2022, Vol.8, No.4, Pages 51 to 58
Journal of Water and Sustainable Development

سال هشتم، شماره ٤، ١٤٠٠، صفحات ٥١ تا ٥٨
نشریه آب و توسعه پایدار

Article Type: Applied Article

نوع مقاله: پژوهش کاربردی

Investigation of Applied Water, Yield and Water efficiency of Potato Fields in the Conditions of Farmers in Razavi Khorasan Province

M. Joleini[1*], M. Karimi[2], J. Baghani[3]

1, 2- Associate professor and Assistant Professor, Khorasan Razavi Agricultural Research, Education and Extension Organization, AREEO, Mashhad, Iran. 3- Assistant Professor, Agricultural Engineering Research Institute, AREEO, Karaj, Iran.

*(Corresponding Author Email: m.jolaini@areeo.ac.ir)
Received: 26-08-2021 Revised: 07-11-2021
Accepted: 09-11-2021 Available Online: 19-03-2022

بررسی میزان آب کاربردی، عملکرد و بهره‌وری آب مزارع سیب‌زمینی در شرایط زارعین استان خراسان رضوی

محمد جلینی[1*]، محمد کریمی[2]، جواد باغانی[3]

۱ و۲- به‌ترتیب دانشیار و استادیار مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی خراسان رضوی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، مشهد، ایران. ۳- استادیار، موسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران.

*(نویسنده مسئول، E-Mail: m.jolaini@areeo.ac.ir)
تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۰۶/۰۴ تاریخ بازنگری: ۱۴۰۰/۰۸/۱۶
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۰۸/۱۸ تاریخ انتشار: ۱۴۰۰/۱۲/۲۸

Abstract

Due to water shortage in the country, improving the irrigation management of potato fields can reduce water consumption and increase the efficiency of this important product. For this purpose, it is necessary to have sufficient and accurate information about the status of applied water and water efficiency in the conditions of farmers' management. Therefore, the amount of applied water, yield, and water efficiency in the conditions of farmers' management in two major potato production areas in Razavi Khorasan province were investigated. The two areas of Fariman and Torbat Heydariyeh with the highest area of cultivation and production of potatoes were selected as pilots cities. The method of irrigation in all fields was the drip method. In experimental farms, irrigation and agronomic characteristics, water source and irrigation network characteristics, required meteorological data, applied water volume, potato yield, and water efficiency in the crop year 2019 were measured. Also, the volume of water used by farmers was compared with the estimated irrigation needs based on meteorological data from 2019 and the last ten years calculated by the Penman-Monteith method. The amount of applied water based on meteorological data in 2019 was about 26% and to 10-year statistics was about 15% more. The results also showed that the volume of applied potato water in the studied farms varied from 9888 to 14573 m3/ha and its average was 11885 m^3/ha. Potato yield in selected fields varied from 28600 to 60000 kg/ha and the average was 40399 kg/ha. Water efficiency varied from 2.22 to 5.25 and the average was 3.42 kg/m^3.

Keywords: Potato, Applied Water, Yield, Water Efficiency, Razavi Khorasan Province.

چکیده

باتوجه‌به کمبود آب در کشور، بهبود مدیریت آبیاری مزارع سیب‌زمینی می‌تواند کاهش مصرف آب و افزایش بهره‌وری آب این محصول مهم را به همراه داشته باشد. به این منظور، لازم است اطلاع کافی و دقیقی از وضعیت میزان آب کاربردی و بهره‌وری آب در شرایط مدیریت زارعین وجود داشته باشد. ازاین‌رو میزان آب کاربردی، عملکرد و بهره‌وری آب در شرایط مدیریت زارعین در دو منطقه عمده تولید سیب‌زمینی در استان خراسان رضوی بررسی شد. دو منطقه فریمان و تربت حیدریه با بیشترین سطح زیرکشت و تولید محصول سیب‌زمینی به‌عنوان شهرستان‌های پایلوت انتخاب شدند. روش آبیاری تمام مزارع، روش قطره‌ای (تیپ) بود. در مزارع آزمایشی، خصوصیات آبی و زراعی، مشخصات منبع آب و شبکه آبیاری، داده‌های هواشناسی مورد نیاز، حجم آب کاربردی، عملکرد سیب‌زمینی و بهره‌وری آب در سال زراعی ۱۳۹۸ اندازه‌گیری شد. همچنین حجم آب کاربردی توسط کشاورزان با نیاز آبیاری برآورد شده براساس داده‌های هواشناسی سال ۹۸ و ده ساله اخیر محاسبه شده به روش پنمن- مانتیث مقایسه شد. مقدار آب کاربردی بر اساس داده‌های هواشناسی سال ۹۸ حدود ۲۶ درصد و نسبت به آمار ۱۰ ساله حدود ۱۵ درصد بیشتر بود. نتایج همچنین نشان داد، حجم آب کاربردی سیب‌زمینی در مزارع مورد مطالعه از ۹۸۸۸ تا ۱۴۵۷۳ مترمکعب در هکتار متغیر و میانگین آن ۱۱۸۸۵ مترمکعب در هکتار بود. عملکرد سیب‌زمینی در مزارع منتخب از ۲۸۶۰۰ تا ۶۰۰۰۰ کیلوگرم بر هکتار متغیر و میانگین آن ۴۰۳۹۹ کیلوگرم بر هکتار بود. بهره‌وری آب از ۲/۲۲ تا ۵/۲۵ متغیر و میانگین ۳/۴۲ کیلوگرم بر مترمکعب بود.

واژه‌های کلیدی: سیب‌زمینی، آب کاربردی، عملکرد، بهره‌وری آب، استان خراسان رضوی.

HomePage: https://jwsd.um.ac.ir

How to cite this article: Joleini M., Karimi M., Baghani J. 2022. Investigation of Applied Water, Yield and Water efficiency of Potato Fields in the Conditions of Farmers in Razavi Khorasan Province. Journal of Water and Sustainable Development, 8(4): 51-58. doi: http://dx.doi.org/10.22067/jwsd.v8i4.2108.1075

مقدمه

اهمیت محصول سیب‌زمینی با بهبود وضعیت اقتصادی و بهداشتی مردم کشورهای در حال توسعه همواره رابطه مستقیم و مثبت داشته‌است و ازاین‌رو از این گیاه می‌توان به‌عنوان غذای آینده کشورهای در حال توسعه نام برد. با این حال افزایش عملکرد سیب‌زمینی در واحد سطح در بسیاری از مناطق دنیا با عوامل محدودکننده‌ای از جمله آب مواجه است که شناخت آنها و بررسی روش‌های مدیریت محصول تحت تأثیر اینگونه عوامل، از ضروریات تولید سیب‌زمینی در چنین شرایطی محسوب می‌شود (حسن‌پناه و همکاران، ۱۳۹۷). از طرفی استان خراسان رضوی با کسری مخزن منابع آب زیرزمینی مواجه است. ازاین‌رو تلاش در جهت استفاده بهتر از آب‌های استحصالی و کاهش بهره‌برداری از منابع آب زیرزمینی، اجتناب‌ناپذیر است. مقدار آبی که توسط کشاورزان برای تولید محصولات کشاورزی در سطح کشور مصرف می‌شود، به عواملی مانند رقم، طول دوره رشد، مدیریت مزرعه، بافت خاک، کیفیت آب، ابعاد واحد آبیاری، اقلیم، سامانه آبیاری، نوع منبع آبی و ... بستگی دارد.

اکبری (۱۳۷۷) نشان داد روش آبیاری بارانی در مقایسه با روش شیاری عملکرد بالاتری دارد و علاوه بر آن بیش از ۳۵ درصد نسبت به آبیاری شیاری در مصرف آب صرفه‌جویی می‌شود. رضوانی و جعفری (۱۳۸۳) گزارش کردند در مزارع سیب‌مینی استان همدان، در روش آبیاری با نوارهای تیپ ۵۸۲۰ مترمکعب در هکتار و روش آبیاری بارانی کلاسیك ثابت ۶۹۷۲ مترمکعب در هکتار آب مصرف می‌شود. عملکرد سامانه آبیاری بارانی ویل‌موو ۴۸/۵ و سامانه قطره‌ای ۳۳/۵ تن در هکتار و میانگین بهره‌وری آب در روش‌های آبیاری ۶/۵ کیلوگرم بر مترمکعب گزارش شده است. احمدی عدلی (۱۳۸۵) در طول فصل رشد با ۹ آبیاری، میزان آب مصرفی سیب‌زمینی در منطقه اردبیل را ۴۵۶۰ متر مکعب در هکتار به‌دست آورد. قدمی فیروزآبادی و سیدان (۱۳۸۵) گزارش کردند متوسط بهره‌وری آب سیب‌زمینی در منطقه همدان ۲/۶ کیلوگرم بر مترمکعب است. بهراملو (۱۳۸۸) نتیجه گرفت عملکرد سیب‌زمینی برای ارقام آگریا، مارفونا و سانته در آبیاری بارانی با متوسط ۳۷ تن نسبت به روش آبیاری قطره‌ای با ۲۹ تن معنی‌داری بود، اما بهره‌وری آب در روش آبیاری قطره‌ای با متوسط ۴/۹۱ کیلوگرم بر مترمکعب بیشتر از روش آبیاری بارانی با متوسط ۴/۱۴ کیلوگرم بر مترمکعب بود. باغانی (۱۳۸۹) با اندازه‌گیری ۳۰ مزرعه سیب‌زمینی در دشت مشهد- چناران، میانگین آب داده شده در آبیاری سطحی و قطره‌ای به‌ترتیب ۱۴۹۵۵ و ۹۱۶۹ مترمکعب بر هکتار، عملکرد به‌ترتیب ۴۵۶۰۰ و ۵۷۴۰۰ کیلوگرم در هکتار و بهره‌وری آب به‌ترتیب ۳/۲۴ و ۶/۲۶ کیلوگرم بر مترمکعب را به‌دست آورد. جلینی و کاظمی (۱۳۹۰) در تحقیقی تأثیر دور آبیاری ۲، ۴ و ۶ روز به روش آبیاری قطره‌ای بعد از سبز شدن گیاه روی عملکرد و کارآیی مصرف آب ارقام آلمرا، آگریا، سانته و سینورا سیب‌زمینی بررسی کردند. نتایج نشان داد اثر دور آبیاری روی میزان عملکرد و کارآیی مصرف آب معنی‌دار نشد. حیدری (۱۳۹۰) در تحقیق خود مقدار بهره‌وری آب در محصولات عمده کشاورزی برای چند منطقه از کشور را بررسی کردند. طبق نتایج این تحقیق متوسط بهره‌وری آب سیب‌زمینی در مناطق کرمان، همدان، مغان، گلستان و خوزستان ۲/۱۸ کیلوگرم بر مترمکعب برآوردشد. سلیمانی‌پور و همکاران (۱۳۹۰) در اصفهان به این نتیجه رسیدند روش آبیاری بارانی نسبت به روش تیپ و روش تیپ نسبت به روش شیاری از لحاظ عملکرد برتری داشت. همچنین کشت یک ردیفه نسبت به کشت دو ردیفه عملکرد بیشتری داشت. بهراملو (۱۳۹۰) در روش آبیاری نشتی در همدان نتیجه گرفت در این روش آبیاری، متوسط عملکرد محصول ۲۵/۴ تن در هکتار و کارایی مصرف آب ۲/۱۱ کیلوگرم بر مترمکعب است. مولائی (۱۳۹۱) در اصفهان نتیجه گرفت بهره‌وری آب سیب‌زمینی برای ارقام بورن و ساتینا در آبیاری قطره‌ای نواری به‌ترتیب ۴/۰۲ و ۳/۹۷ کیلوگرم بر مترمکعب و در آبیاری بارانی به‌ترتیب ۲/۱۹ و۲/۳۰ کیلوگرم بر مترمکعب بود. بهره‌وری‌آب در روش آبیاری قطره‌ای نسبت به آبیاری بارانی در رقم بورن و ساتینا به‌ترتیب ۸۳ و ۷۳ درصد بیشتر بود. قدمی فیروزآبادی و سیدان (۱۳۹۴) گزارش کردند مقدار بهره‌وری آب در روش سنتی و بارانی به‌ترتیب ۱/۲۳ و۴/۵۰ کیلوگرم بر مترمکعب حاصل شده است. مامن‌پوش و همکاران (۱۳۹۴) در مرکز تحقیقات کشاورزی اصفهان نتیجه گرفتند عملکرد سیب‌زمینی در تیمار ۱۰۰ درصد تامین نیاز آبی ۲۹/۹ تن در هکتار بود که با تیمار ۱۲۰ درصد تفاوت معنی‌دار نداشت. نادری و همکاران (۱۳۹۵) در شهرکرد نتیجه گرفتند کمترین و بیشترین عملکرد سیب‌زمینی در سطوح آبیاری ۴۰ و ۱۳۰ درصد آبیاری کامل به‌ترتیب برابر با ۱۳/۲ و ۴۵/۲ تن بر هکتار به‌دست آمد. جلینی و کریمی (۱۳۹۶) تأثیر دور آبیاری (۲ و ۴ روز) و درصد نیتروژن مصرفی (۱۰۰، ۷۵ و ۵۰ درصد توصیه کودی) را بر عملکرد و کارآیی مصرف آب سیب‌زمینی رقم اکریا بررسی نمودند. عملکرد و بهره‌وری آب در دور آبیاری ۲ و ۴ روز به‌ترتیب برابر با ۲۹/۸ و ۲۷/۸ تن در هکتار و ۴/۰۱ و ۳/۷۳ کیلوگرم بر مترمکعب به‌دست آمد. جلالی و همکاران (۱۳۹۶) نیاز آبی سیب‌زمینی را در سه اقلیم (خشک، سرد و گرم)، برآورد نمودند. بر اساس بررسی آنها، تفاوت آب مصرفی و بهره‌وری آب بین اقلیم‌های مختلف معنی‌دار بود. متوسط نیاز آبی خالص سیب‌زمینی در سه اقلیم به‌ترتیب برابر ۵۰۴۴، ۵۰۷۸ و ۵۷۰۳ مترمکعب بر هکتار برآورد شد. رضوانی و همکاران (۱۳۹۸) نتیجه گرفتند سامانه آبیاری قطره‌ای باعث بهتر سبز شدن بوته‌های سیب‌زمینی شد. بهره‌وری آب تحت سامانه آبیاری قطره‌ای حدود ۳۵ درصد بیشتر از سامانه آبیاری بارانی بود. شاهرخ‌نیا و باغانی (۱۴۰۰) تحقیقی در ۱۵ مزرعه سیب‌زمینی در سه شهرستان آباده، اقلید و خرمبید استان فارس تحت مدیریت زارعین انجام دادند. متوسط مقدار آب کاربردی در مزارع سیب زمینی معادل ۹۴۲۰ مترمکعب در هکتار بدست آمد که ۳۳۵۰ مترمکعب از میانگین نیاز آبی ناخالص

کمتر بود. عملکرد و بهره‌وری آب نیز به‌ترتیب ۴۳/۴ تن در هکتار و ۴/۸۷ کیلوگرم بر مترمکعب حاصل شد.

Shock و همکاران (۱۹۹۳) نتیجه گرفتند سیب‌زمینی در برخی از مراحل رشد به‌خصوص قبل از تشکیل غده‌ها نسبت به تنش آبی تا حدی مقاوم است و اعمال تنش آبی یا کم‌آبیاری در این مرحله از رشد ضمن افزایش بهره‌وری آب، تأثیر اندکی در کاهش عملکرد دارد. Yuan و همکاران (۲۰۰۳) تأثیر سطوح آب برابر با ۲۵، ۵۰، ۷۵، ۱۰۰ و ۱۲۵ درصد تبخیر از طشتک تبخیر کلاس A در روش آبیاری قطره‌ای را برای سیب‌زمینی بررسی نمودند. نتایج نشان داد با افزایش میزان آب مصرفی محصول بازارپسند (وزن غده بیشتر از ۸۰ گرم) افزایش ولی وزن خشك محصول و کیفیت غده‌ها کاهش یافت. Onder و همکاران (۲۰۰۵) با بررسی سطوح مختلف آبیاری در دو سامانه آبیاری قطره‌ای سطحی و زیرسطحی روی سیب‌زمینی گزارش کردند اثر متقابل روش و سطوح آبیاری بر عملکرد گیاه معنی‌دار بود. Montazar و Kosari (۲۰۰۷) مقادیر بهره‌وری مصرف آب ۱۰ محصول زراعی را با استفاده از نتایج ۶۷ طرح تحقیقاتی انجام‌شده طی سال‌های ۱۹۹۳ تا ۲۰۰۶ در ایستگاه‌های تحقیقاتی ۱۳ استان کشور تعیین نمودند. میانگین بهره‌وری آب سیب‌زمینی۲/۷۴ کیلوگرم بر مترمکعب به‌دست آمد. Bahramloo و Nasseri (۲۰۰۹) با بررسی تعداد بهینه آبیاری رقم آگریا در آبیاری سطحی در همدان، نتیجه‌گیری نمودند عملکرد این محصول با ۱۶ و ۱۸ نوبت آبیاری به‌ترتیب ۲۸/۵ و ۲۴/۶ تن در هکتار و بهره‌وری آب به‌ترتیب ۲/۳۶ و ۱/۸۴ کیلوگرم بر مترمکعب بود. Matovic و همکاران (۲۰۱۶) دو نوع سامانه آبیاری بارانی و قطره‌ای زیرسطحی را برای سیب‌زمینی در صربستان بررسی کردند و سامانه آبیاری قطره‌ای زیرسطحی را مناسبتر دانستند. Tang و همکاران (۲۰۱۸) اثر زمان کاشت و برنامه آبیاری را در افزایش بهره‌وری آب سیب‌زمینی در شمال چین بسیار موثر و حدود ۷۰ درصد دانستند.

با بررسی منابع مشخص شد میزان آب کاربردی سیب‌زمینی در مناطق مختلف و با سامانه‌های آبیاری گوناگون متغیر می‌باشد. ازاین‌رو اطلاع از وضعیت مصرف و بهره‌وری آب مزارع سیب‌زمینی می‌تواند به برنامه‌ریزان و مدیران استانی و کشوری کمک نماید تا بتوانند به‌طور موثرتری هم تولید را افزایش داده و هم در مصرف آب صرفه‌جویی نمایند. بنابراین هدف از انجام این تحقیق بررسی وضعیت مزارع سیب‌زمینی استان خراسان رضوی از لحاظ حجم آب کاربردی، عملکرد و بهره‌وری آب و عوامل تأثیرگذار بر آنها در شرایط زارعین بود.

مواد و روش‌ها

این تحقیق به‌صورت میدانی و به‌منظور تعیین آب کاربردی سیب‌زمینی در مزارع تحت مدیریت کشاورزان طی فصل زراعی ۱۳۹۸ اجرا شد. کل سطح زیرکشت و عملکرد در واحد سطح سیب‌زمینی در استان خراسان رضوی به‌ترتیب ۴۹۷۹ هکتار و ۳۲۷۷۱ کیلوگرم در هکتار بود (احمدی و همکارن، ۱۳۹۹). در این استان دو شهرستان فریمان و تربت حیدریه که بیشترین سطح زیرکشت سیب‌زمینی را داشتند، انتخاب شد. سطح زیر کشت و عملکرد سیب‌زمینی در واحد سطح در منطقه فریمان به‌ترتیب ۷۶۵ هکتار و ۳۳۰۰۰ کیلوگرم در هکتار و در منطقه تربت حیدریه به‌ترتیب ۲۲۴۵ هکتار و ۲۹۲۶۱ کیلوگرم در هکتار بود (سالنامه آماری بخش کشاورزی استان خراسان رضوی، ۱۳۹۸). تعداد مزارع انتخابی در دشت فریمان ۱۲ و در دشت تربت حیدریه ۱۰ مزرعه و روش آبیاری در مزارع قطره ای (نوار تیپ) بود. مزارع با کمک کارشناسان معاونت تولیدات گیاهی و مدیریت آب و خاک سازمان جهادکشاورزی استان شناسایی و انتخاب شدند. مزارع طوری انتخاب شدند که عوامل مختلف از جمله مساحت مزرعه، بافت خاک، نوع مالکیت، کیفیت آب آبیاری و سطح زیر کاشت سیب‌زمینی را پوشش دهند. مدیریت آبیاری بدون هیچ دخالتی، توسط بهره‌بردار صورت گرفت و بر همین اساس پارامترهای مختلف مزرعه‌ای شامل موقعیت جغرافیایی، دبی آب ورودی به مزرعه، منبع آب آبیاری (سطحی، زیرزمینی)، تاریخ کاشت، نوع رقم، سطح زیرکشت، تعداد دفعات آبیاری، شوری آب و خاک، تاریخ برداشت، طول دوره رشد و عملکرد محصول اندازه‌گیری و در فرم مربوط به ثبت اطلاعات درج شد.

میزان آب کاربردی در مزارع، از طریق مراجعه حضوری و با اندازه‌گیری دبی آب به‌صورت حجمی تعیین شد. اندازه‌گیری دبی خروجی از روزنه‌ها با روش حجمی برای کنترل میزان آب کاربردی در هر بار آبیاری اندازه‌گیری شد. پس از تعیین دبی آب در مزارع، بر اساس تعداد ساعت آبیاری، حجم آب کاربردی در هر نوبت آبیاری اندازه‌گیری شد. در پایان فصل رشد با ضرب تعداد نوبت‌های آبیاری در حجم آب داده شده در هر بار آبیاری، عمق و حجم کل آب کاربردی سیب‌زمینی در مزارع منتخب تعیین شد. اطلاعات هواشناسی روزانه مورد نیاز برای برآورد نیازآبی به روش پنمن-مانتیث از ایستگاه‌های هواشناسی سینوپتیک مناطق اخذ گردید. تبخیر-تعرق گیاه مرجع از روش پنمن-مانتیث، با استفاده از داده‌های هواشناسی (شامل متوسط روزانه درجه حرارت حداکثر و حداقل هوا، درصد رطوبت نسبی حداکثر و حداقل هوا، سرعت باد در ارتفاع ۲ متری بر حسب متر بر ثانیه و تعداد ساعات آفتابی در شبانه روز) سال انجام تحقیق (۱۳۹۸) و ۱۰ سال منتهی به زمان انجام پژوهش با استفاده از نرم افزار ETo-Calculator برآورد شد (Raes، ۲۰۱۲). سپس با ضرب تبخیر-تعرق گیاه مرجع در ضریب گیاهی سیب‌زمینی، تبخیر-تعرق پتانسیل گیاه سیب‌زمینی به‌دست آمد. مقادیر ضریب گیاهی برای هر مرحله رشد بر اساس تلفیق یافته‌های پژوهشی در منطقه و اعداد پیشنهادی نشریه فائو ۵۶ انتخاب شد (Allen و همکاران، ۱۹۹۸). میانگین برخی پارامترهای هواشناسی در طول دوره رشد سیب‌زمینی در مناطق بررسی در جدول (۱) آورده شده است. مشاهده می‌شود

که درجه حرات حداکثر، حداقل، سرعت باد و ساعات آفتابی در سال ۱۳۹۸ از میانگین داده‌های ۱۰ ساله کمتر ولی رطوبت نسبی حداکثر و حداقل در سال ۹۸ نسبت به میانگین ۱۰ ساله بیشتر می‌باشد.

براساس نشریه شماره ۲۹ فائو، نیاز آب آبشویی در روش آبیاری و قطره‌ای از رابطه (۱) برآورد شد (Ayers و Westcot، ۱۹۹۴).

$$LR=ECw/2MaxECe \quad (1)$$

که در آن، ECw هدایت الکتریکی آب آبیاری (دسی‌زیمنس بر متر)، ECe آستانه تحمل ۱۰ درصد کاهش محصول (۱/۷ دسی زیمنس بر متر) و MaxECe شوری با عملکرد صفر (برابر ۱۰/۰ دسی‌زیمنس بر متر) است. شاخص بهره‌وری آب از نسبت مقدار عملکرد سیب‌زمینی (کیلوگرم در هکتار) به حجم آب آبیاری (مترمکعب در هکتار) به‌دست آمد (Molden و همکاران، ۱۹۹۸). به‌عبارت‌دیگر شاخص بهره‌وری آب در تولید سیب‌زمینی از رابطه (۲) به‌دست آمد.

$$WP=CY/CW \quad (2)$$

که در آن، WP بهره‌وری آب (کیلوگرم بر مترمکعب آب مصرفی در طول فصل)، CY عملکرد سیب‌زمینی (کیلوگرم در هکتار) و CW حجم آب آبیاری (مترمکعب بر هکتار) بود. در پایان فصل عملکرد سطح زراعی در هر یک از مزارع انتخابی اندازه‌گیری شد و باتوجه‌به میزان آب کاربردی اندازه‌گیری شده، بهره‌وری آب در هر یك از مزرعه‌های انتخابی در دشت‌های مورد مطالعه تعیین شد.

نتایج و بحث

مشخصات کلی مزارع و پارامترهای اولیه اندازه‌گیری و محاسبه شده در دو دشت و کل مزارع در جدول (۲) آورده شده است. حداقل، حداکثر و میانگین میزان دبی در کل مزارع انتخابی به‌ترتیب برابر با ۲۵، ۷۵ و ۳۴/۷ لیتر در ثانیه، میزان شوری آب آبیاری حداقل ۰/۵۰ دسی‌زیمنس بر متر و حداکثر ۲/۱۰ با میانگین ۰/۹۷ دسی‌زیمنس بر متر بود. باتوجه‌به شوری آب آبیاری و شوری عصاره اشباع خاک، درصد ضریب آبشویی بین ۲/۵ تا ۱۰/۵ درصد و میانگین آن برابر با ۴/۹ درصد به‌دست آمد. حداقل، حداکثر و میانگین سطح زیرکشت محصول سیب‌زمینی به‌ترتیب برابر با ۲/۵، ۷۸/۰ و ۲۴/۸ هکتار و رقم مورد کشت در مزارع اگریا و فونتانا بود. طول دوره رشد در مزارع انتخابی بین ۹۴ تا ۱۴۲ با میانگین ۱۱۹ روز و میانگین عمق آب در هر بار آبیاری بین ۳۴/۲ تا ۷۷/۸ با میانگین ۴۸/۳ میلی‌متر بود. تعداد کل نوبت‌های آبیاری نیز بین ۱۶ تا ۳۵ با میانگین ۲۴ بار متغیر بود. نوع منبع آب در تمام مزارع چاه عمیق و شبکه آبیاری مدرن و بافت خاک نیز از شن لومی تا لوم رسی متغیر بود. تاریخ کاشت از ۱۳۹۸/۰۲/۱۵ تا ۱۳۹۸/۰۴/۱۰ و تاریخ برداشت از ۱۳۹۸/۰۶/۱۰ تا ۱۳۹۸/۰۷/۱۵ متغیر بود.

جدول ۱- میانگین برخی پارامترهای هواشناسی در طول دوره رشد سیب‌زمینی در مناطق مورد بررسی

منطقه	زمان	دمای حداکثر (سانتی‌گراد)	دمای حداقل (سانتی‌گراد)	رطوبت نسبی حداکثر (درصد)	رطوبت نسبی حداقل (درصد)	سرعت باد (متر بر ثانیه)	ساعات آفتابی (ساعت در روز)
فریمان	سال ۹۸	۲۳/۹	۹/۲	۵۶/۶	۳۳/۹	۲/۵	۹/۵
	متوسط ۱۰ ساله	۲۷/۷	۱۲/۸	۴۳/۰	۲۶/۲	۳/۶	۱۰/۰
تربت حیدریه	سال ۹۸	۲۶/۶	۱۲/۹	۴۴/۹	۲۵/۹	۳/۲	۱۰/۰
	متوسط ۱۰ ساله	۲۸/۰	۱۳/۸	۴۶/۷	۲۳/۱	۴/۷	۱۱/۸

جدول ۲- تغییرات داده‌های اولیه و پایه در مزارع مناطق منتخب استان خراسان رضوی

منطقه	پارامتر	دبی (لیتر بر ثانیه)	شوری آب (دسی زیمنس بر متر)	شوری خاک	درصد آبشویی (درصد)	سطح زیرکشت سیب‌زمینی (هکتار)	طول دوره رشد (روز)	متوسط عمق هر آبیاری (میلیمتر)	تعداد نوبت آبیاری (عدد)
فریمان	حداقل	۲۵/۰	۰/۶۰	۳/۰	۱/۰	۲/۵	۱۱۰	۳۶/۰	۱۸
	حداکثر	۴۰/۰	۱/۸۰	۹/۰	۲۲/۰	۴۸/۰	۱۳۹	۵۸/۳	۳۵
	میانگین	۳۰/۳	۰/۹۱	۴/۶	۵/۰	۲۰/۶	۱۲۰	۴۸/۵	۲۳
تربت حیدریه	حداقل	۲۶/۰	۰/۵۰	۰/۷۵	۲/۵	۲/۵	۹۴	۳۴/۲	۱۶
	حداکثر	۷۵/۰	۲/۱۰	۳/۱۵	۱۰/۵	۷۸/۰	۱۴۲	۷۷/۸	۳۰
	میانگین	۴۰/۳	۱/۰۴	۱/۵۷	۵/۲	۲۹/۹	۱۱۸	۴۸/۱	۲۵
کل مزارع	حداقل	۲۵/۰	۰/۵۰	۰/۷۵	۲/۵	۲/۵	۹۴	۳۴/۲	۱۶
	حداکثر	۷۵/۰	۲/۱۰	۳/۱۵	۱۰/۵	۷۸/۰	۱۴۲	۷۷/۸	۳۵
	میانگین	۳۴/۷	۰/۹۷	۱/۴۶	۴/۹	۲۴/۸	۱۱۹	۴۸/۳	۲۴

• مقایسه عمق آب داده شده به مزارع با نیاز آبیاری برآورد شده

برای مقایسه میزان آب داده شده توسط کشاورزان با نیاز آبیاری در مزارع منتخب، ابتدا از تقسیم نیاز آبی سیب‌زمینی بر راندمان آبیاری در هر کدام از مزارع، میزان نیاز آبیاری محاسبه شد. باتوجه‌به نظر کارشناسان و شیوه آبیاری در مزارع مورد مطالعه، پتانسیل راندمان آبیاری برای روش قطره‌ای ۹۰ درصد در نظر گرفته شد (عباسی و همکاران، ۱۳۹۵). در جدول (۳) متوسط عمق آب داده شده به مزارع سیب‌زمینی در مناطق مختلف اجرا با مقادیر نیاز ناخالص آبیاری سیب‌زمینی برآورد شده به سه روش سند ملی، داده‌های هواشناسی سال ۹۸ و داده‌های هواشناسی ۱۰ ساله منتهی به سال ۹۸ مورد مقایسه قرار گرفته است.

جدول ۳- مقایسه میانگین عمق آب داده شده و آب آبیاری برآورد شده

منطقه	پارامتر	عمق آب داده شده (میلی‌متر)	نیاز ناخالص آبیاری محاسبه شده (میلی‌متر) بر اساس		
			سند ملی	داده‌های هواشناسی سال ۹۸	داده‌های هواشناسی ۱۰ ساله اخیر
فریمان	حداقل	۱۴۰۲	۱۱۸۳	۷۵۷	۹۳۶
	حداکثر	۱۰۰۳	۱۱۸۳	۹۲۹	۱۱۸۳
	میانگین	۱۱۵۰	۱۱۸۳	۸۱۸	۱۰۲۱
تربت حیدریه	حداقل	۹۸۸	۱۱۸۹	۷۳۲	۷۷۳
	حداکثر	۱۴۵۳	۱۱۸۹	۱۱۰۹	۱۱۹۰
	میانگین	۱۲۳۵	۱۱۸۹	۹۴۳	۱۰۰۰
کل مزارع	حداقل	۹۸۸	۱۱۸۳	۷۳۳	۷۷۳
	حداکثر	۱۴۵۳	۱۱۸۹	۱۱۰۹	۱۱۹۰
	میانگین	۱۱۸۸	۱۱۸۶	۸۷۵	۱۰۱۱

متوسط عمق آب داده شده برابر با ۱۱۸۸ میلی‌متر بود در صورتی‌که مقدار برآورد شده نیاز ناخالص آبیاری به سه روش سند ملی، داده‌های هواشناسی سال ۹۸ و میانگین داده‌های هواشناسی ۱۰ ساله به‌ترتیب ۱۱۸۶، ۸۷۵ و ۱۰۱۱ میلی‌متر به‌دست آمد. نتایج نشان داد میانگین مقدار آب داده شده توسط کشاورزان برابر با مقدار برآورد شده مطابق با سند ملی بود ولی در مقایسه با مقدار محاسبه شده بر اساس داده‌های هواشناسی ۹۸ حدود ۲۶ درصد و نسبت به آمار ۱۰ ساله حدود ۱۵ درصد بیشتر آب داده بودند. دلیل کاهش نیاز آبیاری سند ملی با مقادیر محاسبه شده با داده‌های هواشناسی سال ۹۸ و متوسط ۱۰ ساله شاید این باشد که زمان کاشت و برداشتی که مبنای محاسبات و برآوردهای نیاز آبی در سند ملی آب در نظر گرفته شده است (طول دوره رشد) با واقعیت مناطق منطبق نیست. طول دوره رشد واقعی سیب‌زمینی در اکثر مزارع منتخب، کمتر از طول دوره رشد سیب‌زمینی در سندملی برای همان مزارع بود. در سند ملی طول دوره رشد سیب‌زمینی ثابت و برابر با ۱۸۶ روز در نظر گرفته شده است در صورتی‌که متوسط طول دوره رشد در مزارع منتخب ۱۱۹ روز (جدول ۲) بود. ضمن این که سال ۹۸ (سال اجرای تحقیق) میزان متوسط داده‌های هواشناسی طوری بوده است که سبب کاهش تبخیر و تعرق شده است (جدول ۱). هدف از اجرای آبیاری قطره‌ای مصرف آب کمتر بوده است، اما کشاورزان مدیریت خوب و قابل قبولی نداشته‌اند، که این امر جای تأمل دارد و لازم است به کشاورزان در این زمینه آموزش لازم داده شود.

• دامنه تغییرات حجم آب کاربردی، عملکرد و بهره‌وری آب سیب‌زمینی

دامنه تغییرات حجم آب کاربردی، عملکرد و بهره‌وری آب سیب‌زمینی در مزارع منتخب در جدول (۴) ارائه شده است. تغییرات میزان آب کاربردی از ۹۸۸ تا ۱۴۵۷۳ مترمکعب در هکتار متغیر و متوسط حجم آب کاربردی در کل مزارع ۱۱۸۸۵ مترمکعب در هکتار بود. دلیل تفاوت حجم آب کاربردی در مزارع منتخب می‌تواند این باشد که مزارع آزمایشی طوری انتخاب شدند که عوامل مختلف از جمله بافت خاک، نوع مالکیت و حقابه کشاورز، شوری آب و خاک، تاریخ کاشت، نوع رقم، تعداد دفعات آبیاری، تاریخ برداشت، طول دوره رشد و ... متغیر باشد، ضمن این که مدیریت آبیاری کشاورزان در هر مزرعه با مزرعه دیگر تفاوت داشته است. هدف از اجرای تحقیق نیز تعیین میزان آب کاربردی تحت مدیریت زارعین بوده‌است. همانطورکه در جدول (۴) مشاهده می‌شود از نظر ریاضی و یا آماری رابطه مشخص و مناسبی بین حجم آب کاربردی و عملکرد در مزارع منتخب وجود ندارد. به‌طوری‌که در بسیاری از موارد عملکرد مزرعه‌ایی با حجم آب کاربردی بیشتر، کمتر از مزرعه دیگر با حجم آب کاربردی کمتربود. همچنین در موارد دیگری عملکرد زیاد مزرعه با حجم آب کاربردی زیادتر همراه است. دلیل آن این است که شرایط و ویژگی‌های اقلیمی، آب و خاک و مدیریت مزارع منتخب بسیار متفاوت بوده و عملکردها علاوه‌بر آب متأثر از سایر عوامل موثر نیز می‌باشند. به‌عنوان‌مثال در مزارعی که حجم آب کاربردی کمتر ولی سایر شرایط مدیریتی و فنی مزرعه بهتر بوده است، عملکرد بیشتری داشت. باغانی (۱۳۸۹) میانگین آب داده شده به مزارع سیب‌زمینی در دشت‌های مشهد-چناران و فریمان با روش شیاری ۱۴۹۵۵ مترمکعب بر هکتار و روش قطره‌ای ۹۶۵۴ مترمکعب در هکتار اعلام کرده است. این مقدار تفاوت را می‌توان به تغییر روش آبیاری و افزایش مهارت کشاورزان در استفاده بهتر از آب مرتبط دانست. همچنین رضوانی و جعفری (۱۳۸۳) میزان آب کاربردی سیب‌زمینی در روش آبیاری قطره‌ای در

دشت همدان را ۵۸۲۰ مترمکعب در هکتار به‌دست آورد. احمدی عدلی (۱۳۸۵) در طول فصل رشد با ۹ آبیاری ، میزان آب مصرفی سیب‌زمینی در منطقه اردبیل را ۴۵۶۰ متر مکعب در هکتار به‌دست آورد. این نتایج نشان می‌دهد علاوه‌بر تغییر روش آبیاری، مدیریت آبیاری زارعین، شرایط اقلیمی و هواشناسی، شرایط آب و خاک و ... نیز بر میزان آب مورد نیاز سیب‌زمینی اثر دارد.

جدول ۴- دامنه تغییرات حجم آب کاربردی، عملکرد و بهره‌وری آب در مزارع منتخب

منطقه	پارامتر	آب کاربردی (مترمکعب بر هکتار)	عملکرد (کیلوگرم در هکتار)	بهره‌وری آب (کیلوگرم بر مترمکعب آب)
فریمان	حداقل	۱۴۰۱۸	۳۵۰۰۰	۳/۱۰
	حداکثر	۱۰۰۳۱	۶۰۰۰۰	۵/۲۵
	میانگین	۱۱۴۹۶	۴۲۵۷۷	۳/۷۱
تربت حیدریه	حداقل	۹۸۸۸	۲۸۶۰۰	۲/۳۳
	حداکثر	۱۴۵۷۳	۴۵۵۰۰	۳/۸۶
	میانگین	۱۲۳۵۲	۳۷۷۸۵	۳/۱۰
کل مزارع	حداقل	۹۸۸۸	۲۸۶۰۰	۲/۲۲
	حداکثر	۱۴۵۷۳	۶۰۰۰۰	۵/۲۵
	میانگین	۱۱۸۸۵	۴۰۳۹۹	۳/۴۲

دامنه تغییرات مقادیر عملکرد در مزارع انتخابی بین ۲۸۶۰۰ تا ۶۰۰۰۰ کیلوگرم بر هکتار متغیر بود. میانگین عملکرد در مزارع برابر ۴۰۳۹۹ کیلوگرم بر هکتار بود (جدول ۴). متوسط عملکرد سیب‌زمینی در استان خراسان رضوی در سال ۹۸ برابر با ۳۲۷۷۱ کیلوگرم در هکتار بوده است (احمدی و همکاران، ۱۳۹۹)، به‌عبارتی میانگین عملکرد در مزارع منتخب ۷۶۲۸ کیلوگرم در هکتار (حدود ۱۹ درصد) بیشتر به‌دست آمده است. دلیل اصلی این افزایش عملکرد می‌تواند این باشد که معمولا عملکرد در روش آبیاری قطره‌ای بیشتر از روش‌های دیگر آبیاری می‌باشد. روش آبیاری در تمام مزارع منتخب، آبیاری قطره‌ای نواری (تیپ) بوده است درصورتی‌که میانگین عملکرد استانی حاصل عملکرد سیب‌زمینی تحت روش‌های مختلف آبیاری می‌باشد. از طرفی مهمترین مانع در فرآیند تولید محصولات کشاورزی اقلیم خشک و نیمه‌خشک محدودیت منابع آبی است. سیب‌زمینی به دلیل داشتن ظرفیت درخور توجه تولید در واحد سطح، نیاز آبی نسبتا بالایی دارد. باتوجه‌به نوع رقم، نوع سامانه آبیاری، مدیریت آبیاری، کمیت و کیفیت منابع آبی و ... عواملی مانند تامین نیاز آبی نقش بسیار مهمی در عملکرد سیب‌زمینی دارد. بااین‌وجود اگر چه آب به‌عنوان مهمترین نهاده تولید نقش اساسی در کاهش و یا افزایش عملکرد داشته است، اما عوامل دیگر مانند عوامل زراعی و اقلیمی و سایر نهاده‌های مورد استفاده کشاورز که در مزارع منتخب متفاوت بوده است، سبب اختلاف میزان عملکرد در مزارع شده است. به‌عبارتی علت تفاوت عملکرد در مزارع می‌تواند به دلیل اختلاف در مهارت کشاورزان در داشت و استفاده از نهاده‌های مرتبط به‌غیر از آب نیز باشد. احمدی عدلی (۱۳۸۵) میانگین عملکرد سیب‌زمینی در روش آبیاری سطحی در اردبیل را ۴۳۰۰۶ کیلوگرم در هکتار و بهراملو (۱۳۸۸) عملکرد را در دو روش بارانی و قطره‌ای به‌ترتیب ۳۷۰۰۰ و ۲۹۰۰۰ کیلوگرم بر هکتار گزارش نمودند. باغانی (۱۳۸۹) میانگین عملکرد در روش آبیاری سطحی در دشت چنارن و فریمان را ۴۵۶۰۰ و در روش آبیاری قطره‌ای ۵۷۴۰۰ کیلوگرم بر هکتار گزارش کرد. می‌توان دلیل تفاوت عملکرد را به تغییر روش آبیاری، اقلیم منطقه و سال اجرای تحقیق مرتبط دانست.

پس از تعیین میزان حجم آب کاربردی و عملکرد محصول سیب‌زمینی در هریک از مزارع مورد بررسی، بهره‌وری آب برای هر مزرعه، از تقسیم عملکرد بر حجم آب کاربردی محاسبه شد. دامنه تغییرات بهره‌وری آب در مزارع انتخابی بین ۲/۳۰ تا ۵/۲۵ کیلوگرم بر مترمکعب متغیر بود. متوسط بهره‌وری آب در مزارع برابر ۴/۴۲ کیلوگرم بر مترمکعب آب به‌دست آمد. دلیل اصلی این تفاوت به متغیر بودن عملکرد محصول و حجم آب کاربردی در مزارع منتخب مربوط می‌شود. به‌عبارتی همان عواملی که سبب تغییرات در حجم آب کاربردی و عملکرد در مزارع منتخب شده است، روی میزان بهره‌وری آب اثر گذاشته است. به‌طور کلی بهبود بهره‌وری آب در سطح مزرعه نیازمند تطابق و هماهنگی بهتر استفاده از آب بر حسب نیاز محصولات در زمان و مقدار استفاده از آن است که سرانجام سبب بهبود عملکرد محصول و همچنین مقدار آب مصرف شده در سطح مزرعه می‌شود. این عمل با بهره‌گیری از فناوری نوین و به کار بستن روش‌های بهتر مدیریتی انجام می‌شود. قدمی فیروزآبادی و سیدان (۱۳۸۵) متوسط بهروری آب سیب‌زمینی در دشت همدان را ۲/۶ کیلوگرم بر مترمکعب و حیدری (۱۳۹۰) این شاخص را در کل کشور برای محصول سیب‌زمینی ۲/۱۸ کیلوگرم بر مترمکعب و مولایی (۱۳۹۱) در استان اصفهان ۳/۹۷ کیلوگرم در هکتار گزارش کردند. باغانی (۱۳۸۹) در دشت مشهد-چنارن و فریمان متوسط بهره‌وری آب سیب‌زمینی در دو روش سطحی و قطره‌ای را به‌ترتیب ۳/۲۴ و ۶/۲۶ کیلوگرم در هکتار گزارش کرد. دلیل تفاوت میزان بهره‌وری آب در تحقیقات انجام شده، تفاوت در میزان عملکرد و آب کاربردی می‌باشد که این تفاوت‌ها به سال اجرای تحقیق و نیز اقلیم مناطق مختلف ارتباط دارد.

به‌منظور بررسی دقیق‌تر تفاوت بین پارامترهای حجم آب کاربردی، عملکرد و بهره‌وری آب در دو منطقه از آزمون تی استفاده شد که نتایج آن در جدول (۵) آورده شده است. نتایج نشان داد تفاوت معنی‌داری بین مقادیر آب کاربردی و عملکرد در دو دشت مورد بررسی وجود نداشت ولی تفاوت میانگین بهره‌وری آب در سطح ۵ درصد معنی دار بود.

جدول ۵- نتایج بررسی آماری آب کاربردی، عملکرد و بهره‌وری آب توسط آزمون t بین دو منطقه

پارامتر	تفاوت میانگین	t بحرانی	مقدار t	سطح معنی‌داری
عملکرد	۸۵۶	۲/۱۷	۱/۶۱	۰/۸۸
آب کاربردی	۴۷۹۲	۲/۱۷	۱/۶۶	۰/۸۹
بهره‌وری آب	۰/۶۳	۲/۱۷	۲/۶۶	۰/۹۸*

نتیجه‌گیری و پیشنهادها

در استان خراسان رضوی منابع آب زیرزمینی با کسری مخزن مواجه است. ازاین‌رو تلاش در جهت استفاده بهتر از آب‌های استحصالی و کاهش بهره برداری از منابع آب زیرزمینی، اجتناب ناپذیر است. در این پروژه، آب داده‌شده توسط کشاورزان برای تولید سیب‌زمینی در طول یک‌فصل زراعی و بدون دخالت کارشناس در مدیریت آبیاری، در دو دشت فریمان و تربت حیدریه که بیشترین سطح زیرکشت سیب‌زمینی را در سطح استان خراسان رضوی داشتند، اندازه‌گیری شد. روش آبیاری تمام مزارع، روش آبیاری قطره‌ای (تیپ) بود. نتایج نشان داد عمق آب داده شده توسط کشاورزان برابر با ۱۱۸۸ میلی‌متر بود که در مقایسه با نیاز آبی ناخالص برآورد شده بر اساس سند ملی (۱۱۸۶ میلی‌متر) تقریبا مساوی، ولی بر اساس داده‌های هواشناسی سال ۱۳۹۸ (۸۷۵ میلی‌متر) ۲۶ درصد و داده‌های هواشناسی ۱۰ ساله (۱۰۱۱ میلی‌متر) ۱۵ درصد بیشتر آب داده شده است. دلیل تفاوت میزان نیاز آبی سند ملی با مقادیر محاسبه شده با داده‌های هواشناسی می‌تواند به این دلیل باشد که زمان کاشت، برداشت و طول دوره رشد در سند ملی آب با واقعیت مزارع منطبق نیست. میانگین آب کاربردی، عملکرد و بهره‌وری آب در مزارع سیب‌زمینی مورد بررسی به‌ترتیب ۱۱۸۸۵ مترمکعب در هکتار، ۴۰۳۹۹ کیلوگرم در هکتار و ۳/۴۲ کیلوگرم بر مترمکعب آب بود. باتوجه‌به اینکه تمام مزارع منتخب این تحقیق، روش آبیاری قطره‌ای تیپ بوده است و کشاورزان بیشتر از نیاز گیاه سیب‌زمینی به مزارع آب داده‌اند، لازم است آموزش مدیریت و بهره‌بردای از سامانه آبیاری قطره‌ای برای کشاورزان گفته شده در اولویت قرار گیرد. همچنین نظر به این که زمان کاشت، برداشت و طول دوره رشد مناطق مورد بررسی در سند ملی آب با واقعیت مناطق منطبق نیست، ضروری است در بازنگری سندملی آب کشور، زمان کاشت، برداشت و طول دوره رشد مناطق مختلف با واقعیت مناطق منطبق شود.

منابع

احمدی عدلی، ر. ۱۳۸۵. تعیین دور و میزان آب مصرفی زراعت سیب‌زمینی در منطقه اردبیل، نشریه دانش کشاورزی. ۱۶(۱): ۲۳۵-۲۴۴.

احمدی، ک.، عبادزاده، ح. ر.، حاتمی، ف.، حسین‌پور، ر.،عبدشاه، ه و کاظمیان، ا. ۱۳۹۹. آمارنامه کشاورزی سال زراعی ۹۸-۱۳۹۷. وزارت جهاد کشاورزی، معاونت برنامه‌ریزی و اقتصادی، مرکز فناوری اطلاعات و ارتباطات، جلد اول: محصولات زراعی.

اکبری، م. ۱۳۷۷. مقایسه روش‌های آبیاری بارانی و سطحی (شیاری) روی عوامل کمی و کیفی سیب‌زمینی. گزارش نهایی. مؤسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی. نشریه شماره ۱۲۱.

باغانی، ج. ۱۳۸۹. اثربخشی سیستم‌های جدید آبیاری بر منابع آب زیرزمینی، عملکرد و بهره‌وری آب آبیاری گیاهان زراعی در دشت مشهد (مطالعه موردی). گزارش پژوهشی نهایی موسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، شماره ۹۹۰/۸۹۰.

بهراملو، ر. ۱۳۸۸. بررسی فنی و اقتصادی دو روش آبیاری بارانی و تیپ در سه رقم سیب‌زمینی در همدان. گزارش نهایی. موسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی. نشریه شماره ۸۸/۲۱۷.

بهراملو، ر. ۱۳۹۰. بررسی اثر تأخیر در آبیاری در مرحله آغازین رشد بر روی عملکرد و بیماری‌های مهم سه رقم سیب‌زمینی در استان همدان. گزارش نهایی. موسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی. شماره ۹۰/۴۶۳.

جلالی، ا.ه.، سالمی، ح.ر.، نیکویی، ع.ر.، گوانجی، س.، رضایی، م.، خداقلی، م. و تومانیان، ن. ۱۳۹۶. تعیین نیاز آبی سیب‌زمینی در اقلیم‌های مختلف استان اصفهان. نشریه پژوهش‌های کاربردی زراعی، ۳۰(۴): ۵۳-۷۳.

جلینی، م. و کریمی، م. ۱۳۹۶. بررسی تأثیر سطوح مختلف دور آبیاری و کود نیتروژن بر عملکرد و کارایی مصرف آب سیب‌زمینی در روش آبیاری قطره‌ای زیر سطحی. نشریه آب و خاک، ۳۱(۱): ۵۱-۶۰.

جلینی، م. و کاظمی، م. ۱۳۹۰. بررسی اثر دور آبیاری و قطع آب در روش آبیاری قطره ای (تیپ) بر عملکرد کمی و کیفی ارقام سیب زمینی. گزارش پژوهشی نهایی. مرکز اسناد و مدارك کشاورزی. انتشارات موسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی. شماره ۹۰/۵۹۳.

حسن‌پناه، د.، کاظمی، م. جلالی، الف. و گرجی‌پور، م. ۱۳۹۷. راهنمای جامع زراعت نوین سیب‌زمینی. موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهار و بذر، دفتر شبکه دانش و رسانه‌های ترویجی.

حیدری، ن. ۱۳۹۰. تعیین و ارزیابی شاخص کارایی مصرف آب محصولات زراعی تحت مدیریت کشاورزان در کشور. مدیریت آب و آبیاری، ۱(۲): ۴۳-۵۷.

رضوانی، س.م. و جعفری، ع.م. ۱۳۸۳. ارزیابی فنی و اقتصادی سیستم‌های آبیاری بارانی اجرا شده در مزارع سیب‌زمینی در استان‌های همدان و اصفهان. مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی همدان. همدان. انتشارات موسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی. شماره ۸۴/۴۰۱.

رضوانی، س.م.، قدمی فیروزآبادی، ع.، سلطانی، ه. و جعفری، ع.م. ۱۳۹۸. تأثیر آرایش کشت‌های مختلف سیب‌زمینی بر میزان عملکرد و بهره‌وری مصرف آب تحت شرایط آبیاری بارانی و قطره‌ای. نشریه آبیاری و زهکشی ایران، ۱۳(۵): ۱۳۰۷-۱۳۱۶.

سالنامه آماری بخش کشاورزی استان خراسان رضوی. ۱۳۹۸. سازمان جهاد کشاورزی خراسان رضوی، معاونت برنامه‌ریزی و امور اقتصادی، اداره آمار و اطلاعات کشاورزی.

سلیمانی‌پور، ا.، باقری، ا. و واثقی، ا. ۱۳۹۰. ارزیابی اقتصادی روش‌های آبیاری و تأثیر آن بر عملکرد ارقام سیب‌زمینی در استان اصفهان. نشریه تحقیقات اقتصاد کشاورزی، ۳(۹): ۱۴۳-۱۶۴.

شاهرخ نیا، م.ع. و باغانی، ج. ۱۴۰۰. بررسی میزان آب کاربردی و بهره‌وری آب مزارع سیب‌زمینی در شرایط زارعین استان فارس. نشریه آبیاری و زهکشی ایران، ۱۵(۳): ۶۲۴-۶۳۵.

عباسی، ف.، سهراب، ف. و عباسی، ن. ۱۳۹۵. ارزیابی راندمان آب آبیاری در ایران. نشریه تحقیقات مهندسی سازه‌های آبیاری و زهکشی، ۱۷(۶۷): ۱۱۳-۱۲۸.

قدمی فیروزآبادی، ع. و سیدان، س.م. ۱۳۸۵. ارزیابی فنی و اقتصادی مصرف آب در آبیاری سطحی سیب‌زمینی در منطقه بهار. موسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی. گزارش نهایی. شماره ۸۵/۱۱۱۴.

قدمی فیروزآبادی، ع. و سیدان، س.م. ۱۳۹۴. بررسی فنی و اقتصادی آب مصرفی و انرژی در سیستم‌های مختلف آبیاری در مزارع سیب‌زمینی و یونجه در شهرستان همدان. گزارش نهایی پروژه تحقیقاتی. شماره ۹۴/۴۸۰۱۲.

مامن‌پوش، ع.ر.، حیدری سلطان‌آبادی، م. و دهقانی، م. ۱۳۹۴. تأثیر میزان آب مصرفی و روش‌های کاشت بر عملکرد و کارآیی مصرف آب در ارقام تجاری سیب‌زمینی. نشریه آبیاری و زهکشی، ۶(۹):۹۲۷-۹۳۶.

مولائی، ب. ۱۳۹۱. بررسی آبیاری قطره‌ای T-Tape و بارانی از لحاظ عملکرد و کارآیی مصرف آب برای دو رقم سیب‌زمینی بورن و ساتینا تحت شرایط مختلف مصرف کود آلی. پایان‌نامه کارشناسی ارشد. دانشگاه صنعتی اصفهان.

نادری، م.، شایان‌نژاد، م.، حیدری، س. و حقیقتی، ب. ۱۳۹۵. تأثیر سطوح مختلف آب آبیاری بر خواص کمی و کیفی سیب‌زمینی در شهرکرد و تعیین عمق آب مصرفی بهینه آن. نشریه آب و خاک دانشگاه فردوسی مشهد، ۳۰(۵): ۱۳۷۰-۱۳۸۱.

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 56. Fao, Rome, 300(9): D05109.

Ayers R.S. and Westcot D.W. 1994. Water Quality for Agriculture. FAO Irrigation and Drainage Paper, No. 29. FAO, Rome, Italy.

Bahramloo R. and Nasseri A. 2009. Optimum Irrigation Events for Potato Cultivar Agria. Intrnational journal of agriculture & biology, 11(6): 712-716.

Matovic G., Brocic Z., Djuricin S., Gregoric E. and Bodroza D. 2016. Profitability assessment of potato production applying different irrigation methods. Irrigation and Drainage, 65(4): 502-513.

Molden D.J., Sakthivadivel R., Perry C.J. and de Fraiture C. 1998. Indicators for comparing performance of irrigated agricultural systems. Research Report No. 20, Colombo, Sri Lanka: International Wate Management Institute.

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.

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

Raes D. 2012. Reference manual-ETO calculator, version 3.2. Food and Agriculture Organization of the United Nations Land and Water Division. Rome, Italy.

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.

Tang J., Wang J., Fang Q., Wang E., Yin H., and Pan X. 2018. Optimizing planting date and supplemental irrigation for potato across the agro-pastoral ecotone in North China. European Journal of Agronomy, 98: 82-94.

Yuan B.Z., S. Nishiyama and Kang Y. 2003. Effects of different irrigation regimes on the growth and yield of drip- irrigated potato, Agriculture Water Management, 63: 153-167.