نشریه آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۲۹، شماره ۳، مرداد – شهریور ۱۳۹۴، ص. ۵۵۹-۵۵۱

Journal of Water and Soil
Vol. 29, No. 3, Jul.-Agu. 2015, p. 551-559

اثرات کم آبیاری بر عملکرد کمی و کیفی سویا در منطقه کرمانشاه

مریم اسمعیلی[1*]- بهمن فرهادی بانسوله[2]- مختار قبادی[3]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۲/۱۱/۰۲
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۳/۱۱/۱۸

چکیده

به منظور ارزیابی عملکرد کمی و کیفی سویا تحت شرایط کم‌آبیاری، آزمایشی در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با چهار تکرار و چهار تیمار در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه رازی کرمانشاه در سال ۱۳۹۱ اجرا گردید. تیمارهای آبیاری شامل چهار سطح ۲۰ درصد پرآبیاری (T4)، آبیاری کامل (T3)، ۲۰ درصد کم‌آبیاری (T2) و ۴۰ درصد کم‌آبیاری (T1) بودند. صفت‌های مورد بررسی شامل عملکردهای دانه، بیولوژیک، ساقه، غلاف، پروتئین، روغن و شاخص‌های بهره‌وری آب بودند. بیشترین و کمترین عملکرد دانه به ترتیب در تیمارهای T4 و T1 به مقدار ۱۹۴۰ و ۱۰۸۴ کیلوگرم در هکتار اندازه‌گیری شد. با کاهش میزان آبیاری درصد پروتین دانه افزایش و درصد چربی دانه کاهش یافت. با توجه به کاهش هم‌زمان عملکرد دانه و درصد چربی دانه در شرایط کم آبیاری میزان کاهش روغن دانه شدیدتر از سایر شاخص‌های عملکردی بود. عملکرد محصول از نظر چربی در تیمارهای T2 و T1 نسبت به تیمار شاهد (T3) به ترتیب ۲۶/۲ و ۵۰/۱ درصد کاهش داشت. بررسی شاخص‌های بهره‌وری آب نشان داد که با کاهش آب آبیاری شاخص بهره‌وری آب نسبت به عملکرد دانه، بیولوژیک و پروتئین افزایش و نسبت به روغن کاهش می‌یابد. تیمار T2 با در نظر گرفتن کلیه شاخص‌ها به عنوان بهترین تیمار پیشنهاد گردید.

واژه های کلیدی: بهره وری، تنش آبی، دانه روغنی، کرمانشاه، میزان روغن

مقدمه

سویا از قدیمی‌ترین گیاهان زراعی و یکی از منابع عمده تولید روغن و پروتئین گیاهی می‌باشد (۱۶). از گیاه سویا می‌توان به عنوان مرتع، علوفه خشک، کود سبز یا علوفه تازه استفاده کرد. دانه‌های سویا ارزش غذایی زیادی دارند و در صنایع غذایی زیادی از آن استفاده می‌شود. کنجاله سویا نیز درتغذیه دام‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرد. بر اساس آمار، بخش قابل توجهی از روغن مورد نیاز کشور از خارج وارد می‌گردد بنابراین تولید داخلی گیاهان روغنی حائز اهمیت می‌باشد.

یکی از مهم‌ترین عوامل محیطی تعیین کننده عملکرد دانه، وضعیت رطوبتی خاک است. تنش کمبود آب یکی از عوامل محدود کننده رشد در سویا می‌باشد (۵). تنش کم‌آبی در مرحله رشد رویشی موجب کاهش میزان رشد در گیاه می‌گردد. مقدار آب مصرفی سویا با توجه به تغییر وضعیت آب و هوا، مدیریت و طول فصل رشد متفاوت است (۱۹). کم‌آبیاری، فراهم شدن آب به‌میزان کمتر از نیاز آبی واقعی گیاه (تقریباً معادل تبخیر و تعرق) است. اما استراتژی کم‌آبیاری، اعمال کم‌آبیاری با هدف کاهش آب مصرفی و افزایش کارآیی مصرف آب است. شرایط لازم برای موفقیت این استراتژی شامل تعیین دقیق میزان نیاز آبی گیاه در شرایط بدون تنش خشکی، تعیین میزان بهینه آبی که لازم است در شرایط کم‌آبیاری به گیاه داد، تعیین شرایط فیزیولوژیکی و فنولوژیکی گیاه و نحوه عکس‌العمل گیاه به شرایط تنش خشکی و اطلاع از شرایط اقلیمی در دوره اعمال تنش می‌باشد (۲۰). در واقع کم‌آبیاری یک راه کار مطلوب برای تولید محصول در شرایط کمبود آب است که کاهش محصول در واحد سطح با افزایش سطح زیر کشت جبران می‌شود (۹). امینی فر و همکاران (۱) با بررسی اثر کم‌آبیاری بر عملکرد سویا به این نتیجه رسیدند که با کاهش آبیاری از عملکرد دانه به طور معنی‌داری کاسته شد. بابازاده و همکاران (۲) در تحقیقی به منظور بررسی تاثیر اعمال کم آبیاری روی صفات کیفی و برخی صفات مرفولوژی گیاه سویا به این نتیجه رسیدند که اعمال کم آبیاری موجب کاهش رشد اندام هوایی سویا، افزایش رشد اندام زیرزمینی و کاهش دوره رشد گیاه می‌گردد. حقی

۱ و ۲- دانشجوی سابق کارشناسی ارشد آبیاری و زهکشی و استادیار گروه مهندسی آب، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه رازی کرمانشاه
(*- نویسنده مسئول: Email: maryam.esmaili1394@gmail.com)
۳- استادیار گروه زراعت و اصلاح نباتات، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه رازی کرمانشاه

آبی (۱۲) در بررسی تاثیر کم آبیاری روی عملکرد سویا در منطقه خرم آباد بیان نمود که محدودیت آب، عمده‌ترین عامل منفی و بازدارنده در زراعت آبی محسوب می‌شود و به دلیل وجود این محدودیت از جنبه های کیفی و کمی، تحقیقات کم‌آبیاری جهت بهینه‌سازی مصرف آب و تعیین عمق آب آبیاری در استراتژی مورد نظر، جایگاه ویژه‌ای می‌یابد. ویرا و همکاران (۲۵) اظهار داشتند که تنش کمبود آب با کاهش طول دوره پر شدن دانه سبب کاهش اندازه نهایی دانه و در نهایت کاهش معنی دار عملکرد دانه (۳۲ تا ۴۲ درصد) گردید. بیشترین عملکرد زمانی به دست می‌آید که شرایط محیطی از جمله رطوبت قابل دسترس در تمامی مراحل رشد گیاه در حد مطلوب باشد (۱۴). کاهش میزان هدایت روزنه‌ای و کاهش سرعت سوخت و ساز کربن از عوامل موثر در کاهش عملکرد در شرایط کمبود آب شناخته شده‌اند (۱۱).

نتایج مطالعات قبلی بیان‌گر این است که در شرایط کم‌آبیاری کیفیت محصول نیز تحت تاثیر قرار می‌گیرد. درصد پروتئین و چربی دانه از مهم‌ترین خصوصیات کیفی محصول سویا می‌باشد که در برخی از مطالعات قبلی نیز مورد بررسی قرار گرفته‌اند. اگر چه درصد پروتئین عمدتا تحت کنترل پارامترهای ژنتیکی است اما عوامل محیطی نیز آن را تحت تاثیر قرار می‌دهد. کوبر و ولدنگ (۶) نشان دادند که رابطه بین میزان پروتئین و روغن دانه سویا معمولاً معکوس می‌باشد، یعنی با افزایش یکی از آن‌ها، دیگری کاهش پیدا می‌کند. هم‌چنین مقدار آب مصرفی با توجه به تغییر وضعیت آب و هوا مدیریت و طول فصل رشد متفاوت می‌باشد (۱۹).

بهره‌وری آب[1] یکی از شاخص‌های بسیار مهم در استفاده از منابع آب است (۸). بررسی بهره وری آب کشاورزی در گیاه و یا در مزرعه عموماً بر اساس میزان عملکرد به ازای متر مکعب آب مصرفی می‌باشد (۷). کیانی و هزار جریبی (۱۸) طی ارزیابی راهبرد کم آبیاری در ارتقا بهره‌وری آب اظهار داشته‌اند که کم‌آبیاری گزینه‌ای کارا در استفاده از حجم مشخصی از آب و بسیار موثر در افزایش تولید می‌باشد. نتایج محققین در مورد تاثیر سطوح مختلف آبیاری بر بهره‌وری آب متفاوت می‌باشد به طوری که برخی افزایش آن را در شرایط کم‌آبیاری گزارش نموده‌اند (۱۵ و ۱۷). برخی اظهار داشته‌اند که بیشترین بهره‌وری آب در شرایط آبیاری مطلوب بدست می‌آید و با کاهش مقدار آب مصرفی از بهره وری آب کاسته می‌شود (۳ و ۲۲). با توجه به محدودیت منابع آب و کاهش میزان بارندگی در سال‌های اخیر، هم‌چنین ضرورت توجه به بازدهی آب آبیاری در گیاهان زراعی، تدوین برنامه آبیاری مناسب امری اجتناب ناپذیر است. در بیشتر مطالعات قبلی در ایران اثر کم‌آبیاری عمدتاً روی عملکرد کمی مورد بررسی قرار گرفته است و در خصوص تاثیر کم‌آبیاری روی عملکرد توام کمی و کیفی آن مطالعات چندانی صورت نگرفته است. با توجه به این‌که کشت سویا در منطقه کرمانشاه تا کنون رایج نبوده است انجام مطالعه‌ای به منظور بررسی خصوصیات کمی و کیفی محصول سویا در منطقه کرمانشاه در شرایط کم‌آبیاری ضرورت دارد.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در سال ۱۳۹۱ در مزرعه تحقیقاتی پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه رازی کرمانشاه اجرا گردید. بافت خاک محل آزمایش طی آزمایش هیدرومتری لوم رسی برآورد شد. خصوصیات هواشناسی محل آزمایش در سال انجام آزمایش طبق (جدول ۱) می‌باشد.

آزمایش در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با چهار تکرار در چهار تیمار آبیاری اجرا گردید. تیمارها شامل چهار سطح آبیاری بود که به صورت تیمارهای ۴۰ درصد کم آبیاری (T1)، ۲۰ درصد کم آبیاری (T2)، آبیاری کامل (T3) و۲۰ درصد پر آبیاری(T4) بود. علت انتخاب تیمار T4 عدم قطعیت در برآورد دقیق تبخیر و تعرق پتانسیل گیاه زراعی به دلیل خطاهای احتمالی در محاسبه تبخیر و تعرق پتانسیل گیاه مرجع و ضریب گیاهی بوده است. کاشت بذر در ۲۴ خرداد ۱۳۹۱ به صورت جوی و پشته با دست انجام شد. هر کرت به صورت هشت ردیف کشت به طول چهار متر بود. فاصله بین ردیف‌ها ۵۰ سانتی‌متر و فاصله بین بوته‌ها روی ردیف ۵ سانتی‌متر بود. قبل از کشت بذرها توسط قارچ کش ضد عفونی شدند. برای مبارزه با علف‌های هرز وجین با دست انجام گرفت. برای اطمینان از سبز شدن بذرها و استقرار بوته ها مقدار آب آبیاری در این دوره رشد به طور یکسان انجام گردید. از نوبت چهارم آبیاری با دور ۷ روزه طبق عرف کشاورزان منطقه، اعمال تیمارها انجام گرفت. آبیاری از طریق شیلنگ و کنتور حجمی با دقت ۰/۱ لیتر انجام گردید. مقدار آب مورد نیاز جهت آبیاری از طریق اطلاعات سایت www.fieldclimate.com (آخرین تاریخ دسترسی به سایت مذکور ۱۳۹۳/۱۱/۱۴ می‌باشد) محاسبه شد. به این نحو که اطلاعات روزانهٔ هواشناسی توسط ایستگاه هواشناسی هوشمند موجود درگروه مهندسی آب پردیس کشاورزی و منابع طبیعی برای تجزیه و تحلیل به سایت www.fieldclimate.com فرستاده شد. در این سایت امکان تعریف یک یا چند مزرعه با محصولات و تاریخ کشت‌های مختلف وجود دارد. در این مطالعه یک مزرعه سویا با مشخصات تیمارT3 که در آن تاریخ کشت و منحنی ضریب گیاهی (Kc) سویا وارد شده بود در این سایت تعریف گردید. اطلاعات هواشناسی مزرعه به صورت ساعتی و از طریق موبایل با سیستم GPRS به سایت ارسال گردید. در سایت مذکور تبخیر و تعرق پتانسیل گیاه مرجع (ETo) هر روز بر اساس

1- Water productivity

متوسط داده‌های هواشناسی روزانه و با استفاده از فرمول اصلاح شده فائو پنمن مانتیث محاسبه می‌گردد. سایت مذکور تبخیر و تعرق پتانسیل گیاه زراعی را از حاصلضرب تبخیر و تعرق پتانسیل گیاه مرجع در ضریب گیاهی همان روز محاسبه و در جدول نیاز آبی مزرعه تعریف شده وارد می‌کند. قبل از هر آبیاری با مراجعه به سایت مجموع نیاز آبی از زمان آبیاری قبلی استخراج و به عنوان نیاز آبی تیمار T3 در نظر گرفته شد. مقدار آب مورد نیاز برای تیمارهای T1، T2 و T4 به ترتیب ۶۰، ۸۰ و ۱۲۰ درصد نیاز آبی تیمار شاهد (T3) در نظر گرفته شد. بعد از هر آبیاری مجددا به سایت مراجعه کرده و عمق آب آبیاری اعمال شده در تیمار T3 برای روزی که آبیاری شده بود وارد گردید. حجم کل آب آبیاری اعمال شده در طول دوره رشد گیاه سویا در جدول ۲ ارائه شده است.

در مرحله رسیدن فیزیولوژیک عملیات برداشت نهایی به صورت دستی انجام شد. تاریخ برداشت نهایی در تیمارهای T1، T2 ، T3 و T4 به ترتیب ۳ ، ۵ ، ۱۰ و ۱۱ مهرماه بود. علت برداشت زودتر تیمارهای کم آبیاری رسیدن سریع‌تر محصول در این تیمارها بوده است. در زمان رسیدن از هرکرت، دو متر مربع از دو ردیف کشت (۱۶۰ بوته) در وسط هر کرت برداشت و صفت‌های وزن دانه، وزن ساقه، وزن غلاف و وزن بوته اندازه‌گیری شدند. جهت تعیین وزن خشک هر یک از اندام‌های گیاه، نمونه‌ها در آون به مدت ۴۸ ساعت در دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد خشک شده و سپس توزین شدند. در آزمایشگاه، با استفاده از دستگاه سوکسله درصد چربی و با استفاده از روش کجلدال درصد پروتئین نمونه ها تعیین شد. نتایج داده‌های به‌دست آمده با استفاده از نرم افزار MSTATC تجزیه شد و میانگین‌ها با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن مقایسه شدند.

جدول۱- میانگین پارامترهای هواشناسی مزرعه آزمایشی در طول دوره رشدگیاه سویا درسال۱۳۹۱

Tabal 1- Average of meteorological parameters at the research farm during the growth season of soybean in 2011

پارامتر Parameter	خرداد June	تیر July	مرداد August	شهریور September	مهر October
حداکثر درجه حرارت (^{0}c) Maximum temperature (^{0}c)	38.8	40.6	41.9	40.2	29.6
حداقل درجه حرارت (^{0}c) Minimum temperature (^{0}c)	8.9	10	14.9	10.1	10.5
ساعات آفتابی (hr) Sunshine hours (hr)	9.7	10.2	9.9	10.3	8.06
سرعت باد (m/s) Wind speed (m/s)	3.36	3.14	3.42	2.64	4
تبخیرتعرق پتانسیل (mm/day) Potential evapotranspiration (mm/day)	6.4	7.2	7.1	5.7	4.9
میزان بارندگی (mm) Rainfall (mm)	0	0	0	0	0
متوسط رطوبت نسبی (%) Average relative humidity (%)	24	21	17	16	27

جدول۲- حجم کل آب آبیاری اعمال شده در تیمارهای مورد مطالعه

Tabal 2- Total volume of applied irrigation water in the studied treatments

تیمار Treatment	درصد آبیاری Percentage of irrigation	مقدار آب آبیاری در طول دوره رشد Amount of seasonal irrigation water	
		متر مکعب در هرکرت Cubic meter per plot	متر مکعب در هکتار Cubic meter per hactare
T1	40% کم‌آبیاری (40% less irrigation)	7.04	4398.67
T2	20% کم‌آبیاری (20% less irrigation)	9.38	5864.89
T3(شاهد)	آبیاری کامل (full irrigation)	11.73	7331.11
T4	20% پرآبیاری (20% over irrigation)	14.08	8797.33

برای تحلیل آب به کار رفته در سطوح مختلف زراعی تعریف بهره‌وری آب ارائه شده‌است (۲۱). بر همین اساس بهره‌وری آب عبارت است از عملکرد محصول به میزان آب به کار رفته. بهره‌وری آب آبیاری بر اساس فرمول‌های ۱، ۲، ۳ و ۴ برای عملکردهای دانه، بیولوژیک، پروتئین و روغن به طور جداگانه محاسبه گردید (۲۳).

بهره‌وری آب نسبت به عملکرد دانه

$$= \frac{\text{عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار)}}{\text{میزان آب مصرفی (متر مکعب در هکتار)}} \quad (۱)$$

بهره‌وری آب نسبت به عملکرد بیولوژیک

$$= \frac{\text{عملکرد بیولوژیک (کیلوگرم در هکتار)}}{\text{میزان آب مصرفی (متر مکعب در هکتار)}} \quad (۲)$$

بهره‌وری آب نسبت به عملکرد پروتئین

$$= \frac{\text{عملکرد پروتئین (کیلوگرم در هکتار)}}{\text{میزان آب مصرفی (متر مکعب در هکتار)}} \quad (۳)$$

بهره‌وری آب نسبت عملکردبه روغن

$$= \frac{\text{عملکرد روغن (کیلوگرم در هکتار)}}{\text{میزان آب مصرفی (متر مکعب در هکتار)}} \quad (۴)$$

نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس صفات مورد مطالعه در سطوح مختلف آبیاری در جدول ۳ ارائه شده که در ادامه هر صفت به صورت جداگانه مورد بحث قرار می گیرد.

عملکرد دانه: عملکرد دانه مهم‌ترین صفت مورد ارزیابی در گیاهان دانه‌ای از جمله سویا می‌باشد. نتایج تجزیه واریانس بیانگر اثر معنی‌دارتیمار کم آبیاری روی عملکرد دانه (در سطح احتمال ۱ درصد) بود (جدول ۳). با کاهش مقدار آب کاربردی از عملکرد دانه کاسته شد، به‌طوری‌که گیاه سویا در تیمارهای T1 و T2 نسبت به تیمار T3 (تیمار شاهد) به ترتیب ۲۰ و ۳۶ درصد عملکرد دانه کمتری تولید نمود و تیمار T4 نسبت به تیمار پتانسیل ۱۳ درصد افزایش محصول داشت (جدول ۵). رسیدن سریعتر محصول در تیمارهای کم آبیاری به معنی دوره کوتاه‌تر مرحله زایشی (پر شدن دانه) می‌باشد که منجر به کاهش عملکرد در این تیمارها شده است. از لحاظ آماری بین کلیهٔ تیمارها تفاوت معنی‌داری وجود داشت و تیمارهای T4 وT3در یک گروه آماری و دو تیمار دیگر نیز در دو گروه مجزا قرار گرفتند. علت قرار گرفتن تیمارهای T4 وT3 در یک گروه آماری آن است که محصول در تیمار آبیاری کامل به میزان بهینه عملکرد خود دست یافته و دانه‌ها تقریباً به نهایت رشد خود رسیده‌اند و با ۲۰ درصد آبیاری بیشتر عملکرد دانه ۱۳ درصد افزایش داشته است و این میزان افزایش باعث نشده است که تفاوت معنی‌داری بین دو تیمار برقرار شود. افزایش ۱۳ درصدی عملکرد دانه در تیمار T4 نسبت به تیمار T3 بیانگر این نکته می‌باشد که تیمار T3 شرایط پتانسیل را نداشته است و در نظر گرفتن تیمار ۱۲۰ درصد نیاز آبی معقول بوده است.

عملکرد بیولوژیک: این صفت یکی از صفات اصلی گیاهان می‌باشد که تحت تاثیر اجزاء عملکرد قرار دارد. نتایج به‌دست آمده از تجزیه واریانس نشان داد که بین سطوح مختلف آبیاری از نظر عملکرد بیولوژیک در سطح احتمال ۵ درصد اختلاف معنی‌دار وجود داشت (جدول ۳).

مقایسه میانگین تیمارها نشان داد که بیشترین عملکرد مربوط به تیمار T4 و کمترین مربوط به تیمار T1بود (جدول ۴). البته تفاوت بین عملکرد بیولوژیک در تیمار T2 و T3 در سطح ۵ درصد معنی‌دار نبود. با کاهش میزان آبیاری عملکرد بیولوژیک همانند عملکرد دانه (با شدت کمتری) کاهش یافت. حداکثر کاهش عملکرد در تیمار T1 نسبت به تیمار T3 به میزان ۲۴ درصد بود که کمتر از کاهش ۳۶.۸ درصدی عملکرد دانه بوده است (جدول ۵).

جدول ۳-تجزیه واریانس صفات مورد مطالعه سویا در سطوح مختلف آبیاری

Tabal 3- Analysis of variance traits soybean in different irrigation levels

منبع تغییرات Source of variations	درجه آزادی Degree of freedom	میانگین مربعات Mean of squares							
		درصد چربی Oil percent	درصد پروتین Protein percent	عملکرد روغن دانه Performance of grain oil	عملکرد پروتئین دانه Performance of grain protein	وزن خشک غلاف Dry weight of pod	وزن خشک ساقه Dry weight of stem	عملکرد بیولوژیک Performance of biomass	عملکرد دانه Performance of grain
تکرار Replication	3	3.472ns	1.739ns	181ns	1550ns	1794ns	27728ns	255660ns	8850 ns
تیمار Treatment	3	36.152**	13.569*	57508**	28046**	19818**	50462ns	2083280*	570905**
خطاError	9	2.930	3.435	909	3535	7118	973165	409542	13369

*معنی دار در سطح احتمال ۵ درصد،**معنی دار در سطح احتمال ۱ درصد و nsغیر معنی دار

وزن خشک ساقه: طبق نتایج هر چند که کم آبیاری باعث کاهش وزن خشک ساقه گردید (جدول ۴)، اما براساس مقایسه میانگین ها کلیه تیمارها در یک گروه آماری قرار دارند و تفاوت معناداری بین تیمارها مشاهده نشد (جداول ۳ و ۴). با ۴۰ درصد کم آبیاری فقط حدود ۱۱ درصد کاهش در عملکرد ساقه مشاهده گردید (جدول ۵) که به مراتب کمتر از کاهش عملکرد دانه و بیولوژیک می‌باشد.

جدول٤- مقایسه میانگین صفات مورد مطالعه سویا در تیمارهای آبیاری
Tabal 4- Mean comparison of studied soybean traits in the irrigation treatments

تیمار آبیاری Irrigation treatment	درصد پروتئین دانه Protein (٪) percentage of grain (%)	درصد چربی دانه (٪) Oil Percentage of grain (%)	عملکرد پروتئین دانه(کیلوگرم در هکتار) Performance of grain protein ($Kg.ha^{-1}$)	عملکرد روغن دانه (کیلوگرم در هکتار) Performance of grain oil ($Kg.ha^{-1}$)	وزن خشک غلاف (کیلوگرم در هکتار) Dry weight of pod ($Kg.ha^{-1}$)	وزن خشک ساقه (کیلوگرم در هکتار) Dry weight of stem	عملکرد بیولوژیک (کیلوگرم در هکتار) Performance of biomass ($Kg.ha^{-1}$)	عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار) Performance of grain ($Kg.ha^{-1}$)
T1	31a	16.2c	337b	175d	770b	1587a	3568c	1084c
T2	29ab	19.07bc	398ab	260c	944b	1654a	4092bc	1367b
T3	29ab	20.61ab	491a	352b	1156a	1790a	4713ab	1716a
T4	27b	23.40a	518a	454a	1270a	1824a	5102a	1940a

میانگین های دارای حروف مشترک در هر ستون برای سطوح هر تیمار، اختلاف معنی داری با یکدیگر ندارند (آزمون LSD ۰/۰۵). T1، T2، T3 و T4 به ترتیب برابر ۲۰٪ پر آبیاری، آبیاری کامل (پتانسیل)، ۲۰٪ کم آبیاری و ۴۰٪کم آبیاری می باشند.

جدول ۵ –تغییرات نسبی میانگین صفات مورد مطالعه گیاه سویا در تیمارهای آبیاری
Tabal 5- Relative changes of studied soybean traits in irrigation treatments

تیمار آبیاری Irrigation treatment	عملکرد پروتئین دانه Performance of grain protein	عملکرد چربی دانه Performance of grain oil	وزن خشک غلاف Dry weight of pod	وزن خشک ساقه Dry weight of stem	عملکرد بیولوژیک Performance of biomass	عملکرد دانه Performance of grain
T1	−31.3	−50.2	−33.3	−11.3	−24	−36.7
T2	−18.9	−26.1	−18.2	−7.6	−13.1	−20.3
T3(شاهد)	0	0	0	0	0	0
T4	+5.49	+28.9	+9.9	+2	+8.2	+13

وزن خشک غلاف: با کاهش رطوبت قابل دسترس، ظهور غلاف-دهی به تاخیر افتاد. متعاقب با این مسئله مرحله پر شدن دانه نیز به طور معنی‌داری تحت تاثیر کم‌آبیاری قرار گرفت. مرحله غلاف‌دهی یکی از حساس‌ترین مراحل رشد سویا به کمبود آب می‌باشد. با اعمال تنش تعداد غلاف‌ها در بوته کم و در نتیجه عملکرد دانه کاهش پیدا می‌کند. طبق نتایج تجزیه واریانس (جدول ۳) از لحاظ آماری تفاوت معنی‌داری در سطح ۱ درصد بین تیمارها وجود داشت و مقایسه میانگین ها نشان داد که دو تیمار T3 و T4 در یک گروه آماری قرار و دو تیمار T1 و T2 نیز در یک گروه آماری دیگر قرار گرفتند (جدول ۴). کاهش عملکرد غلاف در حالت کم آبیاری حدود ۹۰ درصد کاهش عملکرد دانه برآورد گردید (جدول ۵).

عملکرد و درصد پروتئین دانه: تجزیه واریانس بین تیمارهای مختلف کم‌آبیاری برای صفت درصد پروتئین دانه سویا نشان داد که اختلاف معنی‌داری بین این تیمارها در سطح احتمال ۵ درصد وجود

داشت. بیشینه مقدار درصد پروتئین دانه سویا مربوط به تیمار ۴۰ درصد کم‌آبیاری به میزان ۳۱درصد و کمترین مقدار درصد پروتئین مربوط به تیمار بیش‌آبیاری و به میزان ۲۷ درصد بوده است (جدول ۵). با کاهش مقدار آب آبیاری درصد پروتئین افزایش یافته است، اما به دلیل کاهش عملکرد دانه در اثر افزایش تنش خشکی، میزان عملکرد نهایی پروتئین کاهش یافته است. در شرایط تنش کمبود آب با کوچک شدن اندازه دانه پروتئین حجم بیشتری از دانه را نسبت به شرایط غیر تنش اشغال نموده‌است. بر اساس نتایج به‌دست آمده، با کاهش درصد پروتئین و کاهش عملکرد دانه با افزایش شدت تنش آبی، عملکرد پروتئین نیز کاهش پیدا کرده است (جدول ۴). کوبر و ولدنگ (۶) نیز اظهار داشتند با کم‌آبیاری توانسته اند بر روی میزان پروتئین دانه سویا اثر بگذارد.

عملکرد روغن و درصد چربی دانه: تجزیه واریانس اثر تیمارهای کم آبیاری بر درصد چربی دانه سویا نشان داد که اختلاف معنی‌داری بین تیمارها در سطح احتمال ۱ درصد وجود دارد (جدول ۳). در این تحقیق تیمار T4 بیشترین درصد چربی را به خود اختصاص داد یعنی با افزایش میزان آب آبیاری درصد چربی دانه سویا افزایش یافت. کمترین درصد چربی مربوط به تیمار ۴۰ درصد کم آبیاری بود. اثر کم آبیاری بر روی عملکرد روغن در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۳). تحت تاثیر کم‌آبیاری عملکرد دانه و درصد چربی کاهش یافته، همین امر موجب تشدید افت عملکرد روغن نیز شده است. به طوریکه بیشترین درصد کاهش عملکرد چربی به میزان ۵۰ درصد در تیمار ۴۰ درصد کم‌آبی و در تیمار ۲۰ درصد پرآبی ۲۸ درصد افزایش عملکرد روغن می باشد (جدول ۵). تحت شرایط این آزمایش درصد روغن و پروتئین برعکس یکدیگر بوده و با کاهش درصد روغن، درصد پروتئین افزایش نشان داد. نتایج این مطالعه با نتایج ارایه شده توسط بهتری و همکاران (۴) مطابقت دارد و با گزارش ارایه شده توسط هوبر و موندل (۱۳) همخوانی ندارد. بهتری و همکاران (۴) اثر معنی‌دار محدودیت آب بر روی ذخیره‌سازی درصد پروتئین و روغن در بذرهای سویا گزارش نمودند، هم‌چنین با تشدید کم‌آبی تولید روغن و پروتئین در واحد سطح کاهش پیدا کرد. اما بر اساس گزارش سیونیت و کرامر (۲۴) تنش خشکی تاثیر کمی بر میزان روغن و پروتئین سویا داشته است در حالی‌که هوبر و موندل (۱۳) اعلام نمودند که تنش خشکی موجب افزایش پروتئین دانه سویا و کاهش روغن می‌شود.

شاخص بهره‌وری نسبت به عملکردهای دانه، بیولوژیک، روغن و پروتئین: شاخص بهره‌وری آب آبیاری در بین تیمارهای مختلف آبیاری نشان داد از لحاظ عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک تیمار T1 نسبت به سایر تیمارهای آبیاری از بهره‌وری بیشتری برخوردار بود (جدول ۶). هرچند تیمار یاد شده به طور معنی‌داری عملکرد دانه کمتری نسبت به تیمار T4داشت ولی به دلیل محدودیت کمی و کیفی منابع آب در طول دوره رشد گیاه تیمار T1 می‌تواند گزینه مناسبی باشد. طبق نتایج این آزمایش کم آبیاری باعث افزایش شاخص بهره‌وری آب نسبت به عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک گردید. براساس نتایج جدول ۲ بیشترین حجم آبیاری در تیمار T4 با میزان آب ۸۷۹۷ مترمکعب در هکتار می‌باشد اما با توجه به نسبت ماده خشک تولیدی به آب مصرفی، این تیمار از بهره‌وری پایینی برخوردار بود.

جدول ٦- مقایسه میانگین بهره‌وری آب صفات مورد مطالعه گیاه سویا (Kg/m^3)

Tabal 6- Means Compartion water productivity of soybean traits

تیمار آبیاری Irrigation treatment	بهره وری آب نسبت به عملکرد پروتئین Water productivity to performance of protein	بهره وری آب نسبت به عملکرد روغن Water productivity to performance of oil	بهره وری آب نسبت به عملکرد بیولوژیک Water productivity to performance of biomass	بهره وری آب نسبت به عملکرد دانه Water productivity to performance of grain
T1	0.077a	0.04b	0.81a	0.24a
T2	0.068a	0.044a	0.69b	0.23b
T3(شاهد)	0.067a	0.048a	0.64b	0.23b
T4	0.059a	0.052a	0.58c	0.22b

طبق نتایج به‌دست آمده، با افزایش شدت تنش خشکی بهره‌وری آب نسبت به عملکرد روغن کاهش و نسبت به عملکرد پروتئین افزایش یافته است. طبق نتایج بهره‌وری آب نسبت به عملکرد روغن سه تیمار T2، T3 و T4 در یک گروه آماری قرار دارند و تیمار T1 در یک گروه آماری دیگر قرار دارند اما بهره‌وری آب نسبت به عملکرد پروتئین کلیه تیمارها در یک گروه آماری قرار دارند و تفاوت معناداری در بین کلیه تیمارهای آبیاری مشاهده نشد (جدول ۶).

نتیجه‌گیری کلی

نتایج این آزمایش نشان داد که با کاهش مقدار آب مصرفی از عملکرد دانه و بیولوژیک به طور معنی‌داری کاسته شد، به طوری‌که بیشترین عملکرد در تیمار T4 و کمترین آن در تیمار T1 به‌دست آمد. هم‌چنین این دو تیمار به ترتیب کمترین و بیشترین بهره‌وری آب

نسبت به عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک را نشان دادند. این نکته بیانگر این می باشد که تیمار T3 شرایط پتانسیل را نداشته است. فلذا پیشنهاد می‌گردد که در مطالعات کم آبیاری با توجه به عدم قطعیتی که در برآورد مقدار نیاز آبی محصولات وجود دارد تیمارهایی مشابه تیمار T4 تعریف گردد. با اعمال تنش کم‌آبی گیاه سویا به طور معنی‌داری از درصد چربی دانه سویا کاسته شد و درصد پروتئین دانه با افزایش تنش آبی افزایش یافت. با توجه به این‌که کم‌آبیاری هم باعث کاهش عملکرد و هم باعث کاهش درصد روغن می‌گردد در نتیجه میزان روغن تولیدی به شدت کاهش می‌یابد. با توجه به نتایج بدست آمده برای ذخیره منابع آب تیمار T2 بهترین گزینه برای توصیه کم‌آبیاری می‌باشد زیرا درصد روغن و پروتئین مناسب و هم عملکرد خوبی دارد. با توجه به اینکه هدف اصلی از کشت سویا تولید روغن می‌باشد کم‌آبیاری برای سویا بایستی با احتیاط صورت گیرد و نیاز به بررسی‌های اقتصادی دارد.

منابع

1- Aminifar J., Mohsenabadi G.H., Biglouei M.H., and Samiezadeh H. 2012.Evaluation of phenological stages and yield of soybean cultivars under deficit irrigation conditions in Rasht region. Iranian Journal of Field Crops Research, 10 (2): 428-434. (in Persian with English abstract)
2- Babazade H., and Sarai Tabrizi M. 2012. Assessment of Aqua Crop model under soybean deficit irrigation management conditions. Journal of Soil and Water, 26 (2):329-339. (in Persian with English abstract)
3- Bayat E., Sepehri A., Ahmadvand G., and Dory H.R. 2010. Effect of water stress on water use efficiency and drought tolerance indices of pinto bean genotypes.11th Iranian Crop Science Congress. Environmental Sciences Research Institute, Shahid Beheshti University, Tehran. (in Persian)
4- Behtari B., Ghassemi – Golezani K., Dabbagh - Mohammadi Nasab A., Zehtab – Salmasi S., and Toorchi M. 2008. Influence of water deficit on oil and protein content of soybean (Glycine max L.) seed. Journal of Agricultural Science, 17(4): 65-73. (in Persian with English abstract)
5- Brown E.A., Caviness C.E., and Brown D.A. 1985. Response of soybean cultivars to soil moisture deficit. Agronomy journal, 77 (2): 274-278.
6- Cober, E.R and Voldeng H.D. 2000. Developing high-protecting, high-yield soybean population and lines. Crop Science, 40 (1): 39-42.
7- Dehghanisanij H. 2010. Deficit irrigation and agricultural water use efficiency. First National Conference on environmental stresses in agricultural Science. Birjand University, (in Persian)
8- Ehsani M., and Khaledi H. 2004. Water productivity in agriculture. Iranian National Committee of Irrigation and Drainage. (in Persian)
9- English M.J., Musick J.T., and Mutry V.V.N. 1992. Deficit irrigation. P 361-393, In: Howell, J.G., and Solomons, K.H. (ed). Management of farm irrigation systems. ASCE publication, New York, USA.
10- Farooq M., Wahid A., Kabayashi N., Fujita D., and Basra S.M.A. 2009. Plant drought stress: effect, mechanisms and management. In: Sustainable Agriculture. E. Lichtfouse, M. Navarrete, P. Debaeke, S. Véronique and C. Alberola. Springer Netherlands, 153-188.
11- Gonzalez-Rodringuez A.M., Martin-divera A., Morales D., and Jimenez M.S. 2005. Physiological responses of taga saste to a progressive drought in its native environment on the Canary Islands. Environmental and Experimental Botany, 53 (2):195-204.
12- Haghiabi A. 2007.Effect of deficit irrigation on soybean yield in Khorramabad. Ninth National Seminar on Irrigation and Evapotranspiration. Kerman. (in Persian)
13- Hobbs E., Mundel H. 1983. Water requirements of irrigated soybean in southern Alberta. Canadian Journal of Plant Science, 63 (4): 855-860.
14- Karam F., Masaad R., Sfeir T., Monzer O. and Rouphael Y. 2005. Evapotranspiration and seed yield of field grown Soybean under deficit irrigations. Agricultural water Management, 75 (3): 226-244.
15- Karimi M., Esfahani M., Bigluei M.H., Rabiee B., and Kafi Ghasemi A. 2009. Effect of deficit irrigation treatments on morphological traits and growth indices of corn forage in the Rasht Climate. Electronic Journal of Crop Production, 6(2): 91-110. (in Persian with English abstract)
16- Khajepoor M.R. 2008. Industrial crops. Jehad daneshgahi press. Isfahan. (in Persian)
17- Khajouei Nejad G.H., Kazemi H., Alyari H., Javanshir A., and Arvin M.J. 2006.Effects of irrigation regimes and plant density on yield, water use efficiency and seed quality of three soybean cultivars Glycine max L. as summer crop in the Kerman climate. Journal of Scienceand Technology of Agriculture and Natural Resources, water and soil science, 9(4):137-151. (in Persian with English abstract)
18- Kiani A.R., and Hezarjaribi A. 2010. Assessment of deficit irrigation strategy in the improvement of water use efficiency (case study on some wheat cultivars). First National Conference on environmental stresses in agricultural Science. Birjand University. (in Persian)
19- Latifi N. 1994. Soybean agronomy (agronomy, Physiology, uses). Jehad daneshgahi press, Mashahad. (in Persian)

20- Misra R.D. 2010. Deficit irrigation for reducing agricultural water use. Pant University of agriculture and technology, India. From http://www.gbpuat.ac.in/acads/cag/caft/lect/5.pdf. Last access date: 8 August 2014.
21- Molden D. 1997. Accounting for water use and productivity. SWIM Paper 1. International irrigation management institute. Colombo, Sri Lanka, 16 pp.
22- Safari M. 2007. Effects of irrigation on yield and yield components of soybean in Kerman. Ninth National Seminar on Irrigation and Evapotranspiration. Kerman. (in Persian)
23- Sepaskhah A.R., Tavakoli A.R. and Mosavi S.F. 2007. Principles and application of deficit irrigation. Publications of the National Committee on Irrigation and Drainage.
24- Sinit N. and Kramer P. 1997. Effect of water stress during different stages on growth of soybean. Agronomy journal, 69 (2): 274-277.
25- Vieira R.D., Tekrony D.M., and Egli D.B. 1992. Effect of drought and defoliation stress in the field on soybean seed germination and vigor. Crop Science, 32 (2): 471-475.

Journal of Water and Soil
Vol. 29, No. 3, Jul.-Agu. 2015, p. 551-559

نشریه آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۲۹، شماره ۳، مرداد – شهریور ۱۳۹۴، ص. ۵۵۹-۵۵۱

Effects of Deficit Irrigation on Quantity and Quality of Soybean Crop Yield in Kermanshah Region

M. Esmaeili[1*]-B. Farhadi Bansouleh[2] – M. Ghobadi[3]

Received: 22-01-2014
Accepted: 07-02-2015

Introduction: Expansion of the area of oilseed crops such as soybean is one of the policies of Iranian agricultural policy makers as Iran is one of the major oilseed importers in the world. However, the area of this crop in Kermanshah province is negligible, but it could be cultivated in most parts of this province. The quantity and quality of the produced grain could be affected by environmental factors such as weather parameters and water availability. The aim of the current study was to investigate the effects of levels of deficit irrigation on the quantity and quality of soybean crop yield in Kermanshah, Iran.

Materials and Methods: For this purpose, a field study was conducted as randomized complete block design with four replications and four irrigation treatments at the research farm of Razi University, Kermanshah in 2012. The size of each plot was 4 * 4 m. Irrigation treatments consisted of four irrigation levels: 20% over irrigation (T4), full irrigation (T3 as control), 20% less irrigation (T2) and 40% less irrigation (T1). The reason to choose T4 treatment was the lack of confidence in estimated crop evapotranspiration as there was no local calibration of crop coefficient (Kc) for this crop. The required water for T3 treatment was calculated based on daily weather data using FAO-Penman-Montith equation. Daily weather data was recorded in a weather station which was located in the research farm and is available in the www.fieldclimate.com. As there was no rainfall during the crop season, all of the required water was supplied through irrigation. The required water for treatments of T1, T2 and T4 was considered as 60%, 80% and 120% of T3 treatment. The required water was applied using a hose connected to a volumetric flow meter with a liter precision. Total amount of applied water during the crop season was 4399, 5865, 7331 and 8797 $m^3.ha^{-1}$ in the treatments. Fertilizers were applied based on the recommendations of soil fertility experts. Weeds were controlled manually. Finally, the area of two square meters in the middle of each plot was harvested in order to determine crop yield in terms of grain, biomass, stem, pod, seed protein content and fat percentage and also water productivity index. Dry weights of the samples were measured after drying samples in the oven for48hours at 70° C. The percentage of fat and protein in the grains are also measured in the laboratory. Water productivity index was calculated for each treatment by dividing crop yield (in terms of grain, biomass, protein and fat) over seasonal water use. Statistical analysis of the results is also done using MSTATC software.

Results and Discussion: The highest and lowest crop yields were measured respectively in the treatments T4 and T1.The mean value of grain yield was 1084, 1367, 1716 and 1940 $kg.ha^{-1}$ respectively in the treatments T1, T2, T3 and T4. These results showed a 36% decrease in the grain yield by decreasing 40% in the amount of supplied water. However, biological yield was decreasedby the level of irrigation, but the rate of reduction was lower than that of grain yield. By reducing irrigation application, thepercentage of grain protein content increased while the percentage of fat in the grain decreased. Considering simultaneous reduction in grain yield and fat content in the grain, severe reductions in fat yield (oil content) were observed under water stress conditions. Crop yield in terms of fat was reduced by 26.2 and 50.1 %, respectively in treatments T2 and T1 in comparison with T3 (control treatment). The maximum and minimum percentages of protein in the treatments were 31% and 27%, respectively in the treatments T1 and T4. Maximum water productivity in terms of grain, biomass and protein was achieved in T1 treatment respectively with the amounts of 0.24, 0.81 and 0.077 $kg.m^{-3}$. Maximum and minimum fat percentage was 0.052 and 0.040 $kg.m^{-3}$, respectively in the T4 and T1 treatments. In addition,the results indicated that water productivity index in terms of grain, biomass and protein increased while they decreased in terms of fat yield.The results of statistical analysis indicated that water productivity index in all terms except protein had significant differences (at 5%) with T3 treatment.

Conclusion: Crop yield and water productivity (except in terms of fat) was increased by increasing applied water. Considering all indices of treatment T2 (20% deficit irrigation), itwas suggested as the best treatment.

Keywords: Deficit irrigation, Kermanshah, Oil seed crop, Soybean, Water stress

1, 2- Former MSc Student of Irrigation and Drainage, and Assistant Professor Water Engineering Department, Agriculture and Natural Resources Campus, Razi University, Kermanshah
(*- Corresponding Author Email: maryam.esmaili1394@gmail.com)
3-Assistant Professor, Agronomy and Plant Breeding Department, Agriculture and Natural Resources Campus, Razi University, Kermanshah