

تأثیر مدیریت‌های مختلف کم‌آبیاری در روش آبیاری جویچه‌ای و قطره‌ای نواری بر عملکرد سیب‌زمینی و بهره‌وری آب

بیژن حقیقتی^{۱*}، سعید برومند نسب و عبدعلی ناصری

دانشجوی دکتری آبیاری و زهکشی، دانشکده مهندسی علوم آب، دانشگاه شهید چمران اهواز.

bhaghighati@yahoo.com

استاد گروه آبیاری و زهکشی، دانشکده مهندسی علوم آب، دانشگاه شهید چمران اهواز.

broomandsaeed@yahoo.com

استاد گروه آبیاری و زهکشی، دانشکده مهندسی علوم آب، دانشگاه شهید چمران اهواز.

abdalinaseri@yahoo.com

چکیده

بحران آب و افزایش جمعیت، توجه جدی به بهره‌وری آب و ارتقای آن را ضروری می‌نماید. لذا کاربرد شیوه‌های جدید آبیاری و اعمال مدیریت کم‌آبیاری راهکاری مناسب برای استفاده بهینه از منابع آب موجود می‌باشد. به منظور بررسی اثر مدیریت‌های مختلف کم‌آبیاری در دو روش آبیاری جویچه‌ای و قطره‌ای نواری بر بهره‌وری آب و عملکرد سیب‌زمینی، آزمایشی در سال ۱۳۹۲ به صورت اسپلیت- اسپلیت پلات در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی اجرا شد. تیمارهای مورد آزمایش در این تحقیق شامل دو روش آبیاری جویچه‌ای و قطره‌ای نواری در کرت‌های اصلی، دو رقم سیب‌زمینی در کرت‌های فرعی و تیمارهای مدیریت کم‌آبیاری در چهار سطح آبیاری به میزان تأمین ۱۰۰، ۸۰ و ۶۵ درصد کمبود رطوبت خاک و آبیاری بخشی ناحیه ریشه در کرت‌های فرعی قرار گرفتند. اثر مدیریت‌های کم‌آبیاری بر عملکرد غده، درصد ماده خشک، وزن مخصوص غده‌ها، تعداد غده در بوته، بهره‌وری آب و درصد اندازه غده‌های تولیدی در سطح یک درصد معنی‌دار بود. آبیاری قطره‌ای نواری در مقایسه با آبیاری جویچه‌ای منجر به کاهش ۴۰ درصدی میزان آب مصرفی و به ترتیب باعث افزایش ۱۰ درصدی عملکرد و ۴۳ درصدی بهره‌وری آب و ۴۰ درصدی بهره‌وری اقتصادی آب گردید. بیشترین بهره‌وری اقتصادی آب برابر ۷۳/۲۴ هزار ریال بر مترمکعب مربوط به تیمار آبیاری بخشی ناحیه ریشه بود. بنابراین با توجه به محدودیت منابع برای استفاده بهینه از آب، روش آبیاری قطره‌ای نواری و مدیریت کم‌آبیاری بخشی منطقه ریشه بسیار سودمند و قابل توصیه می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: آبیاری بخشی ریشه، آب مصرفی، بهره‌وری اقتصادی آب.

^۱ - آدرس نویسنده مسئول: شهرکرد، مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی چهار محال و بختیاری، بخش تحقیقات خاک و آب

* - دریافت: آذر ۱۳۹۳ و پذیرش: خرداد ۱۳۹۴

مقدمه

سیب‌زمینی از منابع غذایی با ارزش و مورد استقبال در سراسر جهان است. سطح زیر کشت جهانی این محصول در سال ۲۰۱۲ حدود ۱۹/۲ میلیون هکتار و تولید سالانه آن نزدیک به ۳۶۵ میلیون تن بوده است (فائو، ۲۰۱۴). این محصول از نظر میزان تولید در دنیا پس از گندم، برنج و ذرت در مقام چهارم قرار دارد (فائو، ۲۰۱۰). از طرفی آب عمدتین عاملی است که در مناطق خشک و نیمه‌خشک برای تولید محصولات کشاورزی از جمله سیب‌زمینی محدودیت ایجاد می‌کند.

یکی از مؤثرترین راهکارهای مقابله با بحران آب و افزایش کمی و کیفی تولیدات کشاورزی، توجه جدی به بهره‌وری آب و ارتقاء آن با اعمال روش‌ها و سیاست‌های حکیمانه می‌باشد (خالدی، ۱۳۸۲). افزایش تولید به ازای هر واحد آب مصرفی از طریق کاربرد شیوه‌های جدید آبیاری، اصلاح و انتخاب واریته‌های مناسب گیاهی و اعمال مدیریت کم‌آبیاری میسر خواهد شد (الباجی، ۱۳۸۹). روش‌های متعددی برای اعمال کم‌آبیاری در جهان تجربه شده است. آبیاری بخشی ناحیه ریشه (PRD)^۱ و کم‌آبیاری تنظیم‌شده از جمله این روش‌ها می‌باشند. PRD یک تکنیک جدید آبیاری است که برای اولین بار برای درخت انگور استفاده شد و امروزه در طیف وسیعی از درختان و محصولات زراعی بکار می‌رود.

در این تکنیک آبیاری، محیط ریشه به دو ناحیه تقسیم می‌شود که به‌صورت تناوبی هر بار یکی از دو ناحیه آبیاری می‌شود و ناحیه دیگر خشک نگه داشته می‌شود، هنگامی که قسمتی از ریشه خشک می‌شود مقدار آبیسیک اسید (نوعی هورمون رشد گیاهی است) در گیاه افزایش می‌یابد و به دنبال آن پیغامی به برگ‌ها فرستاده می‌شود تا به‌عنوان واکنشی نسبت به تنش، روزنه‌ها را ببندد و استفاده از آب کاهش می‌یابد ولی در عین حال میزان تولید فتوسنتز و سرعت رشد گیاه به‌طور مشخصی تحت تأثیر قرار نمی‌گیرد (شاه‌نظری و همکاران،

۲۰۰۷). با بررسی اثرات کم‌آبیاری تنظیم‌شده و خشکی موضعی ریشه بر روی عملکرد و بهره‌وری مصرف آب برای دو رقم سیب‌زمینی، مشخص شد بین عملکرد و بهره‌وری مصرف آب رژیم‌های آبیاری تفاوت معنی‌داری وجود داشت و با اعمال کم‌آبیاری بهره‌وری مصرف آب افزایش پیدا نموده است (احمدی و همکاران، ۲۰۱۴). دو روش کم‌آبیاری کنترل‌شده و آبیاری بخشی منطقه ریشه (PRD) بر کارایی مصرف آب ذرت توسط دیو و همکاران (۲۰۱۰) مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد آبیاری جویچه‌ای متناوب، در میزان رشد گیاه تأثیری ندارد اما نرخ تعرق را کاهش می‌دهد.

این محققین گزارش کردند استفاده از روش کم-آبیاری کنترل شده و آبیاری بخشی منطقه ریشه در رشد محصولات زراعی باعث ایجاد پتانسیل بیشتر برای ذخیره و نگهداشت آب و بهبود اقتصادی محصول و بهره‌وری آب می‌گردد. اسکندری و همکاران (۱۳۹۰) طی تحقیقی تأثیر آبیاری بر عملکرد و برخی خصوصیات کیفی ارقام سیب‌زمینی بررسی و گزارش نمودند با افزایش حجم آب آبیاری، همه صفات کمی و کیفی مورد مطالعه به‌جز وزن مخصوص غده بهبود یافت و از نظر درصد ماده خشک و نشاسته غده، رژیم آبیاری تأمین ۱۰۰ درصد نیاز آبی سیب زمینی نسبت به سایر رژیم‌های آبیاری برتری داشت.

در تحقیقی عملکرد و راندمان مصرف آب سیب زمینی با استفاده از دو روش آبیاری قطره‌ای (تیپ) و شیاری در سه سطح آبیاری در کرمانشاه بررسی شد. نتایج نشان داد صرفه نظر از روش آبیاری بیشترین و کمترین عملکرد را به ترتیب، تیمار ۱۰۰ و ۵۰ درصد داشتند و بالاترین و پایین‌ترین راندمان مصرف آب به ترتیب مربوط به تیمار ۵۰ درصد تیپ و ۵۰ درصد شیاری بود (قمرنیا و سپهری، ۲۰۰۹). تأثیر کم‌آبیاری بر کمیت و کیفیت محصول سیب‌زمینی در شهرکرد توسط ابراهیمی‌پاک (۱۳۹۰) مورد بررسی قرار گرفت. تیمارهای آبیاری در طول سه مرحله رشد بر روی سیب‌زمینی رقم اگر یا اعمال

1- partial root zone drying

سیب‌زمینی، یکی از محصولات عمده استان چهارمحال و بختیاری است، سطح زیر کشت این محصول به علت کمبود آب در سال ۱۳۹۲ به ۵۰۰۰ هکتار رسیده است. این محصول برای تولید بذر مناطق مختلف ایران کاشته می‌شود ولی در سال‌های اخیر به دلیل تغییر پارامترهای اقلیمی و کاهش ریزش‌های جوی، تولید آن با کاهش مواجه شده است. از آنجا که روش آبیاری، چگونگی اعمال مدیریت کم‌آبایی برای افزایش بهره‌وری آب در جهت استفاده صحیح از منابع آب موجود و به منظور افزایش عملکرد کمی و کیفی امری ضروری می‌باشد. این تحقیق باهدف انتخاب مناسب‌ترین روش آبیاری و مدیریت کم‌آبایی به منظور نیل به عملکرد مناسب در راستای ارتقای بهره‌وری آب و صرفه‌جویی در مصرف آب و معرفی رقمی که نسبت به کاهش آبیاری حساسیت کمتری و عملکرد قابل قبولی در شرایط کم‌آبایی داشته باشد انجام گرفت.

مواد و روش‌ها

این تحقیق در سال ۱۳۹۲ در ایستگاه تحقیقاتی چهارتخته شهرکرد واقع در پنج کیلومتری شرق شهرکرد با مختصات جغرافیایی ۳۲°، ۱۸' شمالی و ۵۵°، ۵۰' شرقی با ارتفاع ۲۰۹۰ متر از سطح دریا و با اقلیم منطقه‌ای نیمه-مرطوب با تابستان معتدل و زمستان بسیار سرد به اجرا درآمد. میانگین درازمدت بارندگی و درجه حرارت سالانه منطقه به ترتیب ۳۰۰ میلی‌متر و ۲۰ درجه سلسیوس است. به منظور بررسی و مقایسه روش‌های آبیاری جوپچه-ای و قطره‌ای نواری (تیپ)، کم‌آبایی تنظیم‌شده (RDI)^۱ و آبیاری بخشی ناحیه ریشه (PRD) بر روی بهره‌وری آب (WP)^۲ و خصوصیات کمی دو رقم سیب-زمینی، آزمایشی به صورت اسپلیت-اسپلیت پلات در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار در زمینی به مساحت ۷۵۰۰ مترمربع اجرا شد. در مجموع

شد. نتایج نشان داد میانگین عملکرد محصول در مرحله اول رشد نسبت به مراحل دوم و سوم رشد بیشتر بوده و در تمام تیمارها با کاهش آب مصرفی عملکرد کاهش می‌یابد. نتایج تحقیق شاه‌نظری و همکاران (۲۰۰۷) نشان داد که خشکی موضعی ریشه باعث افزایش ۲۰ درصدی محصول قابل عرضه به بازار و کاهش ۳۰ درصدی نیاز آبی با همان مقدار محصول آبیاری کامل شد، همچنین میزان کارایی مصرف آب در مقایسه با آبیاری کامل ۶۱ افزایش نشان داد. تحقیقات دیگر نیز مؤید این مطلب است که مدیریت کم‌آبایی باعث کاهش عملکرد و افزایش کارایی مصرف آب نسبت به آبیاری کامل شده است، ولی مقدار آن بستگی به رقم، میزان، نوع و زمان کم‌آبایی و شرایط محیطی هر منطقه دارد. (آلوا و همکاران، ۲۰۱۲؛ درویش و همکاران، ۲۰۰۶؛ اسکندری و همکاران، ۲۰۱۳).

لیو و همکاران (۲۰۰۶) تأثیر کم‌آبایی تنظیم‌شده و خشکی موضعی ریشه بر روی کارایی مصرف آب سیب‌زمینی را بررسی و دریافتند که آب مصرفی در دو تیمار کم‌آبایی تنظیم‌شده و خشکی موضعی ریشه ۳۷ درصد کمتر از آبیاری کامل بود ولی کارایی مصرف آب برای دو تیمار کم‌آبایی خشکی موضعی ریشه و آبیاری کامل تقریباً یکسان و کاهش معنی‌داری نسبت به کم‌آبایی تنظیم‌شده داشت.

آن‌ها نتیجه گرفتند که تیمار خشکی موضعی تعریف شده در این مطالعه در مراحل شروع غده‌دهی سیب‌زمینی عملی نبوده و برای رسیدن به اثرات کم‌آبایی خشکی موضعی ریشه باید بر روی زمان تعویض ناحیه آبیاری و میزان آبی که باید به ستون خاک اضافه شود مطالعات بیشتری صورت گیرد. مقایسه کم‌آبایی تنظیم‌شده و خشکی موضعی ریشه بر روی کارایی مصرف آب توسط پاکتاوی و همکاران (۲۰۱۳) نشان داد که خشکی موضعی ریشه با ۵۰ درصد آب مورد استفاده در آبیاری کامل، دارای بیشترین کارایی مصرف آب بدون کاهش عملکرد است.

1- Regulated deficit irrigation
2- Water productivity

آبیاری نیز محاسبه گردید. برای تیمارهای مدیریت کم-آبیاری تنظیم‌شده مقدار آب آبیاری، ضریبی از مقدار آن در تیمار آبیاری کامل بود. نیاز خالص آبیاری بر اساس سند ملی آب برای دوره رشد ۱۴۵ روزه محصول سیب‌زمینی در منطقه شهرکرد ۵۴۴۰ مترمکعب در هکتار برآورد شده است. عمق توسعه ریشه در تیمار آبیاری کامل و PRD در دو روش آبیاری در چهار نوبت در طول فصل کشت با حفر ترانشه و اندازه‌گیری به‌وسیله خط‌کش تعیین شد.

دور آبیاری در روش جویچه‌ای بر اساس ۵۰ درصد تخلیه رطوبتی مجاز خاک هفت روز در نظر گرفته شد و دور آبیاری در روش قطره‌ای نواری با توجه به بافت و تخلیه مجاز رطوبتی خاک محل آزمایش و حداکثر میزان تبخیر و تعرق روزانه سه روز در میان در نظر گرفته شد. برنامه‌ریزی آبیاری (زمان، عمق آب و دور آبیاری) در طول فصل رشد برای دو روش آبیاری جویچه‌ای و قطره‌ای نواری در شکل‌های (۱) و (۲) نشان داده شده است با توجه به نمودارهای فوق و مقایسه میزان کمبود رطوبت خاک قبل از هر نوبت آبیاری با رطوبت سهل الوصول خاک در دو روش آبیاری جویچه‌ای و قطره‌ای نواری در طول فصل رشد تنشی به گیاه در تیمار آبیاری کامل وارد نشده است.

در روش آبیاری قطره‌ای نواری، از نوارهای قطره‌ای به طول ۱۰ متر استفاده شد. نوارها دارای قطر ۱۶ میلی‌متر، فاصله مجاری خروج آب ۲۰ سانتی‌متر و آبدهی در واحد طول شش لیتر در ساعت بودند. اندازه‌گیری و کنترل مقدار آب آبیاری در هر تیمار توسط شیرهای قطع و وصل و کنتور حجمی که روی لوله‌های پلی‌اتیلن انتقال آب تعبیه شده بود، انجام شد. در زمین آزمایش عملیات شخم و آماده‌سازی زمین به‌طور یکنواخت انجام شد. یک نمونه از آب مورد استفاده و دو نمونه مرکب خاک از عمق‌های ۰-۳۰ و ۳۰-۶۰ سانتی‌متری تهیه و در آزمایشگاه تحقیقات خاک و آب خصوصیات شیمیایی آب جدول (۱) و خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک اندازه‌گیری شد جدول (۲).

تیمارهای مورد آزمایش در این تحقیق شامل: دو روش آبیاری، دو رقم سیب‌زمینی و چهار تیمار کم‌آبیاری و شامل ۴۸ کرت آزمایشی بود. روش‌های آبیاری به‌عنوان کرت‌های اصلی شامل: S_1 = روش آبیاری جویچه‌ای S_2 = روش آبیاری قطره‌ای نواری و تیمارهای فرعی شامل رقم‌های سیب‌زمینی شامل: V_1 = رقم آلمرا V_2 = رقم بون و تیمارهای فرعی فرعی در هر یک از روش‌های آبیاری شامل: FI^1 = تأمین ۱۰۰ درصد کمبود رطوبت خاک RDI_{80} = تأمین ۸۰ درصد کمبود رطوبت خاک RDI_{65} = تأمین ۶۵ درصد کمبود رطوبت خاک PRD = آبیاری به‌صورت یک در میان و متناوب در هر دور آبیاری با توجه به تخلیه رطوبتی خاک.

دو رقم آلمرا و بون دو رقم جدید زودرس با عملکرد کمی و کیفی بالا و دوره رشد تقریبی ۹۰-۸۰ روزه که قابلیت سازگاری بالایی با شرایط آب و هوایی منطقه چهارمحال و بختیاری و بیشتر مناطق سیب‌زمینی-کاری ایران نشان داده‌اند و در جهت کاهش میزان آب مصرفی انتخاب گردیدند. ابعاد کرت‌های فرعی فرعی برای روش آبیاری جویچه‌ای 4×30 مترمربع و برای روش آبیاری قطره‌ای نواری 4×10 مترمربع بود. در روش جویچه‌ای طول شیارها ۳۰ متر و فاصله آن‌ها ۷۵ سانتی-متر است. آب آبیاری در روش جویچه‌ای به‌وسیله لوله به ابتدای جویچه‌ها هدایت شد.

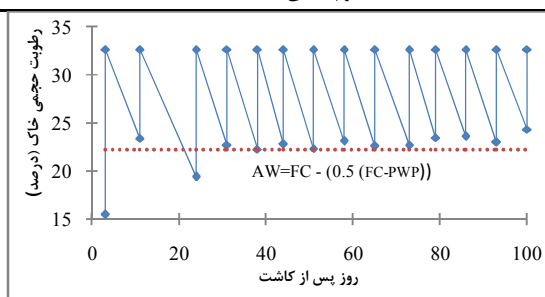
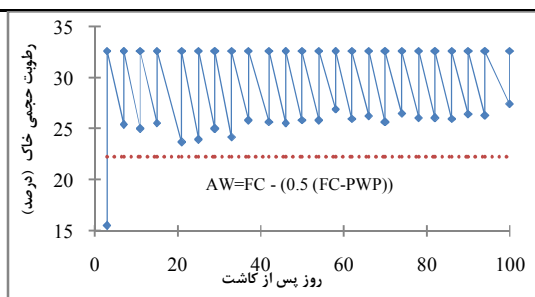
کاشت در دهه سوم خرداد ماه انجام گرفت. از بین روش‌های معمول برای محاسبه میزان آب آبیاری، در این تحقیق از روش اندازه‌گیری رطوبت خاک استفاده شد. اعمال تیمارهای آبیاری از ۲۴ روز پس از کاشت آغاز شد. در طول فصل رشد بارندگی مؤثری رخ نداد. در آبیاری‌های بعد از استقرار گیاه، میزان آب آبیاری در هر نوبت آبیاری با اندازه‌گیری رطوبت خاک در زمان آبیاری به‌وسیله دستگاه T.D.R. و براساس اختلاف بین رطوبت خاک و حد ظرفیت زراعی در تیمار آبیاری کامل و PRD، برآورد شد و با توجه به مساحت هر کرت حجم آب

جدول ۱- برخی خصوصیات شیمیایی آب محل اجرای آزمایش

Zn ⁺	Cu ⁺	Fe ²⁺	Cd	SO ₄ ²⁻	CO ₃ ²⁻	HCO ₃ ⁻	Cl ⁻	Mg ²⁺	Ca ²⁺	K ⁺	Na ⁺	EC	PH
(mg/L)				(meq/L)									(μs/cm)
۰/۰۱	۰/۰۱	۰/۰۲	۰/۰۲	۰/۰۲	۰	۷/۲۲	۰/۴۱	۲/۷۶	۴/۹۱	۰/۰۶	۰/۱۵	۳۰۶	۷/۱۶

جدول ۲- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک محل اجرای آزمایش

P.W.P	F.C	ρ _b	N	K ava.	P ava.	O.C	pH	E.C	بافت	عمق نمونه خاک
%	%	(gr.cm ⁻³)	%	(mg.kg ⁻¹)	(mg.kg ⁻¹)	%	of past	(ds.m ⁻¹)		سانتی متر
۹/۳	۲۴/۰۱	۱/۳۶	۰/۰۶۸	۴۵۲	۱۱/۱	۰/۵۲۷	۷/۹۲	۰/۶۱۵	لوم	۰ - ۳۰
۸/۳	۲۵/۲۰	۱/۴۱	۰/۰۳۲	۵۶۴	۹/۵	۰/۴۰۷	۷/۷۶	۰/۹۳۳	لوم سیلتی	۳۰ - ۶۰



شکل ۲- تغییرات رطوبت حجمی خاک در عمق توسعه ریشه قبل و بعد از هر آبیاری برای تیمار آبیاری کامل در روش آبیاری قطره‌ای نواری

شکل ۱- تغییرات رطوبت حجمی خاک در عمق توسعه ریشه قبل و بعد از هر آبیاری برای تیمار آبیاری کامل در روش آبیاری جویچه‌ای

شاخص‌ها به ترتیب با استفاده از روابط (۱) و (۲) محاسبه شدند.

$$WP_{I+P} = \frac{Yield}{I+P} \quad (1)$$

$$NBPD = \frac{Net\ Benefit}{I+P} \quad (2)$$

که در آن :

WP_{irr}: بهره‌وری آب آبیاری I: میزان آب آبیاری p: میزان بارش Net Benefit: درآمد خالص Yield: عملکرد محصول همه داده‌های به‌دست آمده از آزمایش توسط نرم‌افزار آماری SAS مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفتند و مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون دانکن انجام شد. نمودارهای لازم توسط نرم‌افزار اکسل رسم شدند.

نتایج و بحث

به‌طورکلی نتایج تجزیه واریانس جدول (۳) نشان داد که اثر مدیریت‌های کم‌آبیاری بر روی عملکرد غده در بوته و واحد سطح، درصد ماده خشک و وزن مخصوص غده‌ها، بهره‌وری آب، و درصد غده‌های تولیدی در سطح ۱٪ معنی‌دار بود. اثر روش آبیاری بر

نتایج کیفی آب نشان داد کیفیت آب آبیاری (C₂S₁) مناسب بود. بر اساس نتایج آزمون خاک و توصیه‌های کودی موسسه تحقیقات خاک و آب ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار کود سوپر فسفات تریپل همزمان با کاشت و ۳۰۰ کیلوگرم کود اوره در پنج نوبت هر نوبت ۶۰ کیلوگرم در هکتار (همزمان با کاشت، زمان خاک‌دهی و سه نوبت همراه با آب آبیاری) به زمین داده شد. آخرین آبیاری در اول مهرماه انجام شد. در این تاریخ رشد غده‌ها کامل بود ولی برای مناسب شدن رطوبت خاک مزرعه برای برداشت محصول و تردد در مزرعه سه هفته پس از آخرین آبیاری (دهه سوم مهرماه) برداشت با حذف حاشیه‌ها انجام گرفت. پس از برداشت، خصوصیات کمی غده سیب‌زمینی اندازه‌گیری و آزمایش‌های کیفی محصول مانند وزن مخصوص و درصد ماده خشک بر روی نمونه‌هایی از هر تیمار انجام شد. وزن مخصوص غده بر اساس جرم غده به حجم آن محاسبه و درصد ماده خشک از نسبت وزن ماده خشک به وزن کل تر غده به دست آمد. برای مقایسه بهره‌وری آب آبیاری در این تحقیق از دو شاخص عملکرد به ازای حجم آب کاربردی و درآمد خالص به ازای حجم آب کاربردی استفاده شد. این

روی عملکرد غده در بوته در سطح ۵٪ و بر روی بهره‌وری آب و درصد غده‌های تولیدی
 روی آب و درصد غده‌های تولیدی در سطح ۱٪ معنی‌دار
 بود و اثر متقابل روش آبیاری و مدیریت کم‌آبیاری فقط بر

جدول ۳- نتایج تجزیه واریانس اثر مدیریت‌های کم‌آبیاری در دو روش آبیاری بر عملکرد و بهره‌وری آب سیب‌زمینی

منابع تغییرات	درجه آزادی	عملکرد غده در سطح	عملکرد غده در بوته	درصد ماده خشک غده	میانگین مربعات		بهره‌وری آب	درصد غده‌های تولیدی	
					وزن مخصوص غده‌ها	وزن مخصوص غده‌ها		ریز	متوسط
بلوک	۲	۱۹/۸ ^{ns}	۲۰/۱۴ ^{ns}	۰/۳ ^{ns}	۰/۰ ^{ns}	۰/۸ ^{ns}	۳/۰ ^{ns}	۷/۹ ^{ns}	۲/۵ ^{ns}
روش آبیاری	۱	۶۴/۹ ^{ns}	۱۵۷۳۲۳*	۱/۱ ^{ns}	۰/۰ ^{ns}	۳۷۹/۶**	۷۰/۲*	۲۰۴۵/۰*	۱۳۴۸/۰*
(خطای a)	۲	۹/۹	۴۴۰	۰/۴	۰/۰	۰/۳	۲/۱	۳۸/۹	۳۲/۳
رقم	۱	۱۰۵۵/۰**	۱۲۰۵۲۵**	۰/۰ ^{ns}	۰/۰ ^{ns}	۵۸/۵**	۶۷/۰ ^{ns}	۸۹/۹ ^{ns}	۱/۴ ^{ns}
رقم×روش	۱	۲۶/۵ ^{ns}	۶۳۶۵ ^{ns}	۰/۰ ^{ns}	۰/۰ ^{ns}	۹/۶ ^{ns}	۰/۳ ^{ns}	۴۹/۹ ^{ns}	۵۳/۹ ^{ns}
(خطای b)	۴	۴۵/۰	۳۸۲۰	۱/۲	۰/۰	۱/۴	۱۸/۲	۱۵/۰	۴۱/۹
کم‌آبیاری	۳	۱۹۴۲/۰**	۲۷۵۵۶۷**	۲۹/۲**	۰/۵**	۵۹/۸**	۳۱۷/۵**	۴۴۹/۰**	۱۳۶۸/۰**
کم‌آبیاری×روش	۳	۰/۳ ^{ns}	۲۷۸۹ ^{ns}	۰/۲ ^{ns}	۰/۰ ^{ns}	۳/۰**	۴۷/۷**	۱۳/۸ ^{ns}	۳۴/۶ ^{ns}
کم‌آبیاری×رقم	۳	۲۰/۱*	۱۹۳۱ ^{ns}	۰/۰ ^{ns}	۰/۰ ^{ns}	۰/۷*	۳۳/۷*	۸۰/۱*	۱۳۴/۱*
کم‌آبیاری×رقم×روش	۳	۱/۹ ^{ns}	۴۸۵ ^{ns}	۰/۶ ^{ns}	۰/۰ ^{ns}	۰/۱ ^{ns}	۳۴/۹*	۱۹/۹ ^{ns}	۹/۵ ^{ns}
(خطای c)	۲۴	۵/۹	۱۶۸۶	۴/۰	۰/۰	۰/۲	۸/۰	۲۳/۳	۳۴/۵
ضرب تغییرات		۵/۵	۵/۴	۴	۳	۴/۶	۱۶/۷	۱۴/۴	۱۱/۹

ns, * و ** به ترتیب بیانگر عدم اختلاف معنی‌دار و اختلاف معنی‌دار در سطوح احتمال پنج و یک درصد می‌باشند.

عملکرد غده در واحد سطح

تیمارهای مدیریت کم‌آبیاری FI و RDI₆₅ می‌باشد. دو تیمار RDI₈₀ و PRD در یک سطح آماری قرار گرفتند جدول (۴). نتایج نشان می‌دهد با افزایش میزان آب آبیاری تا آبیاری کامل، عملکرد غده‌ها می‌تواند تا نزدیک پتانسیل تولید افزایش پیدا کند و تیمار آبیاری کامل در دو روش آبیاری دارای بیشترین عملکرد می‌باشد و تنش شدید به گیاه باعث کاهش چشمگیر محصول می‌شود. به‌طورکلی کمبود رطوبت خاک موجب افزایش مقاومت روزنه‌ای برگ، کاهش میزان فتوسنتز برگ، کاهش رشد غده و در نتیجه کاهش عملکرد غده گردید. کینگ و استارک (۱۹۹۷) دلیل کاهش عملکرد را حساسیت به تنش آبی، کم‌عمق بودن ریشه و رشد سیب‌زمینی در خاک‌هایی با ظرفیت رطوبتی پایین دانست. تحقیقات انجام گرفته توسط دملاش (۲۰۱۳)، آلو و همکاران (۲۰۱۲)، ابراهیمی پاک (۱۳۹۰) و قمرنیا و سپهری (۲۰۰۹) هم نشان داد که با افزایش میزان آب مصرفی عملکرد محصول سیب‌زمینی افزایش پیدا می‌کند و تیمار بدون تنش آبی بیشترین عملکرد است. ولی ارقام مورد استفاده در این تحقیق نسبت به ارقام استفاده شده در تحقیقات گذشته از نظر

نتایج نشان داد اثر روش آبیاری بر روی عملکرد در سطح یک درصد معنی‌دار نشد ولی عملکرد غده در واحد سطح در روش آبیاری قطره‌ای نواری بیشتر از آبیاری جویچه‌ای بود و بیشترین عملکرد (۴۵/۹) تن در هکتار) مربوط به روش آبیاری قطره‌ای نواری می‌باشد. نتایج این تحقیق با نتایج تحقیقات قاسمی و همکاران (۲۰۱۳) و آتی و همکاران (۲۰۱۲) مطابقت دارد. دلیل افزایش عملکرد در روش آبیاری قطره‌ای نواری می‌تواند یکنواختی بالای توزیع آب در سطح مزرعه، کاهش تلفات مواد غذایی خاک در اثر تلفات نفوذ عمقی، کاهش تنش آبی وارده به گیاه در اثر کوتاه شدن دور آبیاری و کاهش عوامل بیماری‌زا در روش آبیاری قطره‌ای باشد چون فراهم بودن مستمر آب و مواد غذایی و دور بودن از تنش‌های آبی نیز طبعاً به رشد بهتر و تولید محصول بیشتر منتهی می‌شود. اثر مدیریت کم‌آبیاری بر عملکرد غده‌ها در سطح یک درصد معنی‌دار بود جدول (۳) حداکثر و حداقل عملکرد سیب‌زمینی در واحد سطح به ترتیب برابر با ۵۳/۸ و ۲۵/۹ تن در هکتار مربوط به

کم‌آبیاری و غیریکنواختی توزیع آب قرار گرفته و باعث تغییرات در عملکرد شد، که این به دلیل همبستگی بالای آن با عملکرد می‌باشد، چون وقوع تنش باعث کاهش فتوسنتز و توسعه رویشی در گیاه می‌شود و از علائم کاهش توسعه رویشی می‌توان به کاهش وزن و تعداد غده در بوته گیاه اشاره کرد.

وزن مخصوص و درصد ماده خشک غده‌ها

وزن مخصوص و درصد ماده خشک غده‌ها تحت تأثیر روش آبیاری معنی‌دار نشد ولی اثر مدیریت کم‌آبیاری بر این پارامترها در سطح یک درصد معنی‌دار بود به طوری که با افزایش مقدار آب آبیاری از ۶۵ درصد به ۱۰۰ وزن مخصوص غده‌ها از $2/4$ به $1/9$ و درصد ماده خشک غده‌ها از $22/2$ به $18/4$ کاهش یافت و مقادیر این صفات برای دو تیمار RDI_{80} و PRD در یک سطح آماری قرار گرفت جدول (۴).

تأثیر تنش آبی در افزایش وزن مخصوص و درصد ماده خشک غده‌ها با گزارش یوان و همکاران (۲۰۰۳)، اسکندری و همکاران (۱۳۹۰) و ایاز (۲۰۱۳) مطابقت دارد و مؤید مدعا این است که با کاهش میزان آبیاری و اعمال تنش خشکی وزن مخصوص و درصد ماده خشک غده‌ها افزایش می‌یابد. چون حدود ۷۵ درصد از وزن غده سیب‌زمینی را آب تشکیل می‌دهد پس می‌توان گفت افزایش این صفات با افزایش تنش رطوبتی به دلیل کاهش آب موجود در غده‌های سیب‌زمینی همراه می‌باشد. همچنین نتایج این تحقیق نشان داد که برای ارقام مورد آزمایش با افزایش وزن مخصوص (چگالی) مقدار ماده خشک افزایش می‌یابد و این دو صفت رابطه مستقیم با یکدیگر دارند.

میزان عملکرد برتری داشت جدول (۴) که این افزایش عملکرد ناشی از پتانسیل بالا و سازگاری با محیط رشد این ارقام می‌باشد. پس جهت استفاده بهینه از آب و افزایش تولید به ازای هر واحد آب مصرفی اصلاح و انتخاب ارقام مناسب گیاهی با توجه به شرایط محیطی رشد گیاه و اعمال مدیریت کم‌آبیاری مناسب یک امر ضروری می‌باشد.

عملکرد و تعداد غده در بوته

اثر روش آبیاری بر روی عملکرد غده در بوته در سطح پنج درصد معنی‌دار بود جدول (۳). بیشترین مقدار عملکرد غده در بوته و تعداد غده در بوته مربوط به تیمار آبیاری قطره‌ای نواری (۷۸۶ گرم و $8/5$) به دست آمد. اثر مدیریت کم‌آبیاری بر عملکرد غده در بوته در سطح یک درصد معنی‌دار بود به طوری که با افزایش مقدار آب آبیاری از ۶۵ درصد به ۱۰۰ درصد مقدار عملکرد در بوته از ۵۵۸ به ۹۲۰ گرم افزایش یافت و عملکرد در بوته برای دو تیمار RDI_{80} و PRD در یک سطح آماری قرار گرفت جدول (۴).

حد اکثر تعداد غده در بوته مربوط به تیمار FI بود که با دو تیمار RDI_{80} و PRD در یک گروه آماری قرار گرفت جدول (۴). نتایج نشان می‌دهد که با کاهش میزان آب آبیاری عملکرد غده در بوته و تعداد غده در بوته کاهش پیدا می‌کند. ایاز و کوروکو (۲۰۱۰) نیز گزارش کردند تعداد غده در بوته نیز به شدت وابسته به میزان آب آبیاری است به طوری که در آبیاری کامل میانگین تعداد غده قابل فروش در بازار $7/4$ و در تیمار ۵۰ درصد تأمین نیاز آبی به $3/6$ کاهش یافت. با توجه به کاهش عملکرد در اثر اعمال تیمار کم‌آبیاری انتظار می‌رود که تغییرات در اجزاء عملکرد (تعداد غده در مترمربع، تعداد غده در بوته و وزن غده در بوته) باعث بوجود آمدن این تغییرات شده است. نتایج این تحقیق نشان داد که وزن غده در بوته نسبت به تعداد آن در بوته بیشتر تحت تأثیر

جدول ۴- میانگین عملکرد، درصد ماده خشک، وزن مخصوص، تعداد غده در بوته و درصد غده‌های تولیدی سیب‌زمینی در مدیریت‌های کم‌آبیاری در دو روش آبیاری

میانگین صفات تیمار	عملکرد غده در واحد سطح (ton/ha)	عملکرد غده در بوته (gr)	وزن مخصوص غده‌ها (gr/cm ³)	درصد ماده خشک		درصد غده‌های تولیدی	
				تعداد غده در بوته	خشک غده	ریز	متوسط
روش آبیاری							
جویچه‌ای	۴۳/۵a	۷۴۹b	۲/۱a	۲۰/۲ a	۸/۳ a	۱۸/۱a	۲۷/۱b
قطره‌ای نواری	۴۵/۹a	۷۸۶a	۲/۱a	۱۹/۹ a	۸/۵ a	۱۵/۷b	۴۰/۱a
کم‌آبیاری							
FI	۵۳/۸a	۹۲۰a	۱/۹c	۱۸/۴ c	۹/۲ a	۱۲/۵c	۲۵/۰c
RDI ₈₀	۴۹/۷b	۸۰۱b	۲/۱b	۱۹/۸ b	۸/۸ a	۱۳/۴c	۳۵/۰b
RDI ₆₅	۲۵/۹c	۵۵۸c	۲/۴a	۲۲/۲ a	۷/۰ b	۲۳/۸a	۳۹/۵a
PRD	۴۹/۴b	۷۹۲b	۲/۱b	۱۹/۹ b	۸/۷ a	۱۷/۹b	۳۴/۹b

در هر ستون میانگین‌هایی که دارای حداقل یک حرف مشترک هستند، تفاوت معنی‌داری با استفاده از آزمون دانکن ندارند ($P < 5\%$).

درصد اندازه غده‌های تولیدی

به ترتیب برابر ۵۹۱۱ و ۳۵۱۱ مترمکعب در هکتار و برای تیمار آبیاری کامل در دو روش آبیاری جویچه‌ای و قطره‌ای به ترتیب برابر ۷۱۳۸ و ۴۰۹۱ مترمکعب در هکتار به دست آمد. به‌طورکلی نتایج نشان داد که آبیاری قطره‌ای نواری در مقایسه با آبیاری جویچه‌ای موجب کاهش ۴۰٪ حجم آب مصرفی شده است. دلایل احتمالی این موضوع می‌تواند کاهش تبخیر از سطح خاک، عدم وجود رواناب سطحی و کنترل تلفات عمقی باشد. مقایسه میانگین تیمارهای کم‌آبیاری نشان داد که بیشترین و کمترین حجم آب مصرفی به ترتیب برابر با ۵۶۱۵ و ۴۰۶۵ مترمکعب در هکتار مربوط به تیمار FI و RDI₆₅ می‌باشد و مدیریت‌های کم‌آبیاری RDI₈₀، PRD و RDI₆₅ در مقایسه با تیمار FI به ترتیب موجب کاهش ۱۶، ۲۱ و ۲۸ درصدی حجم آب مصرفی شدند جدول (۵).

بهره‌وری آب

اثر روش آبیاری بر بهره‌وری آب در سطح یک درصد معنی‌دار بود جدول (۳). بیشترین بهره‌وری آب برابر با ۱۲/۹۳ کیلوگرم در مترمکعب مربوط به روش آبیاری قطره‌ای نواری بود و روش آبیاری قطره‌ای نواری موجب افزایش ۴۳ درصدی بهره‌وری آب نسبت به روش آبیاری جویچه‌ای گردید. اثر تیمارهای کم‌آبیاری بر بهره‌وری مصرف آب در سطح ۱٪ معنی‌دار بود جدول (۳).

نتایج نشان داد کمترین ضایعات (غده‌های ریز، ۱۵/۷ درصد) و بیشترین عملکرد قابل عرضه به بازار (غده‌های متوسط و درشت، ۸۴/۳ درصد) در روش آبیاری قطره‌ای نواری حاصل شد جدول (۴) که این به دلیل یکنواختی بالای توزیع آب در سطح مزرعه و در دسترس بودن مواد غذایی خاک در محدوده ریشه می‌باشد. اثر مدیریت کم‌آبیاری بر درصد اندازه غده‌های تولیدی در سطح ۱٪ معنی‌دار بود به‌طوری‌که با افزایش مقدار آب آبیاری تا سطح کامل درصد غده‌های ریز کاهش پیدا کرد. اگر هدف تولید بذر باشد تیمار RDI₆₅ و روش آبیاری قطره‌ای نواری بالاترین تولید غده بذری را دارند. با افزایش مقدار آب آبیاری درصد غده‌های درشت افزایش یافت به‌طوری‌که بالاترین درصد غده‌های درشت و قابل عرضه به بازار مربوط به تیمار FI بود که نسبت به تیمار RDI₈₀، ۱۱ درصد افزایش داشته است جدول (۴). نتایج تحقیقات یوان و همکاران (۲۰۰۳) و دملاش (۲۰۱۳) هم نشان داد که با کاهش میزان آبیاری وزن غده‌های قابل عرضه به بازار کاهش یافت.

میزان آب مصرفی

میانگین حجم آب مصرفی برای کلیه تیمارهای کم‌آبیاری در دو روش آبیاری جویچه‌ای و قطره‌ای نواری

۷) هزینه‌ها و درآمد حاصل از تولید محصول در یک هکتار برای دو روش آبیاری جویچه‌ای و آبیاری قطره‌ای نواری و دو رقم مورد آزمایش نشان داده شده است. اطلاعات مربوط به هزینه‌ها شامل هزینه کاشت، داشت و برداشت، هزینه نصب و اجرای سامانه آبیاری قطره‌ای نواری، هزینه کارگری در روش آبیاری جویچه‌ای و قیمت هر مترمکعب آب آبیاری با استعلام از مدیریت زراعت و آب و خاک سازمان جهاد کشاورزی استان چهارمحال و بختیاری و کشاورزان سبب‌زمینی کار منطقه جمع‌آوری شد. در این تحقیق قیمت فروش هر کیلوگرم سبب‌زمینی ۱۰۰۰۰ ریال در نظر گرفته شد.

نتایج نشان داد که بیشترین بهره‌وری اقتصادی آب برابر با ۸۰/۰۱ هزار ریال در مترمکعب مربوط به روش آبیاری قطره‌ای نواری بود و روش آبیاری قطره‌ای نواری موجب افزایش ۴۰ درصدی بهره‌وری اقتصادی آب نسبت به روش آبیاری جویچه‌ای گردید. در روش آبیاری قطره‌ای نواری عواملی چون کاهش تبخیر از سطح خاک، عدم وجود رواناب سطحی، کنترل تلفات عمقی باعث کاهش آب مصرفی و در نتیجه افزایش بهره‌وری اقتصادی آب نسبت به آبیاری جویچه‌ای شده است.

نتایج مقایسه میانگین اثر تیمارهای کم‌آبیاری بر بهره‌وری اقتصادی آب نشان داد که تیمارهای RDI_{80} و PRD در یک گروه آماری و سایر تیمارها هرکدام در یک گروه آماری قرار گرفتند (جدول ۵). بیشترین بهره‌وری اقتصادی آب برابر ۷۳/۴۴ هزار ریال بر مترمکعب در تیمار PRD به دست آمد. مقایسه بهره‌وری اقتصادی آب در دو روش آبیاری تحت مدیریت‌های مختلف کم‌آبیاری نشان داد که بهره‌وری اقتصادی آب در روش آبیاری قطره‌ای نواری در تمام مدیریت‌ها بیشتر از روش آبیاری جویچه‌ای است (شکل ۳). مقایسه بهره‌وری اقتصادی دو رقم سبب-زمینی نشان داد (جدول ۶ و ۷) که در همه تیمارهای کم-آبیاری بیشترین بهره‌وری اقتصادی در رقم بون به دست آمد. لذا برای افزایش سود کشاورزان و استفاده بهینه از منابع آب، به نظر می‌رسد اعمال کم‌آبیاری PRD و تغییر

نتایج مقایسه میانگین نشان داد که تیمارهای RDI_{80} و PRD در یک گروه آماری و سایر تیمارها هر کدام در یک گروه آماری قرار گرفتند (جدول ۵).

بیشترین بهره‌وری آب برابر ۱۱/۸۲ کیلوگرم بر مترمکعب در تیمار PRD به دست آمد. چون PRD می‌تواند زمینه تولید ریشه‌های ثانویه و توسعه ریشه‌های اولیه را فراهم آورده و در نهایت موجب افزایش جذب آب و افزایش بهره‌وری آب گردد (کانگ و زانگ، ۲۰۰۴). نتایج این تحقیق با نتایج دیو و همکاران (۲۰۱۰)، شاه‌نظری و همکاران (۲۰۰۷)، آتی و همکاران (۲۰۱۲)، یاکتایو و همکاران (۲۰۱۳)، قاسمی و همکاران (۲۰۱۳) و احمدی و همکاران (۲۰۱۴) مطابقت دارد و مؤید این مطلب است که روش آبیاری قطره‌ای نواری دارای بهره‌وری آب بالاتری نسبت به آبیاری سطحی است و کم‌آبیاری باعث افزایش بهره‌وری مصرف آب می‌شود.

اثر متقابل روش آبیاری و مدیریت کم‌آبیاری بر بهره‌وری آب در سطح ۱٪ معنی‌دار شد (جدول ۳). مقایسه بهره‌وری آب در دو روش آبیاری تحت مدیریت‌های مختلف کم‌آبیاری نشان داد که بهره‌وری آب در روش آبیاری قطره‌ای نواری در تمام مدیریت‌ها بیشتر از روش آبیاری جویچه‌ای است (شکل ۴). بیشترین بهره‌وری آب در روش آبیاری قطره‌ای نواری با مدیریت کم‌آبیاری PRD به میزان ۱۴/۸ کیلوگرم در مترمکعب و کمترین مقدار بهره‌وری آب در روش آبیاری جویچه‌ای با مدیریت کم‌آبیاری RDI_{65} به دست آمد. در مدیریت کم‌آبیاری PRD، منطقه ریشه به دو قسمت تقسیم شده و به صورت متناوب این دو منطقه آبیاری می‌شود تکرار این تناوب تغییراتی در ساختار فیزیولوژیکی گیاه ایجاد می‌کند که در نهایت باعث افزایش بهره‌وری آب در گیاه می‌شود (لیو و همکاران، ۲۰۰۶).

بهره‌وری اقتصادی آب

برای بررسی اقتصادی هر پژوهش می‌بایست هزینه‌ها و درآمدهای آن شناخته شود. در جداول ۵، ۶ و

قابلیت عملکردی قابل قبول در شرایط کم‌آبیاری داشته باشند. در این تحقیق یکی از عواملی که باعث افزایش عملکرد محصول، و بهره‌وری مصرف آب شد انتخاب رقم مناسب (بورن) که دارای پتانسیل عملکرد بالا، زود-رس، مقاوم به تنش خشکی و باکیفیت بالا است، بوده است.

بر اساس نتایج این تحقیق با توجه به مصرف نسبتاً بالای آب در بخش کشاورزی برای استفاده بهینه از منابع آب موجود توصیه می‌شود به روش‌های با بهره‌وری آب بالا، نظیر روش آبیاری قطره‌ای نواری و مدیریت کم-آبیاری PRD و استفاده از ارقام زودرس و مقاوم به خشکی توجه بیشتری معطوف گردد. همچنین با توجه به محدودیت منابع آب در چند سال اخیر و افزایش بهره‌وری آب اعمال تیمارهای کم‌آبیاری PRD و RDI₈₀ می‌تواند ضمن صرفه‌جویی در مصرف آب با توسعه یک سامانه ریشه مناسب، امکان استفاده بهتر از رطوبت موجود در خاک را فراهم آورده و راهکاری مناسب برای مقابله با معضل کمبود آب باشد.

سپاسگزاری

بدین وسیله از کمک‌های مسئولین، محققین و کارشناسان مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان چهارمحال و بختیاری و حمایت‌های قطب علمی دانشکده مهندسی علوم آب دانشگاه شهید چمران اهواز در اجرای این پژوهش صمیمانه تشکر و قدردانی می‌گردد.

شیوه آبیاری از روش جویچه‌ای به روش قطره‌ای نواری سودمند باشد چون در روش آبیاری قطره‌ای نواری عواملی چون کاهش تبخیر از سطح خاک، عدم وجود رواناب سطحی، کنترل تلفات عمقی باعث کاهش آب مصرفی و در نتیجه افزایش بهره‌وری اقتصادی آب نسبت به آبیاری جویچه‌ای شده است.

نتیجه‌گیری

نتایج این تحقیق نشان می‌دهد که روش آبیاری قطره‌ای نواری علاوه بر صرفه‌جویی ۴۰ درصدی در مصرف آب به ترتیب باعث افزایش ۱۰، ۴۳ و ۴۰ درصدی عملکرد، بهره‌وری آب و بهره‌وری اقتصادی آب شده است. پس یکی از راهکارهای صرفه‌جویی در مصرف آب در مناطق خشک و نیمه‌خشک تغییر روش آبیاری به روش آبیاری قطره‌ای نواری در زراعت سیب-زمینی می‌باشد. همچنین مقایسه تیمارهای مدیریت کم-آبیاری از نظر بهره‌وری آب و بهره‌وری اقتصادی آب نشان داد مدیریت کم‌آبیاری RDI₈₀ و PRD در دو روش آبیاری و در دو رقم سیب‌زمینی دارای بیشترین مقدار هستند پس جهت ارتقای بهره‌وری آب باهدف تولید بیشتر به‌ازای مصرف آب کم‌تر، مدیریت کم‌آبیاری RDI₈₀ یا PRD یکی از گزینه‌های مؤثر در مدیریت آبیاری تحت شرایط کم‌آبی قلمداد می‌گردد.

یکی از روش‌های ممکن در استفاده بهینه از منابع آبی موجود معرفی رقم یا ارقامی است که نسبت به کاهش آبیاری حساسیت کمتری داشته باشند و درعین حال

جدول ۵- میانگین آب مصرفی، درآمد خالص، بهره‌وری آب و بهره‌وری اقتصادی آب سیب‌زمینی در دو روش آبیاری

تیمار	میزان آب مصرفی (مترمکعب در هکتار)	درآمد خالص (هزار ریال)	بهره‌وری آب (کیلوگرم در مترمکعب)	بهره‌وری اقتصادی آب (هزار ریال در مترمکعب)
روش آبیاری				
جویچه‌ای	۵۹۱۱a	۲۸۲۴۷۱a	۷/۳۰ b	۴۷/۷۹b
قطره‌ای نواری	۳۵۱۱b	۲۸۱۱۳۸a	۱۲/۹۳a	۸۰/۰۱a
مدیریت کم‌آبیاری				
FI	۵۶۱۵a	۳۷۴۱۲۷a	۹/۹۲b	۶۶/۶۳b
RDI ₈₀	۴۷۲۹b	۳۳۳۱۷۸b	۱۱/۱۳a	۷۰/۴۵a
RDI ₆₅	۴۰۶۵d	۹۵۱۰۵c	۶/۹۱c	۲۳/۴۰c
PRD	۴۴۳۵c	۳۲۴۸۰۶b	۱۱/۸۳a	۷۳/۲۴a

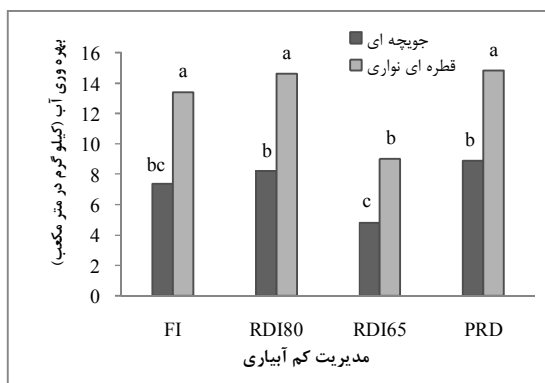
در هر ستون میانگین‌هایی که دارای حداقل یک حرف مشترک هستند، تفاوت معنی‌داری با استفاده از آزمون دانکن ندارند ($P < 5\%$).

جدول ۶- هزینه‌ها، درآمد خالص و ناخالص، بهره‌وری آب و بهره‌وری اقتصادی آب برای مدیریت‌های کم‌آبیاری رقم المرن

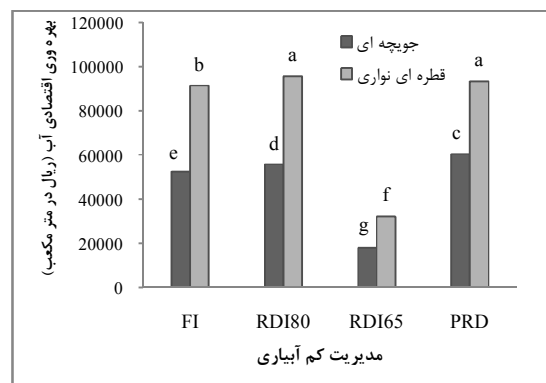
مدیریت کم‌آبیاری	هزینه‌ها (هزار ریال)	درآمد ناخالص (هزار ریال)	درآمد خالص (هزار ریال)	عملکرد محصول (ton/ha)	میزان آب کاربردی (m ³ /ha)	بهره‌وری آب (Kg/m ³)	بهره‌وری اقتصادی آب (هزار ریال در مترمکعب)
FI	۱۵۳۴۱۲	۴۷۹۰۰۰	۳۲۵۵۸۸	۴۷/۹	۷۱۳۸	۶/۷۱	۴۵/۶۱
RDI ₈₀	۱۵۲۹۶۸	۴۴۳۰۰۰	۲۹۰۰۳۲	۴۴/۳	۵۹۶۸	۷/۴۲	۴۸/۶۰
RDI ₆₅	۱۵۲۶۳۵	۲۳۰۰۰۰	۷۷۳۶۵	۲۳/۰	۵۰۹۱	۴/۵۲	۱۵/۲۰
PRD	۱۵۲۷۶۹	۴۳۲۰۰۰	۲۷۹۲۳۱	۴۳/۲	۵۴۴۶	۷/۹۳	۵۱/۲۷
FI	۱۷۴۷۵۵	۴۹۳۰۰۰	۳۱۸۲۴۵	۴۹/۳	۴۰۹۱	۱۲/۰۵	۷۷/۷۹
RDI ₈₀	۱۷۴۵۲۶	۴۴۸۰۰۰	۲۷۳۴۷۴	۴۴/۸	۳۴۸۹	۱۲/۸۴	۷۸/۳۸
RDI ₆₅	۱۷۴۳۵۴	۲۳۲۰۰۰	۵۷۶۴۶	۲۳/۲	۳۰۳۸	۷/۶۴	۱۸/۹۷
PRD	۱۸۶۵۰۱	۴۴۴۰۰۰	۲۵۷۴۹۹	۴۴/۴	۳۴۲۴	۱۲/۹۷	۷۵/۲۰

جدول ۷- هزینه‌ها، درآمد خالص و ناخالص، بهره‌وری آب و بهره‌وری اقتصادی آب برای مدیریت‌های کم‌آبیاری رقم بون

روش آبیاری	مدیریت کم‌آبیاری	هزینه‌ها (هزار ریال)	درآمد ناخالص (هزار ریال)	درآمد خالص (هزار ریال)	عملکرد محصول (ton/ha)	میزان آب کاربردی (m ³ /ha)	بهره‌وری آب (Kg/m ³)	بهره‌وری اقتصادی آب (هزار ریال در مترمکعب)
جویچه‌ای	FI	۱۵۳۴۱۲	۵۷۷۰۰۰	۴۲۳۵۸۸	۵۷/۷	۷۱۳۸	۸/۰۸	۵۹/۳۴
	RDI ₈₀	۱۵۲۹۶۸	۵۲۹۰۰۰	۳۷۶۰۳۲	۵۲/۹	۵۹۶۸	۸/۸۶	۶۳/۰۱
	RDI ₆₅	۱۵۲۶۳۵	۲۶۰۰۰۰	۱۰۷۳۶۵	۲۶/۰	۵۰۹۱	۵/۱۱	۲۱/۰۹
	PRD	۱۵۲۷۶۹	۵۳۳۰۰۰	۳۸۰۲۳۱	۵۳/۳	۵۴۴۶	۹/۷۹	۶۹/۸۲
قطره‌ای نواری	FI	۱۷۴۷۵۵	۶۰۳۰۰۰	۴۲۸۲۴۵	۶۰/۳	۴۰۹۱	۱۴/۷۴	۱۰۴/۶۸
	RDI ₈₀	۱۷۴۵۲۶	۵۶۷۰۰۰	۳۹۲۴۷۴	۵۶/۷	۳۴۸۹	۱۶/۲۵	۱۱۲/۴۹
	RDI ₆₅	۱۷۴۳۵۴	۳۱۳۰۰۰	۱۳۸۶۴۶	۳۱/۳	۳۰۳۸	۱۰/۳۰	۴۵/۶۴
	PRD	۱۸۶۵۰۱	۵۶۸۰۰۰	۳۸۱۴۹۹	۵۶/۸	۳۴۲۴	۱۶/۵۹	۱۱۱/۴۲



شکل ۵- اثر متقابل روش و مدیریت کم‌آبیاری بر بهره‌وری آب



شکل ۶- اثر متقابل روش و مدیریت کم‌آبیاری بر بهره‌وری اقتصادی آب

فهرست منابع

۱. ابراهیمی‌پاک، ن. ۱۳۹۰. تأثیر کم‌آبیاری (کاهش آب آبیاری) بر کمیت و کیفیت محصول سیب‌زمینی در شهرکرد. گزارش نهایی شماره ۱۶۹۵. مؤسسه خاک و آب. کرج. ایران.
۲. اسکندری، ع.، ح. ر.، خزاعی، ا.، نظامی، م.، کافی، ۱۳۹۰. مطالعه تأثیر رژیم آبیاری بر عملکرد و برخی از خصوصیات کیفی سه رقم سیب‌زمینی (*Solanum tuberosum* L.). آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی) ۲۵(۲): ۲۴۰-۲۴۷.
۳. الباجی، م.، ۱۳۸۹. اثر روش‌های آبیاری معمولی، کم‌آبیاری تنظیم‌شده و کم‌آبیاری به صورت خشکی موضعی ریشه بر عملکرد، اجزای عملکرد، بهره‌وری آب و کارایی مصرف آب آفتابگردان. پایان‌نامه دکترا، دانشگاه شهید چمران اهواز.
۴. خالدی، ه.، ۱۳۸۲. شناخت و بهره‌وری آب کشاورزی به منظور تأمین امنیت آب و غذایی کشور. کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران، مجموعه مقالات یازدهمین همایش کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران، ص ۶۵۷-۶۷۴.
5. Ahmadi, S. H., Agharezaee M., Kamgar-Haghighi, A. and Sepaskhah, A.R. 2014. Effects of dynamic and static deficit and partial root zone drying irrigation strategies on yield, tuber sizes distribution, and water productivity of two field grown potato cultivars. *Agric. Water Manage.* 134: 126-136.
6. Alva, A.K., Ren, H. and Moore, A.D. 2012. Water and nitrogen management effects on biomass accumulation and partitioning in two potato cultivars. *American Journal of Plant Sciences*, 3: 164-170.
7. Ayas, S. 2013. The effects of different regimes on potato (*Solanum tuberosum* L. Hermes) yield and quality characteristics under unheated greenhouse conditions. *Bulg. J. Agric. Sci.* 19: 87-95.
8. Ati, A., Iyada, A. and Najim, S. 2012. Water use efficiency of potato (*Solanum tuberosum* L.) under different irrigation methods and potassium fertilizer rates. *Annals of Agricultural Science*, vol. 57(2): 99-103.
9. Ayas, S. and Korukcu, A. 2010. Water-yield relationships in deficit irrigated potato. *Journal of Agricultural Faculty of Uludag University*. 24 (2): 23-26.
10. Darwish, T., Atallah, T.W., Hajhasan, S. and Haidar, A. 2006. Nitrogen and water use efficiency of fertigated processing potato. *Agricultural water management*, 85: 95-104.
11. Demelash, N. 2013. Deficit irrigation scheduling for potato production in North Gondar, Ethiopia. *African Journal of Agricultural Research*, 8(11): 1144-1154.

12. Du, T., Kang, Sh., Sun, J., Zhang, X. and Zhang, J. 2010. An improved water use efficiency of cereals under temporal and spatial deficit irrigation in north China. *Agricultural Water Management* 97: 66– 74.
13. Eskandari, A., Khazaie, H.R., Nezami, A. and Kafi, M. 2013. effects of drip irrigation regimes on potato tuber yield and quality. *Archives of Agronomy and soil Science*. 59(6): 889-897.
14. FAO. FAOSTAT. Agriculture. Rome, 2010. Available in <http://faostat.fao.org/faostat/collections?subset=agriculture>. Accessed at: April 2010.
15. Food and Agricultural Organization. 2014. FAOSTAT database for agriculture. Available online at: <http://faostat3.fao.org/faostat-gateway/go/to/download/Q/QC/E>
16. Ghamarnia, H. and S. Sepehri. 2009. Water Stress Management and Its Effects on Water Use Efficiency and Other Yield Parameters of Potato in Kermanshah Province in the West of Iran. 60th International Executive Council Meeting & 5 Asian Regional Conference, New Delhi, India.
17. Ghasemi-Sahebi, F., Ejlali, F., Ramezani, M. and Pourkhiz, I. 2013. Comparison of Tape Drip Irrigation and Furrow Irrigation Systems on Base of Water Use Efficiency and Yield of Potato in West of Iran. *International Journal of Biology*. International Journal of Biology; Vol. 5, No. 1; 2013 ISSN 1916-9671 E-ISSN 1916-968X Published by Canadian Center of Science and Education.
18. Kang, S. and Zhang, J. 2004. Controlled alternate partial root- Zone irrigation: its physiological consequences and impact on water use efficiency. *Journal of experimental botany*. 5, 2437–2446.
19. Liu, F., Shahnazari, A., Andersen, M.N., Jacobsen, S.E., and Jensen, C.R. 2006. Effects of deficit irrigation (DI) and partial root drying (PRD) on gas exchange, biomass partitioning, and water use efficiency in potato *Scientia Horticulturae* 109: 113–117.
20. Shahnazari, A., Liu, F., Andersen, M.N., Jacobsen, S.E., and Jensen, C.R. 2007. Effects of partial root-zone drying on yield, tuber size and water use efficiency in potato under field conditions. *Field crop research*. (100): 117-124.
21. Yactayo, W., Ramírez, D.A., Gutiérrez, R., Mares, V., Posadas, A. and Quiroz, R. (2013). Effect of partial root-zone drying irrigation timing on potato tuber yield and water use efficiency. *Agric. Water Manage.* 123: 65-70.
22. Yuan, B.Z., S, Nishiyama, and Y, Kang. 2003. Effects of different irrigation regimes on the growth and yield of drip- irrigated potato. *Agric. Water Manage.* 63: 153-167.