

اثر آرایش کاشت بر برخی صفات کمی و کیفی مرتبط با عملکرد غده و کارایی مصرف آب ارقام

سیب‌زمینی (*Solanum tuberosum*) در منطقه اردبیل

صونیا بهمنش^۱، مهرداد یارنیا^{۲*}، داوود حسن‌پناه^۳، ابراهیم خلیلوند بهروزیار^۴ و بهرام میرشکاری^۵

(۱) دانشجوی دکتری گروه زراعت، واحد تبریز، دانشگاه آزاد اسلامی، تبریز، ایران.

(۲) استاد گروه زراعت، واحد تبریز، دانشگاه آزاد اسلامی، تبریز، ایران.

(۳) استادیار بخش تحقیقات زراعی و باغی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان اردبیل (مغان)، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، اردبیل، ایران.

(۴) استادیار گروه زراعت، واحد تبریز، دانشگاه آزاد اسلامی، تبریز، ایران.

(۵) دانشیار گروه زراعت، واحد تبریز، دانشگاه آزاد اسلامی، تبریز، ایران.

*نویسنده مسئول: m.yarnia@yahoo.com

این مقاله مستخرج از رساله دکتری می‌باشد.

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۰۶/۰۸

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۰۶/۰۲

چکیده

زراعت سیب‌زمینی نقش تعیین کننده‌ای در اقتصاد استان اردبیل دارد و اساس تغییرات اقتصادی و حتی معیشتی مردم متأثر از تولید و عرضه این محصول استراتژیک بوده و به نوعی در جریان زندگی اقتصادی مردم دخالت دارد. این تحقیق با هدف افزایش بهره‌وری آب و عملکرد غده سیب‌زمینی با انتخاب آرایش کاشت مناسب برای منطقه اردبیل طی سال‌های ۱۳۹۶-۹۷ اجرا شد. در این آزمایش دو فاکتور شامل (آرایش کاشت و ارقام سیب‌زمینی) هر کدام در چهارسطح (دو ردیف با عرض کاشت ۱۵۰ سانتی‌متر با دو نوار تیپ در دو پسته، سه ردیف با عرض کاشت ۱۵۰ سانتی‌متر با دو نوار تیپ در روی یک پسته، چهار ردیف با عرض کاشت ۱۵۰ سانتی‌متر با سانتری در روی دو پسته و در هر پسته دو ردیف و روش مرسوم یعنی یک نوار تیپ و دو ردیف با عرض کاشت ۱۵۰ سانتی‌متر با آبیاری غرقابی) و ارقام سیب‌زمینی به نام‌های (آگریا، میلووا، جلی و بانبا) با طبقه بذری گواهی شده بر اساس آزمایش اسپیلت بلوك بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار اجرا گردید. بر اساس نتایج به دست آمده آرایش کاشت بر ارتفاع بوته، تعداد ساقه اصلی در بوته، تعداد غده در بوته، عملکرد غده، کارایی مصرف آب، درصد نیتروژن کل، ویتامین‌ث و قندهای احیایی غده معنی‌دار شد. حداقل عملکرد غده و کارایی مصرف آب مربوط به ارقام میلووا و جلی با آرایش کاشت چهار ردیف با فاصله عرض کاشت ۱۵۰ سانتی‌متر در روی دو پسته و در هر پسته دو ردیف و یک نوار تیپ، به ترتیب ۷۵/۸۰ و ۷۵/۳۲ و ۷۲/۳۲ تن در هکتار و ۱۰/۱۳ و ۹/۶۶ کیلوگرم بر متر مکعب حاصل شد، بهطوری‌که عملکرد غده این دو رقم نسبت به روش مرسوم کشت به ترتیب ۴۹ و ۴۱/۸۵ تن در هکتار و کارایی مصرف آب ۸/۲۵ و ۷/۵۲ کیلوگرم بر متر مکعب افزایش نشان داد. بر اساس نتایج تجزیه به عامل‌ها، صفات ارتفاع بوته، تعداد ساقه اصلی در بوته، عملکرد غده و کارایی مصرف آب در آرایش کاشت چهار ردیف با فاصله عرض کاشت ۱۵۰ سانتی‌متر در رقم میلووا دارای بیشترین مقدار بودند.

واژه‌های کلیدی: آبیاری تیپ، آرایش کاشت، سیب‌زمینی، عملکرد غده و کارایی مصرف آب.

مقدمه

بر اساس آخرین آمار جهانی ارائه شده توسط فائو در سال ۲۰۱۸، سیبزمنی با تولید ۳۸۷ میلیون تن، در ۹۲ درصد از کشورهای جهان کشت می‌شود. چین با ۹۹/۱۲۲۴ میلیون تن تولید و سهم ۲۵/۶۲ درصدی از کل تولید جهان بزرگ-ترین تولید کننده سیبزمنی می‌باشد. کشورهای هند و روسیه به ترتیب با تولید ۴۳/۷۷ و ۳۱/۱۱ میلیون تن سیبزمنی دو تولید کننده برتر بعدی بودند. ایران با ۵/۱۶۵ میلیون تن تولید و سهم ۱/۳۳ درصدی در جهان جایگاه سیزدهم و در آسیا بعد از چین و هند در رتبه سوم بزرگ‌ترین تولید کننده‌ها قرار دارد. کشورهای چین، هند، روسیه، اوکراین، آمریکا، آلمان، بنگلادش، لهستان، فرانسه، هلند، بلاروس، انگلیس و ایران به ترتیب مقام‌های اول تا سیزدهم را در تولید سیب‌زمینی به خود اختصاص داده‌اند. حدود ۳۷ درصد سیبزمنی جهان در دو کشور چین و هند تولید می‌شود (FAO, 2018). بر اساس آخرین آمار وزارت جهاد کشاورزی در سال ۱۳۹۵، سطح برداشت سیبزمنی کشور حدود ۱۵۹۰۶۱ هکتار برآورد شده که معادل ۱/۴۱ درصد از کل سطح برداشت محصولات زراعی می‌باشد و ۹۹/۴۴ درصد آن اراضی با کشت آبی و بقیه هم سطح برداشت اراضی با کشت دیم بوده است. استان همدان با ۲۶۰۶۷ هکتار سطح برداشت سیب‌زمینی کشور در مقام نخست قرار دارد. استان‌های اردبیل با ۲۲۴۱۴ هکتار، اصفهان با ۱۳۸۸۶ هکتار، آذربایجان شرقی با ۱۰۳۳۳ هکتار و کردستان با ۹۸۸۷ هکتار از سطح برداشت سیبزمنی به ترتیب مقام‌های دوم تا پنجم کشور را به خود اختصاص داده‌اند. پنج استان مزبور بیش از ۵۰ درصد از سطح برداشت سیبزمنی کل کشور را دارا هستند (Anonymous, 2020). سیبزمنی یکی از مهم‌ترین محصولات زراعی دنیا بوده و از نظر اهمیت غذایی، مقام چهارم را بعد از گندم، برنج و ذرت داشته و نقش مهمی در تغذیه و سبد غذایی جمعیت جهان دارد (FAO, 2018). این گیاه علاوه بر تأمین انرژی و کیفیت خوب پروتئین، به عنوان منبع ویتامین ث و مواد معدنی نیز مطرح می‌باشد (Burgos *et al.*, 2009). با افزایش مداوم جمعیت دنیا، نیاز به مواد غذایی روز به روز افزایش می‌باید، لذا تأمین مواد غذایی این جمعیت اهمیت زیادی دارد. سیبزمنی برای رشد به ۴۰۰ تا ۸۵۰ میلی‌متر آب نیاز داشته و برخی پژوهشگران این میزان را میلی‌متر نیز گزارش نموده‌اند (Carli *et al.*, 2014). از مزایای آبیاری قطره‌ای می‌توان به کاهش مصرف آب، افزایش راندمان آبیاری تا ۹۰ درصد، افزایش عملکرد، بهبود کیفیت محصول، کاهش هزینه کارگری و عدم نیاز به تسطیح اشاره کرد. مهم‌ترین تفاوت آبیاری قطره‌ای (تیپ) با سایر روش‌های آبیاری در این است که در یک دوره زمانی محدود (۲۴ تا ۷۲ ساعت)، بین تبخیر از خاک و تعرق از گیاه و همچنین مقدار آبی که باید به زمین داده شود تعادل برقرار می‌شود. بنابراین به دلیل محدود بودن میزان آب در دسترس، بیشترین بهره‌وری از آب انجام می‌پذیرد (Akhavan *et al.*, 2007). به کارگیری این روش می‌تواند نقش مهمی در کنترل مقدار آب مصرفی و همچنین جلوگیری از تخریب و فرسایش خاک

زراعی داشته باشد. افزایش عملکرد غده، تولید غده‌های مناسب بذری با اندازه ۳۵-۵۵ میلی‌متر و افزایش کارایی مصرف آب آبیاری در روش آبیاری قطره‌ای (تیپ) توسط گزارش شده است (باغانی، ۱۳۸۸). Mubarak و همکاران (۲۰۱۸) با بررسی واکنش دو رقم سیب‌زمینی به روش‌های مختلف آبیاری قطره‌ای و سطحی در نواحی خشک مدیترانه‌ای گزارش کردند که آبیاری قطره‌ای به‌طور قابل توجهی باعث افزایش کارایی مصرف آب نسبت به سایر روش‌های آبیاری می‌شود. تراکم بوته سیب‌زمینی به وسیله شاخص‌هایی مانند اندازه غده بذری، فاصله بین ردیف‌ها و بین بوته‌ها، تعداد ساقه و آرایش بوته‌ها مشخص می‌گردد. Bussan و همکاران (۲۰۰۷) گزارش کردند که افزایش تراکم بوته و ساقه سیب‌زمینی موجب کاهش اندازه غده تولیدی و نهایتاً کاهش عملکرد می‌شود. در گیاهان غده‌ای، تعیین فاصله ردیف کاشت، از اهمیت بیشتری برخوردار است، زیرا علاوه بر عملکرد غده، کیفیت و بازارپسندی آن‌ها را نیز تحت تأثیر قرار می‌دهد. فاصله کشت، از عوامل مؤثر بر عملکرد و اجزای آن در تولید غده سیب‌زمینی بذری، خوارکی و صنعتی می‌باشد. در سیب‌زمینی، تراکم ساقه اصلی در واحد سطح، اهمیت زیادی دارد. این تراکم تحت تأثیر عواملی چون پتانسیل تولید منطقه، رقم، قدرت رشد و تولید هر ساقه و در نهایت هدف تولید می‌باشد (Rich and Renner, 2007) و Qasim و همکاران (۲۰۱۳) با بررسی آرایش کشت (کاشت روی پشتۀ عریض پوشش داده شده با خاک در یک طرف عرض پشتۀ ۷۵ سانتی‌متر، در داخل فارو بدون پشتۀ در خط‌الراس) نتیجه گرفتند حداکثر رشد غده (۸۸/۷ درصد)، تعداد ساقه اصلی در بوته (۳/۵ عدد)، گسترش بوته (۴۵/۵ سانتی‌متر)، متوسط تعداد غده در بوته (۱۰/۱ عدد) و عملکرد غده در تیمار آرایش کشت روی پشتۀ عریض پوشش داده شده با خاک در یک طرف بود و بیشترین ارتفاع بوته در تیمار کشت در روی پشتۀ بدست آمد. فریدی مایوان و همکاران (۱۳۹۷) با الگوهای مختلف کاشت شامل عرض پشتۀ ۷۵ سانتی‌متر، دو ردیف ۳۵ سانتی‌متری روی پشتۀ ۱۵۰ سانتی‌متر و دو ردیف ۴۵ سانتی‌متری روی پشتۀ ۱۵۰ سانتی‌متر و سطوح مختلف آبیاری گزارش کردند بالاترین کارایی مصرف آب در تیمار ۱۰۰ درصد و ۸۰ درصد آبیاری مذبور به تیمار دو ردیف ۴۵ سانتی‌متری روی پشتۀ ۱۵۰ سانتی‌متر و در تیمار ۶۰ درصد آبیاری مربوط به تیمار دو ردیف ۳۵ سانتی‌متری روی پشتۀ ۱۵۰ سانتی‌متر بود. شیری جنافرد و همکاران (۱۳۸۶) با مطالعه الگوهای مختلف کشت (کشت مرسوم با ۷۵ سانتی‌متر فاصله ردیف‌های کشت، کشت دو ردیفه روی یک پشتۀ عریض ۱۵۰ سانتی‌متری با فواصل ردیف‌های ۳۵ و ۴۵ سانتی‌متر) بر عملکرد و اجزای عملکرد سیب‌زمینی نشان داد از نظر الگوی کشت در صفات مختلف اثر معنی‌داری وجود نداشت. افزایش عملکرد غده‌های بذری و کارایی مصرف آب در روش آرایش کاشت یک نوار تیپ برای دو ردیف کاشت به فاصله ۳۵ سانتی‌متر توسط باغانی (۱۳۸۸) گزارش شده است. این تحقیق با هدف افزایش عملکرد سیب‌زمینی و افزایش بهره‌وری آب آبیاری، کاهش مصرف آب و انتخاب آرایش کاشت مناسب برای منطقه اردبیل در طی سال‌های ۱۳۹۶ و ۱۳۹۷ اجرا شد.

مواد و روش‌ها

این آزمایش به صورت اسپیلت بلوک بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار در منطقه اردبیل به شیوه آبیاری قطره‌ای (تیپ) و سطحی (غرقابی) در طی سال‌های ۱۳۹۶ و ۱۳۹۷ اجرا گردید. عوامل آزمایشی چهار تیمار آرایش کاشت با دستگاه غده کار شامل دو ردیف با فاصله عرض کاشت ۱۵۰ سانتی‌متر روی دو پشتہ و هر پشتہ با یک نوار تیپ (با تراکم کشت ۵۳۳۳۳ بوته در هکتار)، سه ردیف با فاصله عرض کاشت ۱۵۰ سانتی‌متر با دو نوار تیپ در روی یک پشتہ (با تراکم کشت ۸۵۷۱۴ بوته در هکتار)، چهار ردیف با فاصله عرض کاشت ۱۵۰ سانتی‌متر در روی دو پشتہ و در هر پشتہ دو ردیف و یک نوار تیپ (با تراکم کشت ۸۸۸۸۹ بوته در هکتار) و روش مرسوم کشت به عنوان شاهد (دو ردیف با فاصله عرض کاشت ۱۵۰ سانتی‌متر با آبیاری سطحی و با تراکم کشت ۵۳۳۳۳ بوته در هکتار) در کرت‌های اصلی و چهار رقم سیبزمنی شامل ارقام آگریا، میلو، جلی و بانبا با طبقه بذری گواهی‌شده در کرت‌های فرعی بودند. تعداد خطوط برای تیمار آرایش کاشت اول، دوم و چهارم، شش خط و برای تیمار آرایش کاشت سوم، هشت خط به طول ۱۵ متر و به فاصله بین دو بوته ۲۵ سانتی‌متر بود. در هر دو سال، تاریخ کشت در دهه اول اردیبهشت ماه انجام شد. غده‌ها در تیمار آرایش کاشت اول و چهارم در وسط پشتہ و در تیمار آرایش کاشت سه ردیف، غده‌ها به صورت زیگزاک و با دستگاه غده کار مجهز به کودکار کشت شد. غده‌ها در تیمار آرایش کاشت چهار ردیف در روی دو پشتہ با دستگاه غده کار مجهز به کودکار به صورت زیگزاک کشت گردید. کودهای فسفاته از نوع سوپرفسفات به مقدار ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار در دو نوبت (۵۰ درصد موقع کاشت و ۵۰ درصد در دوره تشکیل غده)، کود نیتروژن از نوع اوره به مقدار ۳۰۰ کیلوگرم در هکتار در سه نوبت (۲۵ درصد موقع کاشت، ۵۰ درصد در زمان سبز شدن و ۲۵ درصد بلافاصله پس از تشکیل غده)، کود پتاسه از نوع سولفات پتاسیم به مقدار ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار در یک نوبت (موقع کاشت)، کود حیوانی کاملاً پوسیده به مقدار ۱۵ تن در هکتار (قبل از کاشت)، سولفات روی به مقدار ۳۰ کیلوگرم در هکتار (قبل از کاشت)، سولفات منگنز به مقدار ۳۰ کیلوگرم در هکتار (در زمان کاشت) و کود گوگردی به مقدار ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار (قبل از کاشت) بر اساس آزمون خاک مصرف شد (جدول ۱). خاک محل آزمایش از نوع لومی رسی و میزان مواد آلی ۰/۹۷ درصد بود. زمین مورد نظر مسطح بوده و وضعیت آن از نظر زهکشی مناسب و سفره آب زیرزمینی در آن عمیق و وضعیت تهويه خاک نیز مطلوب می‌باشد. از سه پاراگوات به مقدار ۳ لیتر در هکتار بعد از کاشت و قبل از سبز شدن بوته‌های سیبزمنی برای کنترل علف‌های هرز در یک نوبت و از سه کنفیدور به مقدار ۲۵۰ میلی‌لیتر در دو نوبت برای مبارزه با آفت سوسک کلرادو و ناقلين بیمارهای ویروسی استفاده شد. از نظر اکولوژیک منطقه آزمایشی از اقلیم معتدل و نیمه سردسیر استان اردبیل بوده و متوسط بارندگی ۳۱۰ میلی‌متر و آب و هوای تا حد کمی مرطوب و ارتفاع از سطح دریا ۱۳۷۲ متر و طول و عرض جغرافیایی آن به ترتیب ۲۰

درجه و ۴۸ دقیقه و ۳۸ درجه و ۱۵ دقیقه می‌باشد. متوسط حداکثر و حداقل دمای سالانه و حداکثر دمای مطلق به ترتیب ۲۱/۵۸ و ۱۵/۱۸ درجه سلسیوس است. این منطقه دارای زمستان‌های بسیار سرد و تابستان‌های معتدل می‌باشد. وجود کوهستان‌های سبلان، طالش و بزغوش، تأثیر بخارهای دریای خزر و بادهای سرد شمالی و وجود جنگلهای شمال و شرق آن در میزان بارندگی و نوسان دمای منطقه اردبیل بسیار مؤثر است. آمار هواشناسی منطقه اردبیل در مرحله رشد سیب‌زمینی در طی سال‌های ۱۳۹۶ و ۱۳۹۷ در جدول ۲ نشان داده شده است.

جدول ۱: خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک و آب محل آزمایش

آب	نوع تجزیه	خاک	نوع تجزیه
۱۵۰۰	شوری (میکروزیمنس بر متر)	۱/۲۵	شوری (دسی زیمنس بر متر)
۷/۶۶	اسیدیته	۷/۶۴	اسیدیته
.	کربنات	۲۹	درصد اشیاع
۳۸۲	بی‌کربنات (میلی‌گرم بر کیلوگرم)	۷/۵	درصد آهک
۱۵۵	سولفات (میلی‌گرم بر کیلوگرم)	لومر رسی	بافت
۱۹۵	کلر (میلی‌گرم بر کیلوگرم)	۰/۹۷	کربن آلی
۱۲۳/۹۸	سدیم (میلی‌گرم بر کیلوگرم)	۰/۱	درصد نیتروژن کل
۱۱۸	کلیسم (میلی‌گرم بر کیلوگرم)	۳/۴	فسفر قابل جذب (میلی‌گرم بر کیلوگرم)
۴۴/۲	منیزیم (میلی‌گرم بر کیلوگرم)	۲۳۰	پتانسیم قابل جذب (میلی‌گرم بر کیلوگرم)
۲/۴۶	نسبت جذب سدیم	۱/۲۲	روی (میلی‌گرم بر کیلوگرم)
۷۵۰	کل مواد جامد محلول (میلی‌گرم بر لیتر)	۳/۲۲	آهن (میلی‌گرم بر کیلوگرم)
۴۸۰	سختی کل	۳/۲	مس (میلی‌گرم بر کیلوگرم)
-	-	۴/۲	منگنز (میلی‌گرم بر کیلوگرم)

جدول ۲: آمار هواشناسی منطقه اردبیل طی سال‌های ۱۳۹۶ و ۱۳۹۷

ماه‌های سال	سال ۱۳۹۷						سال ۱۳۹۶					
	متوسط رطوبت (درصد)	میانگین دما (سانانی گراد)			میزان بارندگی (میلی‌متر)	متوسط رطوبت (درصد)	میانگین دما (سانانی گراد)			میزان بارندگی (میلی‌متر)	متوسط رطوبت (درصد)	
		میانگین دما	حداکثر دما	حداقل دما			میانگین دما	حداکثر دما	حداقل دما			
فروردين	۶۶	۹/۰	۱۵/۷	۲/۳	۹/۳	۶۹	۸/۲	۱۴/۳	۲/۱	۲۰/۳	۶۶	
اردیبهشت	۷۱	۱۲/۳	۱۸/۹	۵/۹	۶۰/۳	۶۴	۱۴/۴	۲۱/۴	۷/۴	۳۲/۹	۷۱	
خرداد	۷۱	۱۶/۸	۱۳/۵	۱۰/۰	۲۸/۲	۶۸	۱۷/۳	۲۴/۵	۱۰/۰	۲/۴	۷۱	
تیر	۶۰	۲۱/۵	۲۹/۲	۱۳/۷	۲/۹	۶۱	۱۹/۵	۲۶/۱	۱۲/۸	۹/۳	۶۰	
مرداد	۶۹	۲۰/۳	۲۵/۷	۱۴/۹	۰/۹	۵۸	۲۰/۶	۲۹/۵	۱۱/۷	۱/۳	۶۹	
شهریور	-	-	-	-	-	۵۷	۲۰/۰	۲۹/۳	۱۰/۲	۰/۱	-	

میزان آب مصرفی براساس مراحل مختلف رشد و نیاز گیاه مصرف گردید. برای محاسبه میزان آب آبیاری در هر نوبت و در هر مرحله از رشد سیبزمنی نیاز به مقادیر درصد ظرفیت مزرعه (FC)^۱، درصد پژمردگی دائم (PWP)^۲، جرم مخصوص ظاهری خاک (Bd.D)^۳، آب قابل استفاده (AW)^۴ و آب سهل الوصول (RAW)^۵ می‌باشد. جرم مخصوص ظاهری خاک از نسبت جرم خاک خشک به حجم خاک دست نخورده بر حسب گرم بر سانتی‌متر مکعب به دست می‌آید. جرم مخصوص ظاهری خاک محل آزمایش بر اساس رابطه ۱ محاسبه شد و مقدار آن ۱/۲۹ گرم بر سانتی‌متر مکعب به دست آمد

:(Sohrabi and Behnia, 2007)

$$Bd.D = M_s - Vt$$

رابطه ۱:

در این رابطه $Bd.D$ جرم مخصوص ظاهری خاک (گرم بر سانتی‌متر مکعب)، M_s جرم ذرات جامد (گرم) که از تفاصل جرم نمونه خشک با سیلندر (گرم) و جرم سیلندر (گرم) به دست می‌آید. Vt حجم سیلندر (سانتی‌متر مکعب) که برابر = $\pi/4 \times d^2 \times h$ که در آن d قطر سیلندر و h ارتفاع سیلندر می‌باشد. مقدار ظرفیت مزرعه در پتانسیل ماتریک $-0/3$ بار و پژمردگی دائم در پتانسیل ماتریک -15 بار با استفاده از دستگاه صفحه فشاری^۶ به دست آمد. مقدار ظرفیت مزرعه برابر $29/1$ درصد (FC = $29/1\%$) و مقدار پژمردگی دائم برابر $14/6$ درصد (PWP = $14/6\%$) و جرم مخصوص ظاهری خاک برابر $1/29$ گرم بر سانتی‌متر مکعب محاسبه گردید. حداقل کمبود مجاز^۷ برای سیبزمنی $0/35$ در نظر گرفته می‌شود.

آب قابل استفاده (AW) از رابطه ۲ محاسبه شد (Sohrabi and Behnia, 2007)

$$AW = (\Theta_{FC} - \Theta_{PWP}) / 100 \times Bd.D = ((29/1 - 14/6) / 100) \times 1/29 = 18/70.5$$

رابطه ۲:

آب سهل الوصول (RAW) نیز از رابطه ۳ محاسبه گردید (Sohrabi and Behnia, 2007)

$$RAW = AW \times MAD = ((29/1 - 14/6) / 100) \times 1/29 \times 0/35 = 6/547$$

رابطه ۳:

درصد رطوبت خاک برای تعیین زمان شروع آبیاری از طریق جمع مقادیر آب سهل‌الوصول و پژمردگی دائم محاسبه گردید. مقدار رطوبت خاک $21/147$ درصد برای زمان شروع آبیاری در نظر گرفته شد (رابطه ۴). مقدار درصد رطوبت

1- Field Capacity (FC)

2- Permanent Wilting Point (PWP)

3- Bulk Density (Bd.D)

4- Available Water (AW)

5- Readily Available Water (RAW)

6- PressurePlate

7- MaximumAllowableDepletion(MAD)

خاک محل آزمایش در طی دوره رشد سیب‌زمینی با استفاده از دستگاه پرتابل رطوبت‌سنج خاک^۱ مدل PMS-714 ساخت

کشور تایوان اندازه‌گیری گردید (رسول‌زاده و رئوف، ۱۳۹۳):

$$\text{RAW} + \text{PWP} = ۶/۵۴۷ + ۱۴/۶ = \% ۲۱/۱۴۷$$

: رابطه ^۴

مقدار آب مصرفی در مراحل مختلف رشد سیب‌زمینی در جدول ۳، مدت زمان آبیاری در مراحل مختلف رشد سیب‌زمینی و آرایش‌های مختلف کشت در جدول ۴ و مقدار آب مصرفی در آرایش‌های مختلف کشت در جدول ۵ نشان داده شده است. برای اندازه‌گیری مقدار دبی عبوری از نهر آب در روش آبیاری سطحی (شاهد) از فلوم ^۲ WSC تیپ ۴ استفاده شد. پس از نصب فلوم WSC در ورودی نهر آب، نهر اصلی را با نایلون پوشش داده شد تا از هدرفت آب در داخل نهر جلوگیری شود. مقدار دبی در فلوم WSC تیپ ۴ از رابطه ۵ به دست آمد (Sohrabi and Behnia, 2007):

$$Q_4 = 0.0294 \times H^{2.102}$$

: رابطه ^۵

در این رابطه H ارتفاع آب داخل فلوم (اندازه‌گیری شده از طریق خطکش نصب شده در بدنه فلوم برحسب سانتی‌متر) می‌باشد. بر اساس اندازه‌گیری‌های به عمل آمده در طی دوره رشد سیب‌زمینی، ارتفاع آب بین ۱۹-۲۱ سانتی‌متر بود و دبی آب بین ۱۴/۳۳-۱۷/۶۸۷ لیتر بر ثانیه محاسبه گردید (Sohrabi and Behnia, 2007)

$$Q_4 = 0.0294 \times (21)^{2.102} = ۱۷/۶۸۷ \times ۶۳/۶۷۳ = ۱۷/۶۸۷ \text{ مترمکعب بر ساعت}$$

$$Q_4 = 0.0294 \times (19)^{2.102} = ۱۴/۳۳ \times ۵۱/۵۸۸ = ۱۴/۳۳ \text{ مترمکعب بر ساعت}$$

جدول ۳: مقدار آب مصرفی در مراحل مختلف رشد سیب‌زمینی از طریق آبیاری تیپ

سال	مراحل رشد سیب‌زمینی	آبیاری	تعداد	مقدار آب مصرفی (مترا مکعب در هکتار)	مقدار باران موثر (مترا مکعب در هکتار)	حجم آب کاربردی (مترا مکعب در هکتار)
	مرحله کاشت		۱	۱۵۹/۰۶	۱۲	۲۶۱/۰۶
۱۳۹۶	مرحله از کاشت تا شروع غدمزایی		۳	۴۷۷/۱۸	۳۳۹	۸۱۶/۱۸
	مرحله شروع غدمزایی تا رسیدگی غده		۹	۶۴۳۵/۰۰	۱۲۱	۶۵۵۶/۰۰
	جمع		۱۳	۷۰۷۱/۲۴	۵۶۲	۷۶۳۳/۲۴
	مرحله کاشت		۱	۱۵۹/۰۶	۹۳	۲۵۲/۰۶
۱۳۹۷	مرحله از کاشت تا شروع غدمزایی		۳	۴۷۷/۱۸	۶۰۳	۱۰۸۰/۱۸
	مرحله شروع غدمزایی تا رسیدگی غده		۸	۵۷۲۰/۰۰	۳۲۱	۶۰۴۱/۰۰
	جمع		۱۲	۶۳۵۶/۲۴	۱۰۱۷	۷۳۷۳/۲۴

* حجم آب کاربردی = مقدار آب مصرفی + مقدار باران موثر. در سال‌های اخیر، با توجه به تغییرات شرایط آب و هوایی به ویژه افزایش درجه حرارت و کاهش قابل ملاحظه میزان بارندگی در منطقه اردبیل و طولانی بودن دوره رشد سیب‌زمینی در این منطقه (از دهه اول اردیبهشت ماه

لغایت دهه اول مهر ماه با بیش از ۱۵۰ روز)، میزان مصرف آب در این زراعت افزایش یافته است.

1- Soil Moisture Meter

2- WSC-Flume

جدول ۴: مدت زمان آبیاری در مراحل مختلف رشد سیبزمنی و آرایش‌های مختلف کشت

مراحل رشد سیبزمنی	(متر مکعب در هکتار)	مدت آبیاری (ساعت)	مدت آب مصرفی در هر نوبت	چهار ردیفه (تیپ)	دو ردیفه (تیپ)	سه ردیفه (تیپ)	دو ردیفه (تیپ)
مرحله کاشت	۱۵۹/۰۶	۱/۱۴	۱/۰۶	۱/۱۴	۱/۱۴	۱/۰۶	۱/۱۴
مرحله از کاشت تا شروع غده‌زایی	۲۳۸/۵۹	۱/۷۰	۱/۶۰	۱/۷۰	۱/۷۰	۱/۶۰	۱/۷۰
مرحله شروع غده‌زایی تا رسیدگی غده	۷۱۵/۰۰	۵/۱۱	۴/۷۷	۵/۱۱	۵/۱۱	۴/۷۷	۵/۱۱

* مقدار آب مصرفی در آرایش کشت دو ردیفه و چهار ردیفه ۱۴۰ متر مکعب در هکتار در ساعت و آرایش کشت سه ردیفه ۱۵۰ متر مکعب در هکتار در ساعت می‌باشد.

جدول ۵: مقدار آب مصرفی در مراحل مختلف رشد سیبزمنی و آرایش‌های مختلف کشت

مراحل رشد سیبزمنی	آبیاری	تعداد	آرایش کشت	دو ردیفه (تیپ)	سه ردیفه (تیپ)	چهار ردیفه (تیپ)	دو ردیفه (تیپ)
مرحله کاشت	۱	۱۵۹/۶	۱۵۹/۶	۱۵۹/۰	۱۵۹/۶	۱۵۹/۰	۱۵۹/۶
مرحله از کاشت تا شروع غده‌زایی	۳	۷۱۴/۰	۷۱۴/۰	۷۲۰/۰	۷۱۴/۰	۷۲۰/۰	۷۱۴/۰
مرحله شروع غده‌زایی تا رسیدگی غده	۹	۶۴۳۸/۶	۶۴۳۸/۶	۶۴۳۹/۵	۶۴۳۸/۶	۶۴۳۹/۵	۶۴۳۸/۶
جمع (متر مکعب در هکتار)		۷۳۱۲/۲	۷۳۱۲/۲	۷۳۱۸/۵	۷۳۱۲/۲	۷۳۱۸/۵	۷۳۱۲/۲

مقدار آب مصرفی در مراحل مختلف رشد سیبزمنی از طریق آبیاری سطحی با فلوم WSC تیپ ۴ در جدول ۶ نشان

داده شده است.

جدول ۶: مقدار آب مصرفی در مراحل مختلف رشد سیبزمنی از طریق آبیاری سطحی با فلوم WSC تیپ ۴

سال	مراحل رشد سیبزمنی	آبیاری	تعداد	مقدار آب مصرفی (متر مکعب در هکتار)	مقدار باران موثر (متر مکعب در هکتار)	حجم آب کاربردی
مرحله کاشت	۱	۱۰۷۵	۱	۱۰۷۵	۱۰۲	۱۱۷۷
مرحله از کاشت تا شروع غده‌زایی	۴	۳۹۲۰	۴	۳۹۲۰	۳۳۹	۴۲۵۹
مرحله شروع غده‌زایی تا رسیدگی غده	۸	۸۷۰۴	۸	۸۷۰۴	۱۲۱	۸۸۲۵
جمع		۱۳۶۹۹	۱۳	۱۳۶۹۹	۵۶۲	۱۴۲۶۱
مرحله کاشت	۱	۱۱۰۰	۱	۱۱۰۰	۹۳	۱۱۹۳
مرحله از کاشت تا شروع غده‌زایی	۳	۲۸۵۰	۳	۲۸۵۰	۶۰۳	۳۴۵۳
مرحله شروع غده‌زایی تا رسیدگی غده	۸	۹۲۰۰	۸	۹۲۰۰	۳۲۱	۹۵۲۱
جمع		۱۳۱۵۰	۱۲	۱۳۱۵۰	۱۰۱۷	۱۴۱۶۷

* در سال‌های اخیر، با توجه به تغییرات شرایط آب و هوایی به ویژه افزایش درجه حرارت و کاهش قابل ملاحظه میزان بارندگی در منطقه اردبیل و طولانی بودن دوره رشد سیبزمنی در این منطقه (از دهه اول ارديبهشت ماه لغایت دهه اول مهر ماه با بیش از ۱۵۰ روز)، میزان مصرف آب در این زراعت افزایش یافته است.

در طی دوران رشد و پس از برداشت، صفات ارتفاع بوته، تعداد ساقه اصلی در بوته، تعداد غده در بوته، عملکرد غده،

درصد ماده خشک غده، میزان آب مصرفی، باران موثر، درصد نیتروژن کل، ویتامین ث و قندهای احیایی غده اندازه‌گیری

شد. در آخر فصل رشد، پس از برداشت کرت‌های آزمایشی، عملکرد غده در هکتار تعیین گردید. برای تعیین درصد ماده

خشک غده، برش‌های نازک ۴ غده متوسط (۴۰-۸۰ میلی‌متر) از هر رقم را به صورت جداگانه در داخل آون به مدت ۴۸

ساعت و در دمای ۷۵ درجه سلسیوس قرار داده و از طریق رابطه ۶ اندازه‌گیری شد (Kiptoo et al., 2018):

$$\text{رابطه ۶: } \text{وزن غده اولیه} / \text{وزن غده پس از خشک شدن} = \text{درصد ماده خشک}$$

کارایی مصرف آب به شرح رابطه ۷ محاسبه شد:

$$WUE = TY \div TWU$$

رابطه ۷:

در این رابطه WUE کارایی مصرف آب، TY عملکرد غده (تن در هکتار) و TWU کل آب مصرف شده توسط سیب-زمینی (متر مکعب در هکتار) می‌باشد. در این بررسی، درصد نیتروژن غده با استفاده از دستگاه کجلدا، به روش میکروکجلدا تعیین شد. تعیین مقدار ویتامین ث با روش حجمی تیتراسیون انجام گردید (Toit, 2001). برای اندازه‌گیری میزان قندهای احیاء غدها از روش حجمی و تیتراسیون استفاده شد (AOAC, 2005). بر روی داده‌های حاصل از عملکرد غده و اجزای آن تجزیه واریانس ساده و مرکب صورت گرفت. آزمون F بر اساس امید ریاضی میانگین مربعات انجام شد. مقایسه میانگین صفات اندازه‌گیری شده با استفاده از آزمون LSD در سطح احتمال ۵ درصد محاسبه گردید. برای محاسبه آن‌ها از نرمافزار SAS 9.1 استفاده شد. برای نرمال بودن کشیدگی و یا چولگی توزیع داده‌ها، از آزمون کولموگروف - اسمیرنوف استفاده شد. پس از انجام آزمون نرمال بودن داده‌های حاصل از اندازه‌گیری صفات در دو سال در منطقه اردبیل با آزمون کولموگروف- اسمیرنوف^۱ و تست اشتباهات آزمایشی داده‌های بر اساس آزمون لون^۲، تجزیه واریانس صفات انجام و میانگین مربعات نیز بر اساس امید ریاضی مورد آزمون قرار گرفتند.

نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس صفات مورد مطالعه نشان داد بین آرایش کشت و بین اثر متقابل آرایش کشت \times ارقام از لحاظ صفات ارتفاع بوته، تعداد ساقه اصلی در بوته، تعداد غده در بوته، عملکرد غده، کارایی مصرف آب، درصد نیتروژن کل، ویتامین ث و قندهای احیایی غده و بین ارقام از نظر ارتفاع بوته، تعداد غده در بوته، درصد ماده خشک غده، درصد نیتروژن کل، ویتامین ث و قندهای احیایی غده و بین اثر متقابل سال \times آرایش کشت \times ارقام از لحاظ درصد ماده خشک غده اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد وجود دارد (جدول ۷).

اثر آرایش کاشت بر عملکرد غده ارقام سیب‌زمینی

نتایج تجزیه واریانس اثر آرایش کاشت در عملکرد غده‌های سیب‌زمینی از لحاظ آماری در سطح ۱ درصد معنی‌دار گردید (جدول ۷). الگوهای کشت اثر متفاوتی بر تولید سیب‌زمینی گذاشتند. بالاترین عملکرد غده سیب‌زمینی مربوط به رقم میلوا به میزان ۷۵/۸۰ تن در هکتار مربوط به آرایش کاشت چهار ردیف با فاصله عرض کاشت ۱۵۰ سانتی‌متر در روی دو پشته و در هر پشته دو ردیف و یک نوار تیپ بود، هر چند که با رقم جلی در آرایش کشت چهار ردیفه اختلاف معنی‌داری نشان نداد (جدول ۸) و نسبت به شاهد با عملکرد غده ۲۶/۸۰ تن در هکتار به میزان ۴۹ تن در هکتار (۶۵ درصد)

1- Kolmogorov - Smirnov

2- Levene Statistic

نشان داد، که از نظر الگوی کشت و عملکرد غده با نتایج تحقیقات Mahmood (۲۰۰۵) هم خوانی داشت و همچنین این میزان نسبت به آرایش کاشت دو ردیف با فاصله عرض کاشت ۱۵۰ سانتی‌متر با یک نوار تیپ که حدود ۴۰/۹۴ تن در هکتار و آرایش کاشت سه ردیف با فاصله عرض کاشت ۱۵۰ سانتی‌متر با دو نوار تیپ در روی یک پشته که حدود ۴۹/۶۸ تن در هکتار بود به ترتیب افزایش ۳۴/۸۶ و ۲۶/۱۲ تن در هکتار را نشان داد. به نظر می‌رسد با کاهش فاصله مابین خطوط کاشت و افزایش تراکم، عملکرد غده سیبزمنی افزایش قابل توجهی پیدا کرده است که دلیل این مسأله احتمالاً تغییر فاصله بین خطوط به حالت زیگزاگی بوده و این عامل باعث جذب بیشتر و بهتر آب و مواد غذایی و عوامل محیطی گردیده و اثر مثبتی بر روی عملکرد سیب زمینی گذاشته است (Zheng *et al.*, 2016). Seyed و همکاران (۲۰۱۴) با بررسی عملکرد غده سیبزمنی در تراکم‌های مختلف گزارش کردند که تراکم‌های بالا بر تعداد و وزن غدهای سیبزمنی تأثیرگذار بوده و باعث کاهش غدهای درشت بالای ۸۰ گرم می‌گردد. این در حالی است که نتایج سایر محققان نشان داد که افزایش فاصله کشت غدهای بذری بر روی ردیف، عملکرد غده سیبزمنی را کاهش می‌دهد. همچنین Bohl (۲۰۰۶) گزارش کرد که در اثر افزایش فاصله کشت، غدهای بذری درشت می‌شوند و کشت متراکم مناسب نمی‌باشد. در پژوهش دیگری افزایش تراکم بوته و ساقه سیبزمنی موجب کاهش اندازه غده تولیدی و نهایتاً کاهش عملکرد گردیده است (Bussan *et al.*, 2007). همچنین بالا بودن عملکرد در روش آبیاری قطره‌ای (تیپ) احتمالاً به این علت است که خاک همواره دارای وضعیت رطوبتی مناسبی بوده و گیاه انرژی کمتری که صرف جذب کردن آب از خاک کرده و انرژی مازاد خود را صرف سایر فعالیت‌های فیزیولوژیکی و بیولوژیکی نموده است. نتایج این تحقیق با نتایج سایر پژوهشگران از نظر استفاده از آبیاری قطره‌ای و اثر آن در میزان عملکرد غده مطابقت دارد (Carli *et al.*, 2014; Mubarak *et al.*, 2018). Attaher و همکاران (۲۰۰۴) آزمایشی به مدت دو سال زراعی برای ارزیابی روش‌های آبیاری قطره‌ای سطحی و زیرسطحی بر محصول سیبزمنی در سه سطح نیاز آبی (۷۵، ۱۰۰ و ۱۲۵ درصد از ETc) انجام دادند. نتایج این آزمایش نشان داد که سطوح مختلف آبیاری تأثیر معنی‌داری بر عملکرد کل محصول ندارد، اما سیستم آبیاری قطره‌ای دارای تأثیر معنی‌داری بر عملکرد کل محصول بود و در کل بیشترین محصول در استفاده از آبیاری قطره‌ای تیپ در ۱۲۵ درصد از ETc بدست آمد. اسکندری و همکاران (۱۳۹۰) تأثیر رژیم آبیاری بر خصوصیات فیزیولوژیکی، عملکرد و کارآیی مصرف آب سیبزمنی را مورد مطالعه قرار دادند که نشان دادند کاهش حجم آبیاری در سیبزمنی به دلیل سیستم ریشه‌ای سطحی و محدود این گیاه و حساس بودن به کمبود رطوبت خاک، به خصوص در زمان آغازش غده و غده‌بندی، باعث افت عملکرد غده این گیاه می‌گردد. پایین‌ترین عملکرد غده سیبزمنی مربوط به آرایش کشت دو ردیف با فاصله عرض کاشت ۱۵۰ سانتی‌متر به صورت غرقابی (شاهد) بود و ارقام در این آرایش کشت اختلاف معنی‌داری از نظر عملکرد غده نشان ندادند.

جدول ۷: نتایج تجزیه واریانس صفات مورد مطالعه در آرایش‌های مختلف کاشت و ارقام سیب‌زمینی

میانگین مربعات											منابع تغییر	
قندهای احیایی		ویتامین ث	درصد نیتروژن کل	درصد ماده خشک غده	کارایی مصرف آب	عملکرد غده	تعداد غده در بوته	تعداد ساقه اصلی در بوته	ارتفاع بوته	درجه آزادی		
غده	غده											
۰/۰۰۱	۰/۰۰۴	۰/۰۳۳	۰/۴۲	۰/۲۷	۲۳/۴۱	۳/۴۳	۱/۹۷	۰/۱۴۸	۳	سال (Y)		
۰/۰۰۲	۰/۰۰۵	۰/۰۴۱	۰/۵۵	۰/۹۸	۱۳/۵۴	۴/۲۸	۱/۳۳	۲۲/۵۷	۴	اشتباه		
۰/۰۳۲***	۳/۲۶۴***	۰/۵۴۱***	۰/۷۹	۳۱۷/۱۸***	۱۰۴۴۸/۰۳***	۴۲/۲۰***	۱/۴۷*	۹۲۰/۲۶***	۳	آرایش کشت (A)		
۰/۰۰۱	۰/۰۰۷	۰/۰۰۳	۰/۶۳	۰/۱۹	۱۶/۰۵	۰/۹۱	۰/۴۹	۲۱/۲۷	۹	Y × A		
۰/۰۰۱	۰/۰۰۸	۰/۰۰۴	۰/۹۶	۶/۹۶	۳۷۳/۷۹	۰/۷۴	۰/۳۳	۱۸/۲۴	۱۲	اشتباه		
۰/۰۵۶***	۳۵/۸۲۶***	۱/۰۱۳***	۷/۹۰***	۱/۱۴	۷۳/۶۱	۳/۷۱*	۰/۵۱	۲۶۳/۲۱***	۳	ارقام (B)		
۰/۰۰۱	۰/۰۷۷	۰/۰۰۵	۰/۴۱	۰/۱۵	۱۵/۵۸	۰/۳۰	۰/۳۷	۱۸/۰۷	۹	Y × B		
۰/۰۰۱	۰/۰۹۶	۰/۰۰۶	۰/۳۷	۰/۷۷	۵۰/۴۶	۰/۶۸	۰/۴۵	۱۴/۱۸	۱۲	اشتباه		
۰/۱۱۷***	۳۷/۶۱۹***	۰/۷۱۹***	۱/۶۱*	۱/۸۱*	۴۹/۰۸***	۵/۸۷***	۱/۶۲*	۱۷۵/۴۵***	۹	A × B		
۰/۰۰۱	۰/۰۴۹	۰/۰۰۳	۱/۱۳*	۰/۱۷	۱۶/۷۶	۱/۲۵	۰/۱۱	۲۷/۲۶	۲۷	Y × A × B		
۰/۰۰۲	۰/۰۶۲	۰/۰۰۴	۰/۶۴	۰/۲۷	۱۹/۱۵	۰/۷۵	۳۷	۱۷/۸۹	۳۶	اشتباه		
۸/۷۹	۱/۸۳	۳/۳۴	۳/۸۹	۸/۵۶	۸/۹۶	۱۳/۲۲	۱۵/۲۶	۷/۵۷	-	ضریب تغییرات (%)		

ns، * و ** به ترتیب غیرمعنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال پنج و یک درصد.

جدول ۸: مقایسه میانگین صفات مورد مطالعه در آرایش‌های مختلف کاشت و ارقام سیب‌زمینی

آرایش کاشت	ارقام	ارتفاع بوته (سانتی‌متر)	تعداد ساقه اصلی در بوته	تعداد غده در بوته	عملکرد غده (تن در هکتار)	کارایی مصرف آب (کیلوگرم بر متراکعب)	درصد خشک غده	درصد ماده نیتروژن کل	درصد (میلی‌گرم در ۱۰۰ گرم وزن تو)	ویتامین ث غده (میلی‌گرم در ۱۰۰ گرم وزن تو)	قند های احیایی غده
دو ردیف با فاصله عرض کاشت	Agria	e۴۸/۲۵	c۳/۲۵	efg۵/۶۳	f۲۸/۸۹	g۲/۰۳	abcd۲۱/۰۵	g۱/۷۲۹	j۱۱/۸۸۰	j۱۱/۴۱۸	hi/۴۰۰
۱۵۰ سانتی‌متر به صورت عرقابی (شاهد)	Milva	e۴۸/۷۵	b۳۳/۶۳	g۴/۷۵	f۲۶/۸۰	g۱/۸۸	abcdef۲۰/۳۹	b۲/۱۲۹	b۱۶/۰۸۰	b۰/۵۶۵	b/۰۰۰
دو ردیف با فاصله عرض کاشت	Banba	cd۵۸/۳۸	b۳۳/۶۳	bc۳/۶۳	efg۵/۶۳	g۲/۲۰	f۱۹/۸۵	fg۱/۷۸۳	h۱۲/۹۶۰	ghi/۴۳۱	gh/۰۰۰
۱۵۰ سانتی‌متر با یک نوار تیپ	Jelly	e۴۷/۲۱	ab۴/۲۵	g۴/۸۸	f۳۰/۴۷	g۲/۱۴	a۲۱/۲۹	cd1/۹۲۹	f۱۴/۳۰۰	cde۰/۵۰۹	cd/۰۰۰
دو ردیف با فاصله عرض کاشت	Agria	d۴۷/۱۳	a۴/۳۸	a۹/۰۰	e۳۸/۶۴	f۵/۱۴	abc۲۱/۱۰	i۱/۳۴۹	i۱۲/۲۰۰	i/۰۰۰	k/۰۰۰
دو ردیف با فاصله عرض کاشت	Milva	e۵۰/۶۳	abc۳/۸۸	bc۷/۳۸	e۴۰/۹۴	ef۵/۴۵	a۲/۲۳۹	a۱۷/۸۶۰	a۱۷/۰۸۰	a/۰۰۰	a/۰۰۰
۱۵۰ سانتی‌متر با یک نوار تیپ	Banba	e۴۹/۳۸	abc۳/۸۸	bc۷/۳۸	cd۷/۰۰	e۴۲/۶۴	bedf۲۰/۳۵	cd۱/۱۷۱	ef1۴/۴۱۰	cde۰/۵۰۹	cd/۰۰۰
دو ردیف با فاصله عرض کاشت	Jelly	e۵۱/۵۰	abc۳/۷۵	ab۸/۲۵	e۴۳/۰۸	ef۵/۷۴	i۱/۳۴۲	abcede۲۱/۰۱	i۱۰/۱۶۰	jk/۰۰۰	jk/۳۵۹
سه ردیف با فاصله عرض کاشت	Agria	bed۶/۱۳	ab۴/۲۵	cd۷/۰۰	d۶/۶۸	abc۲۱/۱۱	h۱/۵۴۶	jij/۱۱/۹۲۰	ij/۱۱/۰۹۰	ij/۰۰۰	ij/۰۰۰
۱۵۰ سانتی‌متر با دو نوار تیپ در روی یک پشتنه	Milva	e۴۸/۵۰	ab۴/۰۰	ab۸/۱۳	d۴۹/۶۸	d۶/۶۱	abcdef۲۰/۶۷	b۲/۰۸۰	de1۴/۶۳۰	bed/۰۰۰	bed/۰۰۰
روی یک پشتنه	Banba	abc۶۲/۲۵	ab۴/۰۰	ab۴/۰۰	cd۵۳/۳۰	cd۷/۱۱	def۲۰/۱۵	b۲/۰۵۶	c۱۵/۲۵۰	bc/۰۰۰	bc/۰۰۰
چهار ردیف با فاصله عرض کاشت	Jelly	ab۶۴/۶۳	a۴/۳۸	cd۶/۶۳	c۵۶/۶۵	c۷/۵۴	abc۲۱/۱۳	ef1۱/۸۱۹	h۱۳/۱۵۰	fghi/۰۰۰	fghi/۴۴۰
۱۵۰ سانتی‌متر در روی دو پشتنه و در هر پشتنه دو ردیف و یک نوار تیپ	Agria	bcd۶۱/۲۵	ab۴/۱۳	fg۵/۱۳	b۹/۴۱	b۷۰/۴۶	cdef۲۰/۲۰	h۱/۴۹۹	d۱۴/۷۲۰	defg/۰۰۰	defg/۴۷۹
۱۵۰ سانتی‌متر در روی دو پشتنه و در هر پشتنه دو ردیف و یک نوار تیپ	Milva	bcde۶۰/۷۵	ab۴/۱۳	ab۴/۰۰	a۷۵/۸۰	a۱۰/۱۳	abcdef۲۰/۲۹	j/۱۲۰	k۱۱/۰۰۰	l/۰۰۰	l/۰۰۰
۱۵۰ سانتی‌متر در روی دو پشتنه و در هر پشتنه دو ردیف و یک نوار تیپ	Banba	a۶۶/۲۵	ab۴/۰۰	ab۴/۰۰	efg۵/۶۹	b۶۹/۱۷	b۹/۲۶	f۱۹/۸۶	def1/۸۵۵	h۱۲/۸۸۰	efgh/۰۰۰
۱۵۰ سانتی‌متر در روی دو پشتنه و در هر پشتنه دو ردیف و یک نوار تیپ	Jelly	cd۵۹/۳۸	ab۴/۲۵	cd۶/۳۸	ab۷۲/۳۲	ab۹/۶۶	ab۲۱/۲۱	c۱/۹۳۵	g۱۳/۱۰	def/۰۰۰	def/۴۹۰

* و ** به ترتیب غیرمعنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال پنج و یک درصد.

اثر آرایش کاشت بر سایر صفات کمی و کیفی مورد آزمایش

در رابطه با ارتفاع بوته در آرایش کشت چهار ردیف با فاصله عرض کاشت ۱۵۰ سانتی‌متر در روی دو پشته و در هر پشته دو ردیف و یک نوار تیپ ارقام بانبا، میلوا و آگریا و در آرایش کشت سه ردیف با فاصله عرض کاشت ۱۵۰ سانتی‌متر با دو نوار تیپ در روی یک پشته ارقام جلی و بانبا دارای بیشترین مقدار بودند (جدول ۸) که با نتایج تحقیق Amel و همکاران (۲۰۱۵) در مورد صفت ارتفاع بوته هم‌خوانی داشت. کمترین تعداد ساقه اصلی در بوته مربوط به آرایش کاشت دو ردیف با فاصله عرض کاشت ۱۵۰ سانتی‌متر به صورت غرقابی (شاهد) در ارقام آگریا، میلوا و بانبا مشاهده شد. در سایر آرایش‌های کشت در ارقام مورد آزمایش تفاوت معنی‌داری در این صفت حاصل نشد (جدول ۸). بیشترین تعداد غده در بوته مربوط به ارقام آگریا و جلی در آرایش کشت دو ردیف با فاصله عرض کاشت ۱۵۰ سانتی‌متر با یک نوار تیپ و رقم میلوا با آرایش کشت سه ردیف با فاصله عرض کاشت ۱۵۰ سانتی‌متر با دو نوار تیپ در روی یک پشته بود. شیری جنافرد و همکاران (۱۳۸۶) گزارش کردند که با افزایش آب آبیاری تعداد غده در بوته افزایش یافت. بیشترین درصد ماده خشک غده مربوط به رقم جلی و آگریا در آرایش‌های مختلف کشت مورد مطالعه بود. Kiptoo و همکاران (۲۰۱۸) نشان دادند که کم-آبی به طور معنی‌داری بر عملکرد محصول سیب‌زمینی و کیفیت گوشت تأثیر می‌گذارد. عملکرد بوته، ارتفاع بوته به خوبی به نوسانات آبیاری پاسخ داد و کاهش میزان آب روی رشد سیب‌زمینی تأثیر گذاشت. بالاترین مقدار درصد نیتروژن کل، ویتامین ث و قندهای احیایی غده مربوط به رقم میلوا در آرایش کشت دو ردیف با فاصله عرض کاشت ۱۵۰ سانتی‌متر با یک نوار تیپ و کمترین مقدار درصد نیتروژن کل و قندهای احیایی مربوط به رقم میلوا با آرایش کشت چهار ردیف با فاصله عرض کاشت ۱۵۰ سانتی‌متر در روی دو پشته و در هر پشته دو ردیف و یک نوار تیپ بود که دلیل آن احتمالاً به علت تراکم غده کمتر در ردیف‌های کشت می‌باشد (جدول ۸). میزان پروتئین در گیاه رابطه مستقیمی با درصد نیتروژن دارد. میزان کود نیتروژن به کاربرده شده در تیمارها ثابت بود و در آرایش‌های مختلف کشت، ارقام مورد بررسی و اثر متقابل آرایش کشت × ارقام، تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد در این صفت به دست آمد. بین درصد نیتروژن غده و عملکرد کل همبستگی منفی و غیر معنی‌داری مشاهده شد که تایید کننده ایجاد رقت نیتروژن و پروتئین غده به دلیل ثابت بودن مصرف مساوی و همزمان کود نیتروژن به کاربرده شده در تیمارها بود. در سایر صفات کیفی نیز روال مشابهی مشاهده گردید. قندهای احیایی غده سیب‌زمینی عمدتاً شامل مونوساکاریدهای گلوکز و فروکتوز و مقدار کمی دی‌ساکارید ساکارز می‌باشند. میزان قندهای احیایی از عوامل مؤثر در کیفیت رنگ فرآوردهای سیب‌زمینی بوده، لذا شرایطی که میزان قندهای احیایی را بکاهند، جهت تولید سیب‌زمینی مناسب با مصارف صنعتی قابل توصیه می‌باشند (Mazurrczyk and Lis, 2002).

هستند، اگر میزان قند غده بیش از حد معمول گردد، موجب افزایش رنگ محصول و افت کیفیت آن‌ها خواهد شد. بنابراین با مدیریت صحیح در روش کاشت و تنظیم آب آبیاری با روش‌های مدرن مانند آبیاری قطره‌ای، ضمن صرفه‌جویی در مصرف آب آبیاری می‌توان از بروز تنش‌های احتمالی و افزایش میزان قند در غده‌های سیبزمینی جلوگیری نمود. تأثیر سطوح آبیاری بر میزان قندهای احیا غده سیبزمینی در پژوهش‌های دیگر نیز به اثبات رسیده است (Semet *et al.*, 2002; Mazurrczyk and Lis, 2002). محتوای ویتامین ث غده سیبزمینی بسته به نوع رقم از ۱۰/۱۶ تا ۱۷/۸۶ میلی‌گرم در هر ۱۰۰ گرم وزن تر غده متغیر بود (جدول ۸). شرایط محیطی، مدیریت تغذیه، میزان و زمان مصرف کودهای نیتروژنی و پتاسیمی و دما از عمدۀ‌ترین عوامل تأثیرگذار بر محتوای ویتامین ث در غده سیبزمینی می‌باشد (Wichrowska *et al.*, 2014; Yamdeu Galani *et al.*, 2017) ویتامین ث در ۳ تا ۴ هفته انتهای رشد سیبزمینی با سرعت بالاتری صورت گرفته و اندام‌های هوایی گیاه به عنوان محل فرآوری و یا پیش‌نیاز انجام این فرآیندها می‌باشد (Lori, 2005).

اثر آرایش کاشت بر کارایی مصرف آب ارقام سیب زمینی

اثر آرایش‌های مختلف کاشت بر روی کارایی مصرف آب از لحاظ آماری در سطح ۱ درصد و اثر متقابل ارقام × آرایش - های مختلف کاشت بر روی کارایی مصرف آب در سطح آماری ۵ درصد معنی‌دار شدند (جدول ۷). فربدی مایوان و همکاران (۱۳۹۷) با بررسی الگوهای مختلف کاشت شامل عرض پشته ۷۵ سانتی‌متر، دو ردیف ۳۵ سانتی‌متری روی پشته ۱۵۰ سانتی‌متری و دو ردیف ۴۵ سانتی‌متری روی پشته ۱۵۰ سانتی‌متری و سطوح مختلف آبیاری گزارش کرد که بالاترین کارایی مصرف آب در تیمار ۱۰۰ درصد و ۸۰ درصد آبیاری مربوط به تیمار دوردیف ۴۵ سانتی‌متری روی پشته ۱۵۰ سانتی‌متری و در تیمار ۶۰ درصد آبیاری مربوط به تیمار دوردیف ۳۵ سانتی‌متری روی پشته ۱۵۰ سانتی‌متری بود. افزایش عملکرد غده‌های بذری و کارایی مصرف آب در روش آرایش کاشت یک نوار تیپ برای دوردیف کاشت به فاصله ۳۵ سانتی‌متر توسط باغانی (۱۳۸۸) گزارش شده است. بالاترین کارایی مصرف آب مربوط به رقم میلوا با آرایش کشت چهار ردیف با فاصله عرض کاشت ۱۵۰ سانتی‌متر در روی دو پشته و در هر پشته دو ردیف و یک نوار تیپ به میزان ۱۰/۱۳ کیلوگرم بر متر مکعب بود، هر چند با رقم جلی در این نوع آرایش کشت تفاوت معنی‌داری نشان نداد. پایین‌ترین کارایی مصرف آب مربوط به آرایش کشت دو ردیف با فاصله عرض کاشت ۱۵۰ سانتی‌متر به صورت غرقاب (شاهد) بود و تفاوت معنی‌داری بین چهار رقم مورد مطالعه در این آرایش کشت از نظر صفت کارایی مصرف آب مشاهده نشد (جدول ۸) که با نتایج Montazar و Kosari (۲۰۰۷) مطابقت دارد. کارایی مصرف آب سیبزمینی در ایران ۱/۹-۵/۳ کیلوگرم به ازاء هر متر مکعب آب گزارش شده است (Rashidi and Gholami, 2008).

تحت فشار مقدار آب مورد نیاز برای سیب‌زمینی ۵۶۵ میلی‌متر بوده است (Unlu *et al.*, 2006). در گزارش‌های دیگر در این کشور این مقدار برای سیب‌زمینی ۵۷۲ میلی‌متر گزارش شده است (Yavuz, 2011). به طور کلی دامنه اعداد ذکر شده برای آب مورد نیاز سیب‌زمینی با توجه به شرایط اقلیمی دامنه‌ای از ۳۵۰ تا ۸۰۰ میلی‌متر بوده است (Yavuz *et al.*, 2016) و همکاران (Amel *et al.*, 2015) با بررسی کارایی مصرف آب تحت شرایط آب و هوایی تونس اعلام کردند که در آبیاری به روش قطره‌ای در سیب‌زمینی بالاترین کارایی مصرف آب و عملکرد غده سیب‌زمینی حاصل شد، اما بر ارتفاع گیاه تأثیر نداشت. با کاهش فاصله بین خطوط و حذف فضاهای خالی کاشت کارایی مصرف آب از ۱/۸۸ کیلوگرم بر متر مکعب به ۱۰/۱۳ کیلوگرم بر متر مکعب رسید. به نظر می‌رسد با کم شدن فاصله کاشت، فضاهای خالی کمتر شده و در نتیجه میزان تبخیر کاهش می‌یابد و سبب افزایش کارایی مصرف آب می‌گردد. طبق تحقیق Kiptoo و همکاران (2018) در مورد کارایی مصرف آب سیب‌زمینی در رژیم‌های مختلف آبیاری، کارایی مصرف آب بهدلیل کاهش آب آبیاری افزایش یافت. همبستگی بین صفت عملکرد غده با ارتفاع بوته، تعداد ساقه اصلی در بوته و کارایی مصرف آب مثبت و معنی‌دار بود. صفت کارایی مصرف آب با صفات ارتفاع بوته و تعداد ساقه اصلی در بوته رابطه مثبت و معنی‌دار داشت (جدول ۹). بر اساس نتایج تجزیه به عامل‌ها، تعداد ۴ عامل شناسایی شد. چهار عامل مستقل از هم مجموعاً ۸۳/۲۰ درصد از تغییرات را توجیه کردند. عامل اول با ۳۴/۱۰ درصد از تغییرات و مقدار ویژه ۳/۴۱۱۹، صفات ارتفاع بوته، تعداد ساقه اصلی در بوته، عملکرد غده و کارایی مصرف آب دارای ضرایب عاملی بزرگ و مثبت بودند و به عنوان عملکرد و اجزا عملکرد غده نام-گذاری شدند. عامل دوم با توجیه ۲۸درصد از تغییرات با مقدار ویژه ۲/۷۹۵۷، شامل ضرایب عاملی منفی و بزرگ برای صفات درصد نیتروژن کل، ویتامین ث و قندهای احیایی غده بود. عامل سوم با توجیه ۱۰/۷۰ درصد از تغییرات با مقدار ویژه ۱/۰۶۵۵، شامل ضرایب عاملی منفی و بزرگ برای صفت درصد ماده خشک غده و عامل چهارم با توجیه ۱۰/۴۰ درصد از تغییرات با مقدار ویژه ۱/۰۳۶۳، شامل ضرایب عاملی منفی و بزرگ برای صفت تعداد غده در بوته بود (جدول ۱۰).

جدول ۹: همبستگی بین صفات مورد مطالعه در ارقام و آرایش کشت مختلف

صفات	ارتفاع بوته	اصلی در بوته	ارتفاع بوته	تعداد ساقه اصلی در بوته	ارتفاع بوته	درصد ماده خشک غده	ارتفاع بوته	درصد نیتروژن کل	ارتفاع بوته	ویتامین ث غده	ارتفاع بوته	درصد ماده خشک غده	ارتفاع بوته	ویتامین ث غده	ارتفاع بوته	قند های احیایی غده
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
ارتفاع بوته	-	*۰/۴۹	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
تعداد ساقه اصلی در بوته	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
ارتفاع بوته	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
تعداد غده در بوته	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
عملکرد غده	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
کارایی مصرف آب	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
درصد ماده خشک غده	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
درصد نیتروژن کل	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
ویتامین ث غده	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
قند های احیایی غده	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

جدول ۱۰: ضرایب عامل‌ها در صفات کمی و کیفی برای ارقام و آرایش کاشت مختلف گیاه سیب زمینی

صفات	فاکتور ۱	فاکتور ۲	فاکتور ۳	فاکتور ۴
ارتفاع بوته	-۰/۵۸۵	-۰/۲۱۶	-۰/۱۸۱	-۰/۱۱۵
تعداد ساقه اصلی در بوته	-۰/۵۱۹	-۰/۰۲۴	-۰/۲۴۱	-۰/۱۴۸
تعداد غده در بوته	-۰/۰۶۸	-۰/۲۳۶	-۰/۰۹۷	-۰/۹۵۸
عملکرد غده	-۰/۹۷۵	-۰/۱۲۶	-۰/۰۶۴	-۰/۰۰۷
کارایی مصرف آب	-۰/۹۵۹	-۰/۰۸۷	-۰/۰۵۴	-۰/۱۶۵
درصد ماده خشک غده	-۰/۱۴۹	-۰/۲۰۸	-۰/۹۴۲	-۰/۰۹۹
درصد نیتروژن کل	-۰/۱۶۳	-۰/۹۴۱	-۰/۰۳۱	-۰/۱۲
ویتامین ث غده	-۰/۰۷۲	-۰/۹۰۰	-۰/۲۵	-۰/۰۹۷
قدیم‌های احیایی غده	-۰/۰۱۳	-۰/۰۹۵۶	-۰/۰۶۱	-۰/۱۵۲
مقادیر ویژه	-۲/۴۱۱۹	-۲/۷۹۵۷	-۱/۰۶۵۵	-۱/۰۳۶۳
واریانس (درصد)	-۳۴/۱۰	-۲۸/۰۰	-۱۰/۷۰	-۱۰/۴۰
واریانس تجمعی (درصد)	-۳۴/۱۰	-۶۲/۱۰	-۷۲/۸۰	-۸۳/۲۰

نتیجه‌گیری

بر اساس نتایج به دست آمده، افزایش عملکرد غده در آرایش کشت چهار ردیف نسبت به شاهد در رقم میلوا ۴۹ تن در هکتار و در رقم جلی ۴۱/۸۵ تن در هکتار و افزایش کارایی مصرف آب در رقم میلوا ۸/۲۵ کیلوگرم بر مترمکعب و در رقم جلی ۷/۵۲ کیلوگرم بر مترمکعب بود. در آرایش کشت چهار ردیف، در طی دوره رشد مقدار ۷۳۷۳/۲۴ مترمکعب در هکتار و در شاهد ۱۴۲۱۴ متر مکعب در هکتار آب مصرف گردید. میزان صرفه‌جویی و کاهش مصرف آب در آرایش کشت چهار ردیف نسبت به شاهد ۶۸۴۱ متر مکعب در هکتار (۴۸ درصد) بود. افزایش کارایی مصرف آب در آرایش کاشت چهار ردیف نسبت به شاهد در رقم میلوا ۸/۲۵ کیلوگرم بر مترمکعب و در رقم جلی ۷/۵۲ کیلوگرم بر مترمکعب بود. با توجه به افزایش عملکرد غده، افزایش کارایی مصرف آب، صرفه‌جویی در مصرف آب نسبت به شاهد در رقم میلوا و جلی، کاشت این ارقام با غده‌کار چهار ردیفه با دو نوار تیپ در دو پشتی به عرض کاشت ۱۵۰ سانتی‌متر برای مزارع تولید بذر سیب‌زمینی منطقه اردبیل و مناطق هم اقلیم توصیه می‌گردد.

منابع

- اسکندری، ع.، خزاعی، ح.ر.، نظامی، ا. و کافی، م. ۱۳۹۰. مطالعه تاثیر رژیم آبیاری بر عملکرد و برخی از خصوصیات کیفی سه رقم سیب زمینی (*Solanum tuberosum* L.). نشریه آب و خاک. ۲۵ (۲): ۲۴۰-۲۴۷.
- باغانی، ج. ۱۳۸۸. آرایش کاشت و مقادیر آب در زراعت سیب زمینی با آبیاری قطره‌ای در مشهد. نشریه آب و خاک. ۱۵۳-۱۵۹.
- رسول زاده، ع. و رئوف، م. ۱۳۹۳. مبانی و روش‌های آبیاری. انتشارات عمیدی، چاپ دوم، ۲۸۶ ص.

شیری جنافرد، م.، توبه، ا.، اصغری زکریا، ر.، نوری فنبلانی، ق. و دهدار، ب. ۱۳۸۶. تاثیر سطوح مختلف آبیاری قطره ای و الگوهای مختلف کشت بر عملکرد و اجزای عملکرد سیب زمینی رقم آگریا. نشریه پژوهش و سازندگی در زراعت و باغبانی. ۲۰ (۲): ۱۴۹-۱۵۷.

فریدی مایوان، ف.، جامی الاحمدی، م.، اسلامی، س.و. و شجاعی نوفrst، ک. ۱۳۹۷. بررسی تاثیر الگوی کشت و سطوح کود پتاسیم بر برخی خصوصیات فیزیولوژیکی و عملکرد سیب زمینی (*Solanum tuberosum* L.) در سطوح مختلف آبیاری. نشریه تنش های علوم محیطی در علوم زراعی. ۱۱ (۳): ۵۶۰-۵۴۷.

Akhavan, S., Mousavi F., Mostafazadeh-Fard, B. and Ghadami Firoz Abadi, A. 2007. Investigation of yield and water use efficiency of potato with tape and furrow irrigation. Water and Soil Science. 11(41): 15-27.

Amel, M.B., Hiba, G., Boutheina M.H.D. and Abdehamid, B. 2015. Water use efficiency of potato crop irrigated under Tunisian climatic condition. Scientia Agriculturae. 11(1): 38-41.

Anonymous. 2020. Volume One: Crops. Ministry of Jihad Agriculture, Information and Communication Technology Center. 95 pp.

AOAC. 2005. Official methods of analysis, Washington, DC: Association of Official Analytic Chemists.

Attaher, S.M., Medany, M.A., Abdel Aziz, A.A. and Mostafa, M.M. 2004. Energy requirements and yield of drip irrigated potato. International Symposium on the Horizons of Using Organic Matter and Substrates in Horticulture.

Bohl, W.H. 2006. Consequences of poor potato planting. Idaho conference, January 18.

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.

Bussan, A.J., Mitchell, P.D., Copas, M.E and Drilias, M.J. 2007. Evaluation of the effect of density on potato yield and tuber size distribution. Crop Science. 47: 2462–2472.

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.

FAO. 2018. FAOSTAT, food and agriculture organization, Rome. Retrieved from <http://www.fao.org>

Kiptoo, S., Kipkorir, E. and Kiptum, C. 2018. Effects of deficit irrigation and mulch on yield and quality of potato crop. African Journal of Education, Science and Technology. 4 (4): 65-77.

Lori, W. 2005. Potato association of America hand book: Harvesing, commercial potato production in North America. Unaine.

Mahmood, S. 2005. A study of planting method and spacing on the yield of potato using TPS. Asian Journal of Plant Sciences. 4: 102-105.

Mazurrczyk, W. and Lis, B. 2002. Variation of Chemical composition of tuber potato table cultivars under deficit and excess of water. Research Division of Jadwisin. Plant Breeding and Agricultural Institute (IHAR), Annual Report. 257 pp.

Montazar, A. and Kosari, H. 2007. Water productivity analysis of some irrigated crops in Iran. Proceeding of the international conference of water saving in Mediterranean agriculture and future needs. Valenzano (Italy). Series B. 56(1): 109-120.

Mubarak, I., Janat, M. and Makhlof, M. 2018. Response of two potato varieties to irrigation methods in the dry Mediterranean area. Agriculture (Ponohospodarstvo). 64(2): 57-64.

Qasim, M., Khalid, S., Naz, A., Zafarullah Khan, M. and Ahmad Khan, S. 2013. Effects of different planting systems on yield of potato crop in Kaghan Valley: A mountainous region of Pakistan. Agricultural Sciences. 4(4): 175-179.

Rashidi, M. and Gholami, M. 2008. Review of crop water productivity values for tomato, potato, melon, watermelon and cantaloupe in Iran. International Journal of Agricultural and Biological Engineering. 10: 432-436.

Rich, A.M. and Renner, K.A. 2007. Row spacing and seeding rate effects on eastern black nightshade (*Solanum ptycanthum*) and soybean. Weed Technology. 21: 124-130.

Semet, O., Mehmet, E., Derya, O. and Sevgi, C. 2005. Different irrigation Methods and stress effects on potato yield and yield components. Agricultural water Management Journal. 37: 37-86.

Seyed, H.A., Ali, R.S, and Mathias, N.A. 2014. Modeling root length density of field grown potatoes under different irrigation strategies and soil textures using artificial neural networks. Field Crops Research. 162: 99-107.

Sohrabi, B. and Behnia, A. 2007. Evaluation of kostiakov's infiltration equation in furrow irrigation design according to fao method. Journal of Agronomy. 6: 468-471.

Toit, R. 2001. Composion of the antioxidant content of fruits, vegetables and teas measured as vitamin C equivalents. Journal of Toxicology. 166: 63-69.

Unlu, M., Kanber, R., Şenyigit, U., Onaran, H. and Diker, K. 2006. Trickle and sprinkler irrigation of potato (*Solanum tuberosum L.*) in the Middle Anatolian Region in Turkey. Agricultural Water Management. 79: 43-71.

Wichrowska, D., Wselaczynska, E. and Poberežny, J. 2014. Effect of nutrient supply from different sources on some quality parameters of potato tubers. Journal of Elementology. 19(1): 217-230.

Yamdeu Galani, J.H., Mankad, P.M., Avadh, K.S., Nilesh, N.J., Patel, J., Rajeshkumar, R.A. and Jayant, J.T. 2017. Effect of storage temperature on vitamin c, total phenolics, uplc phenolic acid profile and antioxidant capacity of eleven potato (*Solanum tuberosum L.*) varieties. Horticultural Plant Journal. 3(2): 73-89.

Yavuz, D. 2011. Comparison of different irrigation methods in term of water use, yield and energy consumption in potato cultivation. Natural Sciences, Selcuk University, Turkey, 117 pp.

Yavuz, D., Suheri, S. and Yavuz, N. 2016. Energy and water use for drip irrigated potato in the Middle Anatolian region of Turkey. Environmental Progress and Sustainable Energy. 35: 212-220.

Zheng, S.L., Wang, L.J., Wan, N.X., Zhong, L., Zhou, S.M., He, W. and Yuan, J.C. 2016. Response of potato tuber number and spatial distribution to plant density in different growing seasons in southwest china. Frontiers in Plant Science. 7: 365.