

Investigation of Water Deficit Stress Effects on Quality Characteristics and Oil Yield of Soybean

Jahanfar Daneshian^{*1}, Farnaz Shariati², Nadia Safavi Fard³, Abdollah Hassani⁴

Received: 28 September 2021 Accepted: 04 June 2022

1-Prof., Seed and Plant Improvement Institute, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Karaj, Iran.

2-Assist. Prof., Seed and Plant Improvement Institute, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Karaj, Iran.

3- Ph. D. Agronomy, Seed and Plant Improvement Institute, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Karaj, Iran.

4- Seed and Plant Improvement Institute, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Karaj, Iran.

*Corresponding Author Email: J.Daneshian@areeo.ac.ir

Abstract

Background & Objective: Investigation of environmental factors and stresses on the fatty acid composition of soybean oil and identification of water deficit tolerant cultivars is one of the strategies to improve the fatty oil quality.

Materials & Methods: Effect of water deficit stress on some qualitative characteristics and oil yield of 13 soybean genotypes were evaluated as a split plot based on randomized complete block design in three replications in Karaj for two years. Therefore, three levels water deficit stresses including of irrigation after 50 (control), 100 (mild stress) and 150 mm (severe stress) evaporation from evaporation pan, Class A., were set as main plots and soybean genotypes were used as sub-plots.

Results: The results showed that the interaction effect of year×irrigation×genotype on oil yield, oil content, oleic acid, linolenic acid and arachidic acid were significant. Oil yeild of soybean decreased under mild and severe stresses as 27 and 38%,, respectively. Saba and Williams×A3935 genotypes had the highest oil yield with an average of 422 and 427 kg/ha, respectively. palmitic acid in mild and severe stress compared to control irrigation decreased by 2.6% and 1.2%. While, stearic acid increased by 9.5% and 10.8% in mild and severe stress conditions, respectively. In control irrigation, L425002 line with 0.22%, in mild stress conditions, Williams×Century and L425002 lines with 24.6% and 24.1%, and in severe stress conditions, Saba and L425002 genotypes with 24.1% and 24.5%, had the highest percentages of oleic acid and high oil content.

Conclusion: Saba cv. in control irrigation, Saba cv. and Williams×A3935 in mild stress condition, and in Williams×A3935 severe stress condition had the highest oil yield. L425002 and Williams×Century lines had the highest oil quality in all stress conditions.

Keywords: Fatty Acid, Oil Content, Oil Yield, Soybean, Water Deficit

بررسی اثر تنش کم آبی بر ویژگی‌های کیفی و عملکرد روغن دانه سویا

جهانفر دانشیان^{۱*}، فرناز شریعتی^۲، نادیا صفوی فرد^۳، عبدالله حسنی^۴

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۷/۶ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۳/۱۴

- 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- دکتری زراعت، مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران
 - ۴- کارشناس، مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران
- مسئول مکاتبه: E-mail: J.Daneshian@areeo.ac.ir

چکیده

اهداف: بررسی عوامل و تنش‌های محیطی بر ترکیب اسیدهای چرب روغن سویا و شناسایی ارقام متحمل به کم آبی یکی از راهکارهای مناسب جهت اصلاح و بهبود کیفیت روغن آن می‌باشد.

مواد و روش‌ها: اثر تنش کم آبی بر ویژگی‌های کیفی و عملکرد روغن دانه ۱۳ ژنوتیپ سویا به صورت اسپلیت پلات در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار در کرج طی دو سال ارزیابی شد که در آن آبیاری در سه سطح شامل آبیاری مطلوب، تنش متوسط و شدید به ترتیب بر اساس ۵۰، ۱۰۰ و ۱۵۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک تبخیر کلاس A به-عنوان عامل اصلی و ژنوتیپ‌های سویا به عنوان عامل فرعی بودند.

یافته‌ها: نتایج نشان داد که اثر متقابل سال×آبیاری×ژنوتیپ بر عملکرد روغن دانه، درصد روغن، اسید اولئیک، لینولنیک و آراشیدیک معنی‌دار بود. عملکرد روغن سویا در شرایط تنش متوسط و شدید به ترتیب ۲۷ و ۲۸ درصد کاهش یافت. ژنوتیپ‌های Saba و Williams×A3935 به ترتیب با متوسط ۴۲۲ و ۴۲۷ کیلوگرم در هکتار بیشترین عملکرد روغن را داشتند. درصد اسید پالمیتیک در تنش متوسط و شدید ۲/۶ و ۱/۲ درصد در مقایسه با آبیاری مطلوب کاهش یافت. در حالی که اسید استئاریک در شرایط تنش متوسط و شدید با افزایش ۹/۵ و ۱۰/۸ درصد مواجه شد. در شرایط آبیاری مطلوب لاین L425002 با ۲۲/۰ درصد، در شرایط تنش متوسط لاین‌های Williams×Century و L425002 با ۲۴/۶ و ۲۴/۱ درصد و در شرایط تنش شدید ژنوتیپ‌های Saba و L425002 با ۲۴/۱ و ۲۴/۵ درصد از بیشترین میزان اسید اولئیک و روغن دانه بالا برخوردار بودند.

نتیجه‌گیری: در شرایط آبیاری مطلوب رقم صبا، در شرایط تنش متوسط رقم صبا و Williams×A3935 و در تنش شدید Williams×A3935 بیشترین عملکرد روغن را داشتند و لاین‌های Williams×Century و L425002 در کلیه سطوح تنش از بالاترین کیفیت روغن برخوردار بودند.

واژه‌های کلیدی: اسید چرب، درصد روغن، سویا، عملکرد روغن دانه، کم آبی

مقدمه

تولید دانه‌های روغنی در جهان به دلیل افزایش تقاضا برای چربی‌های گیاهی به‌طور مداوم در حال افزایش است (گونچارو و همکاران ۲۰۱۸). سویا با نام علمی (*Glycine max L.*)، گیاهی دیپلوئید (2n)، یک ساله از خانواده فاباسه^۱ و متعلق به تیره لگومینوز^۲ می‌باشد. این دانه روغنی در کشورهای نظیر ایران، هم در فصل بهار هم در فصل پاییز به خوبی رشد می‌کند. روغن سویا ۶۰ تا ۸۵ درصد از تولیدات دانه روغن جهان را تشکیل می‌دهد، بنابراین به غالب‌ترین روغن گیاهی تاکنون تبدیل شده است (سوی استات ۲۰۱۸). پنج اسید چرب اصلی در روغن سویا وجود دارد که شامل اسید پالمیتیک (C16:0)، اسید استئاریک (C18:0)، اسید اولئیک (C18:1)، اسید لینولئیک (C18:2) و اسید لینولنیک (C18:3) می‌باشد که نسبت آن‌ها کیفیت روغن دانه سویا را تعیین می‌کند (لی و همکاران ۲۰۱۹). سویا حاوی ۴۲-۴۰ درصد پروتئین و ۲۲-۱۸ درصد روغن است و ۸۵ درصد روغن آن اسیدهای چرب غیر اشباع می‌باشد (انور و همکاران ۲۰۱۶). مطالعات نشان می‌دهد که اسید اولئیک و اسید لینولئیک به‌طور قابل توجهی بر پایداری و کیفیت روغن سویا تأثیر می‌گذارند (داکال و همکاران ۲۰۱۴). اسید پالمیتیک (C16:0) در صنایع غذایی کاربردهای فراوانی دارد. این اسید چرب اشباع ۱۶ کربنه، می‌تواند در صنایع آرایشی، بهداشتی به عنوان عامل ضد کف، فاکتور قوام دهنده در لوازم آرایشی نظیر کرم‌ها و یا بهداشتی نظیر خیر دندان و واکس‌ها به‌کار رود (گاریدل و همکاران ۲۰۱۰). اسید اولئیک دارای ۱۸ کربن و یک پیوند دوگانه (Mono Unsaturated Fatty Acid; MUFA) است و در زیتون و کلزا به میزان زیاد وجود دارد (لاوای و همکاران ۲۰۰۹). اسید لینولئیک (اولین اسید چرب از دسته امگا ۶) مهم‌ترین اسید چرب ضروری است که در اغلب روغن‌های گیاهی موجود می‌باشد. سویا از دانه-های روغنی سرشار از اسید لینولئیک است. این دانه

روغنی شامل ترکیبات ارزشمند جزئی مانند اسید چرب غیر اشباع با چندین پیوند دوگانه (PUFA) به‌طور نمونه لینولئیک ۵۴ درصد و آلفا لینولنیک اسید، ۸ درصد است (تورچینی و همکاران ۲۰۱۰). اسید لینولنیک (ω3) و اسید لینوئیک (ω6)، هر دو اسیدهای چرب ضروری (EFA) برای بدن به شمار می‌آیند، به این معنی که بدن قادر به تولید آن‌ها نیست و باید از طریق مواد غذایی تأمین گردند (برونو ۲۰۱۶).

تنش خشکی یکی از تنش‌های محیطی اولیه در تولید محصولات و کیفیت آن‌ها می‌باشد که در نتیجه کشاورزی را با خطر جدی مواجه می‌کند (زاندالیناز و همکاران ۲۰۱۸). آب اهمیت زیادی در رشد و نمو گیاهان دارد. خسارات کم‌آبی به یک مشکل جدی جهانی تبدیل شده است و تغییر اقلیم نیز به این موضوع دامن زده است. طبق نظر محققین، تغییرات در فعالیت آنزیم-های دخیل در سنتز اسیدهای چرب در اثر تنش خشکی علت اصلی تغییر میزان اسیدهای چرب می‌باشد که افزایش اسید استئاریک نیز می‌تواند ناشی از افزایش فعالیت برخی آنزیم‌های دخیل در سنتز آن در شرایط تنش باشد (بلالویی و همکاران ۲۰۱۳). ترکیب اسیدهای چرب در دانه‌های روغنی ثابت نیست و می‌تواند تحت تأثیر شیوه‌های کشت و همچنین عوامل ژنتیکی، اکولوژیکی، مورفولوژیکی و فیزیولوژیکی قرار گیرد (پوپا و همکاران ۲۰۱۷). سویا حساس به کم‌آبی است و پیش‌بینی می‌شود شدت خشکی در آینده افزایش یابد و تولید آن را با چالش‌های جدی مواجه کند. علاوه بر این، خشکی می‌تواند بر تثبیت نیتروژن تأثیر منفی بگذارد. باتوجه به وجود اثر متقابل بین ژنوتیپ و محیط، یکی از راه‌های اساسی برای کاهش خسارت، افزایش بهره‌وری از آب گیاهان در شرایط خشکی است. بنابراین شناسایی ارقام مقاوم به تنش خشکی که در شرایط مختلف بتوانند از عملکرد روغن دانه بالا و خصوصیات کیفی قابل قبول برخوردار باشند از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است.

¹ Fabaceae² Leguminosae

مواد و روش‌ها

اثر تنش کم‌آبی بر ویژگی‌های کیفی و عملکرد روغن دانه سویا در سال‌های زراعی ۱۳۸۹ و ۱۳۹۰ در موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر کرج با طول جغرافیایی ۶° و ۵۱° شرقی و عرض جغرافیایی ۵۹° و ۳۵° شمالی و ارتفاع ۱۱۶۰ متر از سطح دریا بررسی شد. طرحی به صورت اسپلیت پلات در قالب بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار اجرا گردید که در آن آبیاری در سه سطح شامل آبیاری مطلوب، تنش متوسط و شدید به‌ترتیب بر اساس ۵۰، ۱۰۰ و ۱۵۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک تبخیر کلاس A به عنوان عامل اصلی و ۱۳ ژنوتیپ سویا شامل ۵ رقم و ۸ لاین به-عنوان عامل فرعی بودند. مشخصات ژنوتیپ‌های مورد مطالعه در جدول ۱ ارائه شده است. اولین آبیاری یک روز پس از کاشت انجام شد. زمان اعمال تنش پس از تشکیل ۶-۵ برگ حقیقی در نظر گرفته شد. هر کرت آزمایشی دارای ۴ خط کاشت به طول ۵ متر و فاصله

خطوط کاشت ۶۰ سانتی‌متر بود. فاصله گیاهان روی خطوط کاشت ۵ تا ۷ سانتی‌متر تنظیم گردید. برای جلوگیری از انتقال آب جوی‌های اصلی به کرت‌های مجاور، سه متر فاصله در نظر گرفته شد. قبل از آماده سازی، نمونه برداری از خاک محل آزمایش و ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی آن تعیین گردید (جدول ۲). باتوجه به شرایط و ویژگی‌های خاک در مزرعه موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر کرج، تناوب زراعی برای کشت محصولات در نظر گرفته می‌شود و قطعات از بافت متفاوتی برخوردار می‌باشند. لذا ارزیابی ویژگی‌های خاک در هر سال به‌طور جداگانه انجام گرفت. بافت خاک در سال اول از نوع رس لوم و در سال دوم لوم شن بود. داده‌های آب و هوایی کرج، شامل میانگین کمینه و بیشینه درجه حرارت ماهیانه به همراه بارندگی ماهیانه به تفکیک سال (۱۳۹۰ و ۱۳۸۹) در جدول ۳ ارائه شده است.

جدول ۱- مشخصات طول دوره جوانه زنی تا برداشت ژنوتیپ‌های مورد مطالعه

ژنوتیپ	گروه رشدی	طول دوره رشد
رقم Kowsar	II	۹۷
لاین M9	II	۹۷
رقم Saba	III	۱۰۹
رقم Sahar	IV-V	۱۴۳
رقم Katoul	V	۱۴۶
لاین SG20	III-IV	۱۱۶
لاین Safiabad	VI	۱۳۶
لاین Hobbit×Century	III	۱۰۶
لاین Williams×Century	II	۹۶
لاین L425002	II	۹۵
لاین hobbit×TN4.54	IV	۱۲۵
لاین williams×A3935	IV	۱۲۷
رقم Telar	V	۱۴۰

جدول ۲- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش در عمق ۳۰-۰ سانتی‌متر

سال	عمق خاک (cm)	اسیدیته	هدایت الکتریکی (dS.m ⁻¹)	کربن آلی (%)	نیترژن کل (%)	فسفر قابل جذب (mg.kg ⁻¹)	پتاسیم قابل جذب (mg.kg ⁻¹)
۱۳۸۹	۳۰-۰	۷/۷	۱/۳۵	۰/۹۶	۰/۰۷	۱۳/۵	۱۵۱
۱۳۹۰	۳۰-۰	۷/۹	۱/۲۷	۰/۴۵	۰/۰۴	۷/۴	۱۴۸

جدول ۳- میانگین بارندگی و بیشینه و کمینه دمای ماهیانه در منطقه کرج طی دو سال آزمایش (۹۰-۱۳۸۹)

سال زراعی	پارامترهای هواشناسی	خرداد	تیر	مرداد	شهریور	مهر	آبان
	درجه حرارت بیشینه (سلسیوس)	۳۴/۴	۳۹/۲	۴۱/۸	۳۸/۶	۳۷/۲	۳۱/۸
۱۳۸۹	درجه حرارت کمینه (سلسیوس)	۶/۶	۱۱/۴	۱۷/۶	۱۶/۴	۱۰/۶	۶
	بارش (میلی‌متر)	۱۳/۵	۰/۶	۰	۰	۱۳/۶	۳
	درجه حرارت بیشینه (سلسیوس)	۳۵/۶	۳۸/۴	۴۰/۶	۳۹/۶	۳۴	۳۱
۱۳۹۰	درجه حرارت کمینه (سلسیوس)	۸/۷	۱۴	۱۸	۱۰	۱۰/۶	۲
	بارش (میلی‌متر)	۱۸/۴	۳	۲/۸	۴۵/۵	۰/۶	۱۲۳/۵

ستون موئین از جنس سیلیکا (CP SIL 88 for FAME) بود. با مقایسه زمان بازداری پیک‌های به-دست آمده در گازکروماتوگرام نمونه با استانداردهای متیل استر اسیدهای چرب، اسیدهای چرب مربوطه شناسایی و برحسب درصد تعیین مقدار شدند. در پایان پس از اطمینان از مفروضات آزمایشی، تجزیه واریانس مرکب با استفاده از نرم افزار آماری SAS (نسخه ۹/۱) انجام شد. مقایسه میانگین‌ها به روش آزمون حداقل اختلاف معنی‌دار صورت گرفت. برای رسم نمودارها از نرم افزار اکسل استفاده شد.

نتایج و بحث

اثر سال بر اسید پالمیتیک، اسید اولئیک، اسید پالمیتولئیک و اسید آراشیدیک در سطح یک درصد و بر عملکرد روغن دانه، درصد روغن دانه و اسید لینولئیک در سطح پنج درصد معنی‌دار شد. اثر آبیاری بر عملکرد روغن دانه، درصد روغن دانه، اسید استئاریک، اسید اولئیک، اسید لینولئیک و اسید پالمیتولئیک در سطح یک درصد و بر اسید پالمیتیک و اسید پالمیتولئیک در سطح پنج درصد معنی‌دار شد. اثر ژنوتیپ بر کلیه صفات مورد آزمون در سطح یک درصد معنی‌دار شد. اثر متقابل آبیاری×ژنوتیپ بر عملکرد روغن دانه، درصد روغن دانه، اسید اولئیک، اسید لینولئیک و اسید پالمیتولئیک در سطح یک درصد و بر اسید لینولئیک در سطح پنج درصد معنی‌دار شد. اثر متقابل سال×آبیاری×ژنوتیپ بر صفات عملکرد روغن دانه، درصد روغن دانه و اسید اولئیک در سطح یک درصد و بر اسید لینولئیک و اسید آراشیدیک در سطح پنج درصد معنی‌دار شد (جدول ۴).

عملیات آماده‌سازی زمین شامل شخم، دیسک و تسطیح قبل از کاشت بود. کودهای مصرفی براساس آزمون خاک شامل ۵۰ کیلوگرم در هکتار اوره و ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار فسفات آمونیوم قبل کاشت به زمین داده شد. در زمان کشت باکتری برادی ریزوبیوم ژاپونیکوم^۱ با بذور تلقیح شد و بعد از آن کاشت انجام گردید. تاریخ کاشت در سال اول ۱ تیرماه و در سال دوم ۷ تیرماه در نظر گرفته شد. وجین در مراحل چهار برگی و قبل از گلدهی به‌صورت مکانیکی و توسط کارگر انجام شد. زمان برداشت با توجه به طول دوره رشد ارقام به شرح جدول ۱ قرار گرفت. به‌منظور تعیین درصد روغن دانه از هر کرت آزمایشی حدود ۳۰ گرم بذر به‌طور تصادفی جدا و با استفاده از دستگاه (Nuclear Magnetic Resonance) مدل (Magnetic Resonance) (مدل minispec mq20) (کشور آلمان) درصد روغن محاسبه گردید. از حاصل-ضرب درصد روغن در عملکرد دانه، عملکرد روغن دانه بر حسب کیلوگرم در هکتار محاسبه شد. برای اندازه-گیری و تعیین اسیدهای چرب اشباع و غیر اشباع موجود در روغن دانه از روش کروماتوگرافی گازی استفاده گردید (آزادمرد دمیرچی ۲۰۰۵). به این ترتیب که ابتدا روغن نمونه‌ها با روش سوکسله استخراج شد. سپس اسیدهای چرب روغن با استفاده از سود و تری فلوراید بر (BF₃)، به متیل‌استر اسیدهای چرب تبدیل (ساوچ و همکاران ۱۹۹۷) و به گازکروماتوگراف تزریق شدند. دستگاه گازکروماتوگراف مورد استفاده از برند Varian مدل CP-3800 مجهز به آشکار ساز یونیزاسیون شعله‌ای، تزریق کننده از نوع اسپلایت و

^۱ *Bradyrhizobium japonicum*

جدول ۴- تجزیه واریانس مرکب صفات مورد مطالعه

منابع تغییر	درجه آزادی	عملکرد روغن دانه	درصد روغن دانه	اسید پالمیتیک	اسید استئاریک	اسید اولئیک
سال	۱	۱۴۸۹۶*	۲/۸۲*	۶۹/۹۴**	۱/۳۴ ^{NS}	۲۹/۷۶**
تکرار×سال	۴	۱۹۱۵	۰/۳۶	۳/۰۱	۰/۳۶	۰/۸۳
آبیاری	۲	۵۷۶۸۱۷**	۲۱/۴۰**	۲/۱۲*	۴/۲۰**	۶۴/۶۶**
سال×آبیاری	۲	۵۴۱۸۶**	۲/۲۲**	۰/۹۴ ^{NS}	۱/۳۲**	۵/۱۱*
سال×تکرار×آبیاری	۸	۷۱۵۱	۱/۳۲	۰/۴۱	۰/۳۸	۱/۹۴
ژنوتیپ	۱۲	۴۹۴۵۵**	۱۷/۶۲**	۵/۳۲**	۲/۸۵**	۳۷/۷۱**
سال×ژنوتیپ	۱۲	۴۶۳۱۲**	۳/۳۵**	۱۳/۳۸**	۰/۲۸ ^{NS}	۸/۸۹**
آبیاری×ژنوتیپ	۲۴	۳۴۰۴۷**	۱/۱۷**	۱/۷۸ ^{NS}	۰/۲۵ ^{NS}	۳/۰۰**
سال×آبیاری×ژنوتیپ	۲۴	۲۵۹۵۶**	۰/۸۲**	۲/۳۸ ^{NS}	۰/۱۶ ^{NS}	۳/۰۷**
اشتباه	۱۴۴	۳۵۳۴	۰/۳۸	۱/۷۶	۰/۱۷	۱/۲۴
ضریب تغییرات (%)		۱۷/۳۵	۲/۷۸	۱۱/۱۱	۱۰/۰۹	۵/۱۷

* و ** نشان دهنده وجود اختلاف معنی دار به ترتیب در سطح احتمال پنج و یک درصد می باشد. اعداد ارایه شده در جدول میانگین مربعات می باشد

ادامه جدول ۴- تجزیه واریانس مرکب صفات مورد مطالعه

منابع تغییر	درجه آزادی	اسید لینولئیک	اسید لینولنیک	اسید پالمیتولئیک	آراشیدیک اسید
سال	۱	۲/۷۵ ^{NS}	۷/۲۵*	۰/۴۹۲**	۱/۱۹۳**
تکرار×سال	۴	۳/۱۶	۰/۵۷	۰/۰۱۶	۰/۰۲۵
آبیاری	۲	۲۵/۰۲**	۱۵/۳۳**	۰/۰۵۸*	۰/۰۰۶ ^{NS}
سال×آبیاری	۲	۲/۴۶	۱/۳۳*	۰/۰۰۴ ^{NS}	۰/۰۱۶ ^{NS}
سال×تکرار×آبیاری	۸	۲/۱۳	۰/۷۶	۰/۰۰۷	۰/۰۰۸
ژنوتیپ	۱۲	۲۷/۲۷**	۱۰/۷۲**	۰/۰۹۸**	۰/۰۷۲**
سال×ژنوتیپ	۱۲	۸/۴۱**	۲/۵۳**	۰/۱۴۱**	۰/۱۶۵**
آبیاری×ژنوتیپ	۲۴	۳/۱۱*	۰/۹۲**	۰/۰۴۱**	۰/۰۱۲ ^{NS}
سال×آبیاری×ژنوتیپ	۲۴	۲/۶۵ ^{NS}	۰/۶۸*	۰/۰۲۲ ^{NS}	۰/۰۲۹*
اشتباه	۱۴۴	۱/۸۰	۰/۳۶	۰/۰۲۱	۰/۰۱۶
ضریب تغییرات (%)		۲/۵۲	۷/۱۱	۲۸/۷۶	۱۸/۷۶

* و ** نشان دهنده وجود اختلاف معنی دار به ترتیب در سطح احتمال پنج و یک درصد می باشد. اعداد ارایه شده در جدول میانگین مربعات می باشد

عملکرد روغن دانه

عملکرد روغن دانه سویا در شرایط تنش متوسط و شدید به ترتیب با کاهش ۲۷ و ۲۸ درصد در مقایسه با شرایط آبیاری مطلوب مواجه شد. در بین ژنوتیپ‌های مورد بررسی Saba و Williams×A3935 به ترتیب با متوسط ۴۲۲ و ۴۲۷ کیلوگرم در هکتار بیشترین عملکرد روغن را داشتند. نتایج حاصل از مقایسه میانگین عملکرد روغن دانه ژنوتیپ‌های سویا تحت تأثیر آبیاری

در دو سال نشان داد که در شرایط آبیاری مطلوب در سال اول ژنوتیپ‌های Saba، M9، Kowsar، Williams×Century، L425002 به ترتیب با میانگین ۶۰۶، ۵۵۱، ۶۱۹، ۵۴۶، ۵۴۰ کیلوگرم در هکتار و در سال دوم Williams×A3935 با ۶۸۱ کیلوگرم در هکتار بالاترین عملکرد روغن دانه را داشتند. در شرایط تنش متوسط در سال اول ژنوتیپ‌های Hobbit×Century و Williams×A3935 به ترتیب با ۴۵۸ و ۴۶۱ کیلوگرم

شهریور و مهر سال دوم و افت سریع‌تر دما سبب شد که ارقام دیررس با تأخیر در زمان رسیدن مواجه شوند. به این ترتیب با کاهش دمای هوا، رسیدن طبیعی شامل زرد شدن برگ و نیام‌ها به تأخیر افتاد و در نتیجه کاهش قابل توجه عملکرد دانه در بیشتر ارقام رخ داد. هرچند لاین Williams×A3935 از تحمل مناسبی برخوردار بود و عملکرد روغن خود را در سطح بالایی نسبت به سایرین حفظ کرد. رستمی آجیرلو و همکاران ۲۰۱۶ بیان کردند که درصد روغن و عملکرد روغن دانه تحت تأثیر اثر متقابل تنش×رقم قرار گرفت و بیشترین درصد روغن دانه و عملکرد روغن از تیمار آبیاری نرمال در رقم ویلیامز حاصل شد. به علاوه تنش کم‌آبی سبب کاهش معنی‌دار درصد روغن و عملکرد روغن گردید و رقم زان در شرایط تنش (قطع آبیاری در مرحله پرشدن دانه) کمترین عملکرد روغن دانه را دارا بود.

در هکتار و در سال دوم رقم Saba با میانگین ۴۱۸ کیلوگرم در هکتار بالاترین عملکرد روغن دانه را به خود اختصاص داد. در شرایط تنش شدید ارقام دیررس از عملکرد روغن بیشتری برخوردار بودند. به طوری که در سال اول رقم Telar با میانگین ۵۲۳ کیلوگرم در هکتار و در سال دوم لاین SG20 با میانگین ۳۰۶ کیلوگرم در هکتار بالاترین عملکرد روغن دانه را دارا بود (جدول ۵). بر اساس نتایج این تحقیق باتوجه به تفاوت شرایط دمایی و بارش در فصل پاییز دو سال انجام آزمایش، وقوع تنش در ارقام زودرس و متوسط-رس سبب کاهش طول دوره رشد و در نتیجه سبب کاهش قابل توجه عملکرد روغن شد. اما ارقام دیررس پاسخ متفاوتی نشان دادند. در صورت عدم وقوع بارندگی در مهرماه رسیدن طبیعی گیاه اتفاق افتاده و تنش با کاهش عملکرد دانه سبب کاهش قابل توجه عملکرد روغن شد. در صورتی‌که وقوع بارندگی در

جدول ۵- مقایسه میانگین ترکیبات تیماری سال×آبیاری×ژنوتیپ برای عملکرد روغن دانه ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$)

ژنوتیپ	آبیاری مطلوب		تنش متوسط		تنش شدید	
	سال اول	سال دوم	سال اول	سال دوم	سال اول	سال دوم
Kowsar	۶۰۶/۳ a	۵۰۶/۶ bcd	۴۰۳/۳ ab	۳۳۲/۶ bcd	۳۲۲/۳ cd	۲۴۹/۳ abc
M9	۵۵۰/۶ a	۴۲۵/۶ def	۳۱۱/۰ bcd	۳۴۸/۳ abc	۲۱۶/۰ ef	۲۷۲/۶ ab
Saba	۶۱۹/۰ a	۶۰۸/۰ ab	۴۰۸/۶ ab	۴۱۸/۳ a	۱۹۴/۳ fg	۲۸۴/۰ ab
Sahar	۳۲۰/۳ cde	۲۵۸/۳ f	۲۲۹/۳ d	۳۳۱/۳ bcd	۲۸۳/۰ bc	۲۵۸/۳ abc
Katoul	۲۵۹/۰ bc	۲۳۹/۳ g	۲۹۰/۳ abc	۲۷۰/۰ def	۲۶۲/۳ bc	۱۶۱/۶ e
SG20	۲۴۳/۳ cd	۴۵۵/۶ c-f	۱۱۲/۶ e	۳۵۸/۳ abc	۳۰۳/۶ cde	۳۰۶/۰ a
Safiabad	۴۹۰/۶ ab	۳۷۱/۰ f	۳۳۲/۶ bcd	۲۳۳/۶ ef	۳۸۸/۶ bc	۱۸۵/۶ de
Hobbit×Century	۳۷۱/۳ bc	۵۶۱/۳ bc	۴۵۸/۰ a	۳۲۳/۰ bcd	۳۳۰/۶ cd	۲۳۰/۰ bcd
Williams×Century	۵۴۶/۳ a	۵۰۲/۰ b-e	۳۴۷/۰ bc	۳۰۴/۳ cde	۱۷۰/۳ fg	۲۶۱/۰ abc
L425002	۵۳۹/۶ a	۳۸۹/۰ ef	۲۹۶/۶ cd	۲۳۸/۳ ef	۱۱۵/۰ g	۱۵۹/۶ e
Hobbit×TN4.54	۲۰۲/۶ de	۵۶۲/۳ bc	۱۰۲/۳ e	۳۴۹/۰ abc	۲۳۹/۳ def	۲۰۸/۳ cde
Williams×A3935	۳۲۷/۳ cde	۶۸۰/۶ a	۴۶۱/۰ a	۳۸۵/۰ ab	۴۲۱/۳ ab	۲۸۰/۰ ab
Telar	۲۰۰/۰ e	۲۳۹/۳ g	۳۵۵/۶ abc	۲۱۱/۰ f	۵۲۳/۰ a	۱۸۶/۶ de
LSD	۱۴۰/۸۶	۱۱۵/۵۹	۱۰۵/۴۶	۷۱/۲۲	۹۷/۳۵	۵۷/۳۳

حروف مشابه در هر ستون نشان دهنده عدم وجود اختلاف معنی‌دار بر اساس آزمون LSD در سطح ۵ درصد می‌باشد

درصد روغن دانه

واکنش ژنوتیپ‌ها به سطوح مختلف آبیاری در دو سال بر درصد روغن دانه به‌طور معنی‌داری متفاوت بود (جدول ۶). در شرایط آبیاری مطلوب در سال اول لاین Williams×Century و در سال دوم رقم Saba با میانگین ۲۴ درصد بالاترین درصد روغن دانه را داشتند. در شرایط تنش متوسط در سال اول رقم Saba

با میانگین ۲۳ درصد و در سال دوم ژنوتیپ‌های Saba و Hobbit×Century به‌ترتیب با میانگین ۲۴ و ۲۳ درصد بالاترین میزان روغن دانه را به‌خود اختصاص دادند. در شرایط تنش شدید در سال اول Century Hobbit× با ۲۳ درصد و در سال دوم ژنوتیپ‌های Saba و L425002 با میانگین ۲۲ درصد بالاترین میزان روغن دانه را دارا بودند (جدول ۶). باتوجه به

از دانه جزء صفات مهم کیفی در سویا محسوب می-گردد و سعی محققان همواره در به دست آوردن ارقام با درصد روغن بالا می باشد. بلالویی و همکاران ۲۰۱۳ گزارش کردند که مقدار روغن دانه سویا در اثر تنش خشکی کاهش معنی داری نشان داد. که دلیل آن را می-توان حساسیت زیاد تجمع لیپیدها نسبت به تنش خشکی در مرحله دانه بندی و کاهش فتوسنتز جاری و کاهش مواد فتوسنتزی عرضه شده برای پر شده دانه و همچنین کاهش طول دوره پرشدن دانه بیان نمود.

نتایج حاصل ژنوتیپ های زودرس از درصد روغن دانه بیشتری در کلیه شرایط آبیاری در مقایسه با ژنوتیپ-های دیررس برخوردار می باشند. کاهش دمای هوا در انتهای فصل سبب شد که فرآیند ساخت روغن در دانه-های ارقام و لاین های دیررس با اختلال مواجه شود، در حالی که ژنوتیپ های زودرس وارد مرحله رسیدگی شده بودند. ویلسون ۲۰۰۴ گزارش کرده است که میزان روغن دانه سویا بین ۲۸-۸/۳ درصد است و به طور متوسط ۱۹/۵ درصد می باشد. میزان روغن استحصالی

جدول ۶- مقایسه میانگین ترکیبات تیماری سال × آبیاری ژنوتیپ برای درصد روغن دانه

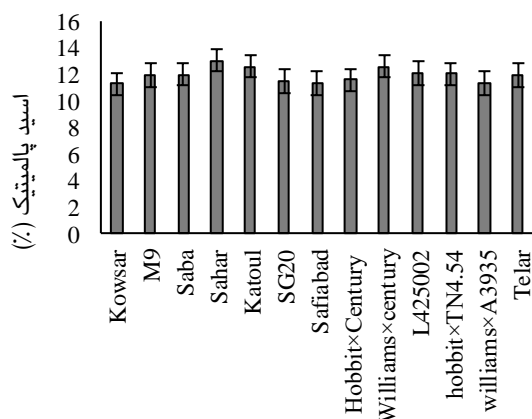
ژنوتیپ	آبیاری مطلوب		تنش متوسط		تنش شدید	
	سال اول	سال دوم	سال اول	سال دوم	سال اول	سال دوم
Kowsar	۲۲/۹۰ ab	۲۲/۰۳ d	۲۲/۶۳ abc	۲۲/۵۰ ab	۲۲/۵۰ a-d	۲۱/۵۰ a-d
M9	۲۲/۱۶ cd	۲۲/۲۶ cd	۲۲/۲۳ bcd	۲۲/۸۰ ab	۲۲/۰۰ abc	۲۲/۰۰ abc
Saba	۲۳/۱۰ d	۲۴/۴۳ a	۲۳/۴۳ a	۲۳/۶۰ a	۲۲/۵۳ a	۲۲/۵۳ a
Sahar	۲۱/۳۰ e	۲۰/۶۶ f	۲۱/۰۶ ef	۲۰/۹۶ cd	۲۱/۷۶ a-d	۲۱/۷۶ a-d
Katoul	۲۰/۱۰ f	۱۹/۸۶ f	۲۰/۳۶ fg	۲۰/۴۶ d	۱۹/۸۰ e	۱۹/۸۰ e
SG20	۲۲/۵۶ bcd	۲۲/۳۶ bcd	۲۰/۶۶ fg	۲۲/۶۶ ab	۲۱/۹۰ abc	۲۱/۹۰ abc
Safiabad	۲۱/۱۳ e	۲۰/۷۰ f	۲۱/۲۳ def	۲۰/۶۰ d	۲۰/۴۳ de	۲۰/۴۳ de
Hobbit×Century	۲۲/۴۶ bcd	۲۴/۳۳ ab	۲۲/۳۶ a-d	۲۳/۴۰ a	۲۱/۰۳ b-e	۲۱/۰۳ b-e
Williams×Century	۲۴/۳۳ a	۲۲/۴۶ a-d	۲۲/۸۰ abc	۲۳/۰۰ ab	۲۲/۲۰ ab	۲۲/۲۰ ab
L425002	۲۳/۷۶ abc	۲۴/۲۳ abc	۲۲/۲۰ ab	۲۲/۹۳ ab	۲۲/۵۶ a	۲۲/۵۶ a
Hobbit×TN4.54	۲۲/۹۶ d	۲۴/۰۰ a-d	۲۱/۹۶ cde	۲۲/۰۳ bc	۲۱/۶۳ a-d	۲۱/۶۳ a-d
Williams×A3935	۲۰/۲۶ f	۲۳/۵۳ a-d	۱۹/۷۰ g	۲۲/۹۰ ab	۲۲/۱۳ abc	۲۲/۱۳ abc
Telar	۲۱/۷۶ e	۲۱/۷۳ e	۲۱/۴۰ def	۲۱/۹۰ bc	۲۰/۷۶ cde	۲۰/۷۶ cde
LSD	۰/۶۶	۰/۹۷	۱/۱۵	۱/۱۲	۱/۳۹	۱/۱۳

حروف مشابه در هر ستون نشان دهنده عدم وجود اختلاف معنی دار بر اساس آزمون LSD در سطح ۵ درصد می باشد

(شکل ۲). هو و همکاران ۲۰۰۶ ترکیب اسیدهای چرب را در یک جمعیت لاین اینبرد نوترکیب سویا که از تلاقی لاین های اصلاح شده اسید پالمیتیک پایین با اسید استئاریک بالا حاصل شده بودند را مورد ارزیابی قرار دادند. آن ها این آزمایش را طی دو سال در سه منطقه از کانادا اجرا کردند و مشاهده کردند که اسید لینولنیک در برابر شرایط محیطی بسیار حساس بود و همچنین اثر سال بسیار بیشتر از اثر مکان بر مقادیر اسید چرب پالمیتیک، استئاریک و اولئیک بود. به علاوه اثر مکان بر رابطه میزان اسید لینولنیک و لینولینیک بسیار مؤثر بود. زجاجو و همکاران ۲۰۰۸ گزارش کردند که ترکیب اسیدهای چرب دانه بین ژنوتیپ ها تفاوت معنی داری دارد.

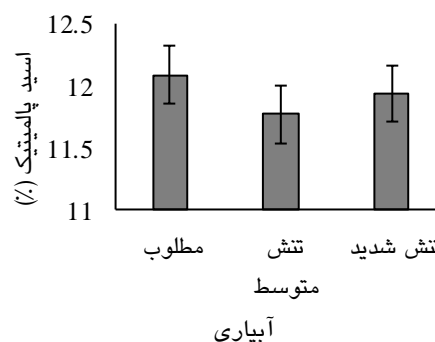
اسید پالمیتیک

نتایج حاصل از مقایسه میانگین اثر ساده سال نشان داد که میزان اسید پالمیتیک در سال دوم با افزایش ۹ درصدی در مقایسه با سال اول مواجه شد. میانگین درصد اسید پالمیتیک (C16:0) در شرایط مختلف رطوبتی به طور معنی داری متفاوت بود. بالاترین میزان این اسید چرب اشباع در شرایط آبیاری مطلوب برابر با ۱۲/۰۹ درصد بود و تنش متوسط و شدید به ترتیب سبب کاهش ۲/۶ و ۱/۲ درصدی آن در مقایسه با شرایط آبیاری مطلوب شد (شکل ۱). تفاوت معنی دار در ژنوتیپ های مورد بررسی نشان داد که رقم Sahar با میانگین ۱۳/۰۴ درصد، بیشترین میزان اسید پالمیتیک را در مقایسه با سایر ژنوتیپ ها به خود اختصاص داد



ژنوتیپ

شکل ۲- مقایسه میانگین اثر ساده ژنوتیپ بر درصد اسید پالمیتیک علامت بار نشان دهند LSD می‌باشد

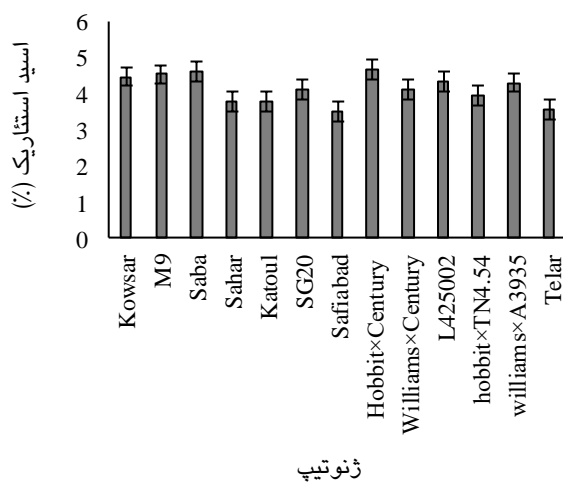


شکل ۱- مقایسه میانگین اثر ساده آبیاری بر درصد اسید پالمیتیک علامت بار نشان دهند LSD می‌باشد

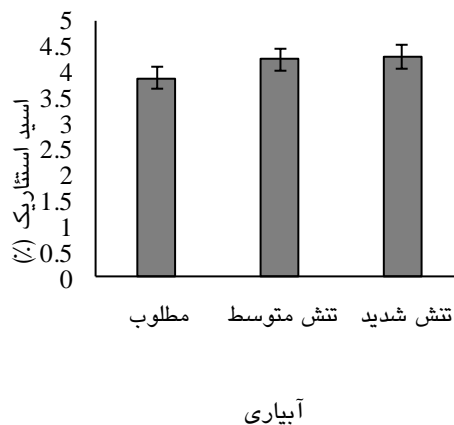
اسید استئاریک

Hobbit× با میانگین ۴/۶ درصد از بیشترین میزان اسید استئاریک برخوردار بودند (شکل ۴). ابراهیم محمد و حلمی لطیفی ۲۰۱۷ گزارش کردند که اسیدهای چرب اشباع پالمیتیک و استئاریک کمترین حساسیت را به تنش خشکی داشتند. به‌علاوه در شرایط تنش خشکی درصد اسید پالمیتیک به‌طور معنی‌داری افزایش اما درصد اسید استئاریک به‌طور معنی‌داری در تمامی ژنوتیپ‌های مورد مطالعه کاهش یافت.

ارزیابی اسید استئاریک (18:0) نشان داد که تنش کم‌آبی سبب افزایش این اسید چرب در محتوای روغن گردید. به‌طوری‌که میزان اسید استئاریک در شرایط تنش متوسط ۹/۵ درصد و در شرایط تنش شدید به میزان ۱۰/۸ درصد در مقایسه با شرایط آبیاری مطلوب افزایش یافت (شکل ۳). مقایسه سطوح ژنوتیپ‌ها نشان داد که ژنوتیپ‌های زودرس Saba و Century



شکل ۴- مقایسه میانگین اثر ساده ژنوتیپ بر درصد اسید استئاریک



شکل ۳- مقایسه میانگین اثر ساده آبیاری بر درصد اسید استئاریک

اسید اولئیک

روند تغییرات اسید چرب غیر اشباع اولئیک در ارقام و لاین‌ها طی دو سال با وقوع تنش متفاوت بود. نتایج حاصل نشان داد که در شرایط آبیاری مطلوب در سال اول رقم Saba با میانگین ۲۳ درصد و در سال دوم لاین‌های L425002 و Williams×A3935 با میانگین ۲۲ درصد بالاترین میزان اسید اولئیک (C18:1) را داشتند. در شرایط تنش متوسط در سال اول رقم Saba با میانگین ۲۶ درصد و در سال دوم لاین‌های Century Hobbit× Williams×Century و L425002 با میانگین ۲۴ درصد بالاترین میزان اسید چرب را به خود اختصاص دادند. در شرایط تنش شدید در سال اول رقم Saba با میانگین ۲۶ درصد و در سال دوم لاین L425002 با میانگین ۲۴ درصد بالاترین میزان اسید چرب را دارا بود (جدول ۷). به‌علاوه در شرایط آبیاری مطلوب لاین L425002 با متوسط ۲۲/۰ درصد، در شرایط تنش متوسط لاین‌های Williams×Century و L425002 با ۲۴/۱ و ۲۴/۶ درصد و در تنش شدید ژنوتیپ‌های Saba و L425002 به‌ترتیب با ۲۴/۱ و ۲۴/۵ درصد بیشترین درصد اسید اولئیک را داشتند. این ارقام از درصد روغن بالایی نیز برخوردار بودند. بر اساس نتایج حاصل از این تحقیق در بین ۱۳ ژنوتیپ مورد مطالعه، تنش با افزایش اسید اولئیک در ۱۲

ژنوتیپ همراه شد و تنها در لاین SG20 میزان اسید اولئیک در شرایط تنش متوسط در مقایسه با آبیاری مطلوب کاهش یافت. بنابراین ارقامی که از تحمل بیشتری در شرایط تنش خشکی برخوردار هستند، تغییرات کمتری را در این شرایط دارا می‌باشند. گزارش شده است که ژنتیک و دما در مرحله پرشدن دانه (بلالویی و همکاران ۲۰۰۹) و تنش خشکی (بلالویی و همکاران ۲۰۱۱) نقش اصلی در وضعیت و ترکیب روغن سویا دارد. مطالعات نشان داده است که غلظت اسید لینولئیک و لینولنیک در دانه‌های سویا در دماهای بالا، کاهش یافت، در حالی‌که میزان اسید اولئیک افزایش یافت (دورنیز و مولن ۱۹۹۲). تنش خشکی در مرحله پرشدن دانه می‌تواند بر ترکیب اسیدهای چرب سویا تأثیرگذار باشد و تنش شدید می‌تواند تا ۱۲/۴ درصد منجر به کاهش میزان روغن گردد (دورنیز و مولن ۱۹۹۲). دورنیز و مولن ۱۹۹۲ گزارش کردند که تنش خشکی سبب افزایش اسید استئاریک شد اما میزان اسید اولئیک کاهش یافت و افزایش یا کاهش روغن بستگی به مرحله اعمال تنش دارد. لی و همکاران ۲۰۰۸ در بررسی خود بر روی لاین‌های سویایی که از نظر ترکیب اسیدهای چرب تحت دست‌کاری ژنتیکی قرار گرفته بودند، مشاهده کردند که در شرایط آبیاری نسبت به

جدول ۷- مقایسه میانگین ترکیبات تیماری سال×آبیاری×ژنوتیپ برای اسید اولئیک

ژنوتیپ	آبیاری مطلوب		تنش متوسط		تنش شدید	
	سال اول	سال دوم	سال اول	سال دوم	سال اول	سال دوم
Kowsar	۲۲/۴۲ ab	۱۹/۱۸ cd	۲۲/۴۴ c-f	۲۳/۰۰ abc	۲۲/۱۸ cde	۲۳/۱۹ ab
M9	۲۰/۰۸ cd	۱۹/۹۱ bc	۲۱/۰۲ efg	۲۳/۰۴ abc	۲۱/۹۲ de	۲۰/۹۸ cd
Saba	۲۳/۰۱ a	۱۹/۳۷ c	۲۵/۷۱ a	۲۱/۷۹ bcd	۲۶/۳۰ a	۲۲/۰۷ bc
Sahar	۱۸/۷۵ d	۱۷/۵۳ d	۲۰/۵۵ fg	۱۹/۰۲ ef	۲۰/۵۴ e	۱۷/۵۶ f
Katoul	۱۹/۹۲ cd	۱۹/۲۰ cd	۲۱/۳۵ d-g	۲۱/۰۰ d	۲۱/۸۱ de	۱۹/۰۳ ef
SG20	۲۲/۲۴ ab	۲۱/۵۸ ab	۲۰/۱۱ g	۲۳/۳۷ ab	۲۴/۰۶ bc	۲۲/۷۹ abc
Safiabad	۱۹/۱۵ cd	۲۰/۷۷ abc	۲۳/۶۲ bc	۲۰/۳۴ de	۲۱/۱۰ e	۱۸/۷۳ ef
Hobbit×Century	۲۰/۹۲ bc	۲۰/۱۳ bc	۲۳/۱۳ bcd	۲۳/۷۸ a	۲۳/۳۰ bcd	۲۲/۱۰ abc
Williams×Century	۲۲/۳۱ ab	۲۱/۲۹ ab	۲۴/۷۹ ab	۲۴/۵۱ a	۲۴/۸۹ ab	۲۲/۶۷ abc
L425002	۲۲/۱۳ ab	۲۱/۹۹ a	۲۴/۶۷ ab	۲۳/۶۰ a	۲۵/۰۷ ab	۲۴/۰۲ a
Hobbit×TN4.54	۲۰/۲۴ cd	۲۰/۱۲ bc	۲۲/۷۶ b-e	۲۱/۵۲ cd	۲۱/۲۷ e	۲۱/۰۰ cd
Williams×A3935	۱۹/۸۲ cd	۲۲/۴۰ a	۲۰/۷۸ efg	۲۲/۹۷ abc	۲۱/۵۷ de	۲۳/۳۰ ab
Telar	۱۸/۷۲ d	۱۹/۸۸ bc	۱۹/۳۶ g	۱۷/۷۸ f	۲۰/۳۵ e	۲۰/۰۳ dde
LSD	۱/۸۹	۱/۷۹	۲/۰۶	۱/۶۱	۲/۰۰	۱/۹۳

حروف مشابه در هر ستون نشان دهنده عدم وجود اختلاف معنی‌دار بر اساس آزمون LSD در سطح ۵ درصد می‌باشد

شرایط دیم، مقدار اسید اولئیک هشت ژنوتیپ از نه ژنوتیپ مورد بررسی کاهش نشان داد. گائو و همکاران ۲۰۰۹ اثر بارش فصلی بر روغن سویا و ترکیب اسیدهای چرب آن را ارزیابی کردند. آن‌ها مشاهده کردند که میزان اسید اولئیک و لینولئیک به‌طور معنی-داری تحت تأثیر بارندگی فصلی قرار گرفت اما میزان اسیدهای چرب پالمیتیک، استئاریک و لینولئیک نسبتاً پایدار بود.

شرایط دیم، مقدار اسید اولئیک هشت ژنوتیپ از نه ژنوتیپ مورد بررسی کاهش نشان داد. گائو و همکاران ۲۰۰۹ اثر بارش فصلی بر روغن سویا و ترکیب اسیدهای چرب آن را ارزیابی کردند. آن‌ها مشاهده کردند که میزان اسید اولئیک و لینولئیک به‌طور معنی-داری تحت تأثیر بارندگی فصلی قرار گرفت اما میزان اسیدهای چرب پالمیتیک، استئاریک و لینولئیک نسبتاً پایدار بود.

اسید لینولئیک

مقایسه میانگین اثر متقابل آبیاری×ژنوتیپ نشان داد که ژنوتیپ‌های مورد بررسی در شرایط مختلف آبیاری از لحاظ صفت مذکور در گروه‌های متفاوت آماری واقع شدند. در شرایط آبیاری مطلوب ژنوتیپ-

جدول ۸- مقایسه میانگین ترکیبات تیماری آبیاری×ژنوتیپ برای اسید لینولئیک

ژنوتیپ	آبیاری		
	مطلوب	متوسط	شدید
Kowsar	۵۳/۷۲cde	۵۲/۵۵bcd	۵۲/۸۷bcd
M9	۵۴/۵۵bc	۵۲/۹۲bcd	۵۳/۱۴bcd
Saba	۵۲/۱۰f	۵۱/۳۴d	۵۰/۳۱f
Sahar	۵۵/۳۵ab	۵۳/۹۷b	۵۳/۶۹b
Katoul	۵۲/۵۴ef	۵۳/۰۸bcd	۵۱/۸۷cde
SG20	۵۲/۹۹def	۵۳/۵۸b	۵۳/۳۲bc
Safiabad	۵۶/۳۱a	۵۲/۴۰bcd	۵۵/۳۹a
Hobbit×Century	۵۴/۱۵bcd	۵۲/۱۰bcd	۵۳/۰۳bcd
Williams×Century	۵۲/۸۵ef	۵۱/۴۲d	۵۱/۷۴def
L425002	۵۲/۸۸ef	۵۱/۵۰cd	۵۱/۰۷ef
Hobbit×TN4.54	۵۴/۱۸bcd	۵۳/۳۶bc	۵۴/۲۳ab
Williams×A3935	۵۳/۷۴cde	۵۳/۶۴b	۵۳/۲۲bc
Telar	۵۵/۸۶a	۵۶/۰۶a	۵۵/۲۰a
LSD	۱/۲۴	۱/۸۹	۱/۴۷

حروف مشابه در هر ستون نشان دهنده عدم وجود اختلاف معنی‌دار بر اساس آزمون LSD در سطح ۵ درصد می‌باشد

اسید لینولئیک

مقایسه میانگین اثر متقابل سال×آبیاری×ژنوتیپ نشان داد که در شرایط آبیاری مطلوب در سال اول و دوم رقم Katoul به‌ترتیب با میانگین ۱۰/۷۹ و ۱۰/۶۶ درصد بالاترین میزان اسید لینولئیک (18:3) را داشت. در شرایط تنش متوسط در سال اول رقم Katoul با میانگین ۹/۷۵ درصد و در سال دوم ارقام Katoul و

بیشترین محتوای اسید چرب در روغن برخوردار بودند. در شرایط تنش شدید در سال اول رقم Katoul با ۹/۴۶ درصد و در سال دوم ژنوتیپ‌های Ktoul و Safiabad به‌ترتیب با میانگین ۱۰/۵۶ و ۱۰/۷۷ درصد بالاترین میزان این صفت را دارا بودند (جدول ۹). به این ترتیب در کلیه شرایط آبیاری سال‌های آزمایش

بیشترین محتوای اسید چرب در روغن برخوردار بودند. در شرایط تنش شدید در سال اول رقم Katoul با ۹/۴۶ درصد و در سال دوم ژنوتیپ‌های Ktoul و Safiabad به‌ترتیب با میانگین ۱۰/۵۶ و ۱۰/۷۷ درصد بالاترین میزان این صفت را دارا بودند (جدول ۹). به این ترتیب در کلیه شرایط آبیاری سال‌های آزمایش

مقدار اسید لینولئیک و لینولنیک دانه به دلیل تغییر در فعالیت آنزیم‌ها شد.

بیشترین میزان اسید لینولنیک به ارقام و لاین‌های دیررس تعلق داشت. بلالویی و همکاران ۲۰۱۱ گزارش کردند که تنش خشکی در چهار رقم سویا سبب کاهش

جدول ۹- مقایسه میانگین ترکیبات تیماری سال × آبیاری × ژنوتیپ برای اسید لینولنیک

ژنوتیپ	آبیاری مطلوب		تنش متوسط		تنش شدید	
	سال اول	سال دوم	سال اول	سال دوم	سال اول	سال دوم
Kowsar	۷/۳۶ g	۹/۱۹ bcd	۸/۲۱ cde	۸/۳۷ b-e	۷/۵۴ c-f	۸/۰۳ cd
M9	۸/۰۹ efg	۹/۴۷ bcd	۶/۹۱ f	۷/۹۱ def	۶/۸۷ ef	۸/۲۸ bcd
Saba	۸/۶۳ b-f	۹/۳۹ bcd	۷/۴۹ def	۸/۴۹ bcd	۷/۱۷ def	۸/۰۷ cd
Sahar	۹/۶۰ bc	۱۰/۱۶ ab	۸/۸۳ abc	۸/۹۴ bc	۸/۵۹ abc	۸/۳۱ bcd
Katoul	۱۰/۷۹ a	۱۰/۶۶ a	۹/۷۵ a	۱۰/۴۰ a	۹/۴۶ a	۱۰/۵۶ a
SG20	۸/۳۷ d-g	۸/۳۹ d	۹/۳۵ ab	۷/۳۵ fg	۷/۲۰ def	۷/۹۹ cd
Safiabad	۸/۵۶ c-f	۹/۴۰ bcd	۹/۰۳ abc	۹/۱۲ b	۸/۶۲ abc	۱۰/۷۷ a
Hobbit×Century	۸/۵۹ b-f	۸/۹۱ cd	۷/۴۰ ef	۷/۳۵ fg	۷/۸۰ c-f	۸/۰۱ cd
Williams×Century	۷/۷۷ fg	۸/۳۳ d	۷/۲۴ ef	۶/۶۰ g	۶/۷۲ f	۷/۱۴ e
L425002	۸/۴۳ d-g	۸/۴۰ d	۷/۳۴ ef	۷/۹۸ def	۶/۵۸ f	۷/۸۰ de
Hobbit×TN4.54	۹/۳۱ bcd	۹/۸۴ abc	۸/۱۸ cde	۸/۱۲ c-f	۸/۲۶ a-d	۸/۶۴ bc
Williams×A3935	۹/۷۰ ab	۸/۳۷ d	۹/۳۲ ab	۷/۶۴ ef	۹/۱۰ ab	۷/۱۹ e
Telar	۸/۹۰ b-e	۸/۸۰ cd	۸/۴۳ bcd	۱۰/۱۲ a	۸/۱۱ b-e	۸/۸۷ b
LSD	۱/۱۲	۱/۱۷	۱/۰۱	۰/۸۴	۱/۲۵	۰/۷۹

حروف مشابه در هر ستون نشان دهنده عدم وجود اختلاف معنی‌دار بر اساس آزمون LSD در سطح ۵ درصد می‌باشد

اسید پالمیتولئیک

میانگین ۰/۶۵ و ۰/۶۴ درصد، در شرایط تنش متوسط لاین Safiabad با ۰/۶۹ درصد و در شرایط تنش شدید لاین Williams×Century با ۰/۶۷ درصد از بالاترین میزان اسید چرب پالمیتولئیک (16:1) برخوردار بود (جدول ۱۰). محمدی ۲۰۱۵ بیان کرد که کیفیت روغن به نسبت اسیدهای چرب غیر اشباع به اشباع بستگی دارد.

مقایسه میانگین اثر ساده سال نشان داد که میزان اسید پالمیتولئیک در سال اول ۱۸ درصد در مقایسه با سال دوم کاهش یافت. تنش متوسط و شدید به ترتیب سبب کاهش ۷/۵ و ۹/۴ درصدی این اسید چرب در مقایسه با آبیاری مطلوب گردید. مقایسه سطوح ارقام در شرایط مختلف آبیاری نشان داد که در شرایط آبیاری مطلوب ارقام Katoul و Telar به ترتیب با

جدول ۱۰- مقایسه میانگین ترکیبات تیماری × ژنوتیپ برای اسید پالمیتولئیک

ژنوتیپ	آبیاری		
	مطلوب	تنش متوسط	تنش شدید
Kowsar	۰/۵۸۵ ab	۰/۵۵۸ ab	۰/۵۵۱ abc
M9	۰/۵۱۱ abc	۰/۵۷۱ ab	۰/۶۰۶ ab
Saba	۰/۵۴۸ abc	۰/۴۲۶ bcd	۰/۵۳۶ abc
Sahar	۰/۵۴۵ abc	۰/۵۷۶ ab	۰/۶۵۸ ab
Katoul	۰/۶۵۶ a	۰/۴۴۵ bcd	۰/۵۴۱ abc
SG20	۰/۴۷۸ bc	۰/۴۷۵ bcd	۰/۳۳۳ d
Safiabad	۰/۵۵۶ abc	۰/۶۹۸ a	۰/۴۷۸ bcd
Hobbit×Century	۰/۶۰۵ ab	۰/۴۵۳ bcd	۰/۴۸۸ a-d
Williams×Century	۰/۴۶۶ bc	۰/۵۱۸ bc	۰/۶۷۰ a
L425002	۰/۴۱۱ c	۰/۴۵۱ bcd	۰/۳۸۵ cd
Hobbit×TN4.54	۰/۴۳۱ c	۰/۳۹۰ cd	۰/۳۰۳ d
Williams×A3935	۰/۵۳۱ abc	۰/۳۲۸ d	۰/۳۴۵ d
Telar	۰/۶۴۱ a	۰/۵۴۱ abc	۰/۳۹۶ cd
LSD	۰/۱۵	۰/۱۶	۰/۱۸

حروف مشابه در هر ستون نشان دهنده عدم وجود اختلاف معنی‌دار بر اساس آزمون LSD در سطح ۵ درصد می‌باشد

اسید آراشیدیک

پاسخ معنی‌دار ژنوتیپ‌های مورد مطالعه در سطوح مختلف آبیاری در هر سال نشان داد که در شرایط آبیاری مطلوب در سال اول رقم Kowsar با ۱/۲۶ درصد و در سال دوم ژنوتیپ‌های Sahar، Katoul، Safiabad، Williams×Century، Hobbit×TN4.54 و Williams×A3935 به ترتیب با ۰/۶۷، ۰/۶۷، ۰/۷۱، ۰/۷۱، ۰/۷۰، ۰/۷۱ درصد از بالاترین میزان اسید آراشیدیک برخوردار بودند. در شرایط تنش متوسط در سال اول رقم Kowsar با ۰/۹۴ درصد و در سال دوم لاین‌های

Hobbit×TN4.54، Safiabad، Williams×A3935 به ترتیب با ۰/۷۱، ۰/۶۹، ۰/۷۱ و ۰/۷۱ درصد بیشترین میزان این اسید چرب را دارا بودند. در شرایط تنش شدید در سال اول رقم Kowsar با ۱/۱۱ درصد و در سال دوم لاین Williams×Century با ۰/۷۹ درصد بالاترین میزان این صفت را داشت (جدول ۱۱). ابراهیم محمد و حلمی لطیفی ۲۰۱۷ گزارش کردند که درصد اسید ایکوساپنتانویک (C20:5) و اسید آراشیدیک (C20:0) در سویا به‌طور معنی‌داری در شرایط تنش خشکی افزایش یافت.

جدول ۱۱- مقایسه میانگین ترکیبات تیماری سال × آبیاری ژنوتیپ برای اسید آراشیدیک

ژنوتیپ	آبیاری مطلوب		تنش متوسط		تنش شدید	
	سال اول	سال دوم	سال اول	سال دوم	سال اول	سال دوم
Kowsar	۱/۲۶۳ a	۰/۵۶۳ ab	۰/۹۴۳ a	۰/۵۱۳ ab	۱/۱۱۰ a	۰/۵۲۳ b
M9	۰/۹۸۳ b	۰/۴۴۰ b	۰/۸۲۳ ab	۰/۶۰۰ ab	۰/۸۹۳ bc	۰/۵۹۶ ab
Saba	۰/۸۰۶ bcd	۰/۵۸۶ ab	۰/۸۳۳ ab	۰/۶۴۰ ab	۱/۰۴۳ ab	۰/۶۳۳ ab
Sahar	۰/۶۱۳ efg	۰/۶۷۶ a	۰/۶۸۶ b	۰/۶۵۲ ab	۰/۶۶۰ ef	۰/۷۱۶ ab
Katoul	۰/۶۲۶ d-g	۰/۶۷۳ a	۰/۷۳۳ ab	۰/۶۱۳ ab	۰/۷۴۳ cde	۰/۶۳۰ ab
SG20	۰/۷۲۰ c-f	۰/۵۷۳ ab	۰/۷۳۰ ab	۰/۵۷۶ ab	۰/۶۷۶ def	۰/۵۰۶ b
Safiabad	۰/۷۶۰ cde	۰/۷۱۰ a	۰/۷۲۶ ab	۰/۷۱۰ a	۰/۷۳۶ c-f	۰/۷۱۰ ab
Hobbit×Century	۰/۶۲۳ efg	۰/۷۱۰ a	۰/۶۷۰ b	۰/۶۹۰ a	۰/۶۸۰ def	۰/۷۱۰ ab
Williams×Century	۰/۶۹۳ c-f	۰/۷۰۳ a	۰/۷۳۶ ab	۰/۶۳۳ ab	۰/۵۳۰ f	۰/۷۹۰ a
L425002	۰/۶۲۳ efg	۰/۵۴۶ ab	۰/۷۸۶ ab	۰/۵۱۰ ab	۰/۶۹۳ c-f	۰/۵۱۰ b
Hobbit×TN4.54	۰/۴۹۰ g	۰/۷۱۰ a	۰/۷۴۰ ab	۰/۷۱۰ a	۰/۷۸۳ cde	۰/۷۱۰ ab
Williams×A3935	۰/۸۵۰ bc	۰/۷۱۰ a	۰/۷۲۶ ab	۰/۷۱۰ a	۰/۷۷۳ cde	۰/۷۱۰ ab
Telar	۰/۵۵۰ fg	۰/۵۶۳ ab	۰/۸۱۶ ab	۰/۴۳۳ b	۰/۸۷۶ bcd	۰/۲۸۰ c
LSD	۰/۱۸	۰/۲۱	۰/۲۲	۰/۲۴	۰/۲۱	۰/۲۱

حروف مشابه در هر ستون نشان دهنده عدم وجود اختلاف معنی‌دار بر اساس آزمون LSD در سطح ۵ درصد می‌باشد

نتیجه گیری نهایی

نتایج به‌دست آمده از دو سال آزمایش نشان داد که تنش کم‌آبی سبب کاهش قابل توجه در عملکرد روغن دانه و برخی صفات کیفی ژنوتیپ‌های سویا شد. عملکرد روغن دانه سویا در شرایط تنش متوسط و شدید به ترتیب ۲۷ و ۳۸ درصد کاهش یافت. ژنوتیپ‌های Saba و Williams×A3935 به ترتیب با متوسط ۴۲۲ و ۴۲۷ کیلوگرم در هکتار بیشترین عملکرد روغن را داشتند. درصد اسید پالمیتیک در تنش متوسط و شدید ۲/۶ و ۱/۲ درصد در مقایسه با آبیاری مطلوب کاهش یافت. در حالی‌که اسید استئاریک در شرایط تنش متوسط و شدید با افزایش ۹/۵ و ۱۰/۸ درصد مواجه

شد. در شرایط آبیاری مطلوب لاین L425002 با ۲۲/۰ درصد، در شرایط تنش متوسط لاین‌های Williams×Century و L425002 به ترتیب با ۲۴/۶ و ۲۴/۱ درصد و در شرایط تنش شدید ژنوتیپ‌های Saba و L425002 با ۲۴/۱ و ۲۴/۵ درصد از بیشترین میزان اسید اولئیک و درصد روغن دانه بالا برخوردار بودند. بر این اساس در شرایط آبیاری مطلوب رقم صبا، در شرایط تنش متوسط رقم صبا و Williams×A3935 و در تنش شدید Williams×A3935 از بیشترین عملکرد روغن برخوردار بودند و لاین‌های L42500 و Williams×Century در کلیه سطوح تنش از بالاترین کیفیت روغن برخوردار بودند.

سیاسگزاری

این مقاله حاصل از پروژه تحقیقاتی با شماره مصوب (۸۹۰۹۱-۰۳-۰۳-۲) می‌باشد. بدین وسیله از مسئولین و کارکنان محترم موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و

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

منابع مورد استفاده

- Anwar F, Kamal GM, Nadeem F and Shabir G. 2016. Variations of quality characteristics among oils of different soybean varieties. *Journal of King Saud University - Computer and Information Sciences*, 28: 332-338
- Azadmard-Damirchi S, Savage GP and Dutta PC. 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.
- Behtari B, Dabbagh Mohamadi Nasab A, Gasemi Golazani K, Zehtab Salmasi S and Turchi M. 2008. Effect of water deficit on yield and yield components of two soybean cultivars. *Agricultural Science*, 18(3): 135-125.
- Bellaloui N, Mengistu A and Kassem A. 2013. Effects of Genetics and Environment on Fatty Acid Stability in Soybean Seed. *Journal of Food and Nutrition Sciences*, 4(9A): 165-175.
- Bellaloui N. 2011. Effect of water stress and foliar boron application on seed protein oil fatty acids and nitrogen metabolism in soybean. *American Journal of Plant Sciences*, 2 :692-701.
- Bellaloui N, Ebelhar MW, Gillen AM, Fisher DK, Abbas HK, Mengistu A, Reddy KN and Paris RL. 2011. Soybean seed protein, and fatty acids are altered by S and S+N fertilizers under irrigated and nonirrigated environments. *Journal of Agricultural Scienc*, 2 (4): 465-476.
- Bellaloui N, Smith JR, Ray JD and Gillen AM. 2009. Effect of maturity on seed composition in the early soybean production system as measured on near-isogenic soybean lines. *Crop Science*, 49: 608-620.
- Beyranvand MSH, Boroumand Nasab S, Maleki A and Daneshvar M. 2015. Effect of Deficit Irrigation on Seed Yield and Some Qualitative Characters of Soybean Cultivars in Khorramabad. *Journal of Irrigation Sciences and Engineering*, 38(3): 13-21.
- Bruno G. 2016. Essential & Non-Essential Fatty Acids *Huntington College of Health Sciences*, 800-290-4226.
- Cui Y, Jiang S, Jin J, Ning S and Feng P. 2020. Quantitative assessment of soybean drought loss sensitivity at different growth stages based on S-shaped damage curve. *Agricultural Water Management*, 213: 821-32.
- Dhakal KH, Jung K, Chae J, Shannon JG, and Lee JD. 2014. Variation of unsaturated fatty acids in soybean sprout of high oleic acid accessions. *Food Chemistry*. 164: 70-73. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2014.04.113>
- Dornbos Jr DL and Mullen RE. 1992. Soybean seed protein and oil contents and fatty-acid composition adjustments by drought and temperature. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 69: 228-231.
- Engels, C, Aparecida Rodrigues F, Oliveira Ferreira Ade, Massao Inagaki T and Lima Nepomuceno A. 2017. Drought Effects on Soybean Cultivation - A Review. *Annual Research and Review in Biology*, 16 (1): 1-13.
- Gao J, Hao X, Thelen KD and Robertson GP. 2009. Agronomic management system and precipitation effects on soybean oil and fatty acid profiles. *Crop Science*, 49: 1049- 1057.

- Garidel P, Folting B, Schaller I and Kerth A. 2010. The microstructure of the stratum corneum lipid barrier: Mid-infrared spectroscopic studies of hydrated ceramide:palmitic acid:cholesterol model systems. *Biophysical Chemistry*, 150 (1-3): 144-156.
- Goncharov SV and Gorlova KA. 2018. Change in the assortment of rapeseed in Russia as a result of competition in the seed market *Oilseeds Scientific and Technical Bulletin of the All-Russian Scientific-Research Institute of Oilseeds*, 1(173): 36-4
- Hou G, Ablett GR, Pauls KP and Rajcan I. 2006. Environmental effects on fatty acid levels in soybean seed oil. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 83: 759–763.
- Ibrahim Mohamed H and Helmy Latifl H. 2017. Improvement of drought tolerance of soybean plants by using methyl jasmonate. *Physiology and Molecular Biology of Plants*, 23(3):545–556. 10.1007/s12298-017-0451-x
- Lavie CJ, Milani RV, Mehra MR and Ventura HO. 2009. Omega-3 polyunsaturated fatty acids and cardiovascular diseases. *Journal of the American College of Cardiology*, 54: 585-94.
- Lee DH, Kulkarni KP, Kim BO, Seok YM, Song JT, and Lee JD. 2019. Comparative assessment of quality characteristics of Chungkookjang made from soybean seeds differing in oleic acid concentration. *Journal of Functional Foods*, 52: 529–536. [https://doi.org/ 10.1016/j.jff.2018.10.016](https://doi.org/10.1016/j.jff.2018.10.016)
- Lee JD, Oliva ML, Slepser DA and Shannon JG. 2008. Irrigation has Little Effect on Unsaturated Fatty Acid Content in Soya Bean Seed Oil within Genotypes Differing in Fatty Acid Profile. *Journal of Agronomy and Crop Science*, 194(4): 320–324.
- Mengxuan H and Pawel W. 2012. Effect of Planting Date on Soybean Growth, Yield, and Grain Quality: Review. *Agronomy Journal*, 104(3): 785-790.
- Mertz-Henning, LM, Ferreira LC, Henning FA, Mandarino JMG, Santos ED, Oliveira MCND, Nepomuceno AL, Farias JRB and Neumaier N. 2018. Effect of Water Deficit-Induced at Vegetative and Reproductive Stages on Protein and Oil Content in Soybean Grains. *Agronomy*, 8(1): 3.
- Mohammadi K. 2015. Grain oil and fatty acids composition of soybean affected by nano-iron chelate, chemical Fertilizers and farmyard manure. *Archives of Agronomy and Soil Science*, 61: 1593-1600.
- Popa M, Anton GF, Risnoveane L, Petcu E and Babeanu N. 2017. The effect of planting date and climatic condition on oil content and fatty acid composition in some Romanian sunflower hybrids. *Agro Life Scientific Journal*, 6(1): 212-217.
- Rostami Ajirlu A, Asghari Pour MR, Ghanbari A, Judi M and Khorrami Vafa M. 2016. The reaction of yield, yield components, morphological and quality traits of soybean varieties to cutting irrigation in different growth stages. *Journal of Applied Research of Plant Ecophysiology*, 3 (1):1-16
- Sacita AS, June T and Impro I. 2018. Soybean Adaptation to Water Stress on Vegetative and Generative Phase. *Agrotech Journal*, 3(2): 42-52.
- Savage GP, Mcneil DL and Dutta PC. 1997. Lipid composition and oxidative stability of oils in hazelnuts (*Corylus avellana* L.) grown in New Zealand. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 74:755–759
- SoyStats a Reference Guide to Important Soybean Facts and Figures. American Soybean Association. 2018. Available online: <http://soystats.com/> (accessed on 22 August 2019).
- Specht JE, Chase K, Macrander M Graef GL, Chung J, Markwell JP, Orf HH and Lark KG. 2001. Soybean response to water: a QTL analysis of drought tolerance. *Crop Science*, 41: 493–509.
- Turchini GM, Ng WK and Tocher DR. 2010. Fish oil replacement and alternative lipid sources in aquaculture feeds. CRC Press. Taylor and Francis Group, 522p.

- Turner NC, Davies SL, Plummer JA and Siddique KHM. 2005. Seed filling in grain legumes under water deficits, with emphasis on chickpeas. *Advances in Agronomy*, 87: 211-250.
- Wilson RF. 2004. Seed composition. In: Boerma HR, Specht JE (Eds.), *Soybeans: Improvement, Production, and Uses*. ASA Monogr. 16. ASA, Madison, WI, pp. 621-669.
- Zandalinas SI, Mittler R, Balfagón D, Arbona V and Gómez-Cadenas A. 2018. Plant adaptations to the combination of drought and high temperatures. *Physiologia Plantarum*, 162: 2-12.
- Zheljazkov VD, Vick BA, Ebelhar MW, Buehring N, Baldwin B, Astatkie T and Miller JF. 2008. Yield, oil content, and composition of sunflower (*Helianthus annuus* L.) grown at multiple locations in Mississippi. *Agronomy Journal*, 100: 635-642.