

Effect of deficit irrigation on seed yield and oil fatty acids composition of sunflower (*Helianthus annuus* L.) cultivars under weather conditions of Khuzestan in Iran

Omidinasab, D.¹, Meskarbashee, M.² and Rahnama Ghahfarokhi, A.³

ABSTRACT

Omidinasab, D., Meskarbashee, M., and Rahnama Ghahfarokhi, A. 2025. Effect of deficit irrigation on seed yield and oil fatty acids composition of sunflower (*Helianthus annuus* L.) cultivars under weather conditions of Khuzestan in Iran. *Iranian Journal of Crop Sciences*. 26(1): 241-257. (In Persian).

Introduction: Sunflower as an oilseed crop is usually cultivated in a wide range of climatic conditions ranging from temperate to tropical and semi-arid regions. Seed yield and quality of sunflower is affected by the water deficit caused by climate change. Fatty acid composition of sunflower seeds depend on many factors including; genotype and weather conditions of the growing season. Oleic and linoleic acids are the most important unsaturated fatty acids, contributing more than 80% of total fatty acid content in sunflower oil (Díaz *et al.*, 2012). Water deficit affect seed yield and oil quality characteristics of sunflower (Totsky and Lyakh, 2015). The high percentage of linoleic acid increases the quality of sunflower oil. Therefore, the current study aimed to investigate the changes in the chemical composition of sunflower oil under deficit irrigation conditions.

Materials and Methods: The experiment was carried out as split plot arrangements in randomized complete block design with three replications in 2019-2020. The experimental site was located Safiabad Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Dezful, Iran. Main plots consisted of three irrigation regimes including; full irrigation (control), moderate and severe deficit irrigation (50, 70 and 90% of available soil moisture, respectively), and sub plots consisted of six sunflower cultivars including; Oscar, Felix, Shakira, Savana, Labad and Monaliza.

Results: The results showed that deficit irrigation had significant effect on seed yield and related traits and fatty acid composition of sunflower oil in comparison with control. At 90% level of deficit irrigation thousand seed weight, seed oil content, seed yield, oil yield, and harvest index decreased by 36, 24, 37, 50 and 11%, respectively in comparison with control. The highest seed protein content was 19.7% at 70% level of deficit irrigation. Oscar cultivar in control and cv. Shakira in 90% level of deficit irrigation showed the highest and lowest seed yield (5340 and 2670 kg.ha⁻¹, respectively). Oscar cultivar maintained the highest oil yield (1610 kg.ha⁻¹) while cv. Shakira had the lowest oil yield (900 kg.ha⁻¹). Labad cultivar maintained the highest seed yield in 70% and 90% levels of deficit irrigation (4410 and 4280 kg.ha⁻¹, respectively) when compared with control. Fatty acids composition of oil in sunflower cultivars, using gas chromatography method, identified four fatty acid compounds, which included two saturated fatty acids: palmitic acid (C₁₆:0) and stearic acid (C₁₈:0), a mono-unsaturated fatty acid including oleic acid (C₁₈:1) and a poly-unsaturated fatty acid, linoleic acid (C₁₈:2), with a total of 96.6, 93.2 and 91.7% in the control, 70 and 90% levels of deficit irrigation, respectively. The results showed that, in the 90% level of deficit irrigation, palmitic and stearic fatty acids increased (by 17.6 and 25%, respectively) and oleic and linoleic fatty acids decreased (by 11.1 and 6.69, respectively). Among the sunflower cultivars, the highest Stearic acid (4.41%), oleic acid (42.6%) and linoleic acid (50.0%) contents were measured in cv. Oscar, cv. Savana and cv. Felix, respectively.

Conclusion: There was significant reduction unsaturated: saturated fatty acids under deficit irrigation levels when compared to control. Felix and Labad sunflower cultivars showed the lowest reduction in seed yield under water deficit conditions and identified as the suitable cultivars for weather conditions of the experiment site.

Key words: Fatty acids, Irrigation, Seed oil content, Seed yield and Sunflower

Received: April, 2024

Accepted: September, 2024

1. Former PhD Student, Shahid Chamran University of Ahvaz, Ahvaz, Iran
(Corresponding author, ✉ Davoudomidinasab@gmail.com)

2. Professor, Shahid Chamran University of Ahvaz, Ahvaz, Iran

3. Associate Prof., Shahid Chamran University of Ahvaz, Ahvaz, Iran

مقدمه

آفتابگردان گیاه زراعی مناطق گرمسیری و نیمه گرمسیری با آب و هوای خشک تا نیمه خشک بوده و اغلب در اراضی خشک همراه با آبیاری تکمیلی کشت می شود (Pekcan *et al.*, 2015). سالانه حدود ۴۰ تا ۵۰ درصد از روغن خوراکی مورد نیاز جهان از آفتابگردان تامین می شود (Coriolano *et al.*, 2014). روغن دانه آفتابگردان ۴۰ تا ۴۵ درصد و حاوی ۹۸ درصد تری آسیل گلیسرول بوده و باقیمانده آن شامل اسیدهای چرب آزاد، فسفولیپیدها و بخش غیرقابل تصفیه (Andrianasolo *et al.*, 2016)، فاقد کلسترول است و کیفیت بالایی دارد. روغن آفتابگردان به دلیل دارا بودن مقادیر فراوان اسیدهای چرب غیراشباع مانند اسید لینولئیک و اسید اولئیک به طور گسترده در تغذیه انسان استفاده می شود (Safavi *et al.*, 2011). روغن آفتابگردان حاوی ۴۸ تا ۷۴ درصد اسید لینولئیک و ۱۴ تا ۳۹ درصد اسید اولئیک است (Díaz *et al.*, 2012).

آفتابگردان سازگاری بالایی به طیف وسیعی از شرایط آب و هوایی داشته و در بسیاری از نقاط جهان می توان آن را دو بار در سال کشت کرد (Qayyum *et al.*, 2017). آفتابگردان قابلیت کشت بهاره و تابستانه در مناطق سرد و معتدل و کشت پاییزه و زمستانه در مناطق گرمسیری را دارد، بنابراین افزایش سطح زیر کشت آن می تواند با تأمین بخشی از نیاز روغن خوارکی کشور، نقش زیادی در خودکفایی تولید روغن ایفا کند (Ghaffari *et al.*, 2018). در سالهای گذشته به دلیل دیررس بودن ارقام قدیمی و مشکل بودن تهیه بستر و کاشت گیاه بهاره بعدی، امکان زراعت آفتابگردان به صورت کشت دوم زمستانه در مناطق شمالی استان خوزستان وجود نداشت، ولی با توجه به معرفی هیبریدهای پرمحصول جدید با ویژگی زودرسی مانند فلیکس، ای اس شکیرا، اسکار، ای اس ساوانا، لآباد و مونالیزا، امکان استفاده از زراعت آفتابگردان به عنوان کشت دوم در این مناطق فراهم شده

است. در کشت بهاره آفتابگردان احتمال وقوع تنش گرما در دوره گل دهی و تنش خشکی در طول دوره رشد وجود دارد که باعث کاهش شدید عملکرد دانه و روغن دانه و تغییر ترکیب اسیدهای چرب روغن می شوند (Debaeke *et al.*, 2017). گزارش شده است که کم آبی باعث کاهش عملکرد دانه آفتابگردان تا حد ۵۰ درصد می شود (Totsky and Lyakh, 2015; Maghsoudi *et al.*, 2019). در نتایج برخی از تحقیقات، کاهش ۱۶ درصدی وزن هزار دانه آفتابگردان در شرایط کم آبی گزارش شده است (Kaya and Kolsarici, 2011). کاهش ۱۲ درصدی وزن هزار دانه در شرایط کم آبی نسبت به آبیاری کامل (Hamzei *et al.*, 2017) و همچنین کاهش تا ۵۰ درصد وزن هزار دانه در شرایط مشابه گزارش شده است (Safavi, 2020). شاخص برداشت آفتابگردان نیز از جمله صفاتی است که تحت تأثیر کمبود آب قرار گرفته و در نتایج حاصل از برخی پژوهش ها، به کاهش ۲۰ تا ۳۵ درصدی شاخص برداشت در اثر تنش کمبود آب اشاره شده است (Allaf and Shokooohfar, 2015; Soleymani *et al.*, 2016). نتایج یک آزمایش نشان داد که تیمار آبیاری پس از تخلیه ۷۰ درصد رطوبت مورد استفاده خاک در مقایسه با تیمارهای ۵۰ و ۶۰ درصد، باعث کاهش معنی دار عملکرد و روغن دانه آفتابگردان شد (Tahramooz and Ghalavand, 2018). گزارش شده است که کم آبی در مراحل مختلف فنولوژیکی، باعث کاهش بیش از ۶۰ درصد عملکرد روغن دانه (Mehrpooyan *et al.*, 2010) و افزایش هفت درصدی پروتئین دانه آفتابگردان (Hamzei *et al.*, 2017) شد. در نتایج برخی از آزمایش ها نیز گزارش شده است که پروتئین دانه در شرایط کمبود آب نسبت به آبیاری کامل ۳۳ درصد افزایش داشت، اما با ادامه کم آبی، محتوای پروتئین دانه کاهش پیدا کرد (Alahdadi *et al.*, 2011). ویژگی های روغن دانه بستگی به ترکیب اسیدهای چرب آن داشته و نسبت

آفتابگردان در شرایط کم آبیاری به منظور شناسایی ارقام مناسب برای شرایط آب و هوایی شمال خوزستان اجرا شد.

اسیدهای چرب اشباع و غیر اشباع ارتباط معنی داری با کیفیت و ارزش غذایی آن دارد که در صنایع غذایی حائز اهمیت زیادی است.

مواد و روش‌ها

آزمایش حاضر، به صورت کرت‌های خرد شده در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در سال زراعی ۱۳۹۸-۱۳۹۹ در مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی صفی آباد دزفول اجرا شد. قبل از اجرای آزمایش از خاک مزرعه محل اجرای آزمایش نمونه برداری شد که نتایج آن در جدول ۱ ارائه شده است. اطلاعات هواشناسی محل اجرای پژوهش نیز در جدول ۲ ارائه شده است.

اسیدهای چرب اصلی روغن آفتابگردان عبارتند از اسید پالمیتیک ($C_{16:0}$)، اسید استئاریک ($C_{18:0}$)، اسید اولئیک ($C_{18:1;9}$) و اسید لینولئیک ($C_{18:2;9,12}$) (Anastasi *et al.*, 2010). با در نظر گرفتن نیاز کشور به واردات روغن‌های گیاهی و با وجود کاهش سطح زیر کشت آفتابگردان در سال‌های اخیر، به دلیل سازگاری این گیاه به شرایط آب و هوایی ایران، افزایش مجدد سطح زیر کشت آن دور از انتظار نیست، بنابراین آزمایش حاضر با هدف ارزیابی صفات عملکردی و ترکیب اسیدهای چرب ارقام جدید

جدول ۱- ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک محل اجرای آزمایش (عمق صفر تا ۴۰ سانتی‌متر)

Table 1. Chemical and physical properties of the soil at the experiment site (soil depth 0-40 cm)

نیترژن N _{Total}	فسفر P	پتاسیم K	آهن Fe	روی Zn	کربن آلی O.C. (%)	بافت خاک Soil texture
810	11	131	2.4	0.7	0.75	لومی رسی سیلتی Silty Clay Loam

Table 1. Continued

جدول ۱- ادامه

جرم مخصوص ظاهری Bulk density (g.cm ⁻³)	رطوبت حجمی Volumetric water content		ظرفیت زراعی FC (%)	هدایت الکتریکی EC (dS.m ⁻¹)
	نقطه پژمردگی دائم PWP (%)	رطوبت نسبی RH (%)		
1.61	17.9	33	7.64	1.3

جدول ۲- اطلاعات هواشناسی محل اجرای آزمایش (۱۳۹۸-۱۳۹۹)

Table 2. Meteorological information of the experiment site (2019-2020)

سال Year	ماه Month	بارندگی Rainfall (mm)	میانگین دما Mean temp. (°C)	رطوبت نسبی RH (%)	بیشینه سرعت باد Max. wind velocity (m.s ⁻¹)	ساعات آفتابی Total sunny hours	روزهای بارانی No. rainy days	تبخیر ماهانه Monthly evaporation (mm)	
۱۳۹۸ 2019	Feb.	اسفند	120.4	17.3	71.8	14	192.6	10	84.9
	Mar.	فروردین	45.2	20	64.9	18	218.5	6	124.5
۱۳۹۹ 2020	Apr.	اردیبهشت	5.9	27	45.6	22	239	2	224.1
	May	خرداد	0	34.2	27.5	12	328.7	-	386.1
	Jun.	تیر	0	36	27.46	12	328.7	-	386.12

Source: Meteorological Station of Safiabad (Dezful)

مأخذ: ایستگاه هواشناسی صفی آباد (دزفول)

متداول منطقه)، فلیکس (B₂)، ای اس شکیرا (B₃)، ای اس ساوانا (B₄)، لاباد (B₅)، و مونالیزا (B₆) بودند. کلیه ارقام آفتابگردان از نوع هیبرید سینگل کراس هستند که ویژگی‌های آن‌ها نیز در جدول ۳ ارائه شده است. رقم لاباد با پوست دانه سفید رنگ و روغن کمتر و پروتئین بالای دانه، عمدتاً به عنوان خوراک پرندگان استفاده می‌شود.

تیمارهای آزمایشی شامل آبیاری به عنوان عامل اصلی (A) در سه سطح شامل: آبیاری کامل بر اساس تخلیه ۵۰ درصد رطوبت قابل استفاده خاک (A₁) (شاهد) و کم آبیاری به ترتیب بر اساس تخلیه ۷۰ (A₂) و ۹۰ (A₃) درصد رطوبت قابل استفاده خاک (به ترتیب متوسط و شدید) و ارقام آفتابگردان به عنوان عامل فرعی (B) در شش سطح شامل اسکار (B₁) (شاهد)

جدول ۳- ویژگی‌های ارقام آفتابگردان مورد استفاده در آزمایش

Table 3. Characteristics of sunflower cultivars used in the experiment

Sunflower cultivars	ارقام آفتابگردان	طول دور رویش	ارتفاع بوته	قطر طبق	وزن هزار دانه	روغن دانه	عملکرد دانه
		Growth duration (day)			Plant height (cm)		
Oscar	اسکار	118-133	163-205	14-19	33-44	45-49	1632-4917
Felix	فلیکس	118-133	165-201	14-18	31-48	46-49	1951-4806
Shakira	شکیرا	104-125	144-185	13-18	31-53	45-48	1631-4105
Savana	ساوانا	118-133	165-196	13-17	31-44	49-51	1948-4618
Labad	لاباد	118-133	166-209	11-18	32-65	39-45	1895-5810
Monaliza	مونالیزا	104-125	139-185	11-18	38-50	48-50	2832-4232

Source: Shahid Rajaei Company of Dezful

مأخذ: شرکت شهید رجایی دزفول

تیمارهای آبیاری اعمال شدند. به منظور تعیین درصد رطوبت خاک و زمان دقیق آبیاری در تیمارهای کم آبیاری، بلافاصله پس از آبیاری، به صورت روزانه و متوالی و با استفاده از مته خاکشناسی (آگر) از خاک، نمونه برداری شده و پس از انتقال به آزمایشگاه خاک‌شناسی مرکز تحقیقات صفی آباد، وزن تر و خشک نمونه‌ها اندازه‌گیری و با استفاده از رابطه ۱ رطوبت وزنی آنها تعیین شد.

(رابطه ۱)

$$\text{رطوبت خاک (درصد)} = \frac{\text{وزن خشک نمونه خاک} - \text{وزن تر نمونه خاک}}{\text{وزن خشک نمونه خاک}} \times 100$$

پس از مشخص شدن درصد رطوبت وزنی خاک (جدول ۴)، درصد رطوبت حجمی از حاصل ضرب درصد رطوبت وزنی در وزن مخصوص ظاهری خاک (جدول ۱) محاسبه و سپس با استفاده از رابطه ۲، درصد آب قابل استفاده خاک (D) تعیین شد (Martin et al., 1990):

کاشت بذرهای ارقام آفتابگردان در تاریخ بیست و سوم اسفند ۱۳۹۸ به صورت دستی، با فواصل بین بوته‌ای ۱۲ سانتی‌متر با تراکم ۱۱ بوته در مترمربع انجام شد. هر کرت آزمایشی شامل چهار ردیف کاشت به طول چهار متر با فاصله ۷۵ سانتی‌متر بود. بر اساس نتایج تجزیه خاک، ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار فسفر (از منبع سوپر فسفات تریپل) و ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار پتاسیم (از منبع سولفات پتاسیم) قبل از کاشت به خاک افزوده شد. یک سوم (۵۰ کیلوگرم در هکتار) از کود نیتروژن (از منبع اوره) قبل از کاشت، یک سوم (۵۰ کیلوگرم) در زمان ۶ تا ۸ برگی (سرک اول) و یک سوم (۵۰ کیلوگرم) باقیمانده نیز در زمان غنچه‌دهی (سرک دوم) به خاک داده شد. تا مرحله هشت برگی (آبیاری سوم)، آبیاری‌ها بر اساس تخلیه ۵۰ درصد رطوبت ظرفیت زراعی خاک در عمق توسعه مؤثر ریشه (صفر تا ۴۰ سانتی‌متر) برای کلیه تیمارها انجام و پس از آن

اندازه گیری روغن دانه با استفاده از دستگاه سوکسله (2050, FOSS, Denmark) و حلال غیرقطبی هگزان با روش استخراج پیوسته انجام شد (Sezen *et al.*, 2011). عملکرد روغن از حاصل ضرب میزان روغن در عملکرد دانه به دست آمد. شاخص برداشت براساس نسبت عملکرد دانه به عملکرد زیستی محاسبه شد. برای تعیین ترکیب اسیدهای چرب روغن از دستگاه گاز کروماتوگرافی (Acme 6000, Trade, USA) استفاده شد (Cert *et al.*, 2000). تجزیه واریانس داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SAS 9.4 انجام شد. برای مقایسه میانگین‌ها از آزمون حداقل اختلاف معنی‌دار فیشر (LSD Fisher test) در سطح احتمال پنج درصد و برای رسم شکل‌ها از نرم‌افزار Excel 2016 استفاده شد.

نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر تیمارهای آبیاری و رقم بر وزن هزار دانه، محتوای روغن دانه و عملکرد روغن و اثر تیمارهای آبیاری بر میزان پروتئین دانه، میزان اسید اولئیک، اسید پالمیتیک و اسید استئاریک و اثر رقم بر میزان اسید لینولئیک و اسید اولئیک و شاخص برداشت در سطح احتمال یک درصد و اثر تیمارهای آبیاری بر میزان اسید لینولئیک و شاخص برداشت و اثر رقم بر میزان اسید استئاریک و برهمکنش تیمارهای آبیاری و رقم بر عملکرد دانه ارقام آفتابگردان در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار بود.

نتایج مقایسه میانگین‌های مربوط به برهمکنش تیمارهای آبیاری و رقم نشان داد که تیمارهای کم آبیاری نسبت به تیمار شاهد، باعث کاهش ۵۰ درصدی در عملکرد دانه ارقام آفتابگردان شد، به طوری که رقم اسکار در تیمار شاهد با میانگین عملکرد دانه ۵۳۴۰ کیلوگرم در هکتار و رقم شکیرا در تیمار کم آبیاری ۹۰ درصد با میانگین عملکرد

$$D(\%) = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{FCi - \theta_i}{FCi - Wp} \times 100 \quad (\text{رابطه ۲})$$

n: تعداد نمونه خاک از عمق مؤثر توسعه ریشه، FCi: رطوبت خاک در ظرفیت مزرعه در نمونه ام، θ_i : رطوبت خاک در نمونه ام و Wp: رطوبت خاک در نقطه پژمردگی دائم هستند. درصد تخلیه آب قابل استفاده نیز با استفاده از رابطه ۳ محاسبه شد (Vanclouster *et al.*, 1994).

(رابطه ۳) $D - 100 =$ تخلیه آب قابل استفاده (درصد) زمان آبیاری در هر کرت آزمایشی هنگامی بود که رطوبت حجمی خاک در تیمارهای ۵۰ درصد (شاهد) و کم آبیاری ۷۰ و ۹۰ درصد، به ترتیب به ۲۵/۴، ۲۲/۴ و ۱۹/۴ درصد رسید.

برداشت محصول بر اساس زمان رسیدگی دانه‌ها در تیمارهای آبیاری طی ۲۵ روز از تاریخ ۱۳۹۹/۰۴/۰۶ (برای تیمار کم آبیاری ۹۰ درصد) و ۱۳۹۹/۰۴/۱۹ (برای تیمار کم آبیاری ۷۰ درصد) تا تاریخ ۱۳۹۹/۰۴/۲۹ (برای تیمار شاهد) از ردیف وسط هر کرت با حذف دو بوته از ابتدا و انتها (معادل ۲/۶۵۰ مترمربع با تراکم ۱۱ بوته در مترمربع) زمانی که پشت طبق‌ها در ۹۰ درصد از بوته‌ها به رنگ زرد مایل به قهوه‌ای تبدیل و رطوبت دانه‌ها به ۳۰ درصد رسید، انجام شد. محصول دانه هر کرت بعد از بوجاری، در دمای ۴۰ درجه سانتی‌گراد تا رسیدن به وزن ثابت (رطوبت ۱۳ تا ۱۴ درصد) در آون خشکانده شده و سپس با ترازوی دقیق توزین و عملکرد دانه هر کرت محاسبه و ثبت شد. برای اندازه‌گیری وزن هزار دانه، دو نمونه تصادفی ۵۰۰ عددی دانه از محصول دانه هر کرت با استفاده از دستگاه بدرشمار شمارش شده و پس از خشکاندن در آون در دمای ۴۰ درجه سانتی‌گراد (تا رسیدن به وزن ثابت)، توزین شدند. محتوای نیتروژن دانه‌ها با دستگاه کجلدال اندازه‌گیری و با استفاده از رابطه ۴، محتوای پروتئین دانه محاسبه شد (Carrubba *et al.*, 2008).

(رابطه ۴) $۶/۲۵ \times$ نیتروژن دانه = پروتئین دانه (درصد)

جدول ۴- رطوبت وزنی خاک در عمق صفر تا ۴۰ سانتی متری قبل از هر نوبت آبیاری

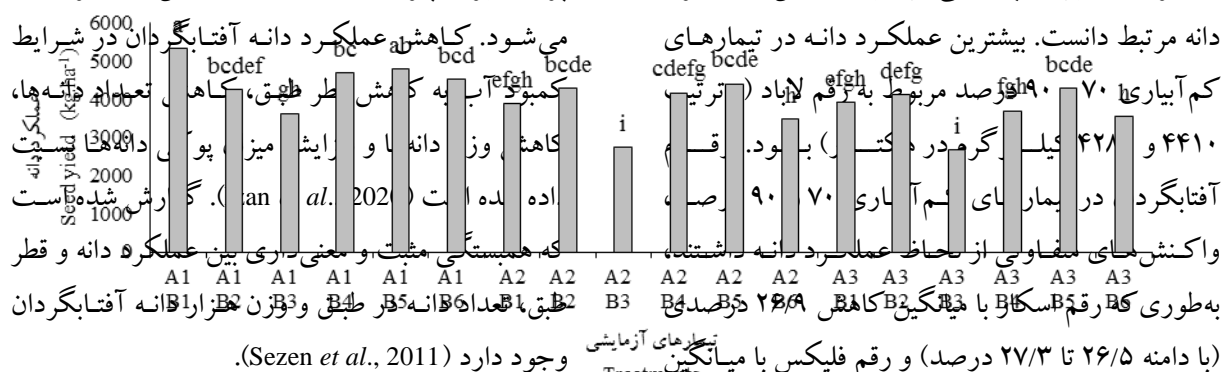
Table 4. Soil moisture content of soil at 0-40 cm of the soil depth before irrigation turns

تیمارهای آبیاری Irrigation treatments	نوبت‌های آبیاری Irrigation turns							
	4	5	6	7	8	9	10	
آبیاری کامل (۵۰ درصد، شاهد) Full irrigation (50%; Control)	تاریخ آبیاری Irrigation date	۱۳۹۹/۱/۲۶	۱۳۹۹/۲/۵	۱۳۹۹/۲/۱۴	۱۳۹۹/۲/۲۳	۱۳۹۹/۳/۱	۱۳۹۹/۳/۱۰	۱۳۹۹/۳/۱۸
	رطوبت وزنی خاک Soil moisture content (%)	15.77	15.76	15.8	15.81	15.79	15.81	15.85
	تاریخ آبیاری Irrigation date	۱۳۹۹/۱/۳۱	۱۳۹۹/۲/۱۴	۱۳۹۹/۲/۲۸	۱۳۹۹/۳/۱۰			
کم آبیاری (۷۰ درصد) Deficit irrigation (70%)	تاریخ آبیاری Irrigation date	2020.04.19	2020.05.03	2020.05.17	2020.05.30			
	رطوبت وزنی خاک Soil moisture content (%)	13.99	13.97	13.95	13.95			
	تاریخ آبیاری Irrigation date	۱۳۹۹/۲/۱۴	۱۳۹۹/۳/۱	۱۳۹۹/۳/۱۸				
کم آبیاری (۹۰ درصد) Deficit irrigation (90%)	تاریخ آبیاری Irrigation date	2020.05.03	202.05.21	2020.06.07				
	رطوبت وزنی خاک Soil moisture content (%)	12.01	12.09	12.03				

۳/۲۸ درصد کاهش، به ترتیب بیشترین و کمترین کاهش عملکرد دانه را نسبت به تیمار آبیاری کامل داشتند. گزارش شده است که تنش کمبود آب در مرحله گل دهی با کاهش دادن اجزای عملکرد، باعث کاهش بیش از ۵۰ درصدی عملکرد دانه شد (Maghsoudi *et al.*, 2019). به نظر می رسد که افزایش فواصل آبیاری و تأخیر در آبیاری باعث کوتاه تر شدن طول دوره زایشی، کاهش تولید بذر، کاهش انتقال مواد پرورده برای پر شدن دانه ها و کاهش عملکرد دانه

دانه ۲۶۷۰ کیلوگرم در هکتار، به ترتیب بیشترین و کمترین عملکرد دانه را داشتند (شکل ۱). نتایج مشابهی در میزان کاهش عملکرد دانه آفتابگردان در اثر کاهش اجزای عملکرد دانه در شرایط کم آبی در مراحل زایشی توسط توتسکی و لیاخ (Totsky and Lyakh, 2015) گزارش شده است. تیمار کم آبیاری در مرحله گل دهی و گرده افشانی، تأثیر منفی بیشتری بر اندام های زایشی داشته و کاهش عملکرد دانه در شرایط کمبود آب را می توان با کاهش وزن هزار

دانه مرتبط دانست. بیشترین عملکرد دانه در تیمارهای کم آبیاری ۷۰ و ۹۰ درصد مربوط به رقم لآباد (ترتیب ۴۲۱ و ۴۴۱۰ کیلوگرم در هکتار) بود. رقم آفتابگردان در تیمارهای کم آبیاری ۷۰ و ۹۰ درصد واکشش های متفاوتی از لحاظ عملکرد دانه داشتند، به طوری که رقم B5 سکا با بیشترین کاهش ۲۶/۹ درصد (با دامنه ۲۶/۵ تا ۲۷/۳ درصد) و رقم فلیکس با میانگین



شکل ۱ - مقایسه میانگین عملکرد دانه ارقام آفتابگردان در برهمکنش تیمارهای آبیاری و رقم

Fig. 1. Mean comparison of seed yield of sunflower cultivars in interaction of irrigation and cultivar treatments

A1: آبیاری کامل (شاهد)، A2: کم آبیاری ۷۰ درصد، A3: کم آبیاری ۹۰ درصد
 B1: اسکار، B2: فلیکس، B3: ای اس شکیرا، B4: ای اس ساوانا، B5: لآباد، B6: مونالیزا
 A1; Full irrigation (Control), A2; Deficit irrigation (70%), A3; Deficit irrigation (90%)
 B1; Oscar, B2; Felix, B3; Shakira, B4; Savana, B5; Labad, B6; Monaliza

برش دهی نشان داد که بین ارقام آفتابگردان از نظر عملکرد دانه در هر یک از سطوح تیمارهای آبیاری تفاوت معنی داری در سطح احتمال یک درصد

بعد از مقایسه میانگین ها، به منظور تفسیر صحیح و واقعی تر نتایج مربوط به عملکرد دانه، برش دهی برهمکنش تیمارهای آبیاری و رقم انجام شد. نتایج

میانگین عملکرد دانه ۲۶۷۰ کیلوگرم در هکتار، به ترتیب بیشترین و کمترین عملکرد دانه را داشتند (جدول ۵). با توجه به نتایج، بیشترین عملکرد دانه در آزمایش حاضر مربوط به رقم اسکار بود که این موضوع نشان ظرفیت دانه‌بندی مناسب رقم اسکار (رقم شاهد منطقه) در شرایط آبیاری کامل (شاهد) بود. رقم شکیرا نیز در هر سه سطح تیمار آبیاری، کمترین عملکرد دانه را داشت و به نظر می‌رسد که این رقم در بین ارقام آفتابگردان مورد ارزیابی کمترین سازگاری را با شرایط آب و هوایی شهرستان دزفول و مناطق مشابه دارد.

وجود داشت. نتایج برش‌دهی نشان داد که رقم اسکار با میانگین عملکرد دانه ۵۳۴۰ کیلوگرم در هکتار و رقم شکیرا با میانگین عملکرد دانه ۳۶۳۰ کیلوگرم در هکتار، به ترتیب بیشترین و کمترین عملکرد دانه را در تیمار آبیاری کامل داشتند (جدول ۵). در تیمار کم آبیاری ۷۰ درصد نیز ارقام فلیکس و لاباد به ترتیب با میانگین عملکرد دانه ۴۲۸۰ و ۴۴۱۰ کیلوگرم در هکتار بیشترین و رقم شکیرا با میانگین عملکرد دانه ۲۷۵۰ کیلوگرم در هکتار کمترین و در تیمار کم آبیاری ۹۰ درصد نیز رقم لاباد با میانگین عملکرد دانه ۴۲۸۰ کیلوگرم در هکتار و رقم شکیرا با

جدول ۵ - مقایسه میانگین عملکرد دانه ارقام آفتابگردان در برش‌دهی برهمکنش تیمارهای آبیاری و رقم

Table 5. Mean comparison of seed yield of sunflower cultivars in slicing the interaction of irrigation and cultivar treatments

تیمارهای آبیاری Irrigation treatments	Sunflower cultivars	ارقام آفتابگردان	عملکرد دانه Seed yield (kg.ha ⁻¹)
آبیاری کامل (۵۰ درصد، شاهد) Full irrigation (50%; Control)	Oscar	اسکار	5340a
	Felix	فلیکس	4260b
	Shakira	شکیرا	3630c
	Savana	ساوانا	4690b
	Labad	لاباد	4800ab
	Monaliza	مونالیزا	4520b
	LSD		590
کم آبیاری (۷۰ درصد) Deficit irrigation (70%)	Oscar	اسکار	3880ab
	Felix	فلیکس	4280a
	Shakira	شکیرا	2750c
	Savana	ساوانا	4170ab
	Labad	لاباد	4410a
	Monaliza	مونالیزا	3490bc
	LSD		760
کم آبیاری (۹۰ درصد) Deficit irrigation (90%)	Oscar	اسکار	3920abc
	Felix	فلیکس	4120ab
	Shakira	شکیرا	2670d
	Savana	ساوانا	3700bc
	Labad	لاباد	4280a
	Monaliza	مونالیزا	3540c
	LSD		500

میانگین‌هایی که دارای حروف مشترک هستند، بر اساس آزمون آزمون حداقل اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌داری ندارند
Means followed by similar letter(s) are not significantly different at 5% probability level, using LSD test

در تیمار کم آبیاری ۹۰ درصد، با ۳۶ درصد کاهش و میانگین ۲۹/۹ گرم به دست آمد (جدول ۶). کاهش وزن

نتایج نشان داد که بیشترین وزن هزار دانه در تیمار آبیاری کامل با میانگین ۴۶/۶ گرم و کمترین مقدار آن

جهت فرار گیاه از خشکی، کاهش می‌یابد، زیرا ابتدا کربوهیدرات‌ها در دانه تجمع می‌یابند و سپس به روغن و یا سایر ترکیبات تبدیل می‌شوند، بنابراین با افزایش طول دوره پر شدن دانه، میزان روغن نیز افزایش خواهد یافت. گزارش شده است که تسریع در رسیدگی دانه‌ها باعث کاهش مدت سنتز روغن شده و محتوای روغن دانه کاهش خواهد یافت (Tahramooz and Ghalavand, 2018). ارقام آفتابگردان مورد ارزیابی به دلیل ویژگی‌های خاص و متفاوت، از نظر میزان روغن دانه ۳۲ درصد تفاوت داشتند. رقم اسکار با میانگین ۳۶ درصد و رقم لاباد با میانگین ۲۴/۵ درصد، به ترتیب بیشترین و کمترین محتوای روغن دانه را داشتند (جدول ۷). اختلاف معنی‌دار در محتوای روغن دانه ارقام آفتابگردان در برخی پژوهش‌های هم‌راستا نیز گزارش شده است (Alahdadi et al, 2011). به نظر می‌رسد که در ارقام آفتابگردان، ویژگی‌های ژنتیکی هر رقم و واکنش متفاوت آنها به تیمارهای آبیاری باعث تفاوت در میزان روغن دانه‌ها شده باشد.

نتایج نشان داد که تیمارهای کم آبیاری باعث کاهش عملکرد روغن در ارقام آفتابگردان شد. این کاهش در تیمار کم آبیاری ۷۰ درصد نسبت به آبیاری کامل ۳۰ درصد و در تیمار کم آبیاری ۹۰ درصد، ۳۷ درصد بود. در بین تیمارهای آبیاری، کم آبیاری ۹۰ درصد با میانگین ۹۹۰ کیلوگرم در هکتار و تیمار آبیاری کامل با میانگین ۱۵۸۰ کیلوگرم در هکتار، به ترتیب کمترین و بیشترین عملکرد روغن را داشتند (جدول ۶). گزارش شده است که در دسترس بودن آب باعث افزایش سنتز لیپیدهای دانه شده و عملکرد روغن آفتابگردان را افزایش می‌دهد (Anastasi et al., 2010). به نظر می‌رسد که کاهش عملکرد روغن ارقام آفتابگردان در تیمار کم آبیاری شدید در اثر کاهش ظرفیت دانه‌ها برای تجمع روغن و کاهش میزان روغن دانه‌ها و همچنین کاهش

هزاردانه آفتابگردان در شرایط کم آبی نسبت به آبیاری کامل در نتایج برخی از پژوهش‌ها نیز گزارش شده است (Kaya and Kolsarici, 2011). وزن هزار دانه تابعی از سرعت و طول دوره پر شدن دانه بوده و از دو منبع فتوسنتز جاری و انتقال مجدد مواد ذخیره‌ای گیاه تامین می‌شود. در شرایط کم آبی، به دلیل کوتاه شدن طول دوره رشد، کربوهیدرات‌های کمتری در گیاه ذخیره می‌شود و با توجه به کاهش دوام سطح برگ در چنین شرایطی، طول دوره پر شدن دانه و در نهایت وزن هزار دانه کاهش می‌یابد (Hamzei et al., 2017; Safavi, 2020). اثر تنش خشکی (آبیاری بعد از ۱۲۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک تبخیر) به حدی شدید است که با انتقال مجدد مواد فتوسنتزی از ساقه و دمبرگ‌ها نیز کاهش فتوسنتز جاری در اثر کمبود رطوبت خاک جبران نمی‌شود (Ataei et al., 2010). نتایج نشان داد که رقم لاباد با میانگین ۴۵/۵ گرم و رقم شکیرا با میانگین ۳۳/۸ گرم، به ترتیب بیشترین و کمترین مقدار وزن هزار دانه را داشتند (جدول ۶). با توجه به شرایط آب و هوایی به نظر می‌رسد که توانایی‌های ارقام آفتابگردان در دوام بیشتر سطح برگ یا استفاده از مواد ذخیره‌ای و سرعت بالاتر فتوسنتز و انتقال مواد فتوسنتزی به دانه‌ها، باعث تفاوت در وزن هزار دانه ارقام مورد آزمایش شده است. این موضوع را می‌توان به ویژگی‌های ژنتیکی و باروری بیشتر گل‌ها و تجمع بیشتر مواد پرورده در دانه‌های ارقام آفتابگردان مورد ارزیابی نسبت داد.

نتایج نشان داد که تیمارهای کم آبیاری باعث ۲۴ درصد کاهش در محتوای روغن دانه ارقام آفتابگردان شد. کمترین میزان روغن دانه با میانگین ۲۶/۶ درصد در تیمار کم آبیاری ۹۰ درصد و بیشترین میزان روغن دانه با میانگین ۳۴/۸ درصد در تیمار آبیاری کامل به دست آمد (جدول ۶). میزان روغن دانه در شرایط کم آبی در اثر تسریع در رسیدگی دانه‌ها

بخش زایشی (دانه‌ها) در مقایسه با شرایط بدون تنش کمتر می‌شود (Abbasi Syhejani *et al.*, 2012). این احتمال نیز وجود دارد که وقوع تنش خشکی در مرحله گل‌دهی آفتابگردان، باعث عقیمی دانه‌های گرده یا سقط جنین و متعاقب آن، باعث کاهش شاخص برداشت شده باشد. در پژوهش‌های تعدادی از محققان (Allaf and Shokoohfar, 2015; Soleymani *et al.*, 2016) نیز کاهش شاخص برداشت آفتابگردان در اثر کمبود آب گزارش شده است. در آزمایش حاضر در بین ارقام آفتابگردان نیز با توجه به ویژگی‌های ژنتیکی آنها، رقم لاباد با میانگین ۳۳/۶ درصد و رقم شکیرا با میانگین ۲۴/۱ درصد به ترتیب بیشترین و کمترین مقدار شاخص برداشت را داشتند (جدول ۶). احتمال دارد که تفاوت در میزان فتوسنتز و انتقال کربوهیدرات‌ها به دانه و همچنین قدرت انتقال مجدد مواد فتوسنتزی ذخیره‌ای در ارقام آفتابگردان، باعث تفاوت در مقدار شاخص برداشت آن‌ها در آزمایش حاضر بوده باشد.

عملکرد دانه است (Arab *et al.*, 2018). کاهش عملکرد روغن آفتابگردان در شرایط کمبود آب در نتایج تحقیقات مشابه نیز گزارش شده است (Mehrpooyan *et al.*, 2010). ارقام آفتابگردان مورد ارزیابی با توجه به ماهیت ژنتیکی و واکنش به شرایط محیطی، ظرفیت عملکرد دانه و محتوای روغن دانه‌ها، از لحاظ عملکرد روغن ۴۴ درصد تفاوت داشتند. رقم اسکار با میانگین ۱۶۱۰ کیلوگرم در هکتار و رقم شکیرا با میانگین ۹۰۰ کیلوگرم در هکتار، به ترتیب بیشترین و کمترین عملکرد روغن را داشتند (جدول ۶). با توجه به وابستگی عملکرد روغن آفتابگردان به عملکرد دانه، منطقی است که ارقامی که عملکرد دانه بالاتری دارند، عملکرد روغن بیشتری هم داشته باشند.

نتایج نشان داد که بیشترین مقدار شاخص برداشت در تیمار آبیاری کامل با میانگین ۳۰/۷ درصد و در تیمار کم آبیاری ۹۰ درصد، با کاهش ۱۱ درصدی، به کمترین مقدار با میانگین ۲۷/۴ درصد رسید (جدول ۶). با وقوع تنش خشکی، تخصیص مواد فتوسنتزی گیاه به

جدول ۶- مقایسه میانگین صفات گیاهی ارقام آفتابگردان در تیمارهای آبیاری

Table 6. Mean comparison of plant traits of sunflower cultivars in irrigation treatments

تیمارهای آبیاری	وزن هزاردانه	روغن دانه	عملکرد روغن	شاخص برداشت
Irrigation treatments	1000 seed weight (g)	Seed oil content (%)	Oil yield (kg.ha ⁻¹)	Harvest index (%)
آبیاری کامل (۵۰ درصد، شاهد) Full irrigation (50%; Control)	46.6a	34.8a	1580a	30.7a
کم آبیاری (۷۰ درصد) Deficit irrigation (70%)	36.8b	29.0b	1110b	27.5b
کم آبیاری (۹۰ درصد) Deficit irrigation (90%)	29.9c	26.6b	990b	27.4b
LSD	4.9	4.2	180	2.1
ارقام آفتابگردان				
Sunflower cultivars				
Oscar اسکار	34.2c	36.0a	1610a	30.8ab
Felix فلیکس	35.2bc	31.0b	1300b	26.9cd
Shakira شکیرا	33.8c	29.0b	900c	24.1d
Savana ساوانا	38.8b	30.4b	1280b	29.5bc
Labad لاباد	45.5a	24.5c	1120b	33.6a
Monaliza مونالیزا	39.1b	30.1b	1160b	26.3cd
LSD	4.3	3.7	180	3.7

در هر ستون میانگین‌هایی که دارای حروف مشترک هستند، بر اساس آزمون آزمون حداقل اختلاف معنی‌دار 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

ساوانا و فلیکس و کم‌ترین مقدار آن‌ها نیز با ۱۹/۲، ۲۵/۱ و ۲۶/۶ درصد کاهش، به ترتیب در ارقام مونا لیزا، اسکار و ساوانا مشاهده شدند. چهار اسید چرب اسید پالمیتیک، اسید استئاریک، اسید اولئیک و اسید لینولئیک، به عنوان اسیدهای چرب غالب روغن ارقام آفتابگردان با مجموع ۹۴/۰، ۹۴/۳، ۹۴/۴، ۹۱/۰، ۹۴/۷ و ۹۴/۶ درصد، به ترتیب در ارقام اسکار، فلیکس، شکیرا، ساوانا، لباد و مونا لیزا به دست آمدند (جدول ۷). اثر محیط و ژنتیک بر تغییر در ترکیب اسیدهای چرب روغن هیبریدهای آفتابگردان توسط سایر محققان نیز گزارش شده است (Van der Merwe, 2015).

نتایج نشان داد که تیمار کم آبیاری ۷۰ درصد در مقایسه با تیمار آبیاری کامل باعث افزایش ۱۸ درصدی پروتئین دانه ارقام آفتابگردان شد. تیمار آبیاری کامل با میانگین ۱۶/۱ درصد و تیمار کم آبیاری ۷۰ درصد با میانگین ۱۹/۷ درصد، به ترتیب کمترین و بیشترین میزان پروتئین دانه را داشتند. در نتایج سایر پژوهش‌ها نیز افزایش میزان پروتئین دانه آفتابگردان در تیمار کم آبیاری، در اثر کاهش طول دوره رشد و نمو، افزایش شدت تنفس، کاهش جذب عناصر غذایی و کاهش نسبت کربوهیدرات به پروتئین، گزارش شده است (Hamzei et al., 2017). با افزایش شدت کم آبیاری در تیمار کم آبیاری ۹۰ درصد، میزان پروتئین دانه کاهش یافت (شکل ۲). گزارش شده است که در شرایط کمبود آب، فعال شدن سازوکارهایی باعث افزایش میزان پروتئین دانه ارقام آفتابگردان می‌شود، اما با تداوم کم آبی و شدت گرفتن آن، به تدریج تخریب برخی پروتئین‌ها آغاز شده و محتوای پروتئین موجود برای حفظ و تنظیم فشار اسمزی کاهش می‌یابد (Sadat Asilan, 2016). نتایج مشابهی درباره روند ذخیره پروتئین دانه آفتابگردان در شرایط کمبود متوسط و شدید آب گزارش شده است (Alahdadi et al., 2011).

نتایج ارزیابی ترکیب اسیدهای چرب ارقام آفتابگردان با استفاده از روش کروماتوگرافی گازی چهار نوع اسید چرب غالب شناسایی شدند که شامل دو اسید چرب اشباع اسید پالمیتیک ($C_{16:0}$) و اسید استئاریک ($C_{18:0}$)، یک اسید چرب تک غیر اشباع اسید اولئیک ($C_{18:1;9}$) و یک اسید چرب چند غیر اشباع اسید لینولئیک ($C_{18:2;9,12}$) بودند که مجموع آنها در تیمارهای آبیاری کامل، کم آبیاری ۷۰ درصد و کم آبیاری ۹۰ درصد به ترتیب ۹۶/۶، ۹۳/۲ و ۹۱/۷ درصد بود (جدول ۷). نتایج مقایسه میانگین‌ها نشان داد که میزان اسید پالمیتیک در تیمار آبیاری کامل ۶/۸۵ درصد بود و در تیمار کم آبیاری ۹۰ درصد با ۱۷/۶۶ درصد افزایش به ۸/۳۲ درصد رسید. میزان اسید استئاریک نیز با افزایش شدت کم آبیاری ۲۵ درصد افزایش یافت، به طوری که در تیمار آبیاری کامل با میانگین ۳/۳۷ درصد و تیمار کم آبیاری ۹۰ درصد با میانگین ۴/۵۰ درصد، به ترتیب کمترین و بیشترین میزان اسید استئاریک به دست آمد. میزان اسید اولئیک و اسید لینولئیک نیز در تیمار آبیاری کامل به ترتیب ۳۸/۳ و ۴۸/۱ درصد بود و مقدار آن‌ها با افزایش شدت کم آبیاری کاهش یافت، به طوری که در تیمار کم آبیاری ۹۰ درصد، میزان اسید اولئیک و اسید لینولئیک به ترتیب با ۱۱/۱۹ و ۶/۶۹ درصد کاهش، به ۳۴/۰ و ۴۴/۸ درصد رسید (جدول ۷). در تحقیقات هم‌راستا نیز نتایج مشابهی درباره ترکیب اسیدهای چرب روغن دانه آفتابگردان گزارش شده است (Alahdadi et al., 2011). علت کاهش میزان اسید اولئیک می‌تواند مربوط به تغییر فعالیت آنزیم‌های دخیل در سنتز این اسید چرب در اثر کم آبی باشد (Esmailian et al., 2012). در بین ارقام آفتابگردان مورد بررسی نیز با توجه به ویژگی‌های ژنتیکی، بیش‌ترین میزان اسید استئاریک با میانگین ۴/۴۱ درصد، اسید اولئیک با میانگین ۴۲/۶ درصد، اسید لینولئیک با میانگین ۵۰/۰ درصد، به ترتیب در ارقام اسکار،

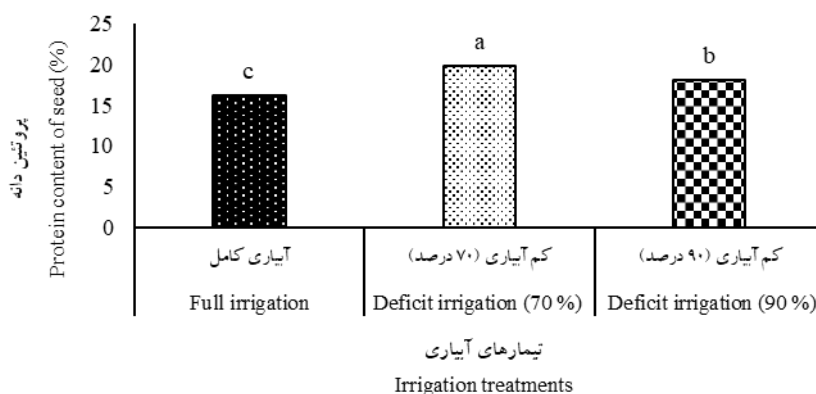
جدول ۷ - مقایسه میانگین ترکیب اسیدهای چرب روغن ارقام آفتابگردان در تیمارهای آبیاری

Table 7. Mean comparison of fatty acids content of oil of sunflower cultivars in irrigation treatments

تیمارهای آبیاری Irrigation treatments	اسید پالمیتیک Palmitic acid (C ₁₆ :0) (%)	اسید استئاریک Stearic acid (C ₁₈ :0) (%)	اسید اولئیک Oleic acid (C ₁₈ :1) (%)	اسید لینولئیک Linoleic acid (C ₁₈ :2) (%)	مجموع اسیدهای چرب Total fatty acids (%)
آبیاری کامل (۵۰ درصد، شاهد) Full irrigation (50%; Control)	6.85b	3.37b	38.3a	48.1a	96.6
کم آبیاری (۷۰ درصد) Deficit irrigation (70%)	7.71a	3.98a	35.4ab	46.1ab	93.2
کم آبیاری (۹۰ درصد) Deficit irrigation (90%)	8.32a	4.50a	34.0b	44.8b	91.7
LSD	0.69	0.57	3.07	2.97	-
ارقام آفتابگردان Sunflower cultivars					
Oscar اسکار	7.88a	4.41a	31.9d	49.8a	94.0
Felix فلیکس	7.46a	3.70bc	33.1cd	50.0a	94.3
Shakira شکیرا	7.73a	3.83bc	34.6bcd	48.2ab	94.4
Savana ساوانا	7.73a	4.02abc	42.6a	36.7c	91.0
Labad لآباد	7.68a	4.20ab	37.1b	45.7b	94.7
Monaliza مونالیزا	7.26a	3.56c	36.0bc	47.7ab	94.6
LSD	0.81	0.54	3.43	3.67	-

در هر ستون میانگین‌هایی که دارای حروف مشترک هستند، بر اساس آزمون آزمون حداقل اختلاف معنی‌دار 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



شکل ۲- مقایسه میانگین محتوای پروتئین دانه ارقام آفتابگردان در تیمارهای آبیاری

Fig. 2. Mean comparison of protein content of seed of sunflower cultivars in irrigation treatments

داد که عملکرد دانه ارقام آفتابگردان مورد آزمایش در تیمارهای کم آبیاری در مقایسه با آبیاری کامل کاهش داشت و میزان این کاهش بسته به ماهیت رقم و تیمار کم آبی متفاوت بود. بر این اساس ارقام آفتابگردان فلیکس و لآباد با توجه به برتری عملکرد دانه در تیمارهای کم آبیاری، به عنوان ارقام مناسب برای شرایط آب و هوایی محل اجرای آزمایش شناخته شدند.

سپاسگزاری

بدینوسیله از حوزه معاونت پژوهش و فناوری دانشگاه شهید چمران اهواز بابت تامین هزینه مورد نیاز این تحقیق که قسمتی از قرارداد پژوهانه به شماره ۹۸/۳/۰۵/۱۴۹۰۹ بوده و نیز از مدیریت شرکت کشت و صنعت شهید رجایی دزفول و همچنین مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی صفی آباد، بابت همکاری و در اختیار قرار دادن امکانات اجرایی آزمایش تشکر و قدردانی می شود.

نتیجه گیری

نتایج آزمایش حاضر نشان داد که کم آبیاری باعث کاهش وزن هزار دانه، شاخص برداشت، عملکرد دانه، درصد و عملکرد روغن و در مقابل افزایش محتوای پروتئین دانه ارقام آفتابگردان نسبت به تیمار آبیاری کامل شد. بالاترین مقدار عملکرد دانه به مقدار ۵۳۴۰ کیلوگرم در هکتار در رقم اسکار (شاهد متداول منطقه) در تیمار آبیاری کامل بدست آمد. رقم فلیکس با توجه به کمترین مقدار کاهش عملکرد دانه در تیمار کم آبیاری ۹۰ درصد و رقم لآباد نیز با توجه به بیشترین مقدار عملکرد دانه در هر دو سطح کم آبیاری، ارقام برتر آزمایش حاضر بودند. بیشترین میزان اسیدهای چرب روغن دانه ارقام آفتابگردان شامل چهار اسید چرب اسید پالمیتیک، اسید استئاریک، اسید اولئیک و اسید لینولئیک بود و نسبت اسیدهای چرب غیر اشباع به اشباع در تیمارهای کم آبیاری در مقایسه با آبیاری کامل، روند کاهشی داشتند. نتایج آزمایش حاضر نشان

References

- Abbasi Syhejani, E., Farhoush, F., Kazemi Arbat, H. and Khurshidi Benam, M.B. 2012. Effect of drought stress on seed yield and some morpho - physiological traits of sunflower. *Environmental Stresses in Crop Sciences*, 5(2), pp.193-196. [In Persian]. doi: 10.22077/escs.2013.125
- Alahdadi, I., Oraki, H., and Parhizkar Khajani, F. 2011. Investigation of the fatty acid compositions and

منابع مورد استفاده

- some chemical characteristics in sunflower hybrids under water deficit stress. *Journal of Food Science and Technology (Iran)*, 8(28), pp.9-18. [In Persian]. <http://fsc.modares.ac.ir/article-7-6326-fa.html>
- Allaf, M., and Shokoohfar, A. 2015.** Interaction deficit irrigation operations and nitrogen rates on the quantitative yield and oil percentage of sunflower Sanbura cultivar (*Helianthus annuus* L.). *Crop Physiology Journal*, 7(28), pp.61-72. [In Persian]. <http://cpj.ahvaz.iau.ir/article-1-590-fa.html>
- Anastasi, U., Santonoceto, C., Giuffrè, A.M., Sortino, O., Gresta, F., and Abbate, V. 2010.** Yield performance and grain lipid composition of standard and oleic sunflower as affected by water supply. *Field Crops Research*, 119(1), pp.145-153. <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2010.07.001>
- Andrianasolo, F.N., Debaeke, P., Champolivier, L., and Maury, P. 2016.** Analysis and modelling of the factors controlling seed oil concentration in sunflower: a review. *Oilseeds and Fats, Crops and Lipids*, 23(2), pp.1-12. <https://doi.org/10.1051/ocl/2016004>
- Arab, R., Yadavi, A.R., Balochi, H.R., and Khadem Hamzeh, H.R. 2018.** The effect of irrigation interval and iron and zinc foliar application on some morpho-physiological characteristics and yield of sunflower. *Crop Production*, 11(2), pp.77-90. [In Persian]. doi: 10.22069/ejcp.2018.12696.2018
- Ataei Kachouei, M., Karimi, M., Majd Nasiri, B., Lotfifar, O., and Motaghi, S. 2010.** The investigating of limited irrigation effect on agronomic characteristics and yield of sunflower cultivars. *Journal Plant and Ecosystem*, 6(22), pp.89-110. [In Persian]. <https://sid.ir/paper/145419/fa>
- Carrubba, A., La Torre, R., Saiano, F., and Aiello, P. 2008.** Sustainable production of fennel and dill by intercropping. *Agronomy for Sustainable Development*, 28(2), pp.247-256. <https://doi.org/10.1051/agro:2007040>
- Cert, A., Moreda, W., and Pérez-Camino, M.D.C. 2000.** Methods of preparation of fatty acid methyl esters (FAME). Statistical assessment of the precision characteristics from a collaborative trial. *Grasas y Aceites*, 51(6), pp.447-456. <https://doi.org/10.3989/gya.2000.v51.i6.464>
- Coriolano, A.C.F., Melo, P.M., Lima, A.J., dos Santos Medeiros, A.R., Gondim, A.D., Peixoto, C.G., and de Araujo, A.S. 2014.** Thermal and oxidation stability of sunflower methanolic biodiesel and blends of biodiesel/diesel. *Runpetro – ISSN, 2316 – 6681*, 2 (2), pp.39-44. <https://www.academia.edu/100755808>
- Debaeke, P., Casadebaig, P., Flenet, F., and Langlade, N. 2017.** Sunflower crop and climate change: vulnerability, adaptation, and mitigation potential from case - studies in Europe. *Oilseeds and Fats, Crops and Lipids*, 24(1), pp.1-16. D 102. <https://doi.org/10.1051/ocl/2016052>
- Díaz, M.F., Sánchez, Y., Gómez, M., Hernández, F., Veloso, M.D.C., Pereira, P.D.P., Mangrich, A.S., and de Andrade, J.B. 2012.** Physicochemical characteristics of ozonated sunflower oils obtained by different procedures. *Grasas y Aceites*, 63(4), pp.466-474. <https://doi.org/10.3989/gya.073212>
- Esmailian, Y., Sirousmehr, A.R., Asghripour, M.R., and Amiri, E. 2012.** Comparison of sole and combined nutrient application on yield and biochemical composition of sunflower under water stress. *International*

Journal of Applied Pharmaceutics, 2, pp.214-220. https://soil.tabrizu.ac.ir/article_2815.html

- Ghaffari, M., Farrokhi, E., Rahmanpour, S., Daneshian, J., Nasserghadimi, F., and Yazdandoost, M. 2018.** Shams, new medium maturity sunflower hybrid adapted to spring cropping in temperate and cold regions and summer cropping in temperate regions of Iran. *Journal of Research Achievements for Field and Horticulture Crops*, 7(2), pp.221-233. [In Persian]. doi: 10.22092/rac.2019.110790.1076
- Hamzei, J., Nejafi, H., and Babaei, M. 2017.** Effect of Irrigation and nitrogen on agronomic parameters, yield, grain quality and agronomic nitrogen use efficiency of sunflower (*Helianthus annuus* L.). *Iranian Journal of Field Crop Research*, 14(4), pp.686-698. [In Persian]. doi: 10.22067/gsc.v14i4.43336
- Izan, T., Javanmard, A., Shekari, F., Sabaghnia, N., and Abbasi, A. 2020.** Evaluation of yield, yield components and some physiological traits of sunflower with integrative application of biological, chemical, and organic fertilizers under different irrigation levels. *Journal of Agricultural Science and Sustainable Production*, 30 (3), pp.87-111. [In Persian]. doi: sustainagriculture.tabrizu.ac.ir/article_11435.html
- Kaya, M.D., and Kolsarici, Ö. 2011.** Water use features of sunflower (*Helianthus annuus* L.) hybrids irrigated at different growth stages. *Tarla Bitkileri Merkez Araştırma Enstitüsü Dergisi*, 20(1), pp.1-5. <https://doi.org/dergipark.org.tr/tr/pub/tarbitderg/issue/11501/136995>
- Maghsoudi, B., Lak, Sh., Ghaffari, M., Alavi Fazel, M., and Sakinezhad, T. 2019.** Effect of agronomic traits and drought resistance indices on determination of susceptible and tolerant sunflower lines. *Agricultural Research Journal*, 11(4), pp.339-358. [In Persian]. doi: sanad.iau.ir/journal/behzeraee
- Martin, D.L., Stegman E.C., and Fereres E. 1990.** Irrigation scheduling principles. In: Management of Farm Irrigation Systems. *American Society of Agricultural Engineers*, St. Joseph. MI. USA. pp.155-203. <http://iwmi.catalog.cgiar.org/dbtw-wpd/exec/dbtwpub.dll>
- Mehrpouyan, M., Gulshan, A.N., and Sayfzadea, S. 2010.** Effect of irrigation stop at different growth stages on some agronomic traits of sunflower (*Helianthus annuus* L.) under three plant densities in Takestan region, Iran. *Plant Ecophysiol*, 2, pp.137-144. [In Persian]. doi: www.magiran.com/paper/1040678
- Pekcan, V., Evcı, G., Yılmaz, M.I., Nalcaiyi, A.S.B., Erdal, S.Ç., Cicek, N., Ekmekci, Y., and Kaya, Y. 2015.** Drought effects on yield traits of some sunflower inbred lines. *Agriculture and Forestry*, 61(4), pp.101-107. <https://doi.org/10.17707/AgricultForest.61.4.10>
- Qayyum, A., Khan, S.U., Khan, S.A., Mehmood, A., Bibi, Y., Sher, A., and Jenks, M. 2017.** Sunflower (*Helianthus annuus* L.) hybrids evaluation for oil quality and yield attributes under spring planting conditions of Haripur. *Pakistan. Planta Daninha*, 35, pp.1-6. <https://doi.org/10.1590/S0100-83582017350100003>
- Sadat Asilan, K. 2016.** Effect of water deficit stress on soluble sugars, proline, protein and chlorophyll content in Sunflower (*Helianthus annuus* L.) hybrids. *Iranian Journal of Field Crop Science*, 47(2), pp.175-184. [In Persian]. doi: 10.22059/ijfcs.2016.58852

- Safavi, A., Pourdada, S.S., and Jamshid Moghaddam, M. 2011.** Identification of drought resistant genotypes in sunflower (*Helianthus annus* L.). *Seed and Plant Journal*, 27(2), pp.129-148. [In Persian]. doi: 10.22092/SPIJ.2017.111055
- Safavi, S.M. 2020.** Evaluation drought tolerance of sunflower inbred lines and synthetic cultivars at temperate climate of Kermanshah. *Journal of Plant Environmental Physiology*, 15(58), pp.11-27. [In Persian]. doi: sanad.iau.ir/en/Article/983539
- Sezen S.M., Yazar, A., Kapur, B., and Tekin, S. 2011.** Comparison of drip and sprinkler irrigation strategies on sunflower seed and oil yield and quality under Mediterranean climatic conditions. *Agricultural Water Management*, 98(7), pp.1153-1161. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2011.02.005>
- Soleymani, F., Ahmadvand, G., and Safari sanjani, A.A. 2016.** The Effect of chemical, biological and organic nutritional treatments on sunflowers yield and yield components under the influence of water deficit stress. *Journal of Agroecology*, 8(1), pp.107-119. [In Persian]. <https://www.sid.ir/paper/211101/en>
- Tahramooz, A., and Ghalavand, A. 2018.** Reducing the effects of water stress using vermicompost and mineral zeolite in sunflower (*Helianthus annus* L.). *Journal of Agroecology*, 10(1), pp.81-93. [In Persian]. doi: 10.22067/jag.v10i1.50765
- Totsky, I.V., and Lyakh, V.A. 2015.** Pollen selection for drought tolerance in sunflower. *Helia*, 38(63), pp.211-220. <http://dx.doi.org/10.1515/helia-2015-0012>
- Van der Merwe, R., Labuschagne, M.T., Herselman, L., and Hugo, A. 2015.** Effect of heat stress on seed yield components and oil composition in high-and mid-oleic sunflower hybrids. *South African Journal of Plant and Soil*, 32(3), pp.121-128. <https://doi.org/10.1080/02571862.2015.1018354>
- Vanclouster, M., Gonzalez, C., Vanderborght, J., Mallants, D., and Diels, J. 1994.** An indirect calibration procedure for using TDR in solute transport studies. Special Issue, US Department of Interior Bureau of Mines, Washington DC. USA. pp.215-226.