

## تأثیر کم آبیاری بر عملکرد و بهره‌وری آب در هفت رقم سویا در منطقه رشت

جاسم امینی فر<sup>1</sup>، محمدحسن بیگلویی<sup>2\*</sup>، غلامرضا محسن آبادی<sup>3</sup> و حبیب‌الله سمیع‌زاده<sup>4</sup>

تاریخ دریافت: 89/10/20 تاریخ پذیرش: 90/5/30

1- دانش‌آموخته کارشناسی ارشد زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه گیلان

2- استادیار، مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه گیلان

3- استادیار، اکولوژی گیاهان زراعی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه گیلان

4- استادیار، بیوتکنولوژی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه گیلان

\* مسئول مکاتبه Email: [mhbiglouei@yahoo.com](mailto:mhbiglouei@yahoo.com)

### چکیده

به منظور بررسی اثرات کم آبیاری بر عملکرد و بهره‌وری آب هفت رقم سویا، آزمایشی به صورت کرت‌های خردشده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در مزرعه تحقیقاتی دانشکده علوم کشاورزی دانشگاه گیلان اجرا گردید. فاکتور اصلی شامل چهار سطح بدون آبیاری ( $I_4$ ) و آبیاری در مکش‌های ماتریک 30-35 ( $I_1$ )، شاهد، 50-55 ( $I_2$ ) و 70-75 ( $I_3$ ) سانتی‌بار خاک بود. مکش ماتریک خاک با استفاده از تانسئومتر اندازه‌گیری و در هر آبیاری رطوبت خاک به حد رطوبت ظرفیت مزرعه‌ای رسانده شد. فاکتور فرعی شامل هفت رقم سویا به نام‌های 032، 033 و سحر (گروه رسیدگی IV)، Clark L. 17، زان و مادری (گروه رسیدگی III) بود. بهره‌وری آب بر اساس عملکرد دانه و عملکرد زیستی به طور جداگانه محاسبه گردید. نتایج نشان داد که با کاهش آبیاری از عملکرد دانه به طور معنی‌داری کاسته شد. به طوری که بیشترین عملکرد دانه در تیمار  $I_1$  و کمترین آن در تیمار  $I_4$  بدست آمد. با کاهش آبیاری شاخص بهره‌وری آب به طور معنی‌داری افزایش یافت به طوری که تیمارهای  $I_2$  و  $I_3$  نسبت به تیمار  $I_1$  به ترتیب 13 و 33 درصد افزایش نشان دادند. تیمار آبیاری  $I_1$  بیشترین حجم آب آبیاری (2457/14 مترمکعب در هکتار) را در طول فصل رویش دریافت کرد و تعداد آبیاری نیز در این تیمار بیشترین بود. با توجه به نسبت ماده خشک تولیدی به آب مصرفی، این تیمار از بهره‌وری آب پائینی برخوردار گردید. از آنجایی که تیمار  $I_3$  در بین تیمارها بیشترین بهره‌وری آب را نشان داد و از نظر عملکرد دانه با تیمار  $I_2$  تفاوتی نداشت، به نظر می‌رسد که تیمار  $I_3$  مناسب‌ترین شاخص بهره‌وری آب را دارد. در بین رقم‌ها نیز، بالاترین بهره‌وری آب آبیاری متعلق به رقم 033 بود. این رقم بیشترین عملکرد دانه را نیز داشت. بنابراین با توجه به نتایج به دست آمده به نظر می‌رسد که رقم 33 با شیوه آبیاری  $I_3$  بهترین انتخاب برای کشت سویا در منطقه دشت باشد که ضمن برخورداری از عملکرد بالا از بهره‌وری آب خوبی نیز برخوردار است.

واژه‌های کلیدی: بهره‌وری آب، سویا، عملکرد، کم آبیاری

## Effect of Deficit Irrigation on Yield and Water Productivity of Seven Soybean Cultivars in Rasht Region

J Aminifar<sup>1</sup>, MH Biglouei<sup>2\*</sup>, G Mohsenabad<sup>3</sup> and H Samiezhadeh<sup>4</sup>

Received: 10 January 2011 Accepted: 21 August 2011

<sup>1</sup>MSc Graduated in Agronomy, Faculty of Agric., Univ. of Guilan, Iran

<sup>2</sup>Assist. Prof., Dept of Water Engin., Faculty of Agric., Univ. of Guilan, Iran

<sup>3</sup>Assist. Prof., Ecology of Cultivated Plunts, Faculty of Agric., Univ. of Guilan, Iran

<sup>4</sup>Assist. Prof., Biotechnology, Faculty of Agric., Univ. of Guilan, Iran

\*Corresponding author: Email: [mhbiglouei@yahoo.com](mailto:mhbiglouei@yahoo.com)

### Abstract

In order to evaluate the effects of deficit irrigation on yield and water productivity of seven soybean cultivars, an experiment was conducted as split plots based on randomized complete block design with three replications at agricultural research farm, Faculty of Agriculture, Guilan University. Main factors of the experiment were four irrigation levels based on soil moisture potential, 30-35 (I<sub>1</sub>, full irrigation), 50-55 (I<sub>2</sub>), 70-75 (I<sub>3</sub>) centibars (measured using tensiometer) and without irrigation (I<sub>4</sub>). Sub plot factors were included seven soybean cultivars: 033, 032, Sahar (maturity group IV), L.17, Zan, Clark and Madari (maturity group III). Water productivity was calculated based on seed and biological yield. The results showed that deficit irrigation significantly reduced seed yield. The highest and lowest values of the seed yield were obtained in I<sub>1</sub> and I<sub>4</sub>, respectively. But irrigation water productivity significantly increased with application of deficit irrigation treatments (13% and 33% increment in I<sub>2</sub> and I<sub>3</sub>, respectively). During the growing season, treatment I<sub>1</sub> received the highest amount of irrigation (2457.14 m<sup>3</sup>/ha) and also the highest frequency of irrigations (8). According to the ratio of dry matter production to water consumption, water productivity of this treatment (I<sub>1</sub>) was low. Among all of the irrigation treatments, I<sub>3</sub> showed the highest water productivity and there was no significant difference between I<sub>2</sub> and I<sub>3</sub> for the seed yield. It seemed that I<sub>3</sub> had the best water productivity index. Among the studied cultivars, cultivar 033 showed the highest irrigation water productivity (this cultivar had the highest seed yield, as well). According to the results of the present experiment, in Rasht region, combination of treatment I<sub>3</sub> and cultivar 033, not only economizes water consumption, increases irrigation efficiency and optimum use of water resources but also produces satisfactory soybean seed yield.

**Keywords:** Deficit irrigation, Soybean, Water productivity, Yield

## مقدمه

یابد. یکی از شاخص‌های مورد استفاده در مباحث عملکرد گیاه و آب مصرفی، که مبنای اقتصادی دارد، بهره‌وری آب است که به صورت نسبت عملکرد محصول به مقدار آب مصرفی تعریف می‌شود. کانگ و همکاران (2000) نیز تأثیر مدیریت آبیاری بر شاخص بهره‌وری آب را بررسی کرده‌اند و تأثیر کم-آبیاری در بهبود شاخص بهره‌وری آب را مورد تأکید قرار داده‌اند. زوارت و باشتیانسن (2004) شاخص بهره‌وری آب در گیاهان مختلف را بررسی قرار داده‌اند و پیشنهاد کرده‌اند که مصرف آب به مقدار کمتر از آنچه که بیشترین عملکرد حاصل می‌شود، ممکن است بالاترین بهره‌وری آب را داشته باشند. بنابراین با توجه به اهمیت بهره‌وری آب در کشاورزی، این آزمایش به منظور بررسی اثرات کم آبیاری بر عملکرد و بهره‌وری آب در سویا انجام شد.

## مواد و روش‌ها

این آزمایش در مزرعه پژوهشی دانشکده علوم کشاورزی دانشگاه گیلان واقع در رشت طی سال 1388 اجرا گردید. خاک محل آزمایش دارای بافت لومرسی با وزن مخصوص ظاهری  $1/37$  گرم بر سانتی‌متر مکعب و pH حدود  $7/1$  بود. برای تعیین رطوبت خاک در مکش‌های  $0/33$  و  $15$  بار از دستگاه صفحه فشاری (pressure plate) (علیزاده، 1383). آزمایش به صورت کرت‌های خردشده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با 3 تکرار اجرا گردید. تیمار اصلی شامل چهار سطح آبیاری بود که در مکش‌های  $30-35$  ( $I_1$ ، شاهد)،  $50-55$  ( $I_2$ )،  $70-75$  ( $I_3$ ) سانتی‌بار خاک اعمال شد. سطح نیز بدون آبیاری ( $I_4$ ) بود. تیمارهای فرعی شامل هفت رقم سویا به نام‌های 033، 032 و سحر (از گروه رسیدگی IV 033 و 032 رشد محدود و سحر رشد نیمه محدود)، L.17، زان، Clark و مادری (از گروه رسیدگی III و رشد نامحدود) فاکتور فرعی را تشکیل دادند. برای آماده‌سازی زمین

سویا (*Glycine max L.*) از قدیمی‌ترین گیاهان زراعی محسوب می‌شود و یکی از منابع عمده تولید روغن و پروتئین گیاهی است (خواجه‌پور 1386). میزان آب مورد نیاز گیاه عاملی مهم و حائز اهمیت در رشد و نمو سویا محسوب می‌شود و تأثیر بسزایی در میزان عملکرد آن دارد. تنش کمبود آب یکی از عوامل محدود کننده رشد در سویا است (براون و همکاران 1985). مقدار آب مصرفی سویا با توجه به تغییر وضعیت آب و هوا، مدیریت و طول فصل رشد متفاوت است (لطیفی 1372). رقم‌های زودرس سویا نسبت به رقم‌های دیررس آن عکس‌العمل کمتری به تنش کمبود آب نشان می‌دهند، بنابراین در مناطقی که محدودیت آب وجود دارد، کشت رقم‌های زودرس توصیه می‌شود (آبیاری و شکاری 1379). محققین بسیاری گزارش نموده‌اند که آبیاری کافی سبب افزایش عملکرد سویا می‌گردد (سینجیک و همکاران 2008 و باجاج و همکاران 2008). بنابراین مدیریت آبیاری عاملی مهم در تولید محصول زیاد و مرغوب است. بر اساس نتایج به دست آمده تنش کمبود آب خفیف در مرحله رویشی عملکرد دانه سویا را تحت تأثیر قرار نمی‌دهد (پوپ و همکاران 2002). بنابراین می‌توان به منظور صرفه‌جویی در مصرف آب و افزایش راندمان استفاده از آب، فواصل آبیاری را در دوره رویشی تا اندازه‌ای که تنش شدید و غیرقابل جبران به گیاه وارد نشود، افزایش داد. موسوی و همکاران (1367) گزارش نموده‌اند که در سویا آبیاری زیاد و آبیاری کم هر دو سبب کاهش کارایی مصرف آب و عملکرد دانه شد. همین گزارش حاکی از آن است که در تیمار آبیاری زیاد علت کاهش کارایی مصرف آب، رشد رویشی زیاد و در نتیجه کاهش شدت نور در قسمت پائین گیاه بوده که باعث کاهش عملکرد در گره‌های پائین و نیز شاخه‌های فرعی گردید. کم آبیاری یک استراتژی برای تولید محصول تحت شرایط کمبود آب است که ممکن است همراه با کاهش محصول نیز - باشد (انگلیش و جمیز 1990). ولی در نهایت سود و یا عملکرد حاصله به ازای واحد آب مصرفی افزایش می-

طور یکسان اعمال شد. زمان آبیاری‌های بعدی بر اساس سطوح مکش خاک با استفاده از تانسومتر تعیین گردید. در همه تیمارها به جز تیمار بدون آبیاری یک دستگاه تانسومتر در عمق 35 سانتی‌متری خاک پس از کالیبره شدن کار گذاشته شد. در تیمارهای آبیاری زمانی که عقربه تانسومتر مکش مورد نظر (تا حد رسیدن به ظرفیت مزرعه‌ای ادامه یافت) را نشان داد آبیاری شروع و ادامه یافت (علیزاده 1383). عملیات برداشت در مرحله رسیدگی فیزیولوژیک به صورت دستی انجام گردید. داده‌های به دست آمده با نرم افزار SAS نسخه 9,1 تجزیه و میانگین‌ها با استفاده از آزمون LSD مقایسه شدند. بهره‌وری آب نسبت به شرایط آبیاری کامل و بدون آبیاری و نسبت به شرایط مجموع آب آبیاری و بارش به ترتیب طبق رابطه‌های 1، 2 و 3 محاسبه گردید (سپاسخواه و همکاران 1385).

ابتدا شخمی با عمق 30 سانتی‌متر با گاوآهن برگرداندار و سپس دیسک زده شد. به دلیل اینکه زمین محل آزمایش از لحاظ شیب یکسان شود از دستگاه (تسطیح کننده) نیز استفاده شد. بعد از آماده شدن زمین، پشته‌ها ایجاد گردید. بذرها بر روی پشته‌ها و در عمق 2-3 سانتی‌متری خاک در روزهای 13 و 14 خرداد ماه با دست کاشته شد. روش آبیاری به صورت جوی پشته (شیاری) بود. فاصله بین ردیف‌ها 50 سانتی‌متر و فاصله بین بوته‌ها بر روی ردیف 10 سانتی‌متر و ابعاد هر کرت 8 متر مربع (4x2) انتخاب شد. بذور قبل از کاشت با قارچ‌کش کاربوکسین-تیرام به نسبت دو در هزار ضدعفونی شدند. برای مبارزه با علف‌های هرز علاوه بر مصرف علف‌کش ترفلان در زمان قبل از کاشت، طی فصل رشد عمل وجین کاری نیز در موقع لزوم با دست انجام گرفت. اولین آبیاری بلافاصله بعد از عمل کاشت جهت سبز شدن یکنواخت بوته‌ها برای همه تیمارها به

$$[1] \quad \text{مقدار ماده خشک در شرایط آبیاری (کیلوگرم در هکتار)} \\ \text{مقدار آب مصرفی (مترمکعب در هکتار)} = \frac{\text{مقدار ماده خشک در شرایط آبیاری (کیلوگرم در هکتار)}}{\text{مقدار آب مصرفی (مترمکعب در هکتار)}} = \text{بهره‌وری آب نسبت به شرایط آبیاری}$$

$$[2] \quad \text{عملکرد در شرایط بدون آبیاری (کیلوگرم در هکتار)} - \text{عملکرد در شرایط آبیاری (کیلوگرم در هکتار)} \\ \text{مقدار آب آبیاری (مترمکعب در هکتار)} = \frac{\text{عملکرد در شرایط بدون آبیاری (کیلوگرم در هکتار)} - \text{عملکرد در شرایط آبیاری (کیلوگرم در هکتار)}}{\text{مقدار آب آبیاری (مترمکعب در هکتار)}} = \text{بهره‌وری آب نسبت به شرایط بدون آبیاری}$$

$$[3] \quad \text{عملکرد محصول (کیلوگرم در هکتار)} \\ \text{مقدار آب آبیاری و بارش (مترمکعب در هکتار)} = \frac{\text{عملکرد محصول (کیلوگرم در هکتار)}}{\text{مقدار آب آبیاری و بارش (مترمکعب در هکتار)}} = \text{بهره‌وری آب نسبت به شرایط مجموع آب آبیاری و بارش}$$

طی فصل رویش رقم‌های سویا به صورت ماهانه، در جدول 2 ارائه شده است.

### نتایج و بحث

عملکرد دانه: نتایج حاصل از تجزیه واریانس نشان داد که آبیاری و رقم در سطح احتمال یک درصد تأثیر معنی‌داری بر عملکرد دانه داشت (جدول 3). با وقوع تنش آبی از عملکرد دانه کاسته شد، به طوری که

مقدار آب آبیاری با استفاده از کنتور آب با دقت 0/1 لیتر اندازه‌گیری شد و مقدار ماده خشک برای هر تیمار به طور جداگانه اندازه‌گیری و از نسبت آنها بهره‌وری آب محاسبه گردید. بهره‌وری آب بر اساس عملکرد دانه و عملکرد زیستی به طور جداگانه محاسبه شد. تعداد دور آبیاری، مقدار آب مورد نیاز در هر دور و در طول دوره رشد در تیمارهای مختلف آبیاری در جدول 1، و مقدار بارندگی این منطقه در

گیاهان در تیمارهای I<sub>2</sub>، I<sub>3</sub> و I<sub>4</sub> به ترتیب 15/30، 17/33 و 65/33 درصد، عملکرد کمتری را نسبت به تیمار I<sub>1</sub> داشتند. تیمارهای I<sub>1</sub> و I<sub>4</sub> به ترتیب بیشترین و کمترین عملکرد دانه را به خود اختصاص دادند (جدول 4). همچنین مقایسه میانگین رقم‌ها نشان داد

جدول 1- دور آبیاری، مقدار آب مصرفی در هر دور و کل آب مصرف شده در آبیاری هر تیمار.

تیمارهای آبیاری	تعداد دور آبیاری	هر دور آبیاری در هر تیمار (m <sup>3</sup> )	مقدار آب آبیاری در هر طول دوره رشد در هر تیمار (m <sup>3</sup> )	مقدار آب آبیاری در طول دوره رشد در هر تیمار (m <sup>3</sup> )	مقدار بارندگی از زمان کاشت تا مهر ماه (mm)	مقدار بارندگی از زمان کاشت تا شهریور ماه (mm)
I <sub>1</sub>	8	5/16	41/28	2457/14		
I <sub>2</sub>	6	5/29	31/74	1889/28	330/3	199/8
I <sub>3</sub>	4	6/75	27/00	1607/14		
I <sub>4</sub>	-	-	-	-		

در گروه رسیدگی III، در تیمار I<sub>4</sub> (تیمار بدون آبیاری) مقدار آب دریافتی از طریق بارندگی در کل دوره رشد حدوداً 199/8 میلی‌متر و در گروه رسیدگی IV، حدوداً 330/3 میلی‌متر بود.

جدول 2- توزیع بارندگی در دوره رشد رقم‌های سویا در سال 1388.

مقدار بارندگی (mm)	خرداد	تیر	مرداد	شهریور	مهر	جمع
	38/8	0/6	82/9	77/5	130/5	330/3

کمترین عملکرد زیستی را به خود اختصاص داد (جدول 6). کوچکترین کاهش در پتانسیل آب خاک موجب کاهش در تعرق و در نتیجه محدودیت رشد می‌گردد (مولت و ویستیت 1996)، و تولید زیست توده در گیاهان تحت شرایط تنش کمبود آب، کاهش می‌یابد (فاروغ و همکاران 2009).

شاخص بهره‌وری آب: بررسی شاخص بهره‌وری آب آبیاری در بین تیمارهای مختلف نشان داد که از لحاظ عملکرد دانه و عملکرد زیستی، تیمار I<sub>3</sub> نسبت به تیمارهای آبیاری دیگر، از بهره‌وری بیشتری برخوردار بود (جدول 4). هر چند تیمار مذکور به طور معنی‌داری عملکرد دانه کمتری نسبت به تیمار I<sub>1</sub> داشت و با تیمار I<sub>2</sub> از این نظر در یک گروه آماری قرار گرفت ولی بهره‌وری آب یکی از شاخص‌های بسیار مهم در استفاده بهینه از منابع آب است (احسانی و خالدی 1382). بدلیل محدودیت کمی و

که رقم 033 از گروه رسیدگی IV بیشترین و رقم زان از گروه رسیدگی III کمترین عملکرد دانه را دارا بودند (جدول 5). در بین رقم‌های گروه رسیدگی III نیز رقم مادری بیشترین عملکرد را به خود اختصاص داد. عملکرد دانه مهم‌ترین صفت مورد ارزیابی در گیاهان دانه‌ای از جمله سویا می‌باشد. کاهش عملکرد تحت شرایط تنش کمبود آب با نتایج پورموسوی و همکاران (1388) و روح الامین و همکاران (2009) مطابقت داشت.

عملکرد زیستی: نتایج حاصل از تجزیه واریانس نشان داد که بین سطوح آبیاری و رقم‌ها از لحاظ عملکرد زیستی در سطح احتمال یک درصد اختلاف معنی‌داری وجود داشت. همچنین برهمکنش آبیاری و رقم از نظر این صفت در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار بود (جدول 3). برهمکنش آبیاری و رقم نشان داد که رقم 033 در تیمار I<sub>1</sub>، بیشترین و رقم زان در تیمار I<sub>4</sub>

دانه و عملکرد زیستی بود (جدول 5). از آنجایی که این دو رقم هر دو به گروه رسیدگی IV تعلق دارند، به نظر می‌رسد که در درون گروه‌های رسیدگی نیز از نظر بهره‌وری مجموع آب آبیاری و بارش، تفاوت معنی‌داری وجود دارد.

بهره‌وری آب آبیاری نسبت به شرایط بدون آبیاری نیز یکی از شاخص‌های بهره‌وری آب می‌باشد که عملکرد تحت شرایط آبیاری را نسبت به شرایط بدون آبیاری می‌سنجد (سپاسخواه و همکاران، 1385). نتایج تجزیه واریانس حاکی از اثر غیر معنی‌دار آبیاری بر این صفت بود (جدول 3). در بین رقم‌ها، رقم 033 بیشترین و رقم زان کمترین بهره‌وری آب آبیاری نسبت به شرایط بدون آبیاری از نظر عملکرد دانه و عملکرد زیستی را دارند و نیز رقم 032 دارای کمترین مقدار این صفت از نظر عملکرد دانه بود (جدول 5).

بهره‌وری بارش نیز بر اساس تقسیم عملکرد (کیلوگرم در هکتار) به مقدار بارش (مترمکعب) محاسبه گردید. نتایج حاکی از اثر معنی‌دار (در سطح احتمال یک درصد) آبیاری و رقم بر این صفت از نظر عملکرد دانه و عملکرد زیستی بود. برهمکنش آبیاری و رقم نیز از نظر عملکرد دانه و زیستی در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار بود (جدول 3). برهمکنش آبیاری و رقم نشان داد که رقم مادری در تیمار I<sub>1</sub>، بیشترین و رقم‌های سحر و زان در تیمار I<sub>4</sub> کمترین بهره‌وری بارش را از نظر عملکرد دانه دارا بودند (جدول 6). همچنین رقم مادری در تیمار I<sub>1</sub>، بیشترین رقم‌های سحر، 032 و زان در تیمار I<sub>4</sub> کمترین بهره‌وری بارش را از نظر عملکرد زیستی دارا بودند (جدول 6). در بین رقم‌های مورد بررسی، رقم 033 بهره‌وری آب بیشتری از آبیاری، آبیاری نسبت به شرایط بدون آبیاری و مجموع آب آبیاری و بارش را نشان داد (این رقم بیشترین عملکرد را نیز دارا بود). علاوه بر تفاوت در گروه رسیدگی، رقم‌های مورد بررسی در این تحقیق، از نظر نوع رشد (رشد نامحدود و رشد محدود)، نیز متفاوت می‌باشند. شاید

کیفی منابع آب در طول دوره رشد گیاه، تیمار I<sub>3</sub> می‌تواند گزینه مناسبی باشد. مقایسه میانگین رقم‌ها نیز نشان داد که رقم 033 با میانگین 0/9 و 1/67 کیلوگرم بر مترمکعب به ترتیب بیشترین بهره‌وری آب از نظر عملکرد دانه و زیستی را داشتند. ارقام مشابه برای رقم زان به ترتیب 0/47 و 0/85 بودند (جدول 5). این دو رقم به ترتیب بیشترین و کمترین عملکرد دانه را نیز داشتند (جدول 5). البته در درون گروه‌های رسیدگی نیز در مورد صفات مذکور از نظر بهره‌وری آب آبیاری تفاوت معنی‌داری وجود داشت. به این صورت که در بین رقم‌های گروه رسیدگی IV، رقم 033 بیشترین و رقم سحر کمترین بهره‌وری آب آبیاری را از نظر عملکرد دانه دارا بود یا در بین گروه رسیدگی III، رقم مادری بیشترین و رقم زان کمترین شاخص بهره‌وری آب آبیاری را از نظر عملکرد دانه و عملکرد زیستی داشت (جدول 5).

بهره‌وری مجموع آب آبیاری و بارش نیز یکی از شاخص‌های بهره‌وری آب می‌باشد (سپاسخواه و همکاران 1385). نتایج نشان داد که از لحاظ عملکرد دانه و عملکرد زیستی، تیمار I<sub>4</sub> نسبت به تیمارهای I<sub>1</sub>، I<sub>2</sub> و I<sub>3</sub> (بین سه تیمار مذکور اختلاف معنی‌داری وجود نداشت)، بهره‌وری کمتری داشت (جدول 4). بنابراین در شرایط منطقه رشت در کشت سویا جهت حصول عملکرد قابل قبول، ضرورت آبیاری تکمیلی یک امر اجتناب ناپذیر است. اما عدم تفاوت معنی‌دار عملکرد دانه در بین دو تیمار I<sub>2</sub> و I<sub>3</sub> (جدول 4) بیانگر این مطلب است که آبیاری بر اساس مکش خاک 70-75 سانتی‌بار (I<sub>3</sub>)، در مقایسه با آبیاری در مکش 50-55 سانتی‌بار خاک (I<sub>2</sub>)، امکان بهره‌وری مناسب‌تری از مجموع آب آبیاری و بارش را فراهم می‌کند. در بین رقم‌ها نیز رقم 033 با میانگین 0/3 و 0/56 کیلوگرم بر مترمکعب به ترتیب دارای بیشترین بهره‌وری مجموع آب آبیاری و بارش برای عملکرد دانه و عملکرد زیستی و رقم سحر با میانگین 0/2 و 0/37 کیلوگرم بر مترمکعب به ترتیب دارای کمترین بهره‌وری مجموع آب آبیاری و بارش برای عملکرد

آب کمتری برخوردار بود (در واقع با توجه به مصرف بیشتر آب، از آب آبیاری برای تولید ماده خشک بهره کمتری برده است). ولی از آنجایی که تیمار I<sub>3</sub> در بین بقیه تیمارها، بیشترین بهره‌وری آب را نشان داد و از نظر عملکرد دانه نیز با تیمار I<sub>2</sub> در یک گروه آماری قرار گرفت، به نظر می‌رسد که این تیمار (I<sub>3</sub>) مناسب‌ترین شاخص بهره‌وری آب را دارا می‌باشد. طی آزمایشی دو ساله در سویا نیز به منظور صرفه جویی در مصرف آب و افزایش راندمان استفاده از آب و داشتن عملکرد بالاتر با مقدار آب یکسان، تیمار 75 درصد آبیاری کامل، پیشنهاد شده است (گیرکاک و همکاران 2009). در بین رقم‌های مورد بررسی نیز، رقم 033 بیشترین بهره‌وری آب آبیاری را نشان داد (این رقم بیشترین عملکرد دانه را نیز دارا بود). بنابراین به نظر می‌رسد در کشت سویا در منطقه رشت، رقم 033 با تیمار I<sub>3</sub> باعث بالاترین استفاده یا بهره‌برداری از منابع آب گردید.

یکی از دلایل برتری نسبی بهره‌وری بارش گروه رسیدگی III، رشد نامحدود بودن آنها باشد. رقم‌های رشد نامحدود، به علت آنکه استعداد گلدهی برای مدت طولانی دارند، به اندازه رقم‌های رشد محدود نسبت به تنش کمبود آب حساس نیستند (کافی و همکاران 1384). محققان زیادی در تحقیقات خود در زمینه کم-آبیاری به بهبود شاخص بهره‌وری آب آبیاری دست یافته بودند (کریمی و همکاران 1388، خواجه‌ئی‌نژاد و همکاران 1384 و کانگ و همکاران 2000). نتایج این آزمایش نشان داد که کم آبیاری باعث افزایش شاخص بهره‌وری آب گردید به طوری که تیمارهای I<sub>2</sub> و I<sub>3</sub> نسبت به تیمار I<sub>1</sub>، به ترتیب 13 و 33 درصد افزایش نشان دادند. مشاهده شده است که اگر حجم آبیاری با ازدیاد مراحل آبیاری افزایش یابد، بهره‌وری آب کاهش می‌یابد (هانکس 1974). در آزمایش حاضر، تیمار آبیاری I<sub>1</sub> (شاهد) بیشترین مقدار آب آبیاری را در طول فصل رویش دریافت کرد (2457/14 متر مکعب در هکتار) و تعداد دور آبیاری نیز در این تیمار بیشترین بود (8 دور). اما با توجه به نسبت ماده خشک تولیدی به آب مصرفی، این تیمار از بهره‌وری

جدول 3- تجزیه واریانس بهره‌وری آب آبیاری، آب آبیاری نسبت به شرایط بدون آبیاری، مجموع آب آبیاری و بارش و بهره‌وری بارش از نظر عملکرد دانه و عملکرد زیستی سویا در سطوح آبیاری

میانگین مربعات						
منبع تغییرات	درجه آزادی	عملکرد دانه	عملکرد زیستی	بهره‌وری آب آبیاری در عملکرد زیستی	بهره‌وری آب آبیاری در عملکرد دانه	نسبت به شرایط بدون آبیاری در عملکرد زیستی
بلوک	2	42070 <sup>ns</sup>	110773 <sup>ns</sup>	0/05 <sup>ns</sup>	0/01 <sup>ns</sup>	0/06 <sup>ns</sup>
آبیاری	3	3200825 <sup>**</sup>	10616084 <sup>**</sup>	0/53 <sup>**</sup>	0/34 <sup>**</sup>	0/03 <sup>ns</sup>
خطای a	6	27031	88215	0/01	0/004	0/006
رقم	6	636128 <sup>**</sup>	2458805 <sup>**</sup>	0/63 <sup>**</sup>	0/15 <sup>**</sup>	0/07 <sup>**</sup>
آبیاری × رقم	18	69422 <sup>ns</sup>	266483 <sup>*</sup>	0/07 <sup>ns</sup>	0/02 <sup>ns</sup>	0/03 <sup>ns</sup>
خطای b	48	38962	134089	0/04	0/01	0/01
CV (درصد)	-	18/96	19/23	17/42	17/18	16/87

## ادامه جدول 3

میانگین مربعات					درجه آزادی	منبع تغییرات
بهره‌وری بارش در عملکرد دانه	بهره‌وری بارش در عملکرد زیستی	بهره‌وری مجموع آب آبیاری و بارش در عملکرد دانه	بهره‌وری مجموع آب آبیاری و بارش در عملکرد زیستی	بهره‌وری آب آبیاری نسبت به شرایط بدون آبیاری در عملکرد دانه		
0/012 <sup>ns</sup>	0/035 <sup>ns</sup>	0/002 <sup>ns</sup>	0/006 <sup>ns</sup>	0/02 <sup>ns</sup>	2	بلوک
0/53 <sup>**</sup>	0/701 <sup>**</sup>	0/037 <sup>**</sup>	0/103 <sup>**</sup>	0/01 <sup>ns</sup>	3	آبیاری
0/004	0/015	0/001	0/005	0/003	6	خطای a
0/079 <sup>**</sup>	0/201 <sup>**</sup>	0/017 <sup>**</sup>	0/054 <sup>**</sup>	0/03 <sup>*</sup>	6	رقم
0/013 <sup>*</sup>	0/038 <sup>*</sup>	0/0027 <sup>ns</sup>	0/01 <sup>ns</sup>	0/01 <sup>ns</sup>	18	آبیاری × رقم
0/006	0/021	0/002	0/007	0/009	48	خطای b
18/98	19/17	19/04	18/86	16/21	-	CV (درصد)

<sup>ns</sup>، <sup>\*</sup> و <sup>\*\*</sup> به ترتیب غیر معنی‌دار و معنی‌دار با احتمال یک و پنج درصد.

## جدول 4- مقایسه میانگین بهره‌وری (کیلوگرم بر مترمکعب) آب آبیاری و مجموع آب آبیاری و بارش در سطوح آبیاری.

بهره‌وری مجموع آب آبیاری و بارش در عملکرد دانه	بهره‌وری مجموع آب آبیاری و بارش در عملکرد زیستی	بهره‌وری آب آبیاری در عملکرد دانه	بهره‌وری آب آبیاری در عملکرد زیستی	عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار)	سطوح آبیاری (سانتی‌بار خاک)
0/271 a	0/502 a	0/54 c	1/01 b	1379 a	I <sub>1</sub>
0/265 a	0/464 a	0/61 b	1/1 b	1168 b	I <sub>2</sub>
0/279 a	0/507 a	0/72 a	1/32 a	1140 b	I <sub>3</sub>
0/188 b	0/356 b	-	-	478 c	I <sub>4</sub>

میانگین‌های دارای حروف غیر مشترک در هر ستون اختلاف آماری معنی‌داری با هم دارند (آزمون LSD 0/05).

## جدول 5- مقایسه میانگین بهره‌وری (کیلوگرم بر مترمکعب) آب آبیاری، آب آبیاری نسبت به شرایط بدون آبیاری و مجموع آب آبیاری و بارش از نظر عملکرد دانه و عملکرد زیستی در رقم‌های سویا

بهره‌وری آب آبیاری نسبت به شرایط بدون آبیاری در عملکرد زیستی	بهره‌وری آب آبیاری در عملکرد دانه	بهره‌وری آب آبیاری در عملکرد زیستی	عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار)	رقم‌های سویا
0/97 a	0/9 a	1/67 a	1512 a	033
0/79 ab	0/633 b	1/17 bc	1005 bc	سحر
0/69 bc	0/63 b	1/1 bcd	1031 bc	مادری
0/58 bc	0/59 b	1/03 cde	985 bc	L.17
0/57 bc	0/55 bc	0/96 de	894 cd	Clark
0/63 bc	0/62 b	1/22 b	1080 b	032
0/52 c	0/47 c	0/85 e	780 d	زان



ادامه جدول 5

رقم‌های سویا	آب آبیاری نسبت به شرایط بدون آبیاری در عملکرد دانه	مجموع آب آبیاری و بارش در عملکرد زیستی	مجموع آب آبیاری و بارش در عملکرد دانه	بهره‌وری (کیلوگرم بر مترمکعب)
033	0/5 a	0/56 a	0/30 a	
سحر	0/42 abc	0/37 d	0/20 d	
مادری	0/41 ab	0/50 ab	0/27 ab	
L.17	0/37 abc	0/48 bc	0/27 ab	
Clark	0/35 bc	0/44 bcd	0/25 bc	
032	0/3 c	0/42 cd	0/21 cd	
زان	0/29 c	0/39 d	0/21 cd	

میانگین‌های دارای حروف غیر مشترک در هر ستون اختلاف آماری معنی‌داری با هم دارند (آزمون LSD 0/05).

جدول 6- برهمکنش آبیاری و رقم از نظر صفت‌های شاخص برداشت و بهره‌وری (کیلوگرم در مترمکعب) بارش در عملکرد زیستی و دانه در سویا

عملکرد زیستی (کیلوگرم در هکتار)	بهره‌وری بارش در عملکرد دانه (کیلوگرم بر مترمکعب)	بهره‌وری بارش در عملکرد زیستی (کیلوگرم بر مترمکعب)	
3939 a	0/61abc	1/19ab	$V_1 \times I_1$
2222 defgh	0/35gh	0/67fgh	$V_2 \times I_1$
2627 bcd	0/74a	1/31a	$V_3 \times I_1$
2373 cdef	0/68ab	1/18ab	$V_4 \times I_1$
1751 ghij	0/49cdef	0/87cdefg	$V_5 \times I_1$
2997 b	0/45efg	0/90cdef	$V_6 \times I_1$
2017 efgh	0/54cdef	1/00bc	$V_7 \times I_1$
2843 bc	0/47defg	0/86cdefg	$V_1 \times I_2$
1980 efgh	0/31hi	0/59hij	$V_2 \times I_2$
1881 fghij	0/54cdef	0/94cd	$V_3 \times I_2$
2086 defgh	0/60bcd	1/04bc	$V_4 \times I_2$
1719 ghijk	0/52cdef	0/86cdefg	$V_5 \times I_2$
1948 efghi	0/31hij	0/58hij	$V_6 \times I_2$
1754 ghij	0/50cdef	0/87cdefg	$V_7 \times I_2$
3090 b	0/50cdef	0/93cde	$V_1 \times I_3$
2510 bcde	0/41fgh	0/76defgh	$V_2 \times I_3$
2012 efgh	0/57bcde	1/00bc	$V_3 \times I_3$
1647 hijk	0/47defg	0/82cdefgh	$V_4 \times I_3$
2055 defgh	0/57bcde	1/02bc	$V_5 \times I_3$
2301 cdefg	0/35gh	0/69efgh	$V_6 \times I_3$
1292 jklm	0/35gh	0/64ghi	$V_7 \times I_3$
1355 ijkl	0/23ijk	0/41ijk	$V_1 \times I_4$
735 klmn	0/12k	0/22k	$V_2 \times I_4$
784 lmn	0/20ijk	0/39jk	$V_3 \times I_4$
853 lmn	0/21ijk	0/42ijk	$V_4 \times I_4$
753 mn	0/19ijk	0/37jk	$V_5 \times I_4$
1145 mn	0/18jk	0/34k	$V_6 \times I_4$
637 n	0/16k	0/31k	$V_7 \times I_4$

میانگین‌های دارای حروف غیر مشترک در هر ستون اختلاف آماری معنی‌داری با هم دارند (آزمون LSD 0/05).

$I_1, I_2, I_3$  و  $I_4$  به ترتیب تیمارهای آبیاری بر اساس مکش‌های خاک 35-30، 55-50، 75-70 و بدون آبیاری  $V_1, V_2, V_3, V_4, V_5, V_6$  و  $V_7$  به ترتیب رقم‌های 033، سحر، مادری، ال.17، کلارک، 032 و زان

## منابع مورد استفاده

- آلیاری ه و شکاری ف، 1379. دانه‌های روغنی، زراعت و فیزیولوژی. انتشارات عمیدی، تبریز.
- احسانی م و خالدی ه، 1382. بهره‌وری آب کشاورزی. کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران. شماره 82.
- پورموسوی س، گلوی م م، دانشیان ج، قنبری ا، بصیرانی ن و جنوبی پ، 1388. تأثیر کود دامی بر عملکرد کمی و کیفی لاین L.17 سویا در شرایط تنش خشکی. مجله علوم گیاهان زراعی ایران، دوره 40، شماره 1. صفحه‌های 133-145.
- خواجه‌پور م ر، 1386. گیاهان صنعتی. انتشارات جهاد دانشگاهی واحد صنعتی اصفهان.
- خواجونی‌نژاد غ ر، کاظمی ح، آلیاری ه، جوانشیر ع و آروین م ج، 1384. 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، سال نهم، شماره چهارم. صفحه‌های 137-151.
- سپاسخواه ع ر، توکلی ع ر و موسوی س ف، 1385. اصول و کاربرد کم آبیاری. انتشارات کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران.
- علیزاده ا، 1383. رابطه آب و خاک و گیاه. انتشارات دانشگاه امام رضا (ع).
- کافی م، کامکار ب، شریفی ح ر و گلدانی م، 1384. فیزیولوژی گیاهی، جلد دوم (ترجمه). انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد.
- کریمی م، اصفهانی م، بیگلویی م ح، ربیعی ب و کافی قاسمی ع، 1388. تأثیر تیمارهای کم آبیاری بر صفات مورفولوژیک و شاخص‌های رشد ذرت علوفه‌ای در شرایط آب و هوایی رشت. مجله الکترونیک تولید گیاهان زراعی، جلد دوم، شماره دوم، صفحه‌های 91-110.
- لطیفی ن، 1372. زراعت سویا (زراعت - فیزیولوژی - مصارف) (ترجمه). انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد.
- موسوی ف، کریمی م و خدامباشی م، 1367. اثر رژیم‌های آبیاری بر راندمان مصرف آب دو رقم سویا. مجله علوم و صنایع کشاورزی شماره 2. صفحات 13-23.
- Bajaj S, Chen P, Longer DE, Shi A, Hou A, Ishibashi T and Brye KR, 2008. Irrigation and planting date effects on seed yield and agronomic traits of early-maturing soybean. J of Crop Improve 22 (1): 47-65.
- Brown EA, Caviness CE and Brown DA, 1985. Response of selected soybean cultivars to soil moisture deficit. Agron J 77: 274 - 278.
- English MJ and James L, 1990. Deficit irrigation, II: Observation on Colombia basin. ASCE, J of Irrig. and Drain Eng 116: 413-426.
- Farooq M, Wahid A, Kobayashi N, Fujita D and Basra SMA, 2009. Plant drought stress: effects, mechanisms and management. Agron Sustain Dev 29: 185-212.

- Gerçak S, Boydak E, Okant M and Dikilitas M, 2009. Water pillow irrigation compared to furrow irrigation for soybean production in a semi-arid area. *Agricultural Water Management* 96: 87-92.
- Hanks RJ, 1974. Model for predicting plant yield as influenced by water use. *Agron J* 66: 660-665.
- Kang S, Shi W and Zhang J, 2000. An improved water-use efficiency for maize grown under regulated deficit irrigation. *Field Crop Res* 67: 207-214.
- Mullet JE and Whitsitt MS, 1996. Plant cellular responses. *Plant Growth Reg* 20:119-124.
- Popp MP, Keisling TC, Mcnew RW, Oliver LR, Dillon CR and Wallace DM, 2002. Planting date, cultivar, and tillage system effects on dryland soybean production. *Agron J* 94:81-88.
- Ruhul Amin AKM, Jahan SRA and Hasanuzzaman M, 2009. Yield components and yield of three soybean varieties under different irrigation management. *American-Eurasian Journal of Scientific Research* 4(1): 40-46.
- Sincik M, Candogan BN, Demirtas C, Büyükacangaz H, Yazgan S and Gksoy AT, 2008. Deficit irrigation of soybean [*Glycine max (L.) Merr.*] in a sub-humid climate. *J of Agron and Crop Sci* 194: 200–205.
- Zwart SJ and Bastiaanssen WGM, 2004. Review of measured crop water productivity values for irrigated wheat, rice, cotton, and maize. *Agricultural Water Management* 69: 115-133.