اثر میزان آب آبیاری بر عملکرد، برخی ویژگی‌های کیفی و بهره‌وری آب دو رقم سیب‌زمینی

بیژن حقیقتی*[۱]، سعید برومند نسب[۲] و عبدعلی ناصری[۳]

۱) محقق بخش تحقیقات خاک و آب، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی، شهرکرد، ایران.
۲) استاد گروه آبیاری و زهکشی، دانشگاه شهید چمران، اهواز، ایران.
۳) استاد گروه آبیاری و زهکشی، دانشگاه شهید چمران، اهواز، ایران.

* **نویسنده مسئول:** Bhaghighati@yahoo.com

تاریخ دریافت: ۹۴/۰۱/۱۸ **تاریخ پذیرش: ۹۴/۰۴/۰۱**

چکیده

به منظور بررسی اثر خشکی موضعی ریشه بر عملکرد و برخی ویژگی‌های فیزیولوژیکی دو رقم سیب‌زمینی، این آزمایش در سال ۹۳-۱۳۹۲ به صورت کرت‌های دو بار خرد شده در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان چهارمحال و بختیاری اجرا شد. تیمارهای مورد آزمایش در این تحقیق شامل دو روش آبیاری جویچه‌ای و قطره‌ای نواری در کرت‌های اصلی، دو رقم سیب‌زمینی شامل آلمرا و بورن در کرت‌های فرعی و تیمارهای کم‌آبیاری در چهار سطح آبیاری به میزان ۱۰۰، ۸۰ و ۶۵ درصد تخلیه رطوبتی مجاز خاک و آبیاری ناقص ریشه (PRD) در کرت‌های فرعی- فرعی قرار گرفتند. نتایج نشان داد که رقم بورن نسبت به رقم آلمرا در کلیه تیمارهای کم‌آبیاری از نظر عملکرد غده، بهره‌روی آب و تحمل به خشکی برتری داشت به‌طوری‌که رقم بورن در مقایسه با رقم آلمرا باعث افزایش ۱۹ درصدی عملکرد غده کل و بهره‌وری آب گردید. اثر کم‌آبیاری بر عملکرد غده، بهره‌وری آب، درصد نشاسته، میزان قند محلول، میزان پرولین و کلروفیل گیاه در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود. بیش‌ترین مقدار عملکرد غده برابر با ۵۹/۰۲ تن در هکتار مربوط به رقم بورن و آبیاری کامل حاصل شد. بیش‌ترین بهره‌وری آب به ترتیب برابر ۱۳/۲۰ کیلوگرم بر مترمکعب مربوط به رقم بورن و تیمار PRD به‌دست آمد. بنابراین با توجه به محدودیت منابع برای استفاده بهینه از آب، رقم بورن به‌عنوان یک رقم با عملکرد کمی و کیفی بالا، و کم‌آبیاری PRD به‌عنوان یک راه‌کار صرفه جویی در مصرف آب توصیه شد.

واژه‌های کلیدی: پرولین، جویچه‌ای، کلروفیل و کم‌آبیاری.

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2025-07-05]

[DOR: 20.1001.1.2008403.1394.7.28.4.5]

مقدمه

بخش کشاورزی به‌عنوان مصرف‌کننده عمده آب باید به ارزش اقتصادی آب بیش‌تر توجه نماید که این تداوم تنها در سایه تولید بیش‌تر به ازای واحد آب مصرفی امکان‌پذیر است. دستیابی به این هدف با اعمال مدیریت‌های آگاهانه و بکارگیری فناوری نوین مهندسی آبیاری میسر است (سپاسخواه و همکاران، ۱۳۸۵). کم آبیاری یک راه‌کار بهینه برای به عمل آوردن محصولات تحت شرایط کمبود آب است که با افزایش کارایی مصرف آب همراه می‌شود (سپاسخواه و همکاران، ۱۳۸۵). روش‌های متعددی برای اعمال کم‌آبیاری در جهان تجربه شده است. آبیاری بخشی و ناقص (PRD)[1] و کم‌آبیاری تنظیم شده از جمله این روش‌ها می‌باشند. سیب‌زمینی (*Solanum tuberosum L.*) 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 (FAO, 2014). تحقیقات بسیاری نشان داده است که سیب‌زمینی حساسیت بالایی نسبت به تنش خشکی در همه مراحل نموی به ویژه مرحله تشکیل غده دارد (Shock *et al.*, 2013). واکنش گیاهان نسبت به تنش خشکی در سطوح مختلف از سلول تا تمام گیاه بسته به گونه گیاه و حتی در ژنوتیپ‌های متعلق به یک گونه متفاوت است (Jaleel *et al*, 2008). تحقیقات نشان داده است که تنش خشکی عموماً باعث تخریب و شکسته شدن کلروپلاست‌ها و کاهش میزان کلروفیل شده و فعالیت آنزیم‌ها را در چرخه کالوین در طی فرآیند فتوسنتز کاهش می‌دهد (Monakhova and Chernyadev, 2002). در بیش‌تر گیاهان، خشکی از طریق تغییرات پتانسیل اسمزی بر گیاه اثر می‌گذارد. تنظیم اسمزی سازوکاری است که منجر به نگهداری آب سلول‌ها در اثر بروز تنش می‌شود. این فرآیند ناشی از تجمع مولکول‌ها و یون‌های فعال اسمزی از جمله قندهای محلول، پرولین، گلایسین‌بتائین و اسیدهای آلی است (Serraj and Sinclair, 2002). از سوی دیگر کمبود منابع آب، نیاز به صرفه جویی در حجم آب آبیاری را به منظور بهبود کارآیی مصرف آب ضروری ساخته است (اسکندری و همکاران، ۱۳۹۰). به همین منظور در سال‌های اخیر تکنیک کم‌آبیاری به‌عنوان یک راه‌کار ارزشمند مطرح است. روش‌های متعددی برای اعمال کم‌آبیاری در جهت افزایش کارآیی و بهره‌وری مصرف آب در جهان تجربه شده است. در روش خشکی موضعی ریشه، 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 کارآیی و بهره‌وری مصرف آب در گیاه می‌شود (Du *et al*, 2010). Ahmadi و همکاران (۲۰۱۴) در تحقیقی با عنوان کم‌آبیاری تنظیم شده و خشکی موضعی ریشه بر عملکرد و بهره‌وری مصرف آب در دو رقم سیب‌زمینی، نشان داد که بین عملکرد و بهره‌وری مصرف آب در رژیم‌های آبیاری تفاوت معنی‌داری وجود داشت و

[1] Partial root zone drying

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2025-07-05]

[DOR: 20.1001.1.2008403.1394.7.28.4.5]

با اعمال کم‌آبیاری بهره‌وری مصرف آب افزایش پیدا نموده است. Du و همکاران (۲۰۱۰) اثر دو روش کم‌آبیاری کنترل شده و آبیاری بخشی منطقه ریشه (PRD) را بر کارآیی مصرف آب ذرت بررسی نمودند، نتایج آن‌ها نشان داد آبیاری جوی پشته‌ای متناوب، در میزان رشد گیاه اثری ندارد اما نرخ تعرق را کاهش می‌دهد. این محققان گزارش کردند استفاده از روش کم‌آبیاری 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 کارآیی مصرف آب می‌شود. در تحقیق Eskandari و همکاران (۲۰۱۳) اثر رژیم آبیاری بر عملکرد و برخی ویژگی‌های کیفی ارقام سیب‌زمینی بررسی و گزارش شد که با افزایش حجم آب آبیاری، همه صفات کمی و کیفی مورد مطالعه به جز وزن مخصوص غده بهبود یافت و از نظر درصد ماده خشک و نشاسته غده، رژیم آبیاری تأمین ۱۰۰ درصد نیاز آبی سیب‌زمینی نسبت به سایر رژیم‌های آبیاری برتری داشت. Shahnazari و همکاران (۲۰۰۷) طی تحقیقی نشان دادند که خشکی موضعی ریشه باعث افزایش۲۰ درصدی محصول قابل عرضه به بازار و اعمال تنش با کاهش ۳۰ درصد نیاز آبی باعث حفظ محصول و افزایش کارآیی مصرف آب نسبت به آبیاری کامل می‌شود. Liu و همکاران (۲۰۰۶) اثر کم‌آبیاری تنظیم شده و خشکی موضعی ریشه بر کارآیی مصرف آب سیب‌زمینی را بررسی و دریافتند که آب مصرفی در دو تیمار کم‌آبیاری تنظیم شده و خشکی موضعی ریشه ۳۷ درصد کم‌تر از آبیاری کامل بود ولی کارآیی مصرف آب برای دو تیمار کم‌آبیاری خشکی موضعی ریشه و آبیاری کامل تقریبا یکسان و کاهش معنی‌داری نسبت به کم‌آبیاری تنظیم شده داشت. آن‌ها نتیجه گرفتند که تیمار خشکی موضعی تعریف شده در این مطالعه در مراحل شروع غده دهی سیب‌زمینی عملی نبوده و برای رسیدن به اثر کم‌آبیاری خشکی موضعی ریشه باید بر زمان تعویض ناحیه آبیاری و میزان آبی که باید به ستون خاک اضافه شود مطالعات بیش‌تری صورت گیرد. از سوی دیگر Yactayo و همکاران (۲۰۱۳) با مقایسه کم‌آبیاری تنظیم شده و خشکی موضعی ریشه بر کارآیی مصرف آب نشان دادند که خشکی موضعی ریشه با ۵۰ درصد آب مورد استفاده در مقایسه با آبیاری کامل، دارای بیش‌ترین بهره‌وری آب بدون کاهش عملکرد بود. با توجه به نتایج تحقیقات انجام شده اگر چه اعمال تیمارهای کم‌آبیاری باعث کاهش عملکرد گیاه می‌شود ولی در تمام موارد باعث افزایش کارآیی مصرف آب شده است ولی انتخاب رقم مناسب با پتانسیل عملکرد بالا و کیفیت مناسب و چگونگی اعمال مدیریت کم‌آبیاری برای افزایش بهره‌وری آب در جهت استفاده صحیح از منابع آب موجود و به منظور افزایش عملکرد کمی و کیفی امری ضروری می‌باشد. با توجه به این که سیب‌زمینی، یکی از محصولات عمده استان چهارمحال و بختیاری است، و برای تولید بذر مناطق مختلف ایران کاشته می‌شود در سال‌های اخیر به دلیل تغییر ویژگی‌های اقلیمی و کاهش ریزش‌های جوی، تولید آن کاهش یافته است. این تحقیق با هدف معرفی رقمی با عملکرد بالا که نسبت به کاهش

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2025-07-05]

[DOR: 20.1001.1.20084403.1394.7.28.4.5]

آبیاری حساسیت کم‌تر و عملکرد قابل قبول در شرایط کم‌آبیاری داشته باشد و انتخاب مناسب‌ترین مدیریت کم‌آبیاری به منظور نیل به عملکرد مناسب در راستای ارتقای بهره‌وری آب و صرفه‌جویی در مصرف آب انجام شد.

مواد و روش‌ها

این تحقیق در سال ۹۳-۱۳۹۲ در ایستگاه تحقیقاتی چهار تخته شهرکرد واقع در پنج کیلومتری شرق شهرکرد با مختصات جغرافیایی ′۱۸,°۳۲ شمالی و ′۵۵ ,°۵۰ شرقی با ارتفاع ۲۰۹۰ متر از سطح دریا و با اقلیم نیمه‌مرطوب با تابستان معتدل و زمستان بسیار سرد به اجرا درآمد. میانگین دراز مدت بارندگی و دمای سالانه منطقه به‌ترتیب ۳۲۰ میلی‌متر و ۲۰ درجه سانتی‌گراد است. به منظور بررسی و مقایسه کم‌آبیاری تنظیم‌شده[1] (RDI) و کم‌آبیاری به‌صورت خشکی موضعی ریشه سیب‌زمینی (PRD) بر بهره‌وری آب و ویژگی‌های فیزیولوژیکی دو رقم سیب‌زمینی این آزمایش به‌صورت کرت‌های دو بار خرد شده (اسپلیت- اسپلیت پلات) در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار اجرا شد. 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 و S_2= روش آبیاری قطره‌ای نواری، تیمارهای فرعی شامل رقم‌های سیب‌زمینی شامل: V_1= سیب‌زمینی رقم المرا و V_2= سیب‌زمینی رقم بورن و تیمارهای فرعی فرعی در هر یک از روش‌های آبیاری 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= آبیاری به‌صورت یک در میان و متناوب جویچه‌ها و نوارهای قطره‌ای در هر دور آبیاری با توجه به کمبود رطوبتی خاک بودند. در طول فصل رشد بارندگی مؤثری رخ نداد. میزان آب آبیاری در هر نوبت آبیاری با اندازه‌گیری رطوبت خاک در زمان آبیاری و بر اساس اختلاف بین رطوبت خاک و حد ظرفیت زراعی در تیمار آبیاری کامل و PRD، برآورد شد و با توجه به مساحت هر کرت و اعمال راندمان آبیاری حجم آب مصرفی برای هر روش به‌دست آمد. میزان آب مصرفی برای تیمارهای مدیریت کم‌آبیاری تنظیم شده ضریبی از مقدار آن در تیمار آبیاری کامل بود. عمق توسعه ریشه در تیمار آبیاری کامل و PRD در دو روش آبیاری در طول فصل رشد با حفر ترانشه و اندازه‌گیری به وسیله خط‌کش تعیین شد. دور آبیاری در روش جویچه‌ای برای همه تیمارها ثابت و بر اساس ۵۰ درصد تخلیه رطوبتی مجاز خاک و حداکثر میزان تبخیر و تعرق روزانه محل آزمایش هفت روزه و در روش قطره‌ای نواری چهار روزه در نظر گرفته شد که در تیمار آبیاری کامل تنشی به گیاه وارد نشود به این صورت که در تیمار آبیاری کامل همیشه در زمان آبیاری مقدار رطوبت خاک بیش‌تر از مقدار رطوبت سهل‌الوصول بود. دو رقم آلمرا و بورن دو رقم جدید زودرس با عملکرد کمی و کیفی بالا و دوره رشد تقریبی ۹۰-۸۰ روزه که قابلیت سازگاری

[1] Regulated deficit irrigation

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2025-07-05]

[DOR: 20.1001.1.2008403.1394.7.28.4.5]

بالایی با شرایط آب و هوایی منطقه چهارمحال و بختیاری و بیش‌تر مناطق سیب‌زمینی‌کاری ایران نشان داده‌اند. رقم بورن رقم زودرس، دوره رشد ۷۵-۹۰ روز، قابلیت کشت در فصول مختلف، غده بیضی شکل، زرد رنگ، قابلیت انبارداری بالا و رقمی بسیار عالی برای صنایع فرآوری می‌باشد و رقم آلمرا رقم زودرس، دوره رشد ۸۰-۹۰ روز، قابلیت کشت در فصول مختلف، غده زرد روشن و مصرف تازه‌خوری دارد. عملیات شخم و آماده‌سازی زمین به‌طور یکنواخت انجام شد و دو نمونه مرکب خاک از عمق‌هایصفر تا ۳۰ و۶۰-۳۰ سانتی‌متری تهیه و در آزمایشگاه تحقیقات خاک و آب ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک اندازگیری شد (جدول ۱). ابعاد کرت‌های فرعی فرعی برای روش جویچه ای ۳۰×۴ مترمربع و برای روش نواری قطره ای ۱۰×۴ مترمربع بود. در روش جویچه‌ای در هر کرت، چهار ردیف کاشت و طول ردیف‌ها۳۰ متر و فاصله بین ردیف‌های کاشت ۷۵ سانتی‌متر و فاصله بین دو غده بذری بر روی هر ردیف ۲۰ سانتی‌متر در نظر گرفته شد. آب آبیاری در روش جویچه‌ای به وسیله لوله وارد جویچه‌ها شد. در روش آبیاری قطره‌ای نواری، از نوارهای قطره‌ای به طول ۱۰ متر استفاده شد. نوارها دارای قطر ۱۶ میلی‌متر و فاصله قطره‌چکان ۲۰ سانتی‌متر بود. 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.

جدول ۱: ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک محل اجرای آزمایش

بافت خاک	pH	عمق نمونه خاک	E.C	ρ_b	O.C	F.C	P.W.P	N	P ava.	K ava.
		سانتی‌متر	دسی زیمنس بر متر	گرم بر سانتی‌مترمکعب	درصد				میلی گرم بر کیلوگرم	
لوم	۷/۹۲	۰ - ۳۰	۰/۶۱۵	۱/۳۶	۰/۵۲۷	۲۴/۰۱	۹/۳	۰/۰۶۸	۱۱/۱	۴۵۲
لوم سیلتی	۷/۷۶	۳۰ -۶۰	۰/۹۳۳	۱/۴۱	۰/۴۰۷	۲۵/۲۰	۸/۳	۰/۰۳۲	۹/۵	۵۶۴

کاشت در دهه سوم خرداد ماه انجام گرفت. برداشت از دو ردیف میانی در روش آبیاری جویچه‌ای و قطره‌ای نواری به ترتیب به مساحت ۴۵ و ۱۵ مترمربع در اواخر مهر ماه با حذف حاشیه‌ها انجام گرفت. سپس ویژگی‌های کمی غده سیب زمینی اندازه‌گیری و آزمایش‌های کیفی محصول شامل اندازه‌گیری میزان نشاسته، قند محلول، پرولین و کلروفیل برگ بر نمونه‌های از هر تیمار انجام شد. اندازه‌گیری نشاسته غده سیب‌زمینی به روش رسم منحنی استاندارد با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر انجام گردید. به منظور تعیین میزان کلروفیل و پرولین گیاه از برگ تمام تیمارهای آزمایشی نمونه‌گیری و در آزمایشگاه میزان کلروفیل برگ در هر تیمار به روش آرنون و با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر مدل فارمیسا انجام شد. اندازه‌گیری پرولین برگ به روش ناین‌هیدرین انجام شد. در نهایت به منظور تعیین عملکرد غده در واحد سطح، از هر کرت آزمایشی پس از حذف ردیف‌های کناری، خطوط میانی انتخاب شدند و با حذف دو سر ردیف‌های میانی غده‌های سیب‌زمینی برداشت و توزین شدند. از بین روش‌های معمول برای محاسبه میزان آب آبیاری، در این تحقیق از روش اندازه‌گیری رطوبت خاک استفاده شد. در آبیاری‌های بعد از استقرار گیاه، عمق خالص آبیاری بر اساس رطوبت از دست رفته

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2025-07-05]

[DOR: 20.1001.1.2008403.1394.7.28.4.5]

خاک در منطقه ریشه محاسبه گردید. اندازه‌گیری رطوبت در این مراحل به وسیله دستگاه T.D.R انجام گرفت. شاخص و بهره‌وری آب با استفاده از روابط زیر محاسبه شد:

رابطه ۱: $WP_{I+P}= Yield \quad (I+P)$

در این رابطه WP_{I+P}= بهره‌وری آب مصرفی، I= میزان آب آبیاری (میلی‌متر)، P= میزان بارش (میلی‌متر) و Yield= عملکرد محصول (کیلوگرم در هکتار) هستند.

داده‌های به‌دست آمده از آزمایش توسط نرم‌افزار آماری SAS مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفتند و مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد انجام و نمودارها توسط نرم‌افزار اکسل رسم شد.

نتایج و بحث

به‌طورکلی نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر مدیریت‌های کم‌آبیاری بر عملکرد غده در واحد سطح، عملکرد غده در بوته، تعداد غده در بوته، بهره‌وری آب، درصد ماده خشک غده‌ها، درصد قند محلول، میزان پرولین برگ و کلروفیل a و b در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۲). اثر رقم بر عملکرد غده در واحد سطح، عملکرد غده در بوته، بهره‌وری آب، درصد ماده خشک غده‌ها، میزان پرولین برگ و کلروفیل b در سطح احتمال یک درصد و بر کلروفیل a در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار شد. برهمکنش رقم در مدیریت کم‌آبیاری فقط بر بهره‌وری آب و میزان پرولین در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار شد.

عملکرد غده در واحد سطح

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر مدیریت‌های کم‌آبیاری بر عملکرد غده در واحد سطح در سطح یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۲). حداکثر و حداقل عملکرد سیب‌زمینی در واحد سطح به ترتیب برابر با ۵۳/۸ و ۲۵/۹ تن در هکتار مربوط به تیمارهای مدیریت کم‌آبیاری FI و RDI_{65} بود. تفاوت دو تیمار RDI_{80} و PRD در معنی‌دار نبود (جدول ۳). نتایج نشان می‌دهد با افزایش میزان آب آبیاری تا آبیاری کامل، عملکرد غده‌ها می‌تواند تا نزدیک شدن به پتانسیل تولید افزایش پیدا کند و تیمار آبیاری کامل دارای بیش‌ترین عملکرد است و تنش شدید به گیاه باعث کاهش معنی‌دار محصول می‌شود. اثر رقم بر عملکرد غده در واحد سطح در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد به‌طوری‌که رقم بورن با متوسط عملکرد ۴۹/۴ تن در هکتار دارای عملکرد بیش‌تری نسبت به رقم آلمرا بود (جدول ۳). در این تحقیق تیمارهای RDI_{80} و PRD باعث کاهش عملکرد محصول به‌میزان هشت درصد ولی تیمار RDI_{65} باعث کاهش عملکرد محصول به‌میزان ۵۲ درصد شد این کاهش عملکرد را می‌توان به‌دلیل اعمال تنش طولانی مدت به گیاه نسبت داد که سطح فتوسنتزکننده گیاه را کاهش می‌دهد و از این طریق باعث کم شدن رشد گیاه و در نهایت کاهش عملکرد می‌شود (Kalfountzos *et al*,

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2025-07-05]

[DOR: 20.1001.1.2008403.1394.7.28.4.5]

2007). King و Stark (۱۹۹۷) دلیل کاهش عملکرد را حساسیت به تنش آبی، کم‌عمق بودن ریشه و رشد سیب‌زمینی در خاک‌هایی با ظرفیت رطوبتی پایین دانست. با این نتایج مشخص می‌شود که عملکرد کل در سیب‌زمینی به‌شدت تحت اثر رژیم‌های رطوبتی و سطوح آبیاری قرار می‌گیرد و امکان اینکه در سطوح بسیار پایین آبیاری اختلال در فرآیند غده سازی به بدشکلی و ناهنجاری رشدی در غده‌ها نیز منجر شود وجود دارد.

جدول ۲: نتایج تجزیه واریانس صفات اندازه‌گیری شده

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات									
		عملکرد غده در واحد سطح	عملکرد غده در بوته	تعداد غده در بوته	بهره‌وری آب	درصد ماده خشک غده	درصد نشاسته	درصد قندهای	میزان پرولین	کلروفیل a	کلروفیل b
بلوک	۲	۱۹/۸^{ns}	۲۰۱۴^{ns}	۰/۵^{ns}	۰/۷۷^{ns}	۰/۰۵^{ns}	۰/۰۶^{ns}	۰/۰۰۰^{ns}	۱/۳۴^{ns}	۰/۰۷	۰/۰۷^{ns}
روش آبیاری	۱	۶۴/۹^{ns}	۱۵۷۲۲۳*	۰/۲^{ns}	۳۷۹/۶۳**	۱/۱۶^{ns}	۰/۰۶^{ns}	۰/۰۰۰^{ns}	۸/۹۶^{ns}	۰/۳۱	۰/۰۲^{ns}
(خطای a)	۲	۹/۹	۴۴۰	۰/۹	۰/۲۸	۰/۴۳	۰/۱۹	۰/۰۰۰	۰/۷۳	۰/۱۹	۰/۰۱
رقم	۱	۱۰۵۵/۰**	۱۲۰۵۲۵**	۱۰/۷^{ns}	۵۸/۵۴**	۱۰۹/۴۱**	۰/۷۳^{ns}	۰/۰۰۱^{ns}	۱۱/۷۸^{ns}	۴/۷۹*	۰/۱۷**
رقم×روش	۱	۲۶/۵^{ns}	۶۳۶۵^{ns}	۰/۰^{ns}	۹/۵۵^{ns}	۰/۰۲^{ns}	۰/۰۱^{ns}	۰/۰۰۰^{ns}	۰/۰۴^{ns}	۰/۰۶^{ns}	۰/۰۱^{ns}
(خطای b)	۴	۴۵/۰	۳۸۲۰	۰/۶	۱/۳۶	۱/۲۰	۰/۲۹	۰/۰۰۰	۲/۷۸	۰/۵۶	۰/۰۰
کم‌آبیاری	۳	۱۹۴۲/۰**	۲۷۵۵۶۷**	۱۱/۷**	۵۹/۸۳**	۲۹/۱۶**	۰/۸۵**	۰/۰۱۲**	۱۲۸/۶۱**	**	۵/۲۲**
کم‌آبیاری×روش	۳	۰/۳^{ns}	۲۷۸۹^{ns}	۰/۴^{ns}	۳/۰۳**	۰/۲۱^{ns}	۰/۲۶^{ns}	۰/۰۰۰^{ns}	۰/۹۴^{ns}	۰/۳۹	۰/۰۳^{ns}
کم‌آبیاری×رقم	۳	۲۰/۱*	۱۹۳۱^{ns}	۰/۴^{ns}	۰/۷۱*	۰/۱۲^{ns}	۰/۴۴^{ns}	۰/۰۰۰^{ns}	۱/۷۲*	۰/۰۴	۰/۰۱^{ns}
کم‌آبیاری×رقم×روش	۳	۱/۹^{ns}	۴۸۵^{ns}	۰/۲^{ns}	۰/۰۸^{ns}	۰/۰۳^{ns}	۰/۲۱^{ns}	۰/۰۰۰^{ns}	۰/۰۹^{ns}	۰/۵۵	۰/۰۰^{ns}
(خطای c)	۲۴	۵/۹	۱۶۸۶	۰/۳	۰/۲۲	۰/۶۴	۰/۲۸	۰/۰۰۰	۰/۴۲	۰/۰۷	۰/۰۲
ضریب تغییرات (درصد)		۵/۵	۵/۴	۶/۸	۴/۶۳	۴/۰	۳/۸	۲/۶	۳/۲۴	۴/۰	۴/۱

ns، * و **: به‌ترتیب بیانگر عدم اختلاف معنی‌دار و اختلاف معنی‌دار در سطوح احتمال پنج و یک درصد می‌باشند.

جدول ۳: میانگین عملکرد، تعداد غده در بوته، درصد ماده خشک، درصد نشاسته و درصد قندهای محلول مدیریت‌های کم‌آبیاری در دو رقم سیب‌زمینی

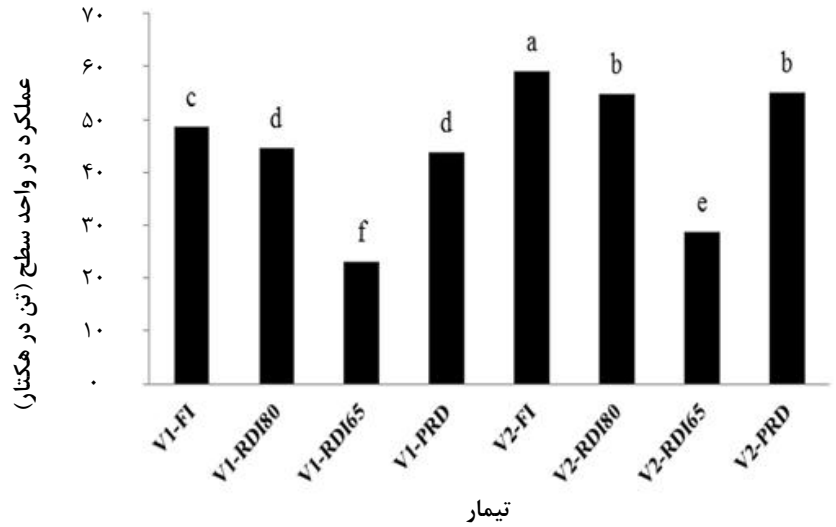
صفات تیمار / میانگین		عملکرد غده در واحد سطح (تن در هکتار)	عملکرد غده در بوته (گرم)	تعداد غده در بوته	درصد ماده خشک غده	درصد نشاسته (وزن‌تر)	درصد قندهای محلول (وزن‌تر)
رقم	آلمرا	۴۰/۰b	۷۱۷/۸ b	۷/۹ a	۱۸/۵۳b	۱۳/۷۶a	۰/۲۱a
	بورن	۴۹/۴a	۸۱۸/۰ a	۸/۹ a	۲۱/۵۵a	۱۴/۰۰a	۰/۲۲a
کم‌آبیاری	FI	۵۳/۸ a	۹۲۰/۰ a	۹/۲ a	۱۸/۳۹c	۱۵/۳۸a	۰/۱۸d
	RDI_{80}	۴۹/۷ b	۸۰۱/۲ b	۸/۸ a	۱۹/۷۵b	۱۳/۷۰b	۰/۲۱b
	RDI_{65}	۲۵/۹ c	۵۵۸/۰ c	۷/۰ b	۲۲/۱۵a	۱۲/۳۴c	۰/۲۶a
	PRD	۴۹/۴ b	۷۹۲/۴ b	۸/۷ a	۱۹/۸۶b	۱۴/۱۲b	۰/۲۰c

میانگین‌های با حروف مشابه در هر ستون بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح پنج درصد اختلاف معنی‌داری ندارند.

به‌طورکلی کمبود رطوبت خاک موجب افزایش مقاومت روزنه‌ای برگ، کاهش میزان فتوسنتز برگ، کاهش رشد غده و در نتیجه کاهش عملکرد غده گردید. تحقیقات انجام گرفته توسط Demelash (۲۰۱۳)، Alva و همکاران (۲۰۱۲) و ابراهیمی‌پاک (۱۳۹۰) هم نشان داد که با افزایش میزان آب مصرفی عملکرد محصول سیب‌زمینی افزایش پیدا می‌کند و تیمار بدون تنش آبی دارای بیش‌ترین عملکرد است. ولی ارقام مورد استفاده در این تحقیق نسبت به ارقام استفاده شده در تحقیقات گذشته از نظر میزان عملکرد برتری داشت که این افزایش عملکرد ناشی از پتانسیل بالا و سازگاری با محیط رشد این ارقام است (جدول ۳). برهمکنش رقم در مدیریت کم‌آبیاری بر عملکرد غده در واحد سطح در سطح احتمال پنج درصد

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2025-07-05]
[DOR: 20.1001.1.2008403.1394.7.28.4.5]

معنی‌دار شد (جدول ۲). مقایسه عملکرد در دو رقم سیب‌زمینی تحت مدیریت‌های مختلف کم‌آبیاری نشان داد که بیش‌ترین عملکرد غده در واحد سطح در رقم بورن با مدیریت کم‌آبیاری FI به میزان ۵۹/۰ تن در هکتار و کم‌ترین مقدار عملکرد غده در واحد سطح در رقم آلمرا با مدیریت کم‌آبیاری RDI_{65} به میزان ۲۳/۱ تن در هکتار به‌دست آمد (شکل ۱). هم‌چنین عملکرد غده در واحد سطح در کلیه تیمارهای مدیریت کم‌آبیاری در رقم بورن بیش‌تر از رقم آلمر بود. با توجه به محدودیت منابع آب در مناطق خشک و نیمه‌خشک و از طرفی نیاز آبی بالای محصول سیب‌زمینی که یکی از مهم‌ترین محصولات زراعی تأمین غذا است، ناگزیر باید روش‌هایی اتخاذ شود که بهره‌وری مطلوب از منابع آبی موجود حاصل شود و هم‌چنین به پایداری تولید این محصول صدمه‌ای وارد نشود. یکی از روش‌های ممکن در استفاده بهینه از منابع آبی موجود، معرفی رقم یا رقم‌هایی است که نسبت به کاهش آبیاری حساسیت کم‌تری داشته و قابلیت عملکردی قابل قبول در شرایط کم‌آبیاری داشته باشند. نتایج این تحقیق نشان داد که رقم بورن نسبت به رقم آلمرا از پتانسیل عملکرد بالاتر و آستانه تحمل به کم‌آبیاری بهتری دارد و قابل توصیه برای کاشت در مناطق خشک و نیمه‌خشک است.



شکل ۱: برهمکنش کم‌آبیاری در رقم بر عملکرد در واحد سطح

عملکرد و تعداد غده در بوته

اثر مدیریت کم‌آبیاری بر عملکرد غده در بوته در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود به‌طوری‌که با افزایش مقدار آب آبیاری از ۶۵ درصد به ۱۰۰ درصد مقدار عملکرد در بوته از ۵۵۸/۰ به ۹۲۰/۰ گرم افزایش یافت و تفاوت عملکرد در بوته برای دو تیمار RDI_{80} و PRD در یک سطح احتمال قرار گرفت (جدول ۳). اثر مدیریت کم‌آبیاری بر تعداد غده در بوته در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود به‌طوری‌که حداکثر تعداد غده در بوته مربوط به تیمار FI بود که با دو تیمار RDI_{80} و PRD معنی‌دار نبود (جدول ۳). نتایج نشان می‌دهد که با افزایش میزان آب آبیاری عملکرد غده در بوته و تعداد غده در بوته افزایش پیدا می‌کند. Ayas و Korukcu (۲۰۱۰) گزارش کردند تعداد غده در بوته نیز به شدت وابسته به میزان آب

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2025-07-05]
[DOR: 20.1001.1.2008403.1394.7.28.4.5]

آبیاری است به‌طوری‌که در آبیاری کامل میانگین تعداد غده قابل فروش در بازار ۷/۳۵ و در تیمار ۵۰ درصد تأمین نیاز آبی به ۳/۵۵ کاهش می‌یابد. نتایج نشان داد که با کاهش میزان آب آبیاری عملکرد غده در بوته کاهش پیدا می‌کند. ولی تنش شدید باعث کاهش شدید عملکرد در بوته شد به‌طوری‌که تیمارهای RDI80 و PRD باعث کاهش عملکرد غده در بوته به‌میزان ۱۳ درصد، اما تیمار RDI65 باعث کاهش عملکرد غده در بوته به‌میزان ۳۹ درصد شد. در تنش‌های خشکی ملایم، بسته شدن جزئی روزنه‌ها تعرق را بیش‌تر از فتوسنتز کاهش داده و درنتیجه روند کاهش عملکرد غده در بوته در مقابل آب مصرفی آهسته‌تر است اما تنش‌های شدید باعث بسته شدن کامل روزنه‌ها و پایین آمدن فتوسنتز گیاه و در نهایت عملکرد غده در بوته و به تبع آن عملکرد کل به‌شدت کاهش پیدا می‌کند. در تحقیق دیگری Ayas (۲۰۱۳) دریافت که بین میزان آب مصرفی در کشت سیب‌زمینی (۸۰۰-۱۳۰ میلی‌متر) و صفت تعداد غده قابل فروش در بوته و میانگین وزن غده‌ها یک رابطه خطی مثبت با ضریب تبیین ۰/۹۵ برقرار است که مشابه نتایج این تحقیق می‌باشد. با توجه به کاهش عملکرد در اثر اعمال تیمار کم‌آبیاری انتظار می‌رود که تغییرات در اجزای عملکرد (تعداد غده در بوته و وزن غده در بوته) باعث به وجود آمدن این تغییرات شده است. نتایج این تحقیق نشان داد که وزن غده در بوته نسبت به تعداد آن در بوته بیش‌تر تحت اثر کم‌آبیاری و غیریکنواختی توزیع آب قرار گرفته و باعث تغییرات در عملکرد شد، که این به‌دلیل همبستگی بالای آن با عملکرد است، 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 ماده خشک غده‌ها

درصد ماده خشک غده‌ها تحت اثر روش آبیاری و رقم قرار نگرفت ولی اثر مدیریت کم‌آبیاری بر درصد ماده خشک در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد، به‌طوری‌که با افزایش مقدار آب آبیاری از ۶۵ درصد به ۱۰۰ درصد ماده خشک غده‌ها از ۲۲/۱۵ به ۱۸/۳۹ کاهش یافت و تفاوت دو تیمار RDI_{80} و PRD معنی‌دار نبود (جدول‌های ۲ و ۳). نتایج Darwish و همکاران (۲۰۰۶) نیز نشان داده که با اعمال کم‌آبیاری درصد ماده خشک غده‌ها به‌طور معنی‌داری افزایش می‌یابد به‌طوری‌که در آزمایش آن‌ها در رژیم‌های آبیاری تأمین ۱۲۵ و ۶۰ درصد نیاز آبی سیب‌زمینی، میزان ماده خشک غده‌ها از ۲۰/۳۹ به ۲۱/۴۴ درصد افزایش یافت. هم‌چنین اثر تنش آبی در افزایش درصد ماده خشک در این آزمایش با گزارش اسکندری و همکاران (۱۳۹۰) مطابقت دارد و مؤید این نتیجه است که با کاهش میزان آب آبیاری و اعمال تنش خشکی درصد ماده خشک غده‌ها افزایش می‌یابد و درصد ماده خشک غده‌ها در یک رقم خاص نیز ثابت نبوده و تحت اثر عوامل مختلف نظیر آب، خاک و مواد معدنی تغییر می‌کند. چون حدود ۷۵ تا ۸۵ درصد از وزن غده سیب‌زمینی را آب تشکیل می‌دهد (دارایی‌گرمه‌خانی و همکاران، ۱۳۸۹)، بنابراین می‌توان چنین بیان کرد که افزایش این صفات با افزایش

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2025-07-05]

[DOR: 20.1001.1.2008403.1394.7.28.4.5]

تنش رطوبتی به‌دلیل کاهش آب موجود در غده‌های سیب‌زمینی همراه است. بنابراین از بررسی اثر تیمارهای آزمایشی بر درصد ماده خشک غده‌ها می‌توان نتیجه گرفت که رقم بورن برای استفاده در صنایع فرآوری مناسب است و هم‌چنین برای افزایش درصد ماده خشک غده‌ها با حفظ عملکرد اقتصادی و کیفیت مناسب، دو تیمار RDI80 و PRD در تولید محصول سیب‌زمینی قابل توصیه می‌باشند.

درصد نشاسته

درصد نشاسته تحت اثر رقم قرار نگرفت، ولی با توجه به نتایج مقایسه میانگین‌ها به روش دانکن میزان این صفت در رقم آلمرا کم‌تر از رقم بورن بود (جدول‌های ۲ و ۳). اثر عامل مدیریت کم‌آبیاری بر درصد نشاسته در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود به‌طوری‌که با افزایش مقدار آب آبیاری از ۶۵ درصد به ۱۰۰ درصد نشاسته از ۱۲/۳۴ به ۱۵/۳۸ درصد افزایش یافت (جدول ۳). همان‌طور که ملاحظه می‌شود نتایج نشان داد رقم بورن و روش آبیاری قطره‌ای نواری که بیش‌ترین ماده خشک را دارند به همان نسبت از درصد نشاسته بالاتری برخوردارند. نشاسته که ترکیب اصلی غده سیب‌زمینی است حدود ۶۰ تا ۸۰ درصد ماده خشک را تشکیل می‌دهد و مقدار آن به رقم گیاه و شرایط محیطی بستگی دارد، بنابراین یک همبستگی خاص بین درصد نشاسته و درصد ماده خشک غده وجود دارد. از طرفی نشاسته نقش مهمی در کیفیت فرآورده‌های سیب‌زمینی ایفا کرده و از مهم‌ترین عوامل مؤثر بر کیفیت پخت سیب‌زمینی است، هم‌چنین میزان نشاسته نشان‌دهنده میزان تأمین انرژی برای مصرف کنندگان است، بنابراین هرچقدر مقدار نشاسته در غده‌ها بیش‌تر باشد نشان‌دهنده کیفیت بالاتر و انرژی بیش‌تر در آن‌ها است (دارایی‌گرمه‌خانی و همکاران، ۱۳۸۹) . بنابراین تنش آبی باعث کاهش درصد نشاسته و درنتیجه پایین آمدن کیفیت غده‌های سیب‌زمینی می‌شود پس برای اعمال مقدار و زمان کم‌آبیاری برای محصول سیب‌زمینی باید به کیفیت محصول نیز توجه شود.

درصد قندهای محلول

اثر رقم بر درصد قندهای محلول غده معنی‌دار نشد (جدول ۲). درصد قندهای محلول در غده‌های تازه سیب‌زمینی به‌عنوان یکی از شاخص‌های ارزیابی تنش، تحت اثر مدیریت کم‌آبیاری قرار گرفت و اثر سطوح مختلف آب آبیاری بر درصد قند محلول غده‌های سیب‌زمینی در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد به‌طوری‌که با افزایش مقدار آب آبیاری از ۶۵ درصد به ۱۰۰ درصد قندهای محلول غده از ۰/۲۶ به ۰/۱۸ کاهش یافت و اعمال تنش خشکی منجر به افزایش میزان قندهای محلول در غده‌ها شد (جدول ۳). تفاوت دو تیمار RDI_{80} و PRD از نظر درصد قندهای محلول غده معنی‌دار نبود. Masoudi-Sadaghiani و همکاران (۲۰۱۱) با بررسی اثر چهار رژیم رطوبتی ۴۰، ۶۰، ۸۰ و ۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی مزرعه را در سه مرحله رشد سیب‌زمینی نتیجه گرفتند که میزان قندهای محلول و پرولین در برگ‌های سیب‌زمینی

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2025-07-05]

[DOR: 20.1001.1.2008403.1394.7.28.4.5]

در اثر اعمال تنش در هر سه مرحله نموی ۵۰ درصد سبز شدن، ۵۰ درصد گل‌دهی و رسیدگی فیزیولوژیک به‌شدت افزایش می‌یابد. که با نتایج تحقیق حاضر هم‌خوانی دارد. بنابراین درصد افزایش میزان قندهای محلول در مدیریت‌های مختلف کم‌آبیاری برای رقم بورن نسبت به رقم آلمرا نشان‌دهنده یک سازوکار سازشی در جهت افزایش تحمل به خشکی در آن است.

میزان پرولین

اثر رقم بر میزان پرولین معنی‌دار نبود (جدول ۲). نتایج جدول ۴ نشان داد بیش‌ترین میزان پرولین ۲۰/۵۸ میلی‌گرم در گرم در رقم بورن حاصل شد. تحقیقات انجام شده توسط Mohammadkhani و Heidari (۲۰۰۸) و Aghaei و همکاران (۲۰۰۸) نشان داد افزایش پرولین در جهت کاهش پتانسیل آبی گیاه به منظور حفظ فشار آماس صورت می‌گیرد و پرولین مانند برخی آمینواسیدهای دیگر، اسیدهای آلی، قندها و ترکیبات آلی دیگر به‌عنوان یک تنظیم‌کننده اسمزی در تعدیل شرایط اسمزی سلول ایفای نقش کرده و بدین ترتیب اثر کمبود آب را خنثی می‌کند. پرولین به‌دلیل نقش کلیدی در تنظیم اسمزی در شرایط تنش خشکی موجب افزایش تحمل به خشکی شده و اثر تخریبی تنش اسمزی ناشی از خشکی را تا حدودی کاهش می‌دهد (نجف‌زاده و احسانپور، ۱۳۹۱)، بنابراین میزان پرولین می‌تواند در گیاه سیب‌زمینی به‌عنوان یک شاخص تحمل به خشکی به‌شمار آید. پس با توجه به نتایج این تحقیق می‌توان بیان نمود که رقم بورن نسبت به رقم آلمرا داری تحمل بیش‌تری نسبت به خشکی است.

میزان کلروفیل

اثر رقم بر میزان کلروفیل a و b به‌ترتیب در سطح احتمال پنج درصد و یک درصد معنی‌دار شد (جدول ۲). در این تحقیق میزان کلروفیل در رقم بورن بیش‌تر از رقم آلمرا بود. اثر تیمارهای کم‌آبیاری بر کلروفیل a و b در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد به‌طوری‌که در هر دو رقم سیب‌زمینی با کاهش مقدار آب آبیاری از ۱۰۰ درصد به ۶۵ درصد میزان کلروفیل a و b به‌ترتیب از ۱۴/۰۶ و ۳/۹۳ به ۸/۹۸ و ۲/۳۱ کاهش یافت و تفاوت دو تیمار RDI_{80} و PRD از نظر میزان کلروفیل a و b معنی‌دار نبود (جدول ۴). تحقیقات Farooq و همکاران (۲۰۰۹) نشان داد که تنش اسمزی مقدار کلروفیل گیاهان را کاهش می‌دهد و کاهش مقدار کلروفیل می‌تواند به علت افزایش تجزیه کلروفیل یا کاهش ساخت آن باشد. به‌طورکلی شاخص‌های مورد ارزیابی گیاه برای تحمل به خشکی به‌صورت مرفولوژی و فیزیولوژی، بیوشیمیایی و مولکولی صورت می‌گیرد، توجه به شاخص‌های فیزیولوژیکی به منظور مطالعه میان تحمل به خشکی یکی از جنبه‌های مهم تحمل به خشکی در گیاهان است (فرشادفر و محمدی، ۱۳۸۲). از این شاخص‌ها می‌توان به‌میزان آب نسبی برگ، محتوای رنگیزه‌های فتوسنتز (کلروفیل a و b برگ)، میزان پرولین برگ، درصد ماده خشک، کارآیی مصرف آب، بهره‌وری آب و

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2025-07-05]

[DOR: 20.1001.1.2008403.1394.7.28.4.5]

عملکرد ارقام در شرایط تنش اشاره کرد که هر کدام از این شاخص‌ها علاوه بر عملکرد می‌تواند به‌عنوان معیار تحمل به خشکی انتخاب شود (فرشادفر و محمدی، ۱۳۸۲). در این تحقیق بعضی از این معیارها مانند محتوای رنگیزه‌های فتوسنتز (کلروفیل a و b برگ)، میزان پرولین برگ، درصد ماده خشک، کارآیی مصرف آب، بهره‌وری آب و عملکرد اندازه‌گیری شد. بنابراین با توجه به شاخص کلروفیل و پرولین برگ در این تحقیق می‌توان نتیجه گرفت که رقم بورن به‌عنوان یک رقم متحمل به خشکی برای رشد مطلوب در شرایط تنش است.

جدول ۴: مقایسه میانگین حجم آب مصرفی، بهره‌وری آب، میزان پرولین و کلروفیل گیاه تحت اثر مدیریت‌های کم‌آبیاری در دو رقم سیب‌زمینی

تیمار		حجم آب مصرفی (مترمکعب در هکتار)	بهره‌وری آب (کیلوگرم در مترمکعب)	پرولین (میلی‌گرم در گرم)	کلروفیل (میلی‌گرم در گرم)	
					a	b
رقم	آلمرا	۴۷۱۱a	۹/۰۱b	۱۹/۵۹a	۱۱/۳۹b	۳/۰۷ b
	بورن	۴۷۱۱a	۱۱/۲۲a	۲۰/۵۸a	۱۲/۰۲a	۳/۱۹a
کم‌آبیاری	FI	۵۶۱۵a	۱۰/۴۰c	۱۵/۹۶c	۱۴/۰۶a	۳/۹۳a
	RDI_{80}	۴۷۲۹b	۱۱/۳۵b	۲۰/۲۷b	۱۲/۰۱b	۳/۱۶b
	RDI_{65}	۴۰۶۵d	۶/۸۹d	۲۳/۹۷a	۸/۹۸c	۲/۳۱c
	PRD	۴۴۳۵c	۱۱/۸۲a	۲۰/۱۲b	۱۱/۷۷b	۳/۱۱b

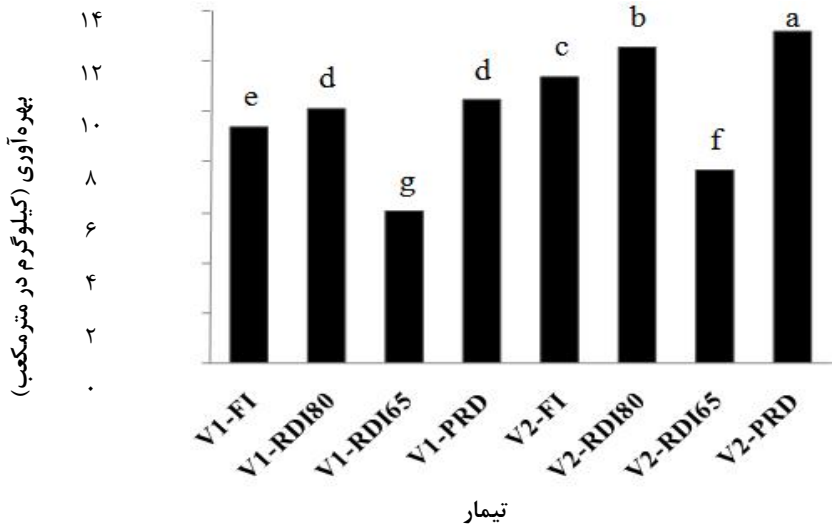
میانگین‌های با حروف مشابه در هر ستون بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد اختلاف معنی‌داری ندارند.

بهره‌وری آب

اثر رقم بر بهره‌وری آب در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۲). نتایج مقایسه میانگین‌ها نشان داد بیش‌ترین بهره‌وری آب برابر ۱۱/۲ کیلوگرم در مترمکعب مربوط به رقم بورن بود و تیمار رقم بورن موجب افزایش ۱۹/۷ درصدی بهره‌وری آب نسبت به رقم آلمرا گردید (جدول ۴). اثر تیمارهای کم‌آبیاری بر بهره‌وری آب در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۲). نتایج مقایسه میانگین در مدیریت کم‌آبیاری نشان داد که بیش‌ترین بهره‌وری آب برابر ۱۱/۸۲ کیلوگرم بر مترمکعب در تیمار PRD به‌دست آمد. کم‌ترین بهره‌وری آب برابر ۶/۸۹ کیلوگرم بر مترمکعب در تیمار RDI_{65} و FI حاصل شد (جدول ۴). برهمکنش رقم و مدیریت کم‌آبیاری بر بهره‌وری مصرف آب در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار شد (جدول ۲). مقایسه بهره‌وری آب در دو رقم تحت مدیریت‌های مختلف کم‌آبیاری نشان داد که حداکثر بهره‌وری آب در رقم بورن با تیمار PRD به‌میزان ۱۳/۲۰ کیلوگرم در مترمکعب و کم‌ترین مقدار بهره‌وری آب در رقم آلمرا با تیمار RDI_{65} به‌میزان ۶/۰۷ کیلوگرم در مترمکعب به‌دست آمد (شکل ۲). چون PRD می‌تواند زمینه تولید ریشه‌های ثانویه و توسعه ریشه‌های اولیه را فراهم آورده و در نهایت موجب افزایش جذب آب و افزایش کارآیی و بهره‌وری مصرف آب می‌شود (Kang and Zhang, 2004). نتایج این تحقیق با نتایج Shahnazari و همکاران (۲۰۰۷)، Ati و همکاران (۲۰۱۲)، Yactayo و همکاران (۲۰۱۳) و Ahmadi و همکاران (۲۰۱۴) مطابقت دارد و مؤید این مطلب است که کم‌آبیاری باعث افزایش بهره‌وری آب می‌شود.

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2025-07-05]

[DOR: 20.1001.1.2008403.1394.7.28.4.5]



شکل ۲: برهمکنش روش آبیاری و مدیریت کم‌آبیاری بر بهروری آب

نتیجه‌گیری

نتایج این تحقیق نشان داد که میزان آب مصرفی برای دو رقم بورن و آلمرا در تیمار مدیریت کامل آبیاری یکسان و برابر ۵۶۱۵ مترمکعب در هکتار آب بود. این در حالی است که رقم بورن با عملکردی برابر ۵۹/۰۲ تن در هکتار نسبت به رقم آلمرا باعث افزایش عملکرد کل به میزان ۱۷ درصد شد. با توجه به بالاتر بودن عملکرد و برتری رقم بورن در بعضی مشخصات کیفی و هم‌چنین مقاومت بیش‌تر این رقم به تنش خشکی، این رقم در مقایسه با رقم آلمرا برتر اعلام می‌شود. نتایج این تحقیق نیز نشان داد که شاخص‌های پرولین و قندهای محلول می‌تواند به عنوان شاخص‌های بسیار مناسبی برای بررسی میزان تحمل به کم آبیاری در گونه‌های سیب‌زمینی معرفی گردد و بتوان از آن در انتخاب و غربال‌گری گیاهان متحمل به خشکی استفاده کرد. بیش‌ترین بهره‌وری مصرف آب در رقم بورن با مدیریت کم آبیاری PRD به‌دست آمد. 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 مصرف آب بالا، نظیر روش آبیاری قطره‌ای نواری، مدیریت کم آبیاری PRD و استفاده از ارقام زودرس و متحمل به خشکی (رقم بورن) توجه بیش‌تری معطوف گردد.

منابع

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. ۵۶ ص.

اسکندری، ع.، خزاعی، ح.ر.، نظامی، ا. و کافی، م. 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.

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2025-07-05]

[DOR: 20.1001.1.2008403.1394.7.28.4.5]

دارایی‌گرمه‌خانی، ا.، میرزایی، ح.، مقصودلو، ی. و کاشانی‌نژاد، م. ۱۳۸۹. بررسی خواص فیزیکوشیمیایی سه رقم سیب‌زمینی استان گلستان و تأثیر آن بر خواص خلال نیمه سرخ شده. فصلنامه علوم و صنایع غذایی. ۷ (۱): ۹-۱.

سپاسخواه، ع.ر.، توکلی، ع.ر. و موسوی، س.ف. ۱۳۸۵. اصول و کاربرد کم‌آبیاری. انتشارات کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران. ۲۸۸ ص.

فرشادفر، ع. و محمدی،ر. ۱۳۸۲. ارزیابی شاخص‌های فیزیولوژیکی مقاومت به خشکی در آگروپیرون با استفاده از شاخص انتخاب چند گانه. مجله علوم کشاورزی ایران. ۲۴ (۳): ۶۴۶-۶۳۵.

نجف‌زاده، س. و احسانپور، ع. ا. ۱۳۹۱ . اثر تنش خشکی بر برخی از شاخصهای فیزیولوژیکی دو رقم سیب زمینی (Kenebec و Concord) در شرایط کشت درون شیشه. دو فصلنامه علمی پژوهشی خشک بوم. ۲ (۱): ۸۲-۷۰.

Aghaei, K., Ehsanpour, A. A. and Komatsu, S. 2008. Proteome analysis of potato under salt stress. Journal of Proteome Research 7: 4858–4868.

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.

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.

Ati, A., Iyada, A. and Najim, S. 2012. Water use e□ciency of potato (*Solanum tuberosum* L.) under di□erent irrigation methods and potassium fertilizer rates. Annals of Agricultural Science 57 (2): 99–103.

Ayas, S. 2013. The effects of different regimes on potato (*Solanum tuberosum* L. Hermes) yield and quality characteristics under unheated greenhouse conditions. Bulgarian Journal of Agricultural Science 19: 87-95.

Ayas, S. and Korukcu, A. 2010. Water-yield relationships in deficit irrigated potato. Journal of Agricultural Faculty of Uludag University 24 (2): 23-26.

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.

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.

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2025-07-05]

[DOR: 20.1001.1.2008403.1394.7.28.4.5]

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.

Farooq, M., Basra, S. M. A., Wahid, A., Cheema, Z. A., Cheema, M. A. and Khaliq, A. 2008. Physiological role of exogenously applied glycinebetaine in improving drought tolerance of fine grain aromatic rice (*Oryza sativa* L.). Journal of Agronomy and Crop Science 194, 325-333.

FAO. 2014. FAOSTAT database for agriculture. Available online at: http://faostat3.fao.org/ faostat-gateway/go/to/download/Q/QC/E.

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 5 (1): 52-56.

Jaleel, C. A., Sankar, B., Murali, P. V., Gomathinayagam, M., Lakshmanan, G. M. A. and Panneerselvam, R. 2008. Water deficit stress effects on reactive oxygen metabolism in *Catharanthus roseus* L. Impact on ajmalicine accumulation. Colloids Surfaces. Biointerfaces 62: 105-111.

Kalfountzos, D., Alexiou, I., Kotsopoulos, S., Zavakos, G. and Vyrlas, P. 2007. Effect of subsurface drip irrigation on cotton plantations, Water Resource Management 21: 1341–1351.

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.

King, B. A., and Stark, G. C. 1997. Potato irrigation management. University of Idaho Cooperative Extention System. bulletin no 789: 16.

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.

Masoudi-Sadaghiani F., Abdollahi Mandoulakani B., Zardoshti M.R., Rasouli-Sadaghiani M.H. and. Tavakoli, A. 2011. Response of proline, soluble sugars, photosynthetic pigments and antioxidant enzymes in potato (*Solanum tuberosum* L.) to different irrigation regimes in greenhouse condition. Australian Journal of Crop Science 5 (1): 55-60.

Mohammadkhani, N. and Heidari, R. 2008. Effects of drought stress on soluble proteins in two maize varieties. Turkish Journal of Biology 32, 23-30.

Monakhova, O. F. and Chernyadev, I. I. 2002. Protective role of kartolin-4 in wheat plants exposed to soil drought. Applied and Environmental Microbiology 38: 373-380

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.

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2025-07-05]

[DOR: 20.1001.1.2008403.1394.7.28.4.5]

Serraj, R., and Sinclair, T. R. 2002. Osmolyte accumulation: an it really help increase crop yield under drought conditions? Plant, Cell and Environment 25, 333–341.

Shock, C. C., Shock, B. M. and Welch, T. 2013. Strategies for Efficient Irrigation Water Use. Oregon State University. Sustainable Agriculture Techniques 1-7.

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. Agricultural Water Management 123: 65-70.

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2025-07-05]

[DOR: 20.1001.1.2008403.1394.7.28.4.5]