بهبود کارایی مصرف آب سویا با استفاده از آبیاری بخشی منطقه ریشه (Partial Root Drying)

مهدی سرائی تبریزی[1*]، حسین بابازاده[1]، مسعود پارسی نژاد[2] و سید علی محمد مدرس ثانوی[3]

(تاریخ دریافت: ۱۳۸۷/۳/۹ ؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۸۸/۱۱/۱۳)

چکیده

کم آبیاری (Deficit Irrigation) از روش‌های مدیریتی آبیاری است که به منظور افزایش کارایی مصرف آب مورد استفاده قرار می‌گیرد. در سال‌های اخیر با توجه به خاصیت سازگاری درونی گیاه با شرایط کم آبی روشی به عنوان آبیاری بخشی (Partial Root Drying) معرفی شده است. در این تحقیق میدانی (مزرعه‌ای) راه‌کارهای بهبود کارایی مصرف آب در کشت سویا بررسی شد. این آزمایش در چهار تیمار آبیاری شیاری شامل آبیاری کامل (درحد ۱۰۰ درصد جبران نقصان رطوبتی خاک)، کم آبیاری سنتی درحد ۷۵ و ۵۰ درصد جبران نقصان رطوبتی خاک و آبیاری بخشی درحد۵۰ درصد جبران نقصان رطوبتی خاک در سه تکرار در مزرعه پژوهشی دانشکده کشاورزی دانشگاه تهران واقع در کرج در سال ۱۳۸۷ انجام شد. مقادیر آبیاری درست درحد جبران نقصان رطوبتی خاک (تلفات ناچیز) اعمال شد. نتایج نشان داد که کارایی مصرف آب بین تیمار آبیاری بخشی (PRD) و تیمار کم آبیاری سنتی درحد ۵۰٪ جبران نقصان رطوبتی خاک بر اساس آزمون چند دامنه دانکن در سطح ۵٪ دارای اختلاف معنی‌داری است. کارایی مصرف آب در تیمار آبیاری بخشی (PRD) نسبت به تیمار کم آبیاری سنتی درحد ۵۰ و ۷۵ درصد جبران نقصان رطوبتی خاک و تیمار آبیاری کامل به ترتیب ۴۸/۳، ۶۱/۹ و ۷۰/۱ درصد افزایش یافت.

واژه‌های کلیدی: آبیاری بخشی، کم آبیاری سنتی، کارایی مصرف آب، سویا

۱. به ترتیب دانشجوی کارشناسی ارشد و استادیار علوم و مهندسی آب، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات تهران

۲. استادیار مهندسی آبیاری و آبادانی، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه تهران

۳. استاد زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس، تهران

* : مسئول مکاتبات، پست الکترونیکی: mahdisarai@yahoo.com

[Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2026-06-22]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1389.14.52.1.6]

مقدمه

یکی از شاخص‌هایی که برای ارزیابی مدیریت آبیاری مورد استفاده قرار می‌گیرد، کارایی مصرف آب (Water Use Efficiency) می‌باشد. کارایی مصرف آب، محصول تولید شده به ازای تبخیر و تعرق صورت گرفته است. با توجه به خطر کمبود آب در دنیا امروزه کارایی مصرف آب اهمیت زیادی پیدا نموده است. دانشمندان به دنبال راه‌هایی هستند که آن را بهبود بخشند یا سیستم کشت را به صورتی تغییر دهند که به صورت بهینه از آب استفاده شود(۸). هدف اصلی از اجرای کم آبیاری، همانا افزایش راندمان مصرف آب، چه از طریق کاهش میزان آب آبیاری در هر نوبت و یا حذف آبیاری‌هایی است که کمترین بازدهی را دارند (۱۳).

کم آبیاری یک راه‌کار بهینه‌سازی است که طی آن محصولات را به عمد در شرایط کمبود آب و کاهش عملکرد قرار می‌دهند. این روش در منطقه اُگالالای جنوبی، حوزه کلمبیا و مناطق دیگر ایالات متحده، شبه قاره هند، بخش‌هایی از آفریقا و مناطق دیگری از دنیا که دچار کم آبی هستند گسترش یافته است (۱۳). اصولاً، کم آبیاری یک روش اضطراری آبیاری در شرایط کم‌آبی نیست، بلکه یک نوع مدیریت کارا و پویای بهره‌برداری به شمار می‌رود و آثار ویژه‌ای در مدیریت استحصال، انتقال و مصرف آب و در نهایت بر مدیریت اقتصادی دارد (۳). پس از گذشت کمتر از دو دهه از شروع کم آبیاری شیوه نوینی تحت عنوان آبیاری بخشی منطقه ریشه (Partial Root Drying) ارائه شده است(۶). تکنیک آبیاری بخشی(PRD) یک تکنیک جدید کم آبیاری می‌باشد که کارایی مصرف آب را بدون کاهش مشخصی در عملکرد گیاه، بهبود می‌بخشد (۴). آبیاری بخشی یک شکل خاص از کم آبیاری سنتی به صورت آبیاری متناوب (Irrigation Alternating) است (۱۷). در روش آبیاری بخشی به جای روش معمول آبیاری یک‌نواخت درتمام منطقه توسعه ریشه، تأمین آب به صورت متناوب تنها در یک طرف از منطقه ریشه صورت گرفته و در آبیاری بعدی معکوس عمل می‌شود. این روند می‌تواند بسته به نوع گیاه از ابتدا تا پایان دوره کشت ادامه یابد و یا فقط در یک مرحله خاص اعمال گردد (۱۷، ۱۸ و ۲۱).

تکنیک آبیاری بخشی با خیس کردن فقط یک طرف ریشه‌ها به صورت متناوب باعث می‌شود گیاه اسید ابسسیک (ABA) ترشح کرده که جزء مواد بازدارنده رشد است در نتیجه بیشتر روزنه‌های برگ‌های گیاه مسدود شده، میزان تعرق گیاه و رشد رویشی گیاه کاهش می‌یابد (۴ و ۱۷).

واکریم و همکاران (۲۲) در مراکش در کشت لوبیا، سه تیمار آبیاری کامل، آبیاری بخشی و کم آبیاری تنظیم شده (Regulated Deficit Irrigation) در حد۵۰٪ نیاز آبی گیاه را با هم مقایسه نموده و نتیجه گرفتند که کاهش بیوماس شاخ و برگ و غلاف لوبیا در اثر کم آبیاری و در نتیجه کاهش جذب دی اکسید کربن بوده و کارایی مصرف آب تحت تیمارهای PRD و RDI افزایش یافت.

بوتا و همکاران (۱۶) در کشور اسپانیا ابزارهای فیزیولوژی را در برنامه‌ریزی آبیاری برای درخت مو مورد بررسی قرار دادند. به منظور بهبود کارایی مصرف آب این مطالعات در منطقه مدیترانه روی درختان زیتون، انگور و مرکبات و هم‌چنین گیاهان گوجه فرنگی، ذرت، پنبه، بادمجان و فلفل تحت سیستم آبیاری بخشی انجام شد. نتایج حاصل از تحقیقات نشان داد که در سیستم‌های کم آبیاری، در میزان مصرف آب به طور قابل ملاحظه‌ای صرفه‌جویی به عمل می‌آید، به علاوه در بعضی موارد مقدار و کیفیت محصول افزایش یافته و میزان هدر رفت مواد مغذی به صورت رواناب و نفوذ عمقی کاهش می‌یابد و هم‌چنین صرفه جویی زیادی در هزینه‌ها از طریق کاهش استفاده از آب و هرس می‌شود.

اندرسون و همکاران (۱۵) با کار روی سیستم آبیاری بخشی، نقاط قوت و ضعف این سیستم، تأثیر آن بر عملکرد محصول سیب زمینی، اندازه غده و راندمان استفاده از آب تحت شرایط مزرعه در دانمارک به این نتیجه رسیدند که ذخیره آب و در نتیجه راندمان استفاده از آب و نیز جذب نیتروژن توسط گیاه به میزان قابل توجهی در اثر کاربرد این سیستم افزایش می‌یابد.

[Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2026-06-22]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1389.14.52.1.6]

کردا و همکاران (۲۰) در کشور ترکیه نشان دادند که سیستم آبیاری بخشی صرفه جویی قابل توجهی در آب آبیاری مورد استفاده پنبه ایجاد نموده و محصول چندین هفته زودتر از روش آبیاری سنتی آماده برداشت است و چون قبل از بارش‌های پاییزی برداشت انجام می‌شود شانس به دست آوردن محصول با کیفیت بالا افزایش خواهد یافت. زگبی و همکاران (۲۴) در کشور نیوزلند تأثیر سیستم آبیاری بخشی روی گیاه گوجه فرنگی را با استفاده از دو روش آبیاری، آبیاری قطره‌ای و آبیاری شیاری مطالعه و بررسی کردند. در این آزمایش چهار تیمار در نظر گرفته شد به طوری که در ابتدا روش آبیاری شیاری به صورت آبیاری کامل (تمام سیستم ریشه گیاه سیراب شود) و هم‌چنین آبیاری شیاری به صورت آبیاری بخشی را اجرا و باهم مقایسه کردند سپس سیستم آبیاری قطره‌ای (تمام سیستم ریشه گیاه سیراب شود) را با سیستم آبیاری قطره‌ای (PRD) اجرا و با هم مقایسه نمودند. نتایج حاصل از این تحقیق نشان داد که میزان کارایی مصرف آب در تیمارهای PRD در مقایسه با تیمارهای دیگر افزایش یافت. آبیاری بخشی راندمان مصرف آب آبیاری را ۷۰ درصد بهبود بخشید. سلطانی و همکاران (۴) در استان یزد یک مطالعه گلدانی روی گیاه کلزای پاییزه تحت پنج تیمار آبیاری بخشی با آب با شوری ۶/۵۶ دسی زیمنس برمتر و میزان آبیاری معادل ۵۰٪ تخلیه مجاز در گلدان‌هایی که وسط آنها با تیغه بسیار نازک به دو قسمت تقسیم شده بود انجام دادند. نتایج این تحقیق گلدانی نشان داد که با اعمالPRD راندمان کاربرد آب دو برابر شد در حالی که با کاهش میزان آب به نصف، عملکرد دانه فقط ۹/۵۶٪ کاهش یافت. PRD اثر معنی‌داری بر وزن خشک بوته نداشت. با کاهش میزان آب به میزان ۵۰٪ ، تعداد خورجین ۲۳/۹٪ کاهش یافت. تحت PRD، غلظت عناصرفسفر، پتاسیم، منیزیم، سدیم، کلر، مس، روی و آهن افزایش یافت ولی غلظت منگنز و کلسیم در کلزا کاهش یافت.

البته مطالعات کم آبیاری در ایران با عناوین مختلفی از قبیل تیمار آبیاری متناوب شیاری (۱۰)، تیمار آبیاری جویچه‌ای یک در میان (Every Other Furrow Irrigation)(۲) به صورت تحقیقات مزرعه‌ای و تیمار آبیاری بخشی (۴ و ۱۱) به صورت تحقیقات گلدانی انجام شده است. در عین حال مطالعات آبیاری بخشی (PRD) عمدتاً به صورت گلدانی و یا در محیط گلخانه انجام شده است. ویژگی مطالعهٔ حاضر اعمال تکنیک PRD روی گیاه سویا در محیط مزرعه و در مقایسه با تیمارهای آبیاری کامل و کم آبیاری سنتی است.

هدف از انجام این آزمایش میدانی بررسی کارایی مصرف آب در گیاه سویا با اعمال تیمار آبیاری بخشی درحد۵۰٪ جبران نقصان رطوبتی خاک در مقایسه با تیمارهای آبیاری کامل و کم آبیاری سنتی درحد۵۰٪ و۷۵٪ جبران نقصان رطوبتی خاک می‌باشد.

مواد و روش‌ها

این مطالعه در سال زراعی ۱۳۸۷ در مزرعه پژوهشی دانشکده کشاورزی دانشگاه تهران واقع در کرج انجام شد. منطقه مورد مطالعه در طول جغرافیایی ۵۱ درجه شمالی و عرض جغرافیایی ۳۶ درجه شرقی و ارتفاع ۱۳۱۲ متر از سطح دریا قرار گرفته است. این منطقه دارای زمستان‌های نسبتاً سرد و تابستان‌های معتدل در طبقه‌بندی اقلیمی آمبرژه دارای اقلیم خشک و سرد می‌باشد. بافت خاک مزرعه لوم و با متوسط ظرفیت زراعی (θ_{fc}) ۳۲/۲٪ حجمی و جرم مخصوص ظاهری خاک ۱/۵۴ گرم بر سانتی‌متر مکعب برای عمق تا ۶۰ سانتی‌متری خاک بود.

منبع آب مورد استفاده مزرعه دانشکده، آب زیرزمینی است که توسط پمپاژ از چاه تأمین می‌گردد. کیفیت آب مورد استفاده بر اساس تقسیم بندی آزمایشگاه شوری خاک آمریکا در کلاس C1S1 قرار می‌گیرد(۵).

در جهت دست‌یابی به اهداف فوق در مزرعه برای اینکه در تکنیک آبیاری بخشی تنها یک طرف ریشه‌ها خیس شود به جای فواصل کشت معمول ۵۰ سانتی‌متر برای گیاه سویا از فواصل کشت ۶۵ سانتی‌متر استفاده شد و برای بقیه تیمارها نیز

[Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2026-06-22]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1389.14.52.1.6]

از فواصل کشت یکسان ۶۵ سانتی‌متر استفاده گردید. آزمایش به صورت طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار و چهار تیمار آبیاری روی یک رقم سویا به نام ویلیامز انجام شد. تیمارهای آبیاری شیاری اعمال شده عبارت بودند از: تیمار آبیاری بخشی منطقه ریشه (Partial Root Drying) درحد ۵۰ درصد جبران نقصان رطوبتی خاک ($PRD_{50\%}$)، تیمار آبیاری کامل(درحد ۱۰۰ درصد جبران نقصان رطوبتی خاک) ($FI_{100\%}$)، تیمار کم آبیاری سنتی درحد ۵۰ درصد جبران نقصان رطوبتی خاک ($DI_{50\%}$) و تیمار کم آبیاری سنتی درحد ۷۵ درصد جبران نقصان رطوبتی خاک ($DI_{75\%}$).

برای تعیین نیاز آبی و تهیه تقویم آبیاری برای گیاه سویا در مزرعه از روش تعیین نیاز آبی گیاه بر اساس نمایه خاک به نام روش نقصان رطوبتی‌خاک (The soil Moisture Deficit) (روش مستقیم تعیین نیاز آبی گیاه) استفاده شد که مبتنی بر تعیین رطوبت خاک قبل از آبیاری و تعیین مقدار آبیاری لازم برای جبران کمبود رطوبت خاک تا حد ظرفیت زراعی (Field Capacity) است(۷ و ۹). با توجه به این که هر شیار دارای ابعاد یکسان و معین بود (طول هر شیار دو متر و عرض هر شیار ۰/۶۵ متر). هر شیار به صورت مجزا با استفاده از یک شلنگ که از بشکه ۲۲۰ لیتری متصل به مانومتر تغذیه می‌شد آبیاری شده و حجم آب مورد نیاز هر شیار بر حسب لیتر با در نظر گرفتن میزان نقصان رطوبتی خاک و سطح مقطع هر شیار تعیین شد. طول هر شیار ۲ متر و حد واسط مرکز هر پشته تا پشته بعدی ۶۵ سانتی‌متر بود. ضریب تخلیه مجاز رطوبت (MAD) با توجه به نوع گیاه و بافت خاک ۶۵ درصد در نظر گرفته شد(۱). به علت کوتاهی طول شیارها و جلوگیری از تشکیل رواناب، انتهای شیارها بسته در نظر گرفته شد. با استفاده از یک اوگر در طول فصل کشت به صورت منظم به فواصل دو روز دو روز یک نمونه‌خاک از هر تکرار تیمار آبیاری کامل در سه عمق ۲۰-۰، ۴۰-۲۰ و ۶۰-۴۰ سانتی‌متر از سطح خاک تهیه شد. سپس با تعیین درصد رطوبت وزنی متوسط و از طرفی با داشتن جرم مخصوص ظاهری خاک (ρ_b) و هم‌چنین درصد رطوبت حجمی خاک درحد ظرفیت زراعی (θ_{fc}) از تجزیه فیزیکی خاک قبل از کشت، درصد رطوبت حجمی و نقصان رطوبتی خاک (SMD) تعیین شد. با تعیین اختلاف بین نقصان رطوبتی خاک و ضریب تخلیه مجاز (MAD) زمان آبیاری پیش‌بینی شد. میزان آب آبیاری مورد نیاز هر شیار از رابطه ۱ و ۲ محاسبه گردید (۷ و ۹):

$$SMD = (\theta_{fc} - \theta_{v_0}) \times D_{rz} \qquad [۱]$$

که در آن:

SMD = نقصان رطوبتی خاک در ناحیه توسعه ریشه، سانتی‌متر

θ_{fc} = رطوبت حجمی خاک درحد ظرفیت زراعی (اعشاری)

θ_{v_0} = رطوبت حجمی خاک یک روز قبل از آبیاری (اعشاری)

D_{rz} = عمق توسعه ریشه، سانتی‌متر

$$V_{in} = A_{i_0} \times SMD \times ۱۰۰۰ \qquad [۲]$$

که در آن:

V_{in} = حجم آب مورد نیاز برای هر شیار، لیتر

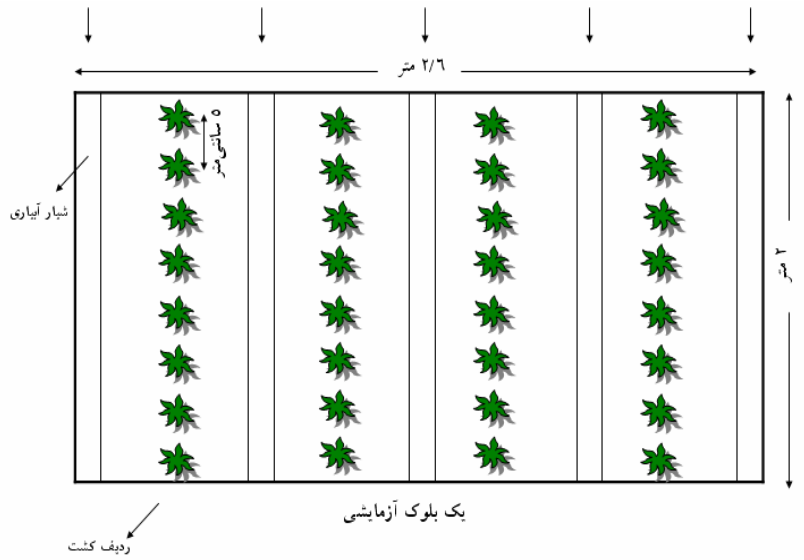
A_{i_0} = مساحت ارضی هر شیار، متر مربع

SMD = نقصان رطوبتی خاک، متر

هر کدام از کرت‌های آزمایشی دارای ۲ متر طول و ۲/۶ متر عرض و ۴ خط کاشت در آن وجود داشت. برای حذف اثرات ناشی از نفوذ آب از تیمارهای مختلف روی یکدیگر و از بین بردن اثرات حاشیه‌ای، فواصل طولی بین کرت‌ها ۰/۹ متر، فواصل عرضی بین کرت‌ها ۰/۷۵ متر و اندازه‌گیری‌ها فقط از دو خط کاشت وسط هر کرت انجام شد. خطوط کاشت دقیقاً در وسط پشته‌ها قرار گرفت (شکل۱). اندازه‌گیری دبی ورودی به هر شیار موجود در کرت و کنترل مقدار آب آبیاری در هر تیمار توسط یک بشکه ۲۲۰ لیتری که یک مانومتر به آن متصل شده بود، با استفاده از اندازه‌گیری ارتفاع سطح آب در داخل بشکه انجام شد. کود اوره به میزان ۵۰ کیلوگرم در هکتار و کود فسفات به میزان ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار به زمین مورد آزمایش

[Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2026-06-22]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1389.14.52.1.6]



شکل۱. شکل شماتیک یک بلوک آزمایشی در مزرعه

داده شد. فواصل بوته روی ردیف ۵ سانتی‌متر بود. وجین علف‌های هرز به صورت دستی و توسط کارگر صورت گرفت. کشت در تاریخ ۱۲ خرداد بعد از یک شخم سطحی انجام شد. برداشت محصول در ۸ مهر صورت گرفت. در طول فصل کشت هیچ بارشی صورت نگرفت.

در تیمار آبیاری کامل شیارهای دو طرف ردیف‌های کشت به منظور جبران ۱۰۰ درصد نقصان رطوبتی خاک آبیاری شد. در تیمار کم آبیاری سنتی درحد ۷۵ و ۵۰ درصد جبران نقصان رطوبتی خاک هر دو طرف ردیف‌های کشت آبیاری شد. در تیمار آبیاری بخشی درحد ۵۰ درصد جبران نقصان رطوبتی خاک هر بار تنها در یک طرف ردیف‌های کشت به طور متناوب آبیاری شد.

از نرم‌افزار SAS برای تجزیه آماری داده‌ها استفاده گردید و با مشاهده تفاوت معنی‌دار در آنالیز واریانس (ANOVA)، مقایسه میانگین‌ها با آزمون دانکن در سطح احتمال($P\leq$ ۰/۰۵) صورت گرفت.

نتایج و بحث

تجزیه واریانس نشان داد که تیمار کم آبیاری روی صفات اندازه‌گیری شده شامل صفات فیزیولوژیک، عملکرد دانه، تعداد دانه در بوته، تعداد غلاف در بوته، میزان نسبی آب برگ (در سه تاریخ متفاوت)، وزن صد دانه، کارایی مصرف آب، درآمد حاصل از محصول بدون در نظر گرفتن هزینه‌ها و سود اقتصادی در شرایط محدودیت زمین اثر بسیار معنی‌داری داشت ($P\leq$ ۰/۰۱) و هم‌چنین تجزیه واریانس نشان داد که تیمار کم آبیاری روی کلیه صفات اندازه‌گیری شده شامل تعداد غلاف پوک، طول غلاف در بوته، تعداد گره باردار و سود اقتصادی در شرایط عدم محدودیت زمین اثر معنی‌داری داشت ($P\leq$ ۰/۰۵)(جداول۱، ۳ و ۵).

میزان آب مصرفی

مقادیر آب مورد استفاده در تیمارهای مختلف به صورت حجمی تعیین شد و در شکل۲ ارائه شده است. در تیمار آبیاری کامل حداکثر آب مصرف شده است و در تیمار آبیاری بخشی(PRD) درحد ۵۰٪ جبران نقصان رطوبتی خاک حداقل میزان آب مصرف شده است. تیمار آبیاری بخشی در مقایسه با تیمار کم آبیاری سنتی درحد ۵۰٪ جبران نقصان رطوبتی خاک حدود۵۰٪ در مصرف آب صرفه‌جویی کرده است.

[Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2026-06-22]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1389.14.52.1.6]

جدول ۱. تجزیه واریانس تحلیل اقتصادی در شرایط کم آبیاری

منابع تغییر	درجه آزادی	درآمد حاصل از محصول بدون در نظر گرفتن هزینه‌ها	سود اقتصادی (محدودیت زمین)	سود اقتصادی (عدم محدودیت زمین)
تکرار	۲	۱۵۳۳۲۲۵۰۶۴/۶	۱۵۳۳۲۲۵۰۶۴/۶	۲/۶۸
کم آبیاری	۳	۵/۳۷**	۳۶۴۱۱۱۱۵۷۷۸۵**	۲/۹۸*
خطا	۶	۱۱۹۱۶۷۹۷۹۵۶	۱۱۹۱۶۷۹۷۹۵۶	۲/۶۹
C.V.		۰/۷۱	۱/۵۸	۲۶/۱۱

* و ** : به ترتیب معنی‌دار در سطوح ۱ درصد و ۵ درصد

جدول ۲. مقایسه میانگین‌های تحلیل اقتصادی در شرایط کم آبیاری

تیمار	درآمد حاصل از محصول بدون در نظر گرفتن هزینه‌ها (ریال در هکتار)	سود اقتصادی (ریال در هکتار) (محدودیت زمین)	سود اقتصادی (ریال در هکتار) (عدم محدودیت زمین)
FI	۱۶۸۹۹۱۷۲^{a}	۶۷۲۵۶۸۲^{b}	۶۷۲۵۶۸۲^{c}
$DI_{75\%}$	۱۶۳۱۸۷۴۳^{b}	۷۲۲۷۸۷۸^{a}	۱۷۷۶۸۷۵۰^{b}
$DI_{50\%}$	۱۴۵۴۹۱۲۷^{c}	۶۵۴۰۸۸۷^{b}	۲۶۱۶۳۵۴۷^{ba}
$PRD_{50\%}$	۱۴۱۴۲۳۹۷^{d}	۷۲۱۶۷۸۲^{a}	۲۸۸۶۷۱۲۷^{a}

در هر صفت و گروه مقایسه شده، تیمارهایی که با حرف یکسان نشان داده شده‌اند، بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن($P\leq$ ۰/۰۵)، دارای اختلاف معنی‌دار نیستند.

جدول ۳. تجزیه واریانس صفات عملکرد و اجزای عملکرد سویا در شرایط کم آبیاری

منابع تغییر	درجه آزادی	عملکرد دانه	وزن صد دانه	تعداد دانه در بوته	تعداد غلاف در بوته	تعداد غلاف پوک	طول غلاف در بوته	تعداد گره باردار
تکرار	۲	۰/۷۷	۰/۰۵	۱۳/۳۷	۰/۹	۰/۱۲۳	۰/۱۰۳۳	۰/۳۶
کم آبیاری	۳	۲۷۱۳/۴**	۰/۸۸**	۴۱۱۲/۸۹**	۳۴۹/۸۹**	۰/۳۲۳*	۰/۷۶*	۱۴/۰۵*
خطا	۶	۶/۰۲	۰/۰۱۶	۸۰/۶۳	۷/۰۲	۰/۰۴۳	۰/۱۲	۱/۰۸
C.V.		۰/۷۱	۱/۰۱	۱۱/۰۶	۹/۰۶	۲۶/۵۷	۸/۳	۱۰/۳۹

* و ** : به ترتیب معنی‌دار در سطوح ۱ درصد و ۵ درصد

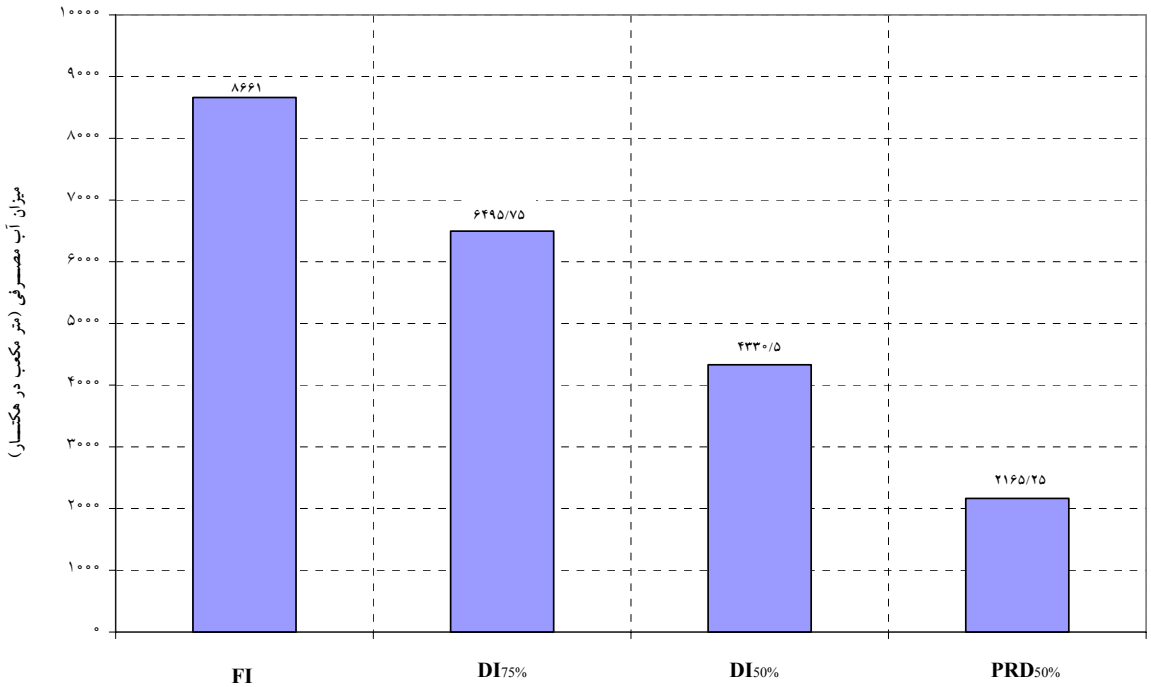
جدول ۴. مقایسه میانگین‌های صفات عملکرد و اجزای عملکرد سویا در شرایط کم آبیاری

تیمار	عملکرد دانه (g/m^2)	وزن صد دانه (g)	تعداد دانه در بوته	تعداد غلاف در بوته	تعداد غلاف پوک	طول غلاف (cm)	تعداد گره باردار
FI	۳۷۹/۷۶^{a}	۱۳/۲^{a}	۱۲۵/۹۸^{a}	۴۲/۴۷^{a}	۱/۰۷^{a}	۴/۷^{a}	۱۲/۰۰^{a}
$DI_{75\%}$	۳۶۶/۷۱^{b}	۱۲/۷^{b}	۹۷/۲۴^{b}	۳۳/۵۳^{b}	۰/۵۳۳^{b}	۴/۵۳^{ba}	۱۱/۷۳^{a}
$DI_{50\%}$	۳۲۶/۹۵^{c}	۱۲/۲^{c}	۵۱/ ۹۹^{c}	۲۱/۶^{c}	۱/۰۷^{a}	۳/۹^{bc}	۸/۳۳^{b}
$PRD_{50\%}$	۳۱۷/۸۱^{d}	۱۱/۹۹^{c}	۴۹/۶۱^{c}	۱۹/۳۳^{c}	۰/۴۶۷^{b}	۳/۶۵^{c}	۷/۹۳^{b}

در هر صفت و گروه مقایسه شده، تیمارهایی که با حرف یکسان نشان داده شده‌اند، بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن($P\leq$ ۰/۰۵)، دارای اختلاف معنی‌دار نیستند.

[Downloaded from jstmar.iut.ac.ir on 2026-06-22]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1389.14.52.1.6]



شکل۲. میزان آب مصرفی در تیمارهای مختلف آبیاری برحسب متر مکعب در هکتار

جدول ۵. تجزیه واریانس صفات فیزیولوژیک سویا در شرایط کم آبیاری

منابع تغییر	درجه آزادی	عملکرد بیولوژیک	شاخص برداشت	میزان نسبی آب برگ هفدهم شهریور	میزان نسبی آب برگ بیست و چهارم شهریور	میزان نسبی آب برگ‌سی و یکم شهریور	کارایی مصرف آب
تکرار	۲	۱/۹۸	۰/۰۰۰۰۰۸	۰/۶۳	۰/۵۲	۰/۵۶	۰/۰۰۰۰۱
کم آبیاری	۳	۱۵۳۰۱۸/۱۲**	۰/۰۷**	۶۶۵/۸۵**	۱۳۷۶/۳۲**	۱۴۰۰/۵۲**	۰/۶۳**
خطا	۶	۲۸۹/۴۹۸	۰/۰۰۰۰۳	۰/۶۶	۰/۷۲	۰/۱۶	۰/۰۰۰۰۸
C.V.		۲/۳۲	۰/۹۴	۳/۷۷	۲/۸۹۶	۱/۳۳	۰/۴۵

** و * : به ترتیب معنی‌دار در سطوح ۱ درصد و ۵ درصد

صفات عملکرد و اجزای عملکرد

الف) عملکرد دانه

جدول مقایسه میانگین‌ها (جدول۴) نشان می‌دهد که میانگین‌های عملکرد در سطوح مختلف تیمارهای آبیاری در چهار گروه مختلف قرار گرفته‌اند به طوری که بیشترین عملکرد دانه در تیمار آبیاری کامل با مقدار ۳۷۹/۷۶ g/m^2 به دست آمد و آبیاری بخشی درحد ۵۰٪ جبران نقصان رطوبتی خاک کمترین عملکرد دانه را داشت. میزان این صفت در کم آبیاری سنتی درحد ۷۵٪ جبران نقصان رطوبتی خاک، پس از آبیاری کامل و قبل از سطح کم آبیاری سنتی و آبیاری بخشی درحد ۵۰٪ جبران نقصان رطوبتی خاک قرارگرفت. کردا و همکاران در مطالعه روی گوجه فرنگی در گلخانه با اعمال تیمار آبیاری کامل و کم آبیاری بخشی درحد۵۰٪ نیاز آبی گیاه مشاهده نمودند که بیشترین عملکرد دانه به تیمار آبیاری کامل تعلق دارد، که با نتایج تحقیق حاضر کاملاً مطابقت می‌کند(۱۹). هم‌چنین مطالعات انجام شده روی سویا توسط یحیایی در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه صنعتی اصفهان نیز نشان می‌دهد که حداکثر عملکرد محصول در تیمار آبیاری کامل حاصل می‌شود و با اعمال کم آبیاری عملکرد محصول کاهش می‌یابد (۱۴).

[Downloaded from jstmar.iut.ac.ir on 2026-06-22]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1389.14.52.1.6]

ب) وزن صد دانه

طبق جدول مقایسه میانگین‌ها (جدول۴) تیمار آبیاری کامل براساس آزمون چند دامنه دانکن ($P\leq$ ۰/۰۵) نسبت به تیمار کم آبیاری سنتی درحد ۷۵٪ جبران نقصان رطوبتی خاک، اختلاف معنی‌داری دارد ولی بین تیمار کم آبیاری سنتی درحد ۵۰٪ جبران نقصان رطوبتی خاک و تیمار آبیاری بخشی اختلاف معنی‌داری وجود ندارد. زیرا تعداد دانه تحت شرایط محیطی تغییر می‌کند اما وزن دانه تابع ژنتیک گیاه است و کمتر تحت تأثیر شرایط محیطی قرار می‌گیرد. ونگ لی و همکاران مطالعاتی روی تأثیر ترکیب آبیاری بخشی(PRD) و پخش غیر یکنواخت کود روی اکتساب نیتروژن و رشد در دانه روغنی انجام داده و نتیجه گرفته‌اند که بیوماس گیاه با اعمال تنش آبی به میزان قابل ملاحظه‌ای کاهش می‌یابد که بیوماس دانه هم بخشی از بیوماس کل است. این نتیجه با تحقیق حاضر همخوانی دارد.

پ) تعداد دانه در بوته

جدول مقایسه میانگین‌ها (جدول۴) نشان می‌دهد که تیمارهای آبیاری صفت تعداد دانه در بوته را در سه گروه مختلف قرارداده‌اند به طوری که بیشترین تعداد دانه در بوته در تیمار آبیاری کامل با تعداد ۱۲۵/۹۸ به دست آمد و کم آبیاری سنتی و آبیاری بخشی درحد ۵۰٪ جبران نقصان رطوبتی خاک از نظر تعداد دانه در بوته اختلاف معنی‌داری نداشتند و میزان این صفت در کم آبیاری سنتی درحد ۷۵٪ جبران نقصان رطوبتی خاک پس از آبیاری کامل و قبل از دو سطح کم آبیاری سنتی و آبیاری بخشی درحد ۵۰٪ جبران نقصان رطوبتی خاک قرارگرفت. ونگ لی و همکاران (۲۳) و هم‌چنین واکریم و همکاران در مطالعات خود به این نتیجه رسیدند که با افزایش تنش آبی میزان شاخ و برگ و تعداد غلاف گیاه کاهش می‌یابد که با تحقیق حاضر مطابقت دارد (۲۲ و ۲۳).

ت) تعداد غلاف در بوته

جدول مقایسه میانگین‌های این صفت (جدول۴) نشان می‌دهد که تیمارهای آبیاری در سه گروه مختلف قرار گرفته‌اند به طوری که بیشترین تعداد غلاف در بوته در تیمار آبیاری کامل با تعداد ۴۲/۴۷ به دست آمد و کم آبیاری سنتی و آبیاری بخشی درحد ۵۰٪ جبران نقصان رطوبتی خاک از نظر تعداد غلاف در بوته اختلاف معنی‌داری نداشتند و میزان این صفت در کم آبیاری سنتی درحد ۷۵٪ جبران نقصان رطوبتی خاک پس از آبیاری کامل و قبل از دو سطح کم آبیاری سنتی و آبیاری بخشی درحد ۵۰٪ جبران نقصان رطوبتی خاک قرارگرفت. واکریم و همکاران در مطالعه روی لوبیا به این نتیجه رسیدند که با افزایش تنش آبی تعداد غلاف کاهش می‌یابد (۲۲).

ث) تعداد غلاف پوک

جدول مقایسه میانگین‌ها (جدول۴) نشان می‌دهد که تیمارهای مختلف آبیاری از نظر اثر بر روی این صفت در دو گروه مجزا قرار گرفته‌اند به طوری که بیشترین تعداد غلاف پوک در تیمار آبیاری کامل و تیمار کم آبیاری سنتی درحد۵۰٪ جبران نقصان رطوبتی خاک با تعداد ۱/۰۷ به دست آمد و کم آبیاری سنتی درحد ۷۵٪ جبران نقصان رطوبتی خاک و آبیاری بخشی درحد ۵۰٪ جبران نقصان رطوبتی خاک از نظر تعداد غلاف پوک اختلاف معنی‌داری با هم نداشتند. ونگ لی و همکاران (۲۳) گزارش کردند که تعداد غلاف پوک بین تیمارهای مختلف آبیاری اختلاف معنی‌داری نداشت.

ج) طول غلاف در بوته

جدول مقایسه میانگین‌ها (جدول۴) نشان می‌دهد که گیاهان از نظر این صفت در سه گروه آماری قرار دارند به طوری که بیشترین طول غلاف در بوته در تیمار آبیاری کامل و تیمار کم آبیاری سنتی درحد ۷۵٪ جبران نقصان رطوبتی خاک به ترتیب با مقدار ۴/۷ و ۴/۵۳ سانتی‌متر به دست آمد و کم آبیاری سنتی درحد ۵۰٪ جبران نقصان رطوبتی خاک و آبیاری بخشی درحد

[Downloaded from jstmar.iut.ac.ir on 2026-06-22]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1389.14.52.1.6]

۵۰٪ جبران نقصان رطوبتی خاک از نظر طول غلاف در بوته اختلاف معنی‌داری با هم نداشتند. نبئی و همکاران در مطالعه روی لوبیا به این نتیجه رسیدند که تیمار آبیاری یک جویچه در میان متغیر کمترین طول غلاف را نسبت به دیگر تیمارهای آبیاری به خود اختصاص داده است (۱۰). در تحقیق حاضر کمترین طول غلاف مربوط به تیمار آبیاری بخشی بود.

چ) تعداد گره باردار

جدول مقایسه میانگین‌ها (جدول۴) نشان می‌دهد که دو گروه آماری برای این صفت وجود دارد. به طوری که بیشترین تعداد گره باردار در تیمار آبیاری کامل و تیمار کم آبیاری سنتی درحد ۷۵٪ جبران نقصان رطوبتی خاک به ترتیب با تعداد ۱۲ و ۱۱/۷۳ به دست آمد و کم آبیاری سنتی و آبیاری بخشی درحد ۵۰٪ جبران نقصان رطوبتی خاک از نظر تعداد گره باردار اختلاف معنی‌داری با هم نداشتند. واکریم و همکاران در مطالعه روی لوبیا به این نتیجه رسیدند که بیشترین تعداد گره باردار در تیمار آبیاری کامل به دست آمد که این نتیجه با تحقیق حاضر مطابقت دارد (۲۲).

صفات فیزیولوژیک

الف) عملکرد بیولوژیک

مطابق با جدول مقایسه میانگین‌ها (جدول۶) در مرحله برداشت محصول بیشترین مقدار عملکرد بیولوژیک مربوط به تیمار شاهد به مقدار۹۶۹/۷۷ گرم بر مترمربع می‌باشد. بین تیمار آبیاری کامل (تیمار شاهد) و تیمار کم آبیاری سنتی درحد ۷۵٪ جبران نقصان رطوبتی خاک اختلاف معنی‌داری وجود دارد اما بین تیمار کم آبیاری سنتی و آبیاری بخشی(PRD) درحد۵۰٪ جبران نقصان رطوبتی خاک اختلاف معنی‌داری وجود ندارد. به طور کلی از نظر بیشترین میزان عملکرد بیولوژیک به ترتیب صعودی به نزولی تیمار آبیاری کامل، تیمار کم آبیاری سنتی درحد ۷۵٪، تیمار کم آبیاری سنتی درحد ۵۰٪ و تیمار آبیاری بخشی درحد ۵۰٪ جبران نقصان رطوبتی خاک قرار دارند. این نکته قابل ذکر است که روند تغییرات بیوماس کل گیاه در مراحل مختلف رشد در دو تیمار شاهد و تیمار کم آبیاری سنتی درحد ۷۵٪ جبران نقصان رطوبتی خاک با هم مشابه بود و هم‌چنین بیوماس کل گیاه در مراحل مختلف رشد در دو تیمار آبیاری بخشی و کم آبیاری سنتی درحد ۵۰٪ جبران نقصان رطوبتی خاک روند تغییرات یکسانی را دارا بودند. علیرغم این که در آبیاری بخشی مقدار آب مصرف شده نصف تیمار کم آبیاری سنتی درحد ۵۰٪ جبران نقصان رطوبتی خاک است ولی نتایج نشان می‌دهد که عملکرد بیولوژیک کلیه مراحل فیزیولوژیک کاملاً مشابه بوده است (شکل۳). یحیایی در مطالعه 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 که در این تحقیق نیز همین نتیجه حاصل شده است (۱۴).

ب) شاخص برداشت

جدول مقایسه میانگین‌ها (جدول۶) نشان می‌دهد که سه گروه شاخص برداشت در تیمارهای آبیاری وجود دارند. به طوری که بیشترین شاخص برداشت در تیمار آبیاری کامل و کم آبیاری سنتی درحد ۷۵٪ جبران نقصان رطوبتی خاک به ترتیب با مقدار ۶۸ و ۶۷ درصد به دست آمد که بین آنها اختلاف معنی‌داری وجود ندارد. کم آبیاری سنتی و آبیاری بخشی(PRD) درحد ۵۰٪ جبران نقصان رطوبتی خاک از نظر این شاخص بین آن‌ها اختلاف معنی‌داری وجود نداشت و بعد از دو تیمار فوق از نظر مقدار قرار می‌گیرند. یحیایی در مطالعات خود روی سویا به این نتیجه رسید که تیمار آبیاری کامل بیشترین شاخص برداشت را دارد و بعد از آن تیماری که کمترین تنش بر آن اعمال می‌شود قرار گرفت و اختلاف معنی‌داری با تیمار شاهد نداشت. تیمارهای کم آبیاری دیگر از نظر مقدار بعد از آنها قرارگرفتند و این تیمارها با همدیگر در سطح ۵ درصد اختلاف معنی‌داری نداشتند (۱۴).

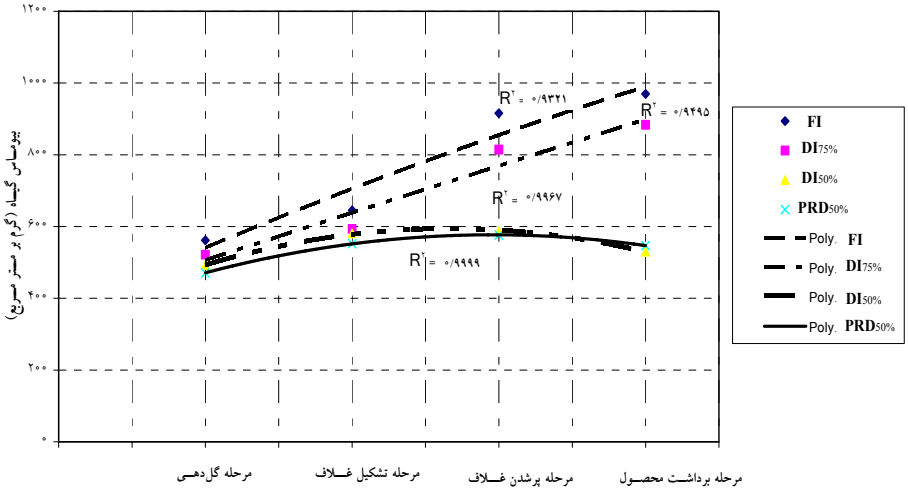
[Downloaded from jstmar.iut.ac.ir on 2026-06-22]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1389.14.52.1.6]

جدول ۶. مقایسه میانگین‌های صفات فیزیولوژیک سویا در شرایط کم آبیاری

تیمار	عملکرد بیولوژیک (g/m^2)	شاخص‌برداشت (٪)	میزان نسبی آب برگ هفدهم شهریور(٪)	میزان نسبی آب برگ بیست و چهارم شهریور(٪)	میزان نسبی آب برگ سی و یکم شهریور(٪)	کارایی مصرف آب (kg/m^3)
FI	۹۶۹/۷۷^{a}	۶۸^{a}	۳۷/۷۳^{a}	۴۸/۲۱^{a}	۴۹/۶۵^{a}	۰/۴۴^{d}
$DI_{75\%}$	۸۸۳/۷۸^{b}	۶۷^{a}	۳۰/۷۶^{b}	۴۷/۳۲^{a}	۴۸/۲۳^{b}	۰/۵۶^{c}
$DI_{50\%}$	۵۵۱/۱۲^{c}	۴۳^{b}	۸/۷^{c}	۱۰/۶۴^{c}	۱۱/۵۴^{c}	۰/۷۶^{b}
$PRD_{50\%}$	۵۳۰/۱۷^{c}	۳۹^{c}	۹/۱۴^{c}	۱۰/۶۹^{c}	۱۱/۵۲^{c}	۱/۴۷^{a}

در هر صفت و گروه مقایسه شده، تیمارهایی که با حرف یکسان نشان داده شده‌اند، بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن($P\leq$ ۰/۰۵)، دارای اختلاف معنی‌دار نیستند.



شکل۳. روند تغییرات بیوماس کل گیاه در مراحل مختلف رشد در شرایط مختلف کم آبیاری

پ) میزان نسبی آب برگ

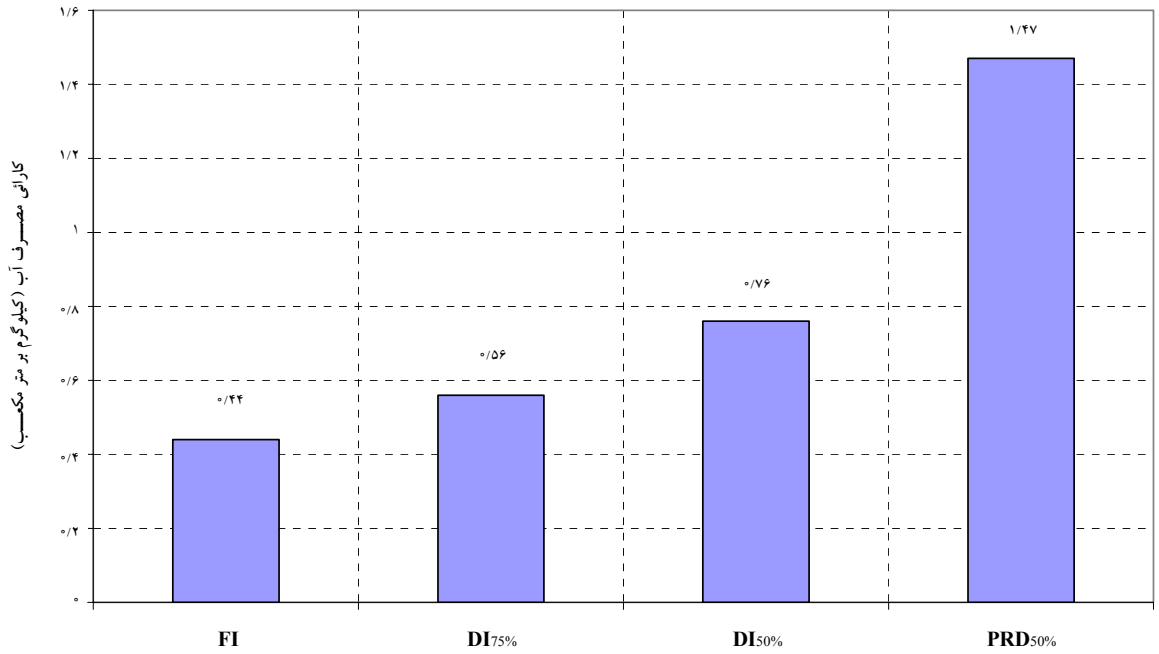
جدول مقایسه میانگین‌ها (جدول۶) نشان می‌دهد که در سه نوبت نمونه‌گیری و تهیه دیسک از برگ‌ها در تاریخ‌های ۱۷، ۲۴ و ۳۱ شهریور نشان داد که تیمارهای آبیاری در سه گروه مختلف قرار گرفته‌اند به طوری که بیشترین مقدار میزان نسبی آب برگ در تیمار آبیاری کامل به ترتیب با مقدار ۳۷/۷۳، ۴۸/۲۱ و ۴۹/۶۵ در تاریخ‌های ۱۷، ۲۴ و ۳۱ شهریور به دست آمد و کم آبیاری سنتی و آبیاری بخشی درحد ۵۰٪ جبران نقصان رطوبتی خاک از نظر میزان نسبی آب برگ اختلاف معنی‌داری نداشتند و میزان این صفت در کم آبیاری سنتی درحد ۷۵٪ جبران نقصان رطوبتی خاک پس از آبیاری کامل و قبل از دو سطح کم آبیاری سنتی و آبیاری بخشی(PRD) درحد ۵۰٪ جبران نقصان رطوبتی خاک قرارگرفت. واکریم و همکاران در مطالعات خود روی لوبیا با اعمال تیمار آبیاری بخشی، کم آبیاری تنظیم شده و آبیاری کامل مشاهده کردند که همان‌طور که قابل انتظار است با اعمال کم آبیاری میزان نسبی آب برگ کاهش می‌یابد (۲۲).

ج) کارایی مصرف آب

جدول مقایسه میانگین‌ها (جدول۶) نشان می‌دهد که تیمارهای آبیاری در چهار گروه مختلف قرار گرفته‌اند به طوری که بیشترین مقدار کارایی مصرف آب در تیمار آبیاری بخشی با مقدار ۱/۴۷ کیلوگرم بر مترمکعب به دست می‌آید و بعد از آن از لحاظ مقدار به ترتیب تیمار کم آبیاری سنتی درحد ۵۰٪

[Downloaded from jstmar.iut.ac.ir on 2026-06-22]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1389.14.52.1.6]



شکل۴. مقایسه میانگین تیمارهای مختلف آبیاری از لحاظ کارایی مصرف آب

جبران نقصان رطوبتی خاک، تیمار کم آبیاری سنتی درحد ۷۵٪ جبران نقصان رطوبتی خاک و آبیاری کامل قرار می‌گیرند(شکل۴). واکریم و همکاران در مطالعات خود روی لوبیا مشاهده کردند با استفاده از تیمارهای کم آبیاری به دلیل تنش آبی و در نتیجه تعرق کمتر گیاه کارایی مصرف آب در مقایسه با آبیاری کامل افزایش قابل توجهی دارد و این نتایج با تحقیق حاضر مطابقت دارد (۲۲). هم‌چنین کردا و همکاران در مطالعه روی گوجه فرنگی مشاهده کردند که کارایی مصرف آب در تیمار آبیاری بخشی حدود ۵۰ درصد بیشتر از تیمار آبیاری کامل می‌باشد (۱۹). در تحقیق حاضر این برتری برای گیاه سویا حدود ۷۰ درصد است. استیکک و همکاران (۲۱) در مطالعات خود روی گوجه فرنگی با اعمال تیمار آبیاری بخشی(PRD) نتیجه گرفتند که در این تیمار گیاه رشد کمتری دارد ولی محصول با افزایش کارایی مصرف آب همراه است. در معادله ۳، رابطه بین کارایی مصرف آب بر حسب کیلوگرم بر متر مکعب (y) و عملکرد محصول بر حسب کیلوگرم در هکتار (x) نشان داده شده است. این معادله نشان می‌دهد که با افزایش آب آبیاری عملکرد محصول افزایش یافته ولی کارایی مصرف آب در گیاه سویا کاهش می‌یابد ($R^2 = ۰/۶۷$).

$$y = -۰/۰۲۰۳۲۷ x + ۳۸/۰۴ \quad [۳]$$

تحلیل اقتصادی تیمارهای مختلف آبیاری

تحلیل و بررسی اقتصادی در این قسمت به صورت نقطه‌ای(غیر تابعی) با توجه به قیمت هر مترمکعب آب آبیاری ۵۰۰ ریال، هزینه تولید در یک هکتار سویا (در نظر گرفتن مراحل کاشت، داشت و برداشت محصول بدون در نظر گرفتن هزینه آب بهاء کشاورزی) ۵۸۴۲۹۹۰ ریال و قیمت یک کیلوگرم سویا در سال ۱۳۸۷ برابر ۴۴۵۰ ریال انجام شد(۱۲). طبق جدول مقایسه میانگین‌ها (جدول۲) حداکثر درآمد بدون در نظر گرفتن هزینه‌ها در تیمار آبیاری کامل به میزان ۱۶۸۹۹۱۷۲ ریال در هکتار و کمترین میزان در تیمار آبیاری بخشی به دست آمد. تیمارهای آبیاری در چهار گروه آماری از لحاظ میزان درآمد بدون در نظر گرفتن سود قرارگرفتند که به ترتیب از بیشترین به کمترین درآمد تیمار آبیاری کامل، کم آبیاری سنتی درحد ۷۵ و ۵۰ درصد جبران نقصان رطوبتی خاک و تیمار آبیاری بخشی(PRD) درحد ۵۰ درصد جبران نقصان رطوبتی خاک

[Downloaded from jstmar.iut.ac.ir on 2026-06-22]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1389.14.52.1.6]

قرارگرفت. بر اساس جدول مقایسه میانگین‌ها (جدول۲) در شرایط محدودیت زمین و در نتیجه عدم استفاده از آب اضافی حاصل از تیمارهای کم آبیاری، حداکثر سود در تیمار کم آبیاری سنتی درحد ۷۵ درصد جبران نقصان رطوبتی خاک به میزان ۷۲۲۷۸۷۸ ریال و کمترین سود در تیمار کم آبیاری سنتی درحد ۵۰ درصد جبران نقصان رطوبتی خاک حاصل شد. تیمار آبیاری بخشی، آبیاری کامل و کم آبیاری سنتی درحد ۵۰ درصد جبران نقصان رطوبتی خاک به ترتیب از لحاظ میزان سود پس از کم آبیاری سنتی درحد ۷۵ درصد جبران نقصان رطوبتی خاک قرار گرفتند. سود حاصل از تیمار کم آبیاری سنتی درحد ۷۵ درصد جبران نقصان رطوبتی خاک نسبت به تیمار آبیاری کامل، آبیاری بخشی و کم آبیاری سنتی درحد ۵۰ درصد جبران نقصان رطوبتی خاک به ترتیب ۶/۹۴، ۳/۷۶ و ۹/۴۸ درصد افزایش یافت. با توجه به وضعیت فعلی منابع کشور که محدودیت آب و عدم محدودیت زمین حداقل در چند سال آتی وجود دارد می‌توان با آب صرفه جویی شده کشت کرد. با در نظر گرفتن آب صرفه جویی شده حداکثر سود در تیمار آبیاری بخشی برابر ۲۸۸۶۷۱۲۷ ریال و حداقل سود در تیمار آبیاری کامل حاصل شد. در نتیجه با توجه به سود اقتصادی حاصله به کاربردن تیمار کم آبیاری سنتی درحد ۷۵ درصد جبران نقصان رطوبتی خاک نسبت به تیمار آبیاری کامل در شرایط محدودیت زمین مقرون به صرفه می‌باشد. در شرایط کمبود آب و عدم محدودیت زمین تیمار آبیاری بخشی از نظر اقتصادی از دیگر تیمارهای آبیاری مقرون به صرفه‌تر می‌باشد.

نتیجه‌گیری

نتایج این تحقیق میدانی(مزرعه‌ای) نشان می‌دهد که تکنیک آبیاری بخشی درحد ۵۰ درصد جبران نقصان رطوبتی خاک برای گیاه سویا نسبت به کم آبیاری سنتی درحد ۵۰ درصد جبران نقصان رطوبتی خاک نه تنها ۵۰٪ صرفه جویی در آب آبیاری به همراه داشت بلکه کارایی مصرف آب را نیز نسبت به تیمارهای کم آبیاری سنتی درحد ۵۰ درصد و ۷۵ درصد جبران نقصان رطوبتی خاک و تیمار شاهد به ترتیب حدود ۴۸/۳٪، ۶۱/۹٪ و ۷۰/۱٪ افزایش داد. در شرایط محدودیت زمین تیمار کم آبیاری سنتی درحد ۷۵ درصد جبران نقصان رطوبتی خاک و در شرایط عدم محدودیت زمین تیمار آبیاری بخشی توصیه می‌شود. بنابراین جایگزینی روش آبیاری بخشی بجای کم آبیاری سنتی درحد ۵۰ درصد جبران نقصان رطوبتی خاک در مناطق خشک و نیمه خشک و یا در مناطق با محدودیت آب کشاورزی نظیر ایران توصیه می‌شود.

منابع مورد استفاده

۱. رحیم‌زادگان، ر. ۱۳۷۵. *طراحی سیستم‌های آبیاری بارانی*. انتشارات جهاد دانشگاهی واحد صنعتی اصفهان.

۲. سپاسخواه، ع. ۱۳۷۵. کم آبیاری به روش آبیاری جویچه ای یک در میان. مجموعه مقالات هشتمین سمینار کمیته ملی آبیاری و زه‌کشی ایران، آبان۷۵، تهران.

۳. سپاسخواه، ع.، ع. توکلی و ف. موسوی. ۱۳۸۵. اصول و کاربرد کم آبیاری. کمیته ملی آبیاری و زه‌کشی ایران، شماره ۱۰۰.

۴. سلطانی، س.، ف. موسوی، ب. مصطفی زاده و م. دانشور. ۱۳۸۶. اثر PRD بر عملکرد، برخی اجزای عملکرد، راندمان آب مصرفی و غلظت عناصر غذایی در کلزا. نهمین سمینار سراسری آبیاری و کاهش تبخیر، کرمان.

۵. شیخ حسینی، م.، ح. فرداد و ت. سهرابی. ۱۳۷۵. اثرات تنش آبی و دور آبیاری بر عملکرد محصول جو در منطقه کرج. پایان‌نامه کارشناسی ارشد آبیاری و زه‌کشی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تهران.

۶. عسگری، م.، ح. علیزاده و ع. لیاقت. ۱۳۸۷. ارزیابی مدیریت‌های کم آبیاری (DI) و آبیاری بخشی منطقه ریشه (PRD). مجموعه خلاصه مقالات اولین کنفرانس بین المللی بحران آب، دانشگاه زابل.

[Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2026-06-22]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1389.14.52.1.6]

۷. علیزاده، ا. ۱۳۸۳. *طراحی سیستم‌های آبیاری*. چاپ پنجم، نشر دانشگاه فردوسی مشهد.

۸. کامکار حقیقی، ع. ۱۳۸۱. بررسی راه‌کارهای افزایش کارایی مصرف آب در کشاورزی. مجموعه خلاصه مقالات کارگاه آموزشی نگرش کاربردی به مدیریت آبیاری در شرایط کم آبی، کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران، صفحه۳۳.

۹. مصطفی زاده، ب. و ف. موسوی. ۱۳۸۵. *آبیاری سطحی: تئوری و عمل (ترجمه)*. چاپ سوم، نشر کنکاش، اصفهان.

۱۰. نبئی، س. م. و م. نجارچی. ۱۳۸۱. اثر آبیاری جویچه‌ای یک در میان در عملکرد لوبیا در استان مرکزی(اثر کم آبیاری روی عملکرد لوبیا)، طرح تحقیقاتی کاربردی، سازمان مدیریت منابع آب ایران. کد: IRD4-۷۹۰۲۲.

۱۱. نور مهناد، ن.، م. نوری امامزاده ئی، ب. قربانی و ع. محمدخانی. ۱۳۸۶. بررسی تأثیر کم آبیاری سنتی و آبیاری بخشی بر عملکرد و راندمان مصرف آب گوجه فرنگی. نهمین سمینار سراسری آبیاری و کاهش تبخیر، بهمن۸۶، کرمان.

۱۲. وزارت جهاد کشاورزی. ۱۳۸۷. اداره کل پنبه و دانه‌های روغنی ایران. مذاکرات حضوری.

۱۳. هاشمی‌نیا، م. ۱۳۸۳. *مدیریت آب در کشاورزی*. چاپ اول، انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد.

۱۴. یحیایی، غ. ۱۳۸۶. اثر رژیم‌های آبیاری بر عملکرد دانه ارقام رشد محدود و رشد نامحدود سویا. مجله علوم کشاورزی و منابع طبیعی (ویژه‌نامه زراعت و اصلاح نباتات) ۱۴(۵): ۱۲۴-۱۳۴.

15. Andersen, M. N., A. Shahnazari, C. R. Jensen, F. Liu and S. E. Jacobsen. 2006. Effects of partial root-zone drying on yield, tuber size and water use efficiency in potato under field conditions. Field Crops Res. 100:117-124.
16. Bota, J., H. Medrano, J. Cifre, J. Flexas and J. M. Escalona. 2005. Physiological tools for irrigation scheduling in grapevine (*Vitis vinifera* L.) An open gate to improve water - use efficiency?. Agric. Ecosys. and Environ. 106:159-170.
17. Jensen, C. R., Liu, S. E. Jacobsen, A. Shahnazari, F. Plauborg and M. N. Andersen. 2006. Water saving irrigation strategies. In Proc., IX ESA Congress 4-7 September 2006, Warsaw, Poland, p. 125-126.
18. Jerie, P., J. Zhang, S. Kang and X. Hu. 2003. The effects of partial rootzone drying on root, trunk sap flow and water balance in an irrigation pear (*Pyrus communis* L.) Orchard. J. Hydrol. 280:192-206.
19. Kirda, C., M. Cetin, Y. Dasgan, S. Topcu, H. Kaman, R. Derici and A. I. Ozguven. 2004.Yield response of greenhouse grown tomato to Partial root drying and conventional deficit irrigation. Agric. Water Manag. 69:191-201.
20. Kirda, C., S. Topcu, H. Kaman, M. Cetin, F. Topaloglu and R. Derici. 2005. Prospects of Partial Root Drying zone for increasing water use efficiency of major crops in the Mediterranean region. The WUEMED Workshop. (Improving Water Use Efficiency in Mediterranean Agriculture: what limits the adoption of new technologies?). Rome. Italy. 29-30 September 2005.
21. Stikic, R., S. Popovic, M. Srdic, D. Savic, Z. Jovanovic and L. J. Prokic. 2003. Partial Root Drying (PRD): A New Technique for Growing Plants That Saves Water and Improves The Quality of Fruit. Bulg. J. Plant Physiol. Special Issue 2003. 164–171.
22. Wakrim, R., B. Aganchich, H. Tahi, R. Serraj 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.). Agric. Ecosys. and Environ. 106:275-287.
23. Wang L., H. D. Kroon and A. J. M. Smits. 2007. Combined effects of partial root drying and patchy fertilizer placement on nutrient acquisition and growth of oilseed rape. Plant Soil 295:207–216.
24. Zegbe, J. A. , B. E. Clothier and M. H. Behboudian. 2004. Partial rootzone drying is a feasible option for irrigation processing tomatoes. Agric. Water Manag. 68:195-206.

[Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2026-06-22]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1389.14.52.1.6]