

Research Article

Plant Prod., 2020, 43(3), 431-442
DOI: 10.22055/ppd.2019.28244.1706

ISSN (P): 2588-543X
ISSN (E): 2588-5979

Effect of Various Irrigation Methods on Tuber Yield and Water Productivity of Potato Varieties

Bagher Mastalizadeh¹, Gholamreza Khajoei-Nejad² and Rooholla Moradi^{3*}

- 1- M.Sc. Graduate of Agronomy, Department of Agronomy, Faculty of Agriculture, Shahid Bahonar of Kerman, Kerman, Iran
- 2- Associate Professor, Department of Agronomy, Faculty of Agriculture, Shahid Bahonar of Kerman, Kerman, Iran
- 3- ***Corresponding Author:** Associate Professor, Department of Plant Productions, Agricultural Faculty of Bardsir, Shahid Bahonar University of Kerman, Kerman, Iran (r.moradi@uk.ac.ir)

Received: 27 January, 2019

Accepted: 1 May, 2019

Abstract

Background and Objectives

Potato is extremely sensitive to water stress, both from inadequate or excess water, resulting in reductions of tuber yield and quality. The plant has a relatively shallow root system, locating about 85% typically in the upper 30 cm of soil, which increases the sensitivity of the crop to water stress. Variation in soil moisture conditions can also lead to the occurrence of tuber physiological disorders such as brown center, hollow heart, growth cracks, bruise susceptibility, and heat necrosis, typically during the bulking period. A direct relation between low moisture conditions of soil and misshapen tubers has been reported. The aim of study was to assess the growth, yield, yield components, and water productivity of some conventional potato varieties in Bardsir region of Kerman.

Materials and Methods

In order to evaluate the effect of various irrigation methods on growth, yield and yield components of potato varieties, an experiment was conducted as the split-plot based on the randomized complete block design with three replications at experiment station of the Agricultural Faculty of Bardsir, Shahid Bahonar University of Kerman during 2015 and 2016. The experimental treatments were irrigation methods: 1- Furrow (flooding), 2-sprinkler and 3-drip assigned to main plot and potato varieties: 1- Marfona, 2- Sante, 3- Agria and 4- Banba as the subplot.

Results

The results showed that the effect of irrigation method was significant ($P \leq 0.01$) on all the studied traits except in water productivity and percentage of tuber dry mater. The highest mean of tuber weight (71.55 g), number of marketable tuber (6.99), tuber yield (36.98 t ha⁻¹), and shoot dry weight (5.97 t ha⁻¹) were recorded in the furrow irrigation method. The lowest values of the traits were observed using the sprinkler method. The effect of variety treatment on all traits was significant ($P \leq 0.01$). For drip and sprinkler irrigation methods, the largest tuber was related to Sante variety, and regarding the surface method, it was gained at Marfona. The highest number of tuber per plant belonged to Sante variety (9.50) followed by Marfona (8.89) which had a

significant difference with Banba (7.15) and Agria (6.88) varieties. Tuber percentage of dry weight for Agria variety (27.22) was significantly higher than other varieties (19.93-22.74). The tuber yield for Sante, Marfona, Banba, and Agria was 34.84, 28.91, 26.14, and 21.57 t ha⁻¹, respectively. The maximum level of water productivity (5.93) was gained for santé variety using the sprinkler irrigation method.

Discussion

In general, the results indicated that Marfona variety was justly appropriate for flooding irrigation conditions, and santé variety is best for low water supply (drip and sprinkler irrigation methods).

Keywords: Drip irrigation, Dry matter, Furrow irrigation, Sprinkler irrigation

تأثیر روش‌های مختلف آبیاری بر عملکرد غده و بهره‌وری مصرف آب در ارقام سیب‌زمینی

باقر مستعلی‌زاده^۱، غلامرضا خواجه‌جویی‌نژاد^۲ و روح‌الله مرادی^{۳*}

- ۱- کارشناسی ارشد رشته مهندسی زراعت، گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید باهنر کرمان، کرمان، ایران
 ۲- دانشیار، گروه مهندسی زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید باهنر کرمان، کرمان، ایران
 ۳- *نویسنده مسئول: دانشیار، گروه تولیدات گیاهی، دانشکده کشاورزی بردسیر، دانشگاه شهید باهنر کرمان، کرمان، ایران (r.moradi@uk.ac.ir)

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۰۲/۱۱

تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۱۱/۰۷

چکیده

به منظور بررسی تأثیر روش‌های مختلف آبیاری بر عملکرد چهار رقم سیب‌زمینی آزمایشی به صورت اسپلیت پلات بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی با ۳ تکرار در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی بردسیر، دانشگاه شهید باهنر کرمان در دو سال زراعی ۹۶-۱۳۹۴ اجرا شد. فاکتور اصلی آزمایش شامل روش آبیاری در ۳ سطح (نشتی (جوی و پشته)، بارانی و قطره‌ای) و فاکتور فرعی شامل رقم سیب‌زمینی در ۴ سطح (رقم رایج بردسیر (مارفونا)، سائنه، آگریا و بانبا) بود. نتایج تجزیه واریانس مرکب نشان داد تأثیر روش آبیاری بر کلیه صفات مورد بررسی به جز درصد ماده خشک غده و کارایی مصرف آب معنی‌دار ($P \leq 0.01$) بود. بالاترین میانگین وزن غده (۷۱/۵۵ گرم)، تعداد غده قابل فروش در بوته (۶/۹۹)، عملکرد غده (۳۶/۹۸ تن در هکتار) و وزن خشک اندام‌های هوایی (۵/۹۷ تن در هکتار) در روش آبیاری نشتی و کمترین آن‌ها در شرایط آبیاری بارانی مشاهده گردید. در شرایط آبیاری قطره‌ای و بارانی، درشت‌ترین غده در رقم سائنه و در شرایط آبیاری کرتی برای رقم مارفونا به دست آمد. بیشترین تعداد غده در بوته در رقم سائنه (۹/۵۰) و پس از آن رقم مارفونا (۸/۸۹) حاصل شد که اختلاف آماری آن با ارقام بانبا (۷/۱۵) و آگریا (۶/۸۸) معنی‌دار بود. درصد ماده خشک در رقم آگریا (۲۲/۸۹) به طور معنی‌داری بیشتر از سایر ارقام (۲۱/۴۱-۱۹/۹۳) بود. میزان عملکرد غده در ارقام سائنه، مارفونا، بانبا و آگریا به ترتیب ۳۴/۸۴، ۲۸/۹۱، ۲۶/۱۴، ۲۱/۵۷ تن در هکتار بود. بالاترین میزان بهره‌وری مصرف آب (۵/۹۳ کیلوگرم بر هر مترمکعب آب) در شرایط آبیاری بارانی و رقم سائنه مشاهده شد. به طور کلی، نتایج نشان داد در منطقه بردسیر، رقم مارفونا فقط برای شرایط آبیاری کرتی (مصرف بالای آب) مناسب و در روش‌های قطره‌ای و بارانی رقم سائنه مناسب‌ترین رقم می‌باشد.

کلیدواژه‌ها: آبیاری بارانی، آبیاری قطره‌ای، آبیاری نشتی، ماده خشک

مقدمه

کم عمق می‌باشد به طوری که ۸۵ درصد از طول ریشه در لایه ۳۰ سانتی‌متری خاک قرار گرفته است (Ferreira and Carr, 2002). از طرف دیگر، زیادی رطوبت خاک یا آبیاری موجب شسته شدن عناصر غذایی و سموم شیمیایی به اعماق خاک، توسعه بیماری‌ها و کاهش درصد ماده

سیب‌زمینی از گیاهان حساس به خشکی محسوب می‌شود و کمبود رطوبت خاک سبب افت شدید عملکرد می‌گردد (Shock, 2010). از عمده‌ترین دلایل حساسیت سیب‌زمینی به کمبود رطوبت خاک، وجود سیستم ریشه‌ای

در هکتار) و کارایی مصرف آب (۶/۸ گرم بر لیتر) در آبیاری تیپ بیشتر از آبیاری تفنگی بود. در تحقیقی (Shekofteh (2014 بهترین عمق جایگذاری نوار تیپ برای سیبزمینی را ۱۵ سانتی متر گزارش شد. میزان عملکرد غده سیبزمینی در زمان استفاده از دو ردیف تیپ بیشتر از یک تیپ گزارش شده است (Hasssan, 2018). همچنین، بیان شده است که تحمل به خشکی در همه رقم های سیبزمینی یکسان نیست (Shock et al., 1992). بنابراین در تنظیم زمان آبیاری سیب زمینی در هر منطقه باید به نوع رقم نیز توجه داشت. در شهرستان بردسیر که از مناطق اصلی کشت سیبزمینی در استان کرمان می باشد، بیشتر کشاورزان تمایل به استفاده از یک رقم رایج و قدیمی در منطقه داشته و تقریباً اغلب کشاورزان منطقه از شیوه آبیاری نشستی جهت زراعت سیبزمینی استفاده می نمایند. بنابراین، این تحقیق به منظور بررسی عملکرد غده، ماده خشک غده و بهره‌وری مصرف آب ارقام سانه، آگریا و بانبا تحت تأثیر روش های مختلف آبیاری برای منطقه بردسیر در مقایسه با رقم رایج منطقه (مارفونا) صورت گرفت.

مواد و روش ها

این تحقیق طی دو سال زراعی ۹۴-۱۳۹۵ و ۹۵-۱۳۹۶ 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 درجه و ۵۹ دقیقه شرقی و ارتفاع ۲۰۸۰ متری از سطح دریا اجرا شد. در طول فصل رشد بارندگی مؤثری رخ نداد. اطلاعات اقلیمی منطقه مورد مطالعه در جدول (۱) نشان داده شده است. آزمایش به صورت اسپلیت پلات بر پایه طرح بلوک های کامل تصادفی با ۳ تکرار اجرا شد. فاکتور اصلی شامل سه شیوه آبیاری شامل شیوه نشستی یا جوی و پشته، شیوه بارانی و شیوه قطره ای تیپ و فاکتور فرعی شامل چهار رقم سیبزمینی یعنی رقم مارفونا یا رقم رایج در منطقه بردسیر، رقم سانه، آگریا و بانبا بود. بذرها از جهاد کشاورزی کرمان تهیه شد.

خشک غده می شود (Porter and Opena, 1999). ضریب راندمان آبیاری در کشاورزی ایران طبق گزارش های علمی ۳۵ تا ۴۰ درصد است. همچنین، بر اساس نیاز آبی گیاه و سند ملی آب کشور، برای کشت هر هکتار سیبزمینی ۱۰ هزار مترمکعب آب لازم است که البته این مقدار آب به صورت کامل جذب گیاه نمی شود (MAJ, 2018).

راندمان ناچیز مصرف آب به صورت آبیاری سطحی در مزارع و محدودیت منابع آب و رژیم نامنظم بارندگی در مناطق خشک، استفاده از سیستم های آبیاری با راندمان بالاتر از جمله آبیاری بارانی و قطره ای تیپ را اجتناب ناپذیر می کند (Sabbah and Ghaffari-Nejad, 2008). از سوی دیگر، مدیریت صحیح آبیاری در حصول بالاترین عملکرد و کیفیت در محصول سیبزمینی نقش مهمی دارد (Tofang-Sazpoor et al., 2014).

افزایش کارآیی مصرف آب در روش آبیاری قطره ای نسبت به سایر روش های آبیاری و در مورد گیاهان مختلف گزارش شده است. آهیر و همکاران (Ahire et al., 2000)، در مقایسه دو روش آبیاری سطحی و قطره ای در کشت سیبزمینی به این نتیجه رسیدند که روش قطره ای باعث افزایش تعداد غده در بوته، اندازه غده ها، وزن غده در گیاه و عملکرد غده در مقایسه با آبیاری سطحی گردید. آبیاری قطره ای باعث صرفه جویی آب به میزان ۴۶ درصد نسبت به روش آبیاری سطحی شد. (Waddell et al., 1999). نشان دادند مقدار محصول سیبزمینی در روش قطره ای و بارانی به ترتیب حدود ۳۶ و ۲۵ تن در هکتار بود، در حالی که حجم آب آبیاری در روش آبیاری قطره ای نصف روش بارانی بود. (Attaher et al., 2004). با بررسی عملکرد سیبزمینی تحت تأثیر دو روش آبیاری قطره ای، سطحی و زیرسطحی با سه سطح تأمین نیاز آبی ۷۵، ۱۰۰ و ۱۲۵ درصد در طی سال های ۱۹۹۹ تا ۲۰۰۱ دریافتند عملکرد و کیفیت سیبزمینی تابعی از مقدار آب آبیاری بوده و سیستم آبیاری مهم ترین عامل مؤثر در کارآیی مصرف آب، انرژی و هزینه می باشد. (Zhou et al., 2018). در مقایسه دو روش آبیاری تیپ و بارانی (تفنگی) بیان داشتند عملکرد (۴۸ تن

Table 1. Climatic properties of studied area during potato growth season (March-September)

| Year | Minimum temperature (° C) | Maximum temperature (° C) | Average temperature (° C) | Sum precipitation (mm) | Radiation (Mj m ⁻²) |
|------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|---------------------------|------------------------------------|
| 2016 | 3.4 | 31.8 | 17.60 | 18.10 | 4499.4 |
| 2017 | 3.2 | 32.1 | 17.65 | 16.18 | 44512.3 |

رطوبت (حجمی) پژمردگی دایم ۱۹/۷ درصد بود. میزان آب مورد نیاز گیاه بر اساس 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 قطره‌ای تعیین شد. زمان آبیاری برای هر سه روش آبیاری بر اساس ۵۰ درصد تخلیه رطوبتی خاک صورت گرفت (Gheysari et al., 2009). کمبود رطوبت خاک جهت رسیدن به حد FC از رابطه زیر محاسبه شد (Allen et al., 1998):

$$SMD = (\theta_{FC} - \theta_{BI}) \times d_i$$

در این معادله، SMD : میزان کمبود رطوبت خاک، d_i : عمق لایه خاک، θ_{BI} : رطوبت حجمی خاک پیش از آبیاری، θ_{FC} : رطوبت حجمی خاک در حد ظرفیت زراعی می‌باشد.

در این آزمایش برای انجام آبیاری بارانی از شیوه آبیاری کلاسیک ثابت استفاده گردید که با آبیاری آمبو (ساخت ایتالیا) با فشار ۵ بار و شدت پاشش ۲ لیتر در ثانیه استفاده شد. آبیاری با شعاع پاشش ۱۲ متر و زاویه چرخش ۳۶۰ درجه نصب گردیدند. در روش غرقابی یا شیاری، آب به وسیله لوله‌های پلی اتیلن به ابتدای جویچه‌ها منتقل و وارد جویچه‌ها شد. در تمام مراحل، حجم آب ورودی به هر کرت اندازه‌گیری و ثبت شد. کل حجم آب مصرفی برای کل دوره رشد گیاه در آبیاری قطره‌ای، بارانی و کرتی در هر دو سال مشابه و به ترتیب ۶۲۷۹، ۵۴۹۹ و ۸۲۳۰ مترمکعب در هکتار بود.

اندازه‌گیری آب مصرفی تیمارها به وسیله کنتور حجمی انجام شد. روش آبیاری قطره‌ای به صورت سطحی (روی خاک) در نظر گرفته شد. نوار تیپ مورد استفاده با قطر داخلی ۱۶ میلی‌متر و ظرفیت آبدهی ۲/۵ لیتر در ساعت برای هر قطره چکان که در فاصله ۲۵ سانتی متری هم قرار داشتند، بود. این نوارها وسط پشته‌ها و در کنار بوته‌های کشت شده قرار گرفتند.

مزرعه 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 خاک برداشت و به منظور تعیین خصوصیات فیزیکی و شیمیایی به آزمایشگاه مرجع منتقل شد (نتایج آزمون خاک در جدول ۲). کرت‌های آزمایشی دارای ابعاد ۵×۴/۲ متر مربع بود و هر کرت شامل ۶ ردیف کاشت به فاصله ۷۰ سانتی متر را شامل می‌شد. غده‌های سیب‌زمینی بذری در روی پشته‌ها با فاصله ۲۵ و در عمق ۱۵ سانتی متر خاک در تاریخ ۱۰ فروردین ۱۳۹۵ و ۱۳۹۶ کشت شدند.

به منظور جلوگیری از تداخل اثر تیمارهای آبیاری و جلوگیری از نشت آب، بین کرت‌های اصلی ۲ متر فاصله در نظر گرفته شد.

بر اساس عرف منطقه ۵ تن در هکتار کود گاوی پوسیده مصرف شد. کودهای شیمیایی نیتروژن، فسفر و پتاسیم بر اساس آزمون خاک و نیاز کودی گیاه (Hosseini, Shiri-Janagard et al., 2007; and Amini 2015) به ترتیب به میزان ۱۱۵ کیلوگرم در هکتار نیتروژن خالص، ۹۲ کیلوگرم در هکتار کود P₂O₅ و ۷۸ کیلوگرم در هکتار K₂O اعمال گردید. نصف کود نیتروژن در زمان کاشت و باقی آن در مرحله خاک دهی پای بوته‌ها (۶ تا ۷ هفته پس از کاشت) مصرف شد.

به منظور مشخص کردن نیاز آبی و مقدار آب آبیاری، رطوبت سنخ‌های TDR ساخت شرکت اکل کمپ هلند برای پایش رطوبت حجمی خاک پس از کایبراسیون 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 می‌شود. به دلیل حساسیت این میله‌ها، قبل از فرو بردن در زمین، به وسیله آگر مخصوص دستگاه، در داخل خاک حفره ایجاد شد.

وزن مخصوص ظاهری خاک ۱/۲۸ گرم در سانتی متر مکعب، رطوبت (حجمی) ظرفیت زراعی ۲۹/۳ درصد و

Table 2. Soil physical and chemical properties

| Year | Texture | Total N (%) | P ₂ O ₅ (mg. kg ⁻¹) | K ₂ O (mg. kg ⁻¹) | Organic Matter (%) | EC (ds.m ⁻¹) | pH |
|------|-----------------|-------------|---|--|--------------------|--------------------------|-----|
| 2016 | Sandy clay loam | 0.06 | 11.3 | 287 | 0.39 | 1.43 | 7.5 |
| 2017 | Sandy clay loam | 0.06 | 14.3 | 299 | 0.39 | 1.44 | 7.4 |

۵۱/۳۱ گرم یعنی ۲۱ و ۱۷ درصد ارقام فوق را در روش‌های آبیاری مذکور نشان داد (جدول ۳). در روش آبیاری نشستی شرایط بسیار متفاوت بود. به طوری که، رقم مارفونا در این روش آبیاری میانگین وزن غده بالاتری (۷۹/۸۴ گرم) را نسبت به دیگر ارقام نشان داد که اختلاف آن به استثنای رقم بانبا، با دیگر ارقام معنی دار بود (جدول ۴). از طرف دیگر، رقم بانبا که در آبیاری بارانی و قطره‌ای میانگین وزن غده کمتری (به ترتیب ۶۶/۳۳ گرم و ۵۷/۷۱ گرم) نسبت به رقم سانته (به ترتیب ۶۸/۳۲ و ۶۱/۱۱ گرم) داشت، در آبیاری نشستی (۷۴/۲۶ گرم) نسبت به رقم سانته (۶۹/۹۷ گرم) میزان وزن غده بیشتری دارا بود (جدول ۴). از آنجایی که، حجم آب مصرفی در آبیاری نشستی (۸۲۳۰ مترمکعب در هکتار) به مراتب بیشتر از آبیاری بارانی (۵۴۹۹ مترمکعب در هکتار) و قطره‌ای (۶۲۷۹ مترمکعب در هکتار) بود، از نتایج چنین استنباط می‌شود که رقم مارفونا برای شرایط آبیاری نشستی مناسب بوده و با کاهش حجم آبیاری در روش‌های بارانی و قطره‌ای رشد غده به طور معنی دار و قابل توجهی (به ترتیب به طور میانگین ۴۱ و ۳۰ درصد) در این رقم کاهش یافته است. با این حال، دو رقم سانته و بانبا با تغییر روش آبیاری از نشستی به قطره‌ای و بارانی کاهش وزن غده کمتری (به ترتیب به طور میانگین ۷ و ۱۱ درصد) را نشان دادند.

میزان کاهش میانگین وزن غده در روش آبیاری بارانی نسبت به نشستی در ارقام سانته، بانبا و مارفونا به ترتیب حدود ۱۲، ۲۲ و ۴۲ درصد و در آبیاری قطره‌ای به ترتیب حدود ۳، ۱۱ و ۴۱ درصد بود (جدول ۴). به عبارت دیگر، رقم سانته برای استفاده در شرایط آبیاری تحت فشار مناسب‌تر از سایر ارقام مورد بررسی می‌باشد. به طور کلی، بیشترین میانگین وزن غده (۷۹/۸۴ گرم) در رقم مارفونا برای شرایط آبیاری نشستی و کمترین میزان این صفت (۴۶/۳۸ گرم) نیز در رقم مارفونا در شرایط آبیاری بارانی مشاهده شد.

در طول دوره رشد (حدود ۱۳۵ روز) 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 متاسیتوکس (به نسبت ۱ در هزار) برای کنترل شته و آگروتیس بکار برده شد. به منظور اندازه‌گیری عملکرد نهایی و اجزاء عملکرد، از هر کرت آزمایشی بوته‌های موجود در سطحی معادل سه مترمربع با رعایت حاشیه در زمان خشک شدن برگ‌ها برداشت گردید. وزن ترغده‌ها و متوسط وزن غده‌ها، تعداد غده قابل فروش (غده‌های با وزن بیش از ۸۵ گرم و با شکل مناسب) در بوته و درصد ماده خشک غده تعیین شد. طبقه بندی غده‌ها بر پایه روش استفاده شده توسط (Shahnazari et al., 2008) انجام شد. بهره‌وری مصرف آب نیز از نسبت عملکرد غده تر تولیدی (کیلوگرم در هکتار) به میزان آب مصرفی (مترمکعب در هکتار) محاسبه شد.

تجزیه و تحلیل داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SAS نسخه ۹/۲ انجام شد و میانگین‌ها با استفاده از آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد مقایسه شدند. ابتدا یکنواختی واریانس اشتباهات آزمایشی با استفاده از آزمون بارتلت تست گردید. نتیجه این آزمون نشان داد واریانس‌ها یکنواخت بوده و می‌توان عملیات تجزیه مرکب را برای کل داده‌ها انجام داد.

نتایج و بحث

متوسط وزن غده

نتایج تجزیه واریانس نشان داد تأثیر روش آبیاری و نوع رقم و برهمکنش آنها بر میانگین وزن غده در سطح احتمال یک درصد معنی دار بود (جدول ۳). بررسی برهمکنش روش آبیاری و نوع رقم نیز نشان داد در دو روش آبیاری بارانی و قطره‌ای، رقم سانته و پس از آن رقم بانبا دارای بیشترین میانگین وزن غده با متوسط ۶۴/۷۲ و ۶۲/۰۲ گرم بودند و رقم مارفونا کمترین میزان این صفت را به میزان

Table 3. Analysis of variance (Mean square) of the potato traits as affected by different irrigation methods and varieties

| S.O.V. | df | MS | | | | |
|-----------------------|----|---------------------|---------------------|---------------------|----------------------|---------------------|
| | | Mean tuber weight | N. marketable tuber | Tuber yield | Tuber dry matter (%) | Water Productivity |
| Year (Y) | 1 | 7.54 ^{ns} | 0.103 ^{ns} | 0.989 ^{ns} | 0.360 ^{ns} | 0.092 ^{ns} |
| Rep (Year) | 4 | 14.12 | 2.14 | 2.55 | 0.693 | 0.144 |
| Irrigation method (A) | 2 | 883.9 ^{**} | 6.78 ^{**} | 930.4 ^{**} | 13.22 ^{ns} | 0.744 ^{ns} |
| A × Y | 2 | 49.54 ^{ns} | 0.369 ^{ns} | 36.36 ^{ns} | 9.67 ^{ns} | 1.22 ^{ns} |
| Error 1 | 8 | 39.18 | 1.03 | 18.33 | 5.12 | 0.854 |
| Variety (B) | 3 | 209.2 ^{**} | 0.549 ^{**} | 303.7 ^{**} | 91.11 ^{**} | 6.16 ^{**} |
| B × A | 6 | 179.6 ^{**} | 0.522 ^{**} | 25.23 ^{ns} | 7.56 ^{ns} | 3.13 ^{**} |
| Y × B | 3 | 43.74 ^{ns} | 0.077 ^{ns} | 4.22 ^{ns} | 8.22 ^{ns} | 1.02 ^{ns} |
| Y × A × B | 6 | 22.17 ^{ns} | 0.098 ^{ns} | 22.18 ^{ns} | 4.69 ^{ns} | 0.106 ^{ns} |
| Error 2 | 35 | 28.33 | 0.101 | 11.03 | 3.13 | 0.422 |
| C.V. (%) | - | 11.23 | 8.97 | 14.62 | 7.23 | 13.66 |

ns, * and **: non-significant and significant at the probability level of 5% and 1%, Respectively.

Table 4. Interaction effects of irrigation method × variety on some studied traits of potato over two years

| Irrigation method | Variety | Mean tuber weight (g) | Number of marketable tuber | WUE (kg tuber. m ⁻³ water) |
|-------------------|---------|-----------------------|----------------------------|---------------------------------------|
| Drip | Agria | 60.55 ^{cdef} | 4.09 ^{def} | 3.68 ^{ef} |
| | Banba | 66.33 ^{bcd} | 4.39 ^{cd} | 4.03 ^{de} |
| | Marfona | 56.24 ^{ef} | 3.77 ^{fg} | 4.39 ^{cd} |
| | Sante | 68.32 ^{bc} | 4.38 ^{cd} | 5.45 ^b |
| Furrow | Agria | 62.12 ^{cde} | 4.2 ^{de} | 3.29 ^f |
| | Banba | 74.26 ^{ab} | 5.02 ^{ab} | 4.44 ^{cd} |
| | Marfona | 79.84 ^a | 5.34 ^a | 4.82 ^c |
| | Sante | 69.97 ^{bc} | 4.69 ^{bc} | 5.42 ^b |
| Sprinkler | Agria | 52.33 ^{fg} | 3.48 ^{gh} | 3.39 ^f |
| | Banba | 57.71 ^{def} | 3.82 ^{efg} | 3.87 ^e |
| | Marfona | 46.38 ^g | 3.17 ^h | 4.54 ^c |
| | Sante | 61.11 ^{cdef} | 3.97 ^{def} | 5.93 ^a |

In each column, same letters are not significantly different according to LSD test ($p < 0.05$).

آبیاری نشتی به ترتیب حدود ۳۰ و ۲۴ درصد بیشتر از آبیاری‌های بارانی و قطره‌ای بود (جدول ۴). کمترین تعداد غده قابل فروش نیز برای تمام ارقام مورد بررسی در آبیاری بارانی مشاهده شد که اختلاف معنی داری با دو روش دیگر آبیاری نشان داد.

به نظر می‌رسد در شیوه آبیاری نشتی که میزان آب بیشتری نیز مصرف می‌شود (۸۲۳۰ مترمکعب در هکتار)، احتمالاً به دلیل وجود رطوبت بیشتر در خاک، غده‌ها قابلیت رشد مناسب تری داشته و از بازارپسندی بهتری برخوردار بودند ولی در آبیاری بارانی، به دلیل رطوبت کمتر خاک، غده در حین رشد با خاک با بافت سفت تر مواجه شده و میزان غده‌های بد شکل در این روش افزایش یافته است.

عملکرد غده

تأثیر روش آبیاری و نوع رقم در سطح احتمال یک درصد بر این صفت معنی دار بود ولی اثر متقابل این دو

تعداد غده قابل فروش در بوته

نتایج نشان داد تیمارهای روش آبیاری و نوع رقم و همچنین برهمکنش آن‌ها تأثیر معنی داری ($P \leq 0.01$) بر تعداد غده قابل فروش در بوته داشت (جدول ۳).

برهمکنش روش آبیاری و نوع رقم نشان داد در آبیاری بارانی و قطره‌ای که حجم آب کمتری نیز مصرف شد، ارقام سانه (به ترتیب ۳/۹۷ و ۴/۳۸) و بانبا (۳/۸۲ و ۴/۳۹) از تعداد غده قابل فروش بالاتری برخوردار بودند ولی در آبیاری نشتی رقم مارفونا بیشترین (۵/۳۴) تعداد غده قابل فروش را دارا بود (جدول ۴). در آبیاری نشتی رقم آگریا (۳/۴۸) و در آبیاری بارانی (۳/۱۷) و قطره‌ای (۳/۷۷) رقم مارفونا کمترین تعداد غده قابل فروش را شامل شدند.

برای کلیه ارقام مورد بررسی، تعداد غده قابل فروش در روش آبیاری نشتی بیشتر از آبیاری بارانی و قطره‌ای بود. به‌طوریکه، به‌طور میانگین تعداد غده قابل فروش برای

هکتار) بود، بنابراین به نظر می‌رسد میزان عملکرد سیب‌زمینی در درجه اول رابطه مستقیمی با میزان آب مصرفی داشت ($t=0.91$). از طرفی، این احتمال می‌رود که ممکن است رشد سیب‌زمینی در آبیاری قطره‌ای به دلیل نوع بافت خاک که آب بیشتر نفوذ عمقی داشت تا افقی، تا حدودی تحت تأثیر تنش آبی قرار گرفته و این مورد باعث کاهش عملکرد و رشد سیب‌زمینی شده است. چرا که 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 محدود کننده 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 می‌گردد (Van Loon, 1986). به طور کلی، کمبود رطوبت خاک موجب کاهش میزان فتوسنتز برگ، کاهش رشد غده و در نتیجه کاهش عملکرد غده می‌گردد (Haghighi et al., 2015). تحقیقات انجام گرفته توسط Demelash (2013) و Alva et al. (2012) هم نشان دادند که با افزایش ۲۰ درصد میزان آب مصرفی عملکرد محصول سیب‌زمینی حدود ۱۳ درصد افزایش پیدا کرد. با بررسی اثر زمان، روش آبیاری و الگوی کاشت بر عملکرد و اجزای عملکرد ارقام سیب‌زمینی در منطقه جیرفت با خاک لومی-شنی گزارش شد که میزان عملکرد غده سیب‌زمینی در روش آبیاری قطره‌ای حدود ۵۰/۱۴ تن و در روش آبیاری بارانی ۲۷/۷۷ تن در هکتار بود که روش آبیاری قطره‌ای معادل ۲۲/۳۷ تن افزایش محصول سیب‌زمینی نسبت به آبیاری بارانی در هکتار داشت (Najafi- Moosavi, 2012). این محقق تأکید

عامل تأثیر معنی‌داری بر صفت مذکور نداشت (جدول ۳). نتایج نشان داد به طور عملکرد غده سیب‌زمینی در آبیاری نشتی (۳۶/۹۸ تن در هکتار) به ترتیب حدود ۴۴ و ۳۰ درصد بیشتر از آبیاری بارانی و قطره‌ای بود (جدول ۵). سایر مشاهدات نشان داد یکی از مهم‌ترین دلایل کاهش عملکرد غده سیب‌زمینی در روش آبیاری قطره‌ای این بود که از آنجایی که بافت خاک لومی-رسی-شنی (جدول ۱) است و بیش از ۵۵ درصد بافت خاک شن است آب خارج شده از سیستم تیپ به طور مستقیم به اعماق نفوذ می‌کند و فضای افقی کمی را تحت پوشش رطوبتی قرار می‌داد. بنابراین، توصیه می‌شود در صورت استفاده از آبیاری قطره‌ای در خاک‌هایی با خصوصیات مشابه این پژوهش، بهتر است تعداد نوارهای تیپ بیشتر شده و در دو طرف پشته تعبیه شوند تا فضای مناسب‌تری را آبیاری تأمین نمایند. همچنین، یکی از دلایل دیگری که به نظر می‌رسد باعث کاهش عملکرد ارقام سیب‌زمینی در آبیاری بارانی شد در آبیاری بارانی خاک مزرعه که از نظر مواد آلی بسیار فقیر بود به شدت سله بست و سبز شدن و رشد سیب‌زمینی را به تأخیر انداخت. این تأخیر در رشد در نهایت تأثیر معنی‌داری بر عملکرد غده سیب‌زمینی داشت. بنابراین، بالا بودن عملکرد در روش آبیاری نشتی 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 فعالیت‌های فیزیولوژیکی و بیولوژیکی کرده است (Pagter et al., 2005).

حجم آب مصرفی در آبیاری نشتی (۸۲۳۰ مترمکعب در هکتار) بیشتر از آبیاری قطره‌ای (۶۲۷۹ مترمکعب در هکتار) و آن هم بالاتر از آبیاری بارانی (۵۴۹۹ مترمکعب در

Table 5. Simple effects of irrigation method and variety on potato tuber yield and tuber dry matter

| Treatment | Tuber yield (t ha ⁻¹) | Tuber dry matter (%) |
|-------------------|-----------------------------------|----------------------|
| Irrigation method | Sprinkler | 20.83 ^c |
| | Drip | 25.79 ^b |
| | Furrow | 36.98 ^a |
| Variety | Sante | 34.84 ^a |
| | Marfona | 28.91 ^b |
| | Banba | 26.14 ^c |
| | Agria | 21.57 ^d |
| | | 21.85 ^a |
| | | 21.73 ^a |
| | | 20.14 ^a |
| | | 20.75 ^b |
| | | 19.93 ^b |
| | | 21.41 ^{ab} |
| | | 22.89 ^a |

For each treatment, column means with the same letter are not significantly different by LSD test ($p < 0.05$).

مصرفی در آبیاری نشتی به ترتیب حدود ۴۸ و ۳۱ درصد بیشتر از آبیاری بارانی و قطره‌ای بود، رقم مارفونا برای شرایط آبیاری سنگین نشتی مناسب بوده و با کاهش حجم آبیاری در روش‌های بارانی و قطره‌ای رشد غده به‌طور معنی‌دار و قابل توجهی در این رقم کاهش یافته است. حال این که، دو رقم اصلاح شده سانه و بانبا با تغییر روش آبیاری از نشتی به قطره‌ای و بارانی کاهش وزن غده کمتری را نشان دادند. به عبارتی، رقم اصلاح شده سانه برای استفاده در شرایط آبیاری تحت فشار مناسب‌تر از دیگر ارقام مورد بررسی می‌باشد.

درصد ماده خشک غده

این شاخص تنها تحت تأثیر نوع رقم اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال پنج درصد نشان داد و تحت تأثیر روش آبیاری و برهمکنش این دو عامل مورد بررسی قرار نگرفت (جدول ۳). از بین ارقام مورد بررسی، رقم آگریا با ۲۲/۸۹ درصد ماده خشک بیشترین میزان این شاخص را دارا بود (جدول ۴). اختلاف معنی‌داری بین دو رقم سانه و بانبا به ترتیب با ۲۰/۷۵ و ۲۱/۴۱ درصد ماده خشک مشاهده نشد و کمترین میزان این شاخص (۱۹/۹۳ درصد) در رقم مارفونا مشاهده شد که اختلاف معنی‌داری با دیگر ارقام نشان داد. (2010) Esehaghbeygi تأکید داشت که درصد ماده خشک سیب‌زمینی یکی از پارامترهای مهم در مراحل فرآوری بوده که تحت تأثیر ژنوتیپ قرار دارد. به طوری که، در شرایط اقلیمی اصفهان، درصد ماده خشک غده سیب‌زمینی در رقم مارفونا را کمتر از رقم آگریا گزارش شده بود. نتایج مشابه توسط (Sahebi et al., 2012) گزارش شده است. درصد ماده خشک برای ارقام آگریا و سانه در منطقه گرگان نیز به ترتیب ۲۱/۱ و ۲۰/۲ درصد گزارش شده است (Yaghibani and Mohamadzadeh, 2005). این شاخص برای رقم سانه در شهرستان بهبهان ۲۲/۳۰ درصد به دست آمد (Darabi and Eftekhari, 2014).

بهره‌وری مصرف آب

روش آبیاری تأثیر معنی‌داری بر میزان بهره‌وری مصرف آب سیب‌زمینی نداشت ولی نوع رقم و اثر متقابل این دو عامل تأثیر معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد بر این

کرد که تعداد غده در هر بوته در روش آبیاری قطره‌ای به‌طور متوسط با ۹/۴۵ غده به دست آمد که نسبت به روش بارانی با ۷/۲۵ غده در بوته برتر بود و یکی از دلایل بالا بودن عملکرد غده سیب‌زمینی در روش آبیاری قطره‌ای این صفت بود. نتایج مشابه در آزمایش دیگری نیز گزارش شد (Molaei et al., 2015). به طوری که، بیشترین میزان عملکرد سیب‌زمینی را در آبیاری قطره‌ای-خواری (۲۳/۱۸ تن در هکتار) و کمترین میزان عملکرد محصول را در آبیاری بارانی (۱۴/۵۹ تن در هکتار) گزارش نمودند. نامبرندگان اظهار داشتند که خاکدانه‌های واقع در سطح خاک در اثر برخورد قطرات آب به سطح خاک، مرطوب شده و می‌شکنند و یک لایه گل مرکب از ذرات پراکنده به ضخامت چند میلی‌متر به وجود می‌آورند. با توجه به اینکه خاک مزرعه از نوع لومی-رسی-شنی بود ذرات رس پراکنده شده در لایه‌های منافذ بزرگ خاک قرار گرفته و سله ایجاد می‌شود که سله‌ی ایجاد شده جلوی نفوذ آب و هوا به خاک را سد می‌کند (Alizadeh, 2004). همچنین ضربات حاصل از قطرات آبیاری بارانی سبب فشرده و کوبیده شدن سطح خاک می‌شود (Lehrsch and Li et al., 2004; Kincaid, 2010).

نتایج نشان داد از لحاظ تأثیر نوع رقم بر عملکرد غده اختلاف معنی‌داری بین ارقام با یکدیگر وجود دارد. به طوری که، رقم سانه و آگریا به ترتیب با ۳۴/۸۴ و ۲۱/۵۷ تن غده در هکتار بیشترین و کمترین میزان این صفت را شامل شدند (جدول ۴). میزان این شاخص برای ارقام مارفونا و بانبا نیز به ترتیب ۲۸/۹۱ و ۲۶/۱۴ تن در هکتار مشاهده شد. بیشتر بودن عملکرد غده در رقم مارفونا و سانه را می‌توان به بیشتر بودن تعداد غده در بوته این ارقام نسبت داد. (Hassan-Panah and Hassan-Abadi, 2011) در مطالعات خود بیان کردند عملکرد غده در رقم سانه نسبت به سایر ارقام برتری داشت. در بررسی تأثیر برهمکنش روش آبیاری و رقم سیب‌زمینی بر وزن و اندازه تک غده سیب‌زمینی نتایج نشان داد بیشترین مقدار این صفات در روش‌های آبیاری بارانی و قطره‌ای مربوط به رقم سانه و در روش نشتی مربوط به رقم مارفونا بود. از آنجا که حجم آب

صفت داشتند (جدول ۳).

بررسی اثر متقابل روش آبیاری و نوع رقم نیز نشان داد که رقم سانتا در کلیه روش‌های آبیاری بالاترین بهره‌وری مصرف آب را دارا بود و رقم مارفونا در رتبه بعدی قرار داشت (جدول ۴). در آبیاری بارانی، درصد اختلاف بین بهره‌وری مصرف آب رقم سانتا و مارفونا (۲۳ درصد) بیشتر از درصد اختلاف این دو رقم در آبیاری قطره‌ای (۲۰ درصد) و نشتی (۱۱ درصد) بود. دلیل بهره‌وری مصرف آب بالاتر رقم سانتا و مارفونا نسبت به دیگر ارقام، عملکرد غده بالاتر این ارقام می‌باشد. به‌طور کلی، بالاترین بهره‌وری مصرف آب (۵/۹۳ کیلوگرم غده تر به ازای هر مترمکعب آب مصرفی) در رقم سانتا و برای آبیاری بارانی مشاهده شد (جدول ۴). با این‌که بالاترین عملکرد غده سیب‌زمینی (۴۴/۶۴ تن در هکتار) در آبیاری نشتی برای رقم سانتا به‌دست آمد ولی بهره‌وری مصرف آب این رقم در آبیاری بارانی بیشتر از آبیاری نشتی بود (جدول ۴). از آنجا که بهره‌وری مصرف آب نسبت بین عملکرد تولیدی به ازای آب مصرفی می‌باشد، به نظر می‌رسد بهترین شرایط تولید غده به ازای آب مصرفی در آبیاری بارانی که کمترین حجم آب مصرفی (۴۶۹۹ مترمکعب در هکتار) را شامل می‌شد، حاصل شده است. میزان بهره‌وری مصرف آب دیگر ارقام در روش آبیاری نشتی بیشتر از آبیاری بارانی و قطره‌ای بود (جدول ۴) که به دلیل تولید عملکرد بالاتر در این شرایط بوده است.

بدون تردید دلیل بهره‌وری مصرف آب بالاتر رقم سانتا نسبت به دیگر ارقام، عملکرد غده بالاتر این رقم به ازای مصرف هر واحد آب می‌باشد. Tofang-Sazpoor et al. (2014) نیز گزارش نمودند که رقم سانتا به علت داشتن عملکرد غده بالاتر دارای کارایی مصرف آب بالاتری نسبت به ارقام راموس و کوزیما بود. در مجموع، بهره‌وری مصرف آب برای کلیه ارقام مورد بررسی، اختلاف چشمگیری از نظر روش‌های مختلف آبیاری نشان نداد. این موضوع به این دلیل می‌تواند باشد که چون عملکرد ارقام مورد بررسی در آبیاری نشتی و بعد از آن آبیاری قطره‌ای بالاتر از آبیاری بارانی بود به همین ترتیب میزان آب مصرفی نیز در آبیاری نشتی (۸۲۳۰ مترمکعب در هکتار) و پس از آن آبیاری قطره‌ای (۶۲۷۹ مترمکعب در هکتار) بیشتر از

آبیاری بارانی (۵۴۹۹ مترمکعب در هکتار) بود، در نهایت این موضوع باعث تعادل در بهره‌وری مصرف آب شده است. در تحقیقی نشان داده شد که با کاهش آب آبیاری مصرفی، کارایی مصرف آب افزایش یافته است (Yuan et al., 2003). این موضوع برای ارقام سانتا و آگریا در این تحقیق صادق بود. همچنین، گزارش شده است که روش آبیاری تیپ سبب افزایش ۴۱ درصدی کارایی مصرف آب سیب‌زمینی نسبت به روش آبیاری شیاری گردید (Akhavan et al., 2007). کارایی مصرف آب را برای روش قطره‌ای (تیپ) ۲/۹ کیلوگرم بر مترمکعب و برای آبیاری نشتی ۱/۱۱ کیلوگرم بر مترمکعب بیان شده است (Keshavars and Heydari, 2004). البته در تحقیقات ذکر شده، آبیاری تحت فشار منجر به کاهش معنی‌دار عملکرد غده نسبت به آبیاری نشتی نشده بود.

نتیجه‌گیری

نتایج نشان داد در آبیاری بارانی به دلیل سله بستن خاک در ابتدای فصل رشد و در نتیجه تأخیر در رشد و نمو گیاه و همچنین آبیاری قطره‌ای به‌صورتی که یک نوار تیپ در وسط پشته تعبیه شود، به دلیل این‌که بافت خاک شنی بوده و پخش آب به‌صورت افقی بخوبی صورت نمی‌گرفت در نتیجه بخشی از خاک نزدیک ریشه بخوبی آبیاری نشد و آبیاری نشتی از عملکرد غده بهتری برخوردار بود. با این وجود، با توجه به بحث کارایی مصرف آب، رقم سانتا و آبیاری بارانی می‌تواند قابل توصیه باشد. چرا که با حجم آبیاری یکسان برای روش‌های مختلف آبیاری، با روش قطره‌ای و بارانی سطح زمین بیشتری قابل کشت بوده و به تبع آن عملکرد بیشتری تولید می‌گردد. توصیه می‌شود در مناطقی با این بافت خاک تحقیقات بیشتری در زمینه کاربرد مقادیر مناسب کودهای آلی مختلف جهت بهبود بافت خاک و حل مشکلات مربوط به آبیاری بارانی و قطره‌ای انجام شود.

سپاس‌گزاری

هزینه این پژوهش توسط معاونت محترم پژوهشی و فناوری دانشگاه شهید باهنر کرمان تأمین شده است که بدین وسیله سپاس‌گزاری می‌شود.

References

- Ahire, N. R., Bhoi, P. G. and Solanke, A. V. (2000). Effect of row spacing and planting system on growth and yield of potato under surface and drip irrigation. *Journal of the Indian Potato Association*, 27(2), 59-60.
- Akhavan, S., Mousavi, S. F., Mostafazadeh-Fard, B. and Ghadami-Firoz Abadi, A. (2007). Investigation of yield and water use efficiency of potato with tape and furrow irrigation. *Journal of Science and Technology of Agriculture and Natural Resources*, 11(41), 15-26. [In Farsi]
- Alizadeh, A. 2004. *Soil physics*. Imam Reza of Mashhad Press. [In Farsi]
- Allen, R. G., Pereira, L. S., Raes, D. and Smith, M. (1998). *Crop evapotranspiration-guidelines for computing crop water requirements*. FAO Irrigation and Drainage Paper, Rome, Italy.
- 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(2), 164-170.
- Attaher, S. M., Medany, M. A., Abdel Aziz, A. A. and Mostafa, M. M. (2004). Energy requirements and yield of drip irrigated potato. *Acta Horticulturae*, 608(3), 191-198.
- Darabi, A. and Eftekhari, A. (2014). Investigation in to the phenology stages, some growth indices and qualitative and quantitative characteristics of three potato (*Solanum tuberosum* L.) cultivars. *Plant Productions*, 37(3), 53-67. [In Farsi]
- Demelash, N. (2013). Deficit irrigation scheduling for potato production in North Gondar, Ethiopia. *African Journal of Agricultural Research*, 8(11), 1144-1154.
- Esehaghbeygi, A. (2010). The effect of cultivation depth and variety on the yield and properties of potato tuber. *Plant Productions*, 33(1), 67-74. [In Farsi]
- 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(2), 51-64.
- Gheysari, M., Mirlatifi, S.M., Bannayan, M., Homae, M. and Hoogenboom, G. (2009). Interaction of water and nitrogen on maize grown for silage. *Agricultural Water Management*, 96(11), 809-821.
- Haghighi, B., Broomand-Nasab, S. and Naseri, A. A. (2015). Effect of different deficit irrigation managements in furrow and tape drip methods on potato yield and water productivity. *Journal of water Research in Agriculture*, 5(2), 181-193. [In Farsi]
- Hassan-Panah, D. and Hassan-Abadi, H. (2011). Effect of temperature thresholds on yield and size of seed tubers of potato cultivars in Ardebil region. *Iranian Journal of Dynamic Agriculture*, 3(4), 249-259. [In Farsi]
- Hosseini, S. M. and Amini, Z. (2015). Effect of potassium sulfate on drought resistance of potato in northern fars province. *Water Research in Agriculture*, 28(4), 365-373. [In Farsi]
- Keshavars, A. and Heydari, N. (2004). *An approach on profusion and waste of water resources of Iran in the stages of production and consumption of agricultural products*. Presented at the Symposium 1th National Resources Loss Prevention, The Academy of Sciences, Tehran, Iran. [In Farsi]
- Lehrsch, G. A. and Kincaid, D. C. (2010). Sprinkler irrigation effects on infiltration and near surface unsaturated hydraulic conductivity. *Journal American Society of Agricultural and Biological Engineers*, 53(2), 397-404.
- Li, D., Velde, C.B. and Zhang, T. L. (2004). Observation of pores and aggregates during aggregation in some clayrich agricultural soils as seen in 2D image analysis. *Gedema*, 118(6), 191-207.
- MAJ (Ministry of Agriculture of the I.R. of Iran). (2018). *Planning and economics department, statistics bank of Iranian agriculture*. Retrieved from <http://www.maj.ir/english/Statistic/Default.asp?p=statistic>. (Accessed October 2018).
- Molaei, B., Gheysari M., Mostafazadeh-Fard, B., Landi, E. and Majidi, M. M. (2015). Evaluation of Yield and Yield Characteristics of Two Potato Varieties under Sprinkler and Trickle Irrigation Systems. *Journal of Water and Soil Science*, 19(71), 241-251. [In Farsi]

- Najafi- Moosavi, S. A. (2012). Effect of planting time, irrigation method and plant pattern on yield and yield components of potato Varieties in Jiroft, Iran. *Journal of New Finding in Agriculture*, 5(4), 413-421. [In Farsi]
- Pagter, M., Bragato, C. and Brix, H. (2005). Tolerance and physiological responses of *Phragmites australis* to water deficit. *Aquatic Botany*, 81(3), 285-299.
- Porter, G. A., Opena, G. B., Bradbury, W. B. and Burnie, J.C. (1999). Soil management and supplemental irrigation effects on potato. Soil properties, tuber yield and quality. *Agronomy Journal*, 91(1), 416-425.
- Sabbah, A. and Ghaffari-Nejad, A. (2008). Determination of the best water level as trickle, irrigation and method of tape replacement on potato yield in Jiroft area. *Pajouhesh & Sazandegi*, 79(2), 194-199. [In Farsi]
- 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(2), 143-148.
- Shahnazari, A., Ahmadi, S. H., Laerke, P. E., Liu, F. and Plauborg, F. (2008). Nitrogen dynamics in the soil-plant system under deficit and partial root-zone drying irrigation strategies in potatoes. *European Journal of Agronomy*, 28(2), 65-73.
- Shekofteh, H. (2014). Study on the Effect of Drip Tape Placement and Fertilization Time on Yield of Potato in Jiroft Area. *Journal of Water and Soil Science*, 18(3), 205-214. [In Farsi]
- Shiri-Janagard, M., Tobeh, A., Asghari Zakaria, R., Nouri-Ganbalani, GH. and Dehdar Masjedlo, B. (2007). The effects of different levels of drip irrigation and cultivation pattern on yield and yield components of the Agria potato. *Pajouhesh & Sazandegi*, 75(3), 149-157. [In Farsi]
- Shock, C.C. 2010. Water requirements and irrigation. In W.H. Bohl and S.B. Johnson, (Eds.), *Commercial potato production in North America* (pp. 54-56). Orono: The Potato Association of America.
- Shock, C. C., Zalewski, J. C., Stieber, T. D. and Burnett, D. S. (1992). Impact of early – season water deficits on Russet Burbank plant development, tuber yield and quality. *American potato Journal*, 69(6), 793-803.
- Steyn, J. M., Du Plessis, H. F. and Nortje, P. F. (1992). The influence of different water regimes on up-to-date potato I. Vegetative development, photosynthetic rate and stomatal diffusive resistance. *South African Journal of Plant and Soil*, 9(1), 113-117.
- Tofang-Sazpoor, R., Roshanfekr, H., Meskarbashee, M. and Bromand Nasab, S. (2014). Effect of irrigation deficit and cultivation method on some quantitative and qualitative characteristics of potato cultivars. *Plant Productions*, 38(2), 1-18. [In Farsi]
- Van Loon, C. D. (1986). Drought, a major constraint to potato production and possibilities for screening of droughtresistance. In A.G.B. Beekman (Ed.), *Potato Research of Tomorrow*. Proceedings of International Seminar, Wageningen, Netherlands.
- Waddell, J. T., Gupta, S. C., Moncrief, F., Rosen, C. J. and Steele D. D. (1999). Irrigation and nitrogen management effect on potato yield, tuber quality, and nitrogen uptake. *Agronomy Journal*, 91(3), 991-997.
- Yaghbani, M. and Mohammadzadeh, J. (2005). Study of starch physic-chemical characteristics in potato dominant cultivars in Golesten region. *Iranian Journal of Nutrition Sciences and Food Technology*, 2(4), 71-79. [In Farsi]
- 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(1), 153-167.
- Zhou, Zh., Plauborg, F., Parsons, D. and Andersen, M. N. (2018). Potato canopy growth, yield and soil water dynamics under different irrigation systems. *Agricultural Water Management*, 202(3), 9-18.

