنوان یکی دیگر از اجزاء مهم عملکرد در آفتابگردان تحت تأثیر اثر متقابل رژیم آبیاری و رقم قرار گرفت به‌طوری‌که تحت تنش ملایم، وزن هزار دانه

قاسم و برزگر تحت تنش ملایم به ترتیب برابر با ۰/۶، ۲۱، ۵ و ۷ درصد و تحت تنش شدید به ترتیب برابر با ۱۷، ۴۰، ۱۷ و ۱۵ درصد بود. کاهش قطر طبق به‌نوبه خود می‌تواند بر اجزای مهم عملکرد دانه همانند تعداد دانه در طبق و وزن هزار دانه تأثیرگذار باشد. در مطالعه فریزر و همکاران (Feres *et al.*, 1986) کاهش تعداد دانه در طبق در شرایط تنش خشکی به کاهش قطر طبق و افزایش درصد پوکی دانه‌ها نسبت داده شد. در مطالعه دانشیان و جباری (Daneshian, and Jabbari, 2009) نیز قطر طبق در اثر تنش خشکی به‌صورت معنی‌داری کاهش یافت به‌طوری‌که در سطوح مختلف تنش شامل ۵۰، ۱۰۰، ۱۵۰ و ۲۰۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک تبخیر قطر طبق آفتابگردان به ترتیب ۱۲/۴، ۱۰/۷، ۹/۱ و ۷/۵ سانتی‌متر بود. در مطالعات طباطبایی و همکاران (Tabatabaei *et al.*, 2012) و نظامی و همکاران (Nezami *et al.*, 2008) قطر طبق به‌عنوان مهم‌ترین عامل تعیین‌کننده تعداد دانه در اثر تنش خشکی کاهش یافت.

در مورد تعداد دانه در طبق به‌عنوان یکی از اجزای اصلی عملکرد، تنش خشکی باعث کاهش ۱۳/۵ و ۱۹ درصدی آن به ترتیب در شرایط تنش ملایم و شدید شد به‌طوری‌که میانگین تعداد دانه در طبق در آبیاری کامل ۱۰۴۳ و در شرایط تنش ملایم و شدید به ترتیب ۹۰۳ و ۸۴۶ بود. یکی از دلایل کاهش تعداد دانه در طبق در شرایط تنش، کاهش قطر طبق

قطر دانه گزارش شد و این موضوع به کاهش سنتز مواد فتوسنتزی مورد نیاز برای پر شدن دانه نسبت داده شد که منجر به چروکیده شدن دانه ها و کاهش وزن هزار دانه می شود.

در پژوهش حاضر بیشترین وزن هزار دانه متعلق به هیبریدهای شمس و برزگر در رژیم آبیاری کامل به ترتیب با ۶۳/۷ و ۶۳/۵ گرم بود (جدول ۵). در جدول فوق ملاحظه می شود که هیبریدهای شمس و برزگر از نظر وزن هزار دانه نیز همچون تعداد دانه در طبق وضعیت بهتری نسبت به دو هیبرید دیگر دارند. در شرایط کم آبیاری نیز وزن هزار دانه هیبریدهای شمس و برزگر بیشتر از دو هیبرید دیگر بود. این نتیجه می تواند ناشی از انتقال مجدد مواد ذخیره ای از منابع ثانویه به سوی دانه ها در این هیبریدها باشد، باین حال کاهش ایجاد شده در فتوسنتز جاری به سبب تنش خشکی نمی تواند به طور کامل جبران شود. کمترین وزن هزار دانه نیز متعلق به هیبریدهای فرخ و قاسم تحت تنش شدید به ترتیب با ۴۴/۳ و ۴۴۳/۵ گرم بود.

تعداد روز تا گلدهی، دوره پر شدن دانه و

تعداد روز تا رسیدگی فیزیولوژیکی

نتایج نشان داد که تنش خشکی باعث تسریع در شروع و پایان گلدهی شد اما با توجه به اثر متقابل هیبریدها و رژیم آبیاری، واکنش هیبریدهای مورد بررسی به تنش رطوبتی برای این صفات یکسان نبود. میزان کاهش تعداد روز تا شروع گلدهی هیبریدهای فرخ، شمس، قاسم

هیبریدهای فرخ، شمس، قاسم و برزگر نسبت به شرایط آبیاری کامل به ترتیب ۹/۴، ۸/۲، ۱۴/۰ و ۹/۰ درصد کاهش یافت. تحت تنش شدید میزان کاهش وزن هزار دانه به مراتب بیشتر بود و درصد کاهش وزن هزار دانه هیبریدهای فوق به ترتیب ۲۸/۱، ۳۱/۶، ۲۷/۸ و ۲۵/۹ درصد بود. تنش شدید بر انتقال جاری و مجدد مواد فتوسنتزی بوته ها اثر منفی گذاشته و در نهایت مواد منتقل شده به دانه کاهش می یابد و همین مسئله منجر به چروکیدگی و کاهش وزن دانه ها می شود. کریم زاده اصل (Karimzade Asl *et al.*, 2003) و انگادی و انتز (Angadi and Entz, 2002) نیز چنین نتایجی را گزارش کردند. در مطالعه دهخدا و همکاران (Dehkhoda *et al.*, 2013) و مجد (Majd, 2017) کاهش وزن هزار دانه در اثر تنش خشکی به کاهش طول دوره پر شدن دانه در نتیجه تنش نسبت داده شد. در مطالعه رشدی و همکاران (Roshdi *et al.*, 2007) نیز هر دو صفت وزن هزار دانه و تعداد دانه در طبق در اثر تنش خشکی کاهش یافت. معمولاً انتظار می رود با کاهش تعداد دانه در طبق، به دلیل کاهش رقابت برای دریافت مواد فتوسنتزی، وزن هزار دانه افزایش یابد اما در عمل این اتفاق رخ نداد و به نظر می رسد که تنش رطوبتی از طریق کاهش سطح برگ سبب کاهش هر دو صفت می شود. در مطالعه اکبری و همکاران (Akbari *et al.*, 2008) اثر تنش خشکی بر ویژگی های فیزیکی دانه همانند طول، عرض و

و برزگر در رژیم رطوبتی تنش ملایم به ترتیب ۳/۷، ۱/۶، ۱/۹ و ۱/۶ درصد و این کاهش برای تعداد روز تا پایان گلدهی به ترتیب ۲/۷، ۱/۵، ۳/۳ و ۲/۹ درصد بود. کاهش تعداد روز تا شروع گلدهی برای هیبریدهای فوق در تنش شدید به ترتیب ۵/۶، ۳/۸، ۲/۴ و ۴/۰ درصد و برای تعداد روز تا پایان گلدهی به ترتیب ۵/۲، ۲/۳، ۴/۹ و ۳/۷ درصد بود. در تطابق با این نتایج، بوریو و همکاران (Buriro *et al.*, 2015) گزارش دادند که کم‌آبایی و کاهش تعداد آبیاری‌ها باعث کاهش تعداد روز تا ۷۵ درصد گلدهی شد. در مطالعه رشدی و ساسان دوست (Roshdi and Sasandoost, 2004) نیز مصرف آب بیشتر در تیمار آبیاری کامل باعث تأخیر در گلدهی آفتابگردان و افزایش طول دوره رشد رویشی شد. بیشترین تعداد روز تا شروع گلدهی متعلق به هیبرید شمس در رژیم رطوبتی آبیاری کامل با ۶۴ روز و کمترین آن متعلق به هیبرید قاسم در رژیم رطوبتی تنش شدید با ۴۳ روز بود (جدول ۵).

واکنش هیبریدهای موردبررسی در رژیم‌های آبیاری اعمال‌شده برای طول دوره پرشدن دانه تفاوت معنی‌داری باهم داشتند به طوری که تحت تنش ملایم طول دوره پرشدن دانه هیبریدهای فرخ و قاسم به ترتیب یک و پنج درصد افزایش یافت اما طول دوره پرشدن دانه هیبریدهای شمس و برزگر به ترتیب ۲/۷ و ۰/۹ درصد کاهش یافت. این نتایج نشان می‌دهد که طول دوره پرشدن دانه به‌طورکلی کمتر از

عملکرد و اجزای عملکرد تحت تأثیر تنش ملایم قرار گرفته است. در رژیم رطوبتی تنش شدید طول دوره پرشدن دانه هیبریدهای فرخ و قاسم به ترتیب ۱/۸ و ۵/۹ درصد افزایش و برای هیبریدهای شمس و برزگر به ترتیب ۱۵/۳ و ۶/۴ درصد کاهش یافت. نتایج فوق نشان می‌دهد که طول دوره پرشدن دانه هیبریدهای متوسط‌ترس برزگر و شمس نسبت به هیبریدهای زودرس قاسم و فرخ بیشتر تحت تأثیر تنش شدید قرار گرفته‌اند و در این میان کاهش طول دوره پرشدن دانه هیبرید شمس تحت تنش شدید متمایزتر از سایر هیبریدها بود. بیشترین طول دوره پرشدن دانه متعلق به هیبرید شمس در رژیم‌های آبیاری کامل و تنش ملایم به ترتیب با ۳۲/۸ و ۳۱/۹ روز بود. قلی‌نژاد و همکاران (Gholinezhad *et al.*, 2013) نیز گزارش کردند که تنش خشکی باعث کاهش معنی‌دار دوره پرشدن دانه شد. در این مطالعه آبیاری مطلوب نسبت به تنش شدید و ملایم دوره پرشدن دانه را به ترتیب ۳۲/۵ و ۱۰ درصد کاهش داد. به عقیده ردی و همکاران (Reddy *et al.*, 2004) تنش خشکی و کمبود رطوبت باعث کوتاه شدن دوره پرشدن دانه می‌شود، زیرا کاهش میزان فتوسنتز به علت بسته‌شدن روزنه‌ها باعث کاهش رشد گیاه، کمبود مواد فتوسنتزی لازم برای پرکردن دانه و کاهش طول دوره پرشدن دانه‌ها می‌شود. در مطالعه بابائیان و همکاران (Babaeian *et al.*, 2010) نیز اعمال تنش

خشکی باعث پیری زودرس برگ ها و کاهش طول دوره پرشدن دانه شد.

تأثیر رژیم های آبیاری بر تعداد روز تا رسیدگی فیزیولوژیک، همانند طول دوره پر شدن دانه، کمتر از عملکرد و اجزای عملکرد بود و هیبریدهای مورد بررسی نیز از این نظر واکنش های متفاوتی داشتند به طوری که تعداد روز تا رسیدگی هیبریدهای متوسط رس برزگر و شمس بیشتر و هیبریدهای زودرس قاسم و فرخ کمتر تحت تأثیر تنش قرار گرفتند. تعداد روز تا رسیدگی هیبریدهای فرخ، شمس، قاسم و برزگر تحت تنش ملایم به ترتیب ۱/۶، ۱/۹، ۱/۰ و ۲/۵ درصد کاهش یافت و تحت تنش شدید به ترتیب ۳/۱، ۶/۴، ۱/۸ و ۴/۵ درصد کاهش یافت. در مطالعه رشدی و ساسان دوست (Roshdi and Sasandoost, 2004) مصرف آب بیشتر در تیمار آبیاری کامل باعث تأخیر در گلدهی آفتابگردان و افزایش طول دوره رشد رویشی شد که این امر موجب افزایش تعداد روز تا رسیدگی شد. در مطالعه خماری و همکاران (Khomari et al., 2008) نیز آفتابگردان در رژیم آبیاری کامل در مقایسه با رژیم های کم آبیاری دارای بیشترین دوره رشد بود. با این حال در مطالعه جباری و همکاران (Jabbari et al., 2012) گزارش شد که میانگین تعداد روز تا رسیدگی فیزیولوژیک هیبریدهای مورد ارزیابی در شرایط تنش ملایم (۱۲۰ میلی متر تبخیر) در مقایسه با آبیاری نرمال (۶۰ میلی متر تبخیر) و تنش شدید (۱۸۰ میلی متر

تبخیر) بیشتر بود. در مطالعه مذکور همچنین نتیجه گیری شد که تنش خشکی تنها باعث زودرسی هیبریدهای بسیار زودرس می شود در حالی که اکثر هیبریدهای دیررس با اعمال تنش کم آبی با افزایش نسبی طول دوره رشد مواجه شدند.

بیشترین تعداد روز تا رسیدگی متعلق به هیبریدهای برزگر و شمس به ترتیب با تعداد روز تا رسیدگی ۱۰۷ و ۱۰۶ روز و کمترین تعداد روز تا رسیدگی متعلق به هیبریدهای فرخ و قاسم تحت تنش شدید به ترتیب با ۹۴ و ۹۵ روز بود (جدول ۵).

عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیکی و شاخص

برداشت

نتایج نشان داد که عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیکی هیبریدهای مورد بررسی در اثر کم آبیاری به شدت کاهش یافتند و میزان این کاهش بیشتر از سایر صفات اندازه گیری شده بود. با توجه به معنی دار شدن اثر متقابل هیبریدها و رژیم آبیاری برای عملکرد دانه، میزان کاهش عملکرد دانه هیبریدهای مورد بررسی در شرایط تنش متفاوت بود. در شرایط تنش ملایم بیشترین کاهش عملکرد دانه به ترتیب متعلق به هیبریدهای قاسم و فرخ به ترتیب با ۲۸ و ۲۶ درصد بود در حالی که میزان کاهش عملکرد دانه هیبریدهای شمس و برزگر حدود ۱۶ درصد بود. این روند در شرایط تنش شدید نیز وجود داشت به طوری که کاهش عملکرد

کرم و همکاران (Karam *et al.*, 2007) گزارش شد که تنش خشکی در اوایل دانه‌بندی باعث کاهش عملکرد دانه شد.

نتایج نشان داد که کاهش عملکرد بیولوژیکی در اثر تنش خشکی شدیدتر از عملکرد دانه بود و همانند عملکرد دانه این کاهش در هیبریدهای زودرس بیشتر بود. در شرایط تنش ملایم میزان کاهش عملکرد بیولوژیکی هیبریدهای فرخ، شمس، قاسم و برزگر به ترتیب برابر با ۳۹، ۲۱، ۴۲ و ۲۰ درصد بود و این کاهش در شرایط تنش شدید به ترتیب برابر با ۷۲، ۶۴، ۸۲ و ۵۵ درصد بود. هیبریدهای شمس و برزگر به سبب داشتن ارتفاع و قطر طبق بیشتر، از عملکرد بیولوژیکی بیشتری برخوردار بودند. کاهش عملکرد بیولوژیکی در اثر تنش خشکی می‌تواند در اثر کاهش سطح برگ و کاهش سرعت رشد گیاه باشد (Dehkhoda *et al.*, 2013). در مطالعه کریمی کاخکی و همکاران (Karimi Kakhki *et al.*, 2010) نیز عملکرد بیولوژیکی در اثر تنش در مرحله گلدهی کاهش یافت و این کاهش به افت شاخص سطح برگ و سرعت رشد محصول نسبت داده شد. نتایج نشان داد که سرعت کاهش ماده خشک در گیاه در اثر تنش خشکی بیشتر از سرعت کاهش عملکرد دانه بود. کریم زاده اصل و همکاران (Karimzade Asl *et al.*, 2003) نیز نتایج مشابهی را گزارش کردند. در مطالعه رفیعی و همکاران (Rafiae *et al.*, 2006) نیز

دانه هیبریدهای قاسم و فرخ به ترتیب برابر با ۶۰ و ۵۲ درصد بود و این کاهش برای هیبریدهای شمس و برزگر به ترتیب برابر با ۴۲ و ۴۶ درصد بود. با توجه به نتایج به نظر می‌رسد که تحمل به تنش خشکی هیبریدهای متوسط‌رس در این پژوهش بیشتر از هیبریدهای زودرس بوده است. بیشترین عملکرد دانه متعلق به هیبرید برزگر در شرایط آبیاری کامل با ۵۰۰۷ کیلوگرم در هکتار و کمترین آن متعلق به هیبرید قاسم در شرایط تنش شدید با ۲۳۶۲ کیلوگرم در هکتار بود (جدول ۵). در مطالعه پجیک و همکاران (Pejic *et al.*, 2009) تنش خشکی در مرحله گلدهی تا رسیدگی باعث کاهش ۲۶ درصدی و تنش خشکی در مرحله غنچه‌دهی تا گلدهی باعث کاهش ۵۴ درصدی عملکرد دانه در واقع کاهش تجمعی اجزای عملکرد دانه همچون تعداد دانه در طبق و وزن هزار دانه در شرایط تنش خشکی باعث کاهش عملکرد دانه شد. مصرف متعادل آب طی مراحل مختلف نمو از جمله گلدهی و دانه‌بندی منجر به بهبود عملکرد دانه آفتابگردان می‌شود، چراکه طی این مراحل دو جزء مهم عملکرد دانه (تعداد دانه در طبق و وزن صد دانه) شکل می‌گیرد (Roshdi, 2012). در مطالعه جباری و همکاران (Jabbari *et al.*, 2011) کاهش ۸۳ درصدی عملکرد دانه در شرایط تنش شدید به کاهش ۴۹ درصدی وزن هزار دانه و کاهش ۵۴ درصدی تعداد دانه نسبت داده شد. در مطالعه

اثر کم آبیاری افزایش یافت به طوری که تحت تنش ملایم، شاخص برداشت هیبریدهای فرخ، شمس، قاسم و برزگر به ترتیب ۱۵، ۴، ۱۸ و ۳ درصد افزایش یافت و این افزایش در شرایط تنش شدید به ترتیب برابر با ۵، ۲۱، ۵ و ۷ درصد بود. افزایش شاخص برداشت در هیبریدهای موردبررسی در هر دو شرایط کم آبیاری حاصل کاهش شدیدتر عملکرد بیولوژیکی در مقایسه با عملکرد دانه در اثر کم آبیاری بود. نتایج فلنت و همکاران (Flent *et al.*, 1996) نیز نشان داد که تنش خشکی ملایم باعث افزایش شاخص برداشت می شود. در مطالعه کرم و همکاران (Karam *et al.*, 2007) نیز تغییر معنی داری در شاخص برداشت ژنوتیپ های موردبررسی در اثر تنش خشکی مشاهده نشد. کریم زاده اصل و همکاران (Karimzade Asl *et al.*, 2003) گزارش کردند که کاهش شاخص برداشت در مقایسه با کاهش عملکرد دانه چندان زیاد نبود و این موضوع حاکی از آن بود که سرعت کاهش عملکرد دانه تنها اندکی بیشتر از سرعت کاهش ماده خشک در گیاه بود. با این حال در مطالعات متعدد دیگری تنش خشکی باعث کاهش معنی دار شاخص برداشت شده است (Abbasi Seyahjani *et al.*, 2012)؛ (Fererres *et al.*, 1986) و این کاهش به افت تعداد دانه در طبق، کاهش قطر طبق و افزایش درصد پوکی دانه ها نسبت داده شد.

به طور کلی نتایج نشان داد که اثر کم آبیاری بر اجزای مهم عملکرد دانه همانند تعداد دانه در

به کاهش شدید وزن اندام های هوایی در اثر تنش اشاره شده است. کوکس و جولیف (Cox and Jolliff, 1986) نیز کاهش ۲۲ الی ۵۰ درصدی وزن اندام های هوایی را در اثر تنش خشکی گزارش دادند. گاهی اوقات نتایج ارائه شده در این خصوص متفاوت است به طوری که در مطالعه کریمی کاخکی و همکاران (Karimi Kakhki *et al.*, 2010) کاهش عملکرد دانه نسبت به کاهش عملکرد بیولوژیکی بیشتر بود. در مطالعات متعدد به کاهش شدید عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیکی در اثر تنش خشکی اشاره شده است (Pekcan *et al.*, 2015)؛ (Tabatabaei *et al.*, 2012)؛ (Roshdi *et al.*, 2007)؛ (Roshdi and Sasandoost, 2004).

نتایج نشان داد که میانگین اجزای عملکرد دانه همانند تعداد دانه در طبق، وزن هزار دانه و همچنین صفات مهم قطر طبق و عملکرد بیولوژیکی در هیبریدهای شمس و برزگر در تیمار آبیاری کامل و همچنین تنش بیشتر بود و افزایش تجمعی این اجزای عملکرد باعث شد که عملکرد دانه در این دو هیبرید در هر دو شرایط آبیاری کامل و تنش به صورت معنی داری بیشتر از دو هیبرید دیگر یعنی قاسم و فرخ باشد.

با توجه به وضعیت کاهش عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیکی در اثر کم آبیاری که در بالا به آن اشاره شد شاخص برداشت هیبریدها در

شمس و برزگر هم در شرایط آبیاری کامل و هم در شرایط کم آبیاری قابل توصیه است. اما این هیبریدها حدود ۹-۷ روز دیررس‌تر از هیبریدهای فرخ و قاسم بودند و در مناطقی که طول دوره رشد محدودیت دارد و فراهم کردن آب در آبیاری‌های انتهایی مشکل است، توصیه می‌شود از هیبریدهای زودرس فرخ و قاسم استفاده شود.

طبق و وزن هزار دانه معنی‌دار بود و کاهش تجمعی این اجزای عملکرد باعث کاهش شدید عملکرد دانه هیبریدهای موردبررسی در شرایط کم آبیاری شد. با توجه به نتایج به‌دست آمده به نظر می‌رسد هیبریدهای متوسط‌رس شمس و برزگر عملکرد بیشتری نسبت به هیبریدهای زودرس فرخ و قاسم در شرایط آبیاری کامل و کم آبیاری داشتند. بنابراین کشت هیبریدهای

References

- Abbasi Seyahjani, E., Farhvas, F., Kazemi Arbat, H., and Khirshidi Menam, M. 2012.** Effect of drought stress on seed yield and some morpho-physiological traits of sunflower. *Environmental Stresses in Crop Sciences* 5(2): 190-196 (in Persian).
- Akbari, Gh. A., Jabbari, H., Daneshian, J., Alahdadi, I., and Shahbazian, N. 2008.** The Effect of limited irrigation on seed physical characteristics in Sunflower hybrids. *Journal of Crop Production and Processing* 12(45): 513-523 (in Persian).
- Angadi, S. V. and Entz, M. H. 2002.** Root system and water use patterns of different height sunflower cultivars. *Agronomy Journal* 94: 136-145.
- Babaeian, M., Heidari, M., and Ghanbari, A. 2010.** Effect of water stress and foliar micronutrient application on physiological characteristics and nutrient uptake in sunflower (*Helianthus annuus* L.). *Iranian Journal of Crop Sciences* 12(4) 377-391 (in Persian).
- Buriro, M., Sanjrani, A. S., Chachar, Q. I., Chachar, N.A., and Chach, S.D. 2015.** Effect of water stress on growth and yield of sunflower. *Journal of Agricultural Technology* 11(7): 1547-1563.
- Chaves, M. M., Pereira, J. S., Maroco, J., Rodriques, M. L., Ricardo, C. P. P., Osorio, M. L., Carvatho, I., Faria, T. and Pinheiro, C. 2002.** How plants cope with water stress in the field photosynthesis and growth? *Annual Botany* 89: 907-916.
- Cox, W. J., and Jolliff, G. P. 1986.** Growth and yield of sunflower and soybean under soil water deficits. *Agronomy Journal* 18: 226-230.

- Daneshian, J., Jabbari, H., and Farokhi, A. 2007.** Sunflower yield and yield components responses to water stress under different densities. *Agricultural Research* 7(3): 129 -140 (in Persian).
- Daneshian, J., and Jabbari, H. 2009.** Effect of limited irrigation and plant density on morphological characteristics and grain yield in a dwarf sunflower hybrid (CMS26 × R103) as second crop. *Iranian Journal of Crop Science* 10(40): 377-388 (in Persian).
- Dehkhoda, A., Naderidarbaghshahi, M. R., Rezaei, A., and Majdnasiri, B. 2013.** Effect of water deficiency stress on yield and yield component of sunflower cultivars in Isfahan. *International Journal of Farming and Allied Sciences* 2(2): 1319-1324.
- Ebrahimian, E., and Bybordi, A. 2011.** Exogenous silicium and zinc increase antioxidant enzyme activity and alleviate salt stress in leaves of sunflower. *Journal of Food and Agriculture Environment* 9(1): 422-427.
- Emam, Y., and Niknejad, M. 2004.** *An Introduction to the Physiology of Crop Yield.* Shiraz University Press. Iran. 571pp (in Persian).
- Erdem, T., and Delibas, L. A. H. 2002.** Water use characteristics of sunflower (*Helianthus annuus* L.) under deficit irrigation. *Pakistan Journal of Biological Sciences* 7: 766-769.
- Fereres, W., Gimenez, C., and Fernandez, J. M. 1986.** Genetic variability in sunflower cultivars under drought. I. Yield relationships. *Australian Journal of Agricultural Research* 37: 573-582.
- Flent, F., Boundiols, A., and Saraiva, G. 1996.** Sunflower response to a range of soil water contents. *European Journal of Agronomy* 5: 161-167.
- Gholinezhad, E., Aynaband, A., Hassanzade, 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.
- Gholinezhad, E., Darvishzadeh, R., and Bernous, I. 2013.** Effects of drought stress on grain qualitative traits in Iranian confectionary sunflower (*Helianthus annuus* L.) landraces. *Iranian Journal of Genetics and Plant Breeding* 2 (2): 9-20.
- Gomez, D., Martinez, O., Arona, M., and Castro, A. 1991.** Generation a selection index for drought tolerance in sunflower. I. Water use and consumption. *Helia* 14(15): 65-70.

- Jabbari, H., Daneshian, J., Abas Akbari, Gh., and Alahdadi, I. 2011.** Recognizing of drought tolerance in sunflower hybrids according to ecophysiological characteristics. *Journal of Crop Physiology* 2(4): 261-270 (in Persian).
- Jabbari, H., Daneshian, J., Alahdadi, I., and Farahan, H. 2012.** The use of productivity effort, quantity and quality features for recognizing of drought tolerance in sunflower. *Journal of Ecophysiology* 3(1): 9-23 (in Persian).
- Jaleel, A. C., Manivannan, P., Wahid, A., Farooq, M., Al-Juburi, H. J., Somasundaram, R., and Paneerselvam, R. 2009.** Drought stress in plants: a review on morphological characteristics and pigments composition. *International Journal of Agricultural Biology* 11: 100-105.
- Jana, P. K., Misra, B., and Kar, P. K. 1982.** Effect of irrigation at different physiological stages of growth on yield attributes, yield, consumptive use and water use efficiency of sunflower. *Indian Agricultural* 26: 39-42.
- Karam, F., Lahoud, R., Masaad, R., Kabalan, R., Breidi, J., Chalita, C., and Roupael, Y. 2007.** Evapotranspiration, seed yield and water use efficiency of drip irrigated sunflower under full and deficit irrigation conditions. *Agricultural Water Management* 90: 213-223.
- Karimi Kakhki, M., Sepehri, A., and Aboutalebian, M. A. 2010.** Effect of deficit irrigation at reproductive growth stages on growth and yield of four new sunflower cultivars. *Iranian Journal of Field Crop Science* 41(3): 599-612 (in Persian).
- Karimzade Asl, K. H., Mazaheri, D., and Peighambari, S. A. 2003.** Effect of four irrigation intervals on the seed yield and quantitative characteristics of three sunflower cultivars. *Iranian Journal of Agricultural Sciences* 34(2): 293-301 (in Persian).
- Kaya, M. D., and Kolsarici, O. 2011.** Seed yield and oil content of some sunflower hybrids irrigated at different growth stages. *African Journal of Biotechnology* 10(22): 4591-4595.
- Khomari, S., Ghasemi Golezani, K., Aliari, H., Zehtab Salmasi, S., and Dabagh Mohamadi nasab, A. 2008.** Effect of irrigation disruption on phenology and grain yield of three sunflower (*Helianthus annuus* L.) cultivars in Tabriz. *Journal of Agriculture Sciences and Natural Resources* 14(6): 1-7 (in Persian).
- Majd, M. 2017.** Effect of drought stress on physiological characteristics and seed yield

- of sunflower at different levels of nitrogen. *Electronic Journal of Crop Production* 9(4): 121-136 (in Persian).
- Martinez, J. P., Silva H., Ledent, J. F., and Pinto, M. 2007.** Effect of drought stress on the osmotic adjustment, cell wall elasticity and cell volume of six cultivars of common beans (*Phaseolus vulgaris* L.). *European Journal of Agronomy* 26: 30-38.
- Mozaffari, K., Arshi, Y., and Zeinali-Khanghaa, H. 1996.** Research on the effects of water stress on some morphophysiological traits and yield components of sunflower (*Helianthus annuus* L.). *Seed and Plant Journal* 12: 24-33 (in Persian).
- Nezami, A., Khazaeia, H. R., Boroumand Rezazadehb, Z., and Hosseinic, A. 2008.** Effects of drought stress and defoliation on sunflower (*Helianthus annuus*) in controlled conditions. *Desert* 12: 99-104 (in Persian).
- Pejic, B., Maksimovic, L., Skoric, D., Milic, S., Stricevic, R., and Cupina, B. 2009.** Effect of water stress on yield and evapotranspiration of sunflower. *Helia* 32(51): 19-32.
- Pekcan, V., Evci, G., Yilmaz, M. I., Balkan Nalcai, A. S., Erdal, S. C., Cicek, N., Ekmekci, N. Y., and Kaya, Y. 2015.** Drought effects on yield traits of some sunflower inbred. *Agriculture and Forestry* 61(4): 101-107.
- Prabhudeva, T. V., Chalapathi, M. M., Thimmegowda, S., Devakumar, N., Rao, G. G., and Mallikarjuna, K. 1998.** Soil moisture stress and drought susceptibility index in sunflower. *Indian Agriculture* 42: 287-289
- Rafiae, F., Kashani, A., Mamqani, R., and Golchin, A. 2006.** The effect of the timing of irrigation and nitrogen application on grain yield and some morphological traits in hybrid sunflower, cv. Golshid. *Iranian Journal of Crop Science* 7(1): 44-54 (in Persian).
- Razi, H., and Asad, M. T. 1998.** Evaluation of variation of agronomic traits and water stress tolerant in sunflower conditions. *Agricultural and Natural Resources Sciences* 2: 31-43 (in Persian).
- Reddy, A. R., Chaitanya, K. V., and Vivekanandan, M. 2004.** Drought induced responses of photosynthesis and antioxidant metabolism in higher plants. *Journal of Plant Physiology* 161: 1189-1202.
- Roshdi, M. 2012.** Effect of deficit irrigation on physiological characteristics and seed yield of sunflower cultivars. *Crop Physiology Journal* 4(14): 23-36 (in Persian).

- Roshdi, M., Heydari Sharifabad, H., Noor Mohammadi, G., and Darvish, F. 2007.** A Survey on the impact of water deficiency over the yield of sunflower seed cultivar and its components. *Journal of Agricultural Sciences* 12(1): 109-122 (in Persian).
- Roshdi, M., and Sasandoost, R. 2004.** A study of different irrigation levels effect on quantitative and qualitative of sunflower cultivars. *Iranian Journal Agricultural Sciences* 36(5): 1241-1250 (in Persian).
- Sayadi Maazou, A. D., Tu, J., Qiu, J., and Liu, Z. 2016.** Breeding for drought tolerance in Maize (*Zea mays* L.). *American Journal of Plant Sciences* 7: 1858-1870.
- Schneiter, A. A., and Miller, J. F. 1981.** Description of sunflower growth stage. *Crop Science* 21: 901-903.
- Skoric, D. 1992.** Achievements and future directions of sunflower breeding. *Field Crops Research* 30: 231-270.
- Stone, I. R., Schlegel, A. J., Gwin, R. E., and Khan, A. H. 1996.** Response of corn, grain sorghum and sunflower to irrigation in the High Plains of Kansas. *Agricultural Water Management* 30: 251-259.
- Tabatabaei, S. A., Rafieie, V., Shekari, E., and Salmani, A. 2012.** Responses of sunflower (*Helianthus Annuus* L.) to deficit irrigate different growth stages. *International Journal of Agriculture: Research and Review* 2(5): 624-629.
- Unger, P. W. 1986.** Growth and development of irrigated sunflower in the Texas High Plains. *Agronomy Journal* 78: 507-515
- Yarnia, M., Safaie, P., Khorshidi-benam, M. B., and Farajzadeh, E. 2009.** Effect of drought stress and potassium sulfate on yield and yield components of sunflower. *New Finding in Agriculture* 3(3): 317-332.