نشریه آبیاری و زهکشی ایران
شماره۳، جلد ۱۵، مرداد - شهریور ۱۴۰۰، ص. ۶۳۵-۶۲۴

Iranian Journal of Irrigation and Drainage
No. 3, Vol. 15, Aug.-Sep. 2021, p. 624-635

مقاله علمی - پژوهشی

بررسی میزان آب کاربردی و بهره‌وری آب مزارع سیب‌زمینی در شرایط زارعین استان فارس

محمدعلی شاهرخ نیا[1*]، جواد باغانی[2]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۱۱/۰۶ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۰۱/۳۱

چکیده

با توجه به کمبود منابع آب در کشاورزی، بهبود مدیریت آبیاری مزارع سیب‌زمینی می‌تواند منجر به کاهش مصرف آب و افزایش بهره‌وری این محصول مهم شود. بدین 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 و بهره‌وری آب در شرایط مدیریت زارعین سه منطقه عمده تولید سیب‌زمینی در استان فارس بررسی شد. سه منطقه آباده، اقلید و خرمبید و سه سامانه آبیاری سطحی، بارانی و قطره‌ای به‌عنوان تیمارهای آزمایش در نظر گرفته شدند. برای مقایسه آماری نتایج به‌دست‌آمده از آزمون تی استفاده شد. همچنین همبستگی عوامل مختلف باهم، با تعیین ضریب همبستگی موردبررسی قرار گرفت. نتایج این تحقیق، نشان داد که تفاوت آب کاربردی، عملکرد و بهره‌وری آب در مناطق مختلف در سطح ۵ درصد معنی‌دار نبود. متوسط مقدار عملکرد محصول و بهره‌وری آب به ترتیب ۴۳/۶ تن در هکتار و ۴/۸۷ کیلوگرم بر مترمکعب به دست آمد. استفاده از سامانه‌های آبیاری بارانی و قطره‌ای، باعث کاهش آب کاربردی به میزان ۱۱۰۰ مترمکعب در هکتار، افزایش محصول به میزان ۱۰/۵ تن در هکتار و افزایش بهره‌وری به میزان حدود ۱/۸ کیلوگرم بر مترمکعب شد، لیکن این تفاوت‌ها از نظر آماری در سطح ۵ درصد معنی‌دار نبود. متوسط مقدار آب کاربردی در مزارع سیب‌زمینی معادل ۹۴۲۰ مترمکعب در هکتار بوده که ۳۳۵۰ مترمکعب در هکتار از میانگین نیاز آبی ناخالص کمتر بود. اگر آبیاری فقط بر اساس تجربه کشاورز انجام و به برنامه‌ریزی آبیاری توجه نشود، ممکن است تفاوتی بین مصرف آب در سامانه‌های مختلف آبیاری مشاهده نشود و آب داده‌شده کمتر از حد موردنیاز باشد. بنابراین بایستی برای کاهش اثرات کم‌آبی، افزایش محصول و بهره‌وری آب، علاوه بر سامانه آبیاری، به برنامه‌ریزی آبیاری مزارع و تحویل حجمی آب توجه جدی شود.

واژه‌های کلیدی: برنامه‌ریزی آبیاری، سند ملی آب، نیاز آبی، سامانه آبیاری

مقدمه

سیب‌زمینی یکی از محصولات مهم کشاورزی دنیا می‌باشد. سیب‌زمینی گیاهی علفی و چندساله است، اما در کشاورزی به‌عنوان یک گیاه یک‌ساله مورد کشت و کار قرار می‌گیرد. این گیاه معمولاً از طریق غده‌های بذری تکثیرشده و از جوانه‌های روی غده بذری انشعاب‌ها و اندام‌های هوایی ایجاد می‌شود(کاظمی و میر هاشمی، ۱۳۹۶). بر اساس آمار فائو، کشور چین با تولید بیش از ۹۰ میلیون تن سیب‌زمینی، با اختلاف نزدیک دو برابری نسبت به کشور دوم (هند) در مکان اول بزرگ‌ترین کشورهای تولیدکننده سیب‌زمینی در دنیا قرار دارد. بعد از کشور هند، کشورهای اکراین، روسیه و امریکا هرکدام با تولید حدود ۲۲، ۲۲ و ۲۰ میلیون تن در مکان‌های سوم، چهارم و پنجم قرار گرفته‌اند. کشور ایران نیز با تولید بیش از ۵ میلیون تن سیب‌زمینی در سال ۲۰۱۹ در رده ۱۳ جهان ایستاده است. ایران همچنین بزرگ‌ترین تولیدکننده سیب زمینی در خاورمیانه است (FAO, 2019). بر اساس آمارنامه وزارت جهاد کشاورزی، همدان و اردبیل بالاترین سطح زیر کشت کشور را به خود اختصاص داده و به ترتیب با تولید ۹۸۹۰۰۰ و ۷۶۵۰۰۰ تن سیب‌زمینی در سال حدود ۳۴ درصد تولید کشور را نیز تأمین کرده‌اند. استان فارس رتبه ششم تولید کل سیب‌زمینی کشور و رتبه دوم میزان عملکرد در هکتار را دارد (احمدی و همکاران، ۱۳۹۷).

سرمت و همکاران به بررسی تأثیر دو روش آبیاری قطره‌ای سطحی و زیرسطحی و سطوح مختلف تنش آبی بر عملکرد و اجزای عملکرد سیب‌زمینی در استان حاتای ترکیه پرداختند. روش‌های آبیاری

۱- دانشیار پژوهشی بخش تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان فارس، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، شیراز، ایران
۲- استادیار پژوهشی موسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران
*-(نویسنده مسئول: (Email:mashahrokh@yahoo.com
DOR: 20.1001.1.20087942.1400.15.3.12.6

قطره‌ای سطحی و زیرسطحی از نظر آماری اختلاف معنی‌داری در عملکرد نداشتند. درحالی‌که روش آبیاری قطره‌ای سطحی مزایای بیشتری نسبت به روش زیرسطحی داشته است (Sermet et al., 2005). ماتوویچ و همکاران دو نوع سیستم آبیاری بارانی و قطره‌ای زیرسطحی را برای مزارع سیب‌زمینی در صربستان موردبررسی قرار داده و سیستم آبیاری قطره‌ای زیرسطحی را مناسب‌تر دانستند(Matovic et al., 2016). در یک بررسی در اتیوپی، اثر مدیریت‌های مختلف آبیاری و تنش آبی بر سیب‌زمینی بررسی شد. نتایج نشان داد دوره میانی رشد سیب‌زمینی حساس‌ترین مرحله به تنش آبی است. بیشترین میزان بهره‌وری آب در تیمار ۷۵ درصد آبیاری و معادل ۲/۸۶ کیلوگرم بر مترمکعب بود (Mulubrehan and Gebretsadikanb, 2016). تانگ و همکاران زمان کاشت و برنامه آبیاری سیب‌زمینی را در افزایش بهره‌وری آب سیب‌زمینی در شمال چین بسیار مؤثر و تا حدود ۷۰ درصد دانستند(Tang et al., 2018). باغانی(۱۳۸۹) برای دشت مشهد و فریمان، میانگین آب مصرف‌شده در آبیاری جویچه‌ای سیب‌زمینی را ۱۴۹۵۵ مترمکعب بر هکتار گزارش نمود. رضوانی و جعفری (۱۳۸۳) گزارش کردند که در مزارع سیب‌زمینی در استان همدان، آبیاری قطره‌ای حداقل به میزان۵۸۲۰ مترمکعب در هکتار و در روش آبیاری بارانی کلاسیک ثابت، حداکثر به میزان ۶۹۷۲ مترمکعب در هکتار آب مصرف می‌شود. از نظر عملکرد، سیستم ویل‌موو با ۴۸/۵ تن در هکتار بالاترین و سیستم قطره‌ای با ۳۳/۵ تن در هکتار کمترین عملکرد در هکتار را داشتند. میانگین بهره‌وری آب در کلیه روش‌های آبیاری ۶/۵ کیلوگرم بر مترمکعب گزارش شد. در یک بررسی، مقادیر بهره‌وری مصرف آب طی سال‌های ۱۹۹۳ تا ۲۰۰۶ در ایستگاه‌های تحقیقاتی۱۳استان کشور تعیین گردید. بر اساس نتایج این بررسی،میانگین بهره‌وری سیب‌زمینی، ۲/۷۴ کیلوگرم بر مترمکعب بود (Montazar and Kosari, 2007). اکبری (۱۳۷۷) تأثیر روش‌های آبیاری بارانی و جویچه‌ای را بر محصول سیب‌زمینی و میزان آب آبیاری آن موردمطالعه قرار داد. نتایج حاصل از این تحقیق نشان داد که روش آبیاری بارانی در مقایسه با روش جویچه‌ای از عملکرد بالاتری برخوردار بوده و علاوه بر آن بیش از ۳۵ درصد نسبت به آبیاری جویچه‌ای در مصرف آب صرفه‌جویی داشت. بهراملو (۱۳۸۸) عملکرد و بهره‌وری آب سیب‌زمینی را برای ارقام آگریا، مارفونا و سانته در آبیاری بارانی و قطره‌ای در همدان مقایسه کرد. نتایج نشان داد که ارقام مذکور در روش آبیاری بارانی با متوسط عملکرد ۳۷ تن، نسبت به روش آبیاری قطره‌ای با عملکرد ۲۹ تن دارای برتری معنی‌داری در سطح ۵ درصد بود. در خصوص بهره‌وری آب نتایج برعکس بود. در روش آبیاری قطره‌ای، بهره‌وری آب با متوسط مقدار ۴/۹ کیلوگرم بر مترمکعب به‌طور معنی‌داری بالاتر از مقدار آن در روش آبیاری بارانی (۴/۱ کیلوگرم بر مترمکعب) بود. بهراملو (۱۳۹۰) در بررسی تأثیر تأخیر آبیاری در مرحله آغازین رشد سیب‌زمینی، بر عملکرد و بهره‌وری آب در روش آبیاری نشتی در همدان به این نتیجه رسید که متوسط عملکرد محصول ۲۵/۴ تن و بهره‌وری آب ۲ کیلوگرم بر مترمکعب بود. بهراملو و سیدان (۱۳۹۶) با بررسی روش‌های آبیاری بارانی و جویچه‌ای در زراعت سیب‌زمینی در شهرستان کبودرآهنگ استان همدان، به این نتیجه رسیدند که در روش آبیاری بارانی و جویچه‌ای، میانگین بهره‌وری آب به ترتیب ۶/۵ و ۳ کیلوگرم بر مترمکعب بود. قدمی و سیدان (۱۳۸۵) در تحقیقی میزان متوسط بهره‌وری آب سیب‌زمینی در همدان را ۲/۶ کیلوگرم بر مترمکعب گزارش نمودند. قدمی و سیدان (۱۳۹۴) مقدار تلفات رواناب سطحی مزارع سیب‌زمینی همدان در دو روش سنتی و هیدروفلوم را به ترتیب ۳۵/۹ و۱۳/۱ درصد گزارش نمودند. در آن بررسی مقدار بهره‌وری آب در روش هیدروفلوم، سنتی و بارانی به ترتیب ۲/۸۶ ، ۱/۲۳ و ۴/۵۰ کیلوگرم بر مترمکعب برآورد گردید. بهراملو و ناصری در بررسی تعداد بهینه آبیاری رقم آگریا در محصول سیب‌زمینی در آبیاری سطحی در همدان، نتیجه‌گیری نمودند که عملکرد این محصول با ۱۶ و ۱۸ نوبت آبیاری به ترتیب ۲۸/۴۷ و ۲۴/۵۸ تن در هکتار بوده است. مقدار بهره‌وری آب برای این محصول، به ترتیب ۲/۳۶ و۱/۸۴ کیلوگرم بر مترمکعب گزارش شد. لذا توصیه‌شده تا برای عملکرد و بهره‌وری آب، این رقم ۱۶ نوبت آبیاری گردد(Bahramloo and Naseri, 2009). در مطالعه‌ای که مولائی (۱۳۹۱) به‌منظور بررسی اثر آبیاری قطره‌ای نواری و آبیاری بارانی بر عملکرد و بهره‌وری دو رقم سیب‌زمینی در اصفهان انجام داد نتیجه گرفت که، بیشترین بهره‌وری آب برای ارقام بورن و ساتینا به ترتیب در آبیاری قطره‌ای نواری با ۴/۰۲ و ۳/۹۷ کیلوگرم بر مترمکعب و کمترین بهره‌وری آب برای ارقام بورن و ساتینا در آبیاری بارانی با ۲/۱۹ و ۲/۳ کیلوگرم بر مترمکعب بود. بهره‌وری آب در روش آبیاری قطره‌ای نسبت به آبیاری بارانی در رقم بورن و ساتینا به ترتیب ۸۳ و ۷۳ درصد بیشتر بود. سلیمانی پور و همکاران (۱۳۹۰) در اصفهان به این نتیجه رسیدند که روش آبیاری بارانی نسبت به روش تیپ و روش تیپ به روش جویچه‌ای از لحاظ میزان عملکرد برتری داشت. همچنین کشت یک‌ردیفه نسبت به کشت دوردیفه عملکرد بیشتری داشت. احمدی عدلی (۱۳۸۵) آزمایشی را در مرکز تحقیقات کشاورزی اردبیل بر روی سیب‌زمینی به مدت دو سال انجام داد. بهترین تیمار قابل توصیه با متوسط عملکرد ۴۳۰۰۶ کیلوگرم بر هکتار، میزان آب مصرفی ۴۵۶۰ مترمکعب بر هکتار و به‌طور متوسط با ۹ آبیاری در طول فصل رشد و حداکثر بازده مصرف آب بود. نادری و همکاران (۱۳۹۵) به‌منظور بررسی تأثیر سطوح مختلف آب آبیاری بر خواص کمی و کیفی سیب‌زمینی و تعیین عمق آب مصرفی بهینه آن آزمایشی در شهرکرد انجام دادند. کمترین و بیشترین عملکرد به ترتیب مربوط به سطوح آبیاری ۴۰ و ۱۳۰ درصد آبیاری کامل با مقادیر به ترتیب ۱۳/۲ و

۴۵/۲ تن بر هکتار بو. بیشترین درآمد به ازای عمق آب مصرفی ۸۲۱ میلی‌متر (۱۲۶ درصد آبیاری کامل) به دست آمد. در اثر کم آبیاری و استفاده از عمق بهینه، ۵۳۳ میلی‌متر آب (۸۲ درصد آبیاری کامل) به حداکثر سود خالص رسید. مامن‌پوش و همکاران(۱۳۹۴) در تحقیقات خود در اصفهان گزارش نمودند که تیمار ۱۰۰ درصد تأمین سطح آب موردنیاز سیب‌زمینی ۲۵/۹۳ تن در هکتار عملکرد غده داشت که با تیمار ۱۲۰ درصد سطح آب موردنیاز تفاوت معنی‌داری نداشت. جلالی و همکاران (۱۳۹۶) نیاز آبی گیاه 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. به‌طور متوسط نیاز آبی خالص سیب‌زمینی در سه اقلیم به ترتیب برابر ۵۰۴۴، ۵۰۷۸ و ۵۷۰۳ مترمکعب بر هکتار برآورد شد. رضوانی و همکاران (۱۳۹۸) تأثیر آرایش کاشت سیب‌زمینی تحت سیستم‌های آبیاری قطره‌ای و بارانی را موردبررسی قرار دادند. نتایج نشان داد که سیستم آبیاری قطره‌ای باعث بهتر سبز شدن بوته‌های سیب‌زمینی گردید. بهره‌وری آب تحت سیستم آبیاری قطره‌ای حدود ۳۴ درصد بیشتر از سیستم آبیاری بارانی بود. خیری شلمزاری و همکاران (۱۳۹۹) تأثیر دو نوع سامانه آبیاری قطره‌ای سطحی و زیرسطحی و مدیریت‌های مختلف آبیاری شامل چهار سطح آبیاری سیب‌زمینی را در شهرکرد موردبررسی قرار دادند. نتایج نشان داد تأثیر مدیریت‌های مختلف آبیاری بر عملکرد و اجزای عملکرد سیب‌زمینی قابل‌توجه بود.

اگرچه استان فارس یکی از استان‌های مطرح در تولید سیب‌زمینی کشور است، لیکن تاکنون تحقیقات اندکی در خصوص وضعیت مصرف آب و بهره‌وری آب در مزارع سیب‌زمینی این استان انجام شده است. اطلاع از وضعیت مصرف و بهره‌وری آب مزارع سیب‌زمینی می‌تواند به برنامه‌ریزان و مدیران کشوری و استانی کمک نماید تا بتوانند به‌طور مؤثرتری هم تولید را افزایش داده و هم در مصرف آب صرفه‌جویی نمایند. بنابراین هدف از انجام این تحقیق بررسی وضعیت مزارع سیب‌زمینی استان فارس از لحاظ مصرف آب و بهره‌وری آب و عوامل اثرگذار بر آن‌ها در شرایط زارعین بود.

مواد و روش‌ها

این تحقیق با استفاده از اطلاعات جمع‌آوری‌شده از ۱۵ مزرعه سیب‌زمینی در سه شهرستان آباده، اقلید و خرمبید استان فارس و تحت شرایط زارعین انجام شد. سه منطقه موردمطالعه (آباده، اقلید و خرمبید) و سه نوع سامانه آبیاری (سطحی، بارانی و قطره‌ای) به‌عنوان تیمارهای آزمایش در نظر گرفته شدند. مقادیر آب کاربردی، عملکرد و بهره‌وری آب (به‌عنوان صفات موردبررسی) در سامانه‌های مختلف آبیاری و در مناطق مختلف با استفاده از آزمون آماری تی (t-test) مورد مقایسه قرار گرفت. این سه شهرستان جزو مناطق شمالی و سرد استان فارس می‌باشند که بیشترین سطح کشت و تولید سیب‌زمینی در استان فارس را دارا هستند. مزارع از بین کشاورزانی که مایل به همکاری بودند به صورتی انتخاب شدند که عوامل مختلف از جمله مساحت مزرعه، روش آبیاری، بافت خاک و کیفیت آب را پوشش دهند. مدیریت آبیاری توسط بهره‌بردار صورت گرفت و بر همین اساس پارامترهای مختلف مزرعه‌ای شامل دبی آب ورودی به مزرعه، عملکرد محصول، تعداد دفعات آبیاری، شوری آب و خاک، موقعیت جغرافیایی و سطح زیر کشت اندازه‌گیری گردید. اطلاعات هواشناسی روزانه موردنیاز برای برآورد نیاز آبی به روش پنمن مانتیث از ایستگاه-های هواشناسی سینوپتیک مناطق اخذ گردید. نیاز آبی سیب‌زمینی از روش پنمن مانتیث، با استفاده از داده‌های هواشناسی سال انجام تحقیق (۱۳۹۸) و ۱۰ سال منتهی به زمان انجام پژوهش به‌وسیله نرم‌افزار محاسبه‌گر تبخیروتعرق(ET Calculator) برآورد گردید. میانگین بعضی از پارامترهای هواشناسی مناطق موردبررسی در طول فصل رشد سیب‌زمینی در جدول ۱ آورده شده است. با این نرم‌افزار، تبخیروتعرق پتانسیل گیاه مرجع برآورد و با ضرب آن در ضریب گیاهی سیب‌زمینی، تبخیروتعرق پتانسیل گیاه سیب‌زمینی به دست آمد. نیاز آبی سیب‌زمینی از سند ملی آب در مناطق مذکور از نرم‌افزار (Netwat) اخذ و میزان بارش مؤثر نیز به روش سرویس حفاظت خاک اداره کشاورزی آمریکا از روابط (۱) و (۲) برآورد گردید. در این رابطه Re و R به ترتیب باران مؤثر و باران به میلی‌متر می‌باشد.

$$Re = R\frac{(125-0.2\,R)}{125} \qquad R<250\ mm \qquad (۱)$$

$$Re=125+0.1R \qquad R>250\ mm \qquad (۲)$$

میانگین راندمان سامانه‌های آبیاری سطحی، بارانی و قطره‌ای به ترتیب ۶۰، ۷۵ و ۹۰ درصد در نظر گرفته (Bjorneberg, 2013)، و نیاز آبی خالص به نیاز آبی ناخالص تبدیل شد. مقادیر دبی آب مزرعه‌ای در سامانه‌های سطحی با استفاده از فلوم‌های WSC و در سامانه‌های بارانی و قطره‌ای به‌صورت حجمی اندازه‌گیری شد. میزان آب کاربردی در هر هکتار از مزرعه (مترمکعب بر هکتار) با ضرب میزان دبی مزرعه‌ای در مدت‌زمان کل آبیاری در طول فصل رشد با استفاده از رابطه ۳ به دست آمد. در رابطه (۳)، V_i میزان آب کاربردی در طول فصل رشد بر حسب مترمکعب در هکتار، t مدت‌زمان هر آبیاری بر حسب ثانیه و m تعداد دفعات آبیاری می‌باشد. میزان بهره‌وری آب آبیاری (WP_i) با استفاده از رابطه (۴) از تقسیم میزان محصول تر تولیدی (y) بر حسب کیلوگرم در هکتار بر میزان آب آبیاری کاربردی (V_i) بر حسب مترمکعب در هکتار به دست آمد.

$$Vi = Q.t.m \qquad (۳)$$

$$WP_i = \frac{y}{V_i} \qquad (۴)$$

جدول ۱- میانگین بعضی از پارامترهای هواشناسی در طول دوره رشد سیب‌زمینی در مناطق موردبررسی

منطقه	دمای حداکثر (درجه سانتی‌گراد)	دمای حداقل (درجه سانتی‌گراد)	رطوبت حداکثر (درصد)	رطوبت حداقل (درصد)	سرعت باد (متر بر ثانیه)	ساعات آفتابی (ساعت بر روز)
آباده	۳۲/۵	۱۵/۹	۳۰/۱	۸/۴	۴/۲	۱۰/۲
اقلید	۲۹/۷	۱۴/۷	۳۷/۴	۱۰/۸	۳/۹	۹/۳
خرمبید	۳۰/۱	۱۱/۳	۴۰/۶	۷/۸	۴/۰	۹/۱

مقادیر آب کاربردی با نیاز آبی ناخالص به‌دست‌آمده از سه سناریوی نیاز آبی مقایسه شد. با انجام آزمون همبستگی، وابستگی پارامترهای اندازه‌گیری شده مختلف به‌صورت دوبه‌دو موردبررسی قرار گرفت. در نهایت با جمع‌بندی نتایج به‌دست‌آمده از تفاوت مقادیر آب کاربردی و بهره‌وری آب، پیشنهاداتی برای بهبود بهره‌وری آب در مزارع سیب‌زمینی ارائه گردید.

نتایج و بحث

نتایج بر اساس مکان مزارع

مشخصات کلی مزارع سیب‌زمینی موردبررسی در جدول ۲ آورده شده است. حداقل، حداکثر و میانگین محصول تولیدی به ترتیب ۲۷، ۵۵ و ۴۳/۶ تن در هکتار بود. متوسط شوری آب و خاک به ترتیب ۰/۵۴ و ۰/۸۱ دسی زیمنس بر متر و میانگین طول دوره رشد ۱۵۲ روز بود. مساحت مزارع انتخابی بین ۲ تا ۴۰ هکتار و به‌طور متوسط ۱۹ هکتار بود. دبی مزارع نیز با اندازه‌گیری بین ۱۶ و ۴۶ و به‌طور متوسط حدود ۲۴ لیتر بر ثانیه به دست آمد.

جدول ۲- مشخصات کلی و عملکرد مزارع سیب‌زمینی موردبررسی

منطقه	پارامتر	دبی (لیتر بر ثانیه)	شوری آب (دسی زیمنس بر متر)	شوری خاک (دسی زیمنس بر متر)	مساحت مزرعه (هکتار)	طول دوره رشد (روز)	عملکرد محصول (کیلوگرم در هکتار)
آباده	حداقل	۲۰/۶۰	۰/۳۷	۰/۴۱	۱۴	۱۴۸	۳۵۰۰۰
	حداکثر	۴۶/۰۰	۰/۴۷	۰/۸۳	۳۰	۱۶۵	۵۰۰۰۰
	میانگین	۲۹/۸۸	۰/۴۱	۰/۵۸	۲۲	۱۵۵	۴۲۴۰۰
اقلید	حداقل	۲۰/۰۰	۰/۳۵	۰/۵۵	۲	۱۳۹	۲۷۰۰۰
	حداکثر	۲۴/۰۰	۰/۷۴	۱/۰۴	۳۸	۱۷۰	۵۵۰۰۰
	میانگین	۲۱/۵۰	۰/۵۱	۰/۸۲	۱۹	۱۵۶	۴۴۲۵۰
خرمبید	حداقل	۱۶/۰۰	۰/۳۸	۰/۳۷	۲	۱۳۵	۴۰۰۰۰
	حداکثر	۳۶/۰۰	۱/۱۱	۲/۱۹	۴۰	۱۶۰	۵۰۰۰۰
	میانگین	۲۱/۵۸	۰/۶۷	۱/۰۰	۱۶	۱۴۶	۴۴۱۶۷
مجموع مزارع	میانگین	۲۴/۳۳	۰/۵۴	۰/۸۱	۱۹	۱۵۲	۴۳۶۰۰

در جدول ۳ مقادیر پارامترهای اندازه‌گیری شده آبیاری و بهره‌وری و در جدول ۴ نتایج مربوط به مقایسه آماری آن‌ها با استفاده از آزمون t آورده شده است. طبق این اطلاعات آبیاری در طول فصل کشت بین ۱۲ تا ۳۳ و به‌طور متوسط ۱۹ دفعه انجام شد. تفاوت تعداد دفعات آبیاری به دلیل تفاوت در نوع سامانه آبیاری بود. معمولاً در سامانه‌های آبیاری قطره‌ای تعداد دفعات آبیاری بیشتر و در سامانه‌های آبیاری سطحی تعداد دفعات آبیاری کمتر است. نیاز آبشویی مزارع به‌طور متوسط ۶ درصد برآورد گردید. عمق آب آبیاری در هر نوبت بین ۳۶ تا ۷۲ و به‌طور میانگین ۵۲ میلی‌متر بود. حجم آب کاربردی مزارع بین ۶۹۰۰ تا حدود ۱۳۰۰۰ و به‌طور متوسط ۹۴۰۰ مترمکعب در هکتار برآورد شد. در بین مناطق موردبررسی و صرف‌نظر از نوع سامانه آبیاری، میزان آب کاربردی در منطقه آباده بیشترین (۱۰۵۰۰ مترمکعب در هکتار) و در خرمبید کمترین (۸۵۰۰ مترمکعب در هکتار) بود. بهره‌وری آب مزارع موردبررسی بین ۲/۶۳ و ۷/۲۳ و به‌طور میانگین ۴/۸۷ کیلوگرم بر مترمکعب به دست آمد. بهره‌وری آب در خرمبید بیشترین (۵/۳۱ کیلوگرم بر مترمکعب) و در آباده کمترین (۴/۱۶ کیلوگرم بر مترمکعب) بود. مقادیر بهره‌وری آب سیب‌زمینی در این بررسی با نتایج بهراملو (۱۳۸۸) و قدمی و سیدان (۱۳۹۴)

همخوانی دارد. لازم به توضیح است که بر اساس تفاهم‌نامه سند بهره‌وری آب کشاورزی کشور(بی‌نام، ۱۳۹۷)، بهره‌وری آب مزارع سیب‌زمینی کشور در سال ۱۳۹۵ به‌طور میانگین ۲/۶۳ کیلوگرم بر مترمکعب بوده که تا سال ۱۴۰۰ و ۱۴۰۵ بایستی به ترتیب به ۴/۵۰ و ۶/۳۶ کیلوگرم بر مترمکعب برسد. بر اساس این سند، میزان عملکرد و بهره‌وری آب مزارع سیب‌زمینی استان فارس در سال ۱۳۹۵ به ترتیب ۳۷۲۰۰ کیلوگرم در هکتار و ۳/۸۳ کیلوگرم بر مترمکعب بوده است. بنابراین بهره‌وری آب مزارع سیب‌زمینی موردبررسی در این تحقیق (۴/۸۷ کیلوگرم بر مترمکعب) از میزان پیش‌بینی‌شده برای سال ۱۴۰۰ بیشتر بوده که از این لحاظ مطلوب می‌باشد. نتایج به‌دست‌آمده از آزمون t نشان داد که تفاوت میزان آب کاربردی در منطقه آباده که دارای بیشترین عرض جغرافیایی بوده حدود ۲۰۰۰ مترمکعب در هکتار بیشتر از خرمبید که در عرض جغرافیایی کمتر است بوده و این تفاوت در سطح ۵ درصد معنی‌دار شد. تفاوت آب کاربردی بین سایر مناطق معنی‌دار نبود. تفاوت عملکرد محصول و بهره‌وری آب نیز بین مناطق مختلف در سطح ۵ درصد معنی‌دار نشد.

جدول ۳- پارامترهای آبیاری و بهره‌وری آب مزارع سیب‌زمینی بر اساس منطقه

منطقه	پارامتر	عمق آبیاری هر نوبت (میلی‌متر)	تعداد آبیاری	حجم آب آبیاری (مترمکعب در هکتار)	نیاز آبشویی (درصد)	بهره‌وری آب (کیلوگرم بر مترمکعب)
آباده	حداقل	۳۷	۱۶	۹۲۶۹	۲	۲/۹۷
	حداکثر	۶۰	۳۳	۱۲۳۵۵	۶	۵/۳۹
	میانگین	۴۷	۲۳	۱۰۴۹۲	۳	۴/۱۶
اقلید	حداقل	۴۳	۱۲	۶۹۱۲	۲	۲/۶۳
	حداکثر	۷۲	۱۸	۱۲۹۷۳	۱۰	۷/۲۳
	میانگین	۵۹	۱۶	۹۴۸۴	۶	۵/۱۰
خرمبید	حداقل	۳۶	۱۳	۷۲۰۰	۲	۳/۹۹
	حداکثر	۷۰	۲۰	۱۰۵۳۰	۱۵	۶/۸۱
	میانگین	۵۲	۱۶	۸۴۹۴	۷	۵/۳۱
مجموع	میانگین	۵۲	۱۹	۹۴۲۴	۶	۴/۸۷

جدول ٤- نتایج بررسی آماری آب کاربردی و بهره‌وری آب توسط آزمون t بر اساس منطقه

پارامتر	منطقه	میانگین تفاوت	t بحرانی	مقدار t	سطح معنی‌داری
آب کاربردی	(آباده–اقلید)	۱۰۰۸	۲/۳۶	۰/۷۲	۰/۴۹۸
	(اقلید–خرمبید)	۹۹۰	۲/۳۱	۰/۷۰	۰/۴۵۰
	(آباده–خرمبید)	۱۹۹۸	۲/۲۶	۲/۴۷	۰/۰۳۶
عملکرد	(آباده–اقلید)	−۱۸۵۰	۲/۳۶	−۰/۳۰	۰/۷۷۴
	(اقلید–خرمبید)	۸۳	۲/۳۱	۰/۰۲	۰/۹۸۸
	(آباده–خرمبید)	−۱۷۶۷	۲/۲۶	−۰/۵۹	۰/۵۷۰
بهره‌وری آب	(آباده–اقلید)	−۰/۹۳	۲/۳۶	−۰/۷۸	۰/۴۶۰
	(اقلید–خرمبید)	−۰/۲۲	۲/۳۱	−۰/۲۰	۰/۸۴۵
	(آباده–خرمبید)	−۱/۱۴	۲/۲۶	−۱/۷۷	۰/۱۱۰

نتایج بر اساس روش آبیاری

جدول ۵ اطلاعات آبیاری، عملکرد و بهره‌وری آب در روش‌های مختلف آبیاری را نشان می‌دهد. جدول ۶ نتایج مقایسه تفاوت‌های میزان آب کاربردی، عملکرد و بهره‌وری آب در سامانه‌های آبیاری مختلف را نشان می‌دهد. بر این اساس، مزارعی که تحت سامانه آبیاری بارانی بوده دوره رشد طولانی‌تر و مزارع تحت سامانه آبیاری سطحی دوره رشد کوتاه‌تری داشته‌اند. میانگین تعداد دفعات آبیاری در سامانه‌های آبیاری بارانی و سطحی به ترتیب ۱۷ و ۱۶ بوده که تفاوت زیادی نداشته‌اند. اما در سامانه‌های آبیاری قطره‌ای، تعداد دفعات آبیاری به‌طور متوسط ۲۱ بوده که از دو روش دیگر آبیاری بیشتر است. بر اساس آزمون t، تفاوت بین سامانه‌های آبیاری مختلف در هیچ‌یک از پارامترهای آب کاربردی، عملکرد و بهره‌وری آب در سطح ۵ درصد معنی‌دار نیست. به‌عبارت‌دیگر استفاده از سامانه‌های آبیاری بارانی و قطره‌ای در مزارع سیب‌زمینی، باعث کاهش آب کاربردی(به میزان حدود ۱۱۰۰ مترمکعب در هکتار)، افزایش محصول (به میزان متوسط ۱۰/۵ تن در هکتار) و افزایش بهره‌وری (به میزان حدود ۱/۸

کیلوگرم بر مترمکعب) شده، لیکن این تفاوت‌ها از نظر آماری در سطح ۵ درصد معنی‌دار نشد. این نتایج با نتایج جدید فائو همخوانی دارد. فائو اخیراً اعلام نموده که استفاده از سامانه‌های نوین آبیاری در بیشتر نقاط دنیا نتوانسته باعث کاهش مصرف آب و افزایش بهره‌وری آب گردد و علت اصلی آن را عدم تحویل حجمی آب یا کنترل تخصیص آب دانسته است(Perry and Steduto, 2017). از طرف دیگر بررسی روش‌های مختلف برنامه‌ریزی آبیاری در ایران و سایر کشورها نشان داده که استفاده از این روش‌ها می‌تواند تا بیش از ۳۰ درصد در کاهش مصرف آب مزارع و باغات مؤثر باشد (شاهرخ نیا، ۱۳۹۱، شاهرخ نیا و همکاران، ۱۳۹۴). بنابراین می‌توان به این نتیجه رسید که تجهیز مزارع به سامانه‌های نوین آبیاری به‌تنهایی کافی نبوده و بایستی به‌منظور حصول بیشترین میزان محصول و بهره‌وری آب، به تحویل حجمی آب و استفاده از روش‌های مختلف برنامه‌ریزی آبیاری مزارع نیز توجه شود.

جدول ۵- پارامترهای آبیاری و بهره‌وری آب مزارع سیب‌زمینی بر اساس سامانه آبیاری

منطقه	پارامتر	طول دوره رشد (روز)	عمق آبیاری هر نوبت (میلی‌متر)	تعداد آبیاری	حجم آب آبیاری (مترمکعب در هکتار)	نیاز آبشویی (درصد)	عملکرد (کیلوگرم در هکتار)	بهره‌وری آب (کیلوگرم بر مترمکعب)
بارانی	حداقل	۱۳۵	۴۳	۱۲	۶۹۱۲	۴	۳۵۰۰۰	۲/۹۷
	حداکثر	۱۷۰	۷۲	۲۶	۱۲۹۷۳	۱۵	۵۰۰۰۰	۷/۲۳
	میانگین	۱۵۷	۵۳	۱۷	۹۳۷۲	۸	۴۴۶۰۰	۵/۰۷
قطره‌ای	حداقل	۱۳۵	۳۶	۱۳	۷۲۰۰	۲	۳۸۰۰۰	۳/۰۸
	حداکثر	۱۵۹	۶۹	۳۳	۱۲۳۵۵	۳	۵۵۰۰۰	۷/۰۷
	میانگین	۱۴۸	۴۶	۲۱	۹۱۵۹	۲	۴۵۵۰۰	۵/۱۶
سطحی	حداقل	۱۳۹	۶۴	۱۵	۱۰۲۷۶	۹	۲۷۰۰۰	۲/۶۳
	حداکثر	۱۴۵	۷۰	۱۶	۱۰۵۳۰	۱۰	۴۲۰۰۰	۳/۹۹
	میانگین	۱۴۲	۶۷	۱۶	۱۰۴۰۳	۹	۳۴۵۰۰	۳/۳۱
مجموع	میانگین	۱۵۲	۵۲	۱۹	۹۴۲۴	۶	۴۳۶۰۰	۴/۸۷

جدول ٦- تفاوت آب کاربردی، عملکرد، بهره‌وری آب بر اساس نوع سامانه آبیاری

پارامتر	نوع سامانه آبیاری	میانگین تفاوت	t بحرانی	مقدار t	سطح معنی‌داری
آب کاربردی	(سطحی-بارانی)	۱۰۳۱	۲/۳۶	-۰/۶۱	۰/۵۶۰
	(سطحی-قطره ای)	۱۲۴۴	۲/۴۵	-۰/۹۳	۰/۳۸۸
	(بارانی-قطره ای)	۲۱۳	۲/۲۰	۰/۱۹	۰/۸۵۶
عملکرد	(سطحی-بارانی)	-۱۰۰۷۱	۲/۳۶	۱/۹۹	۰/۰۸۷
	(سطحی-قطره ای)	-۱۱۰۰۰	۲/۴۵	۱/۸۵	۰/۱۱۴
	(بارانی-قطره ای)	-۹۲۹	۲/۲۰	-۰/۲۹	۰/۷۷۹
بهره‌وری آب	(سطحی-بارانی)	-۱/۷۶	۲/۳۶	۱/۴۳	۰/۱۹۶
	(سطحی-قطره ای)	-۱/۸۶	۲/۴۵	۱/۷۵	۰/۱۳۱
	(بارانی-قطره ای)	-۰/۱۰	۲/۲۰	-۰/۱۱	۰/۹۱۱

نتایج مقایسه با نیاز آبی

جدول ۷ مقادیر نیاز آبی خالص سیب‌زمینی در قالب سه سناریوی مختلف آورده شده است. بر اساس سند ملی بیشترین و کمترین میزان نیاز آبی خالص به ترتیب متعلق به خرمبید و آباده است. اما بر اساس روش پنمن مانتیث، بیشترین و کمترین میزان نیاز آبی خالص یک و ده‌ساله به ترتیب متعلق به آباده و اقلید است که با توجه به خشک و کم باران‌تر بودن منطقه آباده، منطقی‌تر به نظر می‌رسد. در سال انجام آزمایش، میانگین نیاز آبی خالص مناطق موردبررسی ۹۳۷ میلی‌متر و بر اساس آمار ده‌ساله اخیر ۹۰۹ میلی‌متر می‌باشد.

در جدول ۸ نتایج بررسی تفاوت آب کاربردی با سناریوهای مختلف نیاز آبی ناخالص آورده شده است. نتایج کلی نشان داد که میزان آب کاربردی در همه مناطق و در هر سه سناریوی نیاز آبی، از میزان نیاز آبی ناخالص کمتر بود. میانگین این تفاوت برای نیاز آبی یک‌ساله حدود ۳۳۵۰ مترمکعب در هکتار بوده که قابل‌توجه است. تفاوت میزان آب کاربردی و نیاز آبی ناخالص در سال انجام تحقیق در منطقه خرمبید و مجموع سه منطقه در سطح ۱ درصد معنی‌دار بود.

جدول ۷- مقادیر نیاز آبی خالص سیب‌زمینی در مناطق موردمطالعه

شهرستان	نیاز آبی خالص (میلی‌متر)		
	سند ملی	پنمن مانتیث یکساله	پنمن مانتیث ده‌ساله
آباده	۹۶۴	۹۹۵	۹۷۴
اقلید	۸۸۳	۸۹۹	۸۴۷
خرمبید	۱۰۱۰	۹۱۴	۸۹۶
میانگین	۹۶۱	۹۳۷	۹۰۹

جدول ۸- نتایج بررسی تفاوت آب کاربردی و نیاز آبی ناخالص مزارع سیب‌زمینی بر اساس منطقه

منطقه	پارامتر	میانگین تفاوت	t بحرانی	مقدار t	سطح معنی‌داری
آباده	آب کاربردی-پنمن مانتیث یک‌ساله	-۲۱۶۴	۲/۷۸	-۲/۶۹	۰/۰۵۴
	آب کاربردی-پنمن مانتیث ده‌ساله	-۱۸۹۷	۲/۷۸	-۲/۳۸	۰/۰۷۶
	آب کاربردی-سندملی	-۱۷۷۰	۲/۷۸	-۲/۲۳	۰/۰۸۹
اقلید	آب کاربردی-پنمن مانتیث یک‌ساله	-۳۴۸۶	۳/۱۸	-۲/۴۵	۰/۰۹۲
	آب کاربردی-پنمن مانتیث ده‌ساله	-۲۷۳۶	۳/۱۸	-۱/۹۶	۰/۱۴۵
	آب کاربردی-سندملی	-۳۲۵۵	۳/۱۸	-۲/۳۰	۰/۱۰۵
خرمبید	آب کاربردی-پنمن مانتیث یک‌ساله	-۴۲۴۴	۲/۵۷	-۷/۲۲	۰/۰۰۱
	آب کاربردی-پنمن مانتیث ده‌ساله	-۳۹۹۴	۲/۵۷	-۶/۹۴	۰/۰۰۱
	آب کاربردی-سندملی	-۵۵۸۲	۲/۵۷	-۸/۵۰	۰/۰۰۰
مجموع	آب کاربردی-پنمن مانتیث یک‌ساله	-۳۳۴۹	۲/۱۵	-۶/۲۹	۰/۰۰۰
	آب کاربردی-پنمن مانتیث ده‌ساله	-۲۹۵۹	۲/۱۵	-۵/۶۲	۰/۰۰۰
	آب کاربردی-سندملی	-۳۶۹۱	۲/۱۵	-۵/۶۳	۰/۰۰۰

در مناطق آباده و اقلید تفاوت‌ها به ترتیب در سطح ۵ و ۱۰ درصد معنی‌دار بود. بنابراین به‌طورکلی می‌توان گفت که مزارع سیب‌زمینی در همه مناطق موردبررسی کمتر از حد موردنیاز آب دریافت کرده و به‌بیان‌دیگر کم آبیاری شده‌اند.

جدول ۹ تفاوت میزان آب کاربردی با مقادیر نیاز آبی ناخالص در سامانه‌های مختلف آبیاری را نشان می‌دهد. همان‌گونه که مشاهده می‌گردد در اغلب سامانه‌های آبیاری، میزان آب کاربردی از هر سه سناریوی نیاز آبی کمتر بوده که این تفاوت‌ها در سطح ۱ و ۵ درصد معنی‌دار گردید. میزان آب کاربردی در سال انجام آزمایش در سامانه-های آبیاری بارانی، قطره‌ای و سطحی به ترتیب حدود ۳۸۰۰، ۲۰۵۰ و ۵۶۰۰ مترمکعب در هکتار کمتر از نیاز آبی ناخالص بود.

جدول ۹- نتایج بررسی تفاوت آب کاربردی و نیاز آبی ناخالص مزارع سیب‌زمینی بر اساس سامانه آبیاری

نوع سامانه	پارامتر	میانگین تفاوت	t بحرانی	مقدار t	سطح معنی‌داری
بارانی	آب کاربردی-پنمن مانتیث یک‌ساله	-۳۸۱۲	۲/۴۵	-۴/۷۳	۰/۰۰۳
	آب کاربردی-پنمن مانتیث ده‌ساله	-۳۴۰۹	۲/۴۵	-۴/۰۵	۰/۰۰۷
	آب کاربردی-سندملی	-۴۲۰۴	۲/۴۵	-۴/۱۹	۰/۰۰۶
قطره‌ای	آب کاربردی-پنمن مانتیث یک‌ساله	-۲۰۵۴	۲/۵۷	-۳/۴۹	۰/۰۱۸
	آب کاربردی-پنمن مانتیث ده‌ساله	-۱۷۵۷	۲/۵۷	-۳/۰۳	۰/۰۲۹
	آب کاربردی-سندملی	-۲۲۱۷	۲/۵۷	-۲/۹۳	۰/۰۳۳
سطحی	آب کاربردی-پنمن مانتیث یک‌ساله	-۵۶۱۲	۱۲/۷۱	-۱۰۳۵	۰/۰۰۱
	آب کاربردی-پنمن مانتیث ده‌ساله	-۴۹۹۴	۱۲/۷۱	-۱۶/۳۳	۰/۰۳۹
	آب کاربردی-سندملی	-۶۳۱۹	۱۲/۷۱	-۶/۳۵	۰/۰۹۹

جدول ۱۰ نتایج آزمون همبستگی پارامترهای مختلف تأثیرگذار بر آب کاربردی مزارع سیب‌زمینی موردبررسی را نشان می‌دهد. خانه‌های تیره‌تر و روشن‌تر جدول به ترتیب همبستگی در سطوح ۱ و ۵ درصد را نشان می‌دهد. خانه‌های سفید نشان‌دهنده عدم همبستگی است. نتایج نشان داد که شوری آب آبیاری با طول جغرافیایی و شهرستان مربوطه همبستگی داشته و از غرب به شرق استان افزایش یافته است. اما میزان دبی مزارع همبستگی با موقعیت جغرافیایی مزارع نداشت. میزان دبی مزارع با سطح زیر کشت همبستگی داشته که منطقی و قابل‌قبول است. بافت و شوری خاک با موقعیت جغرافیایی و شهرستان مربوطه همبستگی نداشته، لیکن شوری خاک با شوری آب همبستگی داشته است. یعنی با افزایش شوری آب، شوری خاک نیز افزایش‌یافته است. تاریخ کاشت و تاریخ برداشت محصول نیز با طول جغرافیایی و شهرستان مربوطه همبستگی معنادار داشت. طول دوره رشد با تاریخ کاشت همبستگی منفی و با سطح کاشت همبستگی مثبت داشت. یعنی هرچه تاریخ کاشت دیرتر بوده، طول دوره رشد نیز کاهش یافته است.

روش آبیاری با مساحت مزرعه همبستگی منفی داشته است. یعنی هرچه مساحت مزرعه افزایش یافته، روش آبیاری از غرقابی به سمت قطره‌ای و بارانی متمایل شده است. روش آبیاری با طول دوره رشد نیز همبستگی منفی داشته، یعنی با تغییر روش آبیاری از بارانی و قطره‌ای به سمت روش سطحی، طول دوره رشد کاهش یافته است. تعداد دفعات آبیاری با عرض جغرافیایی همبستگی مثبت داشته، یعنی با افزایش عرض جغرافیایی تعداد دفعات آبیاری بیشتر شده است. علت این است که شهرستان آباده که در عرض جغرافیایی بالاتری قرار دارد، منطقه‌ای خشک‌تر است. تعداد دفعات آبیاری با عمق آب آبیاری همبستگی منفی داشته، یعنی با افزایش تعداد دفعات آبیاری، عمق آبیاری هر نوبت کاهش یافته که به دلیل تغییر روش آبیاری از سطحی به قطره‌ای و بارانی است. حجم خاکاب با تعداد دفعات آبیاری همبستگی منفی داشته که بدین معنی است که با افزایش تعداد دفعات آبیاری و تغییر روش آبیاری از سطحی به قطره‌ای و بارانی، از حجم خاکاب کاسته شده است. حجم کل آب کاربردی با تاریخ کاشت همبستگی منفی داشته که بدین معنی است با دیرتر شدن تاریخ کاشت و کاهش دوره رشد، میزان آب کاربردی کل کاهش یافته است. نیاز آبی سند ملی با طول جغرافیایی و تاریخ کاشت و برداشت همبستگی مثبت داشته و بدین معنی است که هرچه تاریخ کاشت دیرتر بوده، نیاز آبی سند ملی کاهش یافته است. اما نیاز آبی یک‌ساله و ده‌ساله با شهرستان موردنظر، تعداد دفعات آبیاری و عرض جغرافیایی همبستگی داشته و بدین معنی است که در مناطق شمالی نیاز آبی بیشتر بوده است. با افزایش نیاز آبی تعداد دفعات آبیاری نیز بیشتر شده است. نیاز آبشویی با شوری آب و خاک و شهرستان‌های شرقی استان همبستگی مثبت داشته که منطقی است.

عملکرد محصول به‌جز با میزان آب کاربردی کل با هیچ پارامتری همبستگی نداشته است. همبستگی عملکرد با میزان آب کاربردی منفی است. چون مقادیر آب کاربردی بیشتر متعلق به روش‌های آبیاری سطحی است که احتمالاً آبیاری در آن‌ها به‌صورت مؤثر انجام نشده است. بهره‌وری آب با عملکرد همبستگی مثبت و با حجم آب کاربردی همبستگی منفی داشته است. این بدین معنی است که افزایش محصول باعث افزایش بهره‌وری و افزایش آب کاربردی باعث کاهش بهره‌وری شده که منطقی است. سطح سواد کشاورزان بر هیچ پارامتری تأثیرگذار نبوده است.

نتیجه‌گیری

نتایج بررسی مقادیر آب کاربردی در مزارع سیب‌زمینی استان فارس نشان داد که در سه منطقه موردبررسی، فقط میزان آب آبیاری کاربردی در منطقه آباده (با بیشترین عرض جغرافیایی) از منطقه خرمبید (با کمترین عرض جغرافیایی)، به‌طور معنی‌داری بیشتر بود. میزان محصول تولیدی و بهره‌وری آب نیز بین مناطق موردبررسی تفاوت معنی‌داری نداشت. در سامانه‌های آبیاری بارانی و قطره‌ای میزان آب آبیاری حدود ۱۱۰۰ مترمکعب در هکتار کمتر، میزان محصول حدود ۱۰/۵ تن در هکتار بیشتر و بهره‌وری آب حدود ۱/۸ کیلوگرم بر مترمکعب بیشتر از سامانه‌های آبیاری سطحی بود. اما این تفاوت‌ها از نظر آماری در سطح ۵ درصد معنی‌دار نشد. البته نبایستی این عدم تفاوت را فقط مربوط به سیستم‌های آبیاری دانست. بلکه بایستی کنترل در میزان آب تخصیصی به مزارع و اعمال برنامه‌ریزی آبیاری مناسب مدنظر قرار گیرد. بررسی مقادیر آب کاربردی در مزارع موردبررسی نشان داد که این مقادیر به‌طور متوسط حدود ۳۳۰۰ و ۳۰۰۰ مترمکعب در هکتار کمتر از نیاز آبی ناخالص بر اساس آمار سال انجام تحقیق و آمار بلندمدت ده‌ساله بوده است. به‌عبارت‌دیگر این مزارع آب موردنیاز خود را دریافت نکرده بودند. بر اساس روش آبیاری، تفاوت آب کاربردی با نیاز آبی ناخالص در سال انجام آزمایش در روش‌های آبیاری قطره‌ای، بارانی و سطحی به ترتیب حدود ۲۱۰۰، ۳۸۰۰ و ۵۶۰۰ مترمکعب در هکتار بود. یعنی روش آبیاری قطره‌ای نسبت به بارانی و روش بارانی نسبت به سطحی توانسته میزان کمبود آب را بیشتر کاهش دهد یا به عبارتی جبران نماید. اگرچه به‌طورکلی کم آبیاری کردن مزارع می‌تواند باعث افزایش بهره‌وری آب گردد، لیکن بایستی این کم‌آبیاری به‌صورت علمی و مدیریت‌شده باشد. کم‌آبیاری اجباری و غیرعلمی مزارع سیب‌زمینی ممکن است نه تنها باعث افزایش بهره‌وری نگردد، بلکه ممکن است باعث کاهش بهره‌وری آب، کاهش محصول و کاهش درآمد اقتصادی کشاورزان شود. بنابراین تجهیز مزارع به سامانه‌های نوین آبیاری به تنهایی تأثیر کافی نداشته و توصیه می‌شود تحویل حجمی آب به مزارع و استفاده از روش‌های مختلف برنامه‌ریزی آبیاری نیز مدنظر مسئولین و کشاورزان قرار گیرد تا از میزان آب موجود، حداکثر درآمد و بهره‌وری حاصل گردد.

جدول ۱۰- نتایج آزمون همبستگی پارامترهای مختلف تأثیرگذار بر آبیاری مزارع سیب‌زمینی

پارامترها	شهرستان	سواد زارع	طول جغرافیایی	عرض جغرافیایی	دبی	شوری آب	سطح کشت	بافت خاک	شوری خاک	تاریخ کاشت	تاریخ برداشت	طول دوره رشد	روش آبیاری	عمق آب آبیاری	تعداد دفعات آبیاری	حجم خاکاب	کاربری	حجم آب	نیاز آبی ماه سند	نیاز آبی یکساله	نیاز آبی ده‌ساله	نیاز آبشویی	محصول	عملکرد	بهره‌وری آب
شهرستان	۱/۰۰۰																							
سواد زارع	-۰/۰۸۶	۱/۰۰۰																						
طول جغرافیایی	۰/۹۳۱	۰/۰۳۳	۱/۰۰۰																					
عرض جغرافیایی	-۰/۸۲۱	۰/۱۸۶	-۰/۵۶۶	۱/۰۰۰																				
دبی	-۰/۴۲۶	-۰/۱۲۹	-۰/۳۸۱	۰/۴۳۶	۱/۰۰۰																			
شوری آب	۰/۵۱۷	۰/۰۱۵	۰/۴۸۲	-۰/۴۲۴	۰/۰۵۷	۱/۰۰۰																		
سطح کشت	-۰/۲۴۶	۰/۱۵۰	-۰/۲۶۰	۰/۱۴۵	۰/۶۲۱	۰/۰۵۰	۱/۰۰۰																	
بافت خاک	-۰/۱۷۵	۰/۰۰۰	-۰/۲۴۳	۰/۱۴۰	۰/۱۹۶	-۰/۲۲۴	۰/۰۰۶	۱/۰۰۰																
شوری خاک	۰/۳۷۱	۰/۲۲۲	۰/۲۷۸	-۰/۳۶۹	۰/۲۰۱	۰/۸۰۶	۰/۲۱۴	۰/۰۹۰	۱/۰۰۰															
تاریخ کاشت	۰/۶۱	۰/۰۷۹	۰/۸۶۵	-۰/۴۲۳	۰/۳۴۶	۰/۴۱۲	-۰/۳۱۰	-۰/۲۳۵	۰/۰۷۷	۱/۰۰۰														
تاریخ برداشت	۰/۶۵۷	-۰/۰۰۸	۰/۷۴۴	-۰/۳۶۸	-۰/۲۶۴	۰/۳۳۸	-۰/۱۲۴	-۰/۳۵۱	۰/۰۹۳	۰/۷۳۱	۱/۰۰۰													
طول دوره رشد	-۰/۳۸۴	۰/۰۲۸	-۰/۴۲۹	۰/۱۸۵	۰/۲۸۵	-۰/۱۷۵	۰/۶۰۹	-۰/۱۱۶	۰/۰۲۱	-۰/۶۲۲	-۰/۰۶۱	۱/۰۰۰												
روش آبیاری	-۰/۳۷	۰/۲۴۸	-۰/۴۰	-۰/۴۲	-۰/۴۳۴	۰/۰۱۵	-۰/۷۱۴	۰/۲۱۳	۰/۱۰۱	۰/۱۶۰	-۰/۰۶۰	-۰/۵۲۱	۱/۰۰۰											
عمق آب آبیاری	۰/۱۶۱	-۰/۱۳۳	-۰/۰۰۲	-۰/۳۱۰	-۰/۱۳۵	۰/۰۹۲	-۰/۲۷۸	۰/۳۱۸	۰/۲۰۳	-۰/۱۶۳	-۰/۲۱۷	۰/۰۱۵	۰/۱۸۹	۱/۰۰۰										
تعداد دفعات آبیاری	-۰/۵۹۶	۰/۱۸۴	-۰/۳۷۱	۰/۶۶۹	-۰/۱۳۰	-۰/۳۹۰	۰/۰۴۸	-۰/۱۱۳	۰/۴۹۹	-۰/۱۹۳	۰/۱۰۰	۰/۲۱۷	۰/۰۴۸	-۰/۵۸۲	۱/۰۰۰									
حجم خاکاب	-۰/۴۷۰	-۰/۱۴۰	-۰/۰۰۵	-۰/۳۱۶	-۰/۱۴۴	-۰/۰۴۱	-۰/۲۸۵	۰/۳۱۳	۰/۱۹۷	-۰/۱۵۶	-۰/۲۰۸	۰/۰۱۰	۰/۱۹۰	۰/۳۲۰	-۰/۵۳۲	۱/۰۰۰								
کاربری	-۰/۴۲۹	-۰/۰۰۲	-۰/۴۳۰	-۰/۴۳۲	۰/۱۶۹	-۰/۲۵۰	-۰/۰۷۴	۰/۱۹۱	-۰/۱۰۴	-۰/۴۸۷	-۰/۰۶۰	۰/۴۰۳	۰/۱۲۲	-۰/۲۶۱	۰/۰۴۲	-۰/۳۵۹	۱/۰۰۰							
حجم آب	-۰/۴۲۹	۰/۱۷۱	-۰/۵۵۰	۰/۱۹۹۵	۰/۰۲۶	-۰/۲۷۶	-۰/۰۹۹	-۰/۰۶۷	۰/۱۳۳	۰/۶۴۹	۰/۵۴۴	۰/۱۸۷	-۰/۰۵۱	-۰/۳۴۶	۰/۶۴۶	-۰/۳۵۲	-۰/۲۰۰	۱/۰۰۰						
نیاز آبی سند ملی	۰/۴۲۹	۰/۱۷۱	-۰/۷۰۷	۰/۱۵۷	۰/۰۲۶	-۰/۳۸۲	-۰/۲۰۲	۰/۱۴۶	-۰/۳۱۶	-۰/۴۰۳	-۰/۳۵۷	-۰/۱۸۷	-۰/۰۷۴	-۰/۳۴۶	۰/۶۴۶	-۰/۳۵۲	-۰/۳۸۱	۱/۰۰۰	۰/۱۸۹					
نیاز آبی یکساله	۰/۸۰۶	۰/۲۰۶	۰/۵۵۰	۰/۱۹۹۵	۰/۴۸۰	۰/۳۸۲	۰/۲۰۲	۰/۱۴۶	۰/۳۱۶	۰/۴۰۳	۰/۳۵۷	۰/۱۸۷	۰/۰۷۴	۰/۳۴۶	۰/۶۴۶	۰/۳۵۲	۰/۳۸۱	۱/۰۰۰	۰/۱۸۹	۱/۰۰۰				

نیاز آبی ده‌ساله	۰/۶۲۹	۰/۳۳۳	۰/۳۲۲	۰/۹۵۴	۰/۴۴۸	۰/۲۷۹	۰/۱۶۰	۰/۱۱۶	۰/۲۵۵	۰/۲۰۱	۰/۱۸۷	۰/۰۸۰	۰/۰۸۱	۰/۳۸۵	۰/۶۰۳	۰/۲۹۸	۰/۳۹۱	۰/۳۳۲	۰/۹۶۷	۱/۰۰۰	
نیاز آبشویی	۰/۴۶۱	۰/۰۴۰	۰/۳۷۰	۰/۴۳۶	۰/۱۸۵	۰/۹۳۴	۰/۱۶۸	۰/۰۲۹	۰/۸۰۷	۰/۲۵۲	۰/۲۵۴	۰/۰۱۷	۰/۱۵۰	۰/۱۵۶	۰/۴۳۳	۰/۱۵۴	۰/۱۵۳	۰/۱۶۲	۰/۳۹۵	۰/۳۲۱	۱/۰۰۰
عملکرد محصول	۰/۱۰۹	۰/۲۱۱	۰/۰۶۹	۰/۱۶۸	۰/۱۱۱	۰/۰۷۱	۰/۲۲۶	۰/۴۲۱	۰/۰۵۳	۰/۰۴۹	۰/۰۴۳	۰/۱۴۷	۰/۳۵۵	۰/۲۶۵	۰/۲۴۹	۰/۲۶۴	۰/۵۳۷	۰/۰۱۱	۰/۱۲۶	۰/۱۱۸	۰/۱۱۲	۱/۰۰۰
بهره‌وری آب	۰/۳۳۵	۰/۱۱۰	۰/۲۶۶	۰/۳۹۰	۰/۱۷۰	۰/۱۱۸	۰/۲۰۷	۰/۳۵۱	۰/۰۷۶	۰/۲۷۰	۰/۰۲۸	۰/۱۴۰	۰/۲۹۷	۰/۳۵۹	۰/۴۱۹	۰/۳۵۷	۰/۸۸۳	۰/۰۴۳	۰/۳۳۶	۰/۲۹۷	۰/۰۵۰	۰/۸۴۹	۱/۰۰۰

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.، عباد زاده،ح.ر.، حاتمی، ف.، حسین پور، ر.، و عبدشاه، ه. ۱۳۹۷. آمارنامه کشاورزی سال ۱۳۹۶، جلد اول: محصولات زراعی، وزارت جهاد کشاورزی، معاونت برنامه‌ریزی و اقتصادی، مرکز فناوری اطلاعات و ارتباطات.

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 کار آیی مصرف آب آبیاری گیاهان زراعی در دشت مشهد (مطالعه موردی). گزارش پژوهشی نهایی موسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، شماره ثبت ۹۹۰/۸۹۰ .

بهراملو، ر. ۱۳۸۸. بررسی فنی و اقتصادی دو روش آبیاری بارانی و تیپ در سه رقم سیب‌زمینی در همدان. گزارش نهائی. 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 نهائی. موسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی. شماره ۹۰/۴۶۳.

بهراملو، ر. و سیدان، س.م. ۱۳۹۶. مقایسه بهره‌وری عوامل تولید در سیستم‌های آبیاری بارانی کلاسیک ثابت و نشتی در مزارع سیب‌زمینی کبودرآهنگ استان همدان. نشریه پژوهش آب در کشاورزی. جلد ۳۱. شماره ۴. ص: ۵۵۹-۵۶۹.

بی‌نام. ۱۳۹۷. تفاهم‌نامه سند بهره‌وری آب کشاورزی (افق ده‌ساله). وزارت جهاد کشاورزی، اتاق بازرگانی، صنایع، معادن و کشاورزی ایران.

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): ۷۳-۵۳

خیری شلمزاری، ک.، برومند نسب، س.، سلطانی محمدی، ا.، حقیقتی بروجنی، ب. ۱۳۹۹. اثر مدیریت‌های آبیاری در سامانه‌های آبیاری قطره‌ای سطحی و زیرسطحی بر عملکرد و بهره‌وری آب سیب‌زمینی. نشریه آبیاری و زهکشی ایران. ۱ (۱۴): ۳۱۰-۳۲۰.

رضوانی، س. م.، قدمی فیروزآبادی، ع.، سلطانی، ه.، 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. ۵ (۱۳): ۱۳۰۷-۱۳۱۶.

رضوانی، س.م. و ع.م. جعفری. ۱۳۸۳. ارزیابی فنی و اقتصادی سیستم‌های آبیاری بارانی اجراشده در مزارع سیب‌زمینی در استان‌های همدان و اصفهان. مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی همدان. همدان.

سلیمانی پور، 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): ۱۶۴-۱۴۳.

شاهرخ نیا، م.ع. ۱۳۹۱. بررسی اثر استفاده از ابزارهای برنامه‌ریزی آبیاری بر عملکرد و مصرف آب ذرت در دو بافت خاک. نشریه آبیاری و زهکشی ایران۶ (۴): ۳۳۱-۳۴۱.

شاهرخ نیا، م.ع.، زارع، ا. و دهقانی سانیج، ح. ۱۳۹۴. مقایسه ابزارهای مختلف برنامه‌ریزی آبیاری قطرهای مرکبات در خاک با بافت متوسط و سنگین. نشریه آبیاری و زهکشی ایران. ۹ (۳): ۴۴۸-۴۵۸.

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.

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 ثبت ۸۵/۱۱۱۴.

کاظمی، م. و میر هاشمی، س.م. ۱۳۹۶. سیب‌زمینی، فناوری تولید، امنیت غذایی. انتشارات تحقیقات و آموزش کشاورزی، ۱۳–۱۴.

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

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

نادری، م.، شایان نژاد، 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): ۱۳۸۱–۱۳۷۰.

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

Bjorneberg, D.L. 2013.Irrigation methods.USDA Agricultural Research Service, Kimberly, ID, USA.

FAO. 2019. http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC

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.

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.

Mulubrehan, K., and Gebretsadikanb, T.G. 2016. Yield and water use efficiency of furrow irrigated potato underregulated deficit irrigation, Atsibi-Wemberta, North Ethiopia. Agricultural Water Management. 170:133-139.

Perry, C., and Steduto, P. 2017. Does improved irrigation technology save water? (A review of the evidence). Discussion paper on irrigation and sustainable water resources management in the Near East and North Africa, FAO.

Sermet, O., Mehmet Emin, C., Derya, O., and Sevgi, C. 2005. Different irrigation methods and water stress effects on potato yield and yield components, Agricultural Water Management. 73 (1): 73-86.

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.

Iranian Journal of Irrigation and Drainage
No. 3, Vol. 15, Aug.-Sep. 2021, p. 624-635

نشریه آبیاری و زهکشی ایران
شماره۳، جلد ۱۵، مرداد - شهریور ۱۴۰۰، ص. ۶۳۵-۶۲۴

Investigation of Applied Water and Water Productivity of Potato Fields in The Conditions of Farmers in Fars Province

M.A. Shahrokhnia[1]*, J. Baghani[2],
Recived: Jan.25, 2021 Accepted: Apr.21, 2021

Abstract

Due to the scarcity of water resources in agriculture, improving the irrigation management of potato fields can reduce applied water and increase the productivity of this important crop. For this purpose, it is necessary to have sufficient and accurate information about the status of applied water and water productivity in the conditions of farmers' management. Therefore, the amount of water applied and water productivity in the conditions of farmers' management of the three major potato production areas in Fars province were investigated. Three areas of Abadeh, Eghlid and Khorrambid and three systems of surface, sprinkler and drip irrigation were considered as experimental treatments. T-test was used for statistical comparison of the results. The correlation between different factors was examined by determining the correlation coefficient. Results showed that the differences in applied water, yield and water productivity in different regions were not significant at the level of 5%. The average yield and water productivity were 43.6 tons/ha and 4.87 kg/m3, respectively. The use of sprinkler and drip irrigation systems reduced the applied water by 1100 cubic meters per hectare, increased the yield by 10.5 tons per hectare and increased productivity by about 1.8 kg/m3. However, these differences were not statistically significant at the 5% level. The average amount of water used in potato fields was 9420 m3/ha, which was 3350 m3/ha less than the average required water. If irrigation is based solely on the farmer's experience and irrigation scheduling is not considered, there may be no difference between applied water in different irrigation systems and the water supplied may be less than required. Therefore, in order to reduce the effects of water stress, increase crop and water productivity, in addition to the irrigation system, serious attention should be paid to field irrigation scheduling and volumetric water delivery.

Keywords: Irrigation scheduling, Irrigation system, National water document,Water requirement

1- Associate Professor, Agricultural Engineering Research Department, Fars Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization(AREEO), Shiraz, Iran
2- Assistant Professor, Agricultural Engineering Research Institute, Agricultural Research, Education and Extension Organization(AREEO), Karaj, Iran
(*- Corresponding Author Email: mashahrokh@yahoo.com)