

## اثر رژیم‌های مختلف آبیاری بر عملکرد و کارایی مصرف آب در سه رقم سویا

خدیدجه آقائی فرد<sup>۱</sup>، مرتضی برمکی<sup>۲\*</sup>، احمد توبه<sup>۲</sup>، کمال شهبازی هومونلو<sup>۳</sup>، یاور درگاهی<sup>۱</sup>

۱- دانش آموخته کارشناسی ارشد، گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده علوم کشاورزی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران

۲- استادیار گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده علوم کشاورزی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران

۳- عضو هیات علمی مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان اردبیل، پارس آباد، ایران

\* مسوول مکاتبه: [barmakimorteza@gmail.com](mailto:barmakimorteza@gmail.com)

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۳/۲/۲۲

تاریخ دریافت: ۱۳۹۲/۱۰/۲۶

### چکیده

به منظور ارزیابی عملکرد و کارایی مصرف آب در سه رقم سویا تحت تاثیر رژیم‌های مختلف آبیاری، آزمایشی به صورت کرت‌های خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی پارس آباد در سال زراعی ۸۸-۱۳۸۷ اجرا گردید. در این پژوهش، چهار تیمار آبیاری ( $I_1$ ،  $I_2$ ،  $I_3$  و  $I_4$  به ترتیب، آبیاری پس از ۶۰، ۹۰، ۱۲۰ و ۱۵۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک تبخیر کلاس A) به عنوان عامل اصلی و سه رقم سویا (ویلیامز، لینفورد و L17) به عنوان عامل فرعی مورد مطالعه قرار گرفت. نتایج نشان داد که سطوح آبیاری، ارقام و اثر متقابل دو عامل، تأثیر معنی‌داری بر صفات عملکرد دانه، شاخص برداشت و کارایی مصرف آب دانه داشت. همچنین، اختلاف بین سطوح آبیاری از نظر عملکرد بیولوژیکی و کارایی مصرف آب بیولوژیکی سویا معنی‌دار بود. بیشترین عملکرد دانه در سطح آبیاری  $I_1$  به دست آمد که بالاترین مقدار آن (۳۷۸۰/۷۳ کیلوگرم در هکتار) مربوط به رقم ویلیامز بود. بیشترین و کمترین کارایی مصرف آب دانه در تیمار آبیاری  $I_3$  به ترتیب در ارقام ویلیامز و L17 به میزان ۰/۵۵ و ۰/۳۱ کیلوگرم در متر مکعب به دست آمد. بالاترین عملکرد بیولوژیکی نیز مربوط به تیمارهای  $I_1$ ،  $I_2$  و  $I_3$  به ترتیب برابر با ۸۰۵۴/۰۵، ۸۳۶۷/۵۳ و ۸۷۶۰/۱۹ کیلوگرم در هکتار بود. هر چند که بالاترین کارایی مصرف آب بیولوژیکی در سطح آبیاری  $I_3$  به میزان ۱/۶۶ کیلوگرم در متر مکعب حاصل شد، ولی کمترین آن مربوط به سطح آبیاری  $I_1$  به میزان ۰/۸۲ کیلوگرم در متر مکعب بود. بیشترین میزان شاخص برداشت نیز در هر سه رقم در سطح آبیاری  $I_1$  به دست آمد.

واژه‌های کلیدی: تنش خشکی، سویا، شاخص برداشت، عملکرد بیولوژیکی.

### مقدمه

مورد نیاز کشور از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است (خواجه‌نژاد و همکاران، ۱۳۸۴). کمبود رطوبت یکی از عوامل مهم محدود کننده رشد سویا به شمار می‌رود (اوبر و شارپ، ۲۰۰۳). کمبود آب به مدت طولانی در طول گلدهی و رشد سریع نیام،

سویا (*Glycine max* L.) یکی از قدیمی‌ترین گیاهان زراعی است که از منابع عمده تولید روغن نباتی و پروتئین گیاهی محسوب می‌شود (خواجه‌پور، ۱۳۹۱). زراعت این گیاه در ایران از نظر تأمین بخشی از روغن

کارایی مصرف آب در بین ارقام اختلاف معنی‌داری وجود داشت و عملکرد دانه از ۲۸۴۰/۵ به ۲۰۹۶/۳ کیلوگرم در هکتار کاهش یافت. کارایی مصرف آب نیز از ۰/۶۳ به ۰/۹۴ کیلوگرم بر متر مکعب افزایش یافت. سینجیک و همکاران (۲۰۰۸) نیز بیان کردند که افزایش مقدار آب آبیاری سبب افزایش میزان تبخیر و تعرق و در نتیجه موجب کاهش کارایی مصرف آب دانه می‌شود.

شاخص برداشت نشانگر کسری از ماده خشک گیاه است که به دانه‌ها اختصاص می‌یابد و در مدیریت و به‌نژادی گیاهان زراعی دانه‌ای تلاش می‌شود تا شاخص برداشت به حداکثر ممکن افزایش داده شود (یحیایی، ۱۳۸۶). اثر کمبود آب بر شاخص برداشت (به دلیل برهم‌کنش بین زمان و شدت کمبود آب روی فرآیندهای رشد و نموی که اجزای عملکرد را مشخص می‌کنند)، پیچیده است (جلیل و همکاران، ۲۰۰۹). سینجیک و همکاران (۲۰۰۸) گزارش کردند که در تیمارهای مختلف آبیاری، افزایش و کاهش نامنظمی در مقدار شاخص برداشت سویا مشاهده می‌شود. همچنین، اسپت و همکاران (۱۹۸۴) بیان کردند که زمان‌های مختلف وقوع کمبود آب تأثیری بر شاخص برداشت ندارد، زیرا فرآیندهای رویشی و زایشی گیاه به یک اندازه تحت تأثیر تنش رطوبتی قرار می‌گیرد و به همین دلیل، شاخص برداشت در وضعیت‌های مختلف رطوبتی از ثبات زیادی برخوردار است. با این حال، در آزمایش پانندی و همکاران (۱۹۸۴) با کاهش مصرف آب، شاخص برداشت نیز کاهش یافت که حاکی از تأثیر بیشتر کمبود رطوبت بر فرآیندهای زایشی در مقایسه با رشد رویشی است.

با توجه به محدودیت منابع آبی و همچنین، به دلیل قرار گرفتن منطقه مغان در اقلیم نیمه خشک، این مطالعه با هدف بررسی تأثیر رژیم‌های مختلف آبیاری بر عملکرد و کارایی مصرف آب در سه رقم سویا و مشخص کردن ارقام مناسب برای کشت در شرایط آب و هوایی مغان انجام شد.

عملکرد سویا را کاهش می‌دهد (باچلور و همکاران، ۲۰۰۲). واکنش گیاهان به کمبود آب، بسته به شدت و طول مدت کاهش آن در گونه‌ها و مراحل مختلف رشد گیاهان، متفاوت است (خلف‌اله و همکاران، ۲۰۰۸؛ جلیل و همکاران، ۲۰۰۹). بررسی‌ها نشان داده است که حساس‌ترین مرحله رشد سویا به کمبود آب، مرحله طولی شدن نیام و پر شدن دانه است (فکاک و همکاران، ۲۰۱۰).

با توجه به محدودیت منابع آب در کشور، افزایش تولید از طریق افزایش عملکرد به ازای هر واحد آب مصرفی ضرورت دارد و برنامه‌ریزی آبیاری می‌تواند با تنظیم و تأمین مقدار مناسب آبیاری در مراحل رشد گیاه، سبب افزایش کارایی مصرف آب گردد. کارایی مصرف آب یکی از معیارهای مهم برای ارزیابی سودمندی تولید در گیاهان و اتخاذ تدابیر لازم برای مدیریت منابع آب است (یو و همکاران، ۲۰۰۴؛ ژیا و همکاران، ۲۰۰۶). کارایی مصرف آب، نسبت عملکرد اقتصادی (Y) به واحد آب تبخیر و تعرق شده (ET<sup>1</sup>) در مزرعه است (مجد نصیری و همکاران، ۱۳۸۱). کارایی مصرف آب بالا توانایی رشد گیاه را در شرایط کمبود آب افزایش می‌دهد. هافستلر و همکاران (۲۰۰۷) در بررسی خود بر روی ۲۴ ژنوتیپ سویا تحت تأثیر کمبود رطوبت بیان کردند که کارایی مصرف آب در آن‌ها بین ۲/۷ تا ۳/۴ گرم ماده خشک بر کیلوگرم آب متغیر است. عابدین‌پور (۲۰۱۲) در بررسی خود بر روی سویا گزارش کرد که با کاهش میزان آب آبیاری، عملکرد دانه از ۴۱۸۰ به ۳۳۵۵ کیلوگرم در هکتار کاهش یافت. بالاترین کارایی مصرف آب نیز ۷/۷۹ کیلوگرم بر متر مکعب در ۹۰ درصد ظرفیت زراعی و پایین‌ترین آن ۷/۷۴ کیلوگرم بر متر مکعب در ۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی به دست آمد. شاهین رخسار و رئیسی (۱۳۹۰) گزارش کردند که در سویا با کاهش میزان آب آبیاری از ۱۰۰ به ۵۰ درصد نیاز آبی، از نظر عملکرد و

1- Evapotranspiration

مواد و روش‌ها

۳۶ دقیقه و طول جغرافیایی ۴۷ درجه و ۴۶ دقیقه و ارتفاع ۷۲/۶ متر از سطح دریا و با بافت خاک رسی - لومی در سال زراعی ۸۸-۱۳۸۷ انجام شد. منطقه مذکور دارای اقلیم کشاورزی نیمه‌خشک با تابستان‌های گرم و زمستان‌های کمی سرد است. در جدول ۱ داده‌های هواشناسی پارس‌آباد در طول فصل رشد گیاه نشان داده شده است.

این تحقیق با هدف بررسی تاثیر رژیم‌های مختلف آبیاری بر عملکرد و کارایی مصرف آب در سه رقم سویا به صورت کرت‌های خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در مزرعه مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی پارس‌آباد واقع در ۱۳ کیلومتری جاده پارس‌آباد - اردبیل با عرض جغرافیایی ۳۹ درجه و

جدول ۱- اطلاعات هواشناسی منطقه پارس‌آباد مغان از تیرماه تا پایان آبان‌ماه سال ۱۳۸۸

| ماه  |      |        |       | آماره هواشناسی |  |
|------|------|--------|-------|----------------|--|
| ابان | مهر  | شهریور | مرداد | تیر            |  |
| ۷/۸  | ۹/۴  | ۱۲/۰   | ۱۶/۰  | ۱۶/۰           | حداقل مطلق دمای هوا (درجه سانتیگراد)   |
| ۲۴/۴ | ۲۷/۰ | ۳۲/۴   | ۳۷/۴  | ۳۹/۸           | حداکثر مطلق دمای هوا (درجه سانتیگراد)  |
| ۱۰/۷ | ۱۳/۰ | ۱۷/۸   | ۱۹/۸  | ۱۹/۸           | متوسط حداقل دمای هوا (درجه سانتیگراد)  |
| ۱۶/۸ | ۲۳/۴ | ۲۷/۶   | ۳۵/۳  | ۳۴/۹           | متوسط حداکثر دمای هوا (درجه سانتیگراد) |
| ۱۳/۸ | ۱۸/۲ | ۲۲/۷   | ۲۷/۵  | ۲۷/۴           | متوسط کل دمای هوا (درجه سانتیگراد)     |
| ۸۴/۲ | ۷۴/۳ | ۴۸/۳   | ۲/۳   | ۶/۶            | بارندگی (میلی متر)                     |
| ۸۳/۵ | ۷۶/۱ | ۶۸/۱   | ۵۵/۹  | ۵۵/۰           | متوسط رطوبت نسبی (درصد)                |
| ۰/۹  | ۱/۹  | ۵/۰    | ۹/۲   | ۸/۲            | متوسط تبخیر (میلی‌متر در روز)          |
| ۲/۴  | ۷/۱  | ۷/۳    | ۱۰/۷  | ۸/۴            | متوسط ساعت افتابی (ساعت در روز)        |

کیلوگرم در هکتار در زمان ساقه رفتن گیاه، همراه با آبیاری مزرعه، به صورت سرک مصرف شد.

در طول آزمایش در صورت لزوم با استفاده از وجین دستی با علف‌های هرز مبارزه شد. در زمان اعمال تیمارهای آبیاری، بر اساس تقسیم‌بندی فهر و همکاران (۱۹۷۱)، گیاهان در مرحله V<sub>4</sub> (مرحله چهارمین گره) قرار داشتند. میزان تبخیر با نصب تشتک تبخیر کلاس A در مزرعه به طور روزانه اندازه‌گیری شد و آبیاری هر تیمار پس از رسیدن میزان تبخیر به مقدار مورد نظر، در صبح روز بعد صورت گرفت. مبدأ زمانی اندازه‌گیری تبخیر از زمان اتمام آبیاری بود. میزان آب مصرفی در هر مرحله آبیاری برای کرت اصلی، طبق رابطه (۱) محاسبه شد (محلوجی و همکاران، ۱۳۷۹):

$$V_w = [(FC - SM) \cdot BD \cdot D \cdot A] \quad (1) \text{ رابطه (۱)}$$

در این رابطه  $V_w$  حجم آب مصرفی در هر مرحله آبیاری (بر حسب لیتر)، FC درصد وزنی رطوبت خاک در حد ظرفیت زراعی، SM درصد وزنی رطوبت در

در این آزمایش، عامل اصلی سطوح آبیاری شامل I<sub>1</sub>، I<sub>2</sub>، I<sub>3</sub> و I<sub>4</sub> به ترتیب، آبیاری پس از ۶۰، ۹۰، ۱۲۰ و ۱۵۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک تبخیر کلاس A و عامل فرعی سه رقم سویا شامل ارقام ویلیامز، لینفورد و L17 بود. پس از عملیات تهیه زمین و بلوک‌بندی، کاشت به صورت خطی در تاریخ ۲۵ خرداد ماه (کشت دوم در منطقه مغان) انجام شد. هر کرت فرعی شامل ۵ ردیف کاشت به طول ۵ و عرض ۲/۵ متر بود. فاصله بین ردیف‌ها ۵۰ سانتی‌متر و تراکم، ۶۰ بوته در هر متر مربع بود. قبل از کاشت بذور با باکتری برادی ریزوبیوم ژاپونیکوم<sup>۲</sup> تلقیح شدند. بلافاصله پس از کاشت و افزودن کود نیتروژنه (اوره ۴۶ درصد) به میزان ۵۰ کیلوگرم در هر هکتار، جهت سبز کردن یکنواخت کرت‌های آزمایشی، کلیه تیمارها آبیاری شدند. بقیه کود نیتروژنه به میزان ۵۰

2- *Bradyrhizobium japonicum*

درصد رطوبت در نظر گرفته شد. کارآیی مصرف آب در تولید دانه و عملکرد بیولوژیکی به ترتیب از نسبت عملکرد دانه (کیلوگرم) و عملکرد بیولوژیکی (کیلوگرم) بر کل آب مصرف شده (متر مکعب) محاسبه گردید. شاخص برداشت نیز از نسبت عملکرد دانه (کیلوگرم) به عملکرد بیولوژیکی (کیلوگرم) بر حسب درصد محاسبه شد. پس از جمع‌آوری داده‌ها، آزمون نرمال بودن داده‌ها انجام گرفت. تجزیه واریانس صفات مورد مطالعه به صورت کرت‌های خرد شده در قالب بلوک‌های کامل تصادفی انجام شد. با توجه به بالا بودن خطای عامل فرعی (رقم‌ها) از خطای عامل اصلی (آبیاری) در صفت شاخص برداشت، اثر متقابل عامل فرعی با بلوک، از خطای عامل فرعی تفکیک گردید. تجزیه و تحلیل داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SAS-9.1 انجام شد و میانگین‌ها با استفاده از روش چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵ درصد مقایسه گردیدند.

#### نتایج و بحث

تجزیه واریانس صفات مورد مطالعه نشان داد که بین سطوح مختلف آبیاری از نظر عملکرد دانه، شاخص برداشت و کارآیی مصرف آب بیولوژیکی در سطح احتمال یک درصد و از نظر عملکرد بیولوژیکی و کارآیی مصرف آب دانه در سطح احتمال پنج درصد اختلاف معنی‌داری وجود داشت. اختلاف بین رقم‌ها در صفات عملکرد دانه، شاخص برداشت و کارآیی مصرف آب دانه در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود. اثر متقابل آبیاری در رقم نیز بر صفات عملکرد دانه و شاخص برداشت در سطح احتمال پنج درصد و در صفت کارآیی مصرف آب دانه در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد (جداول ۲ و ۳). بیشترین مقدار عملکرد دانه برای هر سه رقم در سطح آبیاری I<sub>1</sub> به دست آمد که در رقم ویلیامز (۳۷۸۰/۷۳ کیلوگرم در هکتار) نسبت به ارقام لینفورد و L17 (به ترتیب ۳۳۷۳/۳۳ و ۳۱۵۱/۸۵ کیلوگرم در هکتار) بیشتر بود. با افزایش کمبود آب عملکرد دانه در ارقام

هنگام نمونه‌برداری، BD وزن مخصوص ظاهری خاک (گرم بر سانتی‌متر مکعب)، D عمق موثر توسعه ریشه گیاه (متر) و A مساحت کرت اصلی (متر مربع) است. میزان آب لازم برای هر مرحله آبیاری در تیمارهای مختلف طوری تعیین گردید که تا عمق توسعه ریشه به حد ظرفیت زراعی برسد. رطوبت ظرفیت زراعی، در مزرعه با استفاده از کرت‌های بدون گیاه اشباع و پوشانده شده با پلاستیک سیاه در سه عمق ۱۵، ۴۵ و ۷۵ سانتیمتری از سطح خاک اندازه‌گیری گردید. اندازه‌گیری رطوبت در روزهای متوالی تا خروج آب ثقلی و ثابت ماندن مقدار رطوبت ادامه یافت. عمق توسعه ریشه با نمونه‌برداری به طور تصادفی از پلات‌های اصلی تعیین گردید. به منظور مشخص کردن درصد وزنی رطوبت خاک و محاسبه میزان آب مورد نیاز، یک روز قبل از آبیاری و با نزدیک شدن مقدار تبخیر تشک تبخیر به مقادیر تیماری مورد نظر، از سه قسمت مختلف هر کرت نمونه‌هایی تا عمق توسعه ریشه با آگر برداشت و بلافاصله وزن مرطوب آن توزین و به مدت ۲۴ ساعت در آون با دمای ۱۰۵ درجه سانتی-گراد خشک گردید. وزن مخصوص ظاهری خاک نیز با به کارگیری سیلندرهای نمونه‌برداری (با حجم تقریبی ۱۰۰ سانتی‌متر مکعب) و تهیه نمونه دست نخورده و خشک کردن آن‌ها در دمای ۱۰۵ درجه سانتی‌گراد به مدت ۲۴ ساعت محاسبه گردید (جاکوب و کلارک، ۲۰۰۲). همچنین، برای اعمال دقیق آب مورد استفاده در هر کرت از کنتور آب استفاده شد. موقع اعمال تیمارهای آبیاری، در هر دوره‌ای که مقدار بارندگی بیشتر از نیاز آبیاری گیاه بود، مقدار نیاز آبیاری گیاه صفر در نظر گرفته شد. در پایان فصل زراعی، پس از رسیدن کامل نیام‌ها (قهوه‌ای شدن حدود ۹۵ درصد آن‌ها)، برداشت از تاریخ ۱۰ تا ۲۰ آبان ماه انجام شد. جهت تعیین میزان عملکرد دانه بوته‌ها از دو ردیف میانی (با حذف سه ردیف کناری و حذف نیم متر حاشیه از ابتدا و انتهای هر ردیف کاشت)، برداشت و به آزمایشگاه منتقل شدند. عملکرد دانه بر حسب کیلوگرم در هکتار محاسبه و بر اساس ۱۴

کاهش یافت که این کاهش نسبت به دو رقم دیگر بیشتر بود، هر چند که از لحاظ آماری اختلاف بین ارقام از نظر عملکرد در سطح آبیاری I<sub>۴</sub> معنی‌دار نبود (شکل ۱). تاثیر تنش خشکی بر کاهش رشد و عملکرد سویا توسط طاهری و همکاران (۲۰۱۲) نیز گزارش شده است.

مورد مطالعه کاهش یافت، ولی این روند کاهش برای هر سه رقم یکسان نبود، به طوری که رقم ویلیامز توانست تا سطح آبیاری I<sub>۲</sub> برتری خود را با اختلاف معنی‌داری نسبت به دو رقم دیگر حفظ کند. ولی، در سطح آبیاری I<sub>۴</sub> با افزایش شدت کمبود آب میزان عملکرد دانه در رقم ویلیامز در مقایسه با تیمار آبیاری کامل ۵۹/۷۶ درصد

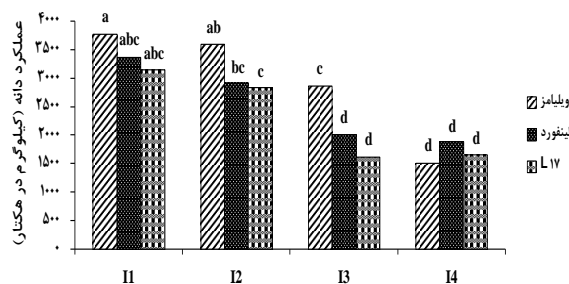
جدول ۲- تجزیه واریانس اثر سطوح آبیاری بر عملکرد و کارایی مصرف آب در ارقام سویا

| میانگین مربعات (MS)      |                     |                  |              | درجه  | منابع تغییر    |
|--------------------------|---------------------|------------------|--------------|-------|----------------|
| کارایی مصرف آب بیولوژیکی | کارایی مصرف آب دانه | عملکرد بیولوژیکی | عملکرد دانه  | آزادی |                |
| ۰/۰۱                     | ۰/۰۱                | ۲۲۵۸۹۰۷/۲۲       | ۴۴۰۷۱۴/۷۶    | ۲     | تکرار          |
| ۱/۱۴**                   | ۰/۰۱۸*              | ۱۳۰۰۳۷۸۶/۸۶*     | ۵۹۱۹۰۴۷/۲۹** | ۳     | آبیاری (I)     |
| ۰/۱۵                     | ۰/۰۰۳               | ۶۶۴۷۸۵۰/۱۴       | ۱۶۱۰۴۳/۷۲    | ۶     | خطای اول       |
| ۰/۰۰۸ <sup>ns</sup>      | ۰/۰۰۲**             | ۱۰۸۶۹۳۶/۳۸       | ۱۱۸۱۵۳۰/۳۸** | ۲     | رقم (V)        |
| ۰/۰۶ <sup>ns</sup>       | ۰/۰۱**              | ۴۴۸۶۲۳۲/۴۹       | ۳۱۸۶۷۸/۲۹*   | ۶     | I×V            |
| ۰/۰۸                     | ۰/۰۰۲               | ۲۴۸۲۴۶۸/۴۷       | ۱۰۵۰۶۱/۹۸    | ۱۶    | خطای دوم       |
| ۲۳/۹۵                    | ۱۳/۴۸               | ۲۰/۱۷            | ۱۲/۴۴        |       | ضریب تغییر (%) |

\* و \*\* به ترتیب معنی‌دار در سطح ۵ و ۱٪

جدول ۳- تجزیه واریانس اثر سطوح آبیاری بر شاخص

برداشت ارقام سویا



شکل ۱- مقایسه میانگین عملکرد دانه ارقام سویا در سطوح آبیاری I<sub>۱</sub>، I<sub>۲</sub>، I<sub>۳</sub> و I<sub>۴</sub>

(به ترتیب آبیاری پس از ۶۰، ۹۰، ۱۲۰ و ۱۵۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک تبخیر کلاس A)

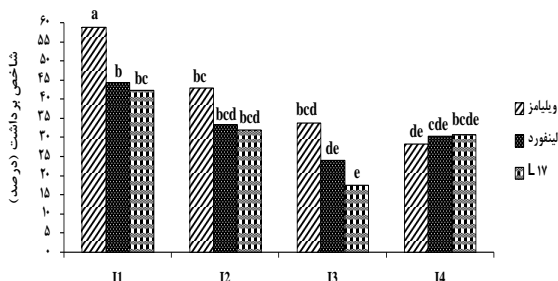
| میانگین مربعات (MS) |       | درجه           | منابع تغییر |
|---------------------|-------|----------------|-------------|
|                     | آزادی |                |             |
| ۲۷۷/۶۳              | ۲     | تکرار          |             |
| ۷۳۲/۹۸**            | ۳     | آبیاری (I)     |             |
| ۷۱/۲۲               | ۶     | خطای اول       |             |
| ۳۵۰/۳۸**            | ۲     | رقم (V)        |             |
| ۱۶۶/۴۱*             | ۶     | I×V            |             |
| ۱۵۹/۶۱*             | ۴     | R×B            |             |
| ۴۸/۳۳               | ۱۲    | خطای دوم       |             |
| ۱۹/۸۶               |       | ضریب تغییر (%) |             |

\* و \*\* به ترتیب معنی‌دار در سطح ۵ و ۱٪

قطع آبیاری در مرحله گلدهی سویا منجر به کاهش شدید در عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیکی می‌شود.

بیشترین میزان شاخص برداشت در هر سه رقم در سطح آبیاری I<sub>1</sub> به دست آمد. با افزایش کمبود آب و اعمال تنش، از میزان این صفت در ارقام مورد مطالعه کاسته شد، به طوری که کمترین شاخص برداشت برای رقم ویلیامز در سطح آبیاری I<sub>4</sub> به میزان ۲۸/۳۷ درصد و برای ارقام لینفورد و L۱۷ به ترتیب به میزان ۲۴/۱۰ و ۱۷/۶۷ درصد در سطح آبیاری I<sub>3</sub> حاصل شد (شکل ۲). بالا بودن شاخص برداشت در رقم ویلیامز را می‌توان به برتری عملکرد اقتصادی این رقم در شرایط محدودیت آب نسبت داد. همچنین، افزایش شاخص برداشت در ارقام لینفورد و L۱۷ در سطح آبیاری I<sub>4</sub> در مقایسه با سطح آبیاری I<sub>3</sub> نشان‌دهنده تاثیر بیشتر کمبود آب بر عملکرد بیولوژیکی در مقایسه با عملکرد دانه در این ارقام است (شکل ۲). در آزمایش پانندی و همکاران (۱۹۸۴) نیز با کاهش مصرف آب، شاخص برداشت کاهش یافت که حاکی از تاثیر بیشتر کمبود رطوبت بر فرایندهای زایشی در مقایسه با رشد رویشی است. لیو و همکاران (۲۰۰۴) با بررسی ۱۶ ژنوتیپ سویا، هیچ رابطه‌ای را بین عملکرد دانه و شاخص برداشت پیدا نکردند.

بیشترین کارایی مصرف آب دانه در تیمار آبیاری I<sub>3</sub> به میزان ۰/۵۵ کیلوگرم در متر مکعب و در رقم ویلیامز حاصل شد. کمترین کارایی مصرف آب دانه در رقم L۱۷



شکل ۲- مقایسه میانگین شاخص برداشت ارقام سویا در سطوح

آبیاری I<sub>1</sub>، I<sub>2</sub>، I<sub>3</sub> و I<sub>4</sub> (به ترتیب آبیاری پس از ۶۰، ۹۰، ۱۲۰ و ۱۵۰

میلی متر تبخیر از تشتک تبخیر کلاس A)

سینجیک و همکاران (۲۰۰۸) گزارش کردند که کمبود آب آبیاری موجب کاهش معنی‌داری در عملکرد دانه و اجزای عملکرد سویا شد، به طوری که عملکرد دانه در تیمار بدون آبیاری در حدود ۴۵ درصد کمتر از عملکرد دانه در تیمار آبیاری کامل بود. برودان و اگلی (۲۰۰۳) نیز گزارش کردند که اگر سویا در شرایط مداوم کمبود آب قرار گیرد، عملکرد آن به طور معنی‌داری در حدود ۳۹ درصد در مقایسه با شرایط بدون تنش کاهش می‌یابد. نتایج مقایسه میانگین نشان داد که با کاهش شدید آب و اعمال تنش، میزان عملکرد بیولوژیکی در واحد سطح در مقایسه با تیمار آبیاری کامل ۲۴/۷۵ درصد کاهش یافت. بیشترین میزان عملکرد بیولوژیکی به طور مشترک در سطوح آبیاری I<sub>1</sub>، I<sub>2</sub> و I<sub>3</sub> به ترتیب با ۸۰۵۴/۰۵، ۸۳۶۷/۵۳ و ۸۷۶۰/۱۹ کیلوگرم در هکتار و با اختلاف معنی‌داری نسبت به کمترین میزان آن در سطح آبیاری I<sub>4</sub> با ۶۰۶۰/۳۳ کیلوگرم در هکتار به دست آمد (جدول ۴). بهتری و همکاران (۱۳۸۹) نیز در آزمایش خود با اعمال سطوح مختلف آبیاری در سویا، کاهش این صفت را بر اثر کمبود آب گزارش کردند. همچنین، نتایج حاصل از یافته‌های کبرایی و شمسی (۲۰۱۱) نشان داد که

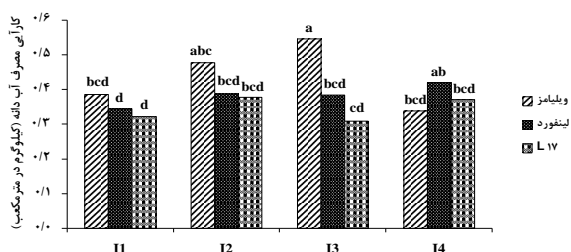
جدول ۴- مقایسه میانگین اثر سطوح آبیاری بر عملکرد بیولوژیکی

و کارایی مصرف آب بیولوژیکی در ارقام سویا

| کارایی مصرف آب<br>بیولوژیکی (کیلوگرم در<br>متر مکعب) | عملکرد بیولوژیکی<br>(کیلوگرم در هکتار) | سطوح<br>آبیاری |
|--|--|----------------|
| ۰/۸۲c  | ۸۰۵۴/۰۵a                               | I <sub>1</sub> |
| ۱/۱۱bc   | ۸۳۶۷/۵۳a                               | I <sub>2</sub> |
| ۱/۶۶a  | ۸۷۶۰/۱۹a                               | I <sub>3</sub> |
| ۱/۳۴ab   | ۶۰۶۰/۳۳b                               | I <sub>4</sub> |

میانگین‌های با حروف مشترک، بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد اختلاف معنی‌داری ندارند.

بیولوژیکی، مقادیر این دو صفت نیز کاهش یافت (شکل ۳ و جدول ۴). این نتایج با یافته‌های بوریرو و همکاران (۲۰۰۲) همخوانی دارد.



شکل ۳- مقایسه میانگین کارایی مصرف آب دانه ارقام سویا در سطوح آبیاری I<sub>۱</sub>، I<sub>۲</sub>، I<sub>۳</sub> و I<sub>۴</sub> (به ترتیب آبیاری پس از ۶۰، ۹۰، ۱۲۰ و ۱۵۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک تبخیر کلاس A)

### نتیجه‌گیری کلی

بیشترین عملکرد دانه در سطح آبیاری I<sub>۱</sub> (کوتاه-ترین دوره آبیاری) به دست آمد که بالاترین مقدار (۳۷۸۰/۷۳) کیلوگرم در هکتار) مربوط به رقم ویلامز بود. رقم ویلامز توانست تا سطح آبیاری I<sub>۳</sub> (دوره آبیاری پس از تبخیر ۱۲۰ میلی‌متر از تشتک تبخیر) برتری خود را با اختلاف معنی‌داری نسبت به دو رقم دیگر حفظ کند، ولی در سطح آبیاری I<sub>۴</sub> (بلندترین دوره آبیاری) با افزایش شدت کمبود آب میزان عملکرد دانه در رقم ویلامز در مقایسه با تیمار آبیاری کامل ۵۹/۷۶ درصد کاهش یافت. با توجه به نتایج حاصل، رقم ویلامز با دارا بودن بالاترین عملکرد دانه، کارایی مصرف آب و شاخص برداشت، جهت کشت در منطقه پارس آباد و اقلیم‌های مشابه مناسب است، ولی برای اطمینان بیشتر باید آزمایش حداقل به مدت ۲ سال دیگر انجام شود.

در تیمار آبیاری I<sub>۳</sub> به میزان ۰/۳۱ کیلوگرم در متر مکعب به دست آمد. هر چند که رقم ویلامز در سطوح آبیاری I<sub>۱</sub>، I<sub>۲</sub> و I<sub>۳</sub> به ترتیب با ۰/۳۹، ۰/۴۸ و ۰/۵۵ کیلوگرم در متر مکعب بیشترین کارایی مصرف آب دانه را به خود اختصاص داد. دلیل کاهش بیشتر کارایی مصرف آب دانه در رقم ویلامز نسبت به دو رقم دیگر را می‌توان به کاهش بیشتر عملکرد دانه در این رقم نسبت داد. رقم لینفورد توانست که با حفظ ثبات در عملکرد دانه، بیشترین کارایی مصرف آب دانه را در تیمار I<sub>۴</sub> به میزان ۰/۴۲ کیلوگرم در متر مکعب به خود اختصاص دهد (شکل ۳). شاهین رخسار و رئیسی (۱۳۹۰) گزارش کردند که در سویا با کاهش میزان آب آبیاری از ۱۰۰ به ۵۰ درصد نیاز آبی، در بین ارقام از نظر کارایی مصرف آب اختلاف معنی‌داری وجود داشت و کارایی مصرف آب از ۰/۶۳ به ۰/۹۴ کیلوگرم بر متر مکعب افزایش یافت. در تیمارهای آبیاری زیاد، علت کاهش کارایی مصرف آب، رشد رویشی زیاد و در نتیجه کاهش شدت نور در پایین جامعه گیاهی است که موجب کاهش عملکرد در گره‌های پایینی و نیز ساقه‌های فرعی می‌گردد (خواجه‌نوی-نژاد و همکاران، ۱۳۸۴). بالاترین کارایی مصرف آب بیولوژیکی بر اساس وزن بیولوژیکی در سطح آبیاری I<sub>۳</sub> به میزان ۱/۶۶ کیلوگرم در متر مکعب و کمترین آن در سطح آبیاری I<sub>۱</sub> به میزان ۰/۸۲ کیلوگرم در متر مکعب به دست آمد (جدول ۴).

علت کاهش کارایی مصرف آب دانه و بیولوژیکی در تیمار آبیاری I<sub>۱</sub> در مقایسه با تیمار آبیاری I<sub>۳</sub> بیانگر این واقعیت است که اگرچه عملکرد دانه در تیمار آبیاری I<sub>۱</sub> و I<sub>۲</sub> بیشتر بود، ولی به دلیل مصرف زیاد آب در این تیمارها و هدر رفت آب، کارایی مصرف آب کاهش و در تیمار آبیاری I<sub>۳</sub> افزایش یافت. هر چند که با کاهش میزان آب مصرفی مقادیر کارایی مصرف آب دانه و بیولوژیکی افزایش یافت، ولی با افزایش شدت کمبود آب در سطح آبیاری I<sub>۴</sub> به دلیل کاهش عملکرد دانه و عملکرد

منابع

- بهتری، ب.، فاسمی گلعدانی، ک.، دباغ محمدی نسب، ع.، زهتاب سلماسی، س.، تورچی، م. ۱۳۸۹. اثر تنش کم‌آبی بر ویژگی‌های ریخت‌شناسی و کارایی مصرف آب دو رقم سویا. مجله دانش کشاورزی و تولید پایدار. ۲(۴): ۱۱-۲۱.
- خواجوهی‌نژاد، غ.ر.، کاظمی، ح.ا.، آلیاری، ه.، جوانشیر، ع.، آروین، م.ج. ۱۳۸۴. تأثیر رژیم‌های آبیاری و تراکم کاشت بر عملکرد، کارایی مصرف آب و کیفیت دانه سه رقم سویا در کشت تابستانه در شرایط آب و هوایی کرمان. مجله علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی. ۹(۴): ۱۳۷-۱۵۱.
- خواججه‌پور، م.ر. ۱۳۹۱. گیاهان صنعتی. انتشارات جهاد دانشگاهی واحد صنعتی اصفهان.
- شاهین رخسار، پ.، رئیس، س. ۱۳۹۰. بهینه کردن مصرف آب سویا در شرایط خشکسالی. نشریه دانش آب و خاک. ۲۱(۴): ۵۳-۶۳.
- مجد نصیری، ب.، کریمی، م.، نورمحمدی، ق. ۱۳۸۱. اثر فصل کاشت و تراکم بوته بر کارایی مصرف آب در ارقام و لاین‌های مختلف گلرنگ (*Carthamus tinctorious* L.). مجله علوم زراعی ایران. ۴(۴): ۲۳۵-۲۴۵.
- محلوجی، م.، موسوی، س.ف.، کریمی، م. ۱۳۷۹. اثر تنش رطوبتی و تاریخ کاشت بر عملکرد و اجزای عملکرد دانه لوبیا چیتی. مجله علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی. ۴(۱): ۵۷-۶۷.
- یحیایی، س.غ.ر. ۱۳۸۶. اثر رژیم‌های آبیاری بر عملکرد و اجزای عملکرد دانه ارقام رشد محدود و رشد نامحدود سویا. مجله علوم کشاورزی و منابع طبیعی. ۱۴(۵): ۱۲۴-۱۳۴.
- Abedinpour, M. 2012. Water use efficiency, yield and crop coefficient (kc) of soybean under different water regimes. *Int Res Appl Basic Sci J.* 3 (7): 1400-1405.
- Batchelor, W.D., Basso, B., Paz, J.O. 2002. Examples of strategies to analyze spatial and temporal yield variation using crop models. *Eur J Agron.* 18: 141-258.
- Brevedan, R.E., Egli, D.B. 2003. Short periods of water stress during seed filling, leaf senescence and yield of soybean. *Crop Sci.* 43: 2083-2088.
- Burriro, U.A., Samoon, H.A., Oad, F.C., Jamro, G.H. 2002. Crop coefficient (Kc) and water use efficiency (WUE) of soybean as affected by soil moisture stress and fertility levels. *Pak J Appl Sci.* 2: 1096-1098.
- Fecak, P., Sarikova, D., Cerny, I. 2010. Influence of tillage system and starting N fertilization on seed yield and quality of soybean (*Glycine max* L. Merrill). *Plant Soil Environ.* 56 (3): 105-110.
- Fehr, W.R., Caviness, C.E., Burmood, D.T., Pennington, J.S. 1971. Stages of development description for soybeans (*Glycine max* L. Merrill). *Crop Sci.* 11: 929-930.
- Hufstetler, E.V., Boerma, H.R., Carter, T.E., Eral, H.J. 2007. Genotypic variation for three physiological traits affecting drought tolerance in soybean. *Crop Sci.* 47: 25-35.
- Jacob, H., Clarke, G. 2002. Methods of Soil Analysis. Soil Sci Am Inc. Madison, Wisconsin, USA.
- Jaleel, C.A., Manivannan, P., Wahid, A., Farooq, M., Al-Juburi, H.J., Somasundaram, R., Panneerselvam, R. 2009. Drought stress in plants: A review on morphological characteristics and pigments composition. *Int J Agron Biol.* 11 (1): 100-105.
- Khalafallah, A.A., Tawfik, K.M. Zinab, A.A.E. 2008. Tolerance of seven faba bean varieties on drought and salt stress. *Res J Agric Biol Sci.* 4 (2): 175-186.
- Kobraee, S., Shamsi, K. 2011. Evaluation of soybean yield under drought stress by path analysis. *Aust J Basic Appl Sci.* 5 (10): 890-895.
- Liu, X., Jin, J., Herbert, S.J., Zhang, Q., Wang, G. 2004. Yield components, dry matter, LAI and LAD of soybeans in Northeast China. *Field Crops Res.* 93: 85-93.
- Ober, E.S., Sharp, R.E. 2003. Electrophysiological responses of maize roots to low water potentials: relation to growth and ABA accumulation. *J Exp Bot.* 54 (383): 813-824.
- Pandy, R.K., Herrera, W.A.T., Villegas, A.N., Pendleton, J.W. 1984. Drought response of legumes under irrigation gradient. *Agron J.* 76: 557-560.
- Sincik, M., Candogan, B.N., Demirtas, C., Buyukcangaz, H., Yazgan, S., Goksoy, A.T. 2008. Deficit irrigation of soya bean (*Glycine max* L. Merrill) in a sub-humid climate. *J Agron Crop Sci.* 194: 200-205.
- Spaeth, S.C., Randau, H.C., Sinclair, T.R., Vendeland, J.S. 1984. Stability of soybean harvest index. *Agron J.* 76: 482-486.



- Taheri, N., Zarghalam, R., Oveysi, M., Tarighaleslami, M. 2012. Effect of irrigation stress and changes of source and destination on seed, oil and oleic acid yield of soybean. *Int J Agron Plant Prod.* 3 (2): 59-65.
- Xia, S., Guirui, Y., Yunfen, L., Xiaomin, S., Yaoming, L., Xuefa, W. 2006. Seasonal variations and environmental control of water use efficiency in subtropical plantation. *China Earth Sci J.* 49: 119-126.
- Yu, G.R., Wang, Q.F., Zhung, J. 2004. Modeling the water use efficiency of soybean and maize plants under environmental stresses: Application of a synthetic model of photosynthesis-transpiration based on stomatal behavior. *J Plant Physiol.* 161: 303-318.

## Effect of Different Irrigation Regimes on Yield and Water Use Efficiency in Three Soybean Cultivars

Khadijeh Aghaei Fard<sup>1</sup>, Morteza Barmaki<sup>\*2</sup>, Ahmad Tobeh<sup>2</sup>, Kamal Shahbazi Homonlo<sup>3</sup>,  
Yavar Dargahi<sup>1</sup>

- 1- Graduate Student, Department of Agronomy and Plant Breeding, Faculty of Agricultural Sciences, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran.
  - 2- Assist. Prof. Department of Agronomy and Plant Breeding, Faculty of Agricultural Sciences, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran.
  - 3- Scientific member, Agricultural and Natural Resources Research Center of Ardebil, Parsabad, Iran.
- \* For Correspondence: [Barmakimorteza@gmail.com](mailto:Barmakimorteza@gmail.com)

Received: 16.01.2014

Accepted: 12.05.2014

---

### Abstract

In order to the investigation of yield and water use efficiency in three soybean cultivars under different irrigation regimes, a split plot experiment was conducted based on randomized complete block design with three replications at Agriculture and Natural Resources Research Center in Parsabad during 2008- 2009 growing season. In this experiment, treatments were irrigation regimes (I<sub>1</sub>, I<sub>2</sub>, I<sub>3</sub> and I<sub>4</sub>: irrigation after 60, 90, 120 and 150 mm transpiration from class-A pan, respectively) as the main factor and three soybean cultivars including Williams, Linford and L17 as the sub factor. Results showed that the effect of irrigation regimes, cultivars and interaction between irrigation regimes and cultivars were significant on grain yield, harvest index and grain water use efficiency. Also, difference between irrigation regimes was significant on biological yield and biological water use efficiency. The highest grain yield was obtained from I<sub>1</sub> treatment from williams cultivar (3780.73 kg/ha). The highest and lowest grain water use efficiency was observed in I<sub>3</sub> treatment with Williams and L17 cultivars (0.55 and 0.31 kg m<sup>-3</sup>) respectively. The highest biological yield was related to I<sub>1</sub>, I<sub>2</sub> and I<sub>3</sub> treatments (8054.05, 8367.53 and 8760.19 kg ha<sup>-1</sup>), respectively. Although the highest biological water use efficiency was achieved from I<sub>3</sub> treatment (1.66 kg m<sup>-3</sup>), but the lowest one was obtained from I<sub>1</sub> treatment (0.82 kg m<sup>-3</sup>). The highest harvest index for three cultivars was gained from I<sub>1</sub> treatment.

**Key words:** Biological yield, drought stress, harvest index, soybean.