تأثیر کم‌آبیاری بر عملکرد و برخی صفات دانه سه رقم سویا در منطقه خرم‌آباد

معصومه شمس بیرانوند[1*]، سعید برومند نسب[2]، عباس ملکی[3] و ماشاءالله دانشور[4]

۱*- نویسنده مسئول،دانشجوی کارشناسی ارشد دانشکده مهندسی علوم آب دانشگاه شهید چمران اهواز masoume.shams.b@gmail.com

۲- استاد دانشکده مهندسی علوم آب دانشگاه شهید چمران اهواز

۳- استادیار دانشکده کشاورزی دانشگاه لرستان

۴- استادیار دانشکده کشاورزی دانشگاه لرستان

تاریخ دریافت: ۹۲/۸/۱۲ تاریخ پذیرش: ۹۲/۱۲/۱۰

چکیده

کم‌آبی اولین عامل محدودکننده تولید سویا در مناطق نیمه‌خشک می‌باشد. بنابراین، افزایش عملکرد سویا مستلزم انتخاب ارقام مقاوم و سازگار با شرایط اقلیمی خشک یا کم‌آب ایران می‌باشد. به منظور بررسی اثر رژیم‌های مختلف آبیاری بر عملکرد و اجزای عملکرد دانه سه رقم سویا، آزمایشی به صورت کرت‌های خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در طی فصل زراعی سال ۹۰-۱۳۸۹ در مزرعه تحقیقاتی دانشکده علوم کشاورزی خرم‌آباد دانشگاه لرستان انجام شد. تیمارهای آبیاری در کرت‌های اصلی و ارقام سویا در کرت‌های فرعی قرار گرفتند. تیمارهای آبیاری بر اساس آبیاری کامل به میزان ۱۰۰ درصد نیاز آبی گیاه (CI) برای ارقام M7، M9 و TMS و کم‌آبیاری به ترتیب به میزان ۸۰، ۷۰ و ۵۰ درصد نیاز آبی گیاه (RDI80، RDI70 و RDI50)تنظیم شد. نتایج به دست آمده نشان داد که تنش کم‌آبی تأثیر معنی‌دار بر تعداد گره در ساقه، ارتفاع بوته، تعداد غلاف در بوته، وزن صددانه، عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیکی داشت. بیشترین کاهش تعداد گره (۱۰/۵٤)، ارتفاع بوته (٤٤/۲٤ سانتی‌متر)، تعداد غلاف در بوته (۲٤/۵)، عملکرد دانه (۱۲۵۹/۹ کیلوگرم در هکتار)، عملکرد بیولوژیکی (۳۰۱۳/۲ کیلوگرم در هکتار) و وزن صددانه (۱۱/۷۷ گرم) در شرایط تنش شدید مشاهده شد. از بین ارقام مطالعه شده رقم M9 به طور متوسط بالاترین عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیکی، تعداد غلاف در بوته، تعداد گره، وزن صددانه و بهره‌وری مصرف آب را در شرایط تنش آبی و بدون تنش داشت.

کلید واژه‌ها: کم آبیاری، ارقام سویا، بهره‌وری مصرف آب، عملکرد.

Effect of Deficit Irrigation on Seed Yield and Some Qualitative Characters of Soybean Cultivars in Khorramabad

M. Shams Beyranvand[1*], S. Boroumand Nasab[2], A. Maleki[3] and M. Daneshvar[4]

1*- Ms Student, Water Sciences, Faculty of Engineering, Shahid Chamran University Ahvaz, Iran
2- Professor of Water Sciences, Faculty of Engineering, Shahid Chamran University Ahvaz, Iran
3- Assistant Professor, Faculty of Agriculture, Lorestan University Khoramabad, Iran
4- Assistant Professor, Faculty of Agriculture, Lorestan University Khoramabad, Iran

Received:3 November 2013 Accepted:1 March 2014

Abstract

Water deficit is the prime limiting factor in soybean production in semi-arid regions. Therefore, increasing soybean seed yield requires the selection of resistant and adapted cultivars to dry or water deficit conditions of Iran. In order to evaluate the effect of irrigation regimes on seed yield and yield components of three soybean cultivars an experiment was conducted in Lorestan University of

Technology Research farm during the growing season of 2010-2011. The experiment was arranged as split-plot in the form of completed block design. Irrigation regimes were the main plots and the subplots were three soybean cultivars (M7,M9 and TMS). Then, irrigation treatments were conducted as follow; CI: applied 100% of water requirements during the whole season and RDI80, RDI70 and RDI50 applied 80%, 70% and 50% of water requirements, respectively. Based on the findings of this study, deficit irrigation had significant effect on the number of nodes, plant height, number of pods per plant, 100 seeds weight, grain yield and biological yield. Severe stress conditions had maximum effect on reduction in nodes number (10.54), plant height (44.24 cm), number of pods per plant (24.5), grain yield (1259.9 $kg.ha^{-1}$), biological yield (3013.2 $kg.ha^{-1}$) and 100 seeds weight (11.77 g). M9 cultivar had the most yield, biological yield, number of pods per plant, number of nodes, 100 seeds weight and water productivity in the water stress condition and non-water stress condition among the studies cultivars.

Keywords: Deficit irrigation, Soybean cultivars, Water productivity, Yield.

مقدمه

گیاه سویا به عنوان مهم‌ترین گیاه روغنی در دنیا، رتبه دوم را از نظر تولید و سطح زیر کشت در کشور به خود اختصاص داده است. در دو دهه اخیر کم‌آبی باعث شده است که میزان عملکرد گیاهان زراعی با محدودیت مواجه گردد. اخیراً تلاش‌های زیادی برای تولید ارقام متحمل به خشکی در دنیا انجام شده است. یکی از راه‌های ممکن برای افزایش عملکرد در چنین شرایطی، شناسایی ارقامی است که در شرایط وقوع تنش، کاهش عملکرد کمتری داشته و در ضمن در شرایط آبیاری مناسب نیز از عملکرد قابل قبولی برخوردار باشند (دانشیان و همکاران، ۱۳۸۸). از آنجا که مراحل بحرانی رشد عموماً با شرایط آب و هوایی گرم و خشک تابستان مواجه بوده، که نیاز آبی اغلب محصولات زراعی نیز در این دوره بالا می‌باشد، توجه به صرفه‌جویی در مصرف آب با اعمال کم‌آبیاری بسیار کارساز خواهد بود (ایزانلو و همکاران، ۱۳۸۴، بابازاده و همکاران، ۱۳۸۹ و مارتین و همکاران[1]، ۲۰۰۹). هم‌چنین هرگاه منابع آب، محدود و یا هزینه‌های آب، بالا باشد، بازده مصرف آب (از نظر اقتصادی) در حالت تولید حداکثر محصول، کمتر خواهد بود. هنگامی که مشکلاتی از نظر تأمین سرمایه، انرژی، نیروی کارگری و یا منابع حیاتی دیگر وجود داشته باشد یا هنگامی که هزینه‌های این گونه منابع بالا باشد، استفاده از کم‌آبیاری می‌تواند در افزایش سود مفید واقع شود (خیرابی، ۱۳۷۹). به طور کلی، کم‌آبیاری به عنوان یک استراتژی سودمند اقتصادی در وضعیت بحران آب و با هدف حداکثر استفاده از واحد آب مصرفی مطرح می‌باشد. کم‌آبیاری نیازمند مدیریتی منسجم ودقیق است که با مدیریت آبیاری کامل و کلاسیک تفاوت دارد. مدیریت آبیاری بایستی تعیین نماید که چه درجه‌ای از کم‌آبیاری را با چه روشی باید اعمال نمود. همچنین، الگوی بهینه کشت، مطالعات اقتصادی، زمان کم‌آبیاری، خصوصیات فیزیولوژیکی گیاه و مورفولوژی خاک را باید کاملاً مطالعه و بررسی نمود (لیاقت و دربندی، ۱۳۷۹). کم‌آبیاری تنظیم‌شده ممکن است با تنظیم رطوبت در یک حد مورد نظر در طول بخشی از فصل رشد اجرا شود. هدف از کم‌آبیاری تنظیم‌شده بهینه ساختن کارآیی مصرف آب و سپس به حداکثر رساندن عملکرد به ازای یک واحد آب مصرفی است. هر افت کوچکی در عملکرد در نتیجه اجرای یک تنش ملایم رطوبتی تحت این استراتژی، با سود حاصل از کاهش مصرف آب – که منجر به کاهش بیش از حد در رشد رویشی می‌شود – جبران می‌گردد (کرناک و همکاران[2]، ۲۰۱۰). دیمیرتاس و همکاران[3] (۲۰۱۰) با بررسی تأثیر تنش خشکی بر روی عملکرد و کیفیت سویا نشان دادند که تنش خشکی در طول مراحل رویشی عملکرد دانه را تحت تأثیر قرار نمی‌دهد، در حالی که اعمال یک یا چند تنش خشکی در طی توسعه، رشد طولی غلاف و یا پُرشدن دانه، به کاهش قابل توجه عملکرد دانه منجر می‌گردد. در طی مطالعه‌ای مشخص شد که برای تولید بیشتر محصول و افزایش عملکرد دو رقم سویا، به میزان ۱۰۰ درصد تبخیر تجمعی از تشتک تبخیر یا بیش از آن نیاز است، بنابراین تفاوت عملکرد بین ارقام در واکنش به سطوح آبیاری ایجاب می‌کند که ارقامی با حساسیت کمتر نسبت به تنش آبی مخصوصاً در نواحی خشک و نیمه‌خشک انتخاب گردند (وکرم و همکاران[4]، ۲۰۰۵). کرناک و همکاران (۲۰۱۰) با بررسی بر روی گیاه سویا در ترکیه و اعمال چهار تیمار آبیاری کامل، ۷۵، ۵۰ و ۲۵ درصد نیاز آبی و تیمار بدون آبیاری نشان دادند که با افزایش میزان آب مصرفی، عملکرد دانه به طور معنی‌دار از ۳۹۵۲ به ۲۶۷ کیلوگرم در هکتار کاهش یافته است. همچنین مشخص شد که با افزایش تنش خشکی میزان روغن

1- Martin *et al.*

2- Kirnak *et al.*
3- Demirtas *et al.*
4- Wakrim *et al.*

دانه از ۲۰ تا ۱۶/۴ درصد کاهش می‌یابد، در حالی که با افزایش شدت تنش، میزان پروتئین دانه سویا افزایش می‌یابد. سینسیک و همکاران[1] (۲۰۰۸) در مطالعه‌ای در شرایط نیمه خشک با انجام کم‌آبیاری (در سطوح مختلف آبیاری کامل، ۷۵، ۵۰ و ۲۵ درصد کمبود آب و بدون آبیاری) بر روی سویا اظهار نمودند که آبیاری کامل بالاترین عملکرد دانه و تیمار بدون آبیاری کمترین عملکرد را دارا هستند. همچنین نتیجه گرفتند که با شدت یافتن تنش آبی، ارتفاع گیاه، تعداد غلاف در گیاه، تعداد دانه در گیاه، عملکرد بیولوژیکی و عملکرد دانه به طور معنی‌دار کاهش پیدا می‌کند، اما تأثیر آن بر وزن صددانه معنی‌دار نبود. روسادی و همکاران[2] (۲۰۰۷) نیز در مطالعه‌ای در اندونزی با اعمال تیمارهای ۱۰۰، ۸۰، ۶۰، ۴۰ و ۲۰ درصد نیاز آبی گیاه بر روی گیاه سویا در مراحل ابتدایی و توسعه رشد، اظهار داشتند که افزایش شدت تنش خشکی سبب کاهش معنی‌دار ارتفاع بوته، عملکرد دانه و کارآیی مصرف آب می‌گردد. دانشیان و همکاران (۱۳۸۸) به منظور ارزیابی واکنش ارقام رشد نامحدود سویا به تنش کم‌آبی، سه آزمایش جداگانه در مزرعه مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر کرج اجرا نمودند. آن‌ها نتیجه گرفتند که با افزایش شدت تنش آبی، عملکرد دانه، ارتفاع بوته، تعداد گره‌ها و درصد چربی دانه سویا به طور معنی‌دار کاهش می‌یابد، اما تأثیر تنش آبی بر شاخص برداشت، وزن صددانه و تعداد دانه در غلاف معنی‌دار نبود. زینالی خانقاه و همکاران (۱۳۸۳) با بررسی اثر تنش خشکی بر روی ارقام مختلف سویا در منطقه کرج نشان دادند که با افزایش شدت تنش میزان عملکرد دانه، وزن صددانه، تعداد بذر در گیاه و عملکرد بیولوژیکی ارقام سویا در گروه‌های رسیدگی مختلف به طور معنی‌دار کاهش می‌یابد، اما تعداد بذر در غلاف کاهش چندانی پیدا نکرد. یحیایی (۱۳۸۶) در مطالعه‌ای بر روی سویا در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه صنعتی اصفهان به این نتیجه رسید که آبیاری کامل بیشترین میزان عملکرد بیولوژیکی را برابر ۱۰۸۸۶ کیلوگرم بر هکتار به خود اختصاص داده و با افزایش تنش آبی این میزان در تیمارهای دیگر کاهش می‌یابد. همچنین افزایش شدت تنش آبی اثر معنی‌دار بر تعداد غلاف در بوته و عملکرد دانه داشت، اما اثر آن بر تعداد دانه در غلاف و وزن صددانه معنی‌دار نبود. کارگر و همکاران (۱۳۸۱) اثر تنش رطوبتی را بر عملکرد ۴۹ ژنوتیپ سویا بررسی کردند، نتایج نشان داد عملکرد دانه، ارتفاع بوته، تعداد غلاف در بوته و تعداد دانه در غلاف دچار کاهش قابل توجهی ناشی از تنش آب گردید. سرایی تبریزی و همکاران (۱۳۸۹) نشان دادند که تیمار آبیاری کامل بیشترین شاخص برداشت را دارد و با افزایش تنش این میزان پیوسته کاهش می‌یابد، اما اختلاف معنی‌دار بین تیمارها وجود ندارد، همچنین آن‌ها به این نتیجه رسیدند که بیشترین مقدار کارآیی مصرف آب در تیمار آبیاری بخشی ۵۰ درصد نقصان رطوبتی خاک به دست می‌آید و پس از آن به ترتیب تیمار کم‌آبیاری تنظیم‌شده در حد ۵۰ درصد و تیمار کم‌آبیاری تنظیم‌شده در حد ۷۵ درصد نقصان رطوبتی خاک و آبیاری کامل قرار داشت.

هدف از انجام این تحقیق، بررسی اثر مقادیر مختلف آب آبیاری بر اساس نیاز آبی گیاه، بر عملکرد و برخی خصوصیات کمی و کیفی دانه سه رقم سویا در منطقه خرم‌آباد استان لرستان می‌باشد.

مواد و روش‌ها

آزمایش در تابستان سال ۱۳۹۰ در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه لرستان انجام گرفت. این منطقه در شمال غربی شهرستان خرم‌آباد در طول جغرافیایی ۴۸ درجه و ۱۵ دقیقه شرقی و عرض جغرافیایی ۳۳ درجه و ۲۶ دقیقه شمالی واقع شده است. ارتفاع آن ۱۱۵۰ متر از سطح دریا می‌باشد. بر طبق طبقه‌بندی آمبروژه، خرم‌آباد جزو مناطق نیمه‌خشک سرد محسوب می‌شود. به منظور تعیین خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک محل، قبل از اجرای آزمایش پنج نمونه تصادفی از عمق ۴۰-۰ سانتی‌متری مزرعه برداشت و پس از تهیه نمونه مرکب به آزمایشگاه خاک منتقل شد. نتایج تجزیه خاک نشان داد که بافت خاک سیلت لوم است، هدایت الکتریکی گل اشباع ۰/۷۱ دسی زیمنس بر متر، pH خاک ۷/۶ و کربن آلی خاک ۰/۵۵ درصد است. فسفر و پتاسیم قابل جذب خاک به ترتیب ۳/۶ و ۳۲۰ جزء در میلیون می‌باشد. زمین مورد آزمایش در اواخر خردادماه آبیاری شد و سپس زمانی که رطوبت خاک به حد ظرفیت مزرعه رسید، با استفاده از گاوآهن شخم و سپس دو دیسک عمود بر هم زده شد. جوی و پشته‌ها به فاصله ۵۰ سانتی‌متر با استفاده از شیارکن ایجاد شدند. قبل از کاشت با توجه به نتایج آزمون خاک، به میزان ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار کود فسفات آمونیوم و ۵۰ کیلوگرم در هکتار کود سولفات پتاسیم به زمین اضافه شد. ارقام به کار گرفته شده در این تحقیق شامل M7، M9 و TMS که هر سه زودرس بوده و در گروه رسیدگی دو قرار دارند، طول دوره رشد آنها ۱۱۰ روز و تیپ رشدی آن‌ها نامحدود می‌باشد. چندشاخه‌اند و مقاومت آن‌ها به خوابیدگی و ریزش مطلوب است. رنگ گل آن‌ها بنفش است و کرک‌های طلایی دارند (قراخانی بنی و همکاران، ۱۳۹۰).

بذور سویا قبل از کشت به کمک محلول ۱۰ درصد آب و شکر با باکتری رایزوبیوم ژاپونیکوم به میزان ۲۵ گرم به ازای ۷ کیلوگرم بذر، آغشته شدند. این طرح آزمایشی به روش آماری کرت‌های خردشده در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار انجام شده و عوامل آزمایش عبارتند از: فاکتور اصلی آبیاری در چهار سطح I_4، I_3، I_2 و I_1 (۱۰۰، ۸۰، ۷۰ و ۵۰ درصد نیاز آبی گیاه سویا)، فاکتور فرعی رقم شامل سه رقم M7، M9 و TMS. آزمایش در

1- Sincik *et al.*
2- Rosadi *et al.*

سه بلوک انجام شد که هر بلوک شامل چهار پلات و هر پلات شامل سه کرت بود (شکل ۱). هر کرت مشتمل بر چهار ردیف کاشت و فاصله خطوط کاشت ۵۰ سانتی‌متر بود و برای رفع تأثیر تیمارهای آبیاری بر یکدیگر، فواصل بین کرت‌ها ۶۰ سانتی‌متر، فاصله بین پلات‌ها در یک بلوک یک متر و فاصله میان بلوک‌ها یک متر در نظر گرفته شد.

تاریخ کاشت در هشتم تیرماه و برداشت در بیستم مهر انجام شد. در این تحقیق فاصله بین آبیاری‌ها متغیر بود و بر اساس شاخص‌های گیاهی و تبخیر از تشتک، زمان آبیاری تعیین شد. به این منظور داده‌های روزانه تبخیر از تشت (ET_p) واقع در مرکز تحقیقات هواشناسی به دست آمد و طبق معادله زیر تبخیر و تعرق گیاه سویا (ET_c) به صورت روزانه محاسبه شد:

$$ET_c=K_c.K_p.ET_p \qquad (۱)$$

که در معادله فوق، ET_c: تبخیر و تعرق گیاه، K_c: ضریب گیاهی، K_p و ET_p: به ترتیب ضریب تشتک تبخیر و میزان تبخیر از تشتک می‌باشند.

ضریب گیاهی به کمک جدول های موجود در نشریه ۲۴ فائو و داده‌های محلی به دست آمد. ضریب تشتک تبخیر نیز به کمک نشریه مذکور محاسبه شد. زمانی‌که میزان تبخیر و تعرق تجمعی گیاه به میزان آبیاری انجام شده رسید، آبیاری مجدد صورت می‌گرفت. یک روز قبل از هر آبیاری، نمونه خاک مزرعه برداشت و به مدت ۲۴ ساعت در خشک‌کن قرار می‌گرفت و درصد رطوبت آن (θ_b) تعیین و همچنین به کمک نمونه‌برداری، متوسط عمق ریشه گیاه (Z) اندازه‌گیری می‌شد. سپس با استفاده از معادله زیر عمق خالص آب آبیاری محاسبه می‌گردید.

$$d_n=(\theta_{FC}-\theta_b)\times\rho_b\times Z \qquad (۲)$$

که در این معادله d_n: میزان خالص آب آبیاری بر حسب سانتی‌متر، θ_{FC}: درصد رطوبت وزنی خاک در نقطه ظرفیت زراعی، θ_b: درصد رطوبت وزنی خاک در شروع آبیاری، ρ_b: وزن مخصوص ظاهری خاک مزرعه بر حسب گرم بر سانتی‌متر مکعب و Z: عمق ریشه گیاه بر حسب سانتی‌متر است. حدود ۱۰ درصد آب آبیاری به تلفات عمقی اختصاص یافت و عمق ناخالص آبیاری برای هر کرت محاسبه گردید. میزان آب آبیاری برای تیمارهای ۸۰، ۷۰ و ۵۰ درصد نیز به ترتیب با اعمال ضرایب ۰/۸، ۰/۷ و ۰/۵ در عمق ناخالص آبیاری محاسبه شده به دست آمد. عمق خالص آبیاری برای تیمارهای ۱۰۰، ۸۰، ۷۰ و ۵۰ درصد نیاز آبی سویا به ترتیب برابر با ۲۴۲/۳، ۳۳۵/۸، ۳۹۰/۳، ۴۸۳/۶ میلی‌متر اندازه‌گیری شد. هنگام برداشت سویا، عملکرد دانه و برخی از خصوصیات ارقام مختلف سویا در تیمارهای مختلف آبیاری اندازه‌گیری گردید. صفات مورد مطالعه عبارت بودند از: عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیکی، تعداد گره در ساقه، ارتفاع بوته، تعداد غلاف در بوته، وزن صددانه و بهره‌وری مصرف آب. توسط معادله (۳) مقدار شاخص بهره‌وری آب مصرفی عملکرد دانه (WP_{irr}) محاسبه گردید:

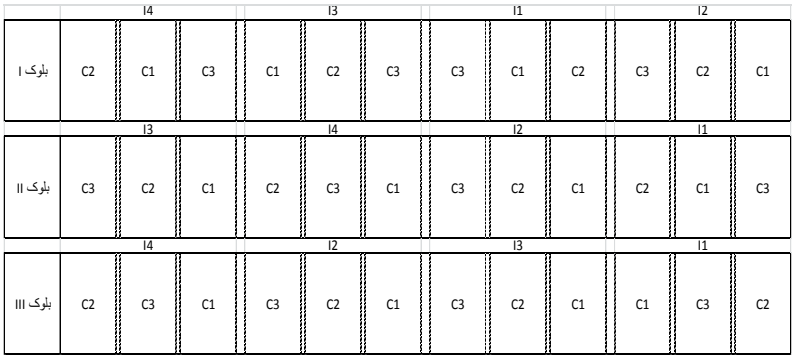
$$WP_{irr}=\frac{Y}{dg} \qquad (۳)$$

در این معادله Y: عملکرد دانه بر حسب کیلوگرم در هکتار و dg: میزان آب آبیاری بر حسب میلی‌متر می‌باشد.

با استفاده از نرم‌افزار SPSS جدول تجزیه واریانس تهیه شد و میانگین‌ها از طریق آزمون دانکن و در سطح احتمال پنج درصد مقایسه گردید.

نتایج و بحث

میانگین مربعات به دست آمده از تحلیل واریانس عملکرد و اجزای عملکرد ارقام سویا در جدول (۱) نشان داده شده است. این نتایج نشان داد که تیمار اصلی آبیاری بر عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیکی، تعداد غلاف در بوته، تعداد گره در ساقه و ارتفاع بوته در سطح یک درصد و بر روی وزن صددانه در سطح پنج درصد اثر معنی‌دار داشت، اما تأثیر آن بر روی شاخص بهره‌وری مصرف آب معنی‌دار نبود. تیمار فرعی رقم نیز در سطح یک درصد بر وزن صددانه و ارتفاع بوته و در سطح پنج درصد بر صفاتی چون عملکرد بیولوژیکی و تعداد گره در ساقه تأثیر معنی‌دار داشت، در صورتی که تأثیر معنی‌دار بر عملکرد دانه، تعداد غلاف در بوته و بهره‌وری مصرف آب نداشت.



شکل ۱- نقشه طرح آزمایشی به شیوه کرت‌های خردشده بر پایه بلوک‌های کامل تصادفی شامل بلوک‌ها (I، II و III)، سطوح آبیاری (۱۰۰درصد: I_4، ۸۰درصد: I_3، ۷۰درصد: I_2 و ۵۰درصد: I_1) و ارقام(C1: M7، C2: M9 و C3: TMS)

جدول۱- تجزیه واریانس مرکب صفات مختلف سه رقم سویا تحت چهار رژیم آبیاری

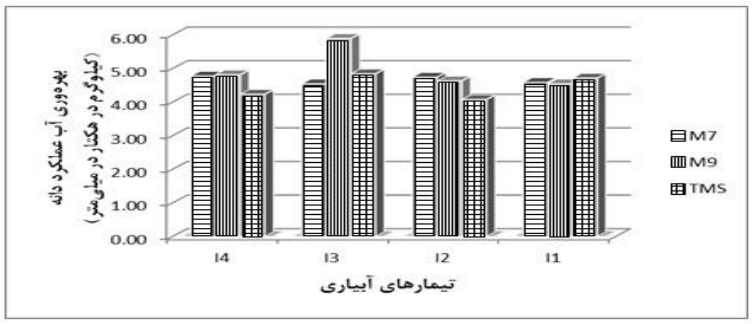
منبع تغییر	درجه آزادی	عملکرد دانه ($kg.ha^{-1}$)	عملکرد بیولوژیکی ($kg.ha^{-1}$)	تعداد غلاف در بوته	تعداد گره در ساقه	وزن صددانه (g)	ارتفاع بوته (cm)	بهره‌وری آب عملکرد دانه ($kg.ha^{-1}.mm^{-1}$)
تکرار	۲	۵۸۰۹۳/۲^{ns}	۲۶۳۹۸۳/۱^{ns}	۳۵/۵۶^{ns}	۰/۲۷^{ns}	۴/۴۲^{ns}	۶/۶۴^{ns}	۰/۷۳^{ns}
آبیاری (A)	۳	۲۷۷۴۹۷۵**	۱۱۷۵۴۸۲۶**	۹۳۴/۸**	۳/۰۷**	۲/۷۳*	۲۵۴/۸**	۰/۶۵^{ns}
خطای a	۶	۲۴۳۰۴۶^{ns}	۱۷۲۶۲۲۱^{ns}	۱۹۹/۹^{ns}	۰/۰۸^{ns}	۱/۹۸^{ns}	۲۵/۶۷^{ns}	۱/۱۹^{ns}
رقم (B)	۲	۱۶۸۸۴۲^{ns}	۲۶۸۹۰۹۸*	۳۴/۹^{ns}	۰/۳۶*	۹/۴۲**	۲۹۶/۹**	۰/۷۸^{ns}
آبیاری×رقم	۶	۹۰۶۴۳/۴^{ns}	۵۶۵۵۰۲/۸^{ns}	۴۲/۶۵^{ns}	۰/۳۷^{ns}	۰/۲۱^{ns}	۸/۶۸^{ns}	۰/۴۹^{ns}
خطای b	۱۶	۱۲۶۷۹۴^{ns}	۴۹۹۸۰۵/۴^{ns}	۹۸/۶۲^{ns}	۰/۱۶^{ns}	۱/۰۷^{ns}	۷/۸۱^{ns}	۰/۶۱^{ns}

ns، * و **: به ترتیب غیر معنی‌دار و معنی‌دار در سطوح احتمال پنج و یک درصد

جدول ۲- مقایسه میانگین‌صفات مورد بررسی تحت تیمارهای مختلف آبیاری

سطح آبیاری	عملکرد دانه ($kg.ha^{-1}$)	عملکرد بیولوژیکی ($kg.ha^{-1}$)	تعداد غلاف در بوته	تعداد گره در ساقه	وزن صددانه (g)	ارتفاع بوته (cm)	بهره‌وری آب عملکرد دانه ($kg.ha^{-1}.mm^{-1}$)
I_1	۱۲۵۹/۹ ^{a}	۳۰۱۳/۲ ^{a}	۲۴/۵ ^{a}	۱۰/۵۴ ^{a}	۱۱/۷۷ ^{a}	۴۴/۲۴ ^{a}	۴/۶۲ ^{a}
I_2	۱۷۱۲/۷ ^{b}	۴۰۲۹/۴ ^{b}	۳۰ ^{ab}	۱۱/۰۳ ^{b}	۱۲/۵۱ ^{ab}	۴۷/۴۲ ^{ab}	۴/۴۸ ^{a}
I_3	۲۲۲۴/۵ ^{c}	۴۸۵۴/۸ ^{bc}	۴۰/۹ ^{bc}	۱۱/۵۱ ^{c}	۱۲/۲۹ ^{ab}	۵۰/۴۰ ^{b}	۵/۰۹ ^{a}
I_4	۲۵۱۴/۸ ^{c}	۵۶۸۴/۹ ^{c}	۴۷ ^{c}	۱۱/۸۹ ^{d}	۱۳/۰۹ ^{b}	۵۶/۷۳ ^{c}	۴/۶۱ ^{a}

اعدادی که دارای حداقل یک حرف مشترک انگلیسی هستند، از نظر آماری در سطح احتمال پنج درصد اختلاف معنی‌دار ندارند.



شکل ۲- بهره وری آب عملکرد دانه نسبت به تیمارهای آبیاری و ارقام مختلف

نتایج مقایسه میانگین صفات مختلف گیاه سویا در سطوح آبیاری مورد بررسی در جدول (۲) نشان داده شده است.

عملکرد دانه سویا با اعمال تنش‌های آبیاری نسبت به تیمار آبیاری کامل، کاهش معنی‌دار (در سطح پنج درصد) یافت، به گونه‌ای که با افزایش شدت تنش، مقدار آن به طور پیوسته کاهش یافت. از نظر این صفت، بین تیمارهای I_4 و I_3 اختلاف معنی‌دار نبود، اما در مورد سایر تیمارها، اختلاف معنی‌دار مشاهده گردید. خواجویی‌نژاد و همکاران (۱۳۸۴) نیز با بررسی رژیم‌های آبیاری بر گیاه سویا در شرایط آب و هوایی کرمان، با چهار سطح آبیاری (آبیاری پس از ۴۰، ۶۰، ۸۰ و ۱۰۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک تبخیر کلاس A) نشان دادند که کاهش عملکرد دانه در تیمارهای آبیاری ۶۰ و ۴۰ درصد به دلیل وجود تنش خشکی در مراحل مختلف رشد گیاهان بوده است. همچنین در تحقیقی که توسط دانشیان و همکاران (۱۳۸۸) انجام شد، با وقوع تنش از عملکرد دانه کاسته شد، به طوری که گیاهان در شرایط تنش متوسط و شدید به ترتیب ۲۹ و ۴۳ درصد عملکرد کمتری نسبت به آبیاری مطلوب داشتند. در بین ارقام مورد بررسی در این آزمایش، از نظر عملکرد دانه اختلاف معنی‌دار وجود نداشت و میزان آن در رقم‌های M7، M9 و TMS به ترتیب ۱۹۱۳/۶، ۲۰۵۳/۱ و ۱۸۱۷/۲ کیلوگرم در هکتار بود به طوری‌که متوسط عملکرد دانه، در رقم M9 بیشترین مقدار را داشت.

مطابق جدول (۲) با افزایش شدت تنش آبی، مقدار عملکرد بیولوژیکی کاهش یافت. البته این تغییرات در بین تیمارهای آبیاری I_4 و I_3 و همچنین بین تیمارهای آبیاری I_3 و I_2 معنی‌دار نبود، ولی بین سایر تیمارها، اختلاف در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار شد. این کاهش را می‌توان این‌گونه توجیه کرد که در شرایط تنش خشکی، روزنه‌های برگ نیمه‌بسته می‌شوند و این امر تبادلات گازی گیاه را محدود نموده و با کاهش فتوسنتز گیاه، وزن خشک گیاه نیز کاهش می‌یابد. در بین ارقام مورد بررسی نیز، میان دو رقم M7 (۴۶۶۴ کیلوگرم در هکتار) و M9 (۴۶۷۳/۸ کیلوگرم در هکتار) اختلاف معنی‌دار وجود نداشت، اما میان این دو رقم و رقم TMS (۳۸۴۹ کیلوگرم در هکتار) اختلاف، معنی‌دار بود. یحیایی (۱۳۸۶) نیز در منطقه اصفهان به این نتیجه رسید که آبیاری کامل بیشترین میزان عملکرد بیولوژیکی را به خود اختصاص داده و با افزایش تنش آبی، این میزان در تیمارهای دیگر کاهش یافت. فرنیا و همکاران (۱۳۸۵) با نتیجه‌ای مشابه دریافتند که اثر آبیاری بر عملکرد بیولوژیکی در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار می‌گردد. سنسیک و همکاران (۲۰۰۸) نیز در تحقیقی با بررسی تأثیر تیمارهای آبیاری کامل، ۷۵، ۵۰ و ۲۵ درصد تبخیر و تعرق گیاه سویا، به این نتیجه رسیدند که عملکرد بیولوژیکی با افزایش تنش به شکل معنی‌دار (از ۱۱ تا ۵ تن در هکتار) کاهش یافت.

با توجه به نتایج مقایسه میانگین مشاهده شد که در بین تیمارهای آبیاری، تیمار آبیاری I_4 بیشترین ارتفاع بوته با ۵۶/۷۳ سانتی‌متر و تیمار آبیاری I_1 با ۴۴/۲۴ سانتی‌متر کمترین ارتفاع بوته را به خود اختصاص دادند. ارتفاع بوته در تیمارهای مختلف آبیاری، با کاهش میزان آب آبیاری، کاهش یافت. در سطح احتمال پنج درصد، تیمارهای I_2 با I_1 و I_3 اختلاف معنی‌دار نداشت، ولی اختلاف سایر تیمارها با یکدیگر معنی‌دار بود. زارع و همکاران (۱۳۸۵) با بررسی تنش خشکی بر روی سویا نشان دادند که ارتفاع گیاه در شرایط تنش نسبت به شرایط آبیاری کامل به طور معنی‌دار کاهش می‌یابد، که این نتیجه با نتایج این آزمایش مطابقت داشت. سنسیک و همکاران (۲۰۰۸) نیز در تحقیقی به این نتیجه رسیدند که ارتفاع گیاه سویا در تیمارهای تحت تنش کمبود آب نسبت به تیمار آبیاری کامل، با افزایش میزان تنش به طور معنی‌دار کاهش یافت. با مقایسه میانگین‌های ارتفاع بوته در بین سه رقم M7، M9 و TMS، رقم M7 با ۵۲/۷۷ سانتی‌متر بیشترین ارتفاع بوته و رقم TMS با ۴۳/۹۶ سانتی‌متر کمترین ارتفاع بوته را داشت، ولی بین ارقام مختلف، اختلاف معنی‌دار نبود.

در این آزمایش تعداد غلاف در بوته با افزایش میزان تنش کمبود آب به طور معنی‌دار کاهش یافت، به طوری که میزان آن در تیمارهای I_4، I_3، I_2 و I_1 به ترتیب برابر با ۴۶/۹۷، ۴۰/۹۴، ۲۹/۹۹ و ۲۴/۵۵ بود. در واقع در تیمار آبیاری کامل بیشترین میزان تعداد غلاف در بوته با متوسط ۴۶/۹۷ عدد مشاهده گردید. تشکیل تعداد کمتر گل و غلاف و ریزش شدید آنها در شرایط تنش در اوایل رشد زایشی، از دلایل احتمالی کاهش تعداد غلاف در گیاه می‌باشد. بر اساس نتایج کولر و همکاران[1] (۱۹۸۰) عوامل محیطی از جمله تنش خشکی، عملکرد بیولوژیکی و عملکرد دانه را تحت تأثیر قرار می‌دهد که اثر آن عمدتاً بر تعداد غلاف در بوته، گزارش شده است و اظهار می‌شود که تنش آبی باعث کاهش معنی‌دار تعداد غلاف در بوته می‌گردد. وکرم و همکاران (۲۰۰۵) در مطالعه‌ای به این نتیجه رسیدند که با افزایش تنش، تعداد غلاف کاهش می‌یابد. سرایی تبریزی و همکاران (۱۳۸۹) نتیجه گرفتند که بیشترین تعداد غلاف در بوته در تیمار آبیاری کامل با تعداد ۴۲/۴۷ به دست آمد و کم‌آبیاری سنتی و آبیاری بخشی در حد ۵۰ درصد جبران نقصان رطوبتی خاک از نظر تعداد غلاف در بوته اختلاف معنی‌دار نداشتند و میزان این صفت در کم‌آبیاری سنتی در حد ۷۵ درصد جبران نقصان رطوبتی خاک پس از آبیاری کامل و قبل از دو سطح کم‌آبیاری سنتی و آبیاری بخشی در حد ۵۰ درصد جبران نقصان رطوبتی خاک قرار گرفت. در میان ارقام مورد مطالعه در این تحقیق، از نظر تعداد غلاف در گیاه اختلاف معنی‌دار وجود نداشت و تعداد غلاف در سه رقم M7، M9 و TMS به ترتیب برابر با ۳۵/۲۸، ۳۷/۴۶ و ۳۴/۱۰ عدد بود. به این ترتیب رقم M9 در بین این ارقام

1- Koller *et al.*

بیشترین میزان تعداد غلاف را بـه خـود اختصـاص داد. قراخـانی بنـی و همکاران (۱۳۹۰) با بررسی خصوصیات کمی و کیفی چهار رقـم سـویا از جمله دو رقم M7 و M9 به این نتیجه رسیدند که تعداد غـلاف در بوتـه تحت تأثیر ارقام نیز بوده و رقم M9 (با متوسـط ۳۹/۱ غـلاف در بوتـه) نسبت به رقم M7 (بـا متوسـط ۳۳/۲ غـلاف در بوتـه) بیشـترین تعـداد غلاف در بوته را به خود اختصاص مـی‌دهـد. در ایـن آزمـایش نیـز M9 بالاترین تعداد غلاف در بوته را داشت.

مطـابق جـدول (۲)، تغییـرات تعـداد گـره در سـاقه اصـلی در بـین تیمارهای آبیاری در سطح احتمال پنج درصد معنـی‌دار بـود. مقـادیر ایـن صفت در تیمارهای آبیاری کامل، ۸۰، ۷۰ و ۵۰ درصد نیاز آبی گیاه سویا، به ترتیب برابر با ۱۱/۸۹، ۱۱/۵۱، ۱۱/۰۳ و ۱۰/۵۴ بود. بـه ایـن ترتیـب تیمار آبیاری I_4 بیشترین و تیمار آبیاری I_1 کمترین میزان تعـداد گـره در ساقه اصلی را به خود اختصاص دادند. تعداد گره ساقه نشان‌دهنده میـزان رشد گیاه می‌باشد. می‌توان چنین نتیجه گرفت که با افزایش شدت تـنش کمبود آب، تعداد گره در ساقه اصلی، به طور پیوسته کاهش مـی‌یابـد. در مطالعه‌ای که توسط دانشیان و همکاران (۱۳۸۸) صـورت گرفـت، عامـل تنش کم‌آبی تأثیر معنی‌دار بر تعداد گره در سـاقه در سـطح یـک درصـد نشان داد. همان‌گونه که انتظـار مـی‌رفـت، در شـرایط آبیـاری مطلـوب، گیاهان از رشد بیشتری برخوردار بودند و به طور متوسـط ۱۶/۶۵ گـره در ساقه اصلی تولید کردند. تنش متوسط و شدید به ترتیب ۱۳ و ۱۶ درصـد باعث کاهش در تعداد گره ساقه اصلی شدند. مـاچو و همکـاران[1] (۱۹۸۶) با بررسی اعمال تیمارهای آبیاری در مراحل مختلف رشـد سـویا گـزارش کردند که عدم آبیاری منجر به کاهش شدید تعداد گره‌هـا در سـاقه و در نتیجه بوته می‌شود. در میان ارقام مختلـف مـورد بررسـی، رقـم M9 بـا ۱۱/۴۴ گـره و رقـم TMS بـا ۱۱/۱۲ گـره در سـاقه اصـلی بـه ترتیـب بیشترین و کمترین مقدار را به دست آوردند. همچنین تعداد گره در سـاقه اصلی در رقم M7، به میزان ۱۱/۱۸ بود.

با توجه به نتایجی که در جـدول (۲) آمـده اسـت، وزن صـددانه در تیمارهای تحت تنش رطوبتی نسبت به تیمار آبیـاری معمـولی، بـه طـور معنی‌دار کاهش یافت. بین تیمارهای I_2 و I_3 با تیمارهای I_1 و I_4 از نظـر این صفت، اختلاف معنی‌دار وجود نداشت، اما بـین تیمـار I_1 و I_4 از ایـن نظر، اختلاف در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار بود. به نظر مـی‌رسـید در شرایط آبیاری معمولی، تولید ماده خشک گیاه افزایش و در نتیجه مواد فتوسنتزی بیشتری به دانه‌ها انتقال و وزن دانه افزایش معنی‌دار می‌یابـد. از طرف دیگر کاهش وزن دانه در اثر تنش خشکی را می‌توان به ریـزش زودتر برگ‌ها و کوتاه شدن دوره تشکیل و پر شدن دانه‌ها مرتبط دانست. فرنیا و همکاران (۱۳۸۵) در منطقه بروجرد نشـان دادنـد کـه تیمارهـای آبیاری تأثیر مهمی بر وزن صد دانه سویا دارند و با اعمال تـنش خشـکی وزن صد دانه نسبت به تیمار شاهد کاهش معنی‌دار (۱۱/۵ تـا ۹/۲ گـرم) نشان می‌دهد. دلوچ[2] (۱۹۸۰) گزارش کرد که تنش شدید با ایجاد اختلال در نمو بذر سـبب ایجـاد چروکیـدگی و در نتیجـه کـاهش وزن صـددانه گردید. بین ارقـام M7 و M9 بـا رقـم TMS از نظـر وزن صـددانه، در سطح احتمال پنج درصد اختلاف معنی‌دار وجود داشت. در ایـن آزمـایش، وزن صددانه در ارقـام M7، M9 و TMS بـه ترتیـب ۱۲/۷۴، ۱۳/۰۸ و ۱۱/۴۰ گرم به دست آمد و رقم M9 بـالاترین وزن صـددانه را بـه خـود اختصاص داد.

نتایج آزمون مقایسه میانگین (جدول ۲) نشان داد کـه بـین چهـار تیمـار آبیاری اعمال شده در این آزمایش، از نظر شاخص بهره‌وری آب مصـرفی عملکرد دانه، اختلاف معنی‌دار وجود نداشـت. همـان‌گونـه کـه مشـاهده می‌گردد تیمار آبیاری ۸۰ درصد نیاز آبی سویا، بیشـترین و تیمـار آبیـاری ۷۰ درصد نیاز آبی سویا، کمترین مقـدار شـاخص بهـره‌وری آب مصـرفی عملکرد دانه را به خود اختصاص دادند (شکل ۲). گیرکـاک و همکـاران[3] (۲۰۰۹) طی آزمایشی دو ساله بر روی سویا بـه منظـور صـرفه‌جـویی در مصرف آب و افزایش راندمان استفاده از آب و داشتن عملکـرد بـالاتر بـا مقدار آب یکسان، تیمار آبیاری ۷۵ درصد آبیاری کامل را پیشنهاد داده‌اند، که این نتیجه بـه نتـایج ایـن تحقیـق بسـیار نزدیـک اسـت. موسـوی و همکاران (۱۳۶۷) نیز گزارش نموده‌اند که در سویا آبیاری زیـاد و آبیـاری کم هر دو سبب کاهش کارآیی مصـرف آب و عملکـرد دانـه شـد. میـان ارقام مختلـف از لحـاظ بهـره‌وری آب عملکـرد دانـه اخـتلاف معنـی‌دار مشاهده نشد. رقم M9 با ۴/۹۷ کیلوگرم در هکتـار در میلـی‌متـر و رقـم TMS با ۴/۴۶ کیلوگرم در هکتـار در میلـی‌متـر بـه ترتیـب بیشـترین و کمترین مقدار این شاخص را دارا بودند. همچنین مقدار شاخص بهره‌وری آب مصرفی عملکرد دانه برای رقم M7، برابر با ۴/۶۶ کیلوگرم در هکتار در میلی‌متر بود.

نتیجه‌گیری

در میان تیمارهای اعمال‌شده، تیمار آبیاری ۸۰ درصد نیاز آبـی گیـاه سویا از نظر صفاتی همچون بهره‌وری مصرف آب عملکرد دانه بیشـترین مقادیر را داشت، با کاهش ۲۰ درصدی در مصـرف آب نسـبت بـه تیمـار آبیاری کامل، کمتر از ۱۲ درصد کاهش عملکرد را نشان داد و بـا اعمـال این تیمار می تـوان سـطح بیشـتری را زیـر کشـت بـرد، لـذا بـه عنـوان مناسب ترین تیمار در بین چهـار تیمـار آبیـاری در ایـن آزمـایش توصـیه می‌گردد. از آنجا که رقم M9 بالاترین تعداد غلاف در بوته، تعـداد گـره، وزن صددانه و شاخص بهره‌وری مصرف آب را دارا بود، به نظر مـی‌رسـد در بین ارقام مورد مطالعه، رقم منتخب برای کشت در شرایط محـدودیت آب باشد.

1- Muchow *et al.*

2- Delouche

3- Gerçak *et al.*

منابع

۱- ایزانلو، ع.، زینالی‌خانقاه، ح.، حسین‌زاده، ع.، مجنون‌حسینی، ن. و م. سبکدست. ۱۳۸۴. بررسی عکس‌العمل ارقام تجارتی سویا در شرایط تنش رطوبتی در اواخر مرحلهٔ زایشی. مجله علوم کشاورزی ایران، ۳۶ (۴): ۱۰۲۳-۱۰۱۱.

۲- بابازاده، ح.، سرائی تبریزی، م.، پارسی‌نژاد، م. و س. ع. مدرس‌ثانوی. ۱۳۸۹. بررسی برخی صفات کیفی و کمی سویا در شرایط تنش آبی. مجله پژوهش آب در کشاورزی، ۲۴ (۲): ۱۰۹-۹۹.

۳- خواجوئی‌نژاد، غ.، کاظمی، ح.، آلیاری، ه.، جوانشیر، ع. و م. ج. آروین. ۱۳۸۴. تأثیر رژیم‌های آبیاری و تراکم کاشت بر عملکرد، کارآیی 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، ۴: ۱۵۱-۱۳۷.

۴- خیرابی، ج. ۱۳۷۹. مدخلی به مبحث کم‌آبیاری، تعریف و تبیین انواع آن. خلاصه مقالات کارگاه فنی-آموزشی کم‌آبیاری، ۳۶: ۶-۱.

۵- دانشیان، ج.، هادی، ح. و پ. جنوبی. ۱۳۸۸. ارزیابی خصوصیات کمی و کیفی ژنوتیپ‌های سویا در شرایط تنش کم‌آبی. مجله علوم زراعی ایران، ۱۱ (۴): ۴۰۹-۳۹۳.

۶- زارع، م.، زینالی‌خانقاه، ح. و ج. دانشیان. ۱۳۸۵. ارزیابی تحمل برخی ژنوتیپ‌های سویا به تنش خشکی. مجله علوم کشاورزی ایران، ۳۵ (۴): ۸۶۷-۸۵۹.

۷- زینالی‌خانقاه، ح.، ایزانلو، ع.، حسین‌زاده، ع. و ن. مجنون‌حسینی. ۱۳۸۳. تعیین شاخص‌های مناسب مقاومت به خشکی در ارقام سویای وارداتی. مجله علوم کشاورزی ایران، ۳۵ (۴): ۸۸۵-۸۷۵.

۸- سرائی تبریزی، م.، بابازاده، ح.، پارسی‌نژاد، م. و س.ع. مدرس ثانوی. ۱۳۸۹. بهبود کارایی مصرف آب سویا با استفاده از آبیاری بخشی منطقه ریشه. مجله علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی، علوم آب و خاک، (۵۲): ۱۳-۲.

۹- فرنیا، ا.، نورمحمدی، ج.، نادری، ا.، درویش، ف. و ا. مجیدی. ۱۳۸۵. تاثیر تنش خشکی و نژادهای باکتری Bradyrhizobium japonicum بر عملکرد دانه و صفات وابسته به آن در سویا (رقم کلارک) در بروجرد. مجله علوم زراعی ایران، ۸ (۳): ۲۱۴-۲۰۱.

۱۰- قراخانی‌بنی، ه.، موحدی‌دهنوی، م.، یدوی، ع. و س. م. هاشمی‌جزی. ۱۳۹۰. بررسی خصوصیات کمی و کیفی چهار رقم سویا تحت تاریخ‌های مختلف کاشت در منطقه شهرکرد. مجله تولید و فراوری محصولات زراعی و باغی، ۲: ۳۳-۱۹.

۱۱- کارگر، س. م.، بابائی، ع.، قنادها، م .ر.، خواجه، ا. ع. و ا. عطاری. ۱۳۸۱ . ارزیابی شاخص‌های تحمل به تنش خشکی در تعدادی از ژنوتیپ‌های سویا در شرایط آبیاری محدود. مجله علوم کشاورزی ایران، ۳۵ (۱): ۱۴۲-۱۲۹.

۱۲- لیاقت، ع. و ص. دربندی. ۱۳۷۹. مدخلی به مبحث کم‌آبیاری، تعریف و تبیین انواع آن. خلاصه مقالات کارگاه فنی-آموزشی کم‌آبیاری، ۳۶: ۱۴-۱۱.

۱۳- موسوی، ف.، کریمی، م. و م. خدامباشی. ۱۳۶۷. اثر رژیم‌های آبیاری بر راندمان مصرف آب دو رقم سویا. علوم و صنایع کشاورزی، ۲ (۲): ۲۳-۱۳.

۱۴- یحیایی، س. غ. 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): ۱۳۴-۱۲۴.

15- Demirtas, C., Yazgan, S., Candogan, B. N., Sincik, M., Büyükcangaz, H. and A. T. Göksoy. 2010. Quality and yield response of soybean (Glycine max L. Merrill) to drought stress in sub-humid environment. African Journal of Biotechnology, 9(41):6873-6881.

16- Delouche, J. C. 1980. Environmental effects on seed development and seed quality. Hortscience, 15: 775-800.

17- Gerçak, S., Boydak, E., Okant, M. and M. Dikilitas. 2009. Water pillow irrigation compared to furrow irrigation for soybean production in a semi-arid area. Agricultural Water Management, 96: 87-92.

18- Kirnak, H., Dogan, E. and H. Turkoglu. 2010. Effect of drip irrigation intensity on soybean seed yield and

quality in the semi-arid Harran plain, Turkey. Spanish Journal of Agricultural Research, 8(4):1208-1217.

19- Koller, H. R., Nyquist, W. E. and I. S. Kourosh. 1980. Growth analysis of soybean community. Crop Science, 10: 215-218.

20- Martin, S. K., Xie, F. T., Zhang, H. J., Wei, Z. and X. J. Song. 2009. Epistasis for quantitative traits in crosses between soybean lines from China and the United States. Crop Science Journal, 49: 20-28.

21- Muchow, R. C., Sinclair, T. R. and L. C. Hammond. 1986. Response of leaf growth, leaf nitrogen, andstomatal conductance to water deficits during vegetative growth of field-grown soybean. Crop Science, 26: 1190-1195.

22- Rosadi, B., Afandi, S. M., Ito, K. and J. T. Adomako. 2007. The effect of water stress in regulated deficit irrigation on soybean yield (Glycine max [L.] Merr.). Paddy Water Environment, 5:163-169.

23- Sincik, M., Candogan, B. N., Demirtas, C., Büyükcangaz, H., Yazgan, S. and A. T. Goksoy. 2008. Deficit irrigation of soybean [Glycine max (L.) Merr.] in a sub-humid climate. Agronomy and Crop Science, 194: 200-205.

24- Wakrim, R., Aganchich, B., Tahi, H., Serraj, R. and S. Wahbi. 2005. Comparative effects of partial root drying (PRD) and regulated deficit irrigation (RDI) on water relations and water use efficiency in common bean (Phaseolus vulgaris L.). Agriculture Ecosystem and Environment, 106:275-287.