# بررسی اثر کمبود آب بر عملکرد دانه و برخی صفات مورفوفیزیولوژیکی ارقام امیدبخش آفتابگردان

محمد مهدی مطیعی[۱]، علیرضا سیروس‌مهر[۲*]، عیسی خمری[۳] و احمد نادری[۴]

۱) دانشجوی دکتری گروه زراعت، دانشگاه زابل، زابل، ایران.

۲) دانشیار گروه زراعت، دانشگاه زابل، زابل، ایران.

۳) استادیار گروه زراعت، دانشگاه زابل، زابل، ایران.

۴) دانشیار مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان، اهواز. ایران.

**[*]نویسنده مسئول: asirousmehr@uoz.ac.ir**

**این مقاله برگرفته از رساله دکتری می باشد.**

**تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۰۲/۱۷** **تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۰۵/۱۵**

## چکیده

**یکی از مهم‌ترین مدیریت‌های مزرعه برای دستیابی به شرایط مطلوب رشد جامعه گیاهی و عملکرد مناسب، تأمین آب کافی می‌باشد تا گیاه در مراحل حساس رشد دچار تنش رطوبتی نگردد. این مطالعه به‌صورت کرت‌های خرد شده در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با ۴ تکرار در مرکز تحقیقات کشاورزی اهواز طی دو سال ۹۶-۱۳۹۵ اجرا شد. رژیم آبیاری پس از تبخیر ۵۰، ۷۰ و ۹۰ میلی‌متر از تشت تبخیر کلاس A در کرت‌های اصلی و شش رقم پروگرس، فرخ، برزگر، رکورد، آذرگل و لاکومکا در کرت-های فرعی قرار گرفتند. نتایج نشان داد ارتفاع بوته، قطر طبق، وزن هزاردانه، درصد روغن، عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک، رنگدانه‌های فتوسنتزی با افزایش رژیم آبیاری از ۵۰ به ۹۰ میلی‌متر تبخیر از تشت تبخیر کلاس A به‌طور معنی‌داری کاهش و صفات پرولین و مالون دی‌آلدئید افزایش یافتند. هم‌چنین اثرات سه جانبه سال، رژیم آبیاری و رقم برای صفات وزن هزار دانه، عملکرد دانه و پرولین معنی‌دار به‌دست آمد. بیش‌ترین وزن هزاردانه (۸۰/۳ گرم) و عملکرد دانه (۲۵۲۹ کیلوگرم در هکتار) از ترکیب تیماری ۵۰ میلی‌متر تبخیر از تشت تبخیر و رقم رکورد طی دو سال آزمایش و بیش‌ترین غلظت پرولین (۲۰/۸ میلی‌گرم بر گرم وزن تر برگ) در ترکیب تیماری ۹۰ میلی‌متر تبخیر از تشت تبخیر و رقم رکورد طی دو سال به‌دست آمد. لذا با توجه به نتایج برای منطقه اهواز رقم رکورد و آبیاری ۵۰ میلی متر از تشت تبخیر قابل توصیه می‌باشد.**

**واژه‌های کلیدی:** پرولین، درصد روغن، رقم رکورد و مالون دی‌آلدئید.

[ Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-10-10 ]

**مقدمه**

آفتابگردان[1] یکی از مهم‌ترین گیاهان زراعی جهت تولید روغن خوراکی در جهان است که در سطح وسیعی کشت می‌گردد. حدود هشت درصد از کل تولید روغن جهان به آفتابگردان اختصاص دارد. مزیت‌های نسبی آفتابگردان در مقایسه با برخی دیگر از گیاهان دانه روغنی طول دوره رشد کوتاه، رشد و نمو سریع، سازگاری با شرایط آب و هوایی و بی‌تفاوت بودن نسبت به طول روز است. در واقع، آفتابگردان یکی از دانه‌های روغنی عمده در جهان است که به‌دلیل مناسب بودن نیازهای زراعی، عملکرد بالای روغن، بالا بودن ارزش غذایی و نداشتن عوامل ضد تغذیه‌ای، سطح زیر کشت آن افزایش یافته است (Machekposhti *et al*., 2017). نتایج تحقیقات Phiri و Zimba (۲۰۱۸) نشان داد که پارامترهای رشد از جمله بیوماس و عملکرد دانه با کاهش آبیاری اعمال شده کاهش می‌یابد. هم‌چنین عملکرد و اجزای عملکرد به دلیل کاهش میزان آبیاری برای هر دوره آبیاری کاهش یافت. نتایج Buriri و همکاران (۲۰۱۵) نشان داد که کم آبیاری و کاهش تعداد آبیاری باعث کاهش تعداد روز گلدهی (تا ۷۵ درصد) شد. در شرایط تنش خشکی با کاهش مقدار آب قابل دسترس، فتوسنتز کاهش یافته و متعاقب آن تولید ماده خشک گیاه نیز کاهش می‌یابد (Yang *et al*., 2007). مقدار رنگیزه فتوسنتزی کلروفیل در گیاهان زنده یکی از فاکتورهای مهم حفظ ظرفیت فتوسنتزی است (Gusegnova *et al*., 2011). دوام فتوسنتز و حفظ کلروفیل برگ تحت شرایط تنش از جمله شاخص‌های فیزیولوژیکی مقاومت به تنش است. تنش خشکی باعث تولید اکسیژن فعال همراه با کاهش و تجزیه کلروفیل می‌شود. در طی تنش، کلروفیل‌ها در کلروپلاست تجزیه و ساختارهای تیلاکوئید ناپدید می‌گردند (Sharifa and Muriefah, 2015). طاهری و همکاران (۱۳۹۷) نشان دادند که تنش آبی باعث کاهش معنی‌دار صفات مورد بررسی ارقام گلرنگ در مقایسه با عدم تنش کم‌آبی شد، به‌طوری‌که تنش شدید آبی باعث کاهش ارتفاع بوته (۱۵ درصد)، عملکرد دانه (۲۹ درصد)، تعداد دانه در طبق (۲۲ درصد)، وزن طبق (۱۷ درصد)، درصد روغن دانه (۴ درصد)، عملکرد روغن (۳۶ درصد) و کلروفیل کل (۳۲ درصد) نسبت به شرایط عدم تنش شد. انباشت پرولین در گیاهان تحت تنش به واسطه سنتز پرولین و غیر فعال شدن تخریب آن است. افزایش محتوای پرولین در شرایط تنش باعث محافظت غشای سلولی، پروتئین‌ها، آنزیم‌های سیتوپلاسمی و مهار گونه‌های فعال اکسیژن و حذف رادیکال‌های آزاد می‌گردد (Liang *et al*., 2013). رادیکال‌های آزاد اکسیژن یا واکنش‌های پراکسیداسیون لیپیدها در غشای گیاه به‌طور انتخابی اسیدهای چرب غیراشباع را تجزیه کرده، باعث انباشت آلدهیدها و هیدروکربن‌ها می‌شود. برای سنجیدن میزان تنش وارد شده به سلول‌های گیاهی و پی بردن به دخیل بودن رادیکال‌های آزاد اکسیژن در اثر تنش، میزان مالون‌دی‌آلدهید (MDA) به‌عنوان فراوان‌ترین محصول حاصل از تجزیه لیپید آلدهیدی که نتیجه پراکسیداسیون

1- *Helianthus annuus* L.

[ Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-10-10 ]

لیپیدی است اندازه‌گیری می‌شود (Davey *et al*., 2005). با توجه محدودیت منابع آب از یک سو و افزایش نیاز به دانه-های روغنی از سوی دیگر، تعیین یک الگوی بهینه آبیاری برای آفتابگردان در منطقه خوزستان چندان مورد توجه قرار نگرفته است. هدف از این تحقیق یافتن رژیم آبیاری برای آفتابگردان در شرایط آب و هوایی خوزستان و معرفی ارقام با عملکرد بالا و سازگار با شرایط آب و هوایی این استان می‌باشد.

## مواد و روش‌ها

این تحقیق در مرکز تحقیقات کشاورزی اهواز طی دو سال ۹۶-۱۳۹۵ انجام شد. شهر اهواز از نظر تقسیمات اکولوژیکی جزء مناطق نیمه بیابانی (در قسمت جنوبی) و استپ گرم (در قسمت شمال شرق) محسوب می‌شود. مشخصات اقلیمی منطقه طرح در طی دو سال مورد مطالعه در جدول ۱ ارائه شده است. قبل از اجرای آزمایش، از خاک در چهار عمق ۱۵-۰، ۳۰-۱۵، ۴۵-۳۰ و ۶۰-۴۵ سانتی‌متر نمونه‌گیری مرکب به عمل آمد و نمونه‌های مورد نظر در آزمایشگاه خاک‌شناسی مرکز تحقیقات کشاورزی اهواز مورد تجزیه قرار گرفت (جدول ۲).

**جدول ۱: مشخصات اقلیمی منطقه طی دوره رشد در دو سال آزمایش**

| | سال ۱۳۹۵ | | | | سال ۱۳۹۶ | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ماه | بارندگی (میلیمتر) | میانگین دمایی (درجه سانتی‌گراد) | رطوبت نسبی (درصد) | سرعت باد (کیلومتر بر ساعت) | بارندگی (میلیمتر) | میانگین دمایی (درجه سانتی‌گراد) | رطوبت نسبی (درصد) | سرعت باد (کیلومتر بر ساعت) |
| مرداد | ۰ | ۳۷ | ۳۱/۶ | ۲۷/۵۳ | ۰ | ۳۹ | ۳۲ | ۲۶/۵۴ |
| شهریور | ۰/۱ | ۳۳/۵ | ۳۲/۶ | ۲۵/۲۳ | ۰ | ۳۴ | ۳۰ | ۲۶/۲۱ |
| مهر | ۸ | ۲۷/۵ | ۳۷ | ۲۲/۵۲ | ۷ | ۲۸ | ۳۶/۵ | ۲۱/۵۲ |
| آبان | ۳۶ | ۲۰ | ۵۰ | ۲۱/۹ | ۳۶ | ۲۱ | ۴۵ | ۲۱/۸ |

**جدول ۲: خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش در چهار عمق مورد بررسی**

| عمق | بافت | شن | رس | سیلت | اسیدیته | هدایت الکتریکی | CHC | کربن | نیتروژن | پتاسیم | فسفر |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| (سانتی‌متر) | | (درصد) | | | | (دسی‌زیمنس/متر) | (emol/gr) | (درصد) | | (میلی‌گرم/کیلوگرم) | |
| ۱۵-۰ | لوم رسی | ۱۶ | ۴۰ | ۴۴ | ۷/۳ | ۱/۸ | ۱۹/۳ | ۰/۷۸ | ۰/۷۶ | ۲۴۵ | ۱۱/۳۸ |
| ۳۰-۱۵ | لوم رسی | ۱۸ | ۳۸ | ۴۴ | ۷/۱ | ۱/۴ | ۱۵/۲ | ۰/۵۶ | ۰/۴۲ | ۲۲۴ | ۱۰/۲۱ |
| ۴۵-۳۰ | لوم رسی | ۱۱ | ۴۸ | ۴۱ | ۷/۲ | ۱/۲ | ۱۵/۸ | ۰/۳۸ | ۰/۲۶ | ۱۹۶ | ۸/۳ |
| ۶۰-۴۵ | لوم رسی | ۱۳ | ۵۳ | ۳۵ | ۷/۲ | ۳/۵ | ۱۶/۹ | ۰/۳۲ | ۰/۲۰ | ۱۷۲ | ۵/۳ |

ابتدا به عمق ۳۰ سانتی‌متر شخم و سپس عملیات دیسک‌زنی و تسطیح انجام گرفت. کودپاشی بر اساس نتایج تجزیه خاک (۱۵۰ کیلوگرم اوره و ۲۰۰ کیلوگرم فسفات پتاسیم در هکتار) بود. رژیم آبیاری پس از تبخیر ۵۰، ۷۰ و ۹۰ میلی‌متر

[ Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-10-10 ]

از تشت تبخیر کلاس A به ترتیب به عنوان عدم تنش، تنش ملایم و شدید، در کرت‌های اصلی و شش رقم پروگرس (مبدا یوگسلاوی، آزاد گرده افشان و پرمحصول)، فرخ (زودرس)، برزگر (پرمحصول)، رکورد (تجاری، مبدا رومانی، دیررس، آزاد گرده افشان و پر محصول)، آذرگل (درصدروغن بالا و پرمحصول) و لاکومکا (آبی و تابستانه) در کرت‌های فرعی قرار گرفتند. کرت فرعی شامل ۶ ردیف کاشت، فاصله ردیف‌ها ۶۰ سانتی‌متر و به صورت جوی پشته و فاصله بین بوته‌ها ۱۷ سانتی‌متر و با ترکم ۱۰ بوته در مترمربع درنظر گرفته شد. کاشت در ۱۵ مرداد ماه انجام گرفت. بذر مورد استفاده از مرکز تحقیقات کشاورزی اهواز تهیه شد. اعمال تیمارهای آبیاری پس از استقرار کامل گیاهچه‌ها (دو هفته پس از کاشت در مرحله شش برگی) صورت گرفت. مراقبت‌های پس از کاشت شامل آبیاری، وجین (به‌صورت دستی) و سله‌شکنی به طور منظم انجام شد. طبق‌های واقع در ردیف‌های کاشت مورد نمونه‌برداری، پس از پایان دوران گرده‌افشانی توسط کاغذ روزنامه پوشانیده شد تا از خسارت گنجشک محفوظ بمانند. برداشت در تاریخ ۱۵ آبان و در مرحله رسیدگی فیزیولوژیک (مرحله‌ای که طبق‌ها زرد و براکته‌ها قهوه‌ای شد) با حذف اثر حاشیه‌ای انجام شد. برای اندازه‌گیری رنگیزه‌های فتوسنتزی (کلروفیل a، b، کاروتنوئید و کلروفیل کل) از روش Rangana (۱۹۷۷) استفاده شد.

اندازه‌گیری غلظت مالون‌دی‌آلدهید برگ از روش Heath و Packer (۱۹۶۸) به‌دست آمد. پرولین از روش Bates و همکاران (۱۹۷۳) و درصد روغن دانه نیز با دستگاه سوکسله (در دمای ۴۵ درجه سلسیوس و حلال دی اتیل اتر خشک) اندازه‌گیری شد (Huang *et al.*, 2006). تجزیه و تحلیل داده‌ها با کمک نرم‌افزار MSTATC و رسم نمودارها با استفاده از نرم‌افزار Excel انجام شد. قبل از تجزیه واریانس داده‌ها، آزمون یکنواختی واریانس اشتباهات آزمایشی انجام شد و نتیجه نشان داد که اشتباهات آزمایشی همگن می‌باشد. مقایسه میانگین داده‌ها با استفاده از آزمون حداقل اختلاف معنی‌دار (LSD) در سطح احتمال پنج درصد انجام شد.

## نتایج و بحث

### ارتفاع بوته

با توجه به نتایج اثر ساده رژیم آبیاری و رقم، برهم‌کنش رژیم آبیاری و رقم در سطح احتمال یک درصد و برهم‌کنش سال و رقم در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار و بقیه اثرها برای ارتفاع بوته غیرمعنی‌دار بود (جدول ۳). مقایسه میانگین برهم‌کنش سال و رقم بر ارتفاع بوته نشان داد که بیش‌ترین ارتفاع بوته (۱۶۹/۳ سانتی‌متر) در سال اول و رقم پروگرس مشاهده شد و در سال دوم همین رقم در رتبه بعدی قرار گرفت که با رقم رکورد در سال اول باهم اختلاف معنی‌دار نداشت (جدول ۴). همچنین برهم‌کنش رژیم آبیاری و رقم نشان داد که بیش‌ترین ارتفاع گیاه در شرایط تیماری آبیاری بعد از ۵۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک تبخیر (شاهد) و رقم پروگرس به‌دست آمد (جدول ۵). به‌طور کلی با افزایش سطح آبیاری (از ۵۰

[ Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-10-10 ]

به ۷۰ و ۹۰ میلی‌متر تبخیر) از ارتفاع بوته گیاه آفتابگردان کاسته می‌شود که با نتایج یدالهی و همکاران (۱۳۹۶) مطابقت دارد. طبق نتایج پژوهش‌های پیشین، از آنجا که در شرایط تنش خشکی فشار تورژسانس سلول‌های ساقه که در حال ازدیاد طول می‌باشند، کاهش می‌یابد و از طرفی تولید مواد اصلی فتوسنتز نیز کم می‌شود، لذا طول میانگره‌های ساقه و در نتیجه ارتفاع بوته تحت تأثیر خشکی کاهش می‌یابد (امام و نیک‌نژاد، ۱۳۹۰).

**قطر طبق**

نتایج تجزیه مرکب داده‌ها نشان داد برای این صفت برخی منابع تغییر معنی‌دار و برخی غیر معنی‌دار به‌دست آمد (جدول ۳). اثر متقابل سال و رقم بر میانگین قطر طبق نشان داد که بیش‌ترین قطر طبق از سال اول و رقم رکورد به‌دست آمد (جدول ۴). با توجه به نتایج برهم‌کنش سال و رژیم آبیاری بر میانگین قطر طبق، بیش‌ترین قطر طبق از ترکیب ۷۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک تبخیر و سال اول به‌دست آمد (جدول ۶). در شرایط آبیاری محدود، کمبود رطوبت قابل دسترس خاک موجب اختلال در فتوسنتز و عدم رشد کافی به‌همراه بیشتر شدن رقابت برای تخصیص مواد فتوسنتزی بین اندام‌های گیاه و در نهایت کاهش وزن و میزان حجم تولیدی اندام زایشی (طبق) می‌شود (حمزه‌ئی و همکاران، ۱۳۹۵). نتایج اثر اصلی تنش کم‌آبی در مرحله رشد رویشی، کاهش تعداد و اندازه برگ‌ها (کاهش فتوسنتز) است. ادامه تنش کم‌آبی، ریزش برگ‌های پایینی بوته را باعث می‌شود، با ادامه تنش کم‌آبی تعداد زیادی از گلچه‌ها و سلول‌های زایشی آسیب دیده و از حجم و تعداد آن‌ها کاسته می‌شود، در چنین شرایطی قطر طبق و تعداد دانه به طرز چشم‌گیری کاهش می‌یابد. در بررسی برهم‌کنش سال در رقم برای این صفت نشان داد که بیش‌ترین قطر طبق در سال‌های اول و دوم مربوط به رقم آذرگل می‌باشد (جدول ۷). با افزایش تنش از قطر طبق کاسته شده به‌طوری‌که بیش‌ترین مقدار آن در رقم آذرگل و سطح تنش ۵۰ میلی‌متر از تشتک تبخیر مشاهده شد. توضیح اینکه چنانچه تنش در مرحله زایشی رخ دهد کاهش قطر طبق به واسطه کاهش دوره پر شدن دانه‌ها و کاهش وزن دانه‌ها قابل توجیه است (یدالهی و همکاران، ۱۳۹۶).

**وزن هزاردانه**

نتایج تجزیه مرکب داده‌ها نشان داد که برخی اثرها معنی‌دار و برخی غیرمعنی‌دار برای این صفت به‌دست آمد (جدول ۳). اثرهای سه جانبه سال، رژیم آبیاری و رقم بر میانگین وزن هزاردانه نشان می‌دهد که بیش‌ترین مقدار وزن هزاردانه (۸۰/۳ گرم) از ترکیب تیماری ۵۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک تبخیر و رقم رکورد طی سال اول به‌دست آمد (جدول ۷). کاهش وزن هزار دانه به دنبال افزایش سطح آبیاری نیز به‌دلیل کاهش جذب آب و املاح توسط گیاه و به دنبال آن کاهش ساخت و انتقال مواد فتوسنتزی و آسیمیلات‌ها به دانه‌ها بوده است که در این شرایط گیاه حتی با انتقال مجدد ذخایر اندوخته شده خود نیز نتوانسته کاهش آسیمیلات ناشی از تنش را جبران نماید و این وضعیت منجر به کاهش وزن دانه‌ها

[ Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-10-10 ]

گردیده است، نتایج فنائی و همکاران (۱۳۹۴) و باغبان خلیل‌آباد و همکاران (۱۳۹۸) بر روی گلرنگ مبنی بر کاهش وزن هزار دانه در اثر تنش خشکی، با نتایج این آزمایش مطابقت داشت.

**جدول ۳: نتایج تجزیه مرکب برخی صفات مورد بررسی در گیاه آفتابگردان**

| منابع تغییر | درجه آزادی | میانگین مربعات | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | ارتفاع بوته | قطر طبق | وزن هزاردانه | درصد روغن | عملکرد دانه | عملکرد بیولوژیک |
| سال | ۱ | ۲۱۳/۸۹۱$^{ns}$ | ۵۶/۵$^{**}$ | ۴۷/۰۱۴$^{*}$ | ۲۷/۸۲۶$^{ns}$ | ۱۱۹۷۲/۰۰۷$^{ns}$ | ۱۹۱۶۷۷/۴۷۸$^{ns}$ |
| تکرار (سال) | ۶ | ۹۱/۱۷$^{ns}$ | ۴/۸۸۲$^{*}$ | ۳۵/۲۳۳$^{*}$ | ۴/۷۰۷$^{ns}$ | ۲۰۸۹۲/۵۱۶$^{*}$ | ۲۵۴۹۲۰۲/۰۳$^{ns}$ |
| تنش | ۲ | ۵۴۷۴/۹۲۸$^{**}$ | ۸/۷۳۱$^{*}$ | ۳۴۳۸/۲۰۹$^{**}$ | ۱۱۵۹/۷۵۹$^{**}$ | ۲۴۲۲۴۹۱/۵۹$^{**}$ | ۶۰۸۰۲۲۷۱/۶۹$^{**}$ |
| سال×تنش | ۲ | ۳/۵۴۳$^{ns}$ | ۱۵/۶۹۶$^{**}$ | ۱۱/۹۹۸$^{ns}$ | ۱۷/۳۰۲$^{ns}$ | ۲۸۱۷/۵۹$^{ns}$ | ۳۶۵۷۶۰/۸۹۳$^{ns}$ |
| اشتباه آزمایشی | ۱۲ | ۷۲/۲۴۱ | ۱/۳۶۶ | ۷/۹۵۸ | ۷/۰۰۷$^{ns}$ | ۶۷۱۰/۵۱۶ | ۲۴۱۴۰۳۰/۰۷ |
| رقم | ۵ | ۵۴۷۰/۲۷$^{**}$ | ۲۰۶/۰۴۵$^{**}$ | ۱۳۳۲/۶۲۱$^{**}$ | ۱۵۰/۳۴۸$^{**}$ | ۴۳۸۸۱۰۳/۰۷۴$^{**}$ | ۲۲۹۱۶۱۲۶/۱۷۳$^{**}$ |
| سال×رقم | ۵ | ۳۴۶/۲۰۱$^{*}$ | ۱۱/۲۲$^{**}$ | ۲۵/۰۳۷$^{**}$ | ۷/۶۶۹$^{ns}$ | ۲۶۲۲۶۸/۳۷۴$^{**}$ | ۱۵۴۶۹۵۲/۳۴۱$^{ns}$ |
| تنش×رقم | ۱۰ | ۸۰۶/۱۹۷$^{**}$ | ۷/۵۰۱$^{**}$ | ۶۹/۷۲۲$^{**}$ | ۱۵/۹۵۸$^{**}$ | ۷۱۷۵۵/۴۵۷$^{**}$ | ۴۹۰۸۵۹۲/۴۷۱$^{*}$ |
| سال×تنش×رقم | ۱۰ | ۱۱۶/۱۰۵$^{ns}$ | ۲/۷۸۲$^{ns}$ | ۱۷/۲۵۴$^{*}$ | ۷/۶۷۵$^{ns}$ | ۱۵۵۴۶/۳۰۶$^{**}$ | ۴۳۴۶۷۸/۷۳۱$^{ns}$ |
| اشتباه آزمایشی | ۹۰ | ۱۴۱/۶۲۳ | ۱/۸۹۵ | ۷/۱۳ | ۵/۹۷۶ | ۳۶۸۱/۹۱۱ | ۲۲۶۴۶۵۵/۶۰۴ |
| ضریب تغییرات (٪) | | ۸/۵ | ۷/۰۴ | ۴/۲۹ | ۶/۱۲ | ۳/۴۳ | ۱۶/۷۹ |

ns، ** و * به ترتیب غیر معنی دار و معنی دار در سطح احتمال ۱ و ۵ درصد می باشند.

**جدول ۴: مقایسه میانگین اثرات متقابل سال در رقم برخی صفات مورد بررسی در گیاه آفتابگردان**

| | | ارتفاع بوته | قطر طبق | کلروفیل a | کلروفیل b | کاروتنوئید | کلروفیل کل | مالون دی آلدئید |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | (سانتی‌متر) | | (میلی‌گرم بر گرم وزن تر) | | | | (میکرومول بر گرم وزن تر) |
| سال ۱ | پروگرس | ۱۶۹/۳a | ۱۷/۰۹gh | ۷/۵۹۳e | ۲/۸۳۱de | ۲/۳۸e | ۱۰/۲۷ e | ۵/۹۱۸ bc |
| | فرخ | ۱۱۷/۷f | ۱۹/۵۹de | ۷/۷۰۹e | ۲/۷۴۸de | ۲/۰۵۸ fg | ۱۰/۵۲ e | ۶/۲۱۱ ab |
| | برزگر | ۱۳۴/۹de | ۲۰/۶۵cd | ۹/۰۳۸d | ۳/۶۴۶bc | ۲/۶۳۱d | ۱۲/۳۷ d | ۵/۸۰۸ bc |
| | رکورد | ۱۵۳/۴b | ۲۰/۸۳c | ۱۴/۸۵a | ۵/۱۴۷a | ۵/۰۱۵a | ۲۰/۳۲ a | ۲/۸۴۹ f |
| | آذرگل | ۱۳۵/۱de | ۲۶a | ۱۱/۰۹c | ۳/۴۶۸c | ۳/۲۲۳c | ۱۴/۶۳ c | ۳/۷۴۳ e |
| | لاکومکا | ۱۳۶/۷d | ۱۶/۹۸hi | ۱۲/۱۸b | ۴/۰۵۸b | ۳/۷۹۶b | ۱۶/۵۶ b | ۳/۶۴۸ e |
| سال ۲ | پروگرس | ۱۵۶/۱b | ۱۶/۶۳hi | ۹/۱۰۴d | ۳/۱۳۲cd | ۲/۶۳۷d | ۱۲/۲۶ d | ۴/۸۰۷ d |
| | فرخ | ۱۲۲/۶f | ۱۸/۷۷ef | ۷/۸۰۴e | ۲/۶۱۴de | ۲/۲۶۹ef | ۱۰/۵۹ e | ۵/۵۹۴ c |
| | برزگر | ۱۲۵/۸ef | ۱۸/۱۵fg | ۶/۶۰۹f | ۲/۴۴۳e | ۱/۹۶۷g | ۱۰/۲۷ e | ۶/۴۴۹ a |
| | رکورد | ۱۴۸/۹bc | ۲۱/۳۶c | ۱۴/۸۴a | ۵/۱۳۶a | ۴/۹۸a | ۲۰/۲۷ a | ۲/۸۹۲ f |
| | آذرگل | ۱۳۹/۲d | ۲۲/۸b | ۱۲/۱۶b | ۴/۰۹۶b | ۳/۸۴۳b | ۱۶/۴۵ b | ۳/۴۳۹ e |
| | لاکومکا | ۱۳۹/۷cd | ۱۵/۹۳i | ۱۰/۸۳c | ۳/۵۵۴bc | ۳/۱۳۴c | ۱۴/۴۴ c | ۳/۷۹۲ e |

در هر ستون میانگین‌های با حروف مشترک در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌داری ندارند.

[ Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-10-10 ]

**جدول ۵: مقایسه میانگین اثرات متقابل رژیم آبیاری در رقم برخی صفات مورد بررسی گیاه آفتابگردان**

| رژیم آبیاری | صفات | ارتفاع بوته (سانتی‌متر) | قطر طبق | درصد روغن | عملکرد بیولوژیک (کیلوگرم در هکتار) | کاروتنوئید (میلی‌گرم بر گرم وزن تر) | مالون دی آلدئید (میکرومول بر گرم وزن تر) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ۵۰ میلی‌متر تبخیر | پروگرس | ۱۷۷/۳۱۳a | ۱۶/۴۴f | ۴۲/۰۳cde | ۹۲۹۳ bc | ۲/۸ f | ۴/۳۵۲d |
| | فرخ | ۱۳۶/۴ef | ۱۸/۶۴e | ۴۱/۹۳cde | ۹۲۳۴ bc | ۲/۳۲ g | ۴/۵۸۱d |
| | برزگر | ۱۴۵/۸de | ۲۰/۳۵cd | ۴۳/۳۷bc | ۹۴۰۵ bc | ۲/۴۹۷ g | ۴/۷۱۱d |
| | رکورد | ۱۵۸/۶bc | ۲۲/۹۹b | ۴۹/۹۲a | ۱۲۸۱۰ a | ۵/۹۷۷ a | ۲/۴۶۵g |
| | آذرگل | ۱۴۳/۲de | ۲۵/۶a | ۴۵/۰۹b | ۹۷۰۴ bc | ۳/۹۱۲ d | ۳/۰۱۴ef |
| | لاکومکا | ۱۴۴/۸de | ۱۶/۳۳f | ۴۴/۴۸b | ۸۵۹۵ c | ۳/۷۷۶ d | ۳/۰۳۵ef |
| ۷۰ میلی‌متر تبخیر | پروگرس | ۱۶۵/۳b | ۱۷/۰۴f | ۳۷/۲۸f | ۸۹۸۵ bc | ۲/۳۵۳ g | ۵/۴۱۵c |
| | فرخ | ۱۰۲/۲i | ۱۹/۲۵de | ۴۰/۱۸e | ۹۰۹۴ bc | ۱/۹۴ h | ۶/۱۵۹b |
| | برزگر | ۱۱۶/۵h | ۱۸/۴۹e | ۴۰/۴۶e | ۹۰۲۳ bc | ۱/۹۳۳ h | ۶/۳۹۱b |
| | رکورد | ۱۵۰/۲cd | ۲۰/۹۹c | ۴۲/۹bcd | ۱۰۳۴۰ b | ۴/۷۶۲ b | ۲/۸۳۶fg |
| | آذرگل | ۱۲۱/۴gh | ۲۳/۷۷b | ۴۱/۹۹cde | ۹۳۴۹ bc | ۳/۴۶۳ e | ۳/۴۶e |
| | لاکومکا | ۱۲۲/۷gh | ۱۶/۳۱f | ۴۱/۰۶cde | ۹۳۶۹ bc | ۳/۳۳۶ e | ۳/۴۶e |
| ۹۰ میلی‌متر تبخیر | پروگرس | ۱۴۵/۶de | ۱۷/۱f | ۳۲/۵۹g | ۶۵۳۳ d | ۲/۳۷۳ g | ۶/۳۲۱b |
| | فرخ | ۱۲۱/۸gh | ۱۹/۶۵cde | ۳۱/۷۶g | ۶۶۴۰ d | ۲/۲۳۱ gh | ۶/۹۶۹a |
| | برزگر | ۱۲۸/۸fg | ۱۹/۳۶de | ۳۵/۳۵f | ۶۵۴۸ d | ۲/۴۶۶ g | ۷/۲۸۴a |
| | رکورد | ۱۴۴/۶de | ۱۹/۳۱de | ۴۰/۵۱de | ۹۲۹۰ bc | ۴/۲۵۴ c | ۳/۳۱۱ef |
| | آذرگل | ۱۴۶/۸de | ۲۳/۸۳b | ۳۲/۷۱g | ۸۴۸۹ c | ۳/۲۲۵ e | ۴/۳d |
| | لاکومکا | ۱۴۷/۲cde | ۱۶/۷۱f | ۳۵/۳۶f | ۸۶۷۵ c | ۳/۲۸۳ e | ۴/۶۶۵d |

در هر ستون میانگین‌های با حروف مشترک در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌داری ندارند.

[ Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-10-10 ]

**جدول ۶: مقایسه میانگین اثر متقابل سال و رژیم آبیاری بر قطر طبق (سانتی‌متر) در گیاه آفتابگردان**

| تنش / سال | ۵۰ میلی لیتر تبخیر از تشتک تبخیر | ۷۰ میلی لیتر تبخیر از تشتک تبخیر | ۹۰ میلی لیتر تبخیر از تشتک تبخیر |
|---|---|---|---|
| اول | ۲۰/۰۴ a | ۲۰/۳۸ a | ۲۰/۱۵ a |
| دوم | ۲۰/۰۸ a | ۱۸/۲۴ b | ۱۸/۵ b |

در هر ستون میانگین‌های با حروف مشترک در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌داری ندارند.

### درصد روغن

نتایج تجزیه مرکب داده‌ها برای این صفت در جدول ۳ آمده است. با توجه به جدول ۵ با افزایش سطوح رژیم آبیاری از درصد روغن کاسته می‌شود، به‌طوری که بیش‌ترین مقدار آن (۴۹/۹۲ درصد) از ترکیب رقم رکورد و سطح آبیاری ۵۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک تبخیر به‌دست آمد و کم‌ترین آن (۳۱/۷۶ درصد) از سطح آبیاری ۹۰ میلی متر تبخیر از تشتک تبخیر (تنش شدید) رقم فرخ به‌دست آمد. می‌توان بیان کرد که درصد روغن به رقم و رژیم آبیاری واکنش نشان داد. Saleh و همکاران (۲۰۱۸) گزارش کردند افزایش تنش خشکی در گیاه آفتابگردان باعث کاهش درصد روغن در این گیاه می‌شود.

### عملکرد دانه

با توجه به نتایج جدول ۳ اثرات سه جانبه سال، رژیم آبیاری و رقم و برخی اثرات دیگر در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد. به‌طور کلی با افزایش سطوح تبخیر از تشتک از عملکرد دانه کاسته شد به‌طوری که بیش‌ترین مقدار آن (۲۵۲۹ کیلوگرم) از ترکیب تیماری سال اول، رقم رکورد و سطح تنش ۵۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک تبخیر به‌دست آمد (جدول ۷). در مجموع رقم رکورد در دو سال آزمایش و رژیم آبیاری ۵۰ میلی متر تبخیر از تشت تبخیر، عملکرد بیشتری تولید نمود. به‌نظر می‌رسد یکی از دلایل کاهش عملکرد دانه در تیمارهای سطح آبیاری ۷۰ و ۹۰ میلیمتر تبخیر، کاهش رنگدانه‌های فتوسنتزی، کاهش جذب عناصر غذایی و کاهش وزن دانه بود. کاهش عملکرد دانه در نتیجه تنش خشکی و افزایش فواصل آبیاری توسط Ohashi و همکاران (۲۰۰۹) نیز گزارش شده است. در این گزارش دلایل عمده کاهش عملکرد گیاهان در شرایط تنش‌های کم‌آبی، کاهش طول دوره رشد، کاهش سطح اندام اصلی فتوسنتز کننده (برگ)، کاهش تعداد گل‌ها (اندام‌های اصلی زایشی) و وزن دانه‌ها (به دلیل کاهش انتقال اسمیلات و فتوسنتز جاری) عنوان شده است. تحقیقات Banwari و همکاران (۲۰۱۹) نشان داد که تنش خشکی در مرحله رویشی به‌طور معنی‌داری باعث کاهش انتقال مجدد ماده خشک و فتوسنتز می‌شود که نهایتا منجر به کاهش عملکرد دانه در گیاه برنج می‌گردد. همچنین نتایج تحقیقات یدالهی و همکاران (۱۳۹۶) نشان داد که اعمال تنش خشکی باعث کاهش عملکرد دانه گردید.

[ Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-10-10 ]

**عملکرد بیولوژیک**

نتایج تجزیه مرکب داده ها در جدول ۳ آمده است. با افزایش میزان تبخیر از تشتک از مقدار عملکرد بیولوژیک در ارقام مورد بررسی کاسته شد. بیش‌ترین عملکرد (۱۲۸۱۰ کیلوگرم در هکتار) از سطح ۵۰ میلی‌لیتر تبخیر از تشتک تبخیر و رقم رکورد به دست آمد (جدول ۵). با توجه به اینکه ارقام آفتابگردان از نظر طول مراحل مختلف فنولوژیکی تفاوت نشان می‌دهند و از ویژگی رشد و حجم بوته متفاوتی برخوردار هستند، لذا واکنش رشدی آن‌ها یکسان نیست، که با نتایج رشدی و همکاران (۱۳۹۳) هم‌خوانی داشت، به نظر می‌رسد رقم رکورد به دلیل ارتفاع بوته و طول دوره رشد طولانی‌تر، عملکرد بیولوژیک بیشتری دارد (یدالهی و همکاران، ۱۳۹۶). در شرایط تنش خشکی پیری زودرس اندام‌های فتوسنتز کننده و همچنین کاهش فتوسنتز جاری گیاه باعث کاهش کل زیست‌توده تولیدی می‌گردد. سایر پژوهشگران نیز نتایج مشابه مبنی بر کاهش معنی‌دار عملکرد بیولوژیک در اثر تنش خشکی گزارش کردند که این کاهش احتمالا به دلیل کاهش شاخص سطح برگ و کاهش سرعت رشد محصول و سرانجام کاهش تجمع ماده خشک در گیاه می‌شود (کریم‌زاده و همکاران، ۱۳۹۱؛ Pireivatlou *et al*., 2010).

**رنگدانه‌های فتوسنتزی**

نتایج تجزیه مرکب داده‌ها نشان داد که برخی اثرات ساده و متقابل معنی‌دار و برخی از اثرهای ساده، دوگانه و سه جانبه غیرمعنی‌دار بود (جدول ۸). با توجه به جدول مقایسه میانگین برهم‌کنش سال در رقم برای رنگدانه‌های فتوسنتزی در گیاه آفتابگردان بیش‌ترین مقدار کلروفیل a، b، کاروتنوئید و کل به ترتیب ۱۴/۸۵، ۵/۱۴، ۵/۰۱۵ و ۲۰/۳۲ میلی‌گرم بر گرم وزن تر برگ از رقم رکورد در طی سال اول به‌دست آمد (جدول ۴). همچنین مقایسه میانگین برهم‌کنش رژیم آبیاری و رقم نشان داد که بیش‌ترین مقدار کاروتنوئید (۵/۹۷۷ میلی گرم بر گرم وزن تر برگ) از شرایط ۵۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک تبخیر (شاهد) و رقم رکورد به‌دست آمد (جدول ۵). با افزایش سطح تبخیر از تشتک در ارقام مختلف از مقدار کلروفیل a، b، کل و کاروتنوئید گیاه آفتابگردان کاسته می‌شود که با تحقیقات مجدم (۱۳۹۵) و فرخی و همکاران (۱۳۹۸) مطابقت دارد. کاهش فتوسنتز تحت اثر افزایش دور آبیاری به دلیل اختلال در فرآیندهای شیمیایی مسیر فتوسنتزی است. هرچند فتوسیستم II تا حد زیادی نسبت به خشکی متحمل است، اما تنش خشکی می‌تواند مانع انتقال الکترون در این نظام شود، از این رو از کارایی فتوسنتز کاسته می‌شود (لشکری، ۱۳۹۲). علاوه بر این در شرایط تنش، کمبود آب باعث تجزیه کلروفیل گردیده و گلوتامات که پیش ماده کلروفیل و پرولین است در اثر این تنش به پرولین تبدیل شده و در نتیجه از محتوی کلروفیل کاسته می‌گردد (Lawlor and Cornic, 2002). Manivannan و همکاران (۲۰۱۵) ضمن بررسی تاثیر تنش خشکی بر رشد و تغییرات بیوشیمیایی پنج رقم آفتابگردان مشاهده نمودند که مقدار کلروفیل در واحد

[ Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-10-10 ]

سطح برگ گیاهان در معرض تنش افزایش و کل محتوای کلروفیل این گیاهان در مقایسه با گیاهان شاهد کاهش یافت. یکی از دلایل کاهش میزان کلروفیل این است تنش خشکی تولید گونه‌های فعال اکسیژن از قبیل $O_2^-$ و $H_2O_2$ را افزایش داده که این امر منجر به پراکسیداسیون لیپدها و در نهایت تخریب کلروفیل می‌شود (Tatrai *et al*., 2016). کاهش رنگدانه‌های فتوسنتزی در شرایط تنش خشکی ممکن است بدلیل ناپایداری کمپلکس‌های پروتئینی و تخریب کلروفیل به‌وسیله افزایش فعالیت آنزیم کلروفیلاز باشد (El-Tayeb, 2005). تاثیرپذیری میزان کلروفیل در گیاهان تحت تنش خشکی بسته به شدت، مدت و مرحله رشدی گیاه متفاوت است. در واقع کاهش کلروفیل a بر اثر تنش تنش خشکی مربوط به افزایش تولید رادیکال‌های اکسیژن در سلول می‌شود که این رادیکال‌ها سبب پراکسیداسیون و در نتیجه تجزیه کلروفیل a می‌شوند (Sadeghipour and Aghaei, 2012).

**پرولین**

با توجه به نتایج به‌جز اثر سال و برهم‌کنش سال و رژیم آبیاری سایر اثرهای بر پرولین معنی‌دار شدند (جدول ۸). به‌طور کلی با افزایش سطوح تبخیر از تشتک تبخیر مقدار پرولین افزایش می‌یابد و ارقام مورد بررسی عکس العمل‌های متفاوت به مقدار این ماده در طی دو سال زراعی داشتند. بیش‌ترین میانگین پرولین (۲۰/۸ میلی‌گرم بر گرم وزن تر) در شرایط ۹۰ میلیمتر تبخیر از تشتک تبخیر (تنش شدید) و رقم رکورد طی سال اول به‌دست آمد (جدول ۷). یکی از مهم‌ترین موادی که تجمع آن‌ها در یاخته‌های گیاهی تحت تنش خشکی افزایش می‌یابد می‌توان به آمینواسید آزاد پرولین اشاره کرد که تحت شرایط تنش کم‌آبی، مقدار آن افزایش یافته و در حفظ پتانسیل اسمزی نقش دارد (Zafari *et al*., 2012; Per *et al*., 2017). توزیع پرولین در درون و بیرون سلول نقش مهمی در مقاومت اسمزی بافت‌های مختلف نسبت به تنش‌ها ایفا می‌کند. در شرایط کمبود آب اغلب بیوسنتز پرولین از گلوتامیک اسید در سیتوزول و کلروپلاست سلول‌های گیاهی اتفاق می‌افتد، بنابراین پرولین در سیتوزول تجمع یافته تا توزیع آب به درون سلول انجام شود. در شرایط نرمال پرولین به اندامک‌ها به ویژه واکوئل و پلازمید انتقال می‌یابد و در صورتی که گیاه تحت شرایط تنش خشکی قرار گیرد پرولین از واکوئل به سیتوزول انتقال می‌یابد (Lehmann *et al*., 2010). گیاهانی که در تحت تنش خشکی قرار می‌گیرند مقدار زیادی از منابع کربن و نیتروژن خود را صرف سنتز تنظیم‌کننده‌های اسمزی از قبیل پرولین می‌کنند تا بتوانند فشار تورژسانس سلول‌های خود را حفظ نمایند (Aranjuelo *et al*., 2011).

[ Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-10-10 ]

**جدول ۷: مقایسه میانگین اثرات سه جانبه سال، رژیم آبیاری و رقم برخی صفات مورد بررسی آفتابگردان**

| | | | وزن ۱۰۰۰ دانه | عملکرد دانه | پرولین |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | (گرم) | (کیلوگرم در هکتار) | (میلی‌گرم بر گرم وزن تر) |
| سال اول | ۵۰ میلی متر تبخیر | پروگرس | ۵۷/۷۵ijk | ۱۵۷۵jk | ۳/۵۴۵q |
| | | فرخ | ۵۸/۷۵hijk | ۱۶۴۶j | ۴/۷۳۵p |
| | | برزگر | ۷۳/۰۴c | ۱۹۵۸ghi | ۶/۱۱o |
| | | رکورد | ۸۰/۳a | ۲۵۲۹a | ۹/۳۵f |
| | | آذرگل | ۷۴/۳۹bc | ۲۱۵۳cd | ۶/۰۷o |
| | | لاکومکا | ۷۴/۵۷bc | ۲۳۰۶b | ۷/۰۴۸klmno |
| | ۷۰ میلی متر تبخیر | پروگرس | ۵۹/۲۱ghij | ۱۱۸۳no | ۴/۹۳۲p |
| | | فرخ | ۵۶/۷۶jk | ۱۳۲۶m | ۶/۴۸۸mno |
| | | برزگر | ۶۰/۶۹fghi | ۱۴۹۰l | ۷/۴۳۸ijklm |
| | | رکورد | ۷۸/۵۱a | ۲۳۴۸b | ۱۱/۵۶e |
| | | آذرگل | ۶۸/۲۲d | ۱۹۹۰gh | ۸/۱۲۵ghij |
| | | لاکومکا | ۶۵/۹de | ۲۱۱۸de | ۸hijk |
| | ۹۰ میلی متر تبخیر | پروگرس | ۴۵/۶pq | ۱۰۵۱q | ۷/۴۹ijklm |
| | | فرخ | ۴۳/۸۳q | ۱۰۸۷pq | ۸/۱۲ghij |
| | | برزگر | ۵۲lmn | ۱۱۶۹op | ۷/۶۴۸hijkl |
| | | رکورد | ۶۲/۸۳efg | ۲۱۳۲cd | ۲۰/۸a |
| | | آذرگل | ۵۹/۷ghij | ۱۹۴۸ghi | ۱۴/۱۹c |
| | | لاکومکا | ۵۸/۲۸ijk | ۲۰۳۳efg | ۱۵/۴۹b |
| سال دوم | ۵۰ میلی متر تبخیر | پروگرس | ۵۸/۰۸ijk | ۱۹۷۱ghi | ۶/۵۱۵mno |
| | | فرخ | ۵۹/۱۵ghij | ۱۶۵۸j | ۵p |
| | | برزگر | ۷۳/۵۳bc | ۱۵۰۶kl | ۳/۴۷۵q |
| | | رکورد | ۸۰/۲۳a | ۲۵۲۷a | ۹/۰۷۵fg |
| | | آذرگل | ۷۳/۴۵bc | ۲۲۰۵c | ۷/۲۷۵jklmn |
| | | لاکومکا | ۷۳/۸۸bc | ۲۱۲۷cd | ۶/۲۲۵no |
| | ۷۰میلی متر تبخیر | پروگرس | ۵۶/۹jk | ۱۵۱۲kl | ۶/۹۲۵lmno |
| | | فرخ | ۵۵kl | ۱۳۰۲m | ۶/۵۲۵mno |
| | | برزگر | ۵۸/۶hijk | ۱۱۵۸op | ۴/۹۶۵p |
| | | رکورد | ۷۶/۹۵ab | ۲۲۹۹b | ۱۱/۶e |
| | | آذرگل | ۶۳/۹۵ef | ۲۰۹۰de | ۸/۴۲۵fghi |
| | | لاکومکا | ۶۵/۴۷de | ۱۹۴۲hi | ۷/۷۵hijkl |
| | ۹۰ میلی متر تبخیر | پروگرس | ۴۸/۸۲nop | ۱۲۶۲mn | ۸/۵۷۵fgh |
| | | فرخ | ۵۰/۲۲mno | ۱۱۲۱opq | ۷/۴۷۵ijklm |
| | | برزگر | ۴۷/۷۵op | ۱۰۵۱q | ۷/۰۲klmno |
| | | رکورد | ۶۲/۳efgh | ۲۰۵۶def | ۲۰/۵۱a |
| | | آذرگل | ۵۲/۷۵lm | ۲۰۰۲fgh | ۱۴/۶۵bc |
| | | لاکومکا | ۵۲/۷۲lm | ۱۸۹۵i | ۱۳/۱d |

در هر ستون میانگین‌های با حروف مشترک در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌داری ندارند.

### مالون‌دی‌آلدئید

نتایج تجزیه مرکب داده‌ها در جدول ۸ آمده است. بیش‌ترین میانگین غلظت مالون‌دی‌آلدئید (۶/۴۴۹ میکرومول بر گرم وزن تر) از رقم برزگر و در سال دوم به‌دست آمد. کمترین غلظت مالون‌دی‌آلدئید در سال اول و دوم در رقم رکورد

[ Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-10-10 ]

مشاهده شد (جدول ۴). همچنین مقایسه میانگین اثرات متقابل رژیم آبیاری و رقم نشان داد که بیش‌ترین غلظت مالون دی‌آلدئید (۷/۲۸۴ میکرومول بر گرم وزن تر) از ترکیب تیماری رقم برزگر و شرایط ۹۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک تبخیر به‌دست آمد (جدول ۵). با افزایش سطح تبخیر مقدار غلظت مالون‌دی‌آلدئید افزایش می‌یابد اما این افزایش در ارقام رکورد، آذرگل و لاکومکا با شدت کمتری اتفاق می‌افتد. پراکسیداسیون لیپیدهای غشایی که نتیجه اثرات رادیکال‌های آزاد هستند، نشان دهنده آسیب تنش در سطح سلولی می‌باشد. بنابراین سطح MDA حاصل از پراکسیداسیون لیپیدهای غشایی، اغلب به عنوان یک شاخص برای آسیب اکسیداتیو به کار می‌رود (Antoniou *et al*., 2017). افزایش مالون‌دی‌آلدئید نشان دهنده این است که تحت تنش خشکی ساختار غشاء آسیب دیده و لیپیدهای آن آزاد شده، از طرفی با وجود ترکیبات ROSکه تحت تنش زیاد می‌شود این لیپیدها پراکسیده شده و مالون‌دی‌آلدئید تولید می‌شود. وجود سیستم آنتی اکسیدان توانمند باعث تقلیل ترکیبات ROS شده و به نوعی می‌تواند باعث کاهش پراکسیداسیون لیپیدی شود ( Zafari *et al*., 2012). بررسی محققان نشان داده است که در شرایط تنش خشکی، میزان پراکسیداسیون لیپیدها افزایش یافته و در نتیجه میزان مالون‌دی‌آلدئید در سلول‌های تحت تنش افزایش می‌یابد (Gunes *et al*., 2006). پایین بودن مقدار مالون‌دی‌آلدئید در رقم رکورد نسبت به ارقام فرخ و برزگر نشان‌دهنده توان دفاع آنتی‌اکسیدانتی آنزیمی بالای این رقم در برابر تنش اکسیداتیو و کاهش میزان تخریب اکسیداتیو غشاءهای زیستی در بود. بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که رقم رکورد در مقایسه با ارقام فرخ و برزرگر از میزان تحمل بالایی در برابر تنش خشکی برخوردار است که با تحقیقات مظفری و همکاران (۱۳۹۵) مطابقت دارد.

**جدول ۸: نتایج تجزیه مرکب برخی صفات مورد بررسی در گیاه آفتابگردان**

| منابع تغییر | درجه آزادی | میانگین مربعات | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | کلروفیل a | کلروفیل b | کاروتنوئید | کلروفیل کل | پرولین | مالون دی آلدهید |
| سال | ۱ | ۱/۲۲۶$^{ns}$ | ۰/۸۴۹$^{ns}$ | ۰/۰۷۵$^{ns}$ | ۰/۱۵۱$^{ns}$ | ۰/۶۱۵$^{ns}$ | ۱/۴۵۱$^{*}$ |
| سال(تکرار) | ۶ | ۲/۴۸۶$^{**}$ | ۲/۶۴۳$^{*}$ | ۰/۶۴۴$^{*}$ | ۸/۵۳۸$^{*}$ | ۱۴/۱۶۹$^{**}$ | ۰/۵۸۳$^{ns}$ |
| رژیم آبیاری | ۲ | ۱۰۷/۱۰۳$^{**}$ | ۳/۶۲۵$^{*}$ | ۵/۳۵۳$^{**}$ | ۱۵۳/۲۲۵$^{**}$ | ۴۵۲/۲۵۴$^{**}$ | ۳۸/۱۲۱$^{**}$ |
| سال*رژیم آبیاری | ۲ | ۰/۰۷۲$^{ns}$ | ۰/۰۹۳$^{ns}$ | ۰/۱$^{ns}$ | ۰/۰۹۴$^{ns}$ | ۱/۰۱۶$^{ns}$ | ۰/۵۵۲$^{ns}$ |
| اشتباه آزمایشی | ۱۲ | ۰/۴۴ | ۰/۷۷۳ | ۰/۱۴۹ | ۱/۸۶۶ | ۰/۹۶۸ | ۰/۲۲۴ |
| رقم | ۵ | ۱۹۳/۳۷۹$^{**}$ | ۱۹/۱۱۹$^{**}$ | ۲۷/۶۸۶$^{**}$ | ۳۳۹/۲۴۴$^{**}$ | ۲۱۸/۸۰۷$^{**}$ | ۴۵/۱۰۹$^{**}$ |
| سال*رقم | ۵ | ۱۳/۱۵$^{**}$ | ۲/۴۷۲$^{**}$ | ۱/۶۳۶$^{**}$ | ۱۹/۳۳۲$^{**}$ | ۱۱/۷۷۶$^{**}$ | ۲/۲۷۸$^{**}$ |
| رژیم آبیاری *رقم | ۱۰ | ۱/۰۵۴$^{ns}$ | ۰/۴۳۵$^{ns}$ | ۰/۸۲۱$^{**}$ | ۱/۸۵۶$^{ns}$ | ۳۱/۹$^{**}$ | ۱/۱۳۳$^{**}$ |
| سال*رژیم آبیاری*رقم | ۱۰ | ۰/۲۴۶$^{ns}$ | ۰/۴۰۶$^{ns}$ | ۰/۱۶۱$^{ns}$ | ۰/۷۱۵$^{ns}$ | ۱/۱۹۶$^{*}$ | ۰/۲۱۶$^{ns}$ |
| اشتباه آزمایشی | ۹۰ | ۰/۶۶۶ | ۰/۴۷۶ | ۰/۰۹۳ | ۱/۴۵۱ | ۰/۵۷۲ | ۰/۲۴۸ |
| ضریب تغییرات (٪) | – | ۷/۹۱ | ۱۹/۳۲ | ۹/۶۴ | ۸/۵۶ | ۸/۷۱ | ۱۰/۸۳ |

ns، ** و * به ترتیب غیر معنی دار و معنی دار در سطح احتمال ۱ و ۵ درصد می باشند.

[ Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-10-10 ]

## نتیجه‌گیری

رژیم آبیاری ۷۰ و ۹۰ میلی‌متر تبخیر سبب آثار منفی بر صفات ارتفاع بوته، قطر طبق، درصد روغن، وزن هزار دانه، رنگدانه‌های فتوسنتزی گردید که منجر به کاهش عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک می‌شود. در بین شش رقم مورد مطالعه، رقم رکورد با بالاترین میانگین درصد روغن، عملکرد دانه، وزن هزار دانه و عملکرد بیولوژیک تحت شرایط عدم تنش آبی، رقم مناسب می‌باشد. گیاه آفتابگردان به هنگام مواجه با تنش خشکی، مکانیزم تنظیم اسمزی را با افزایش تجمع پرولین و قندهای محلول به کار گرفته و ازاین طریق شرایط کمبود آب را تا حدی تحمل می‌کند.

## سپاسگزاری

بخشی از هزینه اجرای این آزمایش از محل اعتبار پژوهانه شماره UOZ-GR-38-9718 معاونت محترم پژوهشی دانشگاه زابل تامین شده است.

## منابع

**امام،ی. و نیک‌نژاد، و. ۱۳۹۰.** مقدمه‌ای بر فیزیولوژی عملکرد گیاهان زراعی. انتشارات دانشگاه شیراز. ۵۹۴ ص.

**باغبان خلیل‌آباد، ص.، خزاعی، ح.ر. و کافی، م. ۱۳۹۸.** اثر کم آبیاری بر عملکرد، اجزای عملکرد و برخی صفات فیزیولوژیک ارقام مختلف گندم نان و گندم دوروم. نشریه پژوهش‌های کاربردی زراعی. ۳۲(۱): ۱۲-۱.

**حمزه‌ئی، ج.، نجفی، ح. و بابایی، م. ۱۳۹۵.** اثر آبیاری و نیتروژن بر پارامترهای زراعی، عملکرد دانه، کیفیت دانه و کارایی زراعی نیتروژن در آفتابگردان. نشریه پژوهش‌های زراعی ایران. ۱۴(۴): ۶۹۸-۶۸۶.

**طاهری، ش.، غلامی، ا.، عباس‌دخت، ح. و مکاریان، ح. ۱۳۹۷.** پاسخ عملکرد، اجزای عملکرد و کیفیت دانه ارقام گلرنگ به تنش کم‌آبی و پرایمینگ بذر. نشریه علمی پژوهشی فیزیولوژی گیاهان زراعی. دانشگاه آزاد اسلامی واحد اهواز. ۱۰(۳۸): ۵۸-۳۹.

**فرخی، غ.، معاونی، پ.، مظفری، ح.، مجیدی رهروان، ا. و ثانی، ب. ۱۳۹۸.** بررسی قطع آبیاری در دورهای مختلف آبیاری بر عملکرد و شاخص‌های فیزیولوژیک چهار رقم ذرت. نشریه علمی پژوهشی فیزیولوژی گیاهان زراعی. دانشگاه آزاد اسلامی واحد اهواز. ۱۱(۴۳): ۴۵-۲۵.

**فنائی، ح.ر.، کیخا، ه. و پیری، ع. ۱۳۹۴.** اثر پرایمینگ بذر بر عملکرد دانه و روغن گلرنگ تحت شرایط کم‌آبیاری. نشریه علوم و تحقیقات بذر ایران. ۲(۲): ۵۹-۴۹.

[ Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-10-10 ]

**کریم‌زاده، ه. امام، ی. و موری، س. ۱۳۹۱.** تاثیر تنش خشکی آخر فصل بر عملکرد، اجزای عملکرد و دمای سایه‌انداز گیاهی ارقام گندم نان. نشریه فرآیند و کارکرد گیاهی. ۱(۱): ۵۶-۳۸.

**لشکری، ف. ۱۳۹۲.** تأثیر پلیمر سوپر جاذب، پتاسیم و کود دامی بر خصوصیات کمی و کیفی گیاه دارویی کارلا در دورهای مختلف آبیاری. پایان‌نامه کارشناسی ارشد زراعت. دانشکده کشاورزی، دانشگاه زابل. ۱۱۲ ص.

**مجدم، م. ۱۳۹۵.** تأثیر تنش خشکی بر خصوصیات فیزیولوژیکی و عملکرد دانه آفتابگردان در سطوح مختلف نیتروژن. نشریه تولید گیاهان زراعی. ۹(۴): ۱۳۶-۱۲۱.

**مظفری، ا.، حبیبی، د.، اصغرزاده، ا. و مشهدی اکبر بوجار، م. ۱۳۹۵.** بررسی تحمل به تنش خشکی دو رقم گندم تلقیح شده با رایزوباکتری‌های محرک رشد گیاه تحت شرایط گلخانه. نشریه علمی پژوهشی فیزیولوژی گیاهان زراعی. دانشگاه آزاد اسلامی واحد اهواز. ۸(۳۱): ۳۹-۲۱.

**یدالهی، پ.، اصغری‌پور، م.ر.، مروانه، ه.، خیری، ن. و امیری، ا. ۱۳۹۶.** اثر تنش خشکی بر عملکرد دانه و روغن دو رقم آفتابگردان. نشریه تحقیقات علوم زراعی در مناطق خشک. ۱(۱): ۷۶-۶۵.

**Antoniou, C., Chatzimichail, G., Xenofontos, R., Pavlou, J.J., Panagiotou, E., Christou, A. and Fotopoulos, V. 2017.** Melatonin systemically ameliorates drought stress induced damage in Medicago sativa plants by modulating nitro oxidative homeostasis and proline metabolism. Journal of Pineal Research. 62(4): 53-68.

**Aranjuelo, I., Molero, G., Erice, G., Christophe Avice, J. and Nogues, S. 2011.** Plant physiology and proteomics reveals the leaf response to drought in alfalfa (*Medicago sativa* L.). The Journal of Experimental Botany. 62:111-123.

**Banwari, L., Priyanka, G., Amaresh, K. Nayak, S., Maharana, Rahul, T., Mohammad S. and Mirza, J. 2019.** Tolerant varieties and exogenous application of nutrients can effectively manage drought stress in rice. Archives of Agronomy and Soil Science. 66: 13-32.

**Bates, L. S., Waldren, S. and Teare, I. 1973.** Rapid determination of free proline for water–stress studies. Plant Soil. 39(4): 205-207.

**Buriro, M., Sanjrani, A.S., Chachar, Q.I., Chachar, N.A. and Chach, S. 2015.** Effect of water stress on growth and yield of sunflower. Journal of Agricultural Technology. 11(7): 1547-1563.

**Davey, M., Stals, E., Panis, B., Keulemans, J. and Swennen, R. 2005.** High throughput determination of malondialdehyde in plant tissues. Analytical Biochemistry. 347(2): 201-207.

**El-Tayeb, M. 2005.** Response of barley gains to the interactive effect of salinity and salicylic acid. Plant Growth Regulation. 45: 215-225.

[ Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-10-10 ]

**Gunes, A., Cicek, N., Inal, A., Alpaslan, M., Eraslan, F., Guneri E. and Guzelordu, T. 2006.** Genotypic response of chickpea (*Cicer arietinum* L.) cultivars to drought stress implemented at pre-and post anthesis stages and its relations with nutrient uptake and efficiency. Journal of Plant Soil Environment. 52: 868-876.

**Gusegnova, I., Suleymanov S. and Aliyev J. 2011.** Protein composition and native state of pigments of thylakoid membrane of Wheat genotypes differently tolerant to water stress. Journal of Biochemistry Research. 71: 223-228.

**Heath, R.L. and Packer, I. 1968.** Photoperoxidant in isolated chloroplast. I. Kinetics and stochiometryoffatty acid peroxidation. Archives of Biochemistry and Biophysics. 125:189–198.

**Huang, Z., Wang, B. and Crenshaw, A.A. 2006.** A simple method for the analysis of trans fatty acid with GC-MS and ATTM-Silar-90 capillary column. Food Chemistry. 98: 593-598.

**Lawlor, D.W. and Cornic, G. 2002.** Photosynthetic cabon assimilation and associated metabolism in relation to water deficits in higher plants. Plant, Cell and Environment. 25: 275-294.

**Lehmann, S., Funck, D., Szabados, L. and Rentsch, D. 2010.** Proline metabolism and transport in plant development. Amino Acids. 39: 949-962.

**Liang, X., Zhang, L., Natarajan, S.K. and Becker, D.F. 2013.** Proline Mechanisms of Stress Survival. Antioxid Redox Signal. 19 (9): 998–1011.

**Machekposhti, M.F., Shahnazari, A., Ahmadi, M.Z., Aghajani, G. and Ritzema, H. 2017.** Effect of irrigation with sea water on soil salinity and yield of oleic sunflower. Agricultural Water Management. 188: 69-78.

**Manivannan, P., Jaleel, C.A., Sankar, B., Kishorekumer, A., Somasundaram, R., Lakshmanan, G.M.A. and Panneerselvam, R. 2015.** Growth, biochemical and Surfaces, modificationand proline metabolism in (*Helianthus annus* L.) as induced by drought stress. Journal of Plant Nutrition. 59: 141-149.

**Ohashi, Y., Nakayama, N., Saneoka, H., Mohapatra, P.K. and Fujita, K. 2009.** Differences in the responses of stem diameter and pod thickness to drought stress during the grain filling stage in soybean plants. Acta Physiologiae Plantarum. 31(2):271-277.

**Per, T. S., Khan, N. A., Reddy, P. S., Masood, A., Hasanuzzaman, M., Khan, M. I. R. and Anjum, N. A. 2017.** Approaches in modulating proline metabolism in plants for salt and drought stress tolerance: Phytohormones, mineral nutrients and transgenics. Plant Physiology and Biochemistry. 115: 126-140.

**Phiri, E. and Zimba, S. 2018.** Root-Zone Soil Water Balance and Sunflower Yield under Deficit Irrigated in Zambia, Journal of Soil Science. 8(3): 61-73.

[ Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-10-10 ]

**Pireivatlou, A., Dehdar Masjedlou B. and Ramiz. T. 2010.** Evaluation of yield potential and stress adaptive trait in wheat genotypes under post anthesis drought stress conditions. African Journal of Agricultural Research. 5: 2829-2836.

**Rangana, S. 1977.** Mannual for analysis of fruit and vegetable products. Tata McGraw Hill Co. Pvt.Ltd., New Delhi.

**Sadeghipour, O. and Aghaei, P. 2012.** Response of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) to exogenous application of salicylic acid (SA) under water stress conditions, Advances in Environmental Biology. 6 (3):1160-1168.

**Saleh, M., Ismail, M. and El-Nakhlawy, S. 2018.** Optimizing water productivity and production of sunflower crop under arid land conditions. Journal of Water Supply. 18(5): 1861-1868.

**Sharifa, S. and Muriefah, A.2015.** Effects of paclobutrazol on growth and physiological attributes of Soybean (*Glycine max*) plants grown under water stress conditions. International Journal of Advanced Research in Biological Science. 2: 81-93.

**Tatrai, Z.A, Sanoubar, S., Pluhar, Z., Mancarella, S., Orsini, F. and Gianquinto, G. 2016.** Morphological and physiological plant responses to drought stress in Thymus citriodorus. International Journal of Agronomy.1-9.

**Yang, Y., He, F., Yu, L., Chen, X., Lei, J. and Ji, J. 2007.** Influence of drought on oxidative stress and flavonoid production in cell suspension culture of *Glycyrrhiza inflata* Batal. Journal for Nature Research 62(4): 410-416.

**Zafari, S., Niknam, V., Musetti, R. and Noorbakhsh, S. N. 2012.** Effect of phytoplasma infection on metabolite content and antioxidant enzyme activity in lime (*Citrus aurantifolia*). Acta Physiologiae Plantarum 34(2):561-568.

[ Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-10-10 ]