تحقیقات مهندسی سازه‌های آبیاری و زهکشی/جلد ۲۲/ شماره ۸۳/ تابستان ۱۴۰۰/ص ۵۸-۴۳

نوع مقاله: علمی – پژوهشی

تعیین بهره‌وری آب با کاربرد سامانه‌های آبیاری سطحی و قطره‌ای در تولید سیب در ایران

ابوالفضل ناصری[1*]، فریبرز عباسی[2]، امیر نورجو[3]، جمال احمدآلی[4]، محمدعلی شاهرخ‌نیا[5]، علیرضا مامن‌پوش[6]، مجید کرامتی طرقی[7]، سالومه سپهری صادقیان[8]، کرامت اخوان[9]، سیدحسن موسوی فضل[10]، نادر عباسی[11]، مهدی اکبری[12]، جواد باغانی[13]، محمد مهدی نخجوانی مقدم[14]، رامین نیکان‌فر[15] و اردلان ذوالفقاران[16]

۱- دانشیار پژوهش، بخش تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی آذربایجان‌شرقی، تبریز، ایران
۲ و ۱۱- استاد پژوهش، بخش تحقیقات آبیاری و زهکشی، موسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، کرج، ایران
۳ و ۴- استادیار پژوهش، بخش تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی آذربایجان‌غربی، ارومیه، ایران
۵- دانشیار پژوهش، بخش تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی فارس، شیراز، ایران
۶- استادیار پژوهش، بخش تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی اصفهان، اصفهان، ایران
۷ و ۱۶- عضو هیات علمی، بخش تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی خراسان رضوی، مشهد، ایران
۸، ۱۳ و ۱۴- استادیار پژوهش، بخش تحقیقات آبیاری و زهکشی، موسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، کرج، ایران
۹- استادیار پژوهش، بخش تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی اردبیل (مغان)، اردبیل (مغان)، ایران
۱۰- عضو هیات علمی، بخش تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی سمنان، شاهرود، ایران
۱۲- دانشیار پژوهش، بخش تحقیقات آبیاری و زهکشی، موسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، کرج، ایران
۱۵- مربی پژوهش، بخش تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی آذربایجان شرقی، تبریز، ایران
تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۱/۲۸؛ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۴/۲۱

چکیده

تأمین امنیت غذایی در شرایط کمبود منابع آب در کشور، نیازمند مدیریت بهینهٔ مصرف آب در بخش کشاورزی است. اساسی‌ترین مؤلفه برای مدیریت بهینهٔ آب، آگاهی از حجم آب آبیاری در تولید محصولات مختلف کشاورزی تحت مدیریت تولیدکنندگان است. از بین محصولات باغی، سیب (درختی) با تولید سالانه حدود سه میلیون تن از سطح ۲۴۷ هزار هکتار از اراضی باغی کشور در جایگاه نخست قرار دارد. متناسب با این حجم تولید، برآورد می‌شود حجم قابل‌توجهی از منابع آب سطحی و زیرزمینی برای تولید این محصول مصرف شود. این پژوهش با هدف تعیین بهره‌وری آب در باغ‌های سیب تحت مدیریت باغداران در استان‌های منتخب در کشور اجرا گردید. این استان‌ها عبارت‌اند از آذربایجان‌شرقی، آذربایجان‌غربی، اردبیل، اصفهان، تهران، خراسان‌رضوی، فارس و سمنان. علاوه بر اندازه‌گیری مستقیم آب آبیاری و عملکرد محصول، بهره‌وری آب در ۱۴۵ باغ در کشور تعیین گردید. برای بررسی تفاوت احتمالی حجم آب آبیاری و عملکرد، و بهره‌وری آب در تولید سیب از تحلیل واریانس استفاده شد. نتایج بررسی‌ها نشان داد تفاوت بهره‌وری آب در باغ‌های استان‌های مختلف معنی‌دار است. میانگین شاخص بهره‌وری آب در باغ‌های سیب کشور برابر ۲/۷۳ کیلوگرم بر مترمکعب به دست آمد. حداقل و حداکثر شاخص بهره‌وری آب از باغ‌های سیب استان فارس (۱/۱۲ کیلوگرم بر مترمکعب) و استان سمنان (۳/۴۶ کیلوگرم بر مترمکعب) به دست آمد. راهکارهایی برای بهینه‌سازی استفاده از منابع آب برای ارتقای بهره‌وری آب در باغ‌های سیب کشور ارائه شده است.

واژه‌های کلیدی

اراضی فاریاب، بهره‌وری آب، باغ‌های سیب، کارآیی مصرف آب

مقدمه

در حال حاضر بیش از ۹۰ درصد از تولیدات زراعی و باغی در کشور از اراضی فاریاب به دست می‌آید. سطح زیرکشت محصولات زراعی و باغی فاریاب در سال ۱۳۹۷ حدود ۸/۵ میلیون هکتار بوده‌است که از این سطح حدود ۹۵ میلیون تن

* نگارنده مسئول: Email: nasseri_ab@yahoo.com
http://doi: 10.22092/idser.2021.354231.1468

محصولات زراعی و باغی تولید شده است (Gholizadeh *et al.*, 2016). هر سال حجم فراوانی از آب تجدیدپذیر کشور برای تولید محصولات مختلف در بخش کشاورزی مصرف می‌شود. از این رو، نیاز به برنامه‌ریزی کلان در مدیریت و مصرف آب در کشور، بررسی جامع و دقیق روی بهره‌وری آب در بخش کشاورزی را ضروری می‌سازد.

سیب یکی از محصولات باغی است با نام علمی *Malus domestica* و از میوه‌های دانه‌دار که افزون بر مصرف داخلی، بخشی از صادرات غیرنفتی را نیز تشکیل می دهد. ایران به دلیل شرایط خاص اقلیمی و آب و هوایی برای کشت محصولات سردسیری به ویژه سیب دارای جایگاه ممتازی در سطح جهانی است. محصول سیب علاوه بر مصرف تازه‌خوری خانوارهای ایرانی، به‌صورت مربا، آب سیب، کمپوت، سرکه و برگه سیب نیز استفاده می‌شود که علاوه بر تامین سلامت تغذیهٔ جامعه، موجب ایجاد اشتغال و ارزآوری برای تولیدکنندگان گردیده است. بر اساس آمار سازمان خواربار و کشاورزی سازمان ملل متحد[1] (FAO)، سطح زیر کشت و تولید سیب در سال ۲۰۱۶ در جهان به ترتیب برابر ۵/۳ میلیون هکتار و ۸۹/۳ میلیون تن بوده‌است و کشورهای چین، ایالات‌متحده امریکا، ترکیه، ایران، هند، روسیه، شیلی و اکراین از مهم‌ترین کشورهای تولید کننده سیب در جهان هستند. سطح زیرکشت این محصول در ایران ۲۴۷ هزار هکتار است که سالانه ۲/۹۵ میلیون تن محصول با مصرف حدود ۲/۵ میلیارد مترمکعب آب به دست می‌آید (Ahmadi *et al.*, 2019; Nasseri *et al.*, 2017a). ناصری و همکاران (Nasseri *et al.* 2017a) گزارش داده‌اند میانگین نیاز آبی باغ‌های سیب در کشور ۶۶۹۶ مترمکعب بر هکتار است. بیشترین و کمترین نیاز آبی سیب در شرایط اقلیمی استان‌های یزد و گیلان با مقادیر ۱۰۲۳۰ و ۲۳۷۲ مترمکعب بر هکتار به‌دست آمده است. کمترین (۶ هکتار) و بیشترین (۴۸ هزار هکتار) سطح برداشت این محصول از اراضی فاریاب به‌ترتیب در استان‌های بوشهر و آذربایجان غربی گزارش شده‌است. منابع موجود در تحقیقات آبیاری در تولید سیب بسیار محدود است، بااین‌همه، در ادامه به خلاصهٔ یافته‌های پژوهشگران در مورد این گیاه اشاره می‌شود. یافته‌های پژوهشگران نشان می‌دهد ۶۰۰۰ تا ۱۰۰۰۰ مترمکعب از منابع آب سبز یا آبی در سال برای رشد سیب کافی است (Alizadeh, 1997). بیشترین مقدار مصرف روزانه آب توسط درخت سیب تابع شرایط اقلیمی، گسترش شاخ و برگ و تراکم و ارقام درخت است. حداکثر مصرف آب هر درخت در هر روز تغییرات زیادی دارد و بین ۲۵ تا ۲۰۰ لیتر است.

در پژوهش‌های میلز و همکاران Mills *et al.* (1996) روی تأثیر کم‌آبیاری بر رشد و کیفیت میوهٔ سیب نشان داده‌شد کمبود آب در اوایل فصل رشد ممکن است در کیفیت میوه مؤثر باشد، درحالی که کمبود آب در آخر فصل، تأثیر ناچیزی روی کیفیت میوه دارد. یزدانی و همکاران Yazdani *et al.* (1993) در بررسی تأثیر روش‌های آبیاری قطره‌ای و سطحی روی درختان سیب، گزارش دادند که میزان آب آبیاری در روش آبیاری سطحی بین ۱۲۴۰۰ و ۱۲۹۸۰ مترمکعب بر هکتار و در روش قطره‌ای ۶۶۳۸ تا ۹۴۷۲ مترمکعب بر هکتار است. جلینی (Joleini 2005) نشان داد که اعمال تیمار کم آبیاری موجب کاهش عملکرد میوه سیب شده است. در آبیاری کامل بیشترین عملکرد به دست آمده است و عملکرد ناشی از اعمال ۵۰درصد و ۷۰ درصد نیاز آبی در رتبه‌های بعدی قرار گرفتند. لیب و همکاران

1- Food and Agriculture Organization (FAO)

(Leib *et al.* 2006) تأثیر سه تیمار آبیاری را بر عملکرد درختان سیب در اقلیم نیمه‌خشک ایالات‌متحدهٔ آمریکا بررسی کردند. در این بررسی، تیمارهای آبیاری شامل آبیاری کامل، کم‌آبیاری و آبیاری بخشی بود. از سامانهٔ آبیاری بارانی با آبپاش‌های کوچک زیردرختی برای اعمال تیمارهای آبیاری استفاده شد. مقدار آب آبیاری برای تیمارهای مذکور در سال اول به ترتیب ۵۳۸، ۳۰۲ و ۲۷۲ میلی‌متر و در سال دوم ۶۷۰، ۴۳۴ و ۳۸۹ میلی‌متر بود. عملکرد میوه در تیمار کم آبیاری نسبت به تیمار شاهد به‌طور معنی‌داری کاهش یافت. بااین‌همه، عملکرد تیمار آبیاری بخشی نسبت به دو تیمار دیگر اختلاف معنی‌داری نداشت. پارودی و چاواری (Parodi & Chávarri 2004) تأثیر سطوح مختلف آبیاری را در عمر انبارداری و کیفیت میوهٔ سیب بررسی کردند. برای هر اصله درخت در سال، تیمارهای آبیاری شامل ۱۵۷۸، ۱۸۹۴، ۲۲۰۱ و ۲۸۱۴ لیتر اعمال شد. کیفیت و عمر انبارداری میوه درختانی که کم‌تر آبیاری شده بودند، بهتر از سایر تیمارها بود.

پژوهش‌های اخیر نشان می‌دهد آب موردنیاز درختان سیب از گیاهان معمولی مانند گندم بیشتر و تقاضای آب در دوره‌های مختلف رشد متفاوت است (Zhong *et al.*, 2019). بهره‌وری آب در تولید سیب با روش آبیاری غرقابی کم است. بررسی در باغ‌های سیب مراکش نشان می‌دهد باغداران از حجم آب زیادی برای تولید محصول استفاده می‌کنند و استفاده از برنامه‌ریزی آبیاری با ۷۵ درصد نیازآبی گیاه موجب افزایش عملکرد درختان می‌شود (El Jaouhari *et al.*, 2018). استفاده از روش آبیاری بخشی منطقهٔ توسعهٔ ریشه موجب افزایش عملکرد میوه و بهره‌وری آب می‌شود. به‌کارگیری این شیوه آبیاری ظرفیت زیادی برای تولید سیب در منطقهٔ خشک دارد (Du *et al.*, 2017).

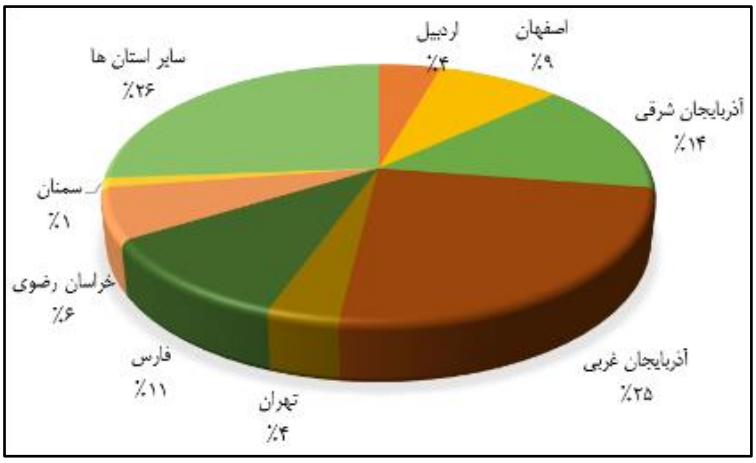
در ایران نیز مانند سایر کشورها، بخش قابل‌توجهی از منابع آب‌های سطحی و زیرزمینی در بخش کشاورزی استفاده می‌شود (Nasseri *et al.*, 2017b). شرایط اقلیمی کشور همواره در معرض ریسک تنش کمبود آب و خشک‌سالی است و نیاز روزافزون بخش‌های مختلف به آب، در سال‌های آینده، رقابت هرچه بیشتر را برای مصرف آب موجب خواهد گردید، از این رو ارتقا و بهبود بهره‌وری مصرف آب یکی از راهکارهای اثربخش و کاربردی برای تولید محصولات باغی ارزشمند در شرایط تنش کمبود آب به شمار می‌رود. می‌توان گفت برآورد نسبتاً دقیق یا تعیین شاخص‌های مدیریت مصرف آب ازجمله بهره‌وری آب محصولات زراعی و باغی در کشور، از مهمترین فراسنج‌های کلیدی در برنامه‌ریزی‌های کلان مربوط به تأمین، تخصیص و مصرف اصولی از آب در بخش‌های مختلف ازجمله کشاورزی به شمار می‌رود. پژوهش در سطح ملی که بتواند به اعداد مشخصی در مورد بهره‌وری واقعی آب در تولید محصولات باغی در کشور منتهی و منتج گردد، ضروری و بااهمیت است. تعیین بهره‌وری آب در تولید سیب در مناطق مختلف کشور، هدف اصلی این پژوهش است و بنابراین یافته‌های این پژوهش می‌تواند مساعدت شایانی به تصمیم‌گیران مرتبط با آب و کشاورزی بنماید.

مواد و روش‌ها

پروژهٔ حاضر با هدف تعیین بهره‌وری آب در تولید سیب تحت مدیریت باغداران در قطب‌های تولید این محصول در کشور اجرا گردید. با توجه به تغییرات سالانه عملکرد باغ‌ها، عملکرد سیب در دو یا

سه سال زراعی (۹۶-۱۳۹۵، ۹۷-۱۳۹۶ و ۹۸-۱۳۹۷) اندازه‌گیری شد. عوامل مؤثر بر عملکرد محصولات باغی عبارت‌اند از عوامل اقلیمی (ازجمله سرمازدگی و بارندگی)، عوامل فیزیولوژیک (ازجمله سال‌آوری، رقم و سن درخت و شرایط گرده‌افشانی) و مدیریت زراعی (ازجمله مدیریت آفات و بیماری، مدیریت آبیاری و مدیریت تغذیه) و کیفیت نهاده‌های مصرفی. با عنایت به کم‌بودن واریانس حجم آب آبیاری، اندازه‌گیری مستقیم آب آبیاری در سال زراعی ۹۷-۱۳۹۶ در باغ‌های منتخب مناطق مختلف کشور صورت گرفت. بر مبنای آخرین گزارش آماری وزارت جهاد کشاورزی (Ahmadi *et al.*, 2019)، مناطق دارای بیشترین سطح زیرکشت و تولید محصول سیب به‌عنوان استان‌های پایلوت اجرای پروژه انتخاب شدند (شکل ۱). استان‌های پایلوت حدود ۷۵ درصد سطح زیرکشت سیب را در کشور شامل می‌شوند. این استان‌ها عبارت‌اند از آذربایجان‌شرقی (شهرستان‌های مراغه، میانه و اهر)، آذربایجان‌غربی (شهرستان‌های نقده، مهاباد، میاندوآب،اشنویه، سلماس و ارومیه)، فارس (شهرستان‌های سپیدان، اقلید و آباده)، اصفهان (شهرستان‌های سمیرم و شهرضا)، خراسان‌رضوی (شهرستان‌های مشهد، چناران و نیشابور)، تهران (شهرستان دماوند)، اردبیل (شهرستان مشکین‌شهر)، و سمنان (شهرستان شاهرود).

پس از تعیین استان‌های پایلوت، شهرستان‌های پایلوت در هر استان از نظر سطح زیرکشت و تولید سیب مشخص گردید. باغ‌ها در شهرستان‌های پایلوت به نحوی انتخاب شدند که امکان تعیین حجم آب آبیاری آنها با دقت قابل قبولی وجود داشته باشد. درمجموع ۱۴۵ باغ سیب مورد بررسی و آزمایش قرار گرفت. از این تعداد باغ ۶۳ باغ تحت سامانه آبیاری سطحی و ۸۲ باغ تحت سامانه آبیاری قطره‌ای بودند.



شکل ۱- وضعیت سطح زیرکشت سیب در استان‌های پایلوت در کشور (Ahmadi *et al.*, 2019)

در هر منطقه، حداقل ۶ باغ و درمجموع ۱۴۵ باغ برای اندازه‌گیری، داده‌برداری و پایش انتخاب گردید. حجم آب آبیاری سیب در باغ‌های منتخب بسته به روش آبیاری با استفاده از فلوم، کنتور حجمی یا سرریز به‌طور مستقیم اندازه‌گیری شد. برنامهٔ آبیاری باغ‌های تحت مدیریت باغداران ثبت گردید. بنابراین حجم آب آبیاری و متغیرهای لازم برای برنامه‌ریزی آبیاری و کیفیت آب‌وخاک در باغ‌ها در مناطق

مختلف مشخص شد. اطلاعات تکمیلی در خصوص ویژگی‌های باغ‌های انتخابی به‌صورت زیر بود: الف) در ۱۳ درصد باغ‌های منتخب سیب رقم قرمز، در ۱۴ درصد آن رقم زرد، در ۴۳ درصد آن ارقام ترکیبی (زرد و قرمز) و در ۳۰ درصد بقیه، ارقام بومی یا سایر ارقام تجاری سیب بود. ب) درختانِ حدود ۲۵ درصد باغ‌ها ۴ تا ۱۰ ساله، ۴۶ درصد ۱۱ تا ۲۰ ساله، ۲۲ درصد ۲۱ تا ۳۰ ساله، و ۷ درصد ۳۱ تا ۵۵ ساله بودند. بنابراین بیشترین درصد فراوانی سن باغ‌های سیب بین ۱۱ و ۲۰ سال بود. ج) شوری آب آبیاری ۵۸ درصد باغ‌ها بین ۰/۲ تا ۰/۵ دسی‌زیمنس بر متر، شوری ۳۶ درصد آنها بین ۰/۵۱ و ۱/۰ دسی‌زیمنس بر متر و شوری ۶ درصد باغ‌ها بین ۱/۱ و ۲/۱ دسی‌زیمنس بر متر بود. د) شوری خاک ۱۲ درصد باغ‌ها بین ۰/۳ و ۰/۵ دسی‌زیمنس بر متر، شوری خاک ۵۰ درصد باغ‌ها بین ۰/۵۱ و ۱/۰ دسی‌زیمنس بر متر، شوری خاک ۲۴ درصد باغ‌ها بین ۱/۱ و ۲/۰ دسی‌زیمنس بر متر و شوری خاک ۱۴ درصد باغ‌ها بین ۲/۱ و ۴/۶ دسی‌زیمنس بر متر بود.

شاخص بهره‌وری آب از نسبت عملکرد سیب (کیلوگرم بر هکتار) به حجم آب آبیاری (مترمکعب بر هکتار) به‌دست آمد. به‌عبارت دیگر شاخص بهره‌وری آب در تولید سیب از رابطهٔ ۱ به‌دست آمد:

$$WP=\frac{CY}{CW} \qquad (1)$$

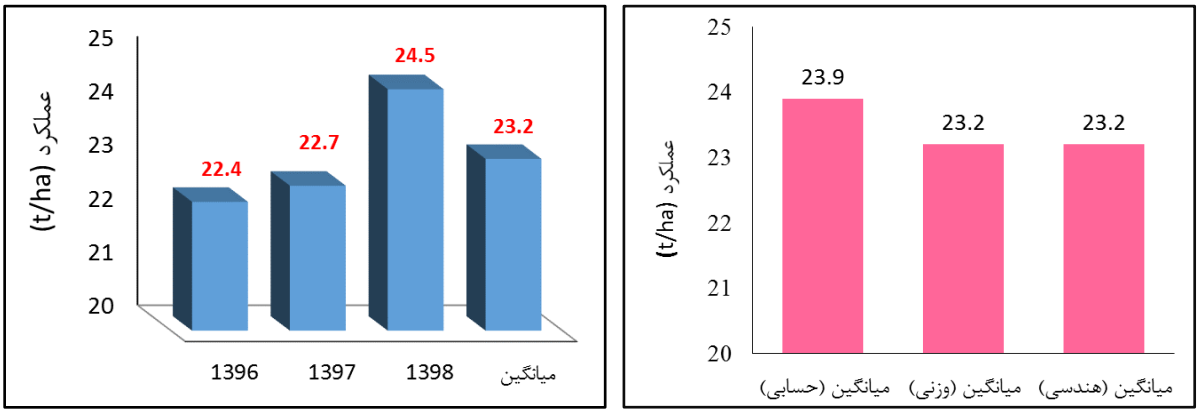
که در آن،

WP = بهره‌وری آب (کیلوگرم بر مترمکعب آب آبیاری در سراسر فصل)؛ CY = عملکرد سیب (کیلوگرم بر هکتار)؛ و CW = حجم آب آبیاری (مترمکعب بر هکتار).

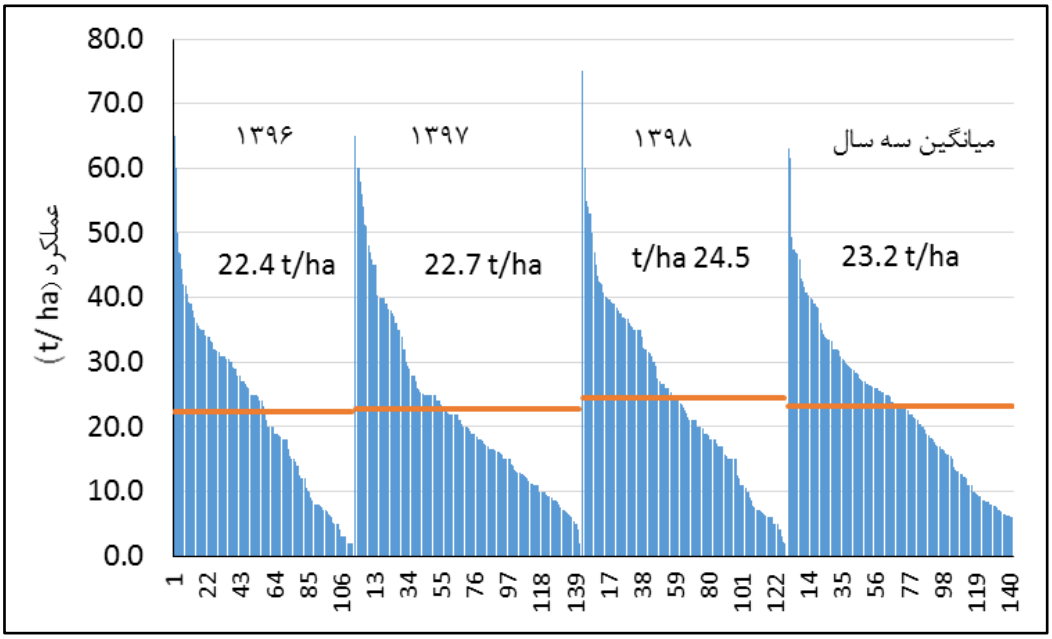
نتایج و بحث

با توجه به تغییرات سالانهٔ عملکرد باغ‌ها، عملکرد سیب در دو یا سه سال زراعی (۹۶-۱۳۹۵، ۱۳۹۶-۹۷ و ۹۸-۱۳۹۷) اندازه‌گیری شد (شکل ۲). مقادیر عملکرد تحلیل‌شده در این مقاله، میانگین دو یا سه سال است. نتایج بررسی‌ها نشان می‌دهد میانگین عملکرد در سال ۱۳۹۶ برابر ۲۲/۴ تن بر هکتار، در سال ۱۳۹۷ برابر ۲۲/۷ تن بر هکتار و در سال ۱۳۹۸ برابر ۲۴/۵ تن بر هکتار بوده‌است (شکل ۲). از دلایل زیاد بودن نسبی عملکرد در سال ۱۳۹۸ می‌توان به عوامل اقلیمی (نبود سرمازدگی و بالاتر بودن بارندگی در آن سال)، سال‌آوری و تغییرات هجوم آفات و بیماری‌ها اشاره کرد. میانگین سه‌ساله عملکرد در باغ‌های سیب در سطح کشور برابر ۲۳/۲ تن بر هکتار به دست آمد (شکل‌های ۲ و ۳). از سوی دیگر، میانگین وزنی (بر مبنای سطح زیرکشت باغ‌های سیب) و میانگین هندسی (ریشهٔ هشتم حاصل‌ضرب عملکرد در باغ‌های استان‌ها) عملکرد به ترتیب برابر ۲۳/۲ و ۲۳/۲ تن بر هکتار به دست آمد (شکل ۲).

از عوامل مؤثر بر تغییرات عملکرد سیب (شکل ۳)، علاوه بر عوامل اقلیمی، سال‌آوری و مدیریت آفات و بیماری‌ها، می‌توان به نوع سامانهٔ آبیاری (سطحی و قطره‌ای) و ارقام مختلف سیب (قرمز، زرد، ترکیبی و بومی) اشاره کرد.

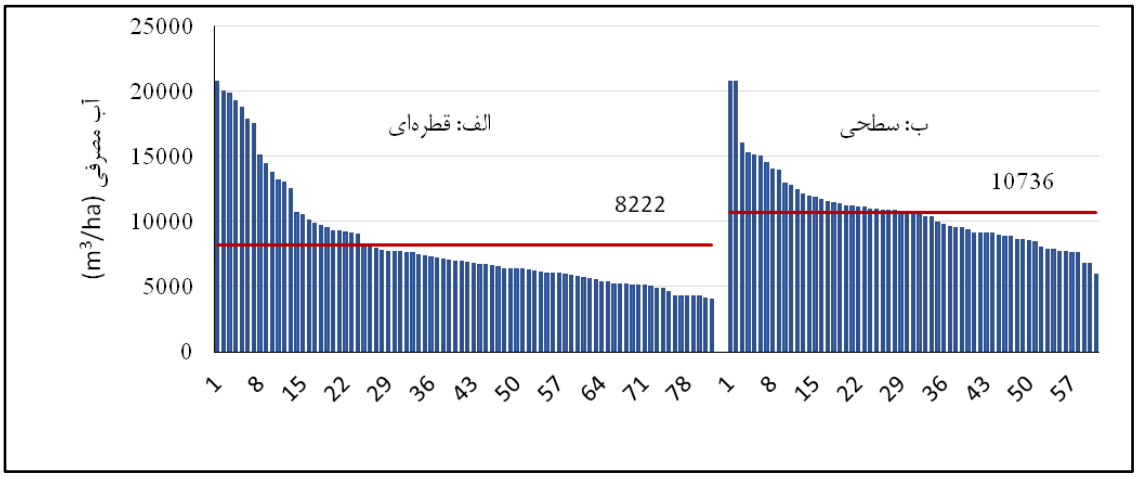


شکل ۲- مقایسهٔ میانگین عملکرد باغ‌های سیب در سه سال متوالی (۹۶-۱۳۹۵، ۹۷-۱۳۹۶ و ۹۸-۱۳۹۷).



شکل ۳- مقایسهٔ عملکرد باغ‌های سیب کشور در سه سال موردمطالعه (۹۶-۱۳۹۵، ۹۷-۱۳۹۶ و ۹۸-۱۳۹۷)

در شکل ۴، تغییرات حجم آب آبیاری در باغ‌های سیب در سامانه‌های آبیاری سطحی و قطره‌ای ارائه شده است. از مجموع ۱۴۵ باغ انتخاب شده، ۶۳ باغ تحت سامانه آبیاری سطحی و ۸۲ باغ تحت سامانه آبیاری قطره‌ای بود. میانگین حجم آب آبیاری با سامانه‌های سطحی و قطره‌ای به‌ترتیب برابر ۱۰۷۳۶ و ۸۲۲۲ مترمکعب بر هکتار به دست آمد. میانگین (حسابی) کل حجم آب آبیاری با سامانه‌های آبیاری ۹۲۹۴ مترمکعب بر هکتار بود. بنابراین در باغ‌های سیب با استفاده از سامانهٔ قطره‌ای، نسبت به سامانهٔ سطحی، به‌اندازه ۲۳/۴ درصد آب کمتر مصرف شده است.



شکل ۴- میانگین حجم آب آبیاری باغ‌های سیب در سامانه‌های آبیاری قطره‌ای (الف) و سطحی (ب)

تحلیل واریانس بهره‌وری آب در باغ‌های سیب کشور نشان می‌دهد تفاوت بهره‌وری آب در باغ‌های سیب استان‌های مختلف کشور بسیار معنی‌دار است (جدول ۱). در ادامه، تغییرات بهره‌وری آب در باغ-های هر استان به تفکیک تحلیل می‌شود. دامنهٔ تغییرات بهره‌وری آب در باغ‌های استان آذربایجان‌شرقی بین ۲/۱۸ و ۳/۷۷ کیلوگرم و میانگین آن برابر ۲/۹۱ کیلوگرم بر مترمکعب است. تحلیل واریانس بهره‌وری آب در باغ‌های سیب تحت سامانه‌های آبیاری سطحی و قطره‌ای نشان می‌دهد تفاوت معنی‌داری بین کاربرد دو سامانه آبیاری وجود ندارد (جدول ۱). میانگین بهره‌وری آب باغ‌های سیب در دو سامانه آبیاری سطحی و قطره‌ای به ترتیب برابر ۲/۸۶ و ۳/۰۱ کیلوگرم بر مترمکعب است. بنابراین باغ‌های تحت سامانه‌های آبیاری قطره‌ای به‌اندازه ۵/۲ درصد بهره‌وری آب بیشتری نسبت به باغ‌های تحت آبیاری سطحی دارند (جدول ۲).

تغییرات بهره‌وری آب در باغ‌های استان آذربایجان‌غربی از ۰/۷۷ تا ۶/۱۸ کیلوگرم بر مترمکعب است. میانگین بهره‌وری آب در باغ‌های سیب استان برابر ۳/۰۵ کیلوگرم بر مترمکعب است (جدول ۲). تحلیل واریانس بهره‌وری آب در باغ‌های سیب تحت سامانه‌های آبیاری سطحی و قطره‌ای نشان می‌دهد تفاوت بسیار معنی‌داری بین کاربرد دو سامانه آبیاری در باغ‌ها وجود دارد(جدول ۱). میانگین بهره‌وری آب سیب در دو سامانه آبیاری سطحی و قطره‌ای به‌ترتیب برابر ۲/۳۹ و ۴/۱۵ کیلوگرم بر مترمکعب است (جدول ۲). بنابراین باغ-های تحت سامانه‌های آبیاری قطره‌ای به‌اندازهٔ ۷۳/۶ درصد بهره‌وری آب بیشتری نسبت به باغ‌های تحت آبیاری سطحی دارند.

لازم است توضیح داده شود عملکرد باغ‌های سیب در دو سامانهٔ آبیاری سطحی و قطره‌ای در آذربایجان‌شرقی به ترتیب ۲۹/۲ و ۲۷/۱ تن در هکتار و در آذربایجان‌غربی به ترتیب ۲۲/۱ و ۱۹/۵ تن در هکتار و حجم آب مصرفی در دو سامانه آبیاری سطحی و قطره‌ای در آذربایجان‌شرقی به ترتیب ۱۰۳۵۷و ۹۱۶۰ مترمکعب در هکتار و در آذربایجان‌غربی به ترتیب ۹۵۴۶ و ۵۱۳۴ مترمکعب در هکتار و درنتیجه بهره‌وری آب در دو سامانهٔ آبیاری سطحی و قطره‌ای در آذربایجان‌شرقی به ترتیب ۲/۸۶ و ۳/۰۱ کیلوگرم بر مترمکعب و در آذربایجان‌غربی به ترتیب ۲/۳۹ و ۴/۱۵ کیلوگرم بر

مترمکعب است. با توجه به اینکه تفاوت عملکرد و حجم آب مصرفی در دو سامانهٔ آبیاری سطحی و قطره‌ای در آذربایجان‌شرقی غیر معنی‌دار و در آذربایجان‌غربی معنی‌دار است، بنابراین بهره‌وری آب در تولید سیب در دو سامانهٔ آبیاری در آذربایجان‌شرقی غیر معنی‌دار و در آذربایجان‌غربی معنی‌دار گردید.

هرچند حجم آب مصرفی در آبیاری قطره‌ای در باغ‌های سیب آذربایجان‌شرقی کمتر از حجم آب مصرفی در آبیاری قطره‌ای در باغ‌های تحت آبیاری سطحی است بااین‌همه، در باغ‌های تحت سامانهٔ آبیاری قطره‌ای در آذربایجان شرقی نسبت به باغ‌های تحت سامانهٔ آبیاری قطره‌ای در آذربایجان‌غربی آب زیادتری مصرف می‌شود. از دلایل احتمالی مصرف زیاد آب می‌توان توزیع غیریکنواخت فشار در لوله‌های آبیاری، آسیب دیدن لترال‌ها و نشت عمقی یا سطحی از اتصالات و ناکافی بودن دانش یا مهارت کاربران سامانه قطره‌ای را ذکر کرد(Piri, 2012).

بهره‌وری آب در باغ‌های سیب استان اردبیل از ۲/۰۲ تا ۵/۸۵ کیلوگرم بر مترمکعب متغیر است. تحلیل واریانس بهره‌وری آب در باغ‌های سیب تحت سامانه‌های آبیاری سطحی و قطره‌ای نشان می‌دهد تفاوت بسیار معنی‌داری بین کاربرد دو سامانهٔ آبیاری در باغ‌ها وجود دارد (جدول ۱). میانگین بهره‌وری آب باغ‌های سیب در دو سامانهٔ آبیاری سطحی و قطره‌ای به‌ترتیب برابر ۲/۶۴ و ۵/۸۵ کیلوگرم بر مترمکعب است (جدول ۲). بنابراین، استفاده از سامانه‌های آبیاری نوین موجب افزایش بهره‌وری آب به‌اندازه ۲/۲ برابر بهره‌وری آب از سامانه سطحی شده است. میانگین بهره‌وری آب در باغ‌های سیب استان برابر ۳/۱۸ کیلوگرم بر مترمکعب است (جدول ۲).

تغییرات بهره‌وری آب در باغ‌های استان اصفهان از ۱/۲۴ تا ۵/۸۳ کیلوگرم بر مترمکعب و میانگین بهره‌وری برابر ۲/۵۹ کیلوگرم بر مترمکعب است (جدول ۲). تحلیل واریانس بهره‌وری آب در باغ‌های سیب تحت سامانه‌های آبیاری سطحی و قطره‌ای نشان می‌دهد تفاوت معنی‌داری بین کاربرد دو سامانهٔ آبیاری در باغ‌ها وجود ندارد (جدول ۱). میانگین بهره‌وری آب در باغ‌های سیب در دو سامانهٔ آبیاری سطحی و قطره‌ای به ترتیب برابر ۲/۲۹ و ۲/۷۱ کیلوگرم بر مترمکعب است (جدول ۲). بنابراین، استفاده از سامانه‌های آبیاری نوین موجب بهبود بهره‌وری آب در باغ‌های سیب به‌اندازهٔ ۱۸/۳ درصد شده است.

بهره‌وری آب در باغ‌های سیب استان تهران از ۱/۴۹ تا ۴/۷۰ کیلوگرم بر مترمکعب متغیر است. میانگین آب آبیاری سیب در دو سامانهٔ آبیاری سطحی و قطره‌ای به ترتیب برابر ۱/۴۹ و ۳/۲۸ کیلوگرم بر مترمکعب است (جدول ۲). بنابراین، استفاده از سامانه‌های آبیاری نوین موجب بهبود بهره‌وری آب به‌اندازهٔ ۲/۲ برابر بهره‌وری آب حاصل از سامانه آبیاری سطحی گردیده است. میانگین بهره‌وری آب در باغ‌های سیب استان برابر ۳/۰۵ کیلوگرم بر مترمکعب است (جدول ۲).

تغییرات بهره‌وری آب در باغ‌های استان خراسان‌رضوی از ۰/۸۱ تا ۶/۴۹ کیلوگرم بر مترمکعب و میانگین آن برابر ۳/۳۶ کیلوگرم بر مترمکعب است (جدول ۲). تحلیل واریانس بهره‌وری آب در باغ‌های سیب تحت سامانه‌های آبیاری سطحی و قطره‌ای نشان می‌دهد به‌رغم وجود تفاوت میانگین شاخص بین دو سامانهٔ آبیاری، تفاوت

معنی‌داری بین کاربرد دو سامانهٔ آبیاری در باغ‌ها، به دلیل یکسان نبودن تعداد باغ‌های تحت آبیاری سطحی و قطره‌ای، در سطح احتمال بالاتر وجود دارد (جدول ۱). بااین‌همه، استفاده از سامانه‌های آبیاری نوین موجب بهبود بهره‌وری آب به‌اندازه ۶۲/۵ درصد شده است. میانگین بهره‌وری آب باغ‌های سیب در دو سامانهٔ آبیاری سطحی و قطره‌ای به ترتیب برابر ۲/۲۷ و ۳/۶۹ کیلوگرم بر مترمکعب است (جدول ۲).

بهره‌وری آب در باغ‌های استان فارس از ۰/۳۴ تا ۲/۳۰ کیلوگرم بر مترمکعب متغیر است. میانگین بهره‌وری آب در باغ‌های سیب استان برابر ۱/۱۲ کیلوگرم بر مترمکعب است (جدول ۲). تحلیل واریانس بهره‌وری آب در باغ‌های سیب تحت سامانه‌های آبیاری سطحی و قطره‌ای نشان می‌دهد تفاوت معنی‌داری بین کاربرد دو سامانهٔ آبیاری در باغ‌ها وجود ندارد (جدول ۲). به‌رغم نداشتنِ تفاوت معنی‌دار بین بهره‌وری آب دو سامانه، استفاده از سامانه‌های آبیاری سطحی نسبت به سامانه قطره‌ای موجب بهبود بهره‌وری آب به‌اندازه ۲۵ درصد شده است. میانگین بهره‌وری آب باغ‌های سیب تحت دو سامانهٔ آبیاری سطحی و قطره‌ای به‌ترتیب برابر ۱/۳۰ و ۱/۰۴ کیلوگرم بر مترمکعب است (جدول ۲). لازم است توضیح داده شود که عملکرد باغ‌های سیب در دو سامانهٔ آبیاری سطحی و قطره‌ای در فارس به ترتیب ۱۹/۱ و ۱۵/۹ تن در هکتار و حجم آب مصرفی در دو سامانهٔ آبیاری سطحی و قطره‌ای به ترتیب ۱۸۱۵۵و ۱۶۵۸۶ مترمکعب در هکتار و درنتیجه بهره‌وری آب در دو سامانهٔ آبیاری سطحی و قطره‌ای در فارس به ترتیب ۱/۳۰ و ۱/۰۴ کیلوگرم بر مترمکعب است. با توجه به تفاوت عملکرد به‌اندازهٔ ۲۰ درصد و تفاوت حجم آب مصرفی به‌اندازهٔ ۹ درصد در دو سامانهٔ آبیاری سطحی و قطره‌ای در این استان، بهره‌وری آب در تولید سیب در دو سامانهٔ آبیاری به‌اندازه ۲۵ درصد است. بنابراین، بیشترین سهم در تفاوت این شاخص به تفاوت عملکرد در دو سامانه مربوط می‌شود.

تحلیل واریانس بهره‌وری آب در باغ‌های کشور نشان می‌دهد تفاوت بهره‌وری آب سیب در استان‌های مختلف معنی‌دار است (جدول ۲). میانگین بهره‌وری آب سیب در استان‌های کشور در سطح احتمال ۵ درصد مقایسه گردید. بر مبنای میانگین بهره‌وری آب در این باغ‌ها می‌توان استان‌های کشور را به سه خوشهٔ اصلی تقسیم کرد. در خوشهٔ اول بهره‌وری آب سیب، استان فارس (۱/۱۲ کیلوگرم بر مترمکعب)، در خوشهٔ دوم بهره‌وری آب سیب، باغ‌های استان اصفهان (۲/۵۹ کیلوگرم بر مترمکعب) و آذربایجان‌شرقی (۲/۹۱ کیلوگرم بر مترمکعب) و در خوشه سوم بهره‌وری آب، باغ‌های استان‌های آذربایجان‌غربی (۳/۰۵ کیلوگرم بر مترمکعب)، تهران (۳/۰۵ کیلوگرم بر مترمکعب)، اردبیل (۳/۱۸ کیلوگرم بر مترمکعب)، خراسان رضوی (۳/۳۶ کیلوگرم بر مترمکعب) و سمنان (۳/۴۶ کیلوگرم بر مترمکعب) قرار دارد. بنابراین حداقل و حداکثر بهره‌وری آب سیب از باغ‌های استان‌های فارس و سمنان به دست آمد.

میانگین وزنی (مبتنی بر سطح زیرکشت) این شاخص در کشور برابر ۲/۷۳ کیلوگرم بر مترمکعب محاسبه شده است.

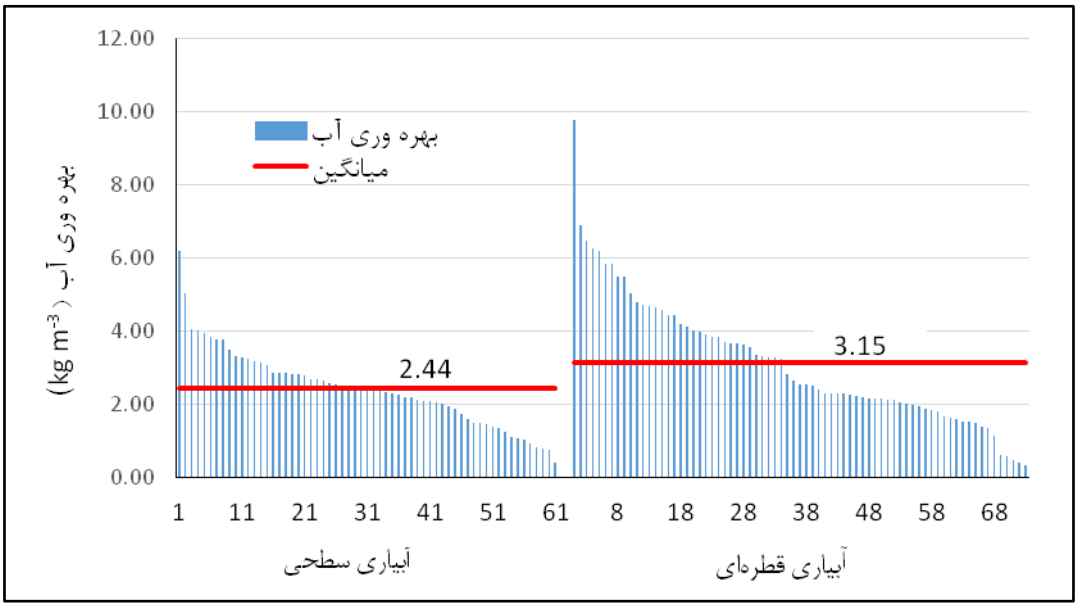
جدول ۱- تحلیل واریانس بهره‌وری آب در باغ‌های سیب در دو سطح استانی و کشوری

سطح	منبع تغییرات	مجموع مربعات	درجه آزادی	میانگین مربعات	نسبت F	مقدار P (درصد)
سطح کشور	بین استان‌ها	۴۹/۸	۷	۷/۱	۳/۴	کم‌تر از یک
	درون استان‌ها	۲۵۵/۰	۱۲۳	۲/۱		
	کل کشور	۳۰۴/۸	۱۳۰			
آذربایجان‌شرقی	بین سامانه‌های آبیاری	۰/۱۰	۱	۰/۱۰	۰/۴	۵۴
	درون سامانه‌های آبیاری	۴/۳۵	۱۸	۰/۲۴		
	همه سامانه‌ها	۴/۴۵	۱۹			
آذربایجان‌غربی	بین سامانه‌های آبیاری	۲۸/۹۳	۱	۲۸/۹۳	۹/۲	کم‌تر از یک
	درون سامانه‌های آبیاری	۱۱۹/۰۸	۳۸	۳/۱۳		
	همه سامانه‌ها	۱۴۸/۰۱	۳۹			
اردبیل	بین سامانه‌های آبیاری	۸/۵۸	۱	۸/۵۸	۴۶/۸	کم‌تر از یک
	درون سامانه‌های آبیاری	۰/۷۳	۴	۰/۱۸		
	همه سامانه‌ها	۹/۳۱	۵			
اصفهان	بین سامانه‌های آبیاری	۰/۷۹	۱	۰/۷۹	۰/۴۹	۴۹
	درون سامانه‌های آبیاری	۳۲/۱۴	۲۰	۱/۶۱		
	همه سامانه‌ها	۳۲/۹۳	۲۱			
تهران	بین سامانه‌های آبیاری	۲/۷۹	۱	۲/۷۹	۱/۹۹	۲۱
	درون سامانه‌های آبیاری	۸/۴۲	۶	۱/۴۰		
	همه سامانه‌ها	۱۱/۲۱	۷			
خراسان رضوی	بین سامانه‌های آبیاری	۴/۶۸	۱	۴/۶۸	۲/۳۴	۱۵
	درون سامانه‌های آبیاری	۲۱/۹۹	۱۱	۱/۹۹		
	همه سامانه‌ها	۲۶/۶۷	۱۲			
فارس	بین سامانه‌های آبیاری	۰/۱۹	۱	۰/۱۹	۰/۳۴	۵۷
	درون سامانه‌های آبیاری	۶/۲۵	۱۱	۰/۵۷		
	همه سامانه‌ها	۶/۴۴	۱۲			
سمنان	بین سامانه‌های آبیاری	۱/۶۸	۱	۱/۶۸	۰/۸۲	۳۹
	درون سامانه‌های آبیاری	۱۴/۳۲	۷	۲/۴۰		
	همه سامانه‌ها	۱۵/۹۹	۸			

جدول ۲- میانگین بهره‌وری آب (کیلوگرم بر مترمکعب) در تولید سیب در باغ‌های تحت آبیاری سطحی و قطره‌ای در استان‌های کشور

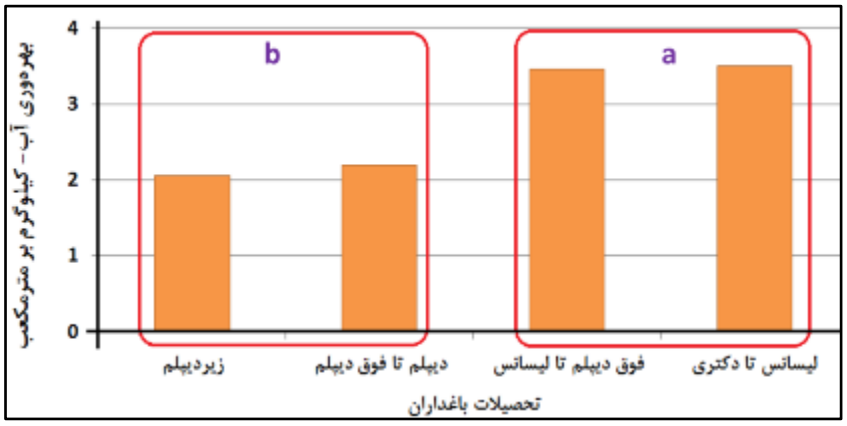
استان	آبیاری سطحی	آبیاری قطره‌ای
آذربایجان‌شرقی	۲/۸۶	۳/۰۱
آذربایجان‌غربی	۲/۳۹	۴/۱۵
اردبیل	۲/۶۴	۵/۸۵
اصفهان	۲/۲۹	۲/۷۱
تهران	۱/۴۹	۳/۸
خراسان رضوی	۲/۲۷	۳/۶۹
فارس	۱/۳۰	۱/۰۴
سمنان	۲/۸۵	۳/۷۷
سطح کشور	۲/۴۴	۳/۱۵

تغییرات بهره‌وری آب سیب با سامانه‌های آبیاری سطحی و قطره‌ای در شکل ۵ نشان داده شده است. نتایج بررسی‌ها نشان می‌دهد تأثیر سامانه‌های آبیاری بر بهره‌وری آب سیب در کشور در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار است. میانگین بهره‌وری آب حاصل از کاربرد سامانهٔ آبیاری سطحی ۲/۴۴ کیلوگرم بر مترمکعب و سامانه قطره‌ای برابر ۳/۱۵ کیلوگرم بر مترمکعب است (جدول ۲). بنابراین استفاده از سامانهٔ آبیاری قطره‌ای موجب بهبود بهره‌وری آب به‌اندازهٔ ۲۹ درصد شده است.



شکل ۵- مقایسهٔ بهره‌وری آب در باغ‌های سیب با سامانه‌های آبیاری سطحی و قطره‌ای

علاوه بر عوامل مؤثر بر عملکرد محصول و آب مصرفی در تولید سیب، یکی از مهم‌ترین این عوامل در تفاوت بهره‌وری آب در تولید این محصول، هم در سطح استان‌ها و هم در استفاده از سامانه‌های آبیاری، میزان تحصیلات باغداران است. در شکل ۶ تأثیر تحصیلات باغداران بر بهره‌وری آب سیب نشان داده شده است. نتایج بررسی‌ها نشان می‌دهد با افزایش تحصیلات باغداران، بهره‌وری آب افزایش یافته است. بهره‌وری آب در تولید سیب از رویکرد تحصیلات باغداران را می‌توان در دو خوشه اصلی قرار داد. خوشهٔ اول شامل بهره‌وری آب در باغ‌ها با مدیریت باغداران دارای تحصیلات پایین‌تر از فوق‌دیپلم با میانگین ۲/۰۶ کیلوگرم بر مترمکعب و خوشهٔ دوم شامل بهره‌وری آب در باغ‌ها با مدیریت باغداران دارای تحصیلات فوق‌دیپلم تا دکتری با میانگین ۳/۵۰ کیلوگرم بر مترمکعب است (شکل ۶).



شکل۶- تأثیر تحصیلات باغداران بر بهره‌وری آب سیب در کشور

نتیجه‌گیری

نتایج حاصل از اجرای پژوهش در باغ‌های سیب استان‌های منتخب در سطح کشور نشان می‌دهد میانگین حجم آب آبیاری و عملکرد محصول در باغ‌های سیب در کشور به ترتیب برابر ۹۸۱۴ مترمکعب بر هکتار و ۲۳/۲ تن بر هکتار است. میانگین شاخص بهره‌وری آب در باغ‌های سیب کشور برابر ۲/۷۳ کیلوگرم بر مترمکعب به دست آمد. حداقل و حداکثر شاخص بهره‌وری آب در تولید سیب از باغ‌های استان‌های فارس و سمنان به دست آمد.

استفاده از سامانه‌های آبیاری دارای بهره‌وری زیاد و با مدیریت مناسب، استفاده از سایر راهکارهای مناسب ارتقای بهره‌وری می‌تواند منجر به استفادهٔ بهینه از منابع آب، بهبود عملکرد محصول و ارتقای بهره‌وری آب در تولید محصول گردد.

تعیین بهره‌وری آب در تولید سایر محصولات باغی و زراعی و استفادهٔ بهینه از داده‌های جمع‌آوری‌شده با روش فراتحلیل را می‌توان به‌عنوان پیشنهادهای پژوهشی مطرح کرد.

مراجع

Ahmadi, K., Ebadzadeh, H.R., Hatami, F., Hosseinpour, R. & Abdshah, H. (2019). *Agricultural Statistics of the Crop in Year 2018-2019. Volume I: Crop Products.* Ministry of Jahad e Agriculture, Deputy of Planning and Economy, Information and Communication Technology Center. 166 p.

Alizadeh, A. (1997). Principles and operations of drip irrigation. Imam Reza University Publications. p450.

Ayers, R. S. & Westcot, D. W. (1985). Water Quality for Agriculture (Vol. 29). Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations.

Du, S., Kang, S., Li, F., & Du, T. (2017). Water use efficiency is improved by alternate partial root-zone irrigation of apple in arid northwest China. *Agricultural Water Management*, 179, 184-192.

El Jaouhari, N., Abouabdillah, A., Bouabid, R., Bourioug, M., Aleya, L., & Chau, M. (2018). Assessment of sustainable deficit irrigation in a Moroccan apple orchard as a climate change adaptation strategy. *Science of the total environment*, 642, 574-581.

Gholizadeh, H., Ebadzadeh, H. Ahmadi, K. Hatami, F. Hosseinpour, R., Abdshah, H.,Rezaie, M.M. & Fazli Stabragh, M. (2016). *Agricultural Statistics. Ministry of Jahad e Agriculture*, Deputy of Planning and Economy, Information and Communication Technology Center. 167 p.

Joleini, M. (2005). Application of drip irrigation in apple orchards. *Proceedings of the First National Festival on the Extension of Pressurized Irrigation Systems*. Mashhad.

Khalili, A. (2004). Development of a New Climate Zoning System from the Perspective of Environmental Termal Needs for Iran, *Journal of Geographical Research*, 75: 5-14

Leib, B. G., Casperi, H. W., Redulla, C. A., Andrews, P. K. & Jabro, J.D. (2006). Partial root zone drying and deficit irrigation of Fuji apples in a semi-arid climate. *Irrigation Science*, 24, 85-99.

Mills, T.M. & Behboudian, M.H. (1996). Preharvest and storage quality of Braeburn apple fruit grown under water deficit conditions. *New Zealand Journal of crop and horticultural science*, 24: 159-166.

Nasseri, A., Abbasi F., Sohrab, F., Abbasi, N. & Akbari, M. (2017a). Estimation of water consumption in agricultural sector. *Final report of research*. Institute of Agricultural Engineering Research Institure (AERI). 199 p

Nasseri, A., Abbasi, F. & Akbari, M. (2017b). Estimating Agricultural water consumption by analyzing water balance. *Irrigation and Drainage Structures Engineering Research*, 18(68), 17-32.

Parodi, M. & Chávarri, C. (2004). Effect of different irrigation levels on the postharvest quality and cold storage of apple cv. Delicious de Viscas. *In Proceedings of the Interamerican Society for Tropical Horticulture* (Vol. 47, pp. 181-183). Interamerican Society for Tropical Horticulture.

Piri, H. (2012). Technical evaluation of drip irrigation system-case study: Sarbaz region. *Water Engineering*. 5(12), 19-36.

Sarmad, Z., Bazargan, A. & Hejazi, A. (2018). Research Methods in Behavioral Sciences, Aghah Publishing, Tehran. 170 p

Yazdani, H. (1993). Comparison of drip and surface irrigation methods on apple trees. *Research Report of Soil and Water Research Department.* Isfahan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, No. 72.

Zhong, Y., Fei, L., Li, Y., Zeng, J., & Dai, Z. (2019). Response of fruit yield, fruit quality, and water use efficiency to water deficits for apple trees under surge-root irrigation in the Loess Plateau of China. *Agricultural Water Management*, 222, 221-230.

Irrigation and Drainage Structures Engineering Research/Vol.22/No.83/ Summer 2021/P:43-58

Determination of Apple Water Productivity with Surface and Drip Irrigation Systems in Iran

A. Nasseri*, F. Abbasi, A. Nourjou, J. Ahmad Ali, MA. Shahrokhnia, A. R. Mamanpoush, M. Keramati Toroghi, S. Sepehri Sadeghian, K. Akhavan, S. H. Mousavifazl, N. Abbasi, M. Akbari, J. Baghani, M. M. Nakhjavanimoghaddam, R. Nikanfar, A. Zolfegharan

* Corresponding Author: Associated professor, Agricultural Engineering Research Department, East Azarbaijan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Tabriz, Iran. Email: nasseri_ab@yahoo.com.
Received: 17 April 2021, Accepted: 12 July 2021

Extended Abstract

Introduction

Providing food security in scarcity conditions of water resources requires the optimal management of irrigation water. Estimation or determination of indices of water consumption management, such as water productivity in agricultural productions is one of the most important keys in macro-planning for the supply, allocation and consumption of water in different sections such as agricultural section. Therefore, conducting research at the national level that can lead to the real water productivity in the horticultural production in Iran, is essential and important. According to the production (3.4 million tons), a significant amount of surface and groundwater resources are consumed for apple production. This research was conducted with the aim of determining the amount of consumed water in apple orchards in selected provinces under the management of gardeners at the national level. Findings of this study could assist to the decision on management of water and agriculture.

Methodology

The selected provinces were East Azarbaijan, West Azarbaijan, Ardabil, Isfahan, Tehran, Khorasan Razavi, Fars and Semnan. The water productivity in 145 sites was estimated, in addition to direct measurement of water consumption and crop yield. The factors such as irrigation systems, apple cultivars, gardeners' education, soil texture; and salinity of soil and irrigation water were also measured or recorded in apple orchards. The ANOVA was used to investigate the possible difference between the volume of consumed water, yield, and water productivity in apple production.

Result and Discussion

The results showed that the difference between the volume of water consumption, crop yield and water productivity was very significant in the orchards from provinces. The volume of consumed water and crop yield in apple orchards over the country averaged 9814 m^3 ha^{-1} and 23.2 t ha^{-1}, respectively. The water index was 2.73 kg m^{-3} in apple orchards over the country. The lowest and highest water productivity were obtained from the orchards of Fars and Semnan provinces.

Conclusions

Some strategies have been proposed to optimize the consumption of water resources; and to improve apple yield and water productivity in the country's level. The results of the research in apple orchards of selected provinces in Iran revealed that average of water consumption in apple orchards were 9814 m^3 ha^{-1} with the water productivity of 2.73 kg m^{-3}. Application of high-efficiency and well-managed irrigation systems, and other appropriate improving methods of water productivity can lead to optimal use of water resources, improve yield and enhance water productivity in production.

Keywords: Irrigated orchards, Water productivity, Apple orchards, Water use efficiency.