



به‌زراعی کشاورزی

دوره ۲۳ ■ شماره ۲ ■ تابستان ۱۴۰۰
صفحه‌های ۳۶۰-۳۴۷

مقاله پژوهشی:

بررسی اثر تنش کم‌آبی بر عملکرد دانه و اسیدهای چرب روغن دانه هیبریدهای آفتابگردان

جهانفر دانشیان^۱، فراز شریعتی^۲، نادیا صفوی فرد^۳، عبدالله حسینی^۳

۱. استاد، مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران.
 ۲. استادیار، مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران.
 ۳. کارشناس، مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران.
- تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۹۹/۰۳/۳۱ تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۹۹/۰۵/۰۸

چکیده

تأثیر تنش کم‌آبی بر کیفیت روغن و عملکرد دانه ۱۱ ژنوتیپ هیبرید آفتابگردان در کرج در سال‌های ۱۳۹۱ و ۱۳۹۲ بررسی شد. به این منظور سه آزمایش جداگانه در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار برای اعمال تیمارهای تنش کم‌آبی در نظر گرفته شد. آزمایش‌های آبیاری مطلوب، تنش متوسط و شدید به ترتیب براساس ۶۰، ۱۲۰ و ۱۸۰ میلی‌متر تبخیر از تشت تبخیر کلاس A انجام گرفت. نتایج نشان داد که عملکرد دانه در شرایط تنش متوسط و شدید با کاهش ۱۸ و ۳۳ درصد مواجه شد. عملکرد دانه و درصد روغن تحت تأثیر ژنوتیپ و اثر متقابل سال و تنش قرار داشتند. هیبرید برزگر با متوسط ۲۸۴۶ کیلوگرم در هکتار بیش‌ترین عملکرد دانه را داشت. همچنین با ۴۳/۶۵ درصد روغن در گروه برتر قرار گرفت. پاسخ هیبریدها از نظر عملکرد دانه و درصد روغن تحت تأثیر شرایط محیطی دو سال آزمایش قرار گرفت. اسیدهای چرب اولئیک و لینولئیک اسید تحت تأثیر تیمار تنش قرار نگرفتند. اما همبستگی منفی قوی بین اسیدهای چرب اولئیک و لینولئیک وجود داشت. ارقام هایسان ۲۵ و سیرنا برای تولید روغن با اسید اولئیک بالاتر و برزگر و G6×R-43 برای تولید روغن با اسید چرب لینولئیک بالاتر مناسب می‌باشند.

کلیدواژه‌ها: آفتابگردان، اسیدهای چرب، تنش کم‌آبی، دوره پرشدن دانه، عملکرد دانه.

Investigating of Water Deficit Stress Effect on Yield and Fatty Acids of Sunflower Hybrids Seed Oil

Jahanfar Daneshian^{1*}, Farnaz Sahriati², Nadia Safavi Fard³, Abdollah Hassani³

1. Professor, Seed and Plant Improvement Institute, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Karaj, Iran.
2. Assistant Professor, Seed and Plant Improvement Institute, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Karaj, Iran.
3. Expert, Seed and Plant Improvement Institute, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Karaj, Iran.

Received: June 20, 2020 Accepted: July 29, 2020

Abstract

The effect of water deficit stress has been evaluated on oil quality and yield of 11 sunflower hybrids in Karaj during 2012 and 2013. Three separate experiments have been carried out as the base of randomized complete block design with three replications to apply water deficit stress treatments. Irrigation of control, mild, and severe stress treatments are performed on the base of 60, 120, and 180 mm evaporation from Class A evaporation pan, respectively. Results show that seed yield has decreased about 18% and 33% in mild and severe water deficit stresses, respectively. Yield and oil percentage are affected by hybrids and the interaction of year and stress. Barzegar hybrid, with an average of 2846 kg/ha, has had the highest grain yield. It is also in the top group with 43.65% oil. Yield and seed oil percentage are affected by environmental conditions of years, while water deficit stress has no significant effect on oleic and linoleic acids. However, there is a strong negative correlation between oleic and linoleic acids. Hysun 25 and Sirena cultivars are suitable for oil production with higher oleic acid and Barzegar and G6×R-43 are suitable for oil production with higher linoleic acid.

Keywords: Fatty acid, seed filling duration, seed yield, sunflower, water deficit stress.

۱. مقدمه

تنش خشکی مهم‌ترین تنش غیرزنده در بیش‌تر مناطق دنیا محسوب می‌شود. کشور ما در منطقه‌ای واقع شده که گیاهان زراعی، تنش‌های کم‌آبی را در هر سال در مناطق مختلف تجربه می‌کند. مطالعه در ایستگاه‌های سینوپتیک ۳۱ استان ایران در دوره آماری ۲۰۱۰-۱۹۶۱ توسط Nazeri Tahroudi *et al.* (2016) نشان داد که روند تغییرات بارش در در شمال غرب، نیمه مرکزی و جنوب غرب کشور کاهش معنی‌دار بوده است. تمام گیاهان زراعی با وقوع تنش کم‌آبی با کاهش رشد و توسعه مواجه می‌شوند. آفتابگردان به‌عنوان گیاهی که می‌تواند در مناطق خشک و نیمه‌خشک عملکرد قابل‌قبولی داشته باشد به دامنه وسیعی از شرایط محیطی سازگار می‌باشد. بررسی انجام‌شده در سال‌های ۲۰۱۲-۱۹۶۲ روی چهار گیاه زراعی گندم، ذرت، آفتابگردان و چغندر قند نشان داد که کم‌ترین کاهش در اثر خشکی مربوط به گیاه آفتابگردان بوده است (Potopova *et al.*, 2015). Zareei *et al.* (2018) در ارزیابی تحمل آفتابگردان به تنش خشکی گزارش دادند که اثر متقابل تیمارها بر عملکرد دانه معنی‌دار بود.

درصد روغن دانه آفتابگردان بین ۲۵ تا ۵۰ درصد متغیر است. روغن دانه و ترکیب اسیدهای چرب آفتابگردان تحت تأثیر ژنوتیپ و شرایط محیطی مانند نور و دما قرار می‌گیرد (Schulte *et al.* 2013). Flagella *et al.* (2004) گزارش دادند که تأثیر تنش‌های شوری و خشکی بر میزان دانه بسته به شدت و زمان وقوع تنش متفاوت است. Karimi *et al.* (2010) تفاوت قابل‌توجهی در روغن دانه در شرایط آبیاری کامل با ۴۰/۹ درصد و شرایط کم‌آبیاری در مرحله غنچه دهی با ۴۰/۶ درصد مشاهده نکردند. روغن آفتابگردان از کیفیت مطلوبی برخوردار است. میزان اسید اولئیک (C18:1) و اسید لینولئیک (C18:2) آن به‌ترتیب

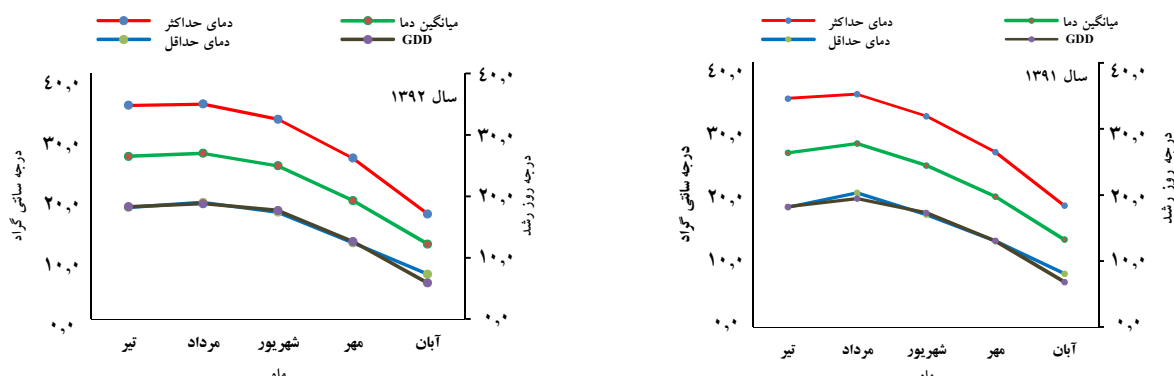
۲۰ و ۷۰ درصد Pal *et al.* (2015) و میزان اسیدهای چرب اشباع آن مانند اسید استئاریک (C18:0) و اسید پالمیتیک (C16:0) را کم‌تر از ۱۳ درصد گزارش کردند (Hu *et al.*, 2010). رابطه بین ترکیب اسیدهای چرب با تنش خشکی در آفتابگردان ضعیف است و مطالعات مربوط به این موضوع متناقض است (Flagella, 2004). گزارش‌هایی وجود دارد که تنش کم‌آبی باعث افزایش درصد اسید اولئیک و کاهش درصد اسید لینولئیک شد (Alahdadi *et al.*, 2011). در مطالعه‌ای دیگر کاهش قابل‌توجهی در اسیدهای چرب اشباع و غیر اشباع با تنش کم‌آبی نیز مشاهده شده است (Ebrahimian *et al.*, 2019). هرچند بعضی از گزارش‌ها نشان داده‌اند که دما تأثیری در درصد اسید اولئیک و لینولئیک ندارد، اما در مطالعاتی دیگر گزارش کرده‌اند که با افزایش دما در طول دوره پرشدن دانه نسبت اسید اولئیک به لینولئیک افزایش می‌یابد (Akkaya, 2018). در گزارشی دیگر درصد اسید اولئیک در ژنوتیپ‌های معمولی آفتابگردان در محیط گرم‌تر افزایش و درصد اسید لینولئیک کاهش یافت (Grunvald *et al.*, 2013).

این پژوهش با هدف بررسی تغییرات درصد و کیفیت روغن در هیبریدهای جدید ایرانی و خارجی آفتابگردان در شرایط مختلف آبیاری انجام شد. توسعه کشت هیبریدهایی که در شرایط محدود آبیاری بتوانند از کیفیت مطلوب روغن برخوردار باشند، بهبود کیفیت تغذیه‌ای آحاد جامعه را در پی خواهد داشت.

۲. مواد و روش‌ها

اثر تنش کم‌آبی بر عملکرد دانه و کیفیت روغن دانه هیبریدهای آفتابگردان در سال‌های زراعی ۱۳۹۱ و ۱۳۹۲ در مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر کرج با طول جغرافیایی ۲۶° ۵۱' شرقی و عرض جغرافیایی ۵۹° ۳۵' شمالی و ارتفاع ۱۱۶۰ متر از سطح دریا بررسی شد.

بررسی اثر تنش کم‌آبی بر عملکرد دانه و اسیدهای چرب روغن دانه هیبریدهای آفتابگردان



شکل ۱. تغییرات دما در ایستگاه هواشناسی منطقه کرج در ماه‌های رشد گیاه آفتابگردان

جدول ۱. ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش در عمق‌های ۰-۳۰ و ۳۰-۶۰ سانتی‌متر

سال	عمق خاک (cm)	اسیدیته	کربن آلی (%)	هدایت الکتریکی (ds/m)	نیترژن کل (%)	فسفر قابل جذب (Mgkg ⁻¹)	پتاسیم قابل جذب (Mgkg ⁻¹)
۱۳۹۱	۳۰-۰	۷/۱	۰/۶۲	۳/۸۵	۰/۰۷	۱۱/۲	۲۴۸
	۶۰-۳۰	۷/۵	۰/۶۵	۱/۴۳	۰/۰۹	۸/۳	۱۹۶
۱۳۹۲	۳۰-۰	۷/۲	۰/۶۹	۳/۹۷	۰/۱۱	۱۲/۹	۲۱۶
	۶۰-۳۰	۷/۳	۰/۷۸	۱/۷۹	۰/۱۴	۱۰/۸	۲۰۵

و عرض پشته ۶۰ سانتی‌متر بود. فاصله گیاهان روی خطوط کاشت ۲۰ سانتی‌متر بود. در هر آزمایش بین تکرارها، ۱/۵ متر فاصله در نظر گرفته شد. برای جلوگیری از انتقال آب جوی‌های اصلی به کرت‌های مجاور، سه متر فاصله در نظر گرفته شد. قبل از آماده‌سازی نمونه‌برداری از خاک محل آزمایش و ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی آن تعیین شد (جدول ۱). بافت خاک در سال اول از نوع شنی لومی و در سال دوم رسی لومی بود.

عملیات آماده‌سازی زمین شامل شخم، دیسک و تسطیح قبل از کاشت بود. برای کنترل علف‌های هرز از علف کش ترفلان به میزان دو لیتر در هکتار استفاده شد. کودهای مصرفی براساس آزمون خاک شامل ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار فسفات آمونیوم، ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار اوره به‌عنوان کود پایه و ۱۰۰ کیلوگرم اوره به‌عنوان کود سرک در مرحله شش تا هشت‌برگی به زمین داده

به این منظور سه آزمایش جداگانه با یازده هیبرید آفتابگردان در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار اجرا شد. هیبریدهای آزمایش شامل آذرگل (ایران)، برزگر (ایران)، فرخ (ایران)، G5×R-43 (ایران)، G6×R-43 (ایران)، قاسم (ایران)، شمس (ایران)، سیرنا (ترکیه)، هایسان ۲۵ (استرالیا)، هایسان ۳۶ (استرالیا) و سانبرو (ترکیه) بودند. آبیاری آزمایش‌های اول تا سوم به‌ترتیب براساس ۶۰، ۱۲۰ و ۱۸۰ میلی‌متر تبخیر از تشت تبخیر کلاس A از مرحله شش تا هشت‌برگی تا پایان دوره رشد انجام گرفت. براساس میانگین داده‌های ۳۰ ساله هواشناسی کرج، متوسط بارندگی سالانه منطقه ۲۴۳ میلی‌متر بوده و بارش به‌طور عمده در اواخر پاییز، زمستان و اوایل بهار روی می‌دهد. تغییرات دمای هوا در دوره آزمایش طی دو سال زراعی در شکل (۱) ارائه شده است. هر کرت آزمایشی دارای چهار خط کاشت به طول ۵ متر

۳. نتایج و بحث

نتایج به دست آمده از تجزیه واریانس نشان دادند که اثر سال بر صفات عملکرد و روغن دانه معنی دار بود (جدول ۲). تیمار تنش صفات طول دوره پرشدن دانه و عملکرد دانه را تحت تأثیر قرار داد. اما اثر متقابل سال و تنش بر طول دوره پرشدن دانه و عملکرد دانه معنی دار بود. اثر هیبرید و اثر متقابل هیبرید نیز بر صفات مرتبط با عملکرد دانه معنی دار بود (جدول ۲).

طول دوره پرشدن دانه نقش مؤثری در تعیین عملکرد دانه دارد. گل‌های تلقیح شده در این مرحله فرصت دارند که با بهره‌گیری از منابع تأمین مواد فتوسنتزی، وزن خود را افزایش دهند. وجود شرایط مناسب محیطی با تأمین مواد فتوسنتزی کافی سبب دستیابی به عملکرد مناسب را فراهم می‌کند. طول دوره پرشدن دانه آفتابگردان در این آزمایش بیش از ۳۷ روز بود که از ۳۳/۳ تا ۴۱/۲ روز در دو سال آزمایش تغییر کرد (جدول ۳).

مقایسه سطوح اثر متقابل سال و تنش نشان داد که بیش‌ترین طول دوره پرشدن دانه در سال اول و دوم به ترتیب با ۳۹/۶ و ۳۸/۲ روز از آبیاری کامل به دست آمد. در سال اول وقوع تنش متوسط سبب کاهش قابل توجه دوره پرشدن دانه شد که با تنش شدید در گروه آماری مشابهی قرار گرفتند. در سال دوم تنش شدید سبب کاهش قابل توجه طول دوره پرشدن دانه شد. در مقایسه سطوح اثر سال و تنش در هیبرید سیرنا طول دوره پرشدن دانه حدود چهار روز و در هیبرید شمس حدود سه روز بیش از سال اول بود. در حالی که در هیبریدهای هایسان ۳۶ و سانبرو طول دوره پرشدن دانه در سال دوم بیش‌تر از سال اول بود. در تعدادی از هیبریدها مانند هیبرید فرخ، G6×R-43، قاسم و هایسان ۲۵ نیز تفاوت قابل توجهی در دو سال آزمایش وجود نداشت.

شد. زمان کاشت در سال ۱۳۹۱ و ۱۳۹۲ به ترتیب روزهای ۴ و ۵ تیرماه بود. اندازه‌گیری عملکرد دانه هر کرت پس از حذف نیم متر از ابتدا و انتهای خطوط کشت، با برداشت ۲۵ طبق از خطوط میانی انجام شد. برای تأثیر تغییرات دمای هوا بر ویژگی‌های کیفی روغن، اثر میزان درجه روز رشد، دمای حداقل، حداکثر در طول دوره پرشدن دانه به صورت میانگین و تجمعی محاسبه شد. برای ارزیابی درجه روز رشد در هر روز، از رابطه (۱) استفاده شد. در این معادله T_{min} و T_{max} دمای حداقل و حداکثر روزانه و t_b دمای پایه (۶/۷ درجه سلسیوس) برای آفتابگردان می‌باشد. حداکثر دمای مؤثر در رشد برای آفتابگردان ۳۲ درجه سلسیوس در نظر گرفته شد.

رابطه (۱) = درجه روز رشد روزانه

$$(T_{max} + T_{min})/2 - t_b$$

به منظور تعیین درصد روغن دانه، از هر کرت آزمایشی حدود ۳ گرم بذر به طور تصادفی جدا و با استفاده از دستگاه NMR (Nuclear Magnetic Resonance) (مدل minispec mq20، کشور آلمان) درصد روغن نمونه محاسبه شد. برای اندازه‌گیری و تعیین اسیدهای چرب موجود در روغن دانه از روش کروماتوگرافی گازی استفاده شد (Azadmard-Damirchi et al., 2005). در پایان پس از اطمینان از مفروضات آزمایشی، با استفاده از نرم‌افزار آماری SAS (نسخه ۹/۱) تجزیه واریانس مرکب در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی انجام شد. به این منظور اثر تنش به عنوان مکان در نظر گرفته شد. مقایسه میانگین‌ها با آزمون LSD در سطح ۵ درصد انجام گرفت. مقایسه میانگین‌های سطوح اثر متقابل با استفاده از رویه برش‌دهی انجام شد. همبستگی صفات با نرم‌افزار SPSS (نسخه ۲۲) و برای رسم نمودارها از نرم‌افزار اکسل استفاده شد.

بررسی اثر تنش کم‌آبی بر عملکرد دانه و اسیدهای چرب روغن دانه هیبریدهای آفتابگردان

جدول ۲. تجزیه واریانس مرکب صفات مورد مطالعه

میانگین مربعات				عملکرد دانه	طول دوره پرشدن دانه	درجه آزادی	منبع تغییرات
اسید لینولئیک	اسید اولئیک	روغن دانه	میانگین مربعات				
۰/۱۲۴۲**	۰/۲۲	۰/۲	۸۱**	۶۰۸۰۴۸۲۹**	۱/۱	۱	سال
۰/۰۰۳۵	۳/۳۱	۳/۳	۴	۲۴۲۶۹۹۱۱**	۱۱۲/۷**	۲	تنش
۰/۰۰۰۹	۱۰/۵۹	۱۰/۶	۴	۱۰۸۹۴۴۴**	۵۴/۷**	۲	سال×تنش
۰/۰۰۱۴	۶/۱۶	۶/۲	۱/۴	۲۷۲۳۰۵	۱۴/۵	۱۲	اشتباه
۰/۰۱۵۱**	۱۷/۵۰**	۱۷/۵**	۱۱**	۱۶۱۳۱۵۲**	۱۰۲/۲**	۱۰	هیبرید
۰/۰۰۹۴**	۴۰/۵۶**	۴۰/۶**	۳۸**	۶۳۶۴۸۰**	۱۹/۶**	۱۰	سال×هیبرید
۰/۰۰۳۸**	۵/۷۶	۵/۸	۱/۰	۱۱۳۳۶۷	۵/۹	۲۰	تنش×هیبرید
۰/۰۰۳۷**	۶/۵۴	۶/۵	۳	۱۰۲۳۴۴	۳/۶	۲۰	سال×تنش×هیبرید
۰/۰۰۱۰	۴/۸۶	۴/۹	۸۶۴	۸۶۶۴۹	۶/۲	۱۲۰	اشتباه
۲۲/۴	۳/۲	۳/۲	۲/۸	۱۲/۹	۲/۹۴		ضریب تغییرات (درصد)

ادامه جدول ۲. تجزیه واریانس مرکب صفات مورد مطالعه

میانگین مربعات				اسید پالمیتوئیک	اسید پالمیتوئیک	درجه آزادی	منبع تغییرات
اسید استئاریک	اسید بهنیک	اسید آراشیدیک	اسید پالمیتیک				
۱۲/۸۳**	۰/۰۰۶۱	۰/۰۸۹**	۳/۸۹*	۰/۲۲	۱	۱	سال
۲/۰۴**	۰/۰۵۲۴	۰/۰۰۴	۰/۲۸	۳/۳۱	۲	۲	تنش
۰/۱۵	۰/۰۰۰۱	۰/۰۰۶	۰/۰۷	۱۰/۵۹	۲	۲	سال×تنش
۱/۰۷	۰/۰۳۴۵	۰/۰۰۹	۰/۴۶	۶/۱۶	۱۲	۱۲	اشتباه
۲/۶۹**	۰/۰۵۸۸**	۰/۰۱۳**	۱/۵۷**	۱۷/۵۰**	۱۰	۱۰	هیبرید
۵/۰۳**	۰/۱۲۲۵**	۰/۰۲۳**	۱/۲۴**	۴۰/۵۶**	۱۰	۱۰	سال×هیبرید
۰/۶۶*	۰/۰۱۹۷	۰/۰۰۶	۰/۴۵	۵/۷۶	۲۰	۲۰	تنش×هیبرید
۰/۴۹	۰/۰۲۶۹	۰/۰۱۲**	۰/۳۷	۶/۵۴	۲۰	۲۰	سال×تنش×هیبرید
۰/۳۵	۰/۰۱۹۰	۰/۰۰۵	۰/۴۳	۴/۸۶	۱۲۰	۱۲۰	اشتباه
۱۱/۲	۲۲/۸	۲۵/۴	۹/۸	۳/۲			ضریب تغییرات (درصد)

* و **: به ترتیب اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد. اعداد ارائه شده در جدول میانگین مربعات می‌باشد.

تأثیر سوء تنش کم‌آبی بر عملکرد دانه در شرایط تنش شدید بیش‌تر از تنش متوسط بود، به طوری که افت عملکرد دانه در شرایط تنش متوسط ۱۷/۹ درصد و در شرایط تنش شدید ۴۲/۲ درصد در مقایسه با شرایط آبیاری مطلوب بود. پژوهش‌گران بسیاری از جمله Mobasser و Yadollahi Dehcheshmeh (2014) و Tavassoli & (2013) کاهش عملکرد آفتابگردان در شرایط تنش کم‌آبی را گزارش کردند.

تفاوت در طول دوره پرشدن متفاوت در هیبریدهای آفتابگردان و نقش آن توسط پژوهش‌گران مختلف گزارش شده است (Daneshian et al., 2010; Zareei Siabidi et al., 2018). نتایج مقایسه میانگین عملکرد دانه در سطوح مختلف تنش نشان داد که میانگین این صفت در شرایط آبیاری مطلوب (شاهد) برابر ۲۸۵۹ کیلوگرم در هکتار بود و تیمارهای تنش متوسط و شدید عملکرد دانه را کاهش دادند و به ترتیب ۲۳۴۵ و ۱۶۵۱ کیلوگرم دانه در هکتار تولید کردند.

جدول ۳. مقایسه میانگین‌های سطوح اثر متقابل سال و هیبرید در عملکرد دانه و صفات وابسته به آن

هیبرید	طول دوره پرشدن دانه (day)		عملکرد دانه (kg ha ⁻¹)		روغن دانه (%)	
	سال اول	سال دوم	سال اول	سال دوم	سال اول	سال دوم
آذرگل	۳۹/۳ ab	۴۱/۲ a	۱۵۹۷bcd	۳۳۰۴ b	۴۳/۷bc	۴۵/۷ab
برزگر	۳۸/۰abc	۳۸/۷ b	۲۰۰۲ a	۳۶۹۱ a	۴۱/۹ef	۴۵/۴ab
فرخ	۳۳/۸ d	۳۳/۳ c	۱۲۸۲ d	۲۶۲۴ de	۴۴/۰bc	۴۳/۱c
G5×R-43	۳۸/۳abc	۴۰/۶ ab	۱۹۹۴ a	۲۶۹۸cde	۴۶/۱a	۴۵/۰b
G6×R-43	۳۹/۱ ab	۳۹/۰ ab	۱۹۵۷ ab	۳۰۲۶bc	۴۴/۷b	۴۱/۴d
قاسم	۳۴/۹ cd	۳۵/۴ c	۱۸۴۳abc	۲۴۸۳ e	۴۳/۷bc	۴۲/۵cd
شمس	۳۶/۷bcd	۳۴/۰ c	۱۵۸۰cd	۲۴۳۰ e	۴۳/۵bcd	۴۲/۸cd
سیرنا	۳۶/۶ a-d	۳۳/۹ c	۱۷۵۵abc	۲۹۵۲bcd	۴۳/۳cde	۴۴/۹b
هایسان ۲۵	۴۰/۹ a	۴۰/۷ ab	۱۷۷۵abc	۲۴۷۴ e	۴۲/۲def	۴۶/۹a
هایسان ۳۶	۳۶/۷bcd	۳۹/۲ ab	۱۳۳۴ d	۲۳۴۸ e	۴۰/۴g	۴۵/۹ab
سانبرو	۳۷/۳ a-d	۳۴/۷ c	۱۹۲۲abc	۳۲۰۲ b	۴۱/۲fg	۴۵/۲b

در هر ستون هیبریدهایی که دارای حروف مشابهی هستند، با آزمون LSD در سطح ۵ درصد در گروه آماری مشابهی قرار دارند.

نگذاشت. Sezen *et al.* (2019) گزارش دادند که درصد روغن به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر فواصل آبیاری و میزان آبیاری قرار می‌گیرد. اما Erdemoglu *et al.* (2003) نیز گزارش دادند که ژنوتیپ و عوامل اقلیمی مانند دما، ارتفاع و ساختمان خاک بیش‌تر از آبیاری بر میزان روغن آفتابگردان تأثیر دارد.

مقایسه میانگین سطوح اثر متقابل سال و هیبرید نشان داد که ژنوتیپ‌های مورد بررسی از لحاظ درصد روغن در گروه‌های آماری متفاوت واقع شدند (جدول ۳). در سال اول هیبرید G5×R-43 با ۴۶/۱ درصد بیش‌ترین درصد روغن دانه را تولید کرد. این هیبرید از طول دوره رشد بیش‌تری نسبت به سایر هیبریدها برخوردار بود. کم‌ترین درصد روغن نیز از هیبرید هایسان ۳۳ به‌دست آمد که به‌همراه سانبرو در گروه آماری مشابهی قرار گرفتند که طول دوره پرشدن دانه کم‌تری داشت. در شرایط تنش شدید، همبستگی مثبت و معنی‌داری بین درصد روغن با طول دوره پرشدن دانه و بین درصد روغن دانه در شرایط تنش شدید با اختلاف دمای شب و روز وجود داشت.

نتایج به‌دست‌آمده از جدول تجزیه واریانس نشان دادند

مقایسه سطوح اثر متقابل سال و هیبرید نشان داد که در سال اول بیش‌ترین عملکرد دانه از هیبرید برزگر با بیش از ۲ تن در هکتار به‌دست آمد که به‌همراه هفت هیبرید دیگر در گروه آماری مشابهی قرار گرفتند (جدول ۳). کم‌ترین عملکرد دانه نیز از هیبرید زودرس فرخ به‌دست آمد. در سال دوم آزمایش نیز هیبرید برزگر با ۳۶۹۱ کیلوگرم در هکتار از بیش‌ترین عملکرد دانه برخوردار بود که به‌تنهایی در گروه آماری جداگانه‌ای قرار گرفت. بررسی وضعیت دمای هوا نشان داد که میانگین دمای هوا در در مراحل پرشدن دانه و انتهای رشد در سال دوم بیش از سال اول بود (شکل ۱) که می‌تواند تأثیر منفی بر عملکرد دانه را به‌همراه داشته باشد. به این ترتیب هیبریدهای دیررس از شرایط بهتری در زمان پرشدن دانه برخوردار خواهند شد.

مقایسه میانگین‌ها نشان داد که درصد روغن دانه در سال دوم بیش‌تر از سال اول بود. میانگین این صفت در سال اول و دوم به‌ترتیب برابر ۴۳/۱ و ۴۴/۴ درصد بود. وجود شرایط مناسب محیطی به‌دلیل پایین‌تر بودن دمای هوا در زمان پرشدن دانه در سال دوم سبب افزایش درصد روغن شد. وقوع تنش تأثیر قابل‌توجهی را بر درصد روغن معنی‌داری

بررسی اثر تنش کم‌آبی بر عملکرد دانه و اسیدهای چرب روغن دانه هیبریدهای آفتابگردان

۲۱/۹ درصد در دو سال آزمایش تغییر داشت (جدول ۴). در مقایسه سال اول و دوم، سه هیبرید با افزایش و پنج هیبرید با کاهش اسید اولئیک مواجه شدند. بیش‌ترین کاهش به میزان ۳/۵ درصد در هیبریدهای آذرگل و G5×R-43 مشاهده شد. بیش‌ترین افزایش نیز در هیبریدهای سانبرو با ۴/۵ درصد و هایسان ۳۶ با ۳/۶ درصد به‌دست آمد. در سال دوم تفاوت قابل‌توجهی بین هیبریدها وجود نداشت.

در شرایط آبیاری مطلوب همبستگی منفی و معنی‌داری در سطح ۵ درصد بین وزن دانه و اسید اولئیک ($r=-0/659$) وجود داشت. مقایسه سال‌های انجام آزمایش نیز نشان داد که افزایش دمای هوا تأثیر منفی بر درصد اسید اولئیک در دانه داشت. رابطه بین میانگین دمای حداقل، حداکثر و درجه روز رشد روزانه و میانگین دما در طول دوره رشد منفی و معنی‌دار بود. به‌ازای افزایش یک درجه سلسیوس در دمای هوا اسید اولئیک به میزان ۰/۵۱ درصد کاهش یافت. همبستگی مثبت و معنی‌داری نیز بین طول دوره پرشدن دانه و اسید اولئیک در سطح یک درصد ($r=0/48$) وجود داشت. به‌طوری‌که به‌ازای یک روز افزایش طول دوره رشد، میزان اسید اولئیک ۰/۱۹ درصد افزایش یافت (شکل ۲).

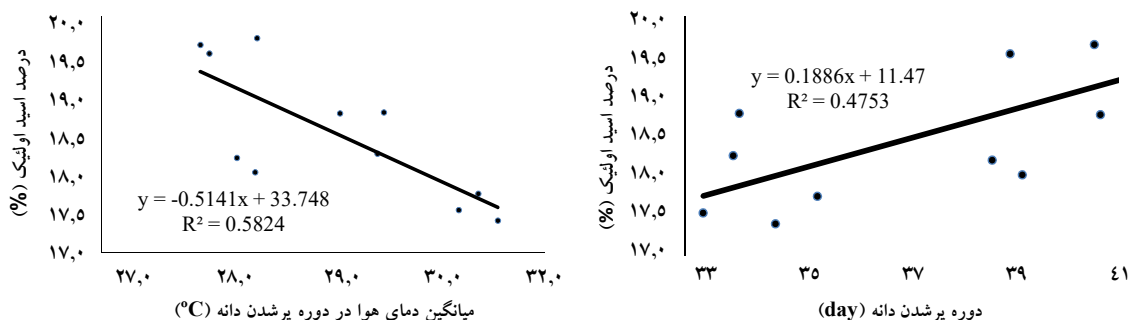
که درصد اسیدهای چرب غیراشباع تحت تأثیر اثر ساده هیبرید و اثر متقابل سال و هیبرید قرار گرفتند و تنها در لینولنیک اسید اثر سال و اثر متقابل تنش و هیبرید و اثر سه‌گانه تیمارها بر آن معنی‌دار بود (جدول ۲). گزارش‌های متناقضی در اثر تنش کم‌آبی بر اسیدهای چرب وجود دارد. *Flagella et al.* (2004) گزارش دادند که تأثیر تنش خشکی بر میزان روغن دانه بسته به‌شدت و زمان وقوع تنش متفاوت و رابطه بین ترکیب اسیدهای چرب با تنش خشکی در آفتابگردان ضعیف است. *Patanè et al.* (2017) نیز گزارش دادند که آبیاری در زمان گلدهی ممکن است بر ترکیب اسیدهای چرب مؤثر باشد. اما گزارش‌هایی وجود دارد که به کاهش یا افزایش اسیدهای چرب غیراشباع با وقوع تنش اشاره دارد (*Santonoceto et al., 2003; Ebrahimian et al., 2019*). اسیدهای چرب غیراشباع لینولنیک یا امگا۶ و اولئیک یا امگا۹ از اسیدهای چرب ضروری می‌باشند که حدود ۹۰ درصد از اسیدهای چرب روغن آفتابگردان را تشکیل می‌دهند (*Izquierdo & Aguirrezabal, 2008*).

مقایسه سطوح اثر متقابل سال و هیبرید نشان داد که تغییرات میزان اسید چرب اولئیک در روغن بین ۱۵/۹ تا

جدول ۴. مقایسه میانگین‌های اسیدهای چرب غیر اشباع در سطوح اثر متقابل سال و هیبرید

هیبرید	اسید اولئیک (%)		اسید لینولنیک (%)		اسید پالمیتولنیک (%)	
	سال اول	سال دوم	سال اول	سال دوم	سال اول	سال دوم
آذرگل	۱۶/۲d	۱۷/۴	۷۰/۸ab	۶۷/۸	۰/۰۵۰cd	۰/۰۶۲bcd
برزگر	۱۶/۲d	۱۷/۵	۷۰/۶b	۶۷/۶	۰/۰۴۴d	۰/۰۶۶bc
فرخ	۱۸/۴bc	۱۷/۷	۶۸/۱c	۶۹/۱	۰/۰۶۴bcd	۰/۰۸۴a
G5×R-43	۱۶/۱d	۱۸/۰	۷۰/۷b	۶۷/۶	۰/۰۵۸bcd	۰/۰۴۶d
G6×R-43	۱۷/۵cd	۱۸/۲	۶۳/۳c	۶۸/۲	۰/۰۸۳ab	۰/۰۵۷bcd
قاسم	۱۸/۶bc	۱۸/۳	۶۷/۵cd	۶۹/۶	۰/۰۵۷bcd	۰/۰۴۹cd
شمس	۱۵/۹d	۱۸/۸	۷۲/۷a	۶۷/۷	۰/۰۷۶abc	۰/۰۷۳ab
سیرنا	۱۸/۸bc	۱۸/۸	۶۶/۴cde	۶۹/۳	۰/۰۵۳cd	۰/۰۵۶cd
هایسان ۲۵	۲۰/۵ab	۱۹/۵	۶۶/۹cde	۶۷/۳	۰/۰۸۹a	۰/۰۴۶d
هایسان ۳۶	۲۱/۷a	۱۹/۶	۶۶/۱de	۶۹/۵	۰/۰۵۲cd	۰/۰۵۸bcd
سانبرو	۲۱/۹a	۱۹/۷	۶۵/۲e	۶۹/۳	۰/۰۵۹bcd	۰/۰۶۲bcd

تیمارهایی که دارای حروف مشابه می‌باشند، با آزمون LSD در سطح ۵ درصد در گروه آماری مشابهی قرار دارند. عدم ارائه گروه‌بندی به‌منظور قرار گرفتن کلیه هیبریدها در یک گروه آماری می‌باشد.



شکل ۲. تاثیر دمای هوا و طول دوره پرشدن دانه بر درصد اسید اولئیک

نشده (اولئیک و لینولئیک) تأثیر می‌گذارد. در بررسی تأثیر تنش کم‌آبی در آفتابگردان، کاهش قابل‌توجهی در درصد اسید اولئیک، اسید لینولئیک با تنش کم‌آبی مشاهده شد (Ebrahimian et al., 2019).

ارزیابی رابطه دو صفت نشان داد که همبستگی منفی قوی بین اسیدهای چرب اولئیک و لینولئیک وجود داشت (شکل ۳). آنزیم اشباع‌زدای اولئات^۱ وظیفه تبدیل اسید اولئیک به اسید لینولئیک را دارا می‌باشد (Flagella et al., 2004). پاسخ معنی‌دار اما در خلاف جهت اسید اولئیک و لینولئیک به واحدهای گرمایی تجمعی دریافت‌شده طی تشکیل دانه، نشان می‌دهد که دما به‌عنوان یک عامل مؤثر در تغییر نسبت اولئیک/لینولئیک عمل کرده و نقش خود را در تعدیل فعالیت آنزیم اولئات اشباع‌زدا اعمال می‌کند (Sheoran et al., 2015). در شرایط آبیاری مطلوب، تنش متوسط و شدید همبستگی منفی و معنی‌داری در سطح یک درصد بین اسید اولئیک و اسید لینولئیک (به‌ترتیب با $r = -0.1858$ ، $r = -0.963$ و $r = -0.884$) وجود داشت. رابطه رگرسیونی بین درصد اسید اولئیک و لینولئیک نشان داد که در شرایط مطلوب بیش‌ترین شیب خط وجود دارد و با وقوع تنش از شیب خط کاسته می‌شود. در مطالعات انجام‌شده نیز رابطه منفی بین این دو اسید چرب گزارش شده است (Onemli, 2012).

اسید لینولئیک از اسیدهای چرب ضروری است که از نظر تغذیه‌ای دارای اهمیت زیادی می‌باشد. در مقایسه سطوح اثر متقابل اسید لینولئیک، پنج هیبرید با کاهش و چهار هیبرید با افزایش نسبت به سال اول مواجه شدند (جدول ۴). در سال اول هیبرید شمس با ۷۲/۶۸ درصد بیش‌ترین محتوای لینولئیک را داشت که با آذرگل در گروه آماری مشابهی قرار گرفتند (جدول ۴). در سال دوم نیز کلیه هیبریدها در گروه آماری مشابهی قرار گرفتند. با بهبود شرایط محیطی و کاهش دمای هوا در سال دوم به‌نظر می‌رسد اثر عوامل ژنتیکی تأثیری بیش‌تری نسبت به عوامل محیطی بر این صفات داشته‌اند. در هیبریدهای سانبرو و هایسان ۳۶ که بیش‌ترین افزایش در لینولئیک را داشتند، بیش‌ترین کاهش در اسید اولئیک به‌دست آمد. هیبریدهای مذکور پس از هیبرید شماره ۸ از درصد روغن بیش‌تری نسبت به سال اول برخوردار بودند. هم‌چنین همبستگی منفی و معنی‌داری بین طول دوره پرشدن دانه با اسید لینولئیک ($r = -0.765$) وجود داشت.

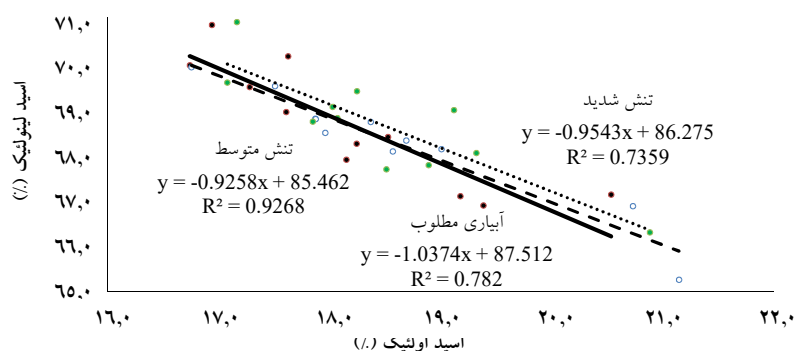
نتایج این پژوهش نشان داد که اسیدهای چرب اولئیک و لینولئیک تحت تأثیر تیمار تنش قرار نگرفتند (جدول ۲). اما Sezen et al. (2019) رابطه خطی معنی‌داری را بین اسید اولئیک و اسید لینولئیک در مقایسه با تبخیر و تعرق گزارش کردند.

Flagella et al. (2004) گزارش دادند که تنش کم‌آبی

به‌میزان قابل‌توجهی بر محتوای اسیدهای چرب اشباع

1. Oleate desaturase

بررسی اثر تنش کم‌آبی بر عملکرد دانه و اسیدهای چرب روغن دانه هیبریدهای آفتابگردان



شکل ۳. رابطه بین اسید اولئیک و اسید لینولئیک در شرایط مختلف رطوبتی

این نوع از هیبریدها شد (۵۰/۹ درصد به ۲۹/۰ درصد) شد (Carvalho *et al.*, 2018).

اسید پالمیتوئیک یا امگا ۷ اولین چربی است که به‌عنوان هورمون عمل می‌کند و در مقابل دیابت نوع ۲، بیماری‌های قلبی و سرطان نقش حفاظت‌کنندگی و در پیش‌گیری و درمان چاقی انسان مفید می‌باشد. مقایسه سطوح اثر متقابل سال و هیبرید نشان داد که در سال اول هیبریدهای فرخ و شمس به ترتیب با ۰/۰۸۴ و ۰/۰۷۳ درصد بیش‌تر از سایرین امگا ۷ تولید کردند (جدول ۴). در سال دوم بیش‌ترین میزان از هایسان ۲۵ تولید شد که به‌همراه شمس نیز در گروه مشابهی قرار گرفت. در هیبریدهای مورد بررسی به‌جز فرخ درصد پالمیتوئیک در سال دوم افزایش یا بدون تغییر قابل‌توجه باقی ماند. همبستگی منفی و معنی‌داری بین طول دوره پرشدن دانه و درصد اسید پالمیتوئیک وجود داشت ($r = -0.627$).

اسید لینولئیک یکی از اعضای خانواده اسیدهای چرب امگا ۳ و از نوع اسیدهای چرب ضروری است که از نظر تغذیه‌ای ارزشمند می‌باشد. این اسید چرب برای عملکردهای مختلف بدن، از جمله ابعاد سلامت مغز و قلب ضروری می‌باشد. محتوی اسیدلینولئیک در ارقام متداول آفتابگردان بین ۰/۳-۰ درصد می‌باشد (Codex Stan 210-1999). نتایج مقایسه میانگین اثر سه‌گانه

مقایسه هیبریدهای آفتابگردان در سطوح مختلف تنش نشان داد که تغییرات نسبت لینولئیک به اولئیک از ۳/۱ تا ۴/۲ متفاوت بود. در مقایسه سطوح هیبرید کم‌ترین میزان به هایسان ۲۵ و ۳۶ با ۳/۵ تعلق داشت و بیش‌ترین میزان از هیبریدهای برزگر و آذرگل ۴/۲ به‌دست آمد. تغییرات نسبت اسید لینولئیک به اسید اولئیک تحت تأثیر عوامل محیطی قرار نداشت. به گونه‌ای که در دو سال انجام آزمایشی و در سطوح مختلف تنش این نسبت حدود ۳/۸ بود. در تعدادی از مطالعات به عدم تأثیر دما بر نسبت اسید اولئیک به لینولئیک در هیبریدهای معمولی آفتابگردان افزایش دما اشاره شده است (Flagella *et al.*, 2004). اما در تعدادی از گزارشات تأثیر دمای شبانه تأثیر مثبت بر درصد اسید اولئیک در هیبریدهای با درصد اسید اولئیک بالا یا متوسط داشت. در استرالیا (Harris *et al.*, 1978) و اسپانیا (Lajara *et al.*, 1990)، افزایش یک درجه سلسیوس در حداقل دما باعث افزایش محتوای اسید اولئیک در روغن دانه آفتابگردان با اسید اولئیک بالا تا ۲ درصد، در آرژانتین Izquierdo & Aguirrezabal (2008) و در برزیل Grunvald *et al.* (2013) تا ۳/۵ درصد شد. حداقل افزایش دمای ۵ درجه سلسیوس در هنگام سنتز روغن در دانه‌ها سبب افزایش ۲۲/۶ درصد اسید اولئیک (۴۱ درصد به ۶۳/۵ درصد) و کاهش ۲۱/۹ درصد در میزان اسید لینولئیک در

و اثر سه‌گانه تیمارها بر اسیدآرژیدیک معنی‌دار بود (جدول ۲).

اسید پالمیتیک در صنایع غذایی کاربردهای فراوانی دارد. هم‌چنین می‌تواند در صنایع آرایشی، بهداشتی به‌عنوان عامل ضدکف، فاکتور قوام‌دهنده در لوازم آرایشی نظیر کرم‌ها، خمیر دندان و واکس‌ها به‌کار می‌رود. اسید پالمیتیک و استئاریک از بیش‌ترین محتوای اسید چرب اشباع در آفتابگردان برخوردار است. در میان اسیدهای چرب اشباع موجود در دانه هیبریدهای آفتابگردان، اسید پالمیتیک از ارزش بالایی برخوردار است. مقایسه هیبریدهای آفتابگردان در دو سال انجام آزمایش در اسید پالمیتیک نشان داد که تغییرات این اسید چرب در دو سال آزمایش بین ۶/۰۵ تا ۷/۶۶ درصد تغییر کرد. بیش‌ترین کاهش در سال دوم آزمایش به هیبرید شماره ۳ با ۰/۳۸ درصد و بیش‌ترین افزایش با ۱/۳۵ به هیبرید هایسان ۲۵ تعلق داشت (جدول ۶). کاهش قابل‌توجهی درصد اسید پالمیتیک با تنش کم‌آبی در آفتابگردان گزارش شده است (Ebrahimian et al., 2019).

تیمارها بر اسید لینولنیک نشان داد که در شرایط آبیاری مطلوب بیش‌ترین میزان اسید لینولنیک در سال اول با ۰/۴۵۳ از G6×R-43 به‌دست آمد که با سیرنا در گروه آماری مشابهی قرار گرفت (جدول ۵).

در سال دوم و در شرایط آبیاری مطلوب، کلیه هیبریدها در گروه آماری مشابهی قرار گرفتند. در شرایط تنش متوسط میزان تغییرات این اسید چرب به مقدار قابل‌توجهی کاهش یافت. در سال اول و دوم به‌ترتیب هایسان ۲۵ و G6×R-43 بیش‌ترین درصد لینولنیک را داشتند. اما در شرایط تنش شدید در سال اول و دوم به‌ترتیب هیبرید G6×R-43 و قاسم برتر از سایرین بود. در مطالعه انجام‌شده در مطالعه‌ای دیگر، کاهش قابل‌توجهی درصد اسید لینولنیک با تنش کم‌آبی گزارش شده است (Ebrahimian et al., 2019).

نتایج به‌دست‌آمده از جدول تجزیه واریانس درصد اسیدهای چرب اشباع نشان دادند که اثر سال بر صفات اسید پالمیتیک، اسید آرژیدیک، اسید بهینیک و اسید استئاریک معنی‌دار بود. تیمار تنش فقط بر اسید استئاریک معنی‌دار بود. تیمار هیبرید و اثر متقابل سال و هیبرید بر کلیه اسیدهای چرب اشباع تأثیر معنی‌داری داشت. اثر متقابل تنش و هیبرید

جدول ۵. مقایسه میانگین‌های اسید لینولنیک در سطوح اثر متقابل تنش و هیبرید در سال‌های آزمایش

هیبرید	آبیاری مطلوب		تنش متوسط		تنش شدید	
	سال اول	سال دوم	سال اول	سال دوم	سال اول	سال دوم
آذرگل	۰/۳۰۳bc	۰/۱۴۰	۰/۳۲۳ab	۰/۱۵۳b	۰/۱۸۳a	۰/۱۹b
برزگر	۰/۳۱۳bc	۰/۱۳۳	۰/۲۹۳abc	۰/۱۷۰b	۰/۱۰۷bc	۰/۱۷bc
فرخ	۰/۲۲۷cd	۰/۱۳۳	۰/۳۳۰ab	۰/۱۸۰b	۰/۱۵۰abc	۰/۱۲c
G5×R-43	۰/۲۸۳cd	۰/۱۵۳	۰/۲۶۷bc	۰/۱۵۳b	۰/۰۹۰cd	۰/۱۶bc
G6×R-43	۰/۴۵۳a	۰/۱۷۳	۰/۳۴۰ab	۰/۲۲۰ab	۰/۱۹۷a	۰/۱۷bc
قاسم	۰/۳۲۰bc	۰/۱۵۰	۰/۳۰۷ab	۰/۲۸۰a	۰/۱۴۷abc	۰/۲۵a
شمس	۰/۱۷۷d	۰/۱۷۳	۰/۱۶۷c	۰/۱۶۳b	۰/۰۲۰e	۰/۱۶bc
سیرنا	۰/۴۰۰ab	۰/۱۸۳	۰/۳۶۷ab	۰/۱۸۷b	۰/۱۵۳ab	۰/۱۶bc
هایسان ۲۵	۰/۳۱۳bc	۰/۱۴۳	۰/۴۱۳a	۰/۱۴۰b	۰/۰۴۰de	۰/۱۵bc
هایسان ۳۶	۰/۳۲۷bc	۰/۲۰۰	۰/۳۳۷ab	۰/۱۵۷b	۰/۱۸۰a	۰/۱۷bc
سانبرو	۰/۳۱۳bc	۰/۱۸۷	۰/۳۲۷ab	۰/۲۰۷ab	۰/۰۴۳de	۰/۱۵bc

هیبریدهایی که در هر ستون دارای حروف مشابهی هستند، با آزمون LSD در سطح ۵ درصد در گروه آماری مشابهی قرار دارند. عدم ارائه گروه‌بندی به منظور قرار گرفتن کلیه هیبریدها در یک گروه آماری می‌باشد.

بررسی اثر تنش کم‌آبی بر عملکرد دانه و اسیدهای چرب روغن دانه هیبریدهای آفتابگردان

جدول ۶. مقایسه میانگین‌های اسیدهای چرب غیر اشباع در سطوح اثر متقابل سال و هیبرید

هیبرید	اسید پالمیتیک (%)		اسید بهنیک (%)		اسید استئاریک (%)	
	سال اول	سال دوم	سال اول	سال دوم	سال اول	سال دوم
آذرگل	۶/۸۳b	۶/۷۲ab	۰/۵۵bc	۰/۶۲۵ab	۵/۱۱d	۴/۶۲
برزگر	۶/۸۷b	۶/۷۰ab	۰/۵۶۴bc	۰/۶۵۲ ab	۵/۳۰cd	۵/۳۰
فرخ	۷/۵۴a	۷/۱۶ab	۰/۵۴۸bc	۰/۵۱۶ b	۴/۸۷d	۵/۲۱
G5×R-43	۶/۲۷bc	۶/۴۶b	۰/۵۴۱bc	۰/۶۰۳ ab	۵/۹۶bc	۵/۲۳
G6×R-43	۶/۳۲bc	۶/۵۶b	۰/۶۹۲ab	۰/۵۵۷ ab	۶/۵۴ab	۴/۶۰
قاسم	۶/۶۶bc	۶/۳۳b	۰/۵۱۷c	۰/۷۳۸ a	۶/۲۹b	۵/۰۴
شمس	۶/۷۶b	۷/۱۸ab	۰/۴۱۸c	۰/۶۴۳ ab	۳/۹۹e	۵/۱۹
سیرنا	۶/۳۵bc	۶/۹۴ab	۰/۸۳۴a	۰/۵۹۶ ab	۷/۰۳a	۴/۵۷
هایسان ۲۵	۶/۳۱bc	۷/۶۶a	۰/۷۷۲a	۰/۵۰۲ b	۵/۰۲d	۵/۲۹
هایسان ۳۶	۶/۰۵c	۶/۸۹ab	۰/۵۷۷bc	۰/۵۲۶ b	۵/۰۹d	۴/۶۱
سانبرو	۶/۳۴bc	۶/۸۰ab	۰/۷۰۰ab	۰/۶۲۷ ab	۵/۳۶cd	۵/۲۹

در هر ستون هیبریدهایی که دارای حروف مشابهی هستند، با آزمون LSD در سطح ۵ درصد در گروه آماری مشابهی قرار دارند. عدم ارائه گروه‌بندی به منظور قرارگرفتن کلیه هیبریدها در یک گروه آماری می‌باشد.

بین ۰/۱-۰/۵ درصد می‌باشد (Codex Stan 210-1999). نتایج به‌دست‌آمده نشان دادند که تغییرات اسید استئاریک در دو سال انجام آزمایش بیش‌تر از اسید پالمیتیک بود (جدول ۶). در سال دوم آزمایش درصد اسید پالمیتیک افزایش و استئاریک کاهش یافت. هیبریدهای برزگر، سانبرو، هایسان ۲۵، هایسان ۳۶ و آذرگل تغییر قابل‌توجهی در اسید استئاریک را نشان ندادند. بیش‌ترین افزایش با ۲/۵ درصد در هیبرید سیرنا مشاهده شد و بیش‌ترین کاهش در هیبرید شمس با ۱/۲ درصد مشاهده شد. در سال دوم کلیه هیبریدها از نظر اسید استئاریک تفاوت معنی‌داری نداشتند. میانگین دمای هوا در سال دوم کم‌تر از سال اول، اما میانگین دما در دوره پرشدن دانه (شهریورماه) در سال دوم بیش‌تر از سال اول بود. به‌نظر می‌رسد تغییرات این اسید چرب تحت تأثیر دمای هوا در دوره پرشدن دانه باشد.

اسید بهنیک در جامدکردن مارگارین و تردکننده مواد غذایی و غذاهایی که حاوی روغن‌های جامد و نیمه‌جامد

همبستگی مثبت و معنی‌داری بین میانگین دما و درجه روز رشد دریافتی در دوره پرشدن دانه با اسید پالمیتیک وجود داشت. این نتایج با Zhejzakov *et al.* (2009) مطابقت داشت. اما در مطالعه‌های دیگر رابطه منفی بین افزایش دمای حداقل با میزان اسید پالمیتیک *Carvalho et al.* (2018) و کاهش اسید پالمیتیک با افزایش دما در زمان رسیدن گیاه وجود داشت (Sheoran *et al.*, 2015). به‌نظر می‌رسد تأثیر دمای حداقل در تشکیل اسیدهای پالمیتیک و استئاریک از تشکیل اسیدهای اولئیک و لینولئیک کم‌تر باشد. هم‌چنین با افزایش حداقل دما، میزان اسیدهای پالمیتیک و استئاریک کاهش یافت (Carvalho *et al.*, 2018).

اسید استئاریک از اسیدهای چرب دیگر آفتابگردان محسوب می‌شود. این ماده در تولید و ساخت پلاستیک، شمع، پاستیل‌های روغنی، مکمل‌های غذایی، مواد آرایشی و نیز جهت نرم‌کردن لاستیک و سخت کردن صابون‌ها کاربرد دارد. محتوای اسید آراشیدیک در ارقام متداول آفتابگردان

همبستگی مثبت و معنی‌داری بین اسید بهنیک با آراشیدیک وجود داشت (به ترتیب با $r=-0/628$ و $r=0/886$). در شرایط تنش شدید همبستگی مثبت و معنی‌داری در سطح یک درصد بین اسید بهنیک با آراشیدیک و با استتاریک ($r=0/788$) و منفی معنی‌دار در سطح ۵ درصد با لینولئیک ($r=-0/670$) وجود داشت. باتوجه به نتایج جدول مقایسه میانگین، درصد اسید چرب آراشیدیک در سال اول و دوم به ترتیب برابر $0/318$ و $0/270$ درصد بود (جدول ۷). بر این اساس باتوجه به شرایط مساعد محیطی و درجه حرارت در سال دوم، با افزایش درصد روغن دانه میزان این اسید چرب اشباع کاهش یافت. مقایسه هیبریدها نشان داد که بیش‌ترین و کم‌ترین میزان این اسید چرب اشباع به ترتیب در هیبریدهای سانبرو ($0/35$ درصد) و شمس ($0/24$ درصد) حاصل شد (جدول ۷).

هستند مورد استفاده قرار می‌گیرد و به این ترتیب نیازی به فرایند هیدروژن‌دهی به روغن نیست. مقایسه سطوح اسید بهنیک نشان داد که در سال اول بیش‌ترین میزان اسید چرب در کلیه هیبریدها به دست آمد. هرچند میزان کاهش در سال دوم به نوع هیبرید بستگی داشت (جدول ۶). به طوری که این تغییرات در سال اول از $0/4$ در شمس تا $0/7-0/8$ درصد در سیرنا، هایسان ۲۵ و سانبرو تغییر کرد. در سال دوم با وجود شرایط بهتر دمایی اختلاف قابل‌توجهی بین هیبریدها مشاهده نشد. هم‌چنین همبستگی میانگین دمای حداقل، حداکثر و متوسط دما در طول دوره پرشدن دما با درصد اسید بهنیک معنی‌دار بود (به ترتیب $r=-0/627$ ، $r=0/619$ و $r=0/653$). همبستگی مثبت و معنی‌داری در سطح ۵ درصد بین اسید بهنیک با اسید آراشیدیک و استتاریک وجود داشت (به ترتیب $r=0/680$ و $r=0/708$). در شرایط تنش متوسط و شدید

جدول ۷. مقایسه میانگین‌های اسید آراشیدیک در سطوح اثر متقابل تنش و هیبرید در سال‌های آزمایش

هیبرید	آبیاری مطلوب		تنش متوسط		تنش شدید	
	سال اول	سال دوم	سال اول	سال دوم	سال اول	سال دوم
آذرگل	0/090def	0/243ab	0/160a	0/270ab	0/293ab	0/243
برزگر	0/187a	0/283ab	0/127ab	0/300ab	0/283ab	0/340
فرخ	0/053ef	0/407a	0/040bc	0/187ab	0/303ab	0/213
G5×R-43	0/160abc	0/210ab	0/157a	0/323ab	0/230b	0/313
G6×R-43	0/173ab	0/260ab	0/180a	0/217ab	0/377ab	0/337
قاسم	0/103cde	0/337ab	0/100abc	0/150b	0/343ab	0/203
شمس	0/027f	0/300ab	0/037c	0/330a	0/263ab	0/223
سیرنا	0/167abc	0/153b	0/157a	0/253ab	0/440a	0/287
هایسان ۲۵	0/117b-e	0/373ab	0/060bc	0/267ab	0/297ab	0/230
هایسان ۳۶	0/153a-d	0/233ab	0/167a	0/197ab	0/303ab	0/277
سانبرو	0/067ef	0/393a	0/187a	0/317ab	0/320ab	0/283

در هر ستون هیبریدهایی که دارای حروف مشابهی هستند، با آزمون LSD در سطح ۵ درصد در گروه آماری مشابهی قرار دارند. عدم ارائه گروه‌بندی به منظور قرارگرفتن کلیه هیبریدها در یک گروه آماری می‌باشد.

۴. نتیجه‌گیری

با توجه به نتایج دو سال آزمایش، سال اول گرم‌تر از سال دوم بود، اما در سال دوم، دمای هوا در مرحله رشد رویشی و پرشدن دانه بیشتر از سال اول بود. بیش‌تر بودن دما در مراحل انتهایی دوره رشد در سال اول سبب شد که در ارقام زودرس مانند قاسم و فرخ اسید اولئیک روغن کاهش یابد. مقایسه عملکرد دانه هیبریدها نشان داد که رقم برزگر به‌همراه ژنوتیپ $G6 \times R-43$ ، $G5 \times R-43$ ، سیرنا، سانبرو و هایسان ۲۵ در سال اول و به تنهایی در سال دوم برتر از سایرین بودند. پاسخ هیبریدها از نظر درصد روغن دانه تحت تأثیر شرایط محیطی دو سال آزمایش قرار گرفت. اسیدهای چرب استتاریک و لینولئیک تحت تأثیر اثر متقابل تنش و هیبرید قرار گرفتند. در سطوح مختلف رطوبتی هیبریدهای $G6 \times R-43$ و سیرنا از بیش‌ترین درصد لینولئیک اسید برخوردار بودند. هرچند بیش‌ترین درصد و پایداری در تغییرات روغن به $G5 \times R-43$ تعلق داشت. با توجه به رابطه منفی قوی بین اسیدهای چرب اولئیک و لینولئیک، ارقام هایسان ۲۵ و سیرنا برای درصد اسید اولئیک بالاتر و برزگر و $G6 \times R-43$ برای درصد اسید لینولئیک بالاتر مناسب می‌باشند. وجود رابطه منفی بین اسید اولئیک و میانگین دما در دوره پرشدن دانه نشان می‌دهد کشت آفتابگردان در مناطقی با دمای پایین‌تر به‌ویژه در زمان پرشدن دانه می‌تواند سبب بهبود کیفیت روغن تولیدی شود. به این ترتیب هیبریدهای برزگر، آذرگل، شمس و $G5 \times R-43$ از اسید لینولئیک بیش‌تر و هیبریدهای سانبرو و سیرنا از اسید اولئیک بیش‌تری نسبت به سایر هیبریدها برخوردار بودند.

۵. تشکر و قدردانی

این مقاله حاصل از پروژه تحقیقاتی با شماره مصوب (۹۱۲۰۵-۰۳-۰۳-۰۴) می‌باشد. بدین‌وسیله از مسئولین و کارکنان مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر و

سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تشکر و قدردانی می‌گردد.

۶. تعارض منافع

هیچ‌گونه تعارض منافع توسط نویسندگان وجود ندارد.

۷. منابع

- Akkaya, M. R. (2018). Fatty acid compositions of sunflowers (*Helianthus annuus* L.) grown in east Mediterranean region. *Rivista Italiana Delle Sostanze Grasse XCV*(4), 239-247.
- Alahdadi, I., Oraki, H., & Parhizkar Khajani, F. (2011). Investigation of the fatty acid compositions and some chemical characteristics in sunflower hybrids under water deficit stress. *Journal of Food Science and Technology*, 8(28), 9-18. (In Persian).
- Azadmard-Damirchi, S., Savage, G. P., & Dutta, P. C. (2005). Sterol fractions in hazelnut and virgin olive oils and 4, 40-dimethylstrols as possible markers for detection of adulteration of virgin olive oil. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 82, 717-725.
- Carvalho, C. G. P. de., Caldeira, A., Carvalho, L. M. de., Carvalho, H. W. L. de., Ribeiro, J. L., Mandarino, J. M. G., Resende, J. C. F. de., Santos A. R. dos, Silva, M. R. da., & Nair H. C. Arriel. (2018). Fatty Acid Profile of Sunflower Achene Oil From the Brazilian Semi-arid Region. *Journal of Agricultural Science*, 10(10), 144-150.
- Codex Stan, 210-1999. Codex Alimentarius International Food Standards, www.codexalimentarius.
- Daneshian, J., Jabbari, H., Moghaddam Khamse, A. R., Akbari, GH. A., Mottaghi, S., & Shams, A. (2010). Study of some effective of some effective phenological and physiologic characteristics on sunflower hybrids yield. 2010. *Journal of Plant Production (Journal of Agricultural Sciences and Natural Resources)*, 17(4), 49-69. (In Persian)
- Ebrahimian, E., Seyyedi, S. M., Bybordi, A., Damalas, C., & Christos, A. (2019). Seed yield and oil quality of sunflower, safflower, and sesame under different levels of irrigation water availability. *Agricultural Water Management*, 218(C), 149-157.
- Erdemoglu, N., Kusmenoglu, S., & Yenice, N. (2003). Effect of irrigation on the oil content and fatty acid composition of some sunflower seeds. *Chemistry of Natural Compounds*, 39(1), 1-14.

- Flagella, Z., Giuliani, M. M., Rotunno, T. E., Di Caterina, R. & De Caro, A. (2004). Effect of saline water on oil yield and quality of a high oleic sunflower (*Helianthus annuus* L.) hybrid. *European Journal of Agronomy*, 21, 267-272.
- Grunvald, A.K., Carvalho, C.G.P., Leite, R.S., Mandarin, J.M.G., Andrade, C.A.B., Amabile, R.F., & Godinho, V.P.C. (2013). Influence of temperature on the fatty acid composition of the oil from sunflower genotypes grown in tropical regions. *Journal of American Oil Chemists' Society*, 90, 545-553.
- Harris, H. C., William, JR. MC., & Mason, W. K. (1978). Influence of temperature on oil content and composition of sunflower seed. *Australian Journal of Agricultural Research*, 29, 1203-1212.
- Hu, J., Seiler, G., & Kole, C. (2010). Genetics, genomics and breeding of sunflower. Routledge, USA. pp: 342.
- Izquierdo, N., & Aguirrezabal, L. (2008). Genetic variability in the response of fatty acid composition to minimum night temperature during grain filling in sunflower. *Field Crop Research*, 106, 116-12.
- Karimi Kahhaki, M., Sepehri, A., & Abutalebian, 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 (Iranian Journal of Agricultural Sciences)*, 41(3), 597-610. (In Persian)
- Lajara, J., Di'az, U., & Quidiello, R. D. (1990). Definite influence of location and climatic conditions on the fatty acid composition of sunflower seed oil. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 67, 618-623.
- Mobasser, H. R., & Tavassoli, A. (2013). Effect of water Stress on quantitative and qualitative characteristics of yield in sunflower (*Helianthus annuus* L.). *Journal of Novel Applied Sciences*, 2(9), 299-302. (In Persian)
- Nazeri Tahroudi, M., Khalili, K., & Ahmadi, F. (2016). Spatial and Regional Analysis of Precipitation Trend over Iran in the Last Half of Century. *Journal of Water and Soil*, 30(2), 643-654. (In Persian).
- Onemli, F. (2012). Changes in Oil Fatty Acid Composition During Seed Development of Sunflower. *Asian Journal of Plant Sciences*, 11, 241-245.
- Pal, U. S., Patra, R. K., Sahoo, N. R., Bakhara, C. K., & Panda, M. K. (2015). Effect of refining on quality and composition of sunflower oil. *Journal of Food Science and Technology*, 52(7), 4613-4618.
- Patanè, C., Cosentino, S. L., & Anastasi, U. (2017). Sowing time and irrigation scheduling effects on seed yield and fatty acids profile of sunflower in semi-arid climate. *International Journal of Plant Production*, 11(1), 17-32.
- Potopova, V., Boronean, C., Boinceanc, B., & Soukupa, J. (2015). Impact of agricultural drought on main crop yields in the Republic of Moldova. *International Journal of Climatology*, 36, 2063-2082.
- Santonoceto, C., Anastasi, U., Riggi, E., & Abbate, V. (2003). Accumulation dynamics of dry matter, oil and major fatty acids in sunflower seeds in relation to genotype and water regime. *Italian Journal of Agronomy*, 7, 3-14.
- Sezen, S. M., Tekin, S., & Bozdogan Konuskan, D. (2019). Effect of Irrigation Strategies on Yield of Drip Irrigated Sunflower Oil and Fatty Acid Composition and its Economic Returns. *Journal Of Agricultural Sciences*, 25, 163-173.
- Schulte, L. R., Ballard, T., Samarakoon, T., Yao, L., Vadlani, P., Staggenborg, S., & Rezac, M. (2013). Increased growing temperature reduces content of polyunsaturated fatty acids in four oilseed crops. *Industrial Crops and Products*, 51, 212-219.
- Sheoran, p., Sardana, V., Chahal, V. P., Sharma, P., & Singh, S. (2015). Effect of sowing time on the yield and quality parameters of sunflower (*Helianthus annuus*) hybrids under semiarid irrigated conditions of northern India. *Journal of Agricultural Sciences*, 85(4), 549-54.
- Yadollahi Dehcheshmeh, P., Bagheri, A. A., Amiri, A., & Esmailzadeh, S. (2014). Effects of drought and foliar application on yield and photosynthetic pigments sunflower. *Journal of Crop Physiology*, 6(21): 73-83. (In Persian)
- Zareei Siabidi, A., & Rezaei Zad, A. (2018). Effect of Deficit Irrigation on Agronomic Characteristics of New Sunflower Hybrids. *Seed and Plant Production*, 34(1), 89-108.
- Zheljzakov, V. D., Vick, B. A., Ebelhar, M. W., Buehring, N., Baldwin, B., Astatkie, T., & Miller, J. F. (2009). Yield, oil content, and composition of sunflower (*Helianthus annuus* L.) grown at multiple locations in Mississippi. *Agronomy Journal*, 100, 635-642.