نشریه آبیاری و زهکشی ایران
شماره۱، جلد ۱۴، فروردین - اردیبهشت ۱۳۹۹، ص. ۳۲۰-۳۱۰

Iranian Journal of Irrigation and Drainage
No. 1, Vol. 14, Apr.-May. 2020, p. 310-320

اثر مدیریت‌های آبیاری در سامانه‌های آبیاری قطره‌ای سطحی و زیر سطحی بر عملکرد و بهره‌وری آب سیب‌زمینی

کبری خیری شلمزاری[۱]، سعید برومندنسب[۲]، امیر سلطانی محمدی[۳*]، بیژن حقیقتی بروجنی[۴]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۲/۲۶ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۷/۲۳

چکیده

به منظور بررسی اثر مدیریت‌های مختلف آبیاری، طرحی در سال ۱۳۹۷ به صورت اسپلیت- پلات در قالب بلوک‌های کامل تصادفی در مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی شهرکرد اجرا شد. این آزمایش شامل دو سامانه آبیاری قطره‌ای سطحی و زیرسطحی در کرت‌های اصلی و چهار سطح آبیاری (آبیاری کامل FI، کم‌آبیاری تنظیم‌شده ۸۰ و ۶۵ درصد کمبود رطوبتی خاک (RDI_{80} و RDI_{65}) و آبیاری بخشی ۷۵ درصدی ریشه (PRD_{75})، در کرت‌های فرعی، در سه تکرار برای سیب‌زمینی (رقم بورن)، انجام گرفت. نتایج نشان داد اثر مدیریت‌های مختلف آبیاری بر عملکرد غده، تعداد غده در بوته، درصد اندازه غده‌های تولیدی، درصد ماده خشک، شاخص برداشت نرمال، درصد نشاسته، درصد قندهای محلول، درصد نیترات و بهره‌وری آب در سطح یک درصد معنی‌دار بود. آبیاری قطره‌ای سطحی در مقایسه با آبیاری قطره‌ای زیرسطحی باعث افزایش ۷ درصدی عملکرد و بهره‌وری آب شد. با افزایش مقدار آبِ آبیاری از ۶۵ به ۱۰۰ درصد برای آبیاری قطره‌ای سطحی، میانگین نشاسته و نیترات به ترتیب ۱۸/۸و ۳۳/۶ درصد افزایش و قندهای محلول ۱۳/۸ درصد کاهش داشت. با مقایسه تیمارهای مختلف آبیاری در دو سامانه آبیاری، میانگین حداکثر عملکرد و شاخص برداشت نرمال برای آبیاری کامل به ترتیب ۵۰/۳ تن در هکتار و ۰/۴۸ به‌دست آمد. بیشترین بهره‌وری آب برابر ۱۲ کیلوگرم بر مترمکعب مربوط به سامانه آبیاری قطره‌ای سطحی و تیمار RDI_{80} بود که به عنوان یک راه‌کار صرفه‌جویی در مصرف آب قابل توصیه است.

واژه‌های کلیدی: خصوصیات کیفی سیب‌زمینی، سامانه آبیاری، عملکرد غدد، کم‌آبیاری تنظیم شده

مقدمه

رشد روزافزون جمعیت جهان و در نتیجه نیاز بیشتر به تولیدات کشاورزی از مسائل مهمی است که امروزه بشر با آن روبه‌رو است. در این ارتباط محدودیت منابع آب و خاک و کیفیت آن‌ها، به عنوان بستر اصلی تولیدات کشاورزی نیز مطرح می‌شود، به‌طوریکه هم اکنون استفاده بهینه از منابع آب، در سرلوحه فعالیت‌های کشورهای مختلف قرار گرفته است. در حال حاضر کشور ایران، همچون سایر کشورهای واقع در کمربند خشک کره زمین، دچار کم‌آبی بوده و پیش‌بینی می‌شود طی نیم قرن آینده از جمله ۶۶ کشوری باشد که از تنش آبی رنج خواهد برد. بنابراین باید برای مصرف آب‌های در دسترس به عنوان یک کالای با ارزش، اهمیت بیشتری قائل شد (حقیقتی، ۱۳۹۴). سیب‌زمینی یکی از محصولات مهم کشاورزی در تغذیه مردم جهان و اقتصاد کشاورزی است. سازمان FAO سیب‌زمینی را به عنوان یک محصول کشاورزی اشتغال‌زا و تأمین‌کننده امنیت غذایی و عامل ریشه‌کنی فقر در دنیا معرفی کرده است، به‌طوری‌که ۸۰۰ میلیون نفر در جهان و ۵۰ هزار کشاورز ایرانی به تولید این محصول اشتغال دارند (مولایی، ۱۳۹۱). سطح زیر کشت جهانی این محصول در سال ۲۰۱۶ حدود ۱۹/۲ میلیون هکتار و میانگین عملکرد آن ۱۹/۶ تن در هکتار بوده است (بی‌نام، ۲۰۱۷). بعلاوه از غده‌های سیب‌زمینی برای تولید صنعتی نشاسته به میزان ۱/۸ میلیون تن در ایالات متحده آمریکا استفاده می‌شود. از نشاسته سیب‌زمینی عمدتاً در صنایع کاغذسازی، چسب، نساجی و غذاسازی بهره برده می‌شود (Meise et

۱- دانشجوی دکتری آبیاری و زهکشی، دانشکده مهندسی علوم آب، دانشگاه شهید چمران اهواز
۲- استاد گروه آبیاری و زهکشی، دانشکده مهندسی علوم آب، دانشگاه شهید چمران اهواز
۳- دانشیار گروه آبیاری و زهکشی، دانشکده مهندسی علوم آب، دانشگاه شهید چمران اهواز
۴- استادیار پژوهش، بخش تحقیقات خاک و آب، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان چهار محال و بختیاری، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، شهرکرد، ایران
(*- نویسنده مسئول: (Email: A.soltani@scu.ac.ir

al, 2019). 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[1]) و کم‌آبیاری تنظیم‌شده (RDI[2]) ازجمله 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 به صورت تناوبی هر بار یکی از دو ناحیه آبیاری می‌شود و ناحیه دیگرخشک نگه داشته می‌شود، هنگامی که قسمتی از ریشه خشک می‌شود مقدار آبسیسیک اسید (نوعی هورمون رشد گیاهی است) در گیاه افزایش می‌یابد و به دنبال آن پیغامی به برگ‌ها فرستاده می‌شود تا به عنوان واکنشی نسبت به تنش، روزنه‌ها را ببندد و استفاده از آب کاهش می‌یابد ولی در عین حال میزان تولید فتوسنتز و سرعت رشد گیاه به طور مشخصی تحت تأثیر قرار نمی‌گیرد (Shahnazari et al, 2008). اوندر و همکاران، با بکارگیری تیمارهای مختلف کم‌آبیاری در دو سامانه آبیاری قطره‌ای سطحی و زیرسطحی روی سیب‌زمینی گزارش کردند بین اثر متقابل روش و سطوح آبیاری و عملکرد کل گیاه بر حسب هکتار و عملکرد برای اندازه غدد بالاتر از ۴۵ میلی‌متر تفاوت معنی‌دار بود. این محققین بیان کردند آبیاری قطره‌ای سطحی در مقایسه با آبیاری قطره‌ای زیرسطحی در عملکرد و کارایی مصرف آب ارجحیت دارد (Onder et al, 2005). در بررسی چهار سطح کم‌آبیاری و نیتروژن بر عملکرد و کارایی مصرف آب سیب‌زمینی در سامانه آبیاری قطره‌ای برای یک ناحیه خشک، نتایج حاکی از کاهش عملکرد گیاه با کاهش میزان آبِ آبیاری بود، و همبستگی بالایی بین کاهش عملکرد با کاهش وزن غدد در سطوح کم‌آبیاری مشاهده شد (Badr et al, 2012). طی تحقیقی در نواحی نیمه خشک ایران، تأثیر مدیریت‌های کم‌آبیاری و آبیاری بخشی ناحیه ریشه در حالت آبیاری ثابت و متغیر بر روی عملکرد، توزیع اندازه غدد و بهره‌وری آب دو گونه سیب‌زمینی بررسی و بیان شد که کم‌آبیاری ثابت بخشی ناحیه ریشه در مقایسه با کم‌آبیاری متغیر بخشی ناحیه ریشه عملکرد تولید غده سیب‌زمینی را ۵۴ درصد کاهش داد و بهره‌وری آب در مدیریت‌های کم‌آبیاری‌های ثابت و متغیر در مقایسه با آبیاری کامل به ترتیب ۲۸ و ۳۴ درصد افزایش داشت. هم‌چنین مدیریت کم‌آبیاری متغیر به دلیل کاهش ۷ درصدی عملکرد غده، بهترین روش آبیاری برای ناحیه مورد مطالعه عنوان شد (Ahmadi et al, 2014). در بررسی عملکرد و کارایی مصرف آب سیب‌زمینی در شرایط نیمه خشک تحت چهار تیمار کم‌آبیاری، برای عملکرد گیاه، تفاوت معنی‌داری بین تیمارها مشاهده شد و کارایی مصرف آب از ۸/۶ تا ۱۱/۶ کیلوگرم در هکتار متغیر بود و کم‌آبیاری ۸۰ درصد تأمین رطوبت خاک به عنوان مناسب‌ترین روش آبیاری در شرایط کم‌آبیاری جهت رسیدن به حداکثر عملکرد پیشنهاد شد (Camargo et al, 2015). طی تحقیقی واکنش عملکرد رقم‌هایی از سیب‌زمینی به تیمارهای مختلف کم‌آبیاری مورد ارزیابی قرار گرفت و نتایج نشان داد بین تیمارهای آبیاری، رقم، اثر متقابل رقم و تیمار آبیاری تفاوت معنی‌دار وجود داشت. همچنین برای اثر متقابل رقم و سال کشت برای عملکرد غده‌های بازار پسند، وزن غده گیاه، میانگین وزن غده و تعداد غده هر گیاه تفاوت معنی‌دار بود (Nouri et al, 2016). پنج تیمار کم‌آبیاری تنظیم‌شده، در سامانه آبیاری بارانی برای چهار رقم سیب‌زمینی در اقلیم مدیترانه‌ای مورد ارزیابی قرار گرفت. بیشترین بهره‌وری آب برای تیمارکم‌آبیاری تنظیم‌شده‌ٔ و حداکثر عملکرد گیاه برای تیمار آبیاری کامل به‌دست آمد (Martinez Romero et al, 2019). تحقیقات دیگر نیز مؤید این مطلب است که مدیریت کم‌آبیاری باعث کاهش عملکرد و افزایش کارایی مصرف آب نسبت به آبیاری کامل شده است، ولی مقدار آن بستگی به رقم، میزان، نوع و زمان کم‌آبیاری و شرایط محیطی هر منطقه دارد (Darwish et al, 2006 و اسکندری و همکاران، ۱۳۹۰). کاهش ۴۰ درصدی میزان آب مصرفی، و به ترتیب افزایش ۱۰ درصدی عملکرد، ۴۳ درصدی بهره‌وری آب و ۴۰ درصدی بهره‌وری اقتصادی آب در سیب‌زمینی، برای سامانه آبیاری قطره‌ای نواری در مقایسه با آبیاری جویچه‌ای توسط حقیقتی و همکاران (۱۳۹۴) گزارش گردید. سیب‌زمینی یکی از محصولات عمده استان چهارمحال و بختیاری می‌باشد که علاوه بر مصرف خوراکی به منظور تولید بذر برای کاشت پاییزه و زمستانه در استان‌های گرمسیر کشت می‌گردد. کمبود آب در تولید کمی وکیفی آن از اهمیت خاصی بر خوردار است. کمبود آب یکی از مهمترین فاکتورهای محدود کننده رشد می‌باشد که میزان ماده خشک و کیفیت محصول را کاهش می‌دهد. در بین محصولات زراعی در این استان، سیب‌زمینی با تولید ۱۶۷۴۷۵ تن در استان و ۴۹۸۸۶۵۶ تن در کشور، با داشتن رتبه ۱۰ در کشور، حدود ۴/۳ درصد از تولید کشور را به خود اختصاص داده است که این درصد مقدار ۱۱۱۱۶۵ تن از نیاز تولیدی کشور را برآورده می‌کند (بی‌نام، ۱۳۹۴). در این تحقیق اثر رژیم‌های مختلف کم‌آبیاری تنظیم شده (RDI) و آبیاری بخشی از ناحیه ریشه (PRD) در دو روش آبیاری قطره‌ای سطحی و زیر سطحی با بررسی خصوصیات کمی و کیفی و عملکرد سیب‌زمینی، جهت بررسی نوع سامانه آبیاری به‌منظور دستیابی به حداکثر عملکرد، بهره‌وری آب و شاخص برداشت نرمال محصول، مورد ارزیابی و مقایسه قرار گرفت.

1- Partial Root Zone Drying
2- Regulated Deficit Irrigation

مواد و روش‌ها

طرح آزمایش

این تحقیق در سال ۱۳۹۷ از دهه سوم خرداد ماه لغایت اواخر مهرماه به مدت چهار ماه در ایستگاه تحقیقاتی چهار تخته شهرکرد واقع در ۵ کیلومتری شرق شهرکرد اجرا گردید. این منطقه دارای مختصات جغرافیایی ۳۲ درجه و ۱۸ دقیقه شمالی و ۵۰ درجه و ۵۵ دقیقه شرقی با ارتفاع ۲۰۹۰ متر از سطح دریا و با اقلیم نیمه مرطوب با تابستان معتدل و زمستان بسیار سرد است (غفاری و همکاران، ۱۳۹۴). میانگین دراز مدت بارندگی و درجه حرارت سالانه منطقه به ترتیب ۳۲۰ میلی‌متر و ۲۰ درجه سانتی‌گراد است. میانگین پارامترهای هواشناسی در دوره رشد در جدول (۱) ارائه شده است. به منظور بررسی عملکرد و اجزای عملکرد رقم بورن سیب‌زمینی و بهره‌وری آب[1]، تحت رژیم‌های متغیر آبیاری در سامانه‌های آبیاری قطره‌ای سطحی و زیرسطحی، آزمایشی به صورت اسپلیت- اسپلیت پلات در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار اجرا شد. تیمارهای مورد آزمایش در این تحقیق شامل دو روش آبیاری، چهار تیمار کم‌آبیاری و در کل ۲۴ کرت آزمایشی بود. روش‌های آبیاری به عنوان کرت‌های اصلی شامل روش‌های آبیاری قطره‌ای سطحی و زیر سطحی و تیمارهای فرعی شامل: FI= تأمین ۱۰۰ درصد کمبود رطوبت خاک، RDI_{80}= تأمین ۸۰ درصد کمبود رطوبت خاک، RDI_{65}= تأمین ۶۵ درصد کمبود رطوبت خاک و PRD_{75}= تأمین ۷۵ درصد کمبود رطوبت خاک به صورت آبیاری یک در میان ردیف‌های کشت شده در هر دور آبیاری بودند. در طول فصل رشد بارندگی مؤثری رخ نداد. میزان آب آبیاری در هر نوبت آبیاری با اندازه‌گیری رطوبت خاک در روز قبل از آبیاری و بر اساس اختلاف رطوبت بین خاک و حد ظرفیت زراعی در تیمار آبیاری کامل، برآورد شد و با توجه به مساحت هر کرت، حجم آب آبیاری محاسبه گردید.در تیمارهای مدیریت کم‌آبیاری تنظیم‌شده و آبیاری بخشی ناحیه ریشه (PRD) مقدار آب آبیاری، ضریبی از مقدار آن در تیمار آبیاری کامل بود. برای محاسبه عمق خالص آب آبیاری از رابطه (۱) استفاده شد:

$$d_n = (\theta_{fc} - \theta_i) \times Z \times \rho_b \qquad (۱)$$

که در آن θ_{fc}: درصد رطوبت جرمی خاک در حالت ظرفیت زراعی، θ_i: درصد رطوبت جرمی خاک باقیمانده در خاک، Z: عمق ریشه (m) و ρ_b: جرم مخصوص ظاهری خاک ($^{gr}/_{cm^3}$) و d_n: عمق خالص آبیاری بر حسب متر می‌باشد. برای این منظور در اعماق ۲۵-۰ و ۵۰-۲۵ سانتی‌متری خاک، با دستگاه TDR در روزهای قبل از آبیاری رطوبت خاک اندازه‌گیری می‌شد. اعمال تیمارهای کم‌آبیاری ۲۵ روز پس از کاشت آغاز شد. دور آبیاری در دو روش آبیاری با توجه به دور آبیاری مرسوم منطقه برای گیاه سیب‌زمینی، شش روزه در نظر گرفته شد به این صورت که در تیمار آبیاری کامل همیشه در زمان آبیاری مقدار رطوبت خاک در ناحیه سهل‌الوصول بود. برنامه‌ریزی آبیاری (زمان، عمق آب و دور آبیاری) در طول فصل رشد برای دو روش آبیاری قطره‌ای سطحی و زیرسطحی در شکل (۱) نشان داده شده است. با توجه به تمودار فوق و مقایسه میزان کمبود رطوبت خاک قبل از هر نوبت آبیاری با رطوبت سهل‌الوصول خاک در دو روش آبیاری قطره‌ای سطحی و زیر سطحی در طول فصل رشد، تنشی به گیاه در تیمار آبیاری کامل وارد نشده است. عملیات شخم و آماده‌سازی زمین بطور یکنواخت انجام شد و دو نمونه مرکب خاک از عمق‌های ۳۰-۰ و ۶۰-۳۰ سانتی‌متری تهیه و در آزمایشگاه تحقیقات آب و خاک خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک اندازه‌گیری شد (جدول ۲). ابعاد کرت‌ها در دو سامانه آبیاری ۴×۱۰ متر مربع بود. در روش آبیاری قطره‌ای سطحی از نوارهای آبیاری به طول ۱۰ متر که دارای قطر ۱۶ میلی‌متر، فاصله مجاری خروج آب ۲۰ سانتی‌متر و آبدهی در واحد طول شش لیتر در ساعت بود استفاده شد. در آبیاری قطره‌ای زیر سطحی از لوله‌های قطره‌چکان دار در طول ۱۰ متر که فاصله قطره‌چکان‌ها ۲۰ سانتی‌متر و آبدهی در واحد طول ۱۰ لیتر در ساعت بود، در عمق ۲۰ سانتی‌متری زیر خاک استفاده شد. اندازه‌گیری و کنترل مقدار آب آبیاری در هر تیمار توسط شیرهای قطع و وصل و کنتورهای حجمی که روی لوله‌های پلی‌اتیلن آب تعبیه شده بود، انجام شد. عملیات کاشت در دهه سوم خرداد ماه انجام گرفت. فاصله کاشت غده‌ها ۲۵ سانتی‌متر بود. برداشت در اواخر مهرماه با حذف حاشیه‌ها انجام گرفت.

بر اساس نتایج آزمون خاک و توصیه‌های کودی مؤسسه تحقیقات خاک و آب، ۵۰ کیلوگرم در هکتار کود سوپرفسفات تریپل همزمان با کاشت و ۲۰۰ کیلوگرم کود اوره در پنج نوبت هر نوبت ۴۰ کیلوگرم در هکتار (همزمان با کاشت، زمان خاک‌دهی و سه نوبت همراه با آب آبیاری) به زمین داده شد. پس از برداشت، خصوصیات کمی غدد سیب‌زمینی اندازه‌گیری و آزمایش‌های کیفی محصول مانند درصد ماده خشک از نسبت وزن ماده خشک به وزن کل‌تر غده به‌دست آمد. برای مقایسه بهره‌وری آب در این تحقیق از رابطه (۲) استفاده شد:

$$\mathrm{WP} = \frac{\mathrm{Yield}}{\mathrm{I} + \mathrm{P}} \qquad (۲)$$

که در آن WP: بهره‌وری آب آبیاری ($^{\mathrm{kg}}/_{\mathrm{m}^3}$)، Yield: عملکرد محصول (kg)، I: میزان مصرفی آب آبیاری (m^3) و P: میزان بارش (m^3) است. شاخص برداشت نرمال از تقسیم میانگین وزن خشک غدد (برحسب گرم) بر عملکرد بیولوژیکی (وزن خشک ساقه و برگ) بر حسب گرم طبق رابطه (۳) به‌دست آمد. داده‌های به‌دست آمده از آزمایش توسط نرم‌افزار SAS مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفتند و مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون دانکن انجام شد. نمودارهای لازم توسط نرم‌افزار اکسل رسم شدند.

1- Water Productivity

جدول ۱- میانگین پارامترهای هواشناسی در دورهٔ رشد گیاه سیب‌زمینی

	دمای حداکثر (درجه سانتی‌گراد)	دمای حداقل (درجه سانتی‌گراد)	رطوبت نسبی (درصد)	سرعت باد (متر بر ثانیه)	تبخیر از تشت (میلی‌متر بر روز)
خرداد	۳۱/۴۳	۱۱/۲۴	۲۳/۴	۲/۶۷	۸/۹۷
تیر	۳۳/۸۶	۱۴/۸۳	۱۹/۵۱	۳/۰۹	۱۰/۸۵
مرداد	۳۴	۱۵/۵۳	۲۳/۳۰	۳/۱۰	۱۰/۸۹
شهریور	۳۲/۲۷	۱۴/۳۲	۲۳/۶۰	۲/۶۰	۹/۷۱

جدول ۲- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک محل اجرای آزمایش

عمق نمونه (سانتی‌متر)	بافت خاک	P.W.P (درصد رطوبت وزنی)	F.C (درصد رطوبت وزنی)	EC_e (دسی زیمنس بر متر)	pH	ρ_b (گرم بر سانتی‌مترمکعب)	N (%)	K ava (میلی‌گرم بر کیلوگرم)	P ava (میلی‌گرم بر کیلوگرم)	O.C (%)
۳۰-۰	لوم	۹	۲۳/۸	۱/۳	۷/۷	۱/۳	۰/۰	۲۶۴	۱۲/۷	۰/۶
۶۰-۳۰	لوم- سیلتی	۸/۳	۲۵/۲	۰/۹	۷/۷	۱/۴	۰/۰	۵۶۴	۹/۵	۰/۴

نتایج و بحث

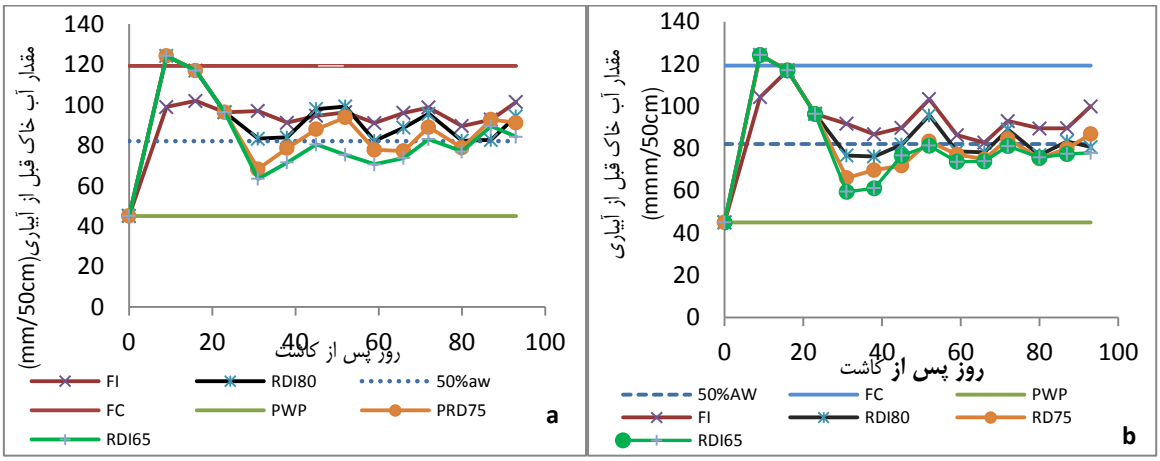
مقادیر میزان آبِ خاک برای کلیهٔ تیمارها تحت روش‌های آبیاری قطره‌ای سطحی و زیرسطحی، در شکل (۱) نشان داده شده است. در دو روش آبیاری، برای تیمار FI مقدار آبِ خاک قبل از آبیاری، بالاتر از خط ۵۰٪AW[1] قرار دارد که نشان داد در طول فصل رشد در زمان آبیاری مقدار رطوبت خاک بیش‌تر از مقدار رطوبت سهل‌الوصول بوده و تنشی به گیاه وارد نشده است، در حالی‌که برای تیمارهای RDI_{80} در آبیاری قطره‌ای سطحی، مقدار آبِ خاک قبل از آبیاری در محدودهٔ نزدیک خط ۵۰٪AW قرار دارد. برای تیمارهای آبیاری PRD_{75} و RDI_{65} در آبیاری قطره‌ای زیرسطحی، مقدار آبِ خاک قبل از آبیاری بین خط ۵۰٪AW و خط پژمردگی دائم قرار گرفت. تیمار PRD_{75} در آبیاری قطره‌ای سطحی دارای نوساناتی بالا و پایین خط ۵۰٪AW بود.

نتایج تجزیه واریانس (جدول ۳) نشان داد که اثر مدیریت آبیاری بر عملکرد غده در بوته و واحد سطح، تعداد غده در بوته، درصد غده‌های تولیدی، بهره‌وری آب و شاخص برداشت نرمال در سطح یک درصد معنی‌دار بود. اثر روش آبیاری بر عملکرد غده در واحد سطح و بوته، تعداد غده در بوته، درصد غده‌های تولیدی متوسط و بهره‌وری آب در سطح یک درصد و برای درصد غده تولیدی درشت در سطح پنج درصد معنی‌دار بود. اثر روش آبیاری برای شاخص برداشت نرمال معنی‌دار نبود. اثر متقابل روش آبیاری و مدیریت کم‌آبیاری برای عملکرد غده در واحد سطح، درصد غده تولیدی ریز، بهره‌وری آب و شاخص برداشت نرمال معنی‌دار نبود.

عملکرد غده در واحد سطح

نتایج نشان داد اثر روش آبیاری بر عملکرد در سطح یک درصد معنی‌دار شد، ولی اثر متقابل روش آبیاری و مدیریت آبیاری بر عملکرد در واحد سطح معنی‌دار نشد. بیشترین عملکرد (۳۸/۸ تن در هکتار) مربوط به روش آبیاری قطره‌ای سطحی می‌باشد. نتایج تحقیقات کلاک و همکاران برای بادمجان و اوندر و همکاران برای سیب‌زمینی نیز حاکی از افزایش عملکرد محصول می‌باشد (Colak et al, 2015 and Onder et al, 2005). افزایش عملکرد در سامانه آبیاری قطره‌ای سطحی می‌تواند احتمالاً به دلیل 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 اعمال مستقیم آب به بوته گیاه و کاهش عوامل بیماری‌زا 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 مدیریت‌های آبیاری بر عملکرد غده‌ها در سطح یک درصد معنی‌دار بود. حداکثر و حداقل عملکرد سیب‌زمینی در واحد سطح به ترتیب برابر ۵۰/۳ و ۲۲/۶ تن در هکتار مربوط به تیمارهای مدیریت کم‌آبیاری FI و RDI_{65} می‌باشد (جدول ۴). هم‌چنین برای دو تیمار کم‌آبیاری PRD_{75} و RDI_{80} میزان عملکرد غده در واحد سطح روند کاهشی از ۴۶/۱ به ۳۰/۱ تن در هکتار را نشان داد. نتایج نشان می‌دهد با افزایش میزان آب آبیاری تا آبیاری کامل، عملکرد غده‌ها می‌تواند تا نزدیک پتانسیل تولید افزایش پیدا کند.

1- Available Water



شکل ۱- تغییرات رطوبت حجمی خاک در عمق توسعه ریشه قبل و بعد از آبیاری برای تیمارهای آبیاری در سامانه‌های آبیاری قطره‌ای سطحی (a) و قطره‌ای زیرسطحی (b)

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

منابع تغییرات	میانگین مربعات								
	درجه آزادی	عملکرد غده در سطح (تن در هکتار)	عملکرد غده در بوته (گرم)	تعداد غده در بوته	درصد غده‌های تولیدی			بهره‌وری آب (کیلوگرم بر متر مکعب)	شاخص برداشت نرمال
					ریز	متوسط	درشت		
بلوک	۲	۰/۶^{ns}	۱۰۰۴/۱^{ns}	۰/۰ ^{ns}	۳ ^{ns}	۳/۸ ^{ns}	۰/۳ ^{ns}	۰/۰ ^{ns}	۰/۰^{ns}
روش آبیاری	۱	۴۳/۱**	۱۰۸۳۷/۵**	۱/۶**	۰/۰ ^{ns}	۲۲/۸**	۲۴/۴*	۲/۸**	۰/۰^{ns}
خطای (a)	۲	۰۰/۰	۳۳۷/۵	۰/۰	۱/۰	۱۳/۸	۱۳	۰/۰۰	۰/۰
آبیاری	۳	۱۰۱۸/۷**	۱۵۰۹۸۱/۹**	۳/۷**	۱۰۵/۱**	۱۰۱۲/۱**	۱۷۱۵/۶**	۳۲/۶**	۰/۰**
روش * آبیاری	۳	۱/۴ ^{ns}	۲۷۳۷/۵*	۰/۴**	۴/۱ ^{ns}	۳۸/۴**	۴۳/۶**	۰/۰ ^{ns}	۰/۰^{ns}
خطا	۱۲	۰/۸	۷۴۳	۰/۰	۱/۴	۲/۳	۳/۷	۰/۰	۰/۰
ضریب تغییرات		۲/۴	۳/۹	۲/۶	۷/۴	۳/۸	۴/۴	۲/۳	۴

ns ، *و**: به ترتیب بیانگر عدم اختلاف معنی‌دار و اختلاف معنی‌دار در سطوح احتمال پنج و یک درصد می‌باشد.

تیمار آبیاری کامل در دو روش آبیاری دارای بیشترین عملکرد می‌باشد و تنش شدید به گیاه باعث کاهش چشمگیر محصول می‌شود. به‌طور کلی کمبود رطوبت خاک موجب افزایش مقاومت روزنه‌ای برگ، کاهش میزان فتوسنتز برگ، کاهش رشد غده و در نتیجه کاهش عملکرد غده گردید. در برخی مطالعات کاهش عملکرد محصول سیب‌زمینی به‌ازای کاهش میزان آب مصرفی و مشاهده بیشترین عملکرد در تیمار بدون تنش آبی، همسو با نتایج این تحقیق گزارش شده است (Badr et al, 2012 and Ahmadi et al, 2014 and Camargo et al, 2015 and Nouri et al, 2016 and Meise et al, 2019 and Martinez Romero et al, 2019، اسکندری و همکاران (۱۳۹۰)، حقیقتی و همکاران (۱۳۹۴) و نادری (۱۳۹۵)).

عملکرد و تعداد غده در بوته

اثر روش آبیاری بر عملکرد و مقدار غده در بوته در سطح یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۳). بیشترین مقدار عملکرد غده در بوته و تعداد غده در بوته مربوط به روش آبیاری قطره‌ای سطحی به ترتیب ۷۰۶/۶گرم و ۷/۸ به‌دست آمد. اثر مدیریت آبیاری بر عملکرد غده در بوته در سطح یک درصد معنی‌دار بود به‌طوری‌که با افزایش مقدار آب آبیاری از ۶۵ به ۱۰۰ درصد مقدار عملکرد در بوته از ۵۰۵ به ۸۷۱/۶ گرم افزایش یافت (جدول ۴). حداکثر تعداد غده در بوته مربوط به تیمار FI بود. دو تیمار PRD_{75} و RDI_{65} در یک گروه آماری قرار

گرفتند. نتایج نشان می‌دهد که با کاهش میزان آب آبیاری عملکرد غده در بوته و تعداد غده در بوته کاهش پیدا می‌کند. تعداد غده در بوته نیز به شدت وابسته به میزان آب آبیاری است به‌طوری‌که در آبیاری کامل میانگین تعداد غده قابل‌فروش به بازار ۱۰/۶ و در تیمار ۶۰ درصد تأمین نیاز آبی به ۷ کاهش یافت (Nouri et al, 2016). با توجه به کاهش عملکرد در اثر اعمال تیمار آبیاری انتظار می‌رود که تغییرات در اجزای عملکرد (تعداد غده در مترمربع، تعداد غده در بوته و وزن غده در بوته) باعث به‌وجود آمدن این تغییرات شده است. نتایج این تحقیق همسو با نتایج تحقیق حقیقتی و همکاران (۱۳۹۴) نشان داد وزن غده در بوته نسبت به تعداد آن در بوته بیشتر تحت تأثیر کم‌آبیاری 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.

درصد اندازه غده‌های تولیدی، شاخص برداشت نرمال و بهره‌وری آب

نتایج نشان داد در دو سامانه آبیاری قطره‌ای سطحی و زیر سطحی کم‌ترین ضایعات (غده‌های ریز به ترتیب ۱۶/۲ و ۱۶/۸ درصد) و بیشترین عملکرد قابل عرضه به بازار (مجموع غده‌های متوسط و درشت، به ترتیب ۸۳/۸ و ۸۳/۲ درصد) دریک گروه آماری قرار گرفتند (جدول ۴) که احتمالاً به دلیل یکنواختی توزیع بالای آب در سطح مزرعه و در دسترس بودن مواد غذایی خاک در محدوده ریشه است و با نتایج اوندر و همکاران مطابقت دارد (Onder et al, 2005). اثر مدیریت آبیاری بر درصد اندازه غده‌های تولیدی در سطح یک درصد معنی‌دار بود، به‌طوری‌که با افزایش مقدار آبِ آبیاری از ۶۵ درصد تا سطح کامل، درصد غده‌های ریز ۴۲/۴ درصد کاهش نشان داد. اگر هدف تولید بذر باشد تیمار RDI_{65} در دو سامانه آبیاری قطره‌ای سطحی و زیرسطحی بالاترین تولید غده بذری را دارند. برای تیمار FI غده‌های درشت و قابل عرضه به بازار نسبت به تیمار RDI_{80}، ۱۲/۴ درصد افزایش داشته است (جدول ۴). کاهش وزن غده‌های قابل عرضه به بازار با کاهش میزان آب آبیاری و تفاوت در تعداد غده در بوته می‌تواند به دلیل تنوع رقم‌های سیب‌زمینی و دیگر شرایط محیطی مانند نوع خاک و دما باشد (Onder et al, 2005 and Demelash et al, 2013). از جدول(۳) شاخص برداشت نرمال، تحت تأثیر روش آبیاری معنی‌دار نشد، اما اثر مدیریت آبیاری روی شاخص برداشت نرمال در سطح آماری یک درصد معنی‌دار شد، به‌طوری‌که با افزایش مقدار آب آبیاری از ۶۵ درصد به ۱۰۰ درصد به ترتیب مقدار شاخص برداشت نرمال از ۰/۳ به ۰/۴۸ افزایش یافت. مقادیر شاخص برداشت نرمال برای چهار تیمار FI، RDI_{80} ، PRD_{75} و RDI_{65} در سطوح مختلف گروه آماری قرار گرفت. اثر متقابل روش آبیاری و مدیریت‌های آبیاری روی شاخص برداشت نرمال، معنی‌دار نبود (جدول ۳). اثر روش و مدیریت آبیاری بر بهره‌وری آب در سطح یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۳). بیشترین بهره‌وری آب با ۱۰ کیلوگرم بر مترمکعب مربوط به روش آبیاری قطره‌ای سطحی بود و روش آبیاری قطره‌ای سطحی موجب افزایش ۷ درصدی بهره‌وری آب نسبت به روش آبیاری قطره‌ای زیرسطحی گردید. اثر تیمارهای آبیاری بر بهره‌وری آب در سطح یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۳). اثر بهره‌وری آب برای چهار تیمار FI، RDI_{80} ، PRD_{75} و RDI_{65} در سطوح مختلف گروه آماری قرار گرفت. مقایسه بهره‌وری آب در دو روش آبیاری تحت مدیریت‌های مختلف آبیاری نشان داد که بهره‌وری آب در روش آبیاری قطره‌ای سطحی در تمام مدیریت‌ها بیشتر از قطره‌ای زیرسطحی است و بیش‌ترین بهره‌وری آب برابر ۱۲ کیلوگرم بر مترمکعب در تیمار RDI_{80} به‌دست آمد (شکل ۲). نوع رقم سیب‌زمینی و شرایط کم‌آبیاری از عوامل مؤثر بر بهره‌وری آب می‌باشد (Tomas et al, 2012). اثر متقابل روش و مدیریت آبیاری بر بهره‌وری آب معنی‌دار نشد (جدول ۳). نتایج این تحقیق با نتایج دیگر محققین به‌طور مشابه نشان داد که کم‌آبیاری باعث افزایش بهره‌وری مصرف آب می‌شود. (Blum, 2009 and Badr et al, 2012 and Ahmadi et al, 2014 and Camargo et al, 2015 and Paredes et al, 2018 and Martinez Romero et al, 2019، الباجی (۱۳۸۹)، کیانی و صابری (۱۳۹۲)، حقیقتی و همکاران (۱۳۹۴)، ابراهیمی و پوردرویشی (۱۳۹۴)، چراغی‌زاده و همکاران (۱۳۹۷)). حسنلی و همکاران بیشترین بهره‌وری مصرف آب در سه سامانه آبیاری قطره‌ای سطحی، قطره‌ای زیرسطحی و آبیاری جویچه‌ای را برای آبیاری قطره‌ای زیر سطحی به میزان ۲/۱۲ کیلوگرم بر مترمکعب به‌دست آوردند (Hassanli et al, 2009).

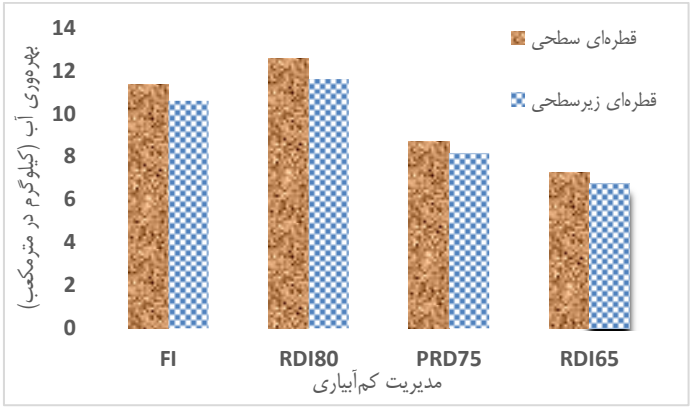
درصد ماده خشک

طبق جدول (۵) درصد ماده خشک غده‌ها برای قطر کوچک‌تر از ۳۵ میلی‌متر تحت تأثیر روش آبیاری در سطح پنج درصد معنی‌دار بود. مقدار درصد ماده خشک غده‌ها برای قطر کوچک‌تر از ۳۵ میلی‌متر، برای دو سامانه آبیاری قطره‌ای سطحی و زیر سطحی به ترتیب برابر ۱۹/۹ و ۱۹/۵ است که این نتایج، دو سامانه آبیاری را در یک گروه آماری قرارداد (جدول ۶).

جدول ٤- میانگین عملکرد، تعداد غده در بوته، درصد غده‌های تولیدی، بهره‌وری آب و شاخص برداشت نرمال سیب‌زمینی

میانگین صفات		عملکرد غده در واحد سطح (تن در هکتار)	عملکرد غده در بوته (گرم)	تعداد غده دربوته	درصد غده‌های تولیدی			بهره‌وری آب (کیلوگرم بر متر مکعب)	شاخص برداشت نرمال
					ریز	متوسط	درشت		
روش آبیاری	قطره‌ای سطحی	۳۸/۸^{a}	۷۰۶/۶^{a}	۷/۸^{a}	۱۶/۲۵^{a}	۴۰/۷^{a}	۴۳/۰^{a}	۱۰^{a}	/۳۹^{a}
	قطره‌ای زیر سطحی	۳۶/۱^{b}	۶۶۴^{b}	۷/۳^{b}	۱۶/۸^{a}	۳۹/۷^{b}	۴۳/۵^{a}	۹/۳^{b}	/۳۸^{a}
مدیریت آبیاری	FI	۵۰/۳^{a}	۸۷۱/۶^{a}	۸/۵^{a}	۱۲/۱۱^{c}	۲۵/۷^{c}	۶۲/۲^{a}	۱۱^{b}	/۴۸^{a}
	$RDI_{۸۰}$	۴۶/۱^{b}	۷۴۶/۶^{b}	۷/۸^{b}	۱۳/۸^{c}	۳۱/۷^{b}	۵۴/۵^{b}	۱۲^{a}	/۴۱^{b}
	$PRD_{۷۵}$	۳۰/۱^{c}	۶۱۸/۳^{c}	۷^{c}	۱۸^{b}	۵۲^{a}	۳۰^{c}	۸/۴^{c}	/۳۵^{c}
	$RDI_{۶۵}$	۲۲/۶^{d}	۵۰۵^{d}	۶/۸^{c}	۲۱^{a}	۵۰^{a}	۲۹^{c}	۷^{d}	/۳^{d}

در هر ستون میانگین‌هایی که دارای حداقل یک حرف مشترک هستند، تفاوت معنی‌داری با استفاده از آزمون دانکن ندارند (٪۵<P).



شکل ۲- اثر متقابل روش و مدیریت آبیاری بر بهره‌وری آب

جدول ۵- نتایج تجزیه واریانس اثر مدیریت‌های آبیاری در دو روش آبیاری برصفات اندازه‌گیری شده غده سیب‌زمینی

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات					
		درصد نشاسته	درصد قندهای محلول	درصد نیترات	درصد ماده خشک غده		
					غده کوچکتر از ۳۵ میلی‌متر	غده بین ۳۵ تا ۵۵ میلی‌متر	غده بزرگ‌تر از ۵۵ میلی‌متر
بلوک	۲	۰/۲۵^{ns}	۰/۰۱ ^{ns}	۰/۱۸ ^{ns}	۰/۱۹ ^{ns}	۰/۰۴ ^{ns}	۰/۱۱ ^{ns}
روش آبیاری	۱	۰/۰۲ ^{ns}	۰/۰ ^{ns}	۸/۲**	۰/۸۴*	۱۰۸/۸**	۰/۵۴**
خطای (a)	۲	۰/۱۳	۰/۰۰۱	۰/۱۸	۰/۰۷	۰/۰۵	۰/۲۱
آبیاری	۳	۱۰/۴۸**	۰/۱۲**	۳۹۸/۱۹**	۴۰/۹۲**	۴۳/۲**	۸۸/۲۶**
روش * آبیاری	۳	۰/۶۳ ^{ns}	۱/۹۱**	۱/۰۰ *	۰/۴۶*	۷/۸**	۱/۰۶**
خطا	۱۲	۰/۱۹	۰/۰۰۱	۰/۱۷	۰/۱۲	۰/۰۶	۰/۰۲
ضریب تغییرات		۳/۲	۳/۳	۰/۸۷	۱/۷	۱/۳	۰/۶۵

ns، *و**: به ترتیب بیانگر عدم اختلاف معنی‌دار و اختلاف معنی‌دار در سطوح احتمال پنج و یک درصد می‌باشد.

جدول ٦- میانگین درصد نشاسته، درصد قندهای محلول، درصد نیترات و درصد ماده خشک سیب‌زمینی

تیمار / میانگین صفات		درصد نشاسته	درصد قندهای محلول	درصد نیترات	درصد ماده خشک غده		
					غده کوچک‌تر از ۳۵ میلی‌متر	غده بین ۳۵ تا ۵۵ میلی‌متر	غده بزرگ‌تر از ۵۵ میلی‌متر
روش آبیاری	قطره‌ای نواری سطحی	۱۳/۶^{a}	۰/۲۶^{a}	۴۷/۹۷^{a}	۱۹/۹^{a}	۱۶/۸^{a}	۲۲^{a}
	قطره‌ای زیرسطحی	۱۳/۵^{b}	۰/۲۶^{b}	۴۶/۷^{b}	۱۹/۵^{a}	۲۱^{b}	۲۲/۳^{b}
مدیریت آبیاری	FI	۱۵/۴^{a}	۰/۲۱^{d}	۵۷/۷^{d}	۱۷/۳^{d}	۱۵/۷^{d}	۱۸/۷^{d}
	$RDI_{۸۰}$	۱۳/۶^{b}	۰/۲۴^{c}	۴۸/۹^{c}	۱۸/۲^{c}	۱۷/۷^{c}	۱۹/۸^{c}
	$PRD_{۷۵}$	۱۲/۷^{c}	۰/۳^{b}	۴۴/۵^{b}	۱۹/۷^{b}	۲۰/۵^{b}	۲۳^{b}
	$RDI_{۶۵}$	۱۲/۵^{c}	۰/۳۱^{a}	۳۸/۳^{a}	۲۳/۳^{a}	۲۱/۷^{a}	۲۷^{a}

در هر ستون میانگین‌هایی که دارای حداقل یک حرف مشترک هستند، تفاوت معنی‌داری با استفاده از آزمون دانکن ندارند ($P<۵٪$)

تأثیر مدیریت آبیاری بر روی درصد ماده خشک غده‌ها برای اقطار بین ۵۵-۳۵ میلی‌متر و بزرگ‌تر از ۵۵ میلی‌متر در سطح یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۵)، به‌طوری‌که با افزایش آب آبیاری از ۶۵ به ۱۰۰ درصد، درصد ماده خشک غده‌ها برای قطر بین ۵۵-۳۵ میلی‌متر از ۲۱/۷ به ۱۵/۷ کاهش یافت. این روند کاهشی از تیمار ۶۵ درصد به ۱۰۰ درصد، برای درصد ماده خشک غده‌ها در قطر بزرگ‌تر از ۵۵ میلی‌متر به ترتیب ۲۷و ۱۸/۷ حاصل شد. چهار تیمار آبیاری در گروه‌های مختلف آماری قرار گرفتند (جدول ۶). اثر متقابل روش و مدیریت آبیاری بر روی درصد ماده خشک غده برای قطرهای ریز (کوچک‌تر از ۳۵ میلی‌متر) در سطح پنج درصد معنی‌دار بود ولی برای قطرهای بازار پسند (بین ۵۵-۳۵ میلی‌متر و بزرگ‌تر از ۵۵ میلی‌متر) در سطح یک درصد معنی‌دار شد. تأثیر تنش آبی در افزایش درصد ماده خشک غده، با نتایج تحقیقات اسکندری و همکاران (۱۳۹۰) و (Darwish et al, 2006) مطابقت دارد. حقیقتی و همکاران (۱۳۹۴)، درصد ماده خشک را برای دو سامانه آبیاری قطره‌ای سطحی و جویچه‌ای در یک گروه آماری گزارش کردند و بیشترین مقدار آن را برای تیمار RDI_{65} برابر ۲۲/۲ به‌دست آورند. در سیب‌زمینی چون حدود ۷۵ تا ۸۵ درصد از وزن غده را آب تشکیل می‌دهد، بنابراین می‌توان چنین بیان کرد که افزایش این صفات با افزایش تنش رطوبتی به دلیل کاهش آب موجود در غده‌های سیب‌زمینی همراه می‌باشد.

درصد نشاسته

نشاسته که ترکیب اصلی غده سیب‌زمینی است حدود ۶۰ تا ۸۰ درصد ماده خشک را تشکیل می‌دهد مقدار آن به رقم گیاه بستگی دارد. میزان نشاسته نشان دهنده میزان تأمین انرژی برای مصرف کنندگان می‌باشد، بنابراین هرچه مقدار نشاسته در غده‌ها بیشتر باشد نشان دهندهٔ کیفیت بالاتر و انرژی بیشتر در آن‌ها می‌باشد. بر اساس جدول (۵) درصد نشاسته تحت روش آبیاری معنی‌دار نشد، ولی حداکثر میزان این پارامتر برای سامانه آبیاری قطره‌ای سطحی برابر ۱۳/۶ درصد بدست آمد (جدول ۶). اثر متقابل روش و مدیریت آبیاری بر روی درصد نشاسته معنی‌دار نشد اما اثر تیمار مدیریت آبیاری بر درصد نشاسته در سطح یک درصد معنی‌دار بود به‌طوری‌که با افزایش مقدار آب آبیاری از ۶۵ درصد به ۱۰۰، درصد نشاسته از ۱۲/۵ به ۱۵/۴ درصد افزایش داشت (جدول ۵). کاهش درصد نشاسته با افزایش تنش آبی در نتایج تحقیقات حقیقتی و همکاران (۱۳۹۴) و (Meise et al, 2019) گزارش شده است.

درصد قندهای محلول

درصد قندهای محلول غده تحت تأثیر روش آبیاری معنی‌دار نشد (جدول۵). درصد قندهای محلول در غده‌های تازه سیب‌زمینی به عنوان یکی از شاخص‌های ارزیابی تنش، تحت تأثیر مدیریت آبیاری قرار گرفت و اثر سطوح مختلف آبیاری بر درصد قندهای محلول غده‌های سیب‌زمینی در سطح یک درصد معنی‌دار بود، به‌طوری‌که با افزایش مقدار آب آبیاری از ۶۵ درصد به ۱۰۰، درصد قندهای محلول غده از ۰/۳۱ به ۰/۲۱ کاهش یافت (جدول ۶). اعمال تنش خشکی منجر به افزایش میزان قندهای محلول در غده‌ها شد. درصد قندهای محلول غده‌ها برای تیمارهای مدیریت آبیاری در سطوح مختلف آماری قرار گرفت. افزایش قندهای محلول در اثر اعمال تنش آبی متناسب با نتایج پژوهش‌های (Masoudi- Sadaghiani et al, 2011) و حقیقتی (۱۳۹۴) می‌باشد.

درصد نیترات

از پارامترهای اصلی غذایی سیب‌زمینی، درصد نیترات غده‌ها می‌باشد که این پارامتر تحت تأثیر روش آبیاری در سطح یک درصد معنی‌داربود، به‌طوری‌که میزان نیترات در غده‌های سیب‌زمینی تحت

سامانه آبیاری قطره‌ای سطحی برابر ۴۷/۹ درصد حاصل شد (جدول ۵). تأثیر مدیریت آبیاری روی درصد نیترات غده‌های سیب‌زمینی در سطح یک درصد معنی‌دار بود. با کاهش آب آبیاری از ۱۰۰ درصد به ۶۵درصد، درصد نیترات غده به ترتیب از ۵۷/۷ به ۳۸/۳ کاهش یافت. اعمال تنش خشکی باعث کاهش میزان نیترات در غده‌های تازه سیب‌زمینی شد (جدو ل۶). اثر متقابل روش و مدیریت آبیاری بر درصد نیترات غده، در سطح پنج درصد معنی‌دار بود (جدول ۵). تأثیر مدیریت‌های آبیاری بر روی مقدار جذب نیتروژن در غده نشان داد که کاهش آب مصرفی باعث کاهش مقدار نیتروژن غده سیب‌زمینی شد، چون انتقال و جذب این عنصر به‌وسیله مکانیسم جریان توده‌ای صورت می‌گیرد و وابستگی زیادی به مقدار رطوبت دارد. در تیمارهای مدیریت آبیاری نسبت مقدار نیترات به نیتروژن غده‌های سیب‌زمینی با کاهش آب مصرفی افزایش پیدا کرد و مشاهده شد افزایش تنش آبی باعث تبدیل بیشتر نیتروژن به نیترات در غده‌های سیب‌زمینی شده است که با نتایج تحقیق حقیقتی (۱۳۹۴) مطابقت دارد.

نتیجه‌گیری

نتایج این تحقیق نشان می‌دهد که سامانه آبیاری قطره‌ای سطحی در مقایسه با آبیاری قطره‌ای زیرسطحی باعث افزایش ۷ درصدی عملکرد و بهره‌وری آب شد. همچنین مقایسه تیمارهای مدیریت آبیاری از نظر بهره‌وری آب نشان داد تیمار RDI_{80} در دو سامانه آبیاری دارای بیشترین مقدار است، پس جهت ارتقای بهره‌وری آب با هدف تولید بیشتر به ازای مصرف آب کم‌تر، تیمار RDI_{80} گزینه مؤثر در مدیریت آبیاری تحت شرایط کم‌آبی قلمداد می‌گردد. بیشترین عملکرد غده در واحد سطح (تن در هکتار)، عملکرد غده در بوته (گرم) و تعداد غده در بوته برای سامانه آبیاری قطره‌ای سطحی و تیمار آبیاری کامل حاصل شد. برای درصد اندازه غده‌های تولیدی قابل عرضه به بازار (درشت و متوسط) تیمار آبیاری کامل با فزایش ۱۲/۴ درصدی نسبت به تیمار RDI_{80} بیشترین مقدار را داشت. شاخص برداشت نرمال برای دو سامانه آبیاری قطره‌ای سطحی و زیرسطحی در یک سطح آماری قرار گرفت و برای تیمار آبیاری کامل نسبت به تیمار RDI_{65} افزایش ۳۷/۵ درصدی مشاهده شد. مدیریت‌های مختلف آبیاری با افزایش تنش آبی باعث افزایش درصد قندهای محلول و کاهش درصد نشاسته و نیترات در غده‌های سیب‌زمینی شد، به‌طوری‌که با کاهش آب آبیاری از ۱۰۰ به ۶۵ درصد، قندهای محلول ۳۲/۳ درصد افزایش و نشاسته و نیترات به ترتیب ۱۸/۸ و ۳۳/۶ درصد کاهش داشت.

منابع

ابراهیمی، ح.، پوردرویشی، ح. ۱۳۹۴. رابطه بین عملکرد ذرت با مصرف آب (نیاز آبی محاسباتی و کمبود رطوبت خاک). نشریه آبیاری و زهکشی ایران. ۴. ۹: ۶۱۳-۶۰۵.

اسکندری، ع.، خزاعی، ح.ر.، نظامی، ا.، کافی، م. ۱۳۹۰. مطالعه تأثیر رژیم آبیاری بر عملکرد و برخی از خصوصیات کیفی سه رقم سیب‌زمینی (*Solanum tuberosum* L.). نشریه آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی) ۲۵. ۲: ۲۴۷-۲۴۰.

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

چراغی‌زاده، م.، شاهنظری، ع.، ضیاءتباراحمدی، م. ۱۳۹۷. بررسی اثر کم‌آبیاری بخشی ریشه در دورهای آبیاری مختلف بر کارایی مصرف آب و پارامترهای رشد گیاه آفتابگردان. نشریه آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی). ۳۲. ۳: ۵۱۶-۵۰۱.

حقیقتی، ب.، برومندنسب، س.، ناصری، ع. ۱۳۹۴. تأثیر مدیریت‌های مختلف کم‌آبیاری در روش آبیاری جویچه‌ای و قطره‌ای نواری بر عملکرد سیبزمینی و بهره‌وری آب. پژوهش آب در کشاورزی. ۳۲. ۲: ۱۹۳-۱۸۱.

حقیقتی، ب. ۱۳۹۴. تأثیر مدیریت‌های مختلف کم‌آبیاری بر کارایی مصرف آب سیب‌زمینی در دو روش آبیاری جویچه‌ای و قطره‌ای نواری. پایان‌نامه دکتری آبیاری و زهکشی، دانشکده مهندسی علوم آب، دانشگاه شهید چمران اهواز.

خلاصه آمارنامه کشاورزی در سال ۹۴-۱۳۹۳. سازمان جهاد کشاورزی استان چهارمحال و بختیاری.

غفاری، ع.، قاسمی و.ر.، دپاتو، ا. ۱۳۹۴. پهنه‌بندی اقلیم کشاورزی ایران با استفاده از روش یونسکو. نشریه زراعت دیم ایران. ۴. ۱: ۶۳- ۹۵.

کیانی، ع.، صابری، ع. ۱۳۹۳. بررسی عملکرد و مصرف آب در ذرت شیرین تحت تأثیر شیوه‌های مختلف کم‌آبیاری در دو الگوی کاشت. نشریه پژوهش‌های حفاظت آب و خاک. ۲۱. ۶: ۱۷۱-۱۵۵.

مولایی، ب. ۱۳۹۱. بررسی آبیاری قطره‌ای T-tape و بارانی از لحاظ عملکرد و کارایی مصرف آب برای دو رقم سیب‌زمینی تحت شرایط مختلف مصرف کود آلی. پایان نامه کارشناسی ارشد آبیاری و زهکشی، دانشکده کشاورزی ، دانشگاه صنعتی اصفهان.

نادری، ن. ۱۳۹۵. تأثیر کم‌آبیاری تنظیم‌شده و آبیاری بخشی منطقه

ریشه (PRD) در حالت ثابت و متغیر بر عملکرد علوفه و بهره‌وری آب گیاه ذرت (رقم سینگل کراس ۷۰۴). پایان‌نامه دکتری رشته مهندسی آب گرایش آبیاری و زهکشی. دانشکده مهندسی زراعی. دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری.

Ahmadi, H.S., Agharezaee, M., Kamgar-Haghighi, A.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 Seyed. Agricultural Water Management 134: 126-136.

Badr, A., El-Tohamy, W.A and Zaghloul, A.M. 2012. Yield and water use efficiency of potato grown under different irrigation and nitrogen levels in an arid region. Agricultural Water Management 110: 9-15.

Blum, A. 2009. Effective use of water (EUW) and not water-use efficiency (WUE) is the target of crop yield improvement under drought stress. Field Crops Research 112: 119-123.

Camargo, D.C., Montoya, F., Ortega, J,F and Corcoles, J.I. 2015. Potato Yield and Water Use Efficiency Responses to Irrigation in Semiarid Conditions. Crop economics, Production and Management 107.6: 2120- 2131.

Colak, Y., Yazar, A., Colak, I., Akca, H and Duraktekin, G. 2015. Evaluation of Crop Water Stress Index (CWSI) for Eggplant underVarying Irrigation Regimes Using Surface and Subsurface Drip Systems. Agriculture and Agricultural Science Procedia 4: 372 – 382.

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.

Demelash, N. 2013. Deficit irrigation scheduling for potato production in North Gondar, Ethiopia. African Journal of Agricultural Research. 8. 11: 1144- 1154.

FAO (2017) Statistical database FAOSTAT. Accessed Oct 2018 Fandika IR, Kemp PD, Millner JP, Horne DJ (2010) Water and nitrogen use efficiency in modern and Maori potato cultivars. Agron N Z 40:159–169.

Hassanli, A.M., Ebrahiizadeh, M.A and Beecham, S. 2009. The effects of irrigation methods with effluent and irrigation scheduling on water use efficiency and corn yields in an arid region. Agricultural Water Management 96: 93-99.

Martinez-Romero, A., Dominguez, A and Landeras, G. 2019. Regulated deficit irrigation strategies for different potato cultivars under continental Mediterranean-Atlantic conditions. Agricultural Water Management 216: 164-176.

Masoudi-Sadaghiani, F., Abdollahi Mandoulakani, B., Zardoshti M.R., Rasouli-Sadaghiani .M.H, and Tavakoli A. 2011. Response of roline, soluble sugars, photosynthetic pigents and antioxidant enzyes in potato (Solanum tuberosum L.) to different irrigation regies in greenhouse condition. Australian Journal of Crop Science 5.1: 55-60.

Meise, P.H., Seddig, S., Uptoor, R., Ordon, F and Schu, A. 2019. Assessment of Yield and Yield Components of Starch Potato Cultivars (Solanum tuberosum L.) Under Nitrogen Deficiency and Drought Stress Conditions. Potato Research:1-28.

Nouri, A., Nezami, A., Kafi, M and Hassanpanah, D. 2016. Growth and yield response of potato genotypes to deficit irrigation. International Journal of Plant Production. 10.2: 139- 157.

Onder, S., Caliskan, M.E., Onder, D and Caliskan, S. 2005. Different irrigation methods and water stress effects on potato yield and yield components. Agricultural Water Management. 73: 73-86.

Paredes, P., D'Agostino, D., Assif, M., Todorovic, M and Pereira, L. 2018. Assessing potato transpiration, yield and water productivity under various water regimes and planting dates using the FAO dual Kc approach. Agricultural Water Management. 195: 11-24.

Shahnazari A., Ahmadi, S.H., Laerke, P.E., Liu,F., lauborg, F., Jacobsen, S.E., Jensen, C.R and Anderson.A.N. 2008. Nitrogen dynamics in the soil-plant system under deficit and partial root-zone drying irrigation strategies in potatoes. European Journal of Agronomy. 28: 65-73.

Tomas, M., Medrano, H., Pou, A., Escalona, J.M., Martorell, S., Ribas-Carbo, M and Flexas, J. 2012. Water-use efficiency in grapevine cultivars grown under controlled conditions: effects of water stress at the leaf and whole-plant level. Australian Journal of Grape and Wine Research. 18: 164-172.

Iranian Journal of Irrigation and Drainage
No. 1, Vol. 14, Apr.-May. 2020, p. 310-320

نشریه آبیاری و زهکشی ایران
شماره۱، جلد ۱۴، فروردین - اردیبهشت ۱۳۹۹، ص. ۳۲۰-۳۱۰

Effect of Different Irrigation Management on Surface and Subsurface Drip Irrigation Systems on Yield and Water Productivity of Potato

K. Kheiri Shalamzari[1], S. Boroomand Nasab[2], A. Soltani Mohammadi[3]*, B. Haghighati Boroujeni[4]
Recived: May.16, 2019 Accepted: Oct.15, 2019

Abstract

In order to evaluate the effect of different irrigation management, a split-split plot design was carried out in a randomized complete block design in Shahrekord Agricultural and Natural Resources Research Center in the growing season of 2018. This experiment consists of two methods of irrigation (surface and subsurface drip irrigation) in the main plots and four irrigation levels (Full irrigation, FI; deficit irrigation, RDI-80; Regulated deficit irrigation, RDI-65; and Partial Root-zone Drying (PRD-75) in subplots, in three replications for potato (Bourren cultivar). The results showed that the effect of different irrigation management on tuber yield, number of tubers per plant, percentage of tubers size, dry matter percentage, normal harvest index, percentage of starch, percentage of soluble sugars, percentage of nitrate and water productivity were significant ($P \leq 0.01$). Surface drip irrigation, as compared to irrigation of subsurface drip, increased the yield and water productivity by 7%. For surface irrigation, by increasing the amount of irrigation water from 65% to 100%, the average of starch and nitrate increased 18.8% and 33.6%, respectively and the soluble sugars decreased by 13.8%. With Compared to different irrigation treatments in two irrigation systems, average of maximum yield and normal harvest index for complete irrigation were obtained 50.3 $\frac{t}{ha}$ and 0.48, respectively. In surface irrigation and RDI_{80} treatment the highest water productivity was achived 12 $\frac{kg}{m^2}$ which is recommended as a water saving solution.

Keywords: Regulated deficit irrigation, Tuber yield, System Irrigation, Qualitative Properties potato

1- Ph.D. Student of Irrigation and Drainage, Faculty of Water Sciences Engineering, Shahid Chamran University of Ahvaz, Ahvaz, Iran
2- Professor of Irrigation and Drainage Department, Faculty of Water Sciences Engineering, Shahid Chamran University of Ahvaz, Ahvaz, Iran
3- Associate professor of Irrigation and Drainage Department, Faculty of Water Sciences Engineering, Shahid Chamran University of Ahvaz, Ahvaz, Iran
4- Assistant Professor, Soil and Water Research Department, Agriculture and Natural Resources Research and Education Center of Chaharmahal and Bakhtiari Province, AREEO (Agricultural Research, Education and Extention Organization), Shahrekord, Iran
(*- Corresponding Author Email: A.soltani@scu.ac.ir)