

بررسی خواص فیزیکوشیمیایی ارقام مختلف غده سیب‌زمینی تحت تأثیر روش‌های مختلف آبیاری

باقر مستعلی‌زاده^۱، غلامرضا خواجه‌جویی‌نژاد^۱ و روح‌اله مرادی^{۲*}

^۱ گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید باهنر کرمان

^۲ گروه مهندسی تولیدات گیاهی، دانشکده کشاورزی بردسیر، دانشگاه شهید باهنر کرمان

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۰۳/۲۳، تاریخ پذیرش نهایی: ۱۳۹۸/۰۶/۰۴)

چکیده

به منظور بررسی تأثیر روش‌های مختلف آبیاری بر عملکرد و برخی خصوصیات بیوشیمیایی و فیزیکی گیاه سیب‌زمینی آزمایشی به صورت اسپلیت پلات بر پایه طرح بلوک‌های کاملاً تصادفی با سه تکرار در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی بردسیر، دانشگاه شهید باهنر کرمان در سال زراعی ۹۵-۱۳۹۴ اجرا شد. فاکتور اصلی آزمایش شامل سه روش آبیاری (کرتی (شیاری)، بارانی و قطره‌ای) و فاکتور فرعی شامل چهار رقم سیب‌زمینی (رقم رایج بردسیر (مارفونا)، سائنه، آگریا و بانبا) بود. نتایج حاصل از این تحقیق نشان داد که میزان عملکرد غده در آبیاری غرقابی (۳۶/۹۸ تن در هکتار) به طور معنی‌داری بالاتر از دو روش دیگر است. میزان عملکرد غده در ارقام سائنه، رایج بردسیر، بانبا و آگریا به ترتیب ۳۴/۸۴، ۲۸/۹۱، ۲۶/۱۴، ۲۱/۵۷ تن در هکتار مشاهده شد. درصد ماده خشک غده تحت تأثیر آبیاری قرار نگرفت، اما در رقم رایج بردسیر (۲۲/۸۹) به طور معنی‌داری بیشتر از دیگر ارقام بود. میزان ویتامین C غده روندی مشابه با عملکرد غده داشت. به طوری که در روش آبیاری شیاری (۲/۴۱ میلی‌گرم بر گرم وزن تر غده) و رقم رایج بردسیر (۲/۴۸ میلی‌گرم بر گرم وزن تر غده) بیشترین مقدار را به خود اختصاص داد. اما محتوای پتاسیم روندی معکوس عملکرد غده را نشان داد. میزان سختی بافت غده در آبیاری بارانی و قطره‌ای به طور معنی‌داری بیشتر از آبیاری شیاری بود و در بین ارقام مورد مطالعه، رقم رایج بردسیر سخت‌ترین بافت غده داشت. به علاوه میزان نشاسته، قند، پروتئین و پیوستگی بافت سیب‌زمینی تحت تأثیر برهمکنش روش آبیاری و رقم قرار گرفتند. این شاخص‌ها نیز روندی متفاوت از عملکرد غده را دارند، به طوری که بیشترین محتوای قند (۹/۵ میلی‌گرم بر گرم وزن تر غده) و پروتئین (۲۶/۲ میلی‌گرم بر گرم وزن تر غده) غده برای رقم بردسیر در آبیاری بارانی به دست آمد. رقم بردسیر در آبیاری قطره‌ای نیز بیشترین میزان نشاسته (۱۶/۳ درصد) غده را نشان داد. به طور کلی، در مناطقی با بافت خاک لومی-رسی-شنی، استفاده از آبیاری قطره‌ای به صورت یک نوار در وسط پشته و همچنین بارانی جهت نیل به بالاترین شاخص‌های کیفی سیب‌زمینی مناسب است، در حالی که آبیاری غرقابی منجر به تولید بیشترین عملکرد غده و ویتامین C می‌شود.

واژه‌های کلیدی: پروتئین، سختی، قند، نشاسته، ویتامین C

مقدمه

تغذیه و سبب غذایی جمعیت جهان دارد. در کشورهای در حال توسعه اهمیت غذایی سیب‌زمینی به مراتب بیشتر است و در ایران بعد از گندم رتبه دوم را به خود اختصاص داده است

سیب‌زمینی بعد از گندم، برنج و ذرت بیشترین سهم را در میزان تولید محصولات غذایی دارا است و نقش مهمی در

* نویسنده مسؤل، نشانی پست الکترونیکی: r.moradi@uk.ac.ir

خصوصیات نشاسته تحت تأثیر رقم سیب‌زمینی و شرایط محیطی از قبیل میزان رطوبت و دامنه درجه حرارت در طی رشد سیب‌زمینی قرار می‌گیرد و کلیه این عوامل منجر به گوناگونی خواص نشاسته حاصل از سیب‌زمینی‌های پرورش یافته تحت شرایط مختلف از نهاده‌ها می‌شود (Sasaki et al., 2000). علاوه بر نشاسته، دیگر خصوصیات کیفی سیب‌زمینی شامل پروتئین، درصد ماده خشک، قند، ویتامین و غیره علی‌رغم این که تا حد بسیار زیادی به‌وسیله رقم کنترل می‌شود، تحت تأثیر شرایط محیطی و عملیات زراعی نیز قرار می‌گیرد (Gunel and Karadogan, 1998). Attaher و همکاران (۲۰۰۳) با بررسی کیفیت سیب‌زمینی تحت تأثیر دو روش آبیاری قطره‌ای سطحی و زیرسطحی با سه سطح تأمین نیاز آبی ۷۵، ۱۰۰ و ۱۲۵ درصد در طی سال‌های ۱۹۹۹ تا ۲۰۰۱ دریافتند که کیفیت سیب‌زمینی تابعی از مقدار آب آبیاری بوده و با افزایش حجم آب مصرفی خصوصیات کیفی سیب‌زمینی کاهش می‌یابد. بافت سیب‌زمینی نیز از مواردی است که می‌تواند تحت تأثیر رقم و نوع آبیاری قرار گیرد. متأسفانه تحقیق قابل استنادی در رابطه با تأثیر روش‌های آبیاری بر بافت سیب‌زمینی صورت نگرفته است.

این تحقیق با هدف بررسی تأثیر روش‌های مختلف آبیاری بر عملکرد و برخی ویژگی‌های کیفی سیب‌زمینی شامل نشاسته، درصد ماده خشک، پروتئین، قند، ویتامین C، محتوای پتاسیم و خصوصیات بافت چهار رقم سیب‌زمینی در منطقه بردسیر کرمان انجام شد تا در نهایت مناسب‌ترین روش آبیاری و رقم قابل کشت در منطقه مشخص گردد.

مواد و روش‌ها

این پژوهش به‌منظور بررسی تأثیر روش‌های مختلف آبیاری بر عملکرد و برخی خصوصیات بیوشیمیایی و فیزیکی رقم رایج بردسیر و برخی ارقام اصلاح‌شده سیب‌زمینی در سال زراعی ۹۵-۱۳۹۴ در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی بردسیر واقع در ۵۰ کیلومتری جنوب غربی شهر کرمان با عرض جغرافیایی ۲۹ درجه و ۸۹ دقیقه شمالی و طول جغرافیایی ۵۶

(باغانی، ۱۳۸۸). کشت سیب‌زمینی در کرمان به‌صورت پائیزه در مناطق جنوبی و بهاره در مناطق شمالی استان متداول است. سطح زیرکشت این محصول در استان کرمان ۱۳/۴ هزار هکتار با تولید ۴۲۰ هزار تن بوده که ۸/۳۵ درصد از سطح زیرکشت و تولید سیب‌زمینی را در کل کشور دارا است (وزارت جهاد کشاورزی، ۱۳۹۵).

آب یکی از مهم‌ترین نهاده‌های کشاورزی است، چنانچه حفاظت و مدیریت آن به دقت صورت نگیرد، می‌تواند رشد تولیدات کشاورزی را به‌طور قابل توجهی محدود نماید (Tiwari et al., 2003). یکی از روش‌های تأمین آب و مواد غذایی برای گیاه، استفاده از آبیاری تحت فشار مانند آبیاری قطره‌ای و بارانی است که علاوه بر کاهش آب مصرفی و افزایش بازدهی آبیاری، موجب توزیع یکنواخت‌تری از آب در سطح مزرعه می‌شود. همچنین، در این روش نفوذ عمقی آب کمتر بوده و می‌تواند سبب کنترل شوری شود (حسین‌پور و همکاران، ۱۳۸۵). سیب‌زمینی نیز از گیاهان حساس به خشکی محسوب می‌شود که کمبود رطوبت خاک سبب افت شدید عملکرد می‌گردد (Shock, 2010). از عمده‌ترین دلایل حساسیت سیب‌زمینی به کمبود رطوبت خاک، وجود سیستم ریشه‌ای محدود و کم عمق است. به‌طوری که ۸۵ درصد از طول ریشه در لایه ۳۰ سانتی‌متری خاک قرار گرفته است (Fabeiro et al., 2001). از طرف دیگر، زیادی رطوبت خاک یا آبیاری موجب شسته‌شدن عناصر غذایی و سموم شیمیایی به اعماق خاک، توسعه بیماری‌ها و کاهش درصد ماده خشک غده می‌شود (Opena and Porter, 1999). بنابراین، نوع آبیاری تأثیر زیادی بر کمیت و کیفیت غده سیب‌زمینی دارد. مطالعه Yuan و همکاران (۲۰۰۳) نشان داد که با افزایش میزان آب مصرفی، میزان بیوماس و بازارپسندی محصول سیب‌زمینی افزایش، ولی وزن خشک محصول و کیفیت غده‌ها کاهش می‌یابد.

نشاسته ترکیب اصلی و مهم سیب‌زمینی است که ۱۷ تا ۲۱ درصد از وزن تازه سیب‌زمینی و حدود ۸۰ درصد ماده خشک آن را شامل می‌شود (یقبانی و محمدزاده، ۱۳۸۴). به‌طور کلی،

جدول ۱- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک مزرعه

بافت	نیتروژن کل (درصد)	فسفر (ppm)	پتاسیم (%)	ماده آلی (%)	هدایت الکتریکی ($ds.m^{-1}$)	اسیدیته
لومی - رسی - شنی	۰/۰۶	۱۱/۳	۲۸۷	۰/۳۹	۱/۴۳	۷/۵

خاک پس از کالیبراسیون در محدوده توسعه ریشه استفاده شد. دستگاه دارای دو میله فلزی ۳۰ سانتی متری بوده که داخل آنها سنسور تعبیه شده و با قرارگیری در خاک رطوبت ثبت می شود. به دلیل حساسیت این میله ها، قبل از فروردین در زمین، به وسیله اگر مخصوص دستگاه سوراخ در داخل خاک ایجاد شد. وزن مخصوص ظاهری خاک ۱/۲۸ گرم در سانتی متر مکعب، رطوبت (حجمی) ظرفیت زراعی ۲۹/۳ درصد و رطوبت (حجمی) پژمردگی دایم ۱۹/۷ درصد است. میزان آب مورد نیاز گیاه براساس تأمین رطوبت خاک تا حد ظرفیت زراعی در عمق ۳۰ سانتی متری خاک و با در نظر گرفتن راندمان ۶۵، ۷۵ و ۹۰ درصد به ترتیب برای آبیاری کرتی، بارانی و قطره ای تعیین شد. زمان آبیاری برای هر سه روش آبیاری براساس ۵۰ درصد تخلیه رطوبتی خاک صورت گرفت (Gheysari et al., 2009).

کمبود رطوبت خاک جهت رسیدن به حد ظرفیت زراعی (FC) از رابطه ۱ محاسبه شد (Allen et al., 1998):

$$SMD = (\theta_{FC} - \theta_{BI}) \times d_i \quad (\text{رابطه ۱})$$

در این رابطه SMD : میزان کمبود رطوبت خاک (میلی متر)، d_i : عمق لایه خاک (سانتی متر)، θ_{BI} : درصد رطوبت حجمی خاک پیش از آبیاری و θ_{FC} : رطوبت حجمی خاک در حد ظرفیت زراعی است.

اندازه گیری آب مصرفی تیمارها به وسیله کنتور حجمی انجام شد. روش آبیاری قطره ای نیز به صورت سطحی (روی خاک) در نظر گرفته شد. به علاوه جهت جلوگیری از گرفتگی قطره چکانها از فیلتر دیسکی استفاده شد. از نوار تیپ با قطر داخلی ۱۶ میلی متر و ظرفیت آبدهی ۲/۵ لیتر در ساعت برای هر قطره چکان استفاده شد که در قطره چکانها فاصله ۲۵ سانتی متری هم قرار داشتند. این نوارها وسط پشته ها و در کنار

درجه و ۵۹ دقیقه شرقی و ارتفاع ۲۰۸۰ متری از سطح دریا اجرا شد. آزمایش به صورت اسپلینت پلات بر پایه طرح بلوک های کاملاً تصادفی با سه تکرار بود. فاکتور اصلی آزمایش شامل سه روش آبیاری (کرتی (شیاری)، بارانی و قطره ای) و فاکتور فرعی شامل چهار رقم سیب زمینی (رقم رایج بردسیر (مارفونا)، سانه، آگریا و بانبا) بود. زمین محل اجرای آزمایش در سال زراعی قبل آیش بود. قبل از اجرای آزمایش، نمونه خاک به صورت تصادفی از عمق صفر تا ۳۰ سانتی متر از زمین محل اجرای آزمایش برداشت و میزان ماده آلی، عناصر غذایی پرمصرف، pH و EC آن اندازه گیری شد (جدول ۱).

غده های سیب زمینی از جهاد کشاورزی کرمان تهیه شد. کرت هایی به ابعاد ۵×۴/۲ متر مربع ایجاد شدند که در هر کرت شش ردیف کاشت به فاصله ۷۰ سانتی متر از یکدیگر ایجاد و غده های سیب زمینی در روی پشته با فاصله ۲۵ و در عمق ۱۵ سانتی متر در تاریخ ۱۰ فروردین ۱۳۹۵ کشت شدند. به منظور جلوگیری از تداخل اثر تیمارهای آبیاری و جلوگیری از نشت آب، بین هر فاکتور اصلی دو متر فاصله در نظر گرفته شد.

کودهای شیمیایی نیتروژن، فسفر و پتاسیم براساس آزمون خاک و نیاز کودی گیاه (شیری جناقرد و همکاران، ۱۳۸۶؛ حسینی و امینی، ۱۳۹۳) به ترتیب به میزان ۲۵۰ کیلوگرم در هکتار اوره، ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار کود سوپرفسفات تریپل و ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار سولفات پتاسیم اعمال گردید. نصف کود نیتروژن در زمان کاشت و بقیه آن به هنگام خاک دهی پای بوته ها مصرف شد و در طول فصل رشد بارندگی مؤثری رخ نداد.

به منظور مشخص کردن نیاز آبی و مقدار آب آبیاری، رطوبت سنج های TDR (Time Domain Reflectometry) ساخت شرکت اکل کمپ هلند برای پایش رطوبت حجمی

ادامه میزان جذب نمونه‌ها با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر در ۵۹۵ نانومتر به دست آمد. پتاسیم با استفاده از فلیم فتومتر اندازه‌گیری شد (Hald, 1947). برای انجام آزمایش در ابتدا به خاکستر حاصل از یک گرم ماده خشک غده سیب‌زمینی ۲ میلی‌لیتر کلریدریک اسید ۲/۵ نرمال افزوده شد و با میله شیشه‌ای درون کروزه چینی خوب ساییده شد. سپس محلول حاصل را درون بالن ژوژه ۱۰۰ میلی‌لیتری صاف کرده و روی کاغذ صافی با مقدار کمی آب مقطر گرم شسته شد. پس از سرد شدن محلول آن را به حجم رسانده و با استفاده از دستگاه شعله‌سنج مقدار پتاسیم بافت اندازه‌گیری شد. به این صورت که پس از تنظیم دستگاه شعله‌سنج، محلول‌های استاندارد را یک به یک خوانده و منحنی استاندارد را رسم شد و مقدار پتاسیم نمونه خاکستر غده از روی منحنی استاندارد مشخص گردید. لازم به ذکر است برای رسم منحنی استاندارد از غلظت‌های صفر، ۵، ۱۰، ۲۰، ۳۰، ۴۰، ۵۰ و ۱۰۰ پی‌پی‌ام K_2O استفاده شد.

قندهای محلول به روش شیمیایی آنترون اندازه‌گیری شد (Somogyi and Nelson, 1952). برای این کار در ابتدا مقدار ۰/۱ گرم از نمونه‌های برداشت‌شده را با ۲/۵ میلی‌لیتر اتانول ۸۰٪ درون هاون ساییده و سپس عصاره به دست آمده را در داخل لوله آزمایش ریخته و درب آن را با پنبه مسدود کرده و به مدت یک ساعت درون دستگاه بن‌ماری در دمای ۹۰ درجه سانتی‌گراد قرار گرفت. در ادامه به مدت ۲۰ دقیقه در ۸۰۰۰ دور سانتریفیوژ شد. پس از این عمل مقدار ۲۰۰ میکرولیتر از محلول رویی نمونه‌ها را برداشته و داخل لوله آزمایش دیگری قرار داده شد و مقدار ۵ میلی‌لیتر معرف آنترون به آن اضافه کرده و به مدت ۱۷ دقیقه در دمای ۹۰ درجه سانتی‌گراد درون دستگاه بن‌ماری قرار داده شد. بعد از این عمل نمونه‌ها را درون دستگاه اسپکتروفتومتر قرار داده و مقدار جذب نمونه‌ها در طول موج ۶۲۵ نانومتر خوانده شد.

جهت تعیین ویژگی‌های فیزیکی سیب‌زمینی از بافت‌سنج استفاده از تست TPA (Texture Profile Analysis) با بار

بوته‌های کشت‌شده قرار گرفتند. در این آزمایش سیستم آبیاری از نوع آبیاری بارانی کلاسیک ثابت طراحی و اجرا گردید. جهت آبیاری بارانی از شیوه آبیاری کلاسیک ثابت استفاده گردید که با آبپاش آمبو (Ambo) (ساخت ایتالیا) با فشار ۵ بار و شدت پاشش ۲ لیتر در ثانیه استفاده شد. آبپاش‌ها با شعاع پاشش ۱۲ متر و زاویه چرخش ۳۶۰ درجه نصب شدند. در روش غرقابی یا شیاری، آب به وسیله لوله‌های پلی‌اتیلن به ابتدای جویچه‌ها منتقل و به روش نشتی وارد جویچه‌ها شد. در تمام مراحل، حجم آب ورودی به هر کرت اندازه‌گیری و ثبت شد. کل حجم آب مصرفی برای آبیاری قطره‌ای، بارانی و کرتی به ترتیب ۶۲۷۹، ۵۴۹۹ و ۸۲۳۰ مترمکعب در هکتار بود.

در طول دوره رشد وجین علف‌های هرز سه مرتبه به صورت دستی انجام شد. به منظور کنترل آفات و بیماری‌ها قبل از مرحله گلدهی مخلوط دیازینون (به نسبت ۱/۵ در هزار) و متاسیستوکس (به نسبت ۱ در هزار) برای کنترل شته و آگروتیس به کار برده شد. به منظور اندازه‌گیری عملکرد نهایی، از هر کرت آزمایشی بوته‌های موجود در سطحی معادل سه مترمربع با رعایت حاشیه در زمان خشک شدن برگ‌ها برداشت گردید. جهت اندازه‌گیری درصد ماده خشک، ۲۰۰ گرم غده از هر تیمار به طور تصادفی انتخاب شد، سپس غده‌ها خرد و در آون با دمای ۷۵ درجه سانتی‌گراد قرار گرفتند و پس از ثابت شدن وزن آنها مجدداً توزین شدند (Hagman and Martenssen, 2009). سپس براساس نسبت وزن تر و وزن خشک غده‌ها، درصد ماده خشک غده تعیین گردید.

بررسی درصد نشاسته با استفاده از روش پلاریمتری (Clendenning, 1945) اندازه‌گیری شد. در این روش میزان چرخش نور پلاریزه خوانده شده و درصد نشاسته محاسبه شد. ویتامین C (آسکوربیک اسید) براساس روش استاندارد ملی ایران به شماره ۱۶۶۱۷-۲ بررسی شد.

پروتئین با روش برادفورد (Bradford, 1976) محاسبه شد. بدین شکل که در ابتدا داخل لوله آزمایش ۵ میلی‌لیتر معرف بیوره ریخته و سپس مقدار ۱۰۰ میکرولیتر عصاره آنزیمی به آن اضافه کرده و بلافاصله لوله‌های آزمایش، ورتکس شده و در

معنی‌داری بر صفت مذکور نداشت (جدول ۲). با توجه به جدول ۳، نتایج حاصل از تأثیر روش‌های مختلف آبیاری بر عملکرد غده سیب‌زمینی نشان داد که به‌طور میانگین میزان این صفت در آبیاری غرقابی (۳۶/۹۸ تن در هکتار) به‌ترتیب حدود ۴۴ و ۳۰ درصد بیشتر از آبیاری بارانی و قطره‌ای است. به‌طور میانگین، کمترین عملکرد غده (۲۰/۸۳ تن در هکتار) نیز مربوط به آبیاری بارانی است که اختلاف معنی‌داری با دیگر تیمارهای آبیاری نشان داد.

بالا بودن عملکرد در روش آبیاری غرقابی احتمالاً به این دلیل است که خاک همیشه دارای وضعیت رطوبتی مناسب بوده و گیاه انرژی کمتری را صرف جذب آب از خاک نموده و انرژی اضافی خود را صرف سایر اعمال فیزیولوژیکی و بیولوژیکی کرده است. با توجه به این که بافت خاک لومی-رسی-شنی (جدول ۱) است و بیش از ۵۵ درصد بافت خاک شنی است، یکی از مهم‌ترین دلایل کاهش عملکرد غده سیب‌زمینی در روش آبیاری قطره‌ای این است که آب خارج‌شده از سوراخ تیپ به‌طور مستقیم به اعماق نفوذ نموده و فضای افقی کمی را تحت پوشش رطوبتی قرار می‌دهد. بنابراین، توصیه می‌شود اگر در مناطقی با این خصوصیات خاک قرار است از آبیاری قطره‌ای استفاده شود، بهتر است تعداد نوارهای تیپ بیشتر استفاده شوند و در دو طرف پشته تعبیه شوند تا فضای مناسب‌تری را آبیاری نمایند. علاوه بر این، یکی از دلایل دیگری که به‌نظر می‌رسد باعث کاهش رشد و عملکرد ارقام سیب‌زمینی در آبیاری بارانی شد، سله‌بستن خاک مزرعه بود. در آبیاری بارانی خاک مزرعه که از نظر مواد آلی بسیار فقیر بود به‌شدت سله بست و سبز شدن و رشد سیب‌زمینی را به تأخیر انداخت. این تأخیر در رشد در نهایت تأثیر معنی‌داری بر عملکرد غده سیب‌زمینی دارد.

از آنجایی که در این پژوهش، حجم آب مصرفی در آبیاری غرقابی (۸۲۳۰ مترمکعب در هکتار) بیشتر از آبیاری قطره‌ای (۶۲۷۹ مترمکعب در هکتار) و آن هم بالاتر از آبیاری بارانی (۵۴۹۹ مترمکعب در هکتار) است، نشان‌دهنده این است که میزان عملکرد و اجزای عملکرد سیب‌زمینی در درجه اول

ماشه ۵ گرم، سرعت تست یک میلی‌متر بر ثانیه و میزان هدف ۱۰ میلی‌متر استفاده شد. برای تعیین بافت غده سیب‌زمینی شاخص‌های سختی (Hardness)، چسبندگی (Adhesiveness)، پیوستگی (Cohesiveness) و ارتجاعیت (Springiness) استفاده شد. پارامترهای Hardness، Adhesiveness، Cohesiveness و Springiness را دستگاه مستقیم گزارش می‌کند که تعاریف هر کدام به‌صورت زیر است (Ficzek et al., 2011; Anonymous, 2017):

سختی (Hardness): نیروی لازم برای فشار دادن غذا بین دندان‌های آسیاب بوده و هر چه غذا نرم‌تر باشد، این شاخص نیز پایین‌تر است. واحد آن بر حسب نیوتون (N) یا گرم (g) است.

چسبندگی (Adhesiveness): نیروی لازم برای بیرون‌کشیدن پروب دستگاه از داخل نمونه بوده و میزان چسبندگی غذا به پروب را نشان می‌دهد. به‌عبارتی، میزان چسبندگی بافت سیب‌زمینی به ظرف را نشان می‌دهد. واحد آن میلی‌ژول (mJ) است.

پیوستگی (Cohesiveness): نیروی لازم برای شکستن پیوندهای بین مولکول‌های غذا را شامل می‌شود و بدون واحد است.

قابلیت ارتجاع (Springiness): نشان‌دهنده این مطلب است که یک غذا پس از فشرده‌شدن چه مقدار به حالت قبلی خود بر می‌گردد و بر حسب میلی‌متر (mm) است.

نتایج آزمایش‌ها با نرم‌افزار SAS نسخه ۹/۲ مورد تحلیل آماری قرار گرفتند. برای مقایسه میانگین داده‌ها از آزمون LSD در سطح احتمال ۵ درصد استفاده شد. از نرم‌افزار Excel نیز برای رسم نمودارها استفاده شد.

نتایج و بحث

عملکرد غده سیب‌زمینی در هکتار: نتایج حاصل از تجزیه واریانس عملکرد غده سیب‌زمینی نشان داد که تأثیر روش آبیاری و نوع رقم در سطح احتمال یک درصد بر عملکرد غده سیب‌زمینی معنی‌دار بود، ولی اثر متقابل این دو عامل تأثیر

جدول ۲- نتایج تجزیه واریانس (میانگین مربعات) ویژگی‌های مورد بررسی در گیاه سیب‌زمینی تحت تأثیر روش آبیاری و رقم

منابع تغییر	درجه آزادی	عملکرد غده	ماده خشک غده	نشاسته	پروتئین	قند	ویتامین C
بلوک	۲	۱/۲۹ ^{ns}	۲/۹۰ ^{ns}	۲/۷۸ ^{ns}	۱/۸۴ ^{ns}	۰/۲۶۲ ^{ns}	۰/۰۲۶ ^{ns}
آبیاری (A)	۲	۸۲۰/۹ ^{**}	۱۰/۸۶ ^{ns}	۱۳/۴۶ [*]	۴۴/۷۸ ^{**}	۸/۲۴ ^{**}	۰/۵۱۵ ^{**}
خطای ۱	۴	۴/۷۵	۱/۴۸	۰/۵۹۴	۱/۰۷۵۵۱۶۷	۰/۱۰۲	۰/۰۴۳
رقم (B)	۳	۲۷۶/۹ ^{**}	۱۴/۰۹ [*]	۸/۸۲ ^{**}	۸۰/۶۸ ^{**}	۳۲/۳۵ ^{**}	۰/۴۵۳ ^{**}
A × B	۶	۹/۲۳ ^{ns}	۲/۵۲ ^{ns}	۵/۰۱ [*]	۶/۹۱ ^{**}	۱/۰۶ ^{**}	۰/۰۳۱ ^{ns}
خطای ۲	۱۸	۵/۵۰	۳/۸۴	۰/۶۷۱	۱/۶۴	۰/۱۶۸	۰/۰۴۲

ns، * و ** به ترتیب عدم معنی‌داری و معنی‌داری در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد

جدول ۳- اثر ساده روش آبیاری و رقم بر صفات مورد بررسی در سیب‌زمینی

تیمار	عملکرد غده در هکتار (t ha ⁻¹)	درصد ماده خشک غده	پتاسیم (میلی‌گرم در گرم وزن تر غده)	ویتامین C	سختی
بارانی	۲۰/۸۳ ^c	۲۱/۸۵ ^a	۵/۰۱ ^a	۲/۰۳ ^b	۴۵۵ ^a
قطره ای	۲۵/۷۹ ^b	۲۱/۷۳ ^a	۴/۸۸ ^a	۲/۰۹ ^b	۴۶۸ ^a
غرقابی	۳۶/۹۸ ^a	۲۰/۱۴ ^a	۴/۲۸ ^b	۲/۴۱ ^a	۴۱۵ ^b
سانته	۳۴/۸۴ ^a	۲۰/۷۵ ^b	۴/۸۴ ^a	۲/۲۰ ^b	۳۶۱ ^d
بردسیر	۲۸/۹۱ ^b	۲۲/۸۹ ^a	۴/۹۹ ^a	۲/۴۸ ^a	۵۳۱ ^a
رقم	۲۶/۱۴ ^c	۲۱/۴۱ ^{ab}	۵/۰۷ ^a	۱/۹۶ ^c	۴۸۱ ^b
آگریا	۲۱/۵۷ ^d	۱۹/۹۳ ^b	۳/۹۶ ^b	۲/۰۷ ^{bc}	۴۱۱ ^c

برای هر تیمار، حروف مشترک در هر ستون دارای اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال ۵ درصد براساس آزمون دانکن نیست.

موجب افزایش مقاومت روزنه‌ای برگ، کاهش میزان فتوستتزر برگ، کاهش رشد غده و در نتیجه کاهش عملکرد غده می‌شود (حقیقی و همکاران، ۱۳۹۴). تحقیقات انجام شده توسط Demelash (۲۰۱۳) و Alva و همکاران (۲۰۱۲) هم نشان داد که با افزایش میزان آب مصرفی عملکرد محصول سیب‌زمینی افزایش پیدا می‌کند.

از لحاظ تأثیر نوع رقم بر عملکرد غده نیز نتایج نشان داد که اختلاف بین کلیه ارقام با یکدیگر معنی‌دار است. به طوری که رقم سانته و آگریا به ترتیب با ۳۴/۸۴ و ۲۱/۵۷ تن غده در هکتار بیشترین و کمترین میزان این صفت را شامل شدند (جدول ۳). میزان این شاخص برای ارقام رایج بردسیر و بانبا نیز به ترتیب ۲۸/۹۱ و ۲۶/۱۴ تن در هکتار مشاهده شد.

رابطه مستقیمی با میزان آب مصرفی دارد. همچنین احتمال می‌رود که ممکن است رشد سیب‌زمینی در آبیاری قطره‌ای و بارانی به دلیل نوع بافت خاک تا حدودی تحت تأثیر تنش آبی قرار گرفته و این مورد باعث کاهش عملکرد و رشد سیب‌زمینی شده است. زیرا ثابت شده است که سیب‌زمینی یکی از حساس‌ترین گیاهان به کم آبی است (Ferreira and Carr, 2002). به طوری که کاهش میزان آب به عنوان یک عامل محدودکننده تولید سیب‌زمینی شناخته شده است (Steyn et al., 1992). کاهش میزان آب معمولاً باعث پیری زودرس برگ‌ها، کاهش طول دوره رشد، کاهش دریافت تشعشع خورشیدی و در نتیجه کاهش عملکرد ماده خشک غده می‌شود (سبحانی و حمیدی، ۱۳۹۳). به طور کلی، کمبود رطوبت خاک

باشد. Ayas (۲۰۱۳) نیز گزارش نمود که با کاهش مقدار آبیاری در سیب زمینی از ۱۰۰ به ۲۵ درصد ظرفیت زراعی، درصد ماده خشک از ۹ به ۱۹ درصد افزایش می یابد.

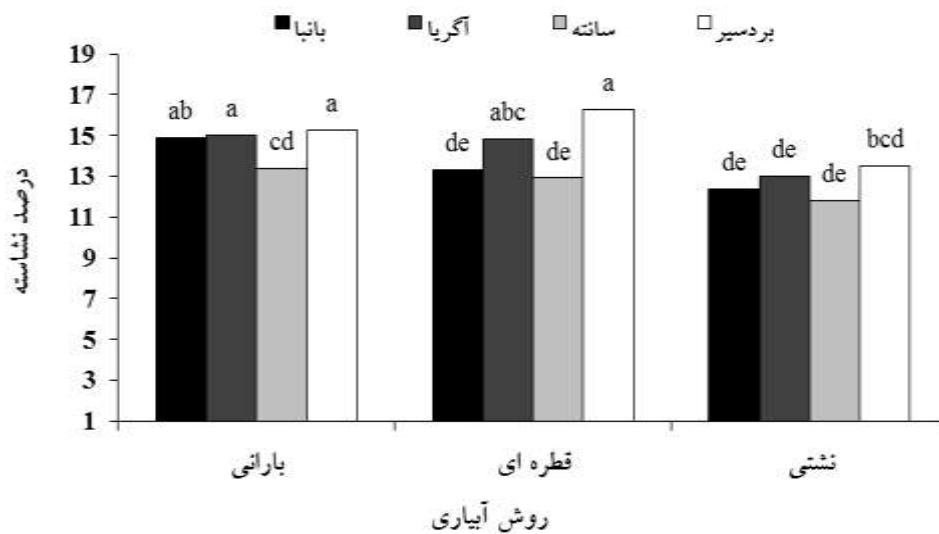
از بین ارقام مورد بررسی، رقم رایج بردسیر با ۲۲/۸۹ درصد ماده خشک بیشترین میزان این شاخص را دارا است (جدول ۳). به علاوه اختلاف معنی داری بین دو رقم سانه و بانبا به ترتیب با ۲۰/۷۵ و ۲۱/۴۱ درصد ماده خشک مشاهده نشد و کمترین درصد ماده خشک (۱۹/۹۳ درصد) در رقم آگریا مشاهده شد که اختلاف معنی داری با دیگر ارقام نشان داد. Carli و همکاران (۲۰۱۴) اظهار داشتند که درصد ماده خشک سیب زمینی یکی از پارامترهایی است که به شدت تحت تأثیر ژنوتیپ قرار گرفته و بین ارقام مختلف سیب زمینی متفاوت است. نتایج مشابه توسط Sahebi و همکاران (۲۰۱۲) گزارش شده است. درصد ماده خشک برای ارقام سانه و آگریا در منطقه گرگان نیز به ترتیب ۲۱/۱ و ۲۰/۲ درصد گزارش شده است (یقبانی و محمدازاده، ۱۳۸۴).

درصد نشاسته غده سیب زمینی: براساس نتایج حاصل از تجزیه واریانس، درصد نشاسته غده سیب زمینی تحت تأثیر روش آبیاری ($P \leq 0.05$)، رقم ($P \leq 0.01$) و برهمکنش دو تیمار ($P \leq 0.05$) قرار دارد (جدول ۲).

مقایسه میانگین برهمکنش روش آبیاری و رقم نشان داد که رقم رایج بردسیر در کلیه روش های آبیاری میزان نشاسته بیشتری را نسبت به دیگر ارقام مورد بررسی دارا است که البته اختلاف معنی داری را با رقم آگریا نشان نداد (شکل ۱). رقم سانه نیز دارای کمترین درصد نشاسته در کلیه روش های آبیاری است (شکل ۱). اختلاف میزان نشاسته برای رقم سانه در آبیاری بارانی با دیگر ارقام معنی دار است، در حالی که تفاوت معنی داری با رقم بانبا در آبیاری قطره ای و دیگر ارقام در آبیاری غرقابی مشاهده نشد (شکل ۱). نتایج حاصل از آزمایش در شکل ۱ نشان داد که میزان نشاسته در آبیاری بارانی و قطره ای به طور معنی داری بیشتر از آبیاری غرقابی است. به استثنای رقم بانبا، اختلاف دیگر ارقام از نظر درصد نشاسته در آبیاری بارانی و قطره ای معنی دار نیست. به طور کلی، بیشترین

بیشتر بودن عملکرد غده سیب زمینی در رقم رایج بردسیر و سانه را می توان به بیشتر بودن تعداد غده در بوته این ارقام نسبت داد. حسن پناه و حسن آبادی (۱۳۸۸) در مطالعات خود بیان کردند که عملکرد غده سیب زمینی در رقم سانه نسبت به سایر ارقام برتری دارد.

درصد ماده خشک غده سیب زمینی: با توجه به جدول ۲، درصد ماده خشک غده سیب زمینی تنها تحت تأثیر نوع رقم دارای اختلاف معنی داری در سطح احتمال پنج درصد است و روش آبیاری و برهمکنش آبیاری \times رقم تأثیر معنی داری بر آن نداشت. در زمانی که گیاهان با روش های قطره ای و بارانی آبیاری شدند و به دلایل ذکر شده، آب کمتری دریافت نمودند، میزان آب میوه کاهش یافته و به عبارتی درصد ماده خشک افزایش یافت، ولی همان طور که قبلاً نیز اشاره شد در آبیاری بارانی و قطره ای که آب کمتری مصرف شد، در عوض غده های سیب زمینی کوچک تر از آبیاری غرقابی بود (مستعلی زاده و همکاران، ۱۳۹۶) و این کاهش حجم غده می تواند دلیل عدم اختلاف معنی دار درصد ماده خشک در انواع مختلف روش های آبیاری باشد. با اینکه اختلاف معنی داری بین روش های آبیاری از نظر درصد ماده خشک وجود ندارد، ولی میزان این صفت در روش غرقابی (۲۰/۱۴ درصد) کمتر از روش های بارانی (۲۱/۸۵ درصد) و قطره ای (۲۱/۷۳ درصد) است (جدول ۳) و نشان دهنده این است که رابطه منفی ($r = -0.79$) بین عملکرد غده در هکتار و درصد ماده خشک غده وجود دارد. Carli و همکاران (۲۰۱۴) درصد ماده خشک سیب زمینی را در مقادیر مختلف آبیاری بین ۲۰/۴ تا ۲۳/۱ درصد گزارش کردند. آنها گزارش نمودند که با کاهش مقدار آبیاری علی رغم کاهش معنی دار عملکرد غده، درصد ماده خشک غده افزایش معنی داری نشان می دهد. اخوان و همکاران (۱۳۸۴) نیز با بررسی تأثیر روش های آبیاری تیپ (قطره ای) و شیاری بر کیفیت سیب زمینی رقم آگریا گزارش کردند که درصد ماده خشک غده در روش آبیاری قطره ای به طور معنی داری بیشتر از آبیاری شیاری است که با نتیجه تحقیق ما متفاوت است و این می تواند به دلیل اختلاف در نوع خاک



شکل ۱- برهمکنش روش آبیاری و رقم بر درصد نشاسته غده تر سیبزمینی. میانگین‌های با حروف مشترک، دارای اختلاف معنی داری در سطح احتمال ۵ درصد براساس آزمون دانکن نیست.

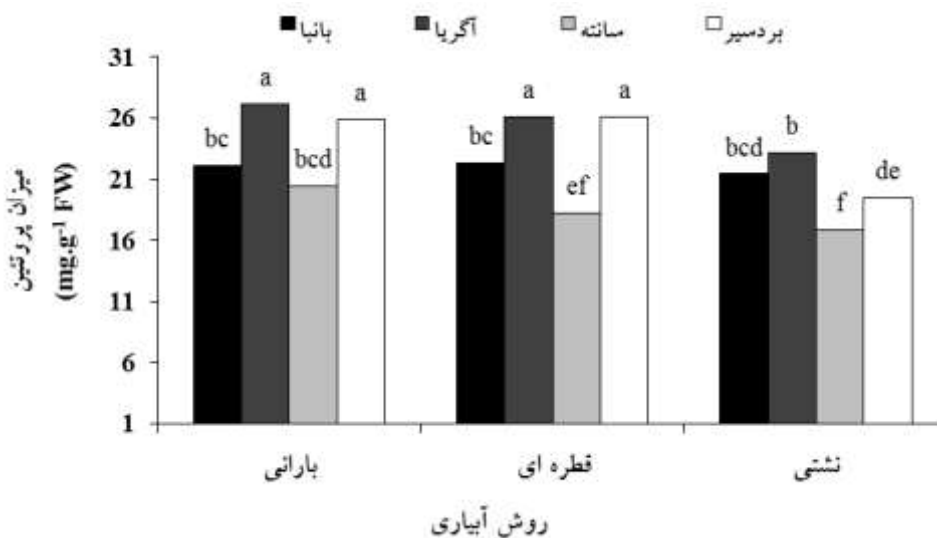
افزایش میزان آب مصرفی، درصد نشاسته به دلیل غلیظ شدن در بافت غده افزایش می‌یابد که با نتایج تحقیق ما مطابقت دارد. Yang و همکاران (۲۰۱۶) نیز گزارش کردند که در کشت سیبزمینی در آبیاری قطره‌ای، هنگامی که روی زمین مالچ‌کشی می‌شود، به دلیل حفظ بیشتر رطوبت، عملکرد غده افزایش یافته، ولی درصد نشاسته کاهش می‌یابد. مطالعه Abubaker و همکاران (۲۰۱۱) نشان می‌دهد که محتوای نشاسته غده سیبزمینی تا حد بسیار زیادی تحت تأثیر ژنوتیپ قرار دارد و گزارش نمودند که ارقامی با عملکرد بالاتر، معمولاً درصد نشاسته بالاتری نیز دارند. همچنین یقانی و محمدزاده (۱۳۸۴) درصد نشاسته را برای ارقام مختلف سیبزمینی در ایران بین ۱۰/۶ تا ۱۴/۶ متغیر گزارش نمودند.

محتوای پروتئین غده سیبزمینی: تجزیه واریانس داده‌ها در جدول ۲ نشان می‌دهد که تأثیر روش آبیاری، رقم و اثر متقابل این دو تیمار بر میزان پروتئین غده تر سیبزمینی در سطح احتمال یک درصد معنی دار است.

با توجه به شکل ۲، برهمکنش دو تیمار روش آبیاری و رقم نشان داد که میزان پروتئین غده سیبزمینی در دو روش آبیاری بارانی و قطره‌ای بیشتر از آبیاری غرقابی است. بدین صورت که کمترین میزان پروتئین در کلیه ارقام مورد بررسی

محتوای نشاسته (۱۶/۳ درصد) در رقم بردسیر برای آبیاری قطره‌ای و کمترین (۱۱/۸ درصد) در رقم سانه و روش غرقابی مشاهده شد.

به‌علاوه نتایج نشان می‌دهد که همبستگی منفی ($r = -0.83$) بین عملکرد غده سیبزمینی و درصد نشاسته وجود دارد. یعنی هر چه غده درشت‌تر باشد، درصد نشاسته در آن کاهش می‌یابد. کاهش درصد نشاسته سیبزمینی به‌ازای افزایش عملکرد غده در تحقیقات مختلف نیز گزارش شده است (Richter and Schaffer, 1980; Bosnjak *et al.*, 2004; Zhang *et al.*, 2017; Yang *et al.*, 2016). گزارش شده است که با افزایش وزن غده، محتوای نشاسته رقیق‌تر شده و در نتیجه درصد نشاسته در غده کاهش می‌یابد (Narpinder *et al.*, 2003). Carli و همکاران (۲۰۱۴) در خصوص دلیل افزایش درصد نشاسته با کاهش میزان آب اظهار داشتند که فشار اسمزی (Turgor) تنظیم‌کننده میزان نشاسته در غده است، از سازوکار آن اطلاع دقیقی در دسترس نیست. Gunel و Karadogan (۱۹۹۸) با بررسی تأثیر آبیاری در مراحل مختلف رشد سیبزمینی تأکید نمودند که نشاسته مهمترین جز ماده خشک سیبزمینی است و از روندی مشابه با درصد ماده خشک تبعیت می‌کند. همچنین آنها گزارش نمودند که با

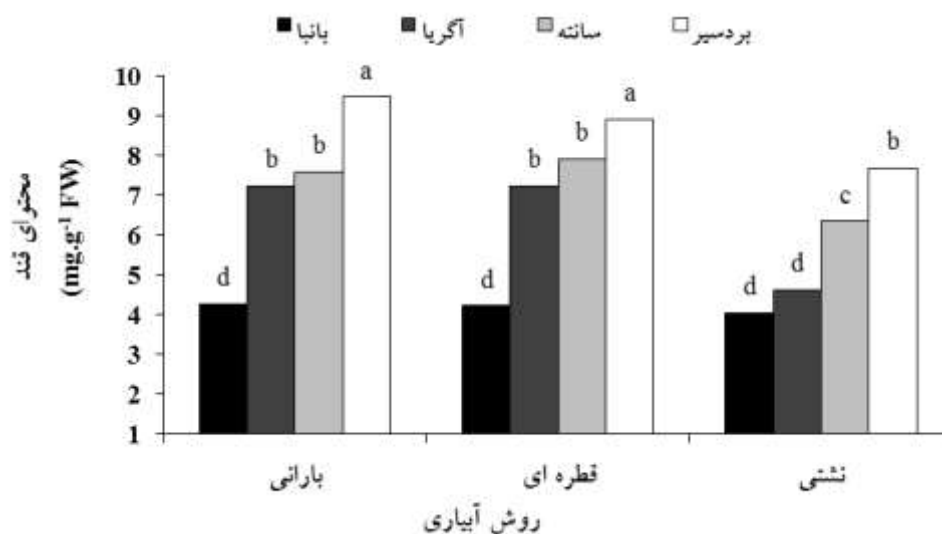


شکل ۲- برهمکنش روش آبیاری و رقم بر میزان پروتئین غده تر سیب زمینی. میانگین‌های با حروف مشترک، دارای اختلاف معنی داری در سطح احتمال ۵ درصد براساس آزمون دانکن نیست.

آبیاری غرقابی برخوردار است، بالاتر از آبیاری غرقابی است. همچنین ارقامی که عملکرد غده سیب زمینی بیشتری تولید نمودند، درصد پروتئین پایین تری را دارند. Zhang و همکاران (۲۰۱۷) میزان پروتئین غده سیب زمینی را برای آبیاری کامل در روش آبیاری قطره‌ای ۱۸/۵۲ میلی گرم در گرم وزن تر غده گزارش کردند که با کاهش آب به ۵۵ درصد ظرفیت زراعی به ۲۰/۱۰ میلی گرم در گرم وزن تر غده افزایش می‌یابد. ایشان اظهار داشتند که با افزایش عملکرد غده، میزان نیتروژن و در نتیجه پروتئین رقیق شده و از درصد آن کاسته می‌شود.

محتوای قند غده سیب زمینی: مقایسه میانگین میزان قند غده سیب زمینی در شکل ۳ نشان می‌دهد که به طور میانگین میزان قند غده سیب زمینی در روش آبیاری بارانی (۷/۱۴ میلی گرم در گرم وزن تر غده) و قطره‌ای (۷/۰۷ میلی گرم در گرم وزن تر غده) بیشتر از آبیاری غرقابی (۵/۶۷ میلی گرم در گرم وزن تر غده) است. همچنین نتایج تجزیه واریانس نشان می‌دهد که میزان قند غده سیب زمینی تحت تأثیر تیمارهای روش آبیاری، رقم و برهمکنش دو تیمار در سطح احتمال یک درصد قرار دارد (جدول ۲). در کلیه روش‌های آبیاری، رقم بردسیر با اختلاف معنی داری بیشترین میزان قند غده را شامل می‌شود. در آبیاری بارانی و قطره‌ای میزان پروتئین غده در دو

در شرایط آبیاری غرقابی حاصل شد. در آبیاری بارانی و قطره‌ای بیشترین میزان پروتئین مربوط به ارقام بردسیر (به ترتیب ۲۵/۹ و ۲۶/۲ میلی گرم در گرم وزن تر غده) و آگریا (به ترتیب ۲۷/۱ و ۲۶/۱ میلی گرم در گرم وزن تر غده) است که اختلاف معنی داری نیز با هم نداشتند. رقم آگریا در آبیاری غرقابی بیشترین (۲۳/۲ میلی گرم در گرم وزن تر غده) محتوای پروتئین غده را شامل شد که تفاوت معنی داری با دیگر ارقام مورد بررسی دارد. رقم سانته در کلیه روش‌های آبیاری دارای کمترین مقدار پروتئین در غده سیب زمینی است که البته در روش بارانی به طور معنی داری بالاتر از دو روش دیگر است. محتوای پروتئین رقم رایج بردسیر در آبیاری بارانی و قطره‌ای بیشتر از رقم بانبا است، در حالی که در آبیاری غرقابی شرایط برعکس بوده و رقم بانبا محتوای پروتئین بیشتری نسبت به رقم رایج بردسیر دارد. به طور کلی، بیشترین (۲۷/۱ میلی گرم در گرم وزن تر غده) و کمترین (۱۶/۹ میلی گرم در گرم وزن تر غده) میزان پروتئین غده سیب زمینی به ترتیب برای رقم آگریا در آبیاری بارانی و رقم سانته در آبیاری غرقابی حاصل شد. نتایج نشان داد که درصد پروتئین نیز رابطه معکوسی ($r = -0.68$) با عملکرد غده دارد. یعنی محتوای پروتئین در روش قطره‌ای و بارانی که از عملکرد پایین تری نسبت به



شکل ۳- برهمکنش روش آبیاری و رقم بر محتوای قند غده تر سیب زمینی. میانگین‌های با حروف مشترک، دارای اختلاف معنی داری در سطح احتمال ۵ درصد براساس آزمون دانکن نیست.

محتوای ویتامین C غده سیب زمینی: براساس نتایج تجزیه

واریانس (جدول ۲)، تأثیر تیمارهای روش آبیاری و نوع رقم در سطح احتمال یک درصد بر میزان ویتامین C (آسکوربیک اسید) غده سیب زمینی معنی دار است، ولی برهمکنش دو تیمار اثر معنی داری بر صفت یادشده ندارد.

غده‌های سیب زمینی که به روش غرقابی آبیاری شدند به طور معنی داری دارای میزان ویتامین C بالاتری (۲/۴۱ میلی گرم بر گرم وزن تر غده) نسبت به غده‌های آبیاری شده به روش‌های بارانی (۲/۰۳ میلی گرم بر گرم وزن تر غده) و قطره‌ای (۲/۰۹ میلی گرم بر گرم وزن تر غده) داشتند (جدول ۳). اختلاف معنی داری بین آبیاری بارانی و قطره‌ای از نظر میزان ویتامین C غده وجود ندارد. Carli و همکاران (۲۰۱۴) نیز همبستگی مثبت بین میزان آب مصرفی و به عبارتی عملکرد غده تولیدی با مقدار ویتامین C غده را گزارش نمودند. همچنین Zhang و همکاران (۲۰۱۷) نیز میزان ویتامین C را برای غده سیب زمینی بین دامنه ۱/۵ تا ۲/۰ میلی گرم بر گرم وزن تر غده گزارش نمودند. آنها اظهار داشتند با کاهش مقدار آب مصرفی، میزان این ویتامین نیز کاهش می‌یابد.

با توجه به جدول ۳، در بین ارقام مورد بررسی، کمترین میزان ویتامین C غده سیب زمینی با ۱/۹۶ میلی گرم بر گرم وزن

رقم بانبا و آگریا اختلاف معنی داری ندارد، ولی در آبیاری غرقابی محتوای پروتئین رقم سانته (۶/۴ میلی گرم در گرم وزن تر غده) به طور معنی داری بیشتر از رقم آگریا (۴/۶ میلی گرم در گرم وزن تر غده) است (شکل ۳). همچنین رقم بانبا دارای کمترین میزان قند در هر سه روش آبیاری است (شکل ۳). برخلاف آبیاری بارانی و قطره‌ای، در آبیاری غرقابی میزان پروتئین غده ارقام آگریا و بانبا تفاوت معنی داری مشاهده نشد. به طور کلی، در غده سیب زمینی رقم بانبا در آبیاری غرقابی کمترین (۴ میلی گرم در گرم وزن تر غده) و رقم رایج بردسیر در آبیاری بارانی بیشترین (۹/۵ میلی گرم در گرم وزن تر غده) میزان قند مشاهده شد. اخوان و همکاران (۱۳۸۴) گزارش نمودند که اختلاف معنی داری از نظر میزان قند در دو روش آبیاری قطره‌ای و شیاری مشاهده نشد، ولی کاهش میزان آب مصرفی منجر به افزایش معنی دار این شاخص در غده سیب زمینی می‌شود. ایشان نیز تأکید داشتند که هر چه غده درشت‌تر بود، محتوای قند کاهش یافت. نتایج مشابه توسط Shock و همکاران (۱۹۹۳) نیز به دست آمد. اختلاف معنی داری بین محتوای قند غده ارقام مختلف سیب زمینی (بین ۰/۱۸ تا ۰/۱۹ درصد) توسط یقبنانی و محمدزاده (۱۳۸۴) در منطقه گرگان گزارش نشد.

رقم (P≤0.01) قرار دارد، ولی برهمکنش دو این عامل تأثیر معنی‌داری بر این صفت نشان نداد (جدول ۴).

نتایج حاصل از این آزمایش نشان داد که میزان پتاسیم غده در آبیاری غرقابی (۴/۲۸ میلی‌گرم بر گرم وزن تر غده) به‌طور معنی‌داری کمتر از آبیاری بارانی (۵/۰۱ میلی‌گرم بر گرم وزن تر غده) و قطره‌ای (۴/۸۸ میلی‌گرم بر گرم وزن تر غده) است (جدول ۳). همچنین اختلاف معنی‌داری از نظر میزان پتاسیم غده در دو روش آبیاری بارانی و قطره‌ای مشاهده نشد. پتاسیم از جمله عناصری است که گیاه با درک کم آبی یا تنش، مقدار آن را جهت تنظیم پتانسیل اسمزی در پیکره خود افزایش می‌دهد. از آنجایی که قبلاً نیز ذکر شد، وقتی که سیب‌زمینی در شرایط آبیاری با روش‌های قطره‌ای و بارانی تحت تنش کم آبی قرار گیرد، باعث افزایش محتوای پتاسیم در غده سیب‌زمینی نسبت به آبیاری غرقابی می‌شود (سبحانی و حمیدی، ۱۳۹۳).

از لحاظ تأثیر رقم بر میزان پتاسیم غده سیب‌زمینی نیز نتایج حاصل از جدول ۳ نشان می‌دهد که اختلاف معنی‌داری بین ارقام سانته، رایج بردسیر و بانبا وجود ندارد، ولی این سه رقم اختلاف معنی‌داری با رقم آگریا نشان می‌دهند. همچنین بیشترین و کمترین میزان پتاسیم غده به‌ترتیب در ارقام بانبا (۵/۰۷ میلی‌گرم بر گرم وزن تر غده) و آگریا (۳/۹۶ میلی‌گرم بر گرم وزن تر غده) مشاهده شد. بهبود و همکاران (۱۳۹۱) نیز میزان پتاسیم را در غده سیب‌زمینی حدود ۳ درصد گزارش نمودند.

بافت سیب‌زمینی، سختی: نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها در جدول ۴ نشان می‌دهد که سختی غده سیب‌زمینی تحت تأثیر اثرات ساده روش آبیاری (P≤0.05) و نوع رقم (P≤0.01) قرار دارد، ولی اثر متقابل دو تیمار تأثیری بر این شاخص نداشت. براساس نتایج مقایسه میانگین داده‌ها نیز در جدول ۳، سختی بافت غده سیب‌زمینی در شرایط آبیاری غرقابی به‌طور معنی‌داری کمتر از آبیاری بارانی و قطره‌ای است. به‌علاوه اختلاف معنی‌داری بین دو روش بارانی و قطره‌ای از نظر سختی بافت غده مشاهده نشد، با این وجود آبیاری قطره‌ای دارای بالاترین سختی بافت است (جدول ۳).

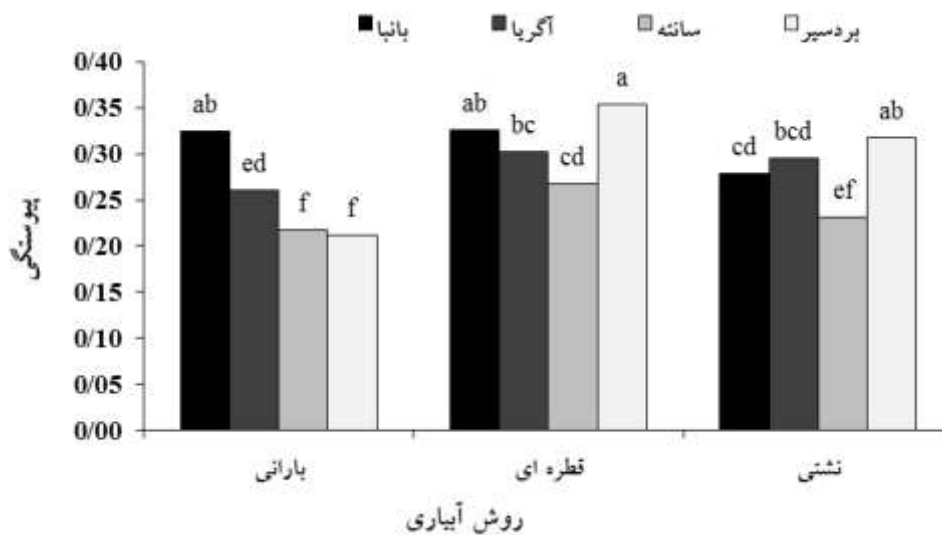
تر غده در رقم بانبا حاصل شد که اختلاف معنی‌داری با دیگر ارقام نشان داد. رقم بردسیر (۲/۴۸ میلی‌گرم بر گرم وزن تر غده) نیز دارای ماکزیمم میزان ویتامین C است و اختلاف معنی‌داری با دیگر ارقام نیز نشان داد. تفاوت معنی‌داری بین دو رقم سانته (۲/۲۰ میلی‌گرم بر گرم وزن تر غده) و آگریا (۲/۰۷ میلی‌گرم بر گرم وزن تر غده) از نظر میزان ویتامین C غده سیب‌زمینی وجود ندارد. سیب‌زمینی به‌عنوان منبع مناسبی از ویتامین C (آسکوربیک اسید) در رژیم غذایی بشر شناخته می‌شود (Singh et al., 2009; Burlingame et al., 2009). با اینکه اکثر میوه‌ها و سبزیجات میزان ویتامین C بیشتری نسبت به سیب‌زمینی دارند، ولی سهم سیب‌زمینی در تأمین این ویتامین در وعده غذایی انسان‌ها در آسیا بسیار قابل‌توجه است. میزان ویتامین C در سیب‌زمینی تحت تأثیر فاکتورهای متفاوتی مانند رقم، میزان رسیدگی غده در زمان برداشت و شرایط محیطی قرار دارد (Carli et al., 2014). همچنین مقدار ویتامین C سیب‌زمینی برای نقاط مختلف دنیا متفاوت گزارش شده است. به‌عنوان مثال برای واریته‌های آمریکا بین ۰/۷۹ تا ۳/۶۳ میلی‌گرم بر گرم وزن تر غده (Augustin et al., 1978)، هند بین ۱/۰۴ تا ۱/۷۰ میلی‌گرم بر گرم وزن تر غده (Mishra, 1985)، واریته‌های کانادا بین ۰/۸۸ تا ۲/۴۱ میلی‌گرم بر گرم وزن تر غده (Mullin et al., 1991)، واریته‌های نروژ بین ۰/۸۴ تا ۲/۰۱ میلی‌گرم بر گرم وزن تر غده (Nordbotten et al., 2000)، در ارقام محلی ۰/۶۵ تا ۳/۶۹ میلی‌گرم بر گرم وزن تر غده (Burgos et al., 2009) و برای واریته‌های کره بین ۱/۶ تا ۴/۶ میلی‌گرم بر گرم وزن تر غده (Han et al., 2004) گزارش شده است. بررسی‌های Burgos و همکاران (۲۰۰۹) و Love و همکاران (۲۰۰۳) نشان داد که نقش ژنوتیپ بر میزان ویتامین C غده سیب‌زمینی بسیار بیشتر از شرایط محیطی است. بنابراین، اصلاح و زراعت ارقامی با میزان بالاتر ویتامین C می‌تواند نقش مهمی در تأمین این ویتامین در رژیم غذایی بشر داشته باشد.

میزان پتاسیم غده سیب‌زمینی: میزان پتاسیم غده سیب‌زمینی تحت تأثیر اثرات ساده روش آبیاری (P≤0.01) و

جدول ۴- نتایج تجزیه واریانس (میانگین مربعات) ویژگی‌های مورد بررسی در گیاه سیب‌زمینی تحت تأثیر روش آبیاری و رقم

منابع تغییر	درجه آزادی	پتاسیم	سختی	پیوستگی	چسبندگی	قابلیت ارتجاع
بلوک	۲	۰/۱۲۲ ^{ns}	۵۰۱ ^{ns}	۰/۰۹۷ ^{ns}	۰/۰۲۷ ^{ns}	۰/۰۸۵۹ ^{ns}
آبیاری (A)	۲	۱/۷۴ ^{**}	۹۲۷۶*	۱۰/۶۵ ^{**}	۰/۰۲۲	۰/۰۱۰ ^{ns}
خطای ۱	۴	۰/۲۰۱	۸۳۴	۰/۵۱۳	۰/۱۴۶	۰/۱۶۶
رقم (B)	۳	۲/۳۷ ^{**}	۵۰۸۷۱ ^{**}	۸/۵۵ ^{**}	۰/۰۳۳ ^{ns}	۰/۰۷۶ ^{ns}
A × B	۶	۰/۳۱۱ ^{ns}	۲۸۲۴ ^{ns}	۳/۸۴ ^{**}	۰/۱۳۳ ^{ns}	۰/۰۱۸ ^{ns}
خطای ۲	۱۸	۰/۱۳۶	۱۹۵۳	۰/۳۸۳	۰/۰۹۸	۰/۴۲۳۲

ns، * و ** به ترتیب عدم معنی‌داری و معنی‌داری در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد



شکل ۴- برهمکنش روش آبیاری و رقم بر میزان پیوستگی (Cohesiveness) غده تر سیب‌زمینی. میانگین‌های با حروف مشترک، دارای اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال ۵ درصد براساس آزمون دانکن نیست.

بافت غده نیز مربوط به رقم سانته است. بعد از رقم بردسیر، ارقام بانبا و آگریا به ترتیب دارای سخت‌ترین بافت هستند. Alvarez و همکاران (۲۰۰۲) میزان سختی سیب‌زمینی را در شرایط مختلف انبارداری بین ۵۰ تا ۲۲۵ گزارش نمود.

پیوستگی: میزان شاخص پیوستگی تحت تأثیر اثرات ساده و متقابل تیمارهای روش آبیاری و رقم در سطح احتمال یک درصد قرار دارد (جدول ۴). برهمکنش تیمارها نشان داد که در روش آبیاری بارانی رقم بانبا بالاترین و رقم بردسیر کمترین میزان پیوستگی را دارند (شکل ۴). اما در آبیاری قطره‌ای و غرقابی رقم بردسیر بالاترین مقدار پیوستگی را نشان داد. رقم سانته در دو روش قطره‌ای و غرقابی نیز کمترین مقدار این

نتایج تأیید می‌کند که سختی بافت غده سیب‌زمینی رابطه معکوسی ($r = -0.92$) با عملکرد غده تولیدی دارد. یعنی هر چه عملکرد غده افزایش یافته، غده نرم‌تری تولید می‌شود. از آنجایی که، در این تحقیق، عملکرد غده رابطه مستقیمی با آب مصرفی نشان داد، به نظر می‌رسد در روش غرقابی که غده‌ها آب بیشتری دریافت کرده‌اند، احتمالاً درصد آب بیشتری در غده ذخیره شده و در نتیجه، غده سیب‌زمینی نسبت به روش‌های آبیاری بارانی و قطره‌ای نرم‌تر است.

کلیه ارقام مورد بررسی اختلاف معنی‌داری از نظر سختی بافت غده نشان دادند. در بین این ارقام، رقم رایج بردسیر سخت‌ترین بافت غده را دارا است (جدول ۳). کمترین سختی

قطره‌ای و بارانی است. در بین ارقام مورد بررسی، رقم سانته با میانگین ۳۴/۸۴ تن در هکتار و بعد از آن رقم بردسیر با ۲۸/۹۱ تن در هکتار، عملکرد بیشتری نسبت به ارقام بانبا (۲۶/۱۴ تن در هکتار) و آگریا (۲۱/۵۷ تن در هکتار) دارد. روش آبیاری تأثیری بر درصد ماده خشک غده نشان نداد، ولی رقم رایج بردسیر از بالاترین درصد ماده خشک (۲۲/۸۹ درصد) را در بین ارقام مورد نظر برخوردار بود. به‌علاوه میزان نشاسته، قند و پروتئین و پتاسیم غده سیب‌زمینی رابطه معکوسی با عملکرد غده دارند و مقدار آنها در روش آبیاری غرقابی کمتر از دو روش دیگر است. اما میزان ویتامین C رابطه مستقیمی با عملکرد غده سیب‌زمینی نشان داد و در آبیاری غرقابی و رقم بردسیر بیشترین مقدار را به خود اختصاص داد. میزان سختی غده‌ها نیز در روش آبیاری بارانی و قطره‌ای بیشتر از آبیاری غرقابی بود. همچنین، رقم بردسیر و سانته به‌ترتیب سفت‌ترین و نرم‌ترین بافت غده را دارا بودند.

شاخص را دارا است (شکل ۴). به‌علاوه رقم بردسیر اختلاف معنی‌داری با رقم بانبا در آبیاری قطره‌ای و با رقم آگریا در روش غرقابی نشان نداد. رقم رایج بردسیر در شرایط آبیاری غرقابی بیشترین (۰/۳۵۴) میزان پیوستگی را در بین کلیه تیمارهای مورد بررسی دارا است. مقدار این شاخص برای سیب‌زمینی در شرایط مختلف انبارداری بین ۰/۲۰ تا ۰/۸۵ گزارش شده است (Alvarez et al., 2002).

چسبندگی و قابلیت ارتجاع: با توجه به نتایج تجزیه واریانس در جدول ۴، هیچ کدام از اثرات ساده و متقابل روش آبیاری و رقم تأثیر معنی‌داری بر این دو صفت نداشتند. دامنه چسبندگی از ۲/۶ تا ۲/۸ و قابلیت ارتجاع از ۶/۶ تا ۶/۹ میلی‌متر متغیر است.

نتیجه‌گیری

به‌طور کلی نتایج نشان داد که مقدار عملکرد غده در روش آبیاری غرقابی به‌طور معنی‌داری بیشتر از آبیاری به‌روش

منابع

- اخوان، س.، مصطفی‌زاده فرد، ب.، موسوی، س. ف.، فیروز آبادی قدمی، ع. و بهرامی، ب. (۱۳۸۴) تأثیر مقدار و روش آبیاری بر عملکرد، اجزای عملکرد و کیفیت سیب‌زمینی رقم آگریا. نشریه پژوهش کشاورزی ۲: ۴۰-۲۷.
- باغانی، ج. (۱۳۸۸) آرایش کاشت و مقادیر آب در زراعت سیب‌زمینی با آبیاری قطره‌ای در مشهد. مجله آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی) ۲۳: ۱۵۹-۱۵۳.
- بهبود، م.، گلچین، ا. و بشارتی، ح. (۱۳۹۱) تأثیر فشردگی خاک بر عملکرد، کیفیت و جذب عناصر غذایی توسط گیاه سیب‌زمینی رقم آگریا. نشریه آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی) ۲۶: ۱۹-۱۱.
- حسن‌پناه، د. و حسن آبادی، ح. (۱۳۸۸) بررسی تأثیر آستانه‌های مختلف حرارتی بر عملکرد و اندازه غده بذری تولیدی ارقام سیب‌زمینی در منطقه اردبیل. فصلنامه «کشاورزی پویا» ۶: ۲۵۴-۲۴۹.
- حسین‌پور، م.، سروش‌زاده، ع.، علیخانی، م.، خرمیان، م. و فتح‌اله طالقانی، د. (۱۳۸۵) بررسی کمیت و کیفیت محصول چغندر قند در دو روش آبیاری نشتی و قطره‌ای در شمال خوزستان. مجله چغندر قند ۲۲: ۵۷-۳۹.
- حسینی، س. م. و امینی، ز. (۱۳۹۳) اثر سولفات پتاسیم بر مقاومت به خشکی سیب‌زمینی در اقلید فارس. نشریه پژوهش آب در کشاورزی ۲۸: ۳۷۳-۳۶۵.
- حقیقی، ب.، برومند نسب، س. و ناصری، ع. (۱۳۹۴) تأثیر مدیریت‌های مختلف کم‌آبیاری در روش آبیاری جویچه‌ای و قطره‌ای نواری بر عملکرد سیب‌زمینی و بهره‌وری آب. نشریه پژوهش آب در کشاورزی ۲۹: ۱۹۳-۱۸۱.
- سبحانی، ع. ر. و حمیدی، ح. (۱۳۹۳) تأثیر رژیم‌های مختلف آبیاری و مقادیر پتاسیم بر خصوصیات کیفی سیب‌زمینی در شرایط آب و هوایی مشهد. نشریه پژوهش‌های تولید گیاهی ۲۰: ۸۱-۶۵.

شیری جناقرد، م.، توبه، ا.، اصغری زکریا، ر.، نوری قنبلانی، ق. و دهدار مسجدلو، ب. (۱۳۸۶) تأثیر سطوح مختلف آبیاری قطره‌ای و الگوهای مختلف کشت بر عملکرد و اجزای عملکرد سیب‌زمینی رقم آگریا. فصلنامه «پژوهش و سازندگی» ۱: ۱۵۷-۱۴۹.

مستعلی‌زاده، ب.، خواجویی نژاد، غ. ر. و مرادی، ر. (۱۳۹۶) اثر روش آبیاری بر برخی خصوصیات کمی ارقام مختلف سیب‌زمینی در منطقه بردسیر. چهاردهمین همایش ملی آبیاری و کاهش تبخیر، دانشگاه شهید باهنر کرمان.

وزارت جهاد کشاورزی (۱۳۹۵) اداره کل آمار و اطلاعات، معاونت برنامه‌ریزی و بودجه، مرکز فناوری اطلاعات و ارتباطات، آمارنامه کشاورزی سال زراعی ۹۴-۹۳.

یقبانی، م. و محمدزاده، ج. (۱۳۸۴) بررسی خصوصیات فیزیکی‌وشیمیایی نشاسته ارقام غالب سیب‌زمینی منطقه گلستان. فصلنامه علوم و صنایع غذایی ایران ۲: ۷۹-۷۱.

- Abubaker, S., Abu Rayyan, A., Amre, A., Alzubi, Y. and Hadidi, N. (2011) Impact of cul-tivar and growing season on potato (*Solanum tuberosum* L.) under center pivotirrigation system. The Journal of Agricultural Science 7: 718-721.
- Allen, R. G. Pereira, L. S. Raes, D. and Smith, M. (1998) Crop Evapotranspiration-Guidelines for Computing Crop Water Requirements. Irrigation and Drainage, Rome, Italy.
- Alvarez, M. D., Maria, W. and Lopez, C. E. (2002) Influence of deformation rate and degree of compression on textural parameters of potato and apple tissues in texture profile analysis. European Food Research and Technology 215: 13-20.
- 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.
- Anonymous (2017) Ct3 Texture Analyzer. Operating Instructions. Manual No. M08-372-F1116. Available online at: <http://www.brookfieldengineering.com>.
- Attaher, S. M., Medany, M. A., Aziz, A. A. A., Mostafa, M. M. and Abou-Hadid, A. F. (2003) Energy requirements and yield of drip-irrigated potato. In: Proceedings of the International Symposium on the Horizons of Using Organic Matter and Substrates in Horticulture, Cairo, Egypt.
- Augustin, J., Johnson, S. R., Teitzel, C., True, R. H. Hogan, J. M., Toma, R. B., Shaw, R. L. and Deutsch, R. M. (1978) Vitamin composition of freshly harvested and stored pota-toes. Journal of Food Science 43: 1566-1574.
- 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.
- Bosnjak, D., Ilin, Z. and Vracar, L. (2004) Potato yield and quality depending on pre-irrigation moisture level in chernozem soil. Acta Horticulturae 659: 447-452.
- Bradford, M. M. (1976) A rapid sensitive method for the question of microprogram quantities of protein utilizing the principle of protein – dye binding. Annual of Biochemistry 72: 248-254.
- Burgos, G., Auqui, S., Amoros, W., Salas, E. and Bonierbale, M. (2009) Ascorbic acid concentration of native Andean potato varieties as affected by environment, cooking and storage. Journal of Food Composition and Analysis 22: 533-538.
- Burlingame, B., Mouille, B. and Charrondiere, U. R. (2009) Review: nutrients, bioactivenon-nutrients and anti-nutrients in potatoes. Journal of Food Composition and Analysis 22: 494-502.
- Carli, C., Yuldashev, F., Khalikov, D., Condori, B., Mares, V. and Monneveux, P. (2014) Effect of different irrigation regimes on yield, water use efficiency and quality of potato (*Solanum tuberosum* L.) in the lowlands of Tashkent, Uzbekistan: A field and modeling perspective. Field Crops Research 163: 90-99.
- Clendenning, K. A. (1945) Polarimetric determination of starch in cereal products: IV. Critical studies of methods for the determination of starch in whole wheat, granular and patent flours. Canadian Journal of Research 23: 239-259.
- Demelash, N. (2013) Deficit irrigation scheduling for potato production in North Gondar, Ethiopia. African Journal of Agricultural Research 8: 1144-1154.
- Fabeiro, C., Martin De Santa Olalla, F. and De Juan, J. A. (2001) Yield and size of deficit irrigated potatoes. Agricultural Water Management 48: 255-266.
- Ferreira, T. C. and Carr, M. K. W. (2002) Response of potatoes (*Solanum tuberosum* L.) to irrigation and nitrogen in a hot, dry climate. I. Water use. Field Crops Research 78: 51-64.
- Ficzek, G., Steger-Mate, M., Notin, B. and Toth, M. (2011) Changing of texture and pectin content of Hungarian bred apple genotypes during the storage. In: Proceedings of the 11th International Congress on Engineering and Food. Food Process Engineering in a Changing World. Athens, Greece.
- Gheysari, M., Mirlatif, S. M., Bannayan, M., Homae, M. and Hoogenboom, G. (2009) Interaction of water and nitrogen on maize grown for silage. Agricultural Water Management 96: 809-821.

- Gunel, E. and Karadogan, T. (1998) Effect of irrigation applied at different growth stages and length of irrigation period on quality characters of potato tubers. *Potato Research* 41: 9-19.
- Hald, P. M. (1947) The flame photometer for the measurement of sodium and potassium in biological materials. *Journal of Biological Chemistry* 167: 499-510.
- Hagman, J. E. and Martenssen, A. (2009) Cultivation practices and potato cultivars suitable for organic potato production. *Potato Research* 52: 319-330.
- Han, J., Kosukue, N., Young, K., Lee, K. and Friedman, M. (2004) Distribution of ascorbic acid in potato tubers and in home-processed and commercial potato foods. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 52: 6516-6521.
- Love, S. L., Salaiz, T., Shafii, B., Price, W. J., Mosley, A. R. and Thornton, R. E. (2003) Ascorbic acid concentration and stability in North American potato germplasm. *Acta Horticulturae* 619: 87-93.
- Mishra, J. B. (1985) Effect of conditions of storage on ascorbic acid content and sprouting of tubers of some Indian potato varieties. *Journal of the Indian Potato Association* 12: 158-164.
- Mullin, W. J., Jui, P. Y., Nadeau, L. and Smyril, T. G. (1991) The vitamin C content of seven cultivars of potatoes grown across Canada. *Canadian Institute of Food Science and Technology Journal* 24: 166-171.
- Narpinder, S. S., Lovedeep, S., Navedee, P. and Balmeet, S. G. (2003) Morphological, thermal and rheological properties of starches from different botanical sources. *Food Chemistry* 81: 219-231.
- Nordbotten, A., Loken, B. and Rimstad, H. (2000) Sampling of potatoes to determine representative values for nutrient content in a national food composition table. *Journal of Food Composition and Analysis* 13: 369-377.
- Opena, G. B. and Porter, G. A. (1999) Soil management and supplemental irrigation effects on potato. II. Root growth. *Agronomy Journal* 91: 426-431.
- Richter, W. and Schaffer, W. (1980) Investigations on the influence of sprinkler irrigation on potato yields on light diluvial sites. *Archiv fur Acker- und Pflanzenbau und Bodenkunde* 24: 461-466.
- Sahebi, F. G., Hekmat, M. and Pourkhiz, E. (2012) Effect of under irrigation management on potato performance components. *International Journal of Agricultural Management and Development* 2: 143-148.
- Sasaki, T., Yasui, T. and Matsuki, J. (2000) Effect of amylose content on gelatinization, retrogradation and pasting properties of starches from waxy and non-waxy wheat and their F1 seeds. *Cereal Chemistry* 77: 58-63.
- Shock, C. C., Bohl, W. H. and Johnson, S. B. (2010) Water requirements and irrigation. In *Commercial potato production in North America*. Orono: The Potato Association of America 54-56.
- Shock, C. C., Holmes, Z. A., Stieber, T. D., Eldredge, E. P. and Zhang, P. (1993) The effect of timed water stress on quality, total solids and reducing sugar content of potatoes. *American Potato Journal* 70: 227-241.
- Singh, J., Kaur, L. and McCarthy, O. J. (2009) Potato starch and its modification. In: *Advances in Potato Chemistry and Technology*. (eds. Singh, J. and Kaur, L.) Pp. 273-318. Elsevier Academic Publishers, USA.
- Somogyi, J. D. and Nelson, D. (1952) A critical examination of the Nelson – Somogyi method for the determination of reduce sugar. *Analytical Biochemistry* 15: 373-381.
- Steyn, J. M., Du Plessis, H. F. and Nortje, P. F. (1992) The influence of different water regimes on up-to-date potatoe I. Vegetative development, photosynthetic rate and stomatal diffusive resistance. *South African Journal of Plant and Soil* 9: 113-117.
- Tiwari, K. N., Ajai Singh. and Mal, P. K. (2003) Effect of drip irrigation on yield of cabbage (*Brassica oleracea* L. var. capitata) under mulch and ono-mulch condition. *Agricultural Water Management* 58: 19-28.
- Yang, K., Wang, F., Shock, C. C., Kang, S., Huo, Z., Song, N. and Ma, D. (2016) Potato performance as influenced by the proportion of wetted soil volume and nitrogen under drip irrigation with plastic mulch. *Agricultural Water Management* 179: 260-270.
- Yuan, B. Z., Nishiyama, S. and Kang, Y. (2003) Effects of different irrigation regimes on the growth and yield of drip-irrigated potato. *Agricultural Water Management* 63: 153-167.
- Zhang, Y. L., Wang, F. X., Shock, C. C., Yang, K. J., Kang, Sh. Zh., Qin, J. T. and Li, S. E. (2017) Influence of different plastic film mulches and wetted soil percentages on potato grown under drip irrigation. *Agricultural Water Management* 180: 160-171.

Assessing physico-chemical properties of potato as affected by different irrigation methods

Bagher Mastalizadeh¹, Gholamreza khajoei-Nejad¹, Rooholla Moradi^{2*}

¹ Department of Agronomy, Faculty of Agriculture, Shahid Bahonar of Kerman, Kerman, Iran 2

² Department of Plant Productions Agricultural, Faculty of Bardsir, Shahid Bahonar University of Kerman, Iran

(Received: 13/06/2018, Accepted: 26/08/2019)

Abstract

In order to evaluate the effect of various irrigation methods on tuber yield and some biochemical and structural properties of various potato cultivars, an experiment was conducted in a split-plot arranged in a randomized complete block design with three replications at experiment station of the Agricultural Faculty of Bardsir, Shahid-Bahonar University of Kerman in 2015. The experimental treatments included irrigation methods (1- Furrow (flooding), 2- sprinkler and 3- drip) assigned to main plot, and potato cultivars (1- Bardsir (Marphona), 2- Sante, 3- Agra and 4- Banba) as subplot. The results showed that tuber yield was significantly higher in surface irrigation (36.98 t ha⁻¹) than the other two methods. The tuber yield in Sante, Bardsir, Bambo and Agra cultivars was 34.84, 28.91, 26.41, 21.57 t.ha⁻¹, respectively. The tuber dry matter percentage was not affected by irrigation methods, but in the conventional cultivar (22.89%) was significantly higher than the other cultivars. The vitamin C content had a similar trend with tuber yield, and was maximum in surface irrigation method (2.41 mg. g⁻¹ FW) as well as Bardsir cultivar (2.48 mg. g⁻¹ FW). K content showed a reverse trend with tuber yield. The tuber hardness in sprinkler and drip irrigation was significantly higher than the surface irrigation method. Among the studied cultivars, the conventional cultivar included the hardest tuber structure. The results showed that the values of starch, sugar, protein and cohesiveness were significantly affected by the interaction of irrigation method and cultivar. These indices had also a different trend from the tuber yield. The highest value of sugar (9.5 mg. g⁻¹ FW) and protein (26.2 mg. g⁻¹ FW) were assigned to drip irrigation. Bardsir cultivar in drip irrigation included the highest value of starch (16.3%). In general, in areas with sandy-clay-loam texture, the use of drip and also sprinkler irrigation methods were suitable to reach the highest potato quality indices, while flooding irrigation resulted in producing the highest tuber yield and vitamin C.

Keywords: Hardness, Protein, Sugar, Starch, Vitamin C

Corresponding author, Email: r.moradi@uk.ac.ir