Archive of SID.ir

University of Tehran Press

Journal of Crops Improvement

Online ISSN: 2345-6957

Homepage: https://jci.ut.ac.ir/

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

Jahanfar Daneshian[1]✉ | Farnaz Shariati[2] | Nadia Safavi Fard[3]

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 24 April 2023
Received in revised form 12 September 2024
Accepted 29 April 2024
Published online 12 June 2024

Keywords:
Drought
Growth period
Harvest index
Protein yield
Yield components

ABSTRACT

Objective: Selection of soybean cultivars that have a higher grain yield under 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, with three irrigation levels (control, mild stress, and severe stress) based on 50, 100, and 150 mm evaporation from a Class A evaporation pan as the main plot and 10 soybean genotypes as the sub-plot.

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

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

Cite this article: Daneshian, J., Shariati, F., & Safavi Fard, N. (2024). Evaluation of Soybean Genotypes Response to Water Deficit Stress in Terms of Agronomic Characteristics and Grain Yield. *Journal of Crops Improvement*, 26 (2), 293-313. DOI: https://doi.org/10.22059/jci.2024.365265.2846

© The Authors.
Publisher: The University of Tehran Press.
DOI: https://doi.org/10.22059/jci.2024.365265.2846

Archive of SID.ir

Archive of SID.ir

انتشارات دانشگاه تهران

به زراعی کشاورزی

شاپا الکترونیکی: ۶۹۵۷-۲۳۴۵

Homepage: https://jci.ut.ac.ir/

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

جهانفر دانشیان[1]✉ | فرناز شریعتی[2] | نادیا صفوی‌فرد[3]

۱. نویسنده مسئول، مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران. رایانامه: j.daneshian@areeo.ac.ir

۲. مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران. رایانامه: f.shariati@areeo.ac.ir

۳. مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران. رایانامه: safavifard.nadia@gmail.com

اطلاعات مقاله

نوع مقاله: مقالهٔ پژوهشی

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۰۶/۲۱

تاریخ بازنگری: ۱۴۰۳/۰۲/۰۵

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۰۲/۱۰

تاریخ انتشار: ۱۴۰۳/۰۳/۲۳

کلیدواژه‌ها:
اجزای عملکرد
شاخص برداشت
خشکی
طول دوره رشد
عملکرد پروتئین

چکیده

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

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.

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.

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

استناد: دانشیان، جهانفر؛ شریعتی، فرناز و صفوی‌فرد، نادیا (۱۴۰۳). ارزیابی پاسخ ژنوتیپ‌های سویا به تنش کم‌آبی از نظر ویژگی‌های زراعی و عملکرد دانه. *به‌زراعی کشاورزی*، ۲۶ (۲)، ۳۱۳-۲۹۳. DOI: https://doi.org/10.22059/jci.2024.365265.2846

ناشر: مؤسسه انتشارات دانشگاه تهران.

© نویسندگان.

CC BY NC

Archive of SID.ir

Archive of SID.ir

۱. مقدمه

سویا (*Glycine max* (L.) Merr) گیاهی یک‌ساله، از خانواده بقولات[1] و بومی شرق آسیا می‌باشد و مهم‌ترین منبع روغن و پروتئین گیاهی در سراسر جهان به‌شمار می‌رود (لیو[2] و همکاران، ۲۰۲۰). این گیاه روغنی در کنار ذرت، گندم، برنج و کتان یکی از مهم‌ترین محصولات تجاری کشاورزی در بازارهای جهانی است (جیانگ[3] و همکاران، ۲۰۱۹). سویا منبع ارزان و باصرفه‌ای از پروتئین، چربی و نیتروژن برای خاک می‌باشد (فویر[4] و همکاران، ۲۰۱۶). دانه‌های سویا به‌میزان وسیعی در تغذیه انسان، حیوان و هم‌چنین در صنعت مورداستفاده قرار می‌گیرد (درون[5]، ۲۰۱۸). تولید سالانه جهانی سویا در سال ۲۰۱۹، بیش از ۳۳۳ میلیون تن برآورد شد (فائو[6]، 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 نیمه‌خشک می‌باشد (نوپان[7] و گوو[8]، ۲۰۱۹). تنش خشکی را می‌توان به‌صورت فقدان آب کافی موردنیاز برای رشد طبیعی و تکمیل چرخه زندگی گیاه تعریف نمود (جبرلدار[9] 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 خسارت‌های قابل‌توجه 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 نیمه‌خشک جهان داشته است. یکی از راه‌های اصلی برای کاهش خسارت، افزایش بهره‌وری از آب گیاهان در شرایط خشکی است. کم‌آبیاری 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[10] و همکاران، ۲۰۱۵). بنابراین می‌توان گفت که کم‌آبیاری 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[11] 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 کوتاه‌مدت 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 قابل‌توجهی کاهش پیدا کرد (جی‌ها[12] و همکاران، ۲۰۱۸). سازگاری و تحمل تنش خشکی در گیاهان به‌وسیله سازوکارهای مختلفی از جمله تغییر در مورفولوژی و الگوی نمو و هم‌چنین واکنش‌های فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی آن‌ها انجام می‌شود (کلانتر احمدی[13] و همکاران، ۲۰۱۴). جارکی[14] (۲۰۲۰) گزارش کرد که عملکرد دانه سویا توسط ژنوتیپ، گروه رسیدگی، حاصلخیزی خاک، گره‌زایی و

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
14. Jarecki

Archive of SID.ir

Archive of SID.ir

سیستم کشت تحت تأثیر قرار می‌گیرد. ماسینو[1] 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. پیشینه 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[2] و همکاران، ۲۰۱۹). خشکی بر روابط آبی، جذب مواد غذایی، فتوسنتز، روابط آنزیمی و تخصیص آسیمیلات‌ها تأثیرگذار است (بنو[3] و همکاران، ۲۰۲۱). گیاهان نسبت به تنش خشکی در مراحل مختلف رشد، واکنش‌های متفاوتی از خود نشان می‌دهند. کمبود آب به‌طور قابل‌توجهی دوره رشد رویشی و زایشی را در سویا کوتاه می‌نماید و هم‌چنین عملکرد دانه آن را کاهش می‌دهد (وجتیلا[4] و همکاران، ۲۰۲۰). سویا در مراحل گل‌دهی و پرشدن غلاف، به تنش خشکی بسیار حساس می‌باشد (بویزو[5] و همکاران، ۲۰۱۹). تنش خشکی منجر به کاهش سطح برگ، عملکرد غلاف، ارتفاع بوته، وزن هزاردانه، شاخص برداشت، عملکرد دانه و غیره می‌شود (سای[6] و همکاران، ۲۰۱۹). بررسی انجام‌شده 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 بذرهای سبک‌تر اما با تعداد بیش‌تر در شرایط کم‌آبی سبب دستیابی به عملکرد دانه بیش‌تری می‌شود. از طرف دیگر، بیش‌تربودن سطح برگ در رقم حساس ممکن است ظرفیت بازیابی بهتری را در زمان ایجاد تنش در مرحله رویشی ایجاد کند. بنابراین، به‌دلیل 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[7] 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[8] و همکاران، ۲۰۱۷)، از این‌رو استفاده از ارقام مقاوم به خشکی ضروری می‌باشد. شرایط آب‌وهوایی کشور ما به گونه‌ای است که گیاه سویا ممکن است در مراحل مختلف رشدونمو، کم‌آبی را تجربه نماید، اما حساسیت مراحل نمو زایشی بیش از سایر مراحل است. ازآنجایی‌که وقوع این مراحل مصادف با گرم‌ترین ماه‌های سال از نیمه تیر ماه تا شهریورماه می‌باشد، انتخاب ارقامی که در این شرایط از عملکرد دانه بالاتری برخوردار باشند، میزان خسارت به تولیدکنندگان سویا را کاهش خواهد داد.

۳. روش‌شناسی پژوهش

جهت ارزیابی پاسخ ژنوتیپ‌های سویا به تنش کم‌آبی از نظر ویژگی‌های زراعی و عملکرد دانه آزمایشی در مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر کرج در سال‌های ۱۳۸۹ و۱۳۹۰ با طول جغرافیایی ۵۱ درجه و ۶ دقیقه شرقی و عرض جغرافیایی ۳۵ درجه و ۵۹ دقیقه شمالی و ارتفاع ۱۱۶۰ متر از سطح دریا انجام شد. آزمایش به‌صورت اسپلیت‌پلات 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 به‌ترتیب

1. Masino
2. Jahan
3. Bano
4. Wojtyla
5. Buezo
6. Cui
7. Giordani
8. Engels

Archive of SID.ir

Archive of SID.ir

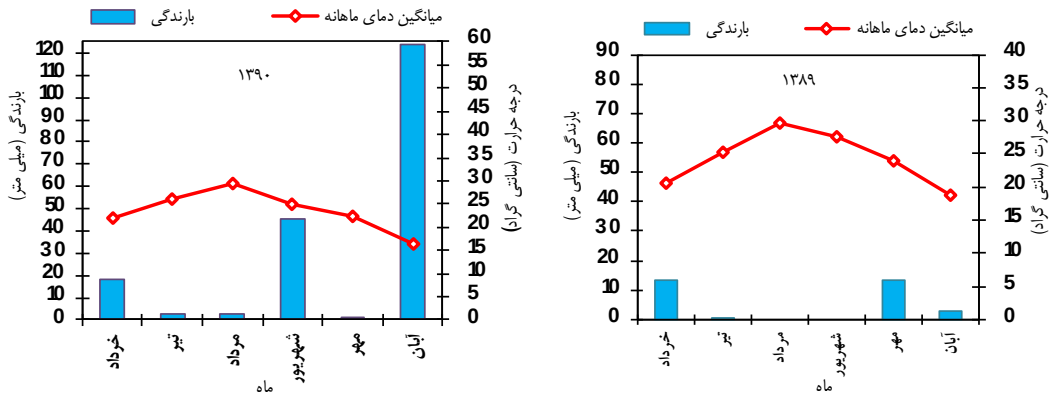
براساس ۵۰، ۱۰۰ و ۱۵۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک تبخیر کلاس A به‌عنوان عامل اصلی و ۱۰ ژنوتیپ سویا شامل کوثر، M9، صبا، سحر، SG20، Hobbit×century، Williams×Century، L425002، Hobbit×TN4.54 و Williams×A3935 به‌عنوان عامل فرعی بودند. مشخصات ژنوتیپ‌های موردمطالعه در جدول (۱) ارائه شده است. اولین آبیاری یک روز پس از کاشت انجام شد. هر کرت آزمایشی دارای چهار 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 موردمطالعه

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 ۳۰-۰ 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	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



شکل ۱. تغییرات میانگین دما و بارندگی ایستگاه هواشناسی منطقه کرج (سال‌های زراعی ۱۳۹۰-۱۳۸۹)

Archive of SID.ir

Archive of SID.ir

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[1] با بذور تلقیح شد و بعد از آن کشت انجام گردید. وجین در مراحل چهاربرگی و قبل از گل‌دهی به‌صورت مکانیکی و توسط کارگر انجام شد. زمان برداشت باتوجه به طول دوره رشد ارقام به شرح جدول (۱) قرار گرفت.

۳. ۱. ویژگی‌های موردارزیابی 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. به‌منظور اندازه‌گیری عملکرد دانه پس از رسیدن کامل گیاهان، از هر کرت آزمایشی حدود ۳ مترمربع برداشت شد و سپس به‌وسیلهٔ کمباین دانه‌ها جدا شدند. شاخص برداشت از نسبت وزن دانه به وزن کل گیاه حاصل گردید. به این منظور از نمونه‌های برداشت‌شده برای اجزاء عملکرد دانه استفاده شد. ترکیب اسیدهای چرب، شامل اسیدهای چرب تک غیراشباعی (MUFA) (پالمیتولئیک، اولئیک و ایکوزنوئیک) و اسیدهای چرب چند غیراشباعی (PUFA) (لینولئیک و لینولنیک) با دستگاه گاز کروماتوگراف از برند Varian مدل CP3800 اندازه‌گیری شد. به‌منظور تعیین درصد پروتئین دانه از هر کرت آزمایشی حدود ۳۰ گرم بذر به‌طور تصادفی جدا و با استفاده از دستگاه NIR[2] (مدل Inframatic 8620، کشور آلمان) درصد پروتئین دانه محاسبه گردید. عملکرد پروتئین دانه از حاصل‌ضرب 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 نرم‌افزار آماری SAS (نسخه ۹/۱) تجزیه واریانس مرکب انجام شد. مقایسه میانگین‌ها با آزمون حداقل اختلاف معنی‌دار[3] انجام گرفت. مقایسه میانگین‌های سطوح اثر متقابل با استفاده از رویه برش‌دهی انجام شد و برای رسم نمودارها از نرم‌افزار اکسل استفاده شد.

۴. یافته‌های پژوهش

اثر سال بر صفات طول دوره رشد، فاصله میان‌گره، وزن هزاردانه 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 غیراشباع (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 دانه، شاخص برداشت، درصد پروتئین دانه، عملکرد پروتئین دانه، درصد اسیدهای 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 هزاردانه، 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 هزاردانه، عملکرد دانه، شاخص برداشت و عملکرد پروتئین دانه در سطح یک درصد

1. Bradyrhizobium japonicum
2. Near Infra Red
3. Least Significant Difference

Archive of SID.ir

Archive of SID.ir

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 موردمطالعه

منبع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات						
		طول دوره رشد	فاصله اولین غلاف از زمین	تعداد گره	فاصله میان‌گره	تعداد غلاف در واحد سطح	تعداد دانه در واحد سطح	وزن هزاردانه
سال	۱	۴۱۱۸**	۸۸*	۲۰/۴۶*	۱۴/۶۷**	۱۰۰۵۸۳*	۲۳۴۵۷۷**	۲۳۱۸**
تکرار× سال	۴	۶	۹	۱/۱۰	۰/۲۰	۹۵۰۰	۲۲۲۴۵	۹۹
آبیاری	۲	۳۴^{ns}	۶^{ns}	۷۹/۷۶**	۹/۳۷**	۱۲۷۷۴۲۸**	۶۷۴۹۲۱۷**	۶۰۸^{ns}
سال× آبیاری	۲	۹^{ns}	۷۰**	۱/۱۵^{ns}	۰/۳۱*	۲۷۷۰۴۰**	۱۶۶۷۲۷۹**	۱۸۶^{ns}
اشتباه ۱	۸	۱۱	۷	۱/۲۷	۰/۲۹	۱۵۲۰۲	۵۱۶۸۰	۱۹۹
ژنوتیپ	۹	۴۲۳۰**	۶^{ns}	۲۶/۰۷**	۴/۵۹**	۲۹۵۸۶۰**	۵۹۳۹۹۴**	۲۱۲۷**
سال× ژنوتیپ	۹	۸۰۳**	۴۵**	۹/۸۰**	۰/۴۵**	۱۰۳۴۹۷**	۶۰۸۹۸۵**	۶۰۲**
آبیاری× ژنوتیپ	۱۸	۲۱**	۲۷**	۰/۹۳^{ns}	۰/۱۱^{ns}	۳۹۷۵۸**	۲۱۸۴۵۱**	۲۸۲**
سال× آبیاری× ژنوتیپ	۱۸	۲۷**	۱۷*	۰/۸۷^{ns}	۰/۰۷^{ns}	۳۸۵۵۱**	۲۶۲۰۲۳**	۹۳^{ns}
اشتباه ۲	۱۰۸	۷	۹	۰/۷۰	۰/۰۸	۱۴۱۴۶	۶۳۹۰۵	۶۷
ضریب تغییرات (درصد)	–	۲/۴۶	۲۴/۲۵	۶/۲۳	۶/۳۳	۱۳/۹۸	۱۴/۴۷	۶/۶۲

ادامه جدول ۳. تجزیه واریانس مرکب صفات موردمطالعه

منبع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات						
		عملکرد دانه	شاخص برداشت	پروتئین دانه	عملکرد پروتئین دانه	اسیدهای چرب تک غیراشباع	اسیدهای چرب چند غیراشباع
سال	۱	۲۱۱۳۵۷^{ns}	۱۳۵**	۴۶^{ns}	۵۶۵^{ns}	۱۹*	۳^{ns}
تکرار× سال	۴	۹۱۷۰۵	۵	۱۴	۱۳۳۸۴	۲	۴
آبیاری	۲	۱۱۰۰۷۰۷۱**	۱۶۵**	۲۳۶**	۷۵۵۰۰۴**	۶۸**	۷۷**
سال× آبیاری	۲	۴۱۷۵۲۰**	۵۱**	۸^{ns}	۲۹۳۵۴*	۶**	۱^{ns}
اشتباه ۱	۸	۱۸۸۵۰۲	۱۰	۱۰	۲۱۷۷۵	۲	۲
ژنوتیپ	۹	۱۰۸۹۴۳۸**	۱۸۴**	۲۰**	۱۵۲۷۰۳**	۳۱**	۳۴**
سال× ژنوتیپ	۹	۵۲۶۲۰۰**	۱۱۲**	۶^{ns}	۶۱۳۹۴**	۱۰**	۱۱**
آبیاری× ژنوتیپ	۱۸	۳۷۵۵۵۸**	۸۸**	۴^{ns}	۴۲۳۸۳**	۲*	۳^{ns}
سال× آبیاری× ژنوتیپ	۱۸	۵۹۶۵۱۲**	۴۵**	۳^{ns}	۶۹۱۷۳**	۲*	۳^{ns}
اشتباه ۲	۱۰۸	۶۰۳۸۱	۱۰	۴	۷۶۰۷	۱	۲
ضریب تغییرات (درصد)	–	۱۵/۷۳	۸/۷۶	۵/۸۸	۱۶/۵۷	۴/۸۳	۲/۴۶

* و **: به‌ترتیب نشان‌دهنده وجود اختلاف معنی‌دار به‌ترتیب در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد می‌باشد.

۴. ۱. طول دوره رشد

طول دوره رشد نقش تعیین‌کننده‌ای در میزان عملکرد گیاه به‌ویژه در شرایط مناسب آبی دارا می‌باشد. مقایسه میانگین اثر

Archive of SID.ir

Archive of SID.ir

متقابل آبیاری× ژنوتیپ نشان داد که در شرایط آبیاری مطلوب، تنش متوسط و شدید رقم سحر به‌ترتیب با میانگین ۱۴۳، ۱۴۰ و ۱۳۹ روز بیش‌ترین طول دوره رشد را به خود اختصاص داد. از این‌رو، تنش سبب کاهش طول دوره رشد رقم سحر گردید (جدول ۴).

جدول ٤. مقایسه میانگین اثر متقابل آبیاری× ژنوتیپ

آبیاری	ژنوتیپ	طول دوره رشد (روز)	فاصله اولین غلاف از زمین (سانتی‌متر)	تعداد غلاف در واحد سطح	تعداد دانه در واحد سطح	وزن هزاردانه (گرم)
مطلوب	کوثر	۹۶/۸f	۷/۰de	۸۱۸/۸de	۲۰۹۰/۳cd	۱۲۸/۱cd
	M9	۹۷/۰f	۶/۲e	۸۰۱/۱e	۱۷۴۱/۰f	۱۳۲/۸abc
	صبا	۱۰۹/۳d	۹/۷cd	۱۱۹۱/۵a	۲۵۸۵/۸a	۱۳۹/۳a
	سحر	۱۴۲/۸a	۱۷/۶b	۱۱۵۶/۸ab	۲۱۳۷/۳c	۹۸/۳e
	SG20	۱۱۶/۰c	۱۲/۲c	۸۷۹/۰de	۱۷۸۶/۲ef	۱۳۹/۱ab
	Hobbit×Century	۱۰۶/۳e	۱۷/۱b	۹۵۴/۵cd	۱۸۱۵/۰def	۱۲۸/۸bcd
	Williams×Century	۹۵/۵f	۹/۸cd	۱۰۴۹/۶bc	۲۴۹۰/۸ab	۱۳۵/۰abc
	L425002	۹۵/۰f	۶/۹de	۸۳۲/۸de	۱۹۵۱/۳c-f	۱۲۲/۰d
	Hobbit×TN4.54	۱۲۴/۸b	۱۹/۴ab	۱۲۷۱/۸a	۲۰۳۹/۰cde	۱۰۰/۰e
	Williams×A3935	۱۲۷/۰b	۲۲/۴a	۱۰۳۰/۸bc	۲۲۲۷/۳bc	۱۴۱/۳a
	LSD	۲/۸۲	۳/۲۶	۱۳۶/۹۳	۲۷۷/۱۶	۱۰/۴۷
تنش متوسط	کوثر	۹۶/۶e	۷/۷d	۷۷۳/۶cd	۱۶۴۶/۲cd	۱۲۳/۳b
	M9	۹۷/۵e	۸/۸d	۶۲۲/۰e	۱۴۹۲/۵d	۱۲۴/۵b
	صبا	۱۰۶/۰d	۱۱/۴bcd	۹۳۵/۸ab	۱۹۸۹/۲ab	۱۲۷/۸b
	سحر	۱۳۹/۶a	۱۴/۰bc	۸۹۶/۱bc	۱۸۶۱/۷abc	۱۰۵/۶c
	SG20	۱۲۰/۱bc	۱۴/۸b	۸۳۱/۵bc	۱۶۱۵/۵cd	۱۲۴/۰b
	Hobbit×Century	۱۰۴/۸d	۱۱/۶bcd	۸۳۴/۳bc	۱۷۲۴/۷bcd	۱۲۲/۵b
	Williams×Century	۹۵/۰e	۱۰/۰cd	۷۸۸/۱cd	۱۸۰۴/۳a-d	۱۲۳/۱b
	L425002	۹۵/۱e	۷/۸d	۶۹۶/۵de	۱۵۶۱/۲cd	۱۱۹/۳b
	Hobbit×TN4.54	۱۱۹/۱c	۱۳/۸bc	۱۰۲۹/۳a	۱۵۷۸/۸cd	۱۲۰/۳b
	Williams×A3935	۱۲۳/۱b	۲۳/۲a	۱۰۴۷/۰a	۲۰۹۰/۳a	۱۳۶/۶a
	LSD	۳/۵۴	۴/۱۱	۱۳۰/۹۸	۳۱۷/۲۱	۸/۷۳
تنش شدید	کوثر	۹۷/۶e	۹/۳e	۵۶۶/۶ef	۱۱۸۷/۲cde	۱۱۴/۶de
	M9	۹۶/۱ef	۱۱/۰b-e	۶۱۸/۱def	۱۱۷۲/۷de	۱۱۹/۶cde
	صبا	۱۰۸/۱d	۹/۸de	۷۰۵/۸cde	۱۴۲۶/۸bcd	۱۲۱/۰cd
	سحر	۱۳۹/۳a	۱۳/۱bc	۷۸۲/۶abc	۱۶۲۴/۷ab	۹۹/۰f
	SG20	۱۱۶/۶c	۱۱/۶b-e	۸۷۲/۰ab	۱۷۶۹/۸a	۱۴۴/۰a
	Hobbit×Century	۱۰۹/۵d	۱۳/۶b	۷۳۲/۶bcd	۱۴۷۴/۰bc	۱۲۷/۱bc
	Williams×Century	۹۶/۰ef	۱۰/۸b-e	۶۰۸/۸def	۱۳۷۵/۵bcd	۱۱۹/۱cde
	L425002	۹۳/۵f	۱۰/۰cde	۵۲۱/۶f	۱۰۴۱/۷e	۱۱۴/۶de
	Hobbit×TN4.54	۱۱۸/۶c	۱۲/۹bcd	۸۸۳/۸a	۱۵۱۱/۲ab	۱۱۱/۳e
	Williams×A3935	۱۲۲/۱b	۲۰/۵a	۷۷۷/۶abc	۱۵۷۵/۰ab	۱۳۱/۰b
	LSD	۳/۱۴	۳/۱۸	۱۴۹/۲۶	۲۹۲/۲۵	۹/۳۷

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

Archive of SID.ir

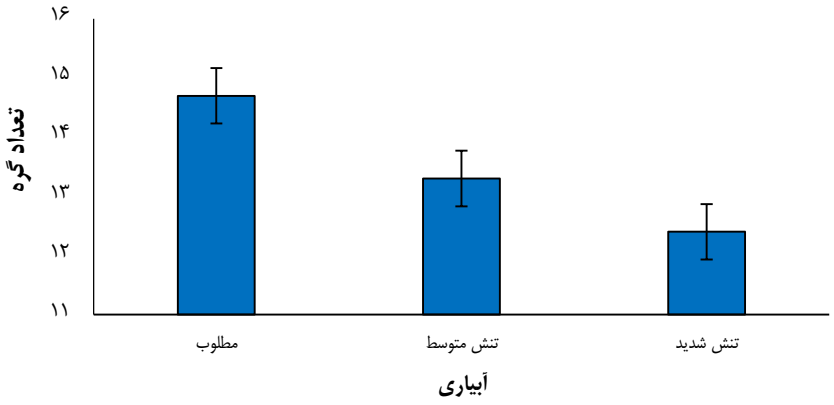
Archive of SID.ir

۴. ۲. فاصله اولین غلاف از زمین

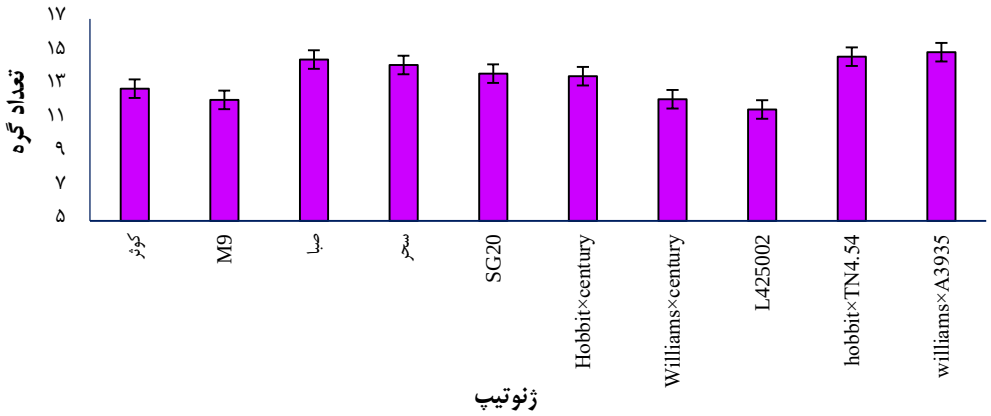
مقایسه ژنوتیپ‌ها در سطوح آبیاری نشان داد که بیش‌ترین فاصله اولین غلاف از زمین در شرایط آبیاری مطلوب، تنش متوسط و شدید به لاین Williams×A3935 به‌ترتیب با ۲۲، ۲۳ و ۲۰ سانتی‌متر تعلق داشت (جدول ۴).

۴. ۳. گره

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



شکل ۲. مقایسه میانگین اثر ساده آبیاری بر تعداد گره علامت بار نشان‌دهنده LSD می‌باشد.



شکل ۳. مقایسه میانگین اثر ساده ژنوتیپ بر تعداد گره علامت بار نشان‌دهنده LSD می‌باشد.

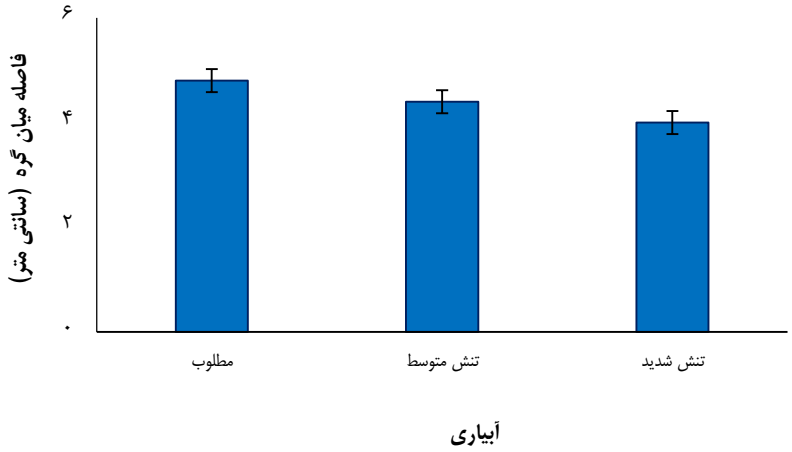
۴. ۴. فاصله میان‌گره

میزان کاهش فاصله میان‌گره با افزایش شدت تنش به‌طور جزئی بیش‌تر شد. به‌طوری‌که در شرایط تنش متوسط ۸ درصد و در شرایط تنش شدید ۱۷ درصد در مقایسه با آبیاری مطلوب کاهش یافت. از این‌رو، وقوع تنش سبب کاهش رشد سلولی و در نتیجه فاصله میان‌گره گردید (شکل ۴). مقایسه سطوح ژنوتیپ‌ها نشان داد که بیش‌ترین و

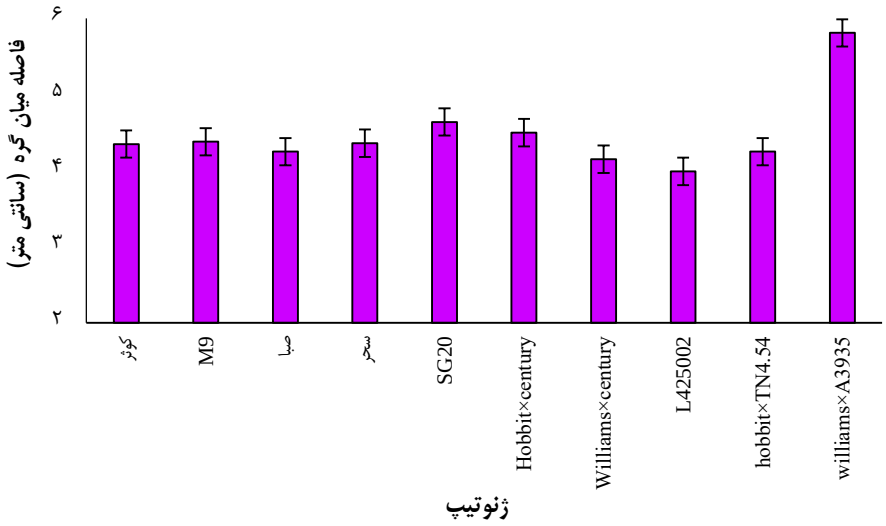
Archive of SID.ir

Archive of SID.ir

کم‌ترین فاصله میان‌گره به‌ترتیب به Williams×A3935 (۵/۸ سانتی‌متر) و L425002 (۳/۹ سانتی‌متر) تعلق گرفت (شکل ۵).



شکل ٤. مقایسه میانگین اثر ساده آبیاری بر فاصله میان‌گره علامت بار نشان‌دهنده LSD می‌باشد.



شکل ۵. مقایسه میانگین اثر ساده ژنوتیپ بر فاصله میان‌گره علامت بار نشان‌دهنده LSD می‌باشد.

۴. ۵. 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 به‌ترتیب با ۱۱۹۱ و ۱۲۷۲ عدد تعلق داشت. در شرایط تنش متوسط لاین‌های Hobbit×TN4.54 و Williams×A3935 به‌ترتیب با ۱۰۲۹ و ۱۰۴۷ عدد بیش‌ترین تعداد غلاف در واحد سطح را داشتند که هر دو دیررس می‌باشند. در شرایط تنش شدید لاین دیررس Hobbit×TN4.54 با میانگین ۸۸۴ عدد بیش‌ترین تعداد غلاف در واحد سطح را دارا بود (جدول ۴).

Archive of SID.ir

Archive of SID.ir

۴. ۶. تعداد دانه در واحد سطح

روند تغییرات تعداد دانه در واحد سطح از تغییرات تعداد غلاف در واحد سطح پیروی کرد. به‌طوری‌که 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 هزاردانه

ارزیابی ژنوتیپ‌ها در سطوح مختلف آبیاری نشان داد که در شرایط آبیاری مطلوب ژنوتیپ‌های صبا و Williams×A3935 به‌ترتیب با میانگین ۱۳۹ و ۱۴۱ گرم بیش‌ترین وزن هزاردانه 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 هزاردانه 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 به‌دلیل برخورد این دوره با دمای پایین هوا و بارش، تنش خشکی خسارت چندانی بر گیاه وارد نکرد. بنابراین، با وجود آن‌که گیاه در مرحله رشد رویشی با خسارت قابل‌توجهی روبه‌رو 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 به‌خود اختصاص داد. این در حالی است که در شرایط تنش، ژنوتیپ‌های دیررس از عملکرد دانه بیش‌تری برخوردار بودند. به‌طوری‌که در شرایط تنش متوسط لاین دیررس Williams×A3935 با بالاترین وزن هزاردانه (۱۳۷ گرم) و تعداد دانه در واحد سطح (۲۰۹۰ عدد)، بیش‌ترین عملکرد دانه با میانگین ۲۰۱۱ کیلوگرم در هکتار را دارا بود. به‌علاوه در شرایط تنش شدید بالاترین عملکرد دانه به لاین دیررس Williams×A3935 با میانگین ۱۷۰۶ کیلوگرم در هکتار تعلق داشت (جدول ۴).

۴. ۹. شاخص برداشت

شاخص برداشت نسبت وزن خشک دانه به وزن خشک گیاه را نشان می‌دهد و بیانگر درصد انتقال مواد فتوسنتزی از اندام‌های رویشی به دانه‌ها می‌باشد. ارزیابی ژنوتیپ‌های موردمطالعه در سطوح مختلف آبیاری نشان داد که تنش سبب کاهش شاخص برداشت در کلیه ارقام و لاین‌های زودرس شد، درحالی‌که 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 ژنوتیپ‌های SG20 و Hobbit×Century با میانگین ۳۸ درصد بالاترین شاخص برداشت را نشان دادند (جدول ۴).

Archive of SID.ir

Archive of SID.ir

ادامه جدول ٤. 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)
مطلوب	کوثر	۲۳۶۸ab	۴۲/۹bc	۷۷۳/۰a	۲۰/۹۸bcd
	M9	۲۱۰۷bc	۳۸/۷d	۷۱۰/۵abc	۲۰/۲۲d
	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
	Williams×Century	۲۱۹۴bc	۴۱/۸cd	۶۹۷/۵abc	۲۱/۹۵ab
	L425002	۱۹۳۹cd	۴۶/۷a	۶۰۲/۰bcd	۲۲/۲۳a
	Hobbit×TN4.54	۱۶۱۴d	۳۲/۰e	۴۶۵/۶e	۲۰/۳۷d
	Williams×A3935	۲۲۵۲abc	۳۳/۲e	۷۳۱/۵ab	۲۱/۲۶a-d
	LSD	۳۸۳/۳۱	۳/۵۵	۱۳۴/۵۹	۱/۱۳
تنش متوسط	کوثر	۱۶۲۷bcd	۳۹/۳a	۵۸۰bc	۲۲/۹۹bcd
	M9	۱۴۶۹cde	۳۵/۲ab	۵۳۷bc	۲۲/۴۱cd
	صبا	۱۷۶۰b	۳۹/۱a	۵۹۵b	۲۳/۹۳ab
	سحر	۱۳۳۵ef	۲۹/۶c	۴۴۰de	۲۰/۱۴e
	SG20	۱۰۶۳g	۳۰/۲c	۳۷۲ef	۲۱/۹۷d
	Hobbit×Century	۱۷۰۷bc	۳۸/۷ab	۵۷۲bc	۲۳/۶۸abc
	Williams×Century	۱۴۲۲de	۳۸/۱ab	۴۹۵cd	۲۴/۹۵a
	L425002	۱۱۶۰fg	۳۷/۹ab	۳۸۷ef	۲۴/۲۷ab
	Hobbit×TN4.54	۱۰۲۵g	۳۵/۲ab	۳۴۹f	۲۲/۲۹d
	Williams×A3935	۲۰۱۱a	۳۴/۷b	۷۱۶a	۲۱/۹۸d
	LSD	۲۴۶/۶۵	۴/۲۳	۹۰/۳۶	۱/۲۸
تنش شدید	کوثر	۱۳۰۰cd	۳۵/۰abc	۴۸۳/۶bc	۲۲/۸۷bcd
	M9	۱۱۰۶de	۳۳/۲c	۴۰۵/۳d	۲۱/۷۹de
	صبا	۱۰۵۹e	۳۶/۷ab	۳۷۹/۳d	۲۴/۴۰a
	سحر	۱۵۱۴ab	۳۵/۹abc	۵۳۷/۵b	۱۹/۴۴f
	SG20	۱۳۸۲bc	۳۸/۱a	۴۹۲/۵b	۲۳/۵۳abc
	Hobbit×Century	۱۲۶۴cd	۳۸/۱a	۴۱۹/۳cd	۲۲/۸۸bcd
	Williams×Century	۹۷۵e	۳۴/۲bc	۳۵۷/۱d	۲۴/۰۱ab
	L425002	۶۱۰f	۳۵/۵abc	۲۱۱/۰e	۲۴/۶۹a
	Hobbit×TN4.54	۱۰۳۸e	۳۷/۵ab	۳۶۵/۱d	۲۱/۲۲e
	Williams×A3935	۱۷۰۶a	۳۲/۷c	۶۱۴/۸a	۲۲/۵۵cde
	LSD	۲۰۱/۴۹	۳/۴۷	۷۰/۷۹	۱/۳۳

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

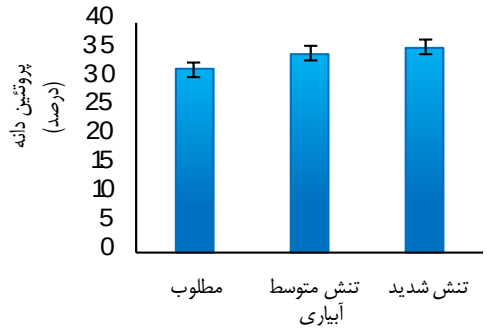
۴. ۱۰. پروتئین دانه

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) به‌دست آمد که به‌همراه تنش متوسط (۳۴/۵۴ درصد) در گروه آماری مشابهی قرار گرفتند (شکل ۶). مقایسه سطوح ژنوتیپ‌ها نشان داد که لاین M9

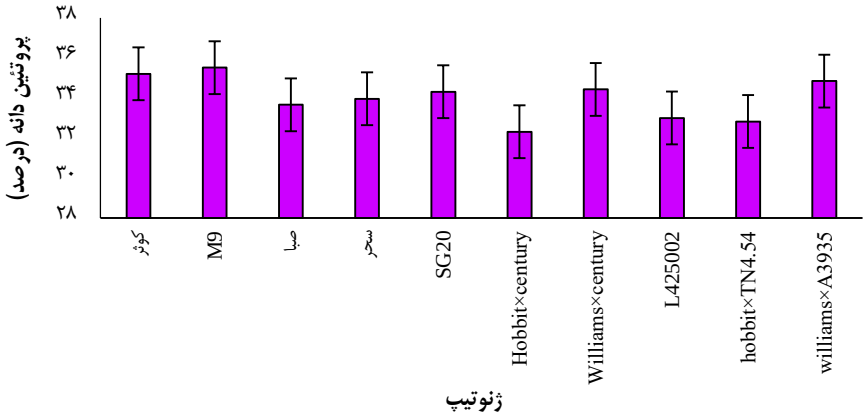
Archive of SID.ir

Archive of SID.ir

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 ٦. 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.

۴. ۱۱. 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 به‌ترتیب 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 به‌ترتیب با میانگین ۷۱۶ و ۶۱۵ کیلوگرم در هکتار بالاترین محصول پروتئین را دارا بود (جدول ۴).

۴. ۱۲. اسیدهای چرب تک غیراشباع[1]

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 به‌ترتیب با میانگین ۲۲/۱۴ و ۲۲/۲۳

1. Mono unsaturated fatty acids

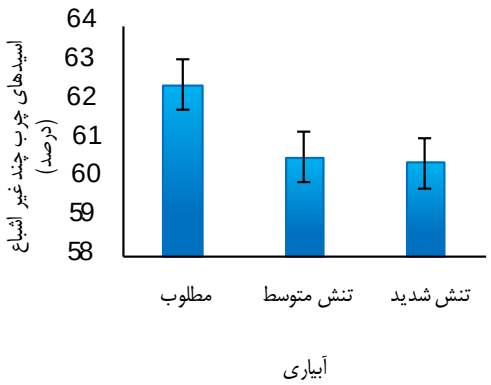
Archive of SID.ir

Archive of SID.ir

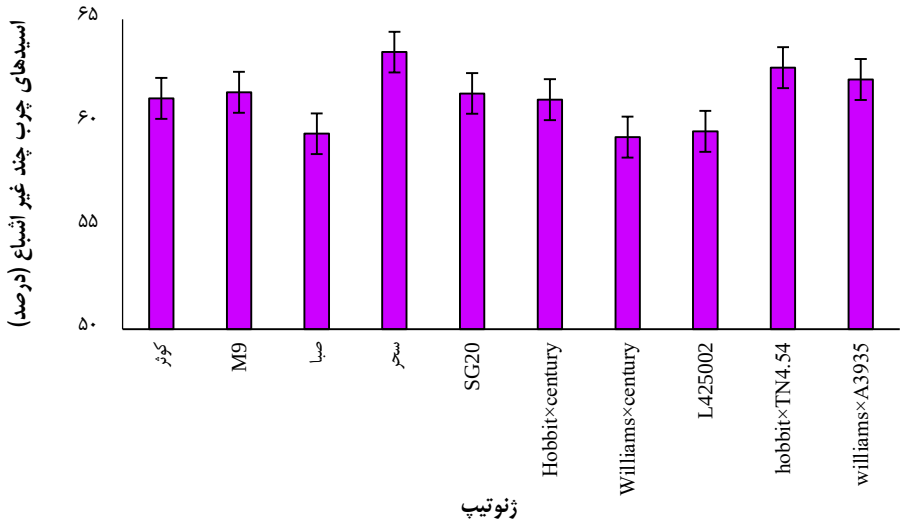
درصد بالاترین میزان را نشان دادند. در شرایط تنش متوسط لاین Williams×Century با ۲۴/۹۵ درصد بالاترین میزان را به‌خود اختصاص داد. در شرایط تنش شدید ژنوتیپ‌های زودرس صبا و L425002 به‌ترتیب با میانگین ۲۴/۴۰ و ۲۴/۶۹ درصد بالاترین میزان MUFAs را دارا بودند (جدول ۴).

۴. ۱۳. اسیدهای چرب چند غیراشباع[1]

ارزیابی اسیدهای چرب چند غیراشباع (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 به‌ترتیب 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 غیراشباع علامت بار نشان‌دهنده LSD می‌باشد.



شکل ۹. مقایسه میانگین اثر ساده ژنوتیپ بر اسیدهای چرب چند غیراشباع علامت بار نشان‌دهنده LSD می‌باشد.

1. Poly unsaturated fatty acids

Archive of SID.ir

Archive of SID.ir

۵. بحث

در شرایط طبیعی رشد گیاه، عملکرد دانه تحت تأثیر طول دوره رشد قرار دارد. بنابراین ارقامی که دیررس‌تر هستند از عملکرد دانه بیش‌تری برخوردار می‌باشند. اما سرمای آخر فصل می‌تواند با کاهش سرعت انتقال مواد نه‌تنها از وزن دانه بکاهد بلکه مشکلات ناشی از وقوع بارش و عدم خشک‌شدن گیاهان در مزرعه، جداکردن دانه از بقایای گیاهی را با مشکل مواجه کند. با توجه 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 سریع‌ترشدن زمان رسیدگی برخی ارقام می‌شود. درحالی‌که در گروه دیگر مانند تعدادی از ارقام دیررس تنش سبب تأخیر در زمان رسیدگی گیاه می‌شود. کمبود آب به‌طور قابل‌توجهی دوره رشد رویشی و زایشی را در سویا کوتاه می‌نماید و هم‌چنین عملکرد دانه آن را کاهش می‌دهد (وجتیلا[1] و همکاران، ۲۰۲۰).

فاصله اولین غلاف از زمین در برداشت محصول بسیار مهم و تأثیرگذار است. امینی‌فر 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 به‌دلیل آن‌که غلاف‌ها روی گره‌ها تشکیل می‌شوند، پتانسیل تولید را مشخص می‌کند. تنش متوسط و شدید به‌ترتیب 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. به‌طوری‌که 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 موردبررسی 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 آسیمیلاتی تحت پوشش خود درآورند. وقوع تنش سبب کاهش قابل‌توجه بیوماس در ارقام و لاین‌های زودرس گردید و سبب شد به‌طور قابل‌توجهی از تعداد غلاف در واحد سطح کاسته شود. این در حالی است که در ارقام و لاین‌های دیررس به‌دلیل 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[2] و همکاران (۲۰۱۹) گزارش کردند که مرحله گل‌دهی و غلاف‌دهی در سویا حساس‌ترین مرحله به تنش خشکی است و عملکرد دانه را به‌شدت کاهش می‌دهد.

شرایط محیطی آخر فصل سبب تأثیر بر میزان تولید غلاف و تأمین مواد آسیمیلاتی 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 به‌دلیل محدودیت مواد آسیمیلاتی در زمان پرشدن دانه بود. که سبب کاهش تعداد دانه در واحد سطح گردید. با وجود این‌که دوره گل‌دهی سویا طولانی است، اما غلاف‌ها در یک دوره کوتاهی می‌رسند. در شرایط عادی ۴۰ تا ۸۰ درصد گل‌های سویا نمی‌توانند به غلاف‌های رسیده نمو یابد. تعداد بالقوه غلاف یا دانه معمولاً بیش‌تر از تعدادی است که به‌وسیله جامعه گیاهی در طول دوره رشد تولید می‌شود. تعداد غلاف‌هایی که دانه‌های در حال نمو را در برمی‌گیرند بعد از مرحله R_1 افزایش می‌یابد و بعد از مرحله R_5 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

1. Wojtyla
2. Cui

Archive of SID.ir

Archive of SID.ir

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[1] 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 هزاردانه یکی از اجزای عملکرد است که تحت تأثیر شرایط محیطی قرار می‌گیرد. عدم وجود آسیمیلات کافی در گیاه یا عدم توانایی مواد آسیمیلاتی سبب کاهش وزن هزاردانه می‌شود. وزن هزاردانه در سویا تابع توانایی گیاه در تأمین مواد پرورده برای مخزن‌ها و هم‌چنین شرایط محیطی از قبیل فراهم‌بودن رطوبت و عناصر غذایی در هنگام پرشدن 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 هزاردانه نیز افزایش می‌یابد (حیدرزاده[2] و همکاران، ۲۰۱۶). براساس گزارش حاصل از پژوهش گائو[3] 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. گوتییرز گونزالز[4] و همکاران (۲۰۱۰) بیان کردند که وزن هزاردانه سویا در شرایط تنش خشکی در مرحله R_5 (شروع پرشدن دانه) ۱۵/۲ درصد در مقایسه با آبیاری مطلوب کاهش یافت که با یافته‌های هی[5] 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 قابل‌توجهی 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 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 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 خسارت چندانی بر گیاه وارد نکند. بنابراین با وجود آن‌که گیاه در مرحله رشد رویشی با خسارت قابل‌توجهی روبه‌رو شد، شرایط مناسب بعدی سبب شد که با افزایش تعداد دانه و وزن دانه به عملکرد 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 هزاردانه ۲۲ درصد کاهش یافت. گارسیا[6] و همکاران (۲۰۱۰) تفاوت معنی‌دار عملکرد ژنوتیپ‌های سویا در شرایط تنش خشکی و هم‌چنین اثر متقابل تنش× ژنوتیپ را گزارش کردند. هی[7] و همکاران (۲۰۱۷) نیز نتایج مشابهی را در این رابطه گزارش کردند که با نتایج حاصل از این پژوهش سازگار است. بروز تنش‌های مختلف محیطی به‌ویژه تنش خشکی در مراحل مختلف رشد گیاه سویا تأثیر به‌سزایی در

1. Wijewardana
2. Heidarzade
3. Guo
4. Gutierrez-Gonzalez
5. He
6. Garcia
7. He

Archive of SID.ir

Archive of SID.ir

کاهش عملکرد دانه آن می‌گذارد، به‌نحوی‌که در مناطق نیمه‌خشک میزان کاهش عملکرد بین ۲۰ تا ۴۹ درصد تخمین زده شده است (وگل[1] و همکاران، ۲۰۱۹).

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[2] 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[3] و همکاران (۲۰۰۹) گزارش شده است. براساس نتایج حاصل از پژوهش ایل‌صباغ[4] 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 گلعذانی[5] و فرشباف جعفری[6] (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[7] و فری[8] (۲۰۱۱) گزارش شده است که با نتایج حاصل از این پژوهش مطابقت دارد. با این حال مدیک[9] 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[10] و همکاران، ۲۰۰۹).

براساس نتایج حاصل از این پژوهش 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 غیراشباع و اسیدهای چرب چند غیراشباع تقسیم می‌شوند. کیفیت چربی به نوع اسید چرب و به‌ویژه به نسبت اسیدهای چرب بستگی دارد (راتوسز[11] 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 برعهده دارند و در پیشگیری و درمان بسیاری از بیماری‌ها نقش دارند. ازآنجایی‌که 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[12]، ۲۰۱۶). پژوهش‌گران نشان دادند که PUFAs از مهم‌ترین عوامل در حساسیت به اکسیداسیون محسوب می‌گردد (مالهیرو[13] و همکاران، ۲۰۱۳). یونیس[14] و همکاران (۲۰۰۱) گزارش کردند که تنش خشکی بر ترکیب اسیدهای چرب

1. Vogel
2. Kobraee
3. Aslam
4. EL Sabagh
5. Ghassemi-Golezani
6. Farshbaf-Jafari
7. Wang
8. Frei
9. Medic
10. Carrera
11. Ratusz
12. Watts
13. Malheiro
14. Younis

Archive of SID.ir

Archive of SID.ir

روغن سویا اثر می‌گذارد، به‌گونه‌ای که با افزایش تنش خشکی اسیدهای چرب اشباع (پالمتیک و استئاریک) افزایش یافته اما اسیدهای چرب غیراشباع کاهش می‌یابد. یافته‌های قبلی در سویا (محمد[1] و لطیف[2]، ۲۰۱۷) نشان داد که شدت تنش آبی با کاهش قابل‌توجه غلظت MUFAs و PUFAs همراه شد.

۶. نتیجه‌گیری و پیشنهادها

با توجه به نتایج به‌دست‌آمده تنش کم‌آبی سبب کاهش قابل‌توجه 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 قابل‌توجه 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 قابل‌توجهی 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 (۲-۰۳-۰۳-۸۹۰۹۱) می‌باشد. بدین‌وسیله از مسئولین و کارکنان محترم مؤسسه 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، محمدحسن؛ محسن‌آبادی، غلامرضا و سمیع‌زاده، حبیب‌اله (۱۳۹۱). اثرات کم‌آبیاری بر عملکرد کمی و کیفی رقم‌های سویا در منطقه رشت. *تولید گیاهان زراعی*، ۵ (۲)، ۱۰۹-۹۳.

امینی‌فر، جاسم؛ محسن‌آبادی، غلامرضا؛ بیگلویی، محمدحسن و سمیع‌زاده، حبیب‌اله (۱۳۹۲). تأثیر کم‌آبیاری بر عملکرد، اجزای عملکرد و بهره‌وری آب رقم T.215 سویا. *نشریه علمی پژوهشی مهندسی آبیاری و آب ایرانی*، ۳ (۱۱)، ۳۴-۲۴.

1. Mohamed
2. Latif

Archive of SID.ir

Archive of SID.ir

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)، ۲۴-۵.

شاهین‌رخسار، پریسا و رئیسی، سامیه (۱۳۹۰). بهینه‌کردن مصرف آب سویا در شرایط خشکسالی. *نشریه دانش آب و خاک*، ۲۱(۴)،۶۴-۵۳.

مقدم خمسه، علیرضا؛ دانشیان، جهانفر؛ امینی‌دهقی، مجید؛ جباری، حمید و مدرس‌ثانوی، سیدعلی‌محمد (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)، ۳۹-۲۷.

ملکی، عباس؛ نادری، عباس؛ سیادت، سیدعطاالله؛ 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)، ۸۲-۷۱.

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.

Archive of SID.ir

Archive of SID.ir

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 dificit 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., Esmaeili, 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 phonological 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).

Archive of SID.ir

Archive of SID.ir

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/a gronomy9020087.

Ratusz, K., Popis, E., Ciemniewska-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 nutri tion 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

Archive of SID.ir