



Evaluation of Soybean Genotypes Response to Water Deficit Stress in Terms of Agronomic Characteristics and Grain Yield

Jahanfar Daneshian¹ | Farnaz Shariati² | Nadia Safavi Fard³

1. Corresponding Author, Seed and Plant Improvement Institute, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Karaj, Iran. E-mail: j.daneshian@areeo.ac.ir
2. Seed and Plant Improvement Institute, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Karaj, Iran. E-mail: f.shariati@areeo.ac.ir
3. Seed and Plant Improvement Institute, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Karaj, Iran. E-mail: safavifard.nadia@gmail.com

Article Info

Article type:
Research Article

Article history:
Received 20 January 2024
Received in revised form
Accepted
Published online

Keywords:

Drought
Growth stage
Harvest index
Protein yield
Yield components

ABSTRACT

Objective: Selection of soybean cultivars that have a higher grain yield in water deficit conditions, reduces the damage to soybean producers.

Methods: The response of soybean genotypes to water deficit stress was investigated in terms of agricultural characteristics and grain yield in Karaj (Iran), during two years. The experiment was carried out as a split plot based on randomized complete block design in three replications. Therefore, three levels irrigation (irrigation after 50 (control), 100 (mild stress) and 150 mm (severe stress) evaporation from evaporation pan, Class A.) as a main plot and 10 soybean genotypes as a sub-plot.

Results: The results showed that mild and severe stress caused to decreased node number and inter-node compared to control irrigation. In control irrigation, the highest grain yield obtained from Saba (the early cultivar) 2585 kg/ha, with the highest seed number m². Early genotypes had the highest grain yield in control irrigation, and their grain yield decreased significantly with increasing stress intensity. So that the grain yield of Saba cultivar was reduced in mild and severe stress, 32 and 59%, respectively, compared to control irrigation. In stress conditions, the late genotypes had the highest grain yield and water deficit stress caused to a slight decrease in their grain yield. In mild and severe stress, Williams×A3935 (the late line) had the highest grain yield and protein yield, respectively.

Conclusion: In control irrigation, the Saba cultivar and in stress conditions (mild and severe) Williams×A3935 line is recommended in karaj and similar climates (moderately cold region).

Cite this article: Author, A. A., Author, B. B., & Author, C. C. (year). Article title. *Journal of Crops Improvement*, 25 (4), 839-845. DOI:



© The Authors.
DOI:

Publisher: The University of Tehran Press.

ارزیابی پاسخ ژنوتیپ‌های سویا به تنش کم‌آبی از نظر ویژگی‌های زراعی و عملکرد دانه

جهانفر دانشیان^۱ | فرناز شریعتی^۲ | نادیا صفوی فرد^۳

۱. نویسنده مسئول، موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران. رایانامه:

j.daneshian@areeo.ac.ir

۲. موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران. رایانامه:

f.shariati@areeo.ac.ir

۳. موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران. رایانامه:

safavifard.nadia@gmail.com

چکیده

اطلاعات مقاله

هدف: انتخاب ارقام سویا که در شرایط کم‌آبی از عملکرد دانه بالاتری برخوردار باشند، میزان خسارت به تولیدکنندگان سویا را کاهش می‌دهد.

نوع مقاله:

مقاله پژوهشی

روش پژوهش: پاسخ ژنوتیپ‌های سویا به تنش کم‌آبی از نظر ویژگی‌های زراعی و عملکرد دانه در کرج طی دو سال بررسی شد. آزمایش به‌صورت اسپلیت پلات در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار اجرا شد که آبیاری در سه سطح (مطلوب، تنش متوسط و شدید) به‌ترتیب براساس ۵۰، ۱۰۰ و ۱۵۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک تبخیر کلاس A به‌عنوان عامل اصلی و ۱۰ ژنوتیپ سویا به‌عنوان عامل فرعی بودند.

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۰۶/۲۱

تاریخ بازنگری:

تاریخ پذیرش:

تاریخ انتشار:

یافته‌ها: نتایج نشان داد که تنش متوسط و شدید سبب کاهش تعداد گره و فاصله میان‌گره در مقایسه با آبیاری مطلوب شد. در آبیاری مطلوب، رقم زودرس صبا با بالاترین تعداد دانه در واحد سطح، بیشترین عملکرد دانه (۲۵۸۵ کیلوگرم در هکتار) را داشت. ژنوتیپ‌های زودرس در آبیاری مطلوب بالاترین عملکرد دانه را داشتند و با افزایش شدت تنش از عملکرد دانه آن‌ها به‌طور قابل‌توجهی کاسته شد. عملکرد دانه رقم صبا در تنش متوسط و شدید به‌ترتیب ۳۲ و ۵۹ درصد در مقایسه با آبیاری مطلوب کاهش یافت. در شرایط تنش، ژنوتیپ‌های دیررس عملکرد دانه بیشتری داشتند و تنش کم‌آبی سبب کاهش جزئی عملکرد دانه آن‌ها شد. در تنش متوسط و شدید لاین دیررس Williams×A3935 بالاترین عملکرد دانه و عملکرد پروتئین دانه را داشت.

کلیدواژه‌ها:

اجزای عملکرد

شاخص برداشت

خشکی

طول دوره رشد

عملکرد پروتئین

نتیجه‌گیری: در آبیاری مطلوب، رقم صبا و در شرایط تنش (متوسط و شدید) لاین Williams×A3935 بالاترین عملکرد دانه در کرج و اقلیم‌های مشابه (معتدل سرد) قابل‌توصیه است.

استناد: نام خانوادگی، نام؛ نام خانوادگی، نام؛ و نام خانوادگی، نام (سال). عنوان مقاله. به‌زرعی کشاورزی، ۲۵ (۴)، ۸۳۹-۸۴۵. DOI:



© نویسندگان.

ناشر: مؤسسه انتشارات دانشگاه تهران.

۱. مقدمه

سویا (*Glycine Max (L.) Merr*) گیاهی یک‌ساله، از خانواده بقولات^۱ و بومی شرق آسیا می‌باشد و مهم‌ترین منبع روغن و پروتئین گیاهی در سراسر جهان به‌شمار می‌رود (لیو^۲ و همکاران، ۲۰۲۰). این گیاه روغنی در کنار ذرت، گندم، برنج و کتان یکی از مهم‌ترین محصولات تجاری کشاورزی در بازارهای جهانی است (جیانگ^۳ و همکاران، ۲۰۱۹). سویا منبع ارزان و باصرفه‌ای از پروتئین، چربی و نیتروژن برای خاک می‌باشد (فویر^۴ و همکاران، ۲۰۱۶). دانه‌های سویا به‌میزان وسیعی در تغذیه انسان، حیوان و همچنین در صنعت مورد استفاده قرار می‌گیرد (درون^۵، ۲۰۱۸). تولید سالانه جهانی سویا در سال ۲۰۱۹، بیش از ۳۳۳ میلیون تن برآورد شد (فائو^۶، ۲۰۱۹).

یکی از مهم‌ترین عوامل محیطی تعیین‌کننده رشد و عملکرد اقتصادی، وضعیت رطوبتی خاک است. افزایش کمبود آب به‌عنوان یک چالش بزرگ برای تولید مواد غذایی در سراسر دنیا به‌ویژه در مناطق خشک و نیمه خشک می‌باشد (نوپان^۷ و گوو^۸، ۲۰۱۹). تنش خشکی را می‌توان به‌صورت فقدان آب کافی مورد نیاز برای رشد طبیعی و تکمیل چرخه زندگی گیاه تعریف نمود (جبرلداری^۹ و همکاران، ۲۰۱۷). این وضعیت هنگامی ایجاد می‌شود که میزان تعرق در گیاه از میزان جذب آب تجاوز نماید (سرافزار اردکانی، ۱۳۹۸). تنش خشکی، مسئول خسارات قابل توجه بر عملکرد گیاهان زراعی است و مهم‌ترین عامل غیرزنده می‌باشد که اثرات مخربی بر ثبات عملکرد و بهره‌وری تولید سویا در بسیاری از مناطق خشک و نیمه خشک جهان داشته است. یکی از راه‌های اصلی برای کاهش خسارت، افزایش بهره‌وری از آب گیاهان در شرایط خشکی است. کم‌آبایی از اوایل قرن نوزدهم به‌عنوان یک تکنیک به‌صورت تنش رطوبتی رشد پیدا کرد و هدف از آن بهبود راندمان کاربرد آب و افزایش کیفیت برخی از محصولات است (سیسکنی^{۱۰} و همکاران، ۲۰۱۵). بنابراین می‌توان گفت که کم‌آبایی نوعی مدیریت آبیاری است که در آن گیاه درجه معینی از تنش آبی را تحمل می‌کند و در چنین شرایطی هزینه مصرف آب کاهش یافته و درآمد بالقوه افزایش می‌یابد (وانگ^{۱۱} و همکاران، ۲۰۱۲).

گیاه سویا به تنش متوسط کم‌آبی در مرحله رشد گیاهچه حساس است و عملکرد دانه آن را کاهش می‌دهد. اما در اوایل دوره رشد رویشی، گیاهان سویا ظرفیت بازیابی زیادی دارند و تنش‌های کوتاه مدت را تحمل می‌کنند. اما حساسیت زیادی در مرحله نمو زایشی وجود دارد. هرچند میزان حساسیت در مرحله گل‌دهی و پرشدن دانه بیشتر است. گیاهان سویا که در مراحل گل‌دهی و رشد رویشی در معرض کم‌آبی قرار گرفتند، میزان ماده خشک کل و عملکرد آن‌ها به‌طور قابل توجهی کاهش پیدا کرد (جی‌ها^{۱۲} و همکاران، ۲۰۱۸). سازگاری و تحمل تنش خشکی در گیاهان به‌وسیله سازوکارهای مختلفی از جمله تغییر در مورفولوژی و الگو نمو و همچنین واکنش‌های فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی آن‌ها انجام می‌شود (کالانتار احمدی^{۱۳} و همکاران، ۲۰۱۴). جارکی^۱، (۲۰۲۰) گزارش کرد که عملکرد دانه سویا توسط ژنوتیپ،

¹ Fabaceae

² Liu

³ Jiang

⁴ Foyer

⁵ Dronne

⁶ FAO (Food and Agriculture Organization)

⁷ Neupane

⁸ Guo

⁹ Jabereldar

¹⁰ Siskani

¹¹ Wang

¹² Jha

¹³ Kalantar Ahmadi

گروه رسیدگی، حاصلخیزی خاک، گره‌زایی و سیستم کشت تحت تأثیر قرار می‌گیرد. ماسینو^۲ و همکاران، ۲۰۱۸ بیان کردند که سویا توانایی جبران خسارت عملکرد دانه را دارد. سویا دارای ارقام مختلفی می‌باشد و شرایط مختلف رطوبتی ممکن است بر ویژگی این ارقام اثر بگذارد.

۲. پیشنهاد پژوهش

تنش‌های غیرزیستی عمده مانند خشکی، شوری، گرما و کمبود آب از عوامل اصلی اقلیمی در کاهش تولید محصولات کشاورزی در بسیاری از کشورهای در حال توسعه می‌باشند (جهان^۳ و همکاران، ۲۰۱۹). خشکی بر روابط آبی، جذب مواد غذایی، فتوسنتز، روابط آنزیمی و تخصیص آسیمیلات‌ها تأثیرگذار است (بنو^۴ و همکاران، ۲۰۲۱). گیاهان نسبت به تنش خشکی در مراحل مختلف رشد، واکنش‌های متفاوتی از خود نشان می‌دهند. کمبود آب به‌طور قابل توجهی دوره رشد رویشی و زایشی را در سویا کوتاه می‌نماید و همچنین عملکرد دانه آن را کاهش می‌دهد (وچتیلا^۵ و همکاران، ۲۰۲۰). سویا در مراحل گل‌دهی و پر شدن غلاف، به تنش خشکی بسیار حساس می‌باشد (بویزو^۶ و همکاران، ۲۰۱۹). تنش خشکی منجر به کاهش سطح برگ، عملکرد غلاف، ارتفاع بوته، وزن هزار دانه، شاخص برداشت، عملکرد دانه و غیره می‌شود (سای^۷ و همکاران، ۲۰۱۹). بررسی انجام شده در رابطه با ویژگی‌های دو رقم سویای متحمل و حساس به تنش کم‌آبی در برزیل نشان داد که پایداری عملکرد در رقم متحمل بیشتر است. در رقم حساس، وزن دانه بسیار تحت تأثیر کمبود آب قرار گرفت. داشتن بذره‌های سبک‌تر اما با تعداد بیشتر در شرایط کم‌آبی سبب دستیابی به عملکرد دانه بیشتری می‌شود. از طرف دیگر، بیشتر بودن سطح برگ در رقم حساس ممکن است ظرفیت بازیابی بهتری را در زمان ایجاد تنش در مرحله رویشی ایجاد کند. بنابراین، به دلیل دشواری در معرفی همه مکانیسم‌های تحمل به خشکی در یک ژنوتیپ، برنامه‌های افزایش عملکرد دانه نیاز به تعریف صفات مناسب و انتخاب ارقام با توجه به شرایط خشکی در هر منطقه دارد (جیوردانی^۸ و همکاران، ۲۰۱۹). در ارقام متحمل به کم‌آبی سویا، استفاده روزانه آب کمتر، قبل از گل‌دهی و استفاده بیشتر، بعد از گل‌دهی عملکرد را در شرایط کم‌آبی افزایش می‌دهد (اینجلز^۹ و همکاران، ۲۰۱۷)، از این‌رو استفاده از ارقام مقاوم به خشکی ضروری می‌باشد. شرایط آب و هوایی کشور ما به گونه‌ای است که گیاه سویا ممکن است در مراحل مختلف رشد و نمو، کم‌آبی را تجربه نماید، اما حساسیت مراحل نمو زایشی بیش از سایر مراحل است. از آنجا که وقوع این مراحل مصادف با گرم‌ترین ماه‌های سال از نیمه تیر ماه تا شهریور ماه می‌باشد، انتخاب ارقامی که در این شرایط از عملکرد دانه بالاتری برخوردار باشند، میزان خسارت به تولیدکنندگان سویا را کاهش خواهد داد.

¹ Jarecki

² Masino

³ Jahan

⁴ Bano

⁵ Wojtyla

⁶ Buezo

⁷ Cui

⁸ Giordani

⁹ Engels

۳. روش‌شناسی پژوهش

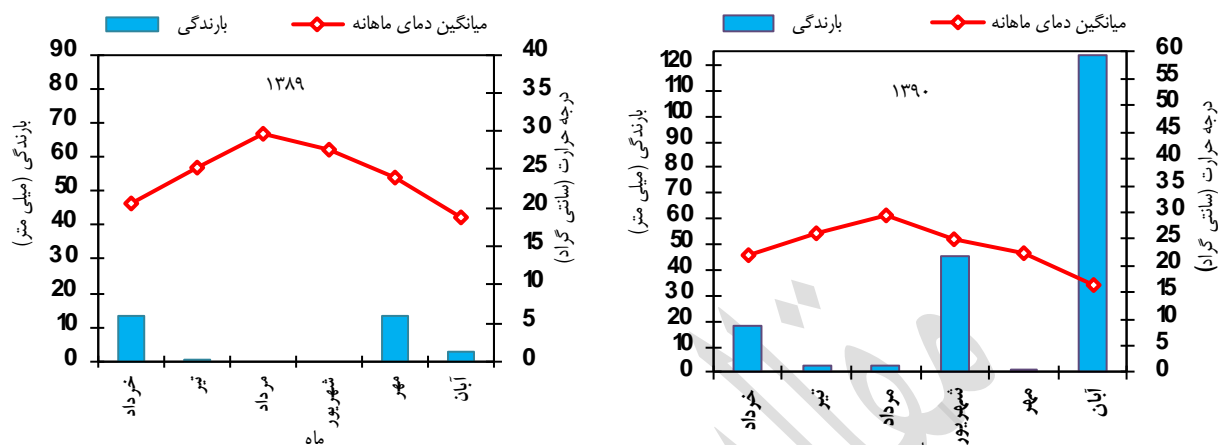
جهت ارزیابی پاسخ ژنوتیپ‌های سویا به تنش کم‌آبی از نظر ویژگی‌های زراعی و عملکرد دانه آزمایشی در موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر کرج در سال‌های ۱۳۸۹ و ۱۳۹۰ با طول جغرافیایی ۶° و ۵۱° شرقی و عرض جغرافیایی ۵۹° و ۳۵° شمالی و ارتفاع ۱۱۶۰ متر از سطح دریا انجام شد. آزمایش به صورت اسپلیت پلات در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار اجرا گردید که در آن آبیاری در سه سطح شامل آبیاری مطلوب، تنش متوسط و شدید به ترتیب براساس ۵۰، ۱۰۰ و ۱۵۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک تبخیر کلاس A به‌عنوان عامل اصلی و ۱۰ ژنوتیپ سویا شامل کوثر، M9، صبا، سحر، SG20، Hobbit×century، Hobbit×century، Williams×Century، L425002، Hobbit×TN4.54 و Williams×A3935 به‌عنوان عامل فرعی بودند. مشخصات ژنوتیپ‌های مورد مطالعه در جدول ۱ ارائه شده است. اولین آبیاری یک روز پس از کاشت انجام 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 آماده‌سازی، نمونه‌برداری از خاک محل آزمایش انجام شد و ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی آن تعیین گردید (جدول ۲). آمار هواشناسی در شکل ۱ ارائه شده است.

جدول ۱. مشخصات ژنوتیپ‌های مورد مطالعه

ژنوتیپ	گروه رشدی	طول دوره رشد
رقم کوثر	II	۹۷
لاین M9	II	۹۷
رقم صبا	III	۱۰۹
رقم سحر	IV-V	۱۴۳
لاین SG20	III-IV	۱۱۶
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

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

سال	عمق خاک (سانتی-متر)	اسیدیته	هدایت الکتریکی (دسی‌زیمنس بر متر)	کربن آلی (درصد)	نیتروژن کل (درصد)	فسفر قابل جذب (میلی‌گرم بر کیلوگرم)	پتاسیم قابل جذب (میلی‌گرم بر کیلوگرم)
۱۳۸۹	۰-۳۰	۷/۷	۱/۳۵	۰/۹۶	۰/۰۷	۱۳/۵	۱۵۱
۱۳۹۰	۰-۳۰	۷/۹	۱/۲۷	۰/۴۵	۰/۰۴	۷/۴	۱۴۸



شکل ۱. تغییرات میانگین دما و بارندگی ایستگاه هواشناسی منطقه کرج (سال‌های زراعی ۹۰-۱۳۸۹)

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 کشت انجام گردید. وجین در مراحل چهار برگی و قبل از گل-دهی به صورت مکانیکی و توسط کارگر انجام شد. زمان برداشت باتوجه به طول دوره رشد ارقام به شرح جدول ۱ قرار گرفت.

۱.۳ ویژگی‌های مورد ارزیابی و اندازه‌گیری‌ها

صفات مورفولوژیک فاصله غلاف از زمین، تعداد گره و فاصله میان‌گره از میانگین ۱۰ بوته از هر کرت آزمایشی محاسبه شد. در پایان دوره رشد اجزای عملکرد براساس میانگین ۱۰ بوته محاسبه گردید. به منظور اندازه‌گیری عملکرد دانه پس از رسیدن کامل گیاهان، از هر کرت آزمایشی حدود ۳ متر مربع برداشت شد و سپس به وسیله کمباین دانه‌ها جدا شدند. شاخص برداشت از نسبت وزن دانه به وزن کل گیاه حاصل گردید. به این منظور از نمونه‌های برداشت شده برای اجزاء عملکرد دانه استفاده شد. ترکیب اسیدهای چرب، شامل اسیدهای چرب تک غیراشباعی (MUFA) (پالمیتوئیک، اولئیک و ایکونوئیک) و اسیدهای چرب چند غیراشباعی (PUFA) (لینولئیک و لینولنیک) با دستگاه گاز کروماتوگراف از برند Varian مدل CP3800 اندازه‌گیری شد. به منظور تعیین درصد پروتئین دانه از هر کرت آزمایشی حدود ۳۰ گرم بذر به طور تصادفی جدا و با استفاده از دستگاه NIR^۲ (مدل Inframatic 8620، کشور آلمان) درصد پروتئین دانه محاسبه گردید. عملکرد پروتئین دانه از حاصل ضرب درصد پروتئین دانه در عملکرد دانه محاسبه شد. در پایان پس از اطمینان از مفروضات آزمایشی و بعد از انجام آزمون بارتلت و اثبات همگن بودن واریانس‌های آزمایشی در هر سال، با استفاده از نرم

¹ Bradyrhizobium japonicum

² Near Infra Red

افزار آماری SAS (نسخه ۹/۱) تجزیه واریانس مرکب انجام شد. مقایسه میانگین‌ها با آزمون حداقل اختلاف معنی‌دار^۱ انجام گرفت. مقایسه میانگین‌های سطوح اثر متقابل با استفاده از رویه برش‌دهی انجام شد و برای رسم نمودارها از نرم افزار اکسل استفاده شد.

۴. یافته‌های پژوهش

اثر سال بر صفات طول دوره رشد، فاصله میان‌گره، وزن هزار دانه و شاخص برداشت در سطح یک درصد و بر فاصله اولین غلاف از زمین، تعداد گره، تعداد غلاف در واحد سطح، تعداد دانه در واحد سطح و درصد اسیدهای چرب تک غیر-اشباع (MUFA) در سطح پنج درصد معنی‌دار شد (جدول ۳). اثر آبیاری بر تعداد گره، فاصله میان‌گره، تعداد غلاف در واحد سطح، تعداد دانه در واحد سطح، عملکرد پروتئین دانه، درصد پروتئین دانه، عملکردهای چرب تک غیراشباع و چند غیراشباع (PUFA) در سطح یک درصد معنی‌دار شد. اثر ژنوتیپ بر طول دوره رشد، تعداد گره، فاصله میان‌گره، تعداد غلاف در واحد سطح، تعداد دانه در واحد سطح، وزن هزار دانه، عملکرد دانه، شاخص برداشت، درصد پروتئین دانه، عملکرد پروتئین دانه، درصد اسیدهای چرب تک غیراشباع و چند غیراشباع در سطح یک درصد معنی‌دار شد. اثر متقابل آبیاری×ژنوتیپ بر طول دوره رشد، فاصله اولین غلاف از زمین، تعداد غلاف در واحد سطح، تعداد دانه در واحد سطح، وزن هزار دانه، عملکرد دانه، شاخص برداشت و عملکرد پروتئین دانه در سطح یک درصد و بر اسیدهای چرب تک غیراشباع در سطح پنج درصد معنی‌دار شد. اثر متقابل سال×آبیاری×ژنوتیپ بر طول دوره رشد، تعداد غلاف در واحد سطح، تعداد دانه در واحد سطح، عملکرد دانه، شاخص برداشت و عملکرد پروتئین دانه در سطح یک درصد و بر فاصله اولین غلاف از زمین و درصد اسیدهای چرب تک غیراشباع در سطح پنج درصد معنی‌دار شد (جدول ۳).

جدول ۳. تجزیه واریانس مرکب صفات مورد مطالعه

منبع تغییرات	درجه آزادی	طول دوره رشد	فاصله اولین غلاف از زمین	میانگین مربعات			ضریب تغییرات (درصد)
				تعداد گره	فاصله میان‌گره	تعداد دانه در واحد سطح	
سال	۱	۴۱۱۸**	۸۸*	۲۰/۴۶*	۱۴/۶۷**	۲۳۴۵۷۷**	۲۳۱۸**
تکرار×سال	۴	۶	۹	۱/۱۰	۰/۲۰	۲۲۲۴۵	۹۹
آبیاری	۲	۳۴ ^{ns}	۶ ^{ns}	۷۹/۷۶**	۹/۳۷**	۶۷۴۹۲۱۷**	۶۰۸ ^{ns}
سال×آبیاری	۲	۹ ^{ns}	۷۰**	۱/۱۵ ^{ns}	۰/۳۱*	۱۶۶۷۲۷۹**	۱۸۶ ^{ns}
اشتباه ۱	۸	۱۱	۷	۱/۲۷	۰/۲۹	۵۱۶۸۰	۱۹۹
ژنوتیپ	۹	۴۲۳۰**	۶ ^{ns}	۲۶/۰۷**	۴/۵۹**	۵۹۳۹۹۴**	۲۱۲۷**
سال×ژنوتیپ	۹	۸۰۳**	۴۵**	۹/۸۰**	۰/۴۵**	۶۰۸۹۸۵**	۶۰۳**
آبیاری×ژنوتیپ	۱۸	۲۱**	۲۷**	۰/۹۳ ^{ms}	۰/۱۱ ^{ns}	۳۹۷۵۸**	۲۸۲**
سال×آبیاری×ژنوتیپ	۱۸	۲۷**	۱۷*	۰/۸۷ ^{ms}	۰/۰۷ ^{ms}	۲۶۲۰۲۳**	۹۳ ^{ms}
اشتباه ۲	۱۰۸	۷	۹	۰/۷۰	۰/۰۸	۱۴۱۴۶	۶۷
ضریب تغییرات (درصد)	-	۲/۴۶	۲۴/۲۵	۶/۲۳	۶/۳۳	۱۴/۴۷	۶/۶۲
منبع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات					
		عملکرد دانه	شاخص	پروتئین	عملکرد اسیدهای		

¹ Least Significant Difference

برداشت	دانه	پروتئین دانه	چرب تک غیراشباع	چرب چند غیراشباع	سال	تکرار×سال	آبیاری	سال×آبیاری	اشتباه ۱	ژنوتیپ	سال×ژنوتیپ	آبیاری×ژنوتیپ	سال×آبیاری×ژنوتیپ	اشتباه ۲	ضریب تغییرات (درصد)
۱۳۵**	۴۶ ^{ns}	۵۶۵ ^{ns}	۱۹*	۳ ^{ns}	۲۱۱۳۵۷ ^{ns}	۴	۹۱۷۰۵	۱۱۰۰۷۰۷۱**	۱۸۸۵۰۲	۱۰۸۹۴۳۸**	۵۲۶۲۰۰**	۳۷۵۵۵۸**	۵۹۶۵۱۲**	۶۰۳۸۱	-
۵	۱۴	۱۳۳۸۴	۲	۴	۹۱۷۰۵	۲	۴۱۷۵۲۰**	۱۸۸۵۰۲	۱۰۸۹۴۳۸**	۵۲۶۲۰۰**	۳۷۵۵۵۸**	۵۹۶۵۱۲**	۶۰۳۸۱	۱۰۸	۱۵/۷۳
۱۶۵**	۸ ^{ns}	۷۵۵۰۰۴**	۶۸**	۷۷**	۴۱۷۵۲۰**	۹	۵۲۶۲۰۰**	۳۷۵۵۵۸**	۱۰۸۹۴۳۸**	۵۲۶۲۰۰**	۳۷۵۵۵۸**	۵۹۶۵۱۲**	۶۰۳۸۱	۱۰۸	۱۵/۷۳
۵۱**	۱۰	۲۱۷۷۵	۲	۲	۱۸۸۵۰۲	۹	۵۲۶۲۰۰**	۳۷۵۵۵۸**	۱۰۸۹۴۳۸**	۵۲۶۲۰۰**	۳۷۵۵۵۸**	۵۹۶۵۱۲**	۶۰۳۸۱	۱۰۸	۱۵/۷۳
۱۸۴**	۲۰**	۱۵۲۷۰۳**	۳۱**	۳۴**	۱۰۸۹۴۳۸**	۹	۵۲۶۲۰۰**	۳۷۵۵۵۸**	۱۰۸۹۴۳۸**	۵۲۶۲۰۰**	۳۷۵۵۵۸**	۵۹۶۵۱۲**	۶۰۳۸۱	۱۰۸	۱۵/۷۳
۱۱۳**	۶ ^{ns}	۶۱۳۹۴**	۱۰**	۱۱**	۱۰۸۹۴۳۸**	۹	۵۲۶۲۰۰**	۳۷۵۵۵۸**	۱۰۸۹۴۳۸**	۵۲۶۲۰۰**	۳۷۵۵۵۸**	۵۹۶۵۱۲**	۶۰۳۸۱	۱۰۸	۱۵/۷۳
۸۸**	۴ ^{ns}	۴۲۳۸۳**	۳*	۳ ^{ns}	۳۷۵۵۵۸**	۱۸	۵۹۶۵۱۲**	۶۰۳۸۱	۱۰۸	۱۵/۷۳	۱۵/۷۳	۱۵/۷۳	۱۵/۷۳	۱۵/۷۳	۱۵/۷۳
۴۵**	۳ ^{ns}	۶۹۱۷۳**	۲*	۳ ^{ns}	۵۹۶۵۱۲**	۱۸	۶۰۳۸۱	۱۰۸	۱۵/۷۳	۱۵/۷۳	۱۵/۷۳	۱۵/۷۳	۱۵/۷۳	۱۵/۷۳	۱۵/۷۳
۱۰	۴	۷۶۰۷	۱	۲	۶۰۳۸۱	۱۰۸	۱۵/۷۳	۱۵/۷۳	۱۵/۷۳	۱۵/۷۳	۱۵/۷۳	۱۵/۷۳	۱۵/۷۳	۱۵/۷۳	۱۵/۷۳
۸/۷۶	۵/۸۸	۱۶/۵۷	۴/۸۳	۲/۴۶	۱۵/۷۳	-	۱۵/۷۳	۱۵/۷۳	۱۵/۷۳	۱۵/۷۳	۱۵/۷۳	۱۵/۷۳	۱۵/۷۳	۱۵/۷۳	۱۵/۷۳

* و ** به ترتیب نشان دهنده وجود اختلاف معنی دار به ترتیب در سطح احتمال پنج و یک درصد می باشد.

۱.۴ طول دوره رشد

طول دوره رشد نقش تعیین کننده ای در میزان عملکرد گیاه به ویژه در شرایط مناسب آبی دارا می باشد. مقایسه میانگین اثر متقابل آبیاری×ژنوتیپ نشان داد که در شرایط آبیاری مطلوب، تنش متوسط و شدید رقم سحر به ترتیب با میانگین ۱۴۳، ۱۴۰ و ۱۳۹ روز بیشترین طول دوره رشد را به خود اختصاص داد. از این رو تنش سبب کاهش طول دوره رشد رقم سحر گردید (جدول ۴).

جدول ۴. مقایسه میانگین اثر متقابل آبیاری×ژنوتیپ

وزن هزار دانه (گرم)	تعداد دانه در واحد سطح	تعداد غلاف در واحد سطح	فاصله اولین غلاف از زمین (سانتی متر)	طول دوره رشد (روز)	ژنوتیپ	آبیاری
۱۲۸/۱cd	۲۰۹۰/۳cd	۸۱۸/۸de	۷/۰de	۹۶/۸f	کوثر	
۱۳۲/۸abc	۱۷۴۱/۰f	۸۰۱/۱e	۶/۲e	۹۷/۰f	M9	
۱۳۹/۳a	۲۵۸۵/۸a	۱۱۹۱/۵a	۹/۷cd	۱۰۹/۳d	صبا	
۹۸/۳e	۲۱۳۷/۳c	۱۱۵۶/۸ab	۱۷/۶b	۱۴۲/۸a	سحر	
۱۳۹/۱ab	۱۷۸۶/۲ef	۸۷۹/۰de	۱۲/۲c	۱۱۶/۰c	SG20	
۱۲۸/۸bcd	۱۸۱۵/۰def	۹۵۴/۵cd	۱۷/۱b	۱۰۶/۳e	Hobbit×Century	مطلوب
۱۳۵/۰abc	۲۴۹۰/۸ab	۱۰۴۹/۶bc	۹/۸cd	۹۵/۵f	Williams×Century	
۱۲۲/۰d	۱۹۵۱/۳c-f	۸۳۲/۸de	۶/۹de	۹۵/۰f	L425002	
۱۰۰/۰e	۲۰۳۹/۰cde	۱۲۷۱/۸a	۱۹/۴ab	۱۲۴/۸b	Hobbit×TN4.54	
۱۴۱/۳a	۲۲۲۷/۳bc	۱۰۳۰/۸bc	۲۲/۴a	۱۲۷/۰b	Williams×A3935	
۱۰/۴۷	۲۷۷/۱۶	۱۳۶/۹۳	۳/۲۶	۲/۸۲	LSD	
۱۲۳/۳b	۱۶۴۶/۲cd	۷۷۳/۶cd	۷/۷d	۹۶/۶e	کوثر	
۱۳۴/۵b	۱۴۹۲/۵d	۶۲۲/۰e	۸/۸d	۹۷/۵e	M9	تنش
۱۲۷/۸b	۱۹۸۹/۲ab	۹۳۵/۸ab	۱۱/۴bcd	۱۰۶/۰d	صبا	متوسط
۱۰۵/۶c	۱۸۶۱/۷abc	۸۹۶/۱bc	۱۴/۰bc	۱۳۹/۶a	سحر	

۱۲۴/۰b	۱۶۱۵/۵cd	۸۳۱/۵bc	۱۴/۸b	۱۲۰/۱bc	SG20	
۱۲۲/۵b	۱۷۲۴/۷bcd	۸۳۴/۳bc	۱۱/۶bcd	۱۰۴/۸d	Hobbit×Century	
۱۲۳/۱b	۱۸۰۴/۳a-d	۷۸۸/۱cd	۱۰/۰cd	۹۵/۰e	Williams×Century	
۱۱۹/۳b	۱۵۶۱/۲cd	۶۹۶/۵de	۷/۸d	۹۵/۱e	L425002	
۱۲۰/۳b	۱۵۷۸/۸cd	۱۰۲۹/۳a	۱۳/۸bc	۱۱۹/۱c	Hobbit×TN4.54	
۱۳۶/۶a	۲۰۹۰/۳a	۱۰۴۷/۰a	۲۳/۲a	۱۲۳/۱b	Williams×A3935	
۸/۷۳	۳۱۷/۲۱	۱۳۰/۹۸	۴/۱۱	۳/۵۴	LSD	
۱۱۴/۶de	۱۱۸۷/۲cde	۵۶۶/۶ef	۹/۳e	۹۷/۶e	کوثر	
۱۱۹/۶cde	۱۱۷۲/۷de	۶۱۸/۱def	۱۱/۰b-e	۹۶/۱ef	M9	
۱۲۱/۰cd	۱۴۲۶/۸bcd	۷۰۵/۸cde	۹/۸de	۱۰۸/۱d	صبا	
۹۹/۰f	۱۶۲۴/۷ab	۷۸۲/۶abc	۱۳/۱bc	۱۳۹/۳a	سحر	
۱۴۴/۰a	۱۷۶۹/۸a	۸۷۲/۰ab	۱۱/۶b-e	۱۱۶/۶c	SG20	تنش
۱۲۷/۱bc	۱۴۷۴/۰bc	۷۳۲/۶bcd	۱۳/۶b	۱۰۹/۵d	Hobbit×Century	شدید
۱۱۹/۱cde	۱۳۷۵/۵bcd	۶۰۸/۸def	۱۰/۸b-e	۹۶/۰ef	Williams×Century	
۱۱۴/۶de	۱۰۴۱/۷e	۵۲۱/۶f	۱۰/۰cde	۹۳/۵f	L425002	
۱۱۱/۳e	۱۵۱۱/۲ab	۸۸۳/۸a	۱۲/۹bcd	۱۱۸/۶c	Hobbit×TN4.54	
۱۳۱/۰b	۱۵۷۵/۰ab	۷۷۷/۶abc	۲۰/۵a	۱۲۲/۱b	Williams×A3935	
۹/۳۷	۲۹۲/۲۵	۱۴۹/۲۶	۳/۱۸	۳/۱۴	LSD	

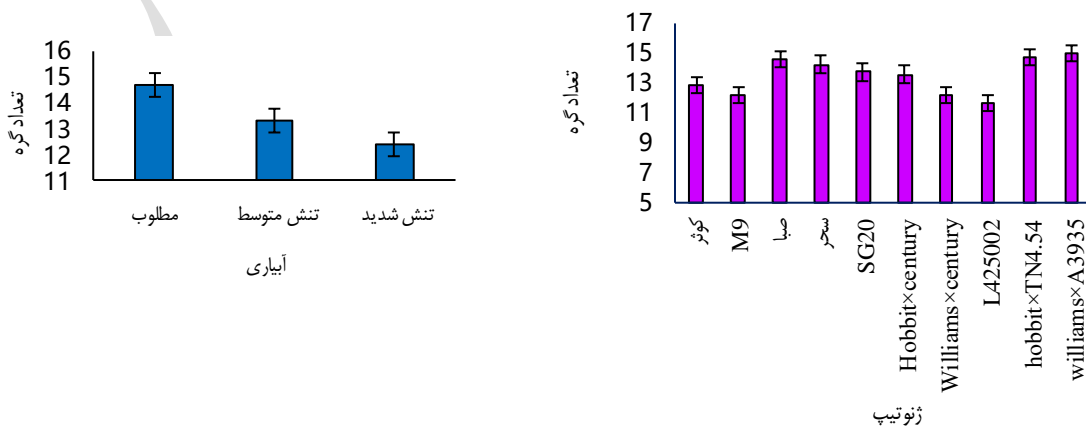
حروف مشابه در هر ستون نشان‌دهنده عدم وجود اختلاف معنی‌دار براساس آزمون LSD در سطح ۵ درصد می‌باشد

۲.۴. فاصله اولین غلاف از زمین

مقایسه ژنوتیپ‌ها در سطوح آبیاری نشان داد که بیشترین فاصله اولین غلاف از زمین در شرایط آبیاری مطلوب، تنش متوسط و شدید به لاین Williams×A3935 به ترتیب با ۲۲، ۲۳ و ۲۰ سانتی‌متر تعلق داشت (جدول ۴).

۳.۴. گره

مقایسه سطوح مختلف آبیاری نشان داد که بیشترین تعداد گره از شرایط آبیاری مطلوب به میزان ۱۵ عدد حاصل شد (شکل ۲). مقایسه ژنوتیپ‌ها نشان داد که با کاهش طول دوره رشد از تعداد گره کاسته گردید. به طوری که لاین دیررس Williams×A3935 از بیشترین تعداد گره برابر ۱۵ عدد برخوردار بود (شکل ۳).



شکل ۳. مقایسه میانگین اثر ساده ژنوتیپ بر تعداد گره

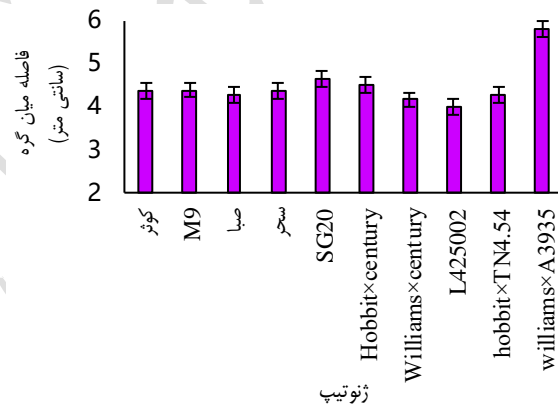
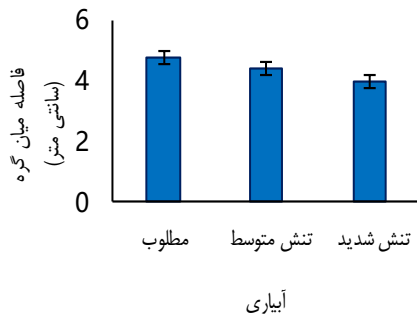
علامت بار نشان دهنده LSD می باشد

شکل ۲. مقایسه میانگین اثر ساده آبیاری بر تعداد گره

علامت بار نشان دهنده LSD می باشد

۴.۴. فاصله میان گره

میزان کاهش فاصله میان گره با افزایش شدت تنش به طور جزئی بیشتر شد. به طوری که در شرایط تنش متوسط ۸ درصد و در شرایط تنش شدید ۱۷ درصد در مقایسه با آبیاری مطلوب کاهش یافت. از این رو وقوع تنش سبب کاهش رشد سلولی و در نتیجه فاصله میان گره گردید (شکل ۴). مقایسه سطوح ژنوتیپها نشان داد که بیشترین و کمترین فاصله میان گره به ترتیب به Williams×A3935 (۵/۸ سانتی متر) و L425002 (۳/۹ سانتی متر) تعلق گرفت (شکل ۵).



شکل ۵. مقایسه میانگین اثر ساده ژنوتیپ بر فاصله میان گره

علامت بار نشان دهنده LSD می باشد

شکل ۴. مقایسه میانگین اثر ساده آبیاری بر فاصله میان گره

علامت بار نشان دهنده LSD می باشد

۵.۴. تعداد غلاف در واحد سطح

پاسخ ارقام و لاینها در سطوح مختلف آبیاری به تعداد غلاف در واحد سطح متفاوت بود. بیشترین تعداد غلاف در شرایط آبیاری مطلوب به ژنوتیپهای صبا و Hobbit×TN4.54 به ترتیب با ۱۱۹۱ و ۱۲۷۲ عدد تعلق داشت. در شرایط تنش متوسط لاینهای Hobbit×TN4.54 و Williams×A3935 به ترتیب با ۱۰۲۹ و ۱۰۴۷ عدد بیشترین تعداد غلاف در واحد سطح را داشتند که هر دو دیررس می باشند. در شرایط تنش شدید لاین دیررس Hobbit×TN4.54 با میانگین ۸۸۴ عدد بیشترین تعداد غلاف در واحد سطح را دارا بود (جدول ۴).

۶.۴. تعداد دانه در واحد سطح

روند تغییرات تعداد دانه در واحد سطح از تغییرات تعداد غلاف در واحد سطح پیروی کرد. به طوری که مقایسه میانگین اثر متقابل آبیاری×ژنوتیپ نشان داد که بیشترین تعداد دانه در واحد سطح در شرایط آبیاری مطلوب از رقم صبا با میانگین ۲۵۸۶ عدد حاصل شد. این رقم در گروه ارقام برتر از نظر تعداد غلاف در واحد سطح قرار داشت. در شرایط تنش متوسط لاین دیررس Williams×A3935 با میانگین ۲۰۹۰ عدد برتر از سایرین بود و در شرایط تنش شدید لاین دیررس SG20 با ۱۷۷۰ عدد بالاترین تعداد دانه در واحد سطح را به خود اختصاص داد (جدول ۴).

۴.۷. وزن هزار دانه

ارزیابی ژنوتیپ‌ها در سطوح مختلف آبیاری نشان داد که در شرایط آبیاری مطلوب ژنوتیپ‌های صبا و Williams×A3935 به ترتیب با میانگین ۱۳۹ و ۱۴۱ گرم بیشترین وزن هزار دانه را داشتند. در شرایط تنش متوسط لاین دیررس Williams×A3935 با میانگین ۱۳۷ گرم و در شرایط تنش شدید لاین دیررس SG20 با میانگین ۱۴۴ گرم بالاترین وزن هزار دانه را دارا بودند (جدول ۴). در شرایط آبیاری مطلوب با وجود رشد رویشی مطلوب، دوره نمو زایشی به دمای پایین هوا در فصل پاییز برخورد کرد که تشکیل غلاف و پرشدن دانه با تنش سرما مواجه شد و در نتیجه غلاف‌ها یا دانه داخل آن‌ها سقط شد. وقوع تنش خشکی سبب شد که تشکیل غلاف و پرشدن آن‌ها سریع‌تر آغاز شود. علاوه بر این به دلیل برخورد این دوره با دمای پایین هوا و بارش، تنش خشکی خسارت چندانی بر گیاه وارد نکرد. بنابراین با وجود آن که گیاه در مرحله رشد رویشی با خسارت قابل توجهی روبرو شد، شرایط مناسب بعدی سبب شد که با افزایش وزن دانه همراه شود.

۴.۸. عملکرد دانه

عملکرد دانه سویا تحت تأثیر اجزای عملکرد دانه آن قرار دارد. نتایج حاصل از مقایسه میانگین عملکرد دانه ژنوتیپ‌های سویا تحت تأثیر رژیم‌های آبیاری نشان داد که در شرایط آبیاری مطلوب رقم زودرس صبا با بالاترین تعداد دانه در واحد سطح (۲۵۸۶ عدد)، بیشترین عملکرد دانه با میانگین ۲۵۸۵ کیلوگرم در هکتار را به خود اختصاص داد. این در حالی است که در شرایط تنش، ژنوتیپ‌های دیررس از عملکرد دانه بیشتری برخوردار بودند. به طوری که در شرایط تنش متوسط لاین دیررس Williams×A3935 با بالاترین وزن هزار دانه (۱۳۷ گرم) و تعداد دانه در واحد سطح (۲۰۹۰ عدد)، بیشترین عملکرد دانه با میانگین ۲۰۱۱ کیلوگرم در هکتار را دارا بود. به علاوه در شرایط تنش شدید بالاترین عملکرد دانه به لاین دیررس Williams×A3935 با میانگین ۱۷۰۶ کیلوگرم در هکتار تعلق داشت (جدول ۴).

ادامه جدول ۴. مقایسه میانگین اثر متقابل آبیاری×ژنوتیپ

آبیاری	ژنوتیپ	عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار)	شاخص برداشت (درصد)	عملکرد پروتئین دانه (کیلوگرم در هکتار)	اسیدهای چرب تک غیراشباع (درصد)
	کوثر	۲۳۶۸ab	۴۲/۹bc	۷۷۳/۰a	۲۰/۹۸bcd
	M9	۲۱۰۷bc	۳۸/۷d	۷۱۰/۵abc	۲۰/۲۲d
مطلوب	صبا	۲۵۸۵a	۴۶/۱ab	۸۱۸/۰a	۲۱/۵۴abc
	سحر	۱۶۱۴d	۲۵/۷f	۵۳۲/۸de	۱۸/۳۰e
	SG20	۱۷۰۶d	۴۰/۰cd	۵۴۹/۶de	۲۲/۱۴a
	Hobbit×Century	۱۹۴۹cd	۳۹/۲d	۵۹۶/۳cde	۲۰/۵۸cd

۲۱/۹۵ab	۶۹۷/۵abc	۴۱/۸cd	۲۱۹۴bc	Williams×Century	
۲۲/۲۳a	۶۰۲/۰bcd	۴۶/۷a	۱۹۳۹cd	L425002	
۲۰/۳۷d	۴۶۵/۶e	۳۲/۰e	۱۶۱۴d	Hobbit×TN4.54	
۲۱/۲۶a-d	۷۳۱/۵ab	۳۳/۲e	۲۲۵۲abc	Williams×A3935	
۱/۱۳	۱۳۴/۵۹	۳/۵۵	۳۸۳/۳۱	LSD	
۲۲/۹۹bcd	۵۸۰bc	۳۹/۳a	۱۶۲۷bcd	کوثر	
۲۲/۴۱cd	۵۳۷bc	۳۵/۲ab	۱۴۶۹cde	M9	
۲۳/۹۳ab	۵۹۵b	۳۹/۱a	۱۷۶۰b	صبا	
۲۰/۱۴e	۴۴۰de	۲۹/۶c	۱۳۳۵ef	سحر	
۲۱/۹۷d	۳۷۲ef	۳۰/۲c	۱۰۶۳g	SG20	تنش
۲۳/۶۸abc	۵۷۲bc	۳۸/۷ab	۱۷۰۷bc	Hobbit×Century	متوسط
۲۴/۹۵a	۴۹۵cd	۳۸/۱ab	۱۴۲۲de	Williams×Century	
۲۴/۲۷ab	۳۸۷ef	۳۷/۹ab	۱۱۶۰fg	L425002	
۲۲/۲۹d	۳۴۹f	۳۵/۲ab	۱۰۲۵g	Hobbit×TN4.54	
۲۱/۹۸d	۷۱۶a	۳۴/۷b	۲۰۱۱a	Williams×A3935	
۱/۲۸	۹۰/۳۶	۴/۲۳	۲۴۶/۶۵	LSD	
۲۲/۸۷bcd	۴۸۳/۶bc	۳۵/۰abc	۱۳۰۰cd	کوثر	
۲۱/۷۹de	۴۰۵/۳d	۳۲/۲c	۱۱۰۶de	M9	
۲۴/۴۰a	۳۷۹/۳d	۳۶/۷ab	۱۰۵۹e	صبا	
۱۹/۴۴f	۵۳۷/۵b	۳۵/۹abc	۱۵۱۴ab	سحر	
۲۳/۵۳abc	۴۹۲/۵b	۳۸/۱a	۱۳۸۲bc	SG20	تنش
۲۲/۸۸bcd	۴۱۹/۳cd	۳۸/۱a	۱۲۶۴cd	Hobbit×Century	شدید
۲۴/۰۱ab	۳۵۷/۱d	۳۴/۲bc	۹۷۵e	Williams×Century	
۲۴/۶۹a	۲۱۱/۰e	۳۵/۵abc	۶۱۰f	L425002	
۲۱/۲۲e	۳۶۵/۱d	۳۷/۵ab	۱۰۳۸e	Hobbit×TN4.54	
۲۲/۵۵cde	۶۱۴/۸a	۳۲/۷c	۱۷۰۶a	Williams×A3935	
۱/۳۳	۷۰/۷۹	۳/۴۷	۲۰۱/۴۹	LSD	

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

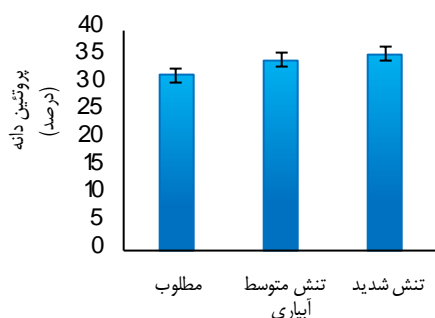
۹.۴ شاخص برداشت

شاخص برداشت نسبت وزن خشک دانه به وزن خشک گیاه را نشان می دهد و بیانگر درصد انتقال مواد فتوسنتزی از اندام های رویشی به دانه ها می باشد. ارزیابی ژنوتیپ های مورد مطالعه در سطوح مختلف آبیاری نشان داد که تنش سبب کاهش شاخص برداشت در کلیه ارقام و لاین های زودرس شد، در حالی که ارقام دیررس افزایش شاخص برداشت را نشان دادند. در شرایط آبیاری مطلوب بیشترین شاخص برداشت به لاین زودرس L425002 با میانگین ۴۷ درصد تعلق داشت. در شرایط تنش متوسط ارقام کوثر و صبا با میانگین ۳۹ درصد بالاترین شاخص برداشت را داشتند. در شرایط تنش شدید ژنوتیپ های SG20 و Hobbit×Century با میانگین ۳۸ درصد بالاترین شاخص برداشت را نشان دادند (جدول ۴).

۱۰.۴ پروتئین دانه

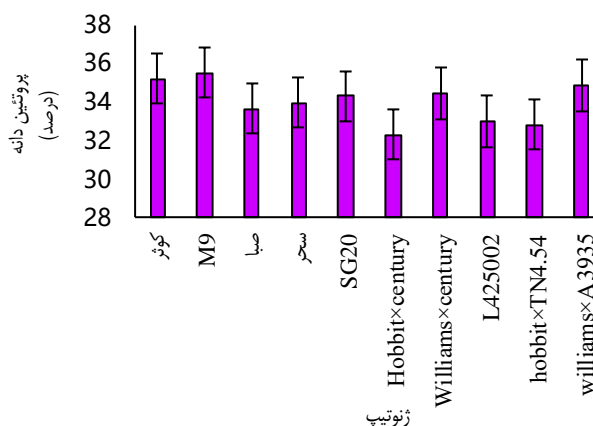
مقایسه سطوح آبیاری از نظر میزان پروتئین دانه نشان داد که شرایط آبیاری مطلوب از کمترین درصد پروتئین دانه (۳۱/۸۱ درصد) برخوردار بود. بیشترین میزان پروتئین دانه از تنش شدید (۳۵/۶۷ درصد) به دست آمد که به همراه تنش

متوسط (۳۴/۵۴ درصد) در گروه آماری مشابهی قرار گرفتند (شکل ۶). مقایسه سطوح ژنوتیپ‌ها نشان داد که لاین M9 با میانگین ۳۵/۵۲ درصد از بیشترین میزان پروتئین دانه برخوردار بود. کمترین میزان را نیز Hobbit×Century با میانگین ۳۲/۳۱ درصد نشان داد (شکل ۷).



شکل ۶. مقایسه میانگین اثر ساده آبیاری بر درصد پروتئین دانه

علامت بار نشان‌دهنده LSD می‌باشد



شکل ۷. مقایسه میانگین اثر ساده ژنوتیپ بر درصد پروتئین دانه

علامت بار نشان‌دهنده LSD می‌باشد

۱۱.۴ عملکرد پروتئین دانه

مقایسه میانگین سطوح اثر متقابل آبیاری×ژنوتیپ نشان داد که در شرایط آبیاری مطلوب ارقام زودرس از عملکرد پروتئین بیشتری برخوردار بودند. به گونه‌ای که ارقام کوثر و صبا به ترتیب با میانگین ۷۷۳ و ۸۱۸ کیلوگرم در هکتار بالاترین عملکرد پروتئین دانه را داشتند. کمترین عملکرد پروتئین به لاین دیررس Hobbit×TN4.54 (۴۶۶ کیلوگرم در هکتار) تعلق داشت. در شرایط تنش متوسط و شدید لاین دیررس Williams×A3935 به ترتیب با میانگین ۷۱۶ و ۶۱۵ کیلوگرم در هکتار بالاترین محصول پروتئین را دارا بود (جدول ۴).

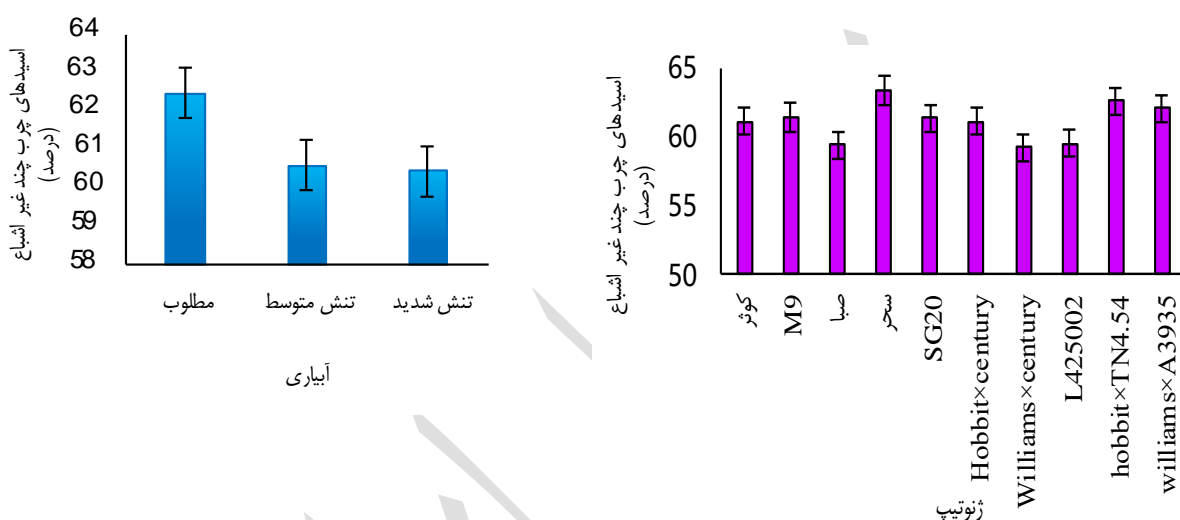
۱۲.۴ اسیدهای چرب تک غیراشباع^۱

ارزیابی اثر متقابل آبیاری×ژنوتیپ نشان داد که در بیشتر ارقام و لاین‌ها تنش سبب افزایش درصد اسیدهای چرب تک غیراشباع (MUFAs) شد. در شرایط آبیاری مطلوب ژنوتیپ‌های SG20 و L425002 به ترتیب با میانگین ۲۲/۱۴ و ۲۲/۲۳ درصد بالاترین میزان را نشان دادند. در شرایط تنش متوسط لاین Williams×Century با ۲۴/۹۵ درصد بالاترین میزان را به خود اختصاص داد. در شرایط تنش شدید ژنوتیپ‌های زودرس صبا و L425002 به ترتیب با میانگین ۲۴/۴۰ و ۲۴/۶۹ درصد بالاترین میزان MUFAs را دارا بودند (جدول ۴).

¹ Mono unsaturated fatty acids

۱۳.۴. اسیدهای چرب چند غیر اشباع^۱

ارزیابی اسیدهای چرب چند غیر اشباع (PUFAs) در سطوح مختلف آبیاری نشان داد که بیشترین میزان به شرایط آبیاری مطلوب (۶۲/۴۷ درصد) تعلق داشت و تنش متوسط و شدید در گروه آماری مشابهی قرار داشتند (شکل ۸). مقایسه سطوح ژنوتیپ‌ها نشان داد که رقم سحر از بیشترین میزان PUFAs با میانگین ۶۳/۴۱ درصد برخوردار بود و کمترین میزان به ژنوتیپ‌های صبا، Williams×Century و L425002 به ترتیب با میانگین ۵۹/۴۶، ۵۹/۳۰ و ۵۹/۵۷ درصد تعلق داشت (شکل ۹).



شکل ۸. مقایسه میانگین اثر ساده آبیاری بر اسیدهای چرب چند غیر اشباع

علامت بار نشان دهنده LSD می باشد

شکل ۹. مقایسه میانگین اثر ساده ژنوتیپ بر اسیدهای چرب چند غیر اشباع

علامت بار نشان دهنده LSD می باشد

۵. بحث

در شرایط طبیعی رشد گیاه، عملکرد دانه تحت تأثیر طول دوره رشد قرار دارد. بنابراین ارقامی که دیررس تر هستند از عملکرد دانه بیشتری برخوردار می‌باشند. اما سرمای آخر فصل می‌تواند با کاهش سرعت انتقال مواد نه تنها از وزن دانه بکاهد بلکه مشکلات ناشی از وقوع بارش و عدم خشک شدن گیاهان در مزرعه، جدا کردن دانه از بقایای گیاهی را با مشکل مواجه کند. باتوجه به نتایج حاصل، وقوع تنش تأثیر متفاوتی در وقوع مراحل نموی و رسیدگی گیاه داشت. در گروهی از ارقام مانند گروه زودرس تنش معمولاً سبب سریع‌تر شدن زمان رسیدگی برخی ارقام می‌شود. در حالی که در گروه دیگر مانند تعدادی از ارقام دیررس تنش سبب تأخیر در زمان رسیدگی گیاه می‌شود. کمبود آب به‌طور قابل توجهی دوره رشد رویشی و زایشی را در سویا کوتاه می‌نماید و همچنین عملکرد دانه آن را کاهش می‌دهد (وجتیلایا^۲ و همکاران، ۲۰۲۰).

¹Poly unsaturated fatty acids

² Wojtyla

فاصله اولین غلاف از زمین در برداشت محصول بسیار مهم و تأثیرگذار است. امینی فر و همکاران (۱۳۹۲) گزارش کردند که هرچه اولین غلاف در ارتفاع بالاتری تشکیل شود، برداشت با کارایی بیشتری صورت خواهد گرفت. تعداد گره از طرفی نشان‌دهنده توسعه رویشی گیاه می‌باشد و از طرف دیگر به دلیل آن که غلاف‌ها روی گره‌ها تشکیل می‌شوند، پتانسیل تولید را مشخص می‌کند. تنش متوسط و شدید به ترتیب باعث کاهش ۱۰ و ۱۶ درصد تعداد گره در مقایسه با آبیاری مطلوب شد (شکل ۲). بنابراین تنش سبب کاهش توسعه رویشی و تکوین گیاه گردید. شاهین‌رخسار و رئیسی (۱۳۹۰) گزارش کردند که تنش خشکی تأثیر معنی‌داری بر تعداد گره داشت. به طوری که آبیاری ۱۰۰ درصد دارای بالاترین تعداد گره بود و کمترین تعداد گره از آبیاری ۵۰ درصد حاصل شد و همچنین گزارش کردند که بین ارقام مورد بررسی اختلاف معنی‌داری از نظر تعداد گره ملاحظه گردید.

با توجه به اینکه ارقام دیررس از توانایی تولید بیوماس بالایی برخوردار هستند، بنابراین در شرایط تنش خشکی توانستند تعداد غلاف بیشتری را برای تأمین مواد آسمیلاتی تحت پوشش خود درآورند. وقوع تنش سبب کاهش قابل توجه بیوماس در ارقام و لاین‌های زودرس گردید و سبب شد به طور قابل توجهی از تعداد غلاف در واحد سطح کاسته شود. این در حالی است که در ارقام و لاین‌های دیررس به دلیل کاهش اثر تنش خشکی به تعداد غلاف افزوده شد و ارقام و لاین‌هایی که با دمای پایین هوا برخورد کردند و از حساسیت بیشتری برخوردار بودند، کاهش تعداد غلاف را در واحد سطح نشان دادند. سای^۱ و همکاران (۲۰۱۹) گزارش کردند که مرحله گل‌دهی و غلاف‌دهی در سویا حساس‌ترین مرحله به تنش خشکی است و عملکرد دانه را به شدت کاهش می‌دهد.

شرایط محیطی آخر فصل سبب تأثیر بر میزان تولید غلاف و تأمین مواد آسمیلاتی در انتهای فصل رشد شد. برخورد زمان پرشدن دانه با سرمای هوا در فصل پاییز سبب شد که در ارقام دیررس تعداد دانه در غلاف و در نهایت تعداد دانه در واحد سطح کاهش یابد. کاهش تعداد دانه در غلاف در ارقام زودرس به دلیل محدودیت مواد آسمیلاتی در زمان پر شدن دانه بود. که سبب کاهش تعداد دانه در واحد سطح گردید. با وجود این که دوره گل‌دهی سویا طولانی است، اما غلاف‌ها در یک دوره کوتاهی می‌رسند. در شرایط عادی ۴۰ تا ۸۰٪ گل‌های سویا نمی‌توانند به غلاف‌های رسیده نمو یابند. تعداد بالقوه غلاف یا دانه معمولاً بیشتر از تعدادی است که به وسیله جامعه گیاهی در طول دوره رشد تولید می‌شود. تعداد غلاف‌هایی که دانه‌های در حال نمو را در برمی‌گیرند بعد از مرحله R_۱ افزایش می‌یابد و بعد از مرحله R_۵ به حداکثر خود می‌رسد. اما طی این دوره گیاهان از نظر رویشی هنوز رشد می‌کنند. بنابراین مقصدهای زایشی در حال نمو، با مقصدهای رویشی در حال رقابت می‌باشند. افزایش یا کاهش فتوسنتز جامعه گیاهی طی این دوره با افزایش یا کاهش تعداد غلاف یا دانه در واحد سطح منجر خواهد شد، بنابراین تعداد دانه در واحد سطح طی گل‌دهی و تشکیل غلاف به فتوسنتز جامعه گیاهی بستگی دارد (دانشیان، ۱۳۹۳). ویجیواردانا^۲ و همکاران (۲۰۱۸) گزارش کردند که ریزش گل و غلاف‌ها در اثر تنش خشکی سبب کاهش ۲۷/۱ درصدی تعداد دانه در غلاف شده است.

وزن هزار دانه یکی از اجزای عملکرد است که تحت تأثیر شرایط محیطی قرار می‌گیرد. عدم وجود آسمیلات کافی در گیاه یا عدم توانایی مواد آسمیلاتی سبب کاهش وزن هزار دانه می‌شود. وزن هزار دانه در سویا تابع توانایی گیاه در

¹ Cui

² Wijewardana

تأمین مواد پرورده برای مخزن‌ها و همچنین شرایط محیطی از قبیل فراهم بودن رطوبت و عناصر غذایی در هنگام پر شدن دانه‌ها می‌باشد. در صورت فقدان تنش (خشکی، عناصر غذایی، دماهای خیلی زیاد و غیره) هرچه تعداد مخازن کم باشد، سهم هر مخزن از مواد پرورده موجود، افزایش می‌یابد و در نتیجه دانه‌ها درشت‌تر شده و وزن هزار دانه نیز افزایش می‌یابد (حیدرزاده^۱ و همکاران، ۲۰۱۶). براساس گزارش حاصل از تحقیق گائو^۲ و همکاران (۲۰۱۵) تنش خشکی بر جوانه‌زنی دانه سویا و رشد گیاهچه تأثیر می‌گذارد که منجر به اندازه دانه کوچک‌تر، کاهش وزن صد دانه و کاهش عملکرد می‌گردد. گوتیرز گونزالز^۳ و همکاران (۲۰۱۰) بیان کردند که وزن هزار دانه سویا در شرایط تنش خشکی در مرحله R_۵ (شروع پرشدن دانه) ۱۵/۲ درصد در مقایسه با آبیاری مطلوب کاهش یافت، که با یافته‌های هی^۴ و همکاران (۲۰۱۷) مطابقت داشت.

در شرایط آبیاری مطلوب ارقام زودرس از بالاترین عملکرد دانه برخوردار بودند و با افزایش شدت تنش از عملکرد دانه آن‌ها به‌طور قابل توجهی کاسته شد. به‌طوری‌که عملکرد دانه رقم صبا در شرایط تنش متوسط و شدید به‌ترتیب ۳۲ و ۵۹ درصد در مقایسه با آبیاری مطلوب کاهش یافت (جدول ۴). در حالی‌که در ارقام دیررس میزان کاهش جزئی بود. به‌طوری‌که در شرایط آبیاری مطلوب با وجود رشد رویشی مطلوب در ارقام دیررس، دوره نمو زایشی به‌دماهای پایین هوا در فصل پاییز برخورد کرد که تشکیل غلاف و پرشدن دانه با تنش سرما مواجه شد و در نتیجه غلاف‌ها یا دانه داخل آن‌ها، سقط شدند و عملکرد به‌شدت کاهش یافت. وقوع تنش خشکی سبب شد که تشکیل غلاف و پرشدن آن‌ها سریع‌تر آغاز شود. علاوه بر این به‌دلیل برخورد این دوره با دمای پایین هوا و بارش، تنش خشکی خسارت‌چندانی بر گیاه وارد نکند. بنابراین با وجود آن‌که گیاه در مرحله رشد رویشی با خسارت قابل توجهی روبرو شد، شرایط مناسب بعدی سبب شد که با افزایش تعداد دانه و وزن دانه به‌عملکرد دانه افزوده شود. نظر به اینکه، عملکرد از حاصل‌ضرب اجزای عملکرد به‌دست می‌آید و اجزای عملکرد نیز به‌طور معمول ناشی از فرآیندهای تکوینی متوالی هستند زمان تنش‌های بحرانی را می‌توان با ارزیابی واکنش اجزای عملکرد، مشخص نمود. مقدم خمسه و همکاران (۱۳۹۰) ضمن بررسی صفات عملکرد، اجزای عملکرد و برخی صفات مورفولوژیک ارقام تجاری سویا در شرایط تنش رطوبتی در اواخر مرحله زایشی نشان دادند که با اعمال تنش آبی عملکرد دانه ۴۸ درصد و وزن هزار دانه ۲۲ درصد کاهش یافت. گارسیا^۵ و همکاران (۲۰۱۰) تفاوت معنی‌دار عملکرد ژنوتیپ‌های سویا در شرایط تنش خشکی و همچنین اثر متقابل تنش ژنوتیپ را گزارش کردند. هی^۶ و همکاران (۲۰۱۷) نیز نتایج مشابهی را در این رابطه گزارش کردند که با نتایج حاصل از این تحقیق سازگار است. بروز تنش‌های مختلف محیطی به‌ویژه تنش خشکی در مراحل مختلف رشد گیاه سویا تأثیر به‌سزایی در کاهش عملکرد دانه آن می‌گذارد به‌نحوی که در مناطق نیمه خشک میزان کاهش عملکرد بین ۲۰٪ تا ۴۹٪ تخمین زده شده است (وگل^۷ و همکاران، ۲۰۱۹).

¹ Heidarzade

² Guo

³ Gutierrez-Gonzalez

⁴ He

⁵ Garcia

⁶ He

⁷ Vogel

کاهش شاخص برداشت در شرایط تنش کم‌آبی به کاهش دسترسی به مواد پرورده جاری طی پرشدن دانه نسبت داده شده است (ملکی و همکاران، ۱۳۹۱). همچنین کاهش تعداد غلاف در واحد سطح که سهم مهمی در تولید عملکرد دارد می‌تواند از دلایل مهم کاهش شاخص برداشت در تیمار تنش محسوب گردد. این در حالی است که کبرایی^۱ و همکاران (۲۰۱۱) با قطع آبیاری در مراحل مختلف رشدی بر روی چهار رقم سویا گزارش دادند که قطع آبیاری موجب افزایش شاخص برداشت گردید.

تغییر محتوای پروتئین به‌ویژه در تنش‌های غیرزنده توسط اسلام^۲ و همکاران (۲۰۰۹) گزارش شده است. براساس نتایج حاصل از تحقیق ایل‌صباغ^۳ و همکاران (۲۰۱۵) خشکی به‌عنوان مهم‌ترین عامل محدودکننده کاهش پروتئین دانه سویا در نظر گرفته می‌شود. امینی‌فر و همکاران (۱۳۹۱) بیان داشتند که بین سطوح آبیاری و رقم‌ها از نظر عملکرد پروتئین اختلاف معنی‌داری وجود داشت. قاسمی گل‌عدانی^۴ و فرشباف جعفری^۵ (۲۰۱۲) نشان دادند که با کاهش آب در دسترس، درصد روغن کاهش اما درصد پروتئین افزایش می‌یابد. افزایش محتوای پروتئین در شرایط تنش خشکی توسط وانگ^۶ و فری^۷ (۲۰۱۱) گزارش شده است که با نتایج حاصل از این تحقیق مطابقت دارد. با این حال مدیک^۸ و همکاران (۲۰۱۴) گزارش دادند که تأثیر تنش خشکی بر ترکیب دانه سویا جای بحث دارد، و تفاوت در نتایج حاصله به‌علت زمان‌بندی‌های مختلف و شدت‌های مختلف تنش خشکی در طول مراحل مختلف چرخه زندگی سویا می‌باشد (کررا^۹ و همکاران، ۲۰۰۹). براساس نتایج حاصل از این تحقیق اسیدهای چرب تک غیراشباع (MUFAs) ژنوتیپ‌های سویا تفاوت معنی‌داری در سطوح مختلف آبیاری نشان دادند. اسیدهای چرب به سه دسته شامل اسیدهای چرب اشباع، اسیدهای چرب تک غیر-اشباع و اسیدهای چرب چند غیراشباع تقسیم می‌شوند. کیفیت چربی به نوع اسید چرب و به‌ویژه به نسبت اسیدهای چرب بستگی دارد (راتوسز^{۱۰} و همکاران، ۲۰۱۶).

اسیدهای چرب چند غیراشباع (PUFAs) نسبت به دیگر دسته‌های اسید چرب دارای نقش حیاتی‌تر در عملکرد و ساختار جانداران می‌باشند. PUFAs اعمال مفید و مهمی در سلامت انسان و سایر پستانداران بر عهده دارند و در پیشگیری و درمان بسیاری از بیماری‌ها نقش دارند. از آنجایی که بدن انسان و پستانداران قادر به ساختن پیش‌سازهای PUFAs نیست، بنابراین وجود میزان کافی و متعادلی از این اسیدهای چرب در رژیم غذایی ضروری می‌باشد (واتس^{۱۱}، ۲۰۱۶). محققین نشان دادند که PUFAs از مهم‌ترین عوامل در حساسیت به اکسیداسیون محسوب می‌گردد (مالهیرو^{۱۲} و همکاران، ۲۰۱۳). یونیس^{۱۳} و همکاران (۲۰۰۱) گزارش کردند که تنش خشکی بر ترکیب اسیدهای چرب روغن سویا اثر

¹ Kobraee

² Aslam

³ EL Sabagh

⁴ Ghassemi-Golezani

⁵ Farshbaf-Jafari

⁶ Wang

⁷ Frei

⁸ Medic

⁹ Carrera

¹⁰ Ratusz

¹¹ Watts

¹² Malheiro

¹³ Younis

می‌گذارد، به‌گونه‌ای که با افزایش تنش خشکی اسیدهای چرب اشباع (پالمیتیک و استئاریک) افزایش یافته ولی اسیدهای چرب غیراشباع کاهش می‌یابد. یافته‌های قبلی در سویا (محمد^۱ و لطیف^۲، ۲۰۱۷) نشان داد که شدت تنش آبی با کاهش قابل توجه غلظت MUFAs و PUFAs همراه شد.

۶. نتیجه‌گیری و پیشنهادها

با توجه به نتایج به‌دست آمده تنش کم‌آبی سبب کاهش قابل توجه در ویژگی‌های رشدی، عملکرد دانه و صفات وابسته به آن گردید. تنش متوسط و شدید سبب کاهش تعداد گره (به‌ترتیب ۱۰ و ۱۶ درصد) و فاصله میان‌گره (به‌ترتیب ۸ و ۱۷ درصد) در مقایسه با آبیاری مطلوب شد. وقوع تنش کم‌آبی عملکرد دانه را کاهش داد و با افزایش شدت تنش افت عملکرد دانه افزایش یافت. کاهش عملکرد دانه به‌طور عمده ناشی از افت قابل توجه تعداد دانه در واحد سطح بود. اگرچه تنش سبب کاهش وزن دانه گردید، اما میزان خسارت در تعداد دانه بیشتر بود. در شرایط آبیاری مطلوب، رقم زودرس صبا با بالاترین تعداد دانه در واحد سطح، بیشترین عملکرد دانه با میانگین ۲۵۸۵ کیلوگرم در هکتار را به‌خود اختصاص داد. ارقام زودرس در شرایط آبیاری مطلوب از بالاترین عملکرد دانه برخوردار بودند و با افزایش شدت تنش از عملکرد دانه آن‌ها به‌طور قابل توجهی کاسته شد. به‌طوری‌که عملکرد دانه رقم صبا در شرایط تنش متوسط و شدید به‌ترتیب ۳۲ و ۵۹ درصد در مقایسه با آبیاری مطلوب کاهش یافت. در شرایط تنش، ژنوتیپ‌های دیررس از عملکرد دانه بیشتری برخوردار بودند و تنش کم‌آبی سبب کاهش جزئی عملکرد دانه آن‌ها گردید. در شرایط تنش متوسط و شدید لاین دیررس Williams×A3935 به‌ترتیب با میانگین ۲۰۱۱ و ۱۷۰۶ کیلوگرم در هکتار بالاترین عملکرد دانه را دارا بود. به‌علاوه بالاترین میزان عملکرد پروتئین دانه در شرایط تنش متوسط و شدید (به‌ترتیب ۷۱۶ و ۶۱۵ کیلوگرم در هکتار) به لاین Williams×A3935 تعلق داشت.

۷. تشکر و قدردانی

این مقاله حاصل از پروژه تحقیقاتی با شماره مصوب (۸۹۰۹۱-۰۳-۰۳-۲) می‌باشد. بدین‌وسیله از مسئولین و کارکنان محترم موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر و سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تشکر و قدردانی می‌گردد.

۸. تعارض منافع

هیچ‌گونه تعارض منافع توسط نویسندگان وجود ندارد.

۹. منابع

امینی‌فر، جاسم؛ بیگلویی، محمد حسن؛ محسن آبادی، غلام رضا و سمیع زاده، حبیب اله (۱۳۹۱). اثرات کم‌آبیاری بر عملکرد کمی و کیفی رقم‌های سویا در منطقه رشت. *تولید گیاهان زراعی*. ۵ (۲)، ۹۳-۱۰۹.

امینی‌فر، جاسم؛ محسن آبادی، غلام‌رضا؛ بیگلویی، محمد حسن و سمیع زاده، حبیب اله (۱۳۹۲). تأثیر کم‌آبیاری بر عملکرد، اجزای عملکرد و بهره‌وری آب رقم T.215 سویا. *نشریه علمی پژوهشی مهندسی آبیاری و آب ایرانی*. ۳ (۱۱)، ۳۴-۳۴.

¹ Mohamed

² Latif

دانشیان، جهانفر (۱۳۹۳). *ارزیابی اثر تنش کم‌آبی بر ارقام و لاین‌های سویا در اقلیم (مناطق) معتدل*. گزارش نهایی. تهران: سازمان ترویج، آموزش و تحقیقات کشاورزی.

سرافزار اردکانی، محمدرضا (۱۳۹۸). اثر سیتوکینین و براسینواستروئید بر برخی خصوصیات فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی ارقام گندم تحت تنش خشکی در مرحله زایشی. *مجله علمی فیزیولوژی گیاهان زراعی*. ۴۳ (۱۱)، ۵-۲۴.

شاهین‌رخسار، پریسا و رئیس، سامیه (۱۳۹۰). بهینه کردن مصرف آب سویا در شرایط خشکسالی. *تشریح دانش آب و خاک*. ۲۱ (۴)، ۵۳-۶۴.

مقدم خمسه، علیرضا؛ دانشیان، جهانفر؛ امینی دهقی، مجید؛ جباری، حمید و مدرس ثانوی، سید علی محمد (۱۳۹۰). اثر تراکم بوته و تنش کم آبی بر خصوصیات رشدی، عملکرد و اجزای عملکرد سویا (*Glycine max (L.) Merrill*). *مجله دانش زراعت*. ۳ (۶)، ۲۷-۳۹.

ملکی، عباس؛ نادری، عباس؛ سیادت، سیدعطاءالله؛ طهماسبی، احمد و فاضل، شهره (۱۳۹۱). اثر تنش خشکی در مراحل مختلف فنولوژیک بر عملکرد و اجزای عملکرد سویا. *پژوهش در علوم زراعی*. ۴ (۱۵)، ۷۱-۸۲.

References

- Aminifar, J., Mohsenabady, G. h., Bigluie, M. H., & Samizade, H. (2013). Effect of deficit irrigation on yield, yield components and water productivity of soybean T.215 cultivar. *Journal of irrigation and water Engineering*, 3(11), 24-34. (In Persian).
- Aminifar, J., Biglouei, M. H., Mohsenabadi, GH. R., & Samiezadeh, H. (2012). Effect of deficit irrigation on quantitative and qualitative yield of soybean cultivars in Rasht region. *Crop production*, 5(2), 93-109. (In Persian).
- Aslam, M., Nelson, M., Kailis, S., Bayliss, K., Speijers, J., & Cowling, W. (2009). Canola oil increases in polyunsaturated fatty acids and decreases in oleic acid in drought-stressed Mediterranean type environments. *Plant Breeding*, 128(4), 348-355.
- Bano, H., Athar, H. R., Zafar, Z., Kalaji, H. M., & Ashraf, M. (2021). Linking changes in chlorophyll a fluorescence with drought stress susceptibility in mung bean (*Vigna radiata (L.) Wilczek*). *Physiologia Plantarum*, 172, 1240-1250.
- Buezo, J., Sanz-Saez, A., Jose, M. F., Soba, D., Aranjuelo, I., & Esteban, R. (2019). Drought tolerance response of high-yielding soybean varieties to mild drought: physiological and photochemical adjustments. *Physiol Plant*, 166(1), 88-104.
- Carrera, C, Martinez, M. J, Dardanelli, J., & Balzarini. M. (2009). Water deficit effect on the relationship between temperature during the seed fill period and soybean seed oil and protein concentrations. *Crop Science*, 49, 990-998.
- Cui, Y., Jiang, S., Jin, J., Ning, S., & Feng, P. (2019). Quantitative assessment of soybean drought loss sensitivity at different growth stages based on S-shaped damage curve. *Agricultural Water Management*, 213, 821-832.
- Daneshian, J. (2014). *Evluation the effect of water deficit stress on soybean lines and cultivars in temperate regions*. Final Report. Tehran: Agricultural Research & Education Organization. (In Persian).
- Dronne, Y. (2018). Agricultural raw materials for food and feed: the world. *INRA Productions Animales*, 31, 165-180.
- EL Sabagh, A., Sorour, S., Omar, A. E., Islam, M. S., Ueda, A., Saneoka, H., & Barutçular, C. (2015, September). Soybean (*Glycine Max L.*) growth enhancement under Water Stress Conditions. – International Conference on Chemical. *Agricultural and Biological Sciences*. Istanbul, Turkey.
- Engels, C., Aparecida Rodrigues, F., de Oliveira Ferreira, A., Massao Inagaki, T., & Lima Nepomuceno, A. (2017). Drought Effects on Soybean Cultivation - A Review. *Annual Research & Review in Biology*, 16(1), 1-13.
- Faostat. (2019). *Crops and livestock products* [Online]. Available at: <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QCL> (Accessed 12, August 2021).
- Foyer, C. H, Lam, H. M, Nguyen, H. T, Siddique, K. H. M, Varshney, R. K, Colmer, T. D, Colmer, T. D, Cowling, W., Bramley, H., Mori, T. A, Hodgson, J. M, Cooper, J. W, Miller,

- A. J., Kunert, J., Vorster, J., Cullis, C., Ozga, J. A., Wahlqvist, M. L., Liang, Y., Shou, H., Shi, K., Yu, J., Fodor, N., Kaiser, B. N., Wong, F. L., Valliyodan, B., & Considine, M. J. (2016). Neglecting legumes has compromised human health and sustainable food production. *Nature Plants*, 2, 1-10.
- Garcia y Garcia, A., Persson, T., Guerra, L. C., Hoogenboom, G. (2010). Response of soybean genotypes to different irrigation regimes in a humid region of the southeastern USA. *Agricultural Water Management*, 97(7), 981-987.
- Giordani, W., Azeredo Gonçalves, L. S., Cardoso Moraes, L. A. L., Ferreira, L. C., Neumaier, N., Bouças Farias, J. R., Nepomuceno, A. L., de Oliveira, M. C. N., Mertz-Henning, L. M. (2019). Identification of agronomical and morphological traits contributing to drought stress tolerance in soybean. *Australian Journal of Crop Science*, 13(01), 35-44.
- Ghassemi-Golezani, A., & Farshbaf-Jafari, S. (2012). Influence of water deficit on oil and protein accumulation in soybean grains. *International Journal of Plant, Animal and Environmental Science*, 2(3), 46-52.
- Guo, S. J., Yang, K. M., Huo, J., Zhou, Y. H., Wang, Y. P., & Li, G. Q. (2015). Influence of drought on leaf photosynthetic capacity and root growth of soybeans at grain filling stage. *The Journal of Applied Ecology*, 26, 1419-1425. (In Chinese).
- Gutierrez-Gonzalez, J. J., Guttikonda, S. K., Phan Tran, L. S., Aldrich, D. L., Zhong, R., Yu, O., Nguyen, H. T., & Sleper, D. A. (2010). Differential Expression of Isoflavone Biosynthetic Genes in Soybean During Water Deficits. *Plant Cell Physiol.* 51(6), 936-948.
- He, J., Du, Y. L., Wang, T., Turner, N. C., Yang, R. P., Jin, Y., Li, F. M. (2017). Conserved water use improves the yield performance of soybean (*Glycine max* (L.) Merr.) under drought. *Agricultural Water Management*, 179, 236-245.
- Heidarzade, A., Esmaili, M. A., Bahmanyar, M. A., & Abbasi, R. (2016). Response of soybean (*Glycine max*) to molybdenum and iron spray under well-watered and water deficit conditions. *Journal of Experimental Biology and Agricultural Sciences*, 4(1), 37-46.
- Jabereldar, A. A., El Naim, A. M., Abdalla, A. A., & Dagash, Y. M. (2017). Effect of water stress on yield and water use efficiency of sorghum (*Sorghum bicolor* L. Moench) in semi-arid environment. *International Journal of Agriculture and Forestry*, 7, 1-6.
- Jahan, M. A. H. S., Hossain, A., Teixeira da Silva, J. A., EL Sabagh, A., Rashid, M. H., & Barutçular, C. (2019). Effect of Naphthaleneacetic Acid on Root and Plant Growth and Yield of Ten Irrigated Wheat Genotypes. *Pakistan Journal of Botany*, 51(2), 451-459
- Jarecki, W. (2020). Reaction of soybean (*Glycine max* (L.) Merr.) to seed inoculation with Bradyrhizobium japonicum bacteria. *Plant, Soil and Environment*, 66, 242-247.
- Jha, P. K., Kumar, S. N., & Inesa, A. V. M. (2018). Responses of soybean to water stress and supplemental irrigation in upper indo-Gangetic plain: field experiment and modeling approach. *Field Crop Research*, 219(15), 76-86.
- Jiang, H., Todorova, N., Roca, E., & Su, J. J. (2019). Agricultural commodity futures trading based on cross-country rolling quantile return signals. *Quant Financ*, 19, 1373-1390.
- Kalantar Ahmadi, S. A., Ebadi, A., Jahanbakhsh, S., Daneshian, J., & Siadat, S. A. (2014). Effects of water stress and nitrogen on changes of some amino acids and pigments in canola. *Bulletin of Environment, Pharmacology and Life Sciences*, 3(9), 114-122.
- Kobraee, S., Shamsi, K., & Rasekhi, B. (2011). Soybean production under water deficit conditions. *Scholars Research Library, Annals of Biological Research*, 2(2), 423-434.
- Liu, S., Zhang, M., Feng, F., & Tian, Z. (2020). Toward a 'Green Revolution' for Soybean. *Molecular Plant*, 13, 688-697.
- Maleki, A., Naderi, A., Siadat, A., Tahmasebi, A., & Fazel, Sh. (2012). The effect of drought stress during different phenological stages on seed yield and yield components of soybean cultivars. *Journal Of Research In Crop Sciences*, 4(15), 71-82 (In Persian).

- Malheiro, R., Rodrigues, N., Manzke, G., Bento, A., Pereira, J. A., & Casal, S. (2013). The use of olive leaves and tea extracts as effective antioxidants against the oxidation of soybean oil under microwave heating. *Industrial Crops and Products*, *44*, 37-43.
- Medic, J., Atkinson, C., & Hurburgh, C. R. (2014). Current Knowledge in Soybean Composition. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, *91*, 363-384.
- Moghaddam Khamseh, A., Daneshian, J., Amini Dehghi, M., Jabbari, H., & Modarres Sanavy, S.A.M. (2011). Effect of plant density and water deficit on the growth, yield and yield component of soybean (*Glycine max* L. Merrill). *Journal of Agronomy Sciences*, *4*(6), 26-40. (In Persian).
- Mohamed, H. I., & Latif, H. H. (2017). Improvement of drought tolerance of soybean plants by using methyl jasmonate. *Physiology and Molecular Biology of Plants*, *23*, 545-556.
- Masino, A., Rugeroni, P., Borrás, L., & Rotundo, L. (2018). Spatial and temporal plant-to-plant variability effects on soybean yield. *European Journal of Agronomy*, *98*, 14-24.
- Neupane., J., & Guo, W. (2019). Agronomic basis and strategies for precision water management: a review. *Agronomy*, *9*(2), 87. <https://doi.org/10.3390/agronomy9020087>.
- Ratusz, K., Popis, E., Ciemniowska-Z ytkiewicz, H., & Wroniak, M. (2016). Oxidative stability of camelina (*Camelina sativa* L.) oil using pressure differential scanning calorimetry and Rancimat method. *Journal of Thermal Analysis and Calorimetry*, *126*, 343-351.
- Sarafraz Aradakani, M. R. (2019). Effect of cytokinin and brassinosteroid treatments on some biochemical and physiological of wheat cultivars under drought stress in generative phase. *Crop Physiology Journal*, *43*(11), 5-24. (In Persian).
- Siskani, A., Seghatoleslami, M., & Moosavi, G. (2015). Effect of deficit irrigation and nano fertilizers on yield and some morphological traits of cotton. *Biological Forum*, *7*(1), 1710-1715.
- Shahin rokhsar, P., & Raeisi, S. (2011). Optimization of Water Consumption of Soybean under Drought Conditions. *Water and Soil Science*, *21*(4), 53-64 (In Persian).
- Vogel, E., Donat, M. G., Alexander, L. V., Meinshausen, M., Ray, D. K., Karoly, D., Meinshausen, N., & Frieler, K. (2019). The effects of climate extremes on global agricultural yields. *Environmental Research Letter*, *14*, 145-76.
- Wang, Z., Liu, F., Kang, S., & Jensen, C. R. (2012). Alternate partial root-zone drying irrigation improves nitrogen nutrition in maize (*Zea mays* L.) leaves. *Environmental and Experimental Botany*, *75*, 36-40.
- Wang, Y., & Frei, M. (2011). Stressed food—The impact of abiotic environmental stresses on crop quality. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, *141*, 271-272.
- Watts, J. L. (2016). Using *Caenorhabditis elegans* to uncover conserved functions of omega-3 and omega-6 fatty acids. *Journal of Clinical Medicine*, *5*(2), 19. <https://doi.org/10.3390/jcm5020019>
- Wijewardana, C., Alsajri, F. A., Irby, T., Krutz, J., & Golden, B. (2018). Quantifying soil moisture deficit effects on soybean yield and yield component distribution patterns. *Irrigation Sciences*, *36*, 241-55.
- Wojtyla, L., Paluch-Lubawa, E., Sobieszczuk-Nowicka, E., & Garnczarska, M. (2020). Drought stress memory and subsequent drought stress tolerance in plants. In *Priming-Mediated Stress and Cross-Stress Tolerance in Crop Plants*. Massachusetts: Academic Press. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-817892-8.00007-6>.
- Younis, M. E., Gaber, A. M., & El-Nimr, M. (2001). Plant growth, metabolism and adaptation of *Glycine max* and *Phaseolus vulgaris* subjected to anaerobic conditions and drought. *Egyptian Journal of Physiological Sciences*, *23*, 273-296