مقاله پژوهشی نشریه پژوهش آب در کشاورزی / ب / جلد ۳۷ / شماره ۲/ ۱۴۰۲. ص۲۰۷-۲۲۱
https://doi.org/10.22092/jwra.2023.361860.984

برآورد بهره‌وری آب باغ‌های انگور در روش‌های آبیاری سطحی و قطره‌ای

حسن اوجاقلو[۱]، محمد مهدی جعفری، محمد بابا اکبری ساری، فرهاد اوجاقلو و فرهاد میثاقی

استادیار گروه علوم و مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زنجان.
ojaghlou@znu.ac.ir
دانشجوی دکتری گروه مهندسی آبیاری و آبادانی، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه تهران.
mm.jafari@ut.ac.ir
استادیار گروه علوم و مهندسی خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زنجان.
babaakbari@znu.ac.ir
کارشناس برنامه‌ریزی کشوری، سازمان برنامه و بودجه استان زنجان.
ojaghlou@gmail.com
استادیار گروه علوم و مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زنجان.
farhad_misaghi@znu.ac.ir

دریافت: فروردین ۱۴۰۲ و پذیرش: مهر ۱۴۰۲

چکیده

در این پژوهش وضعیت موجود بهره‌وری آب در شش باغ انگور با روش آبیاری سطحی و شش باغ با روش آبیاری قطره‌ای واقع در استان زنجان پیمایش شد و سپس اثر برنامه آبیاری اصلاح شده در ارتقاء بهره‌وری آب در دو باغ منتخب بررسی گردید. میانگین مقدار آب آبیاری در هر هکتار از باغ‌های انگور با روش آبیاری سطحی و قطره‌ای به ترتیب ۶۹۲۹ و ۵۴۱۸ مترمکعب بود. همچنین، میانگین شاخص‌های عملکرد، سود ناخالص و خالص به ازای واحد حجم آب در باغ‌ها با روش آبیاری سطحی به ترتیب برابر ۲/۹ کیلوگرم بر مترمکعب، ۹۱/۵ و ۵۵/۴ هزار ریال بر مترمکعب و در باغ‌ها با روش آبیاری قطره‌ای به ترتیب ۳/۶ کیلوگرم بر مترمکعب، ۱۱۲/۴ و ۵۹ هزار ریال بر مترمکعب بدست آمد. از نظر شاخص بهره‌وری آب، روش آبیاری قطره‌ای نسبت به سطحی دارای برتری نسبی بود. در بیش‌تر باغ‌های پیمایش شده، برنامه آبیاری اعمال شده متناسب با نیاز واقعی محصول نبود. نتایج اصلاح برنامه آبیاری نشان داد که می‌توان بهره‌وری آب را به میزان ۲۴/۷٪ بهبود بخشید.

واژه‌های کلیدی: تاک، برنامه آبیاری، شاخص بهره‌وری آب

---

[۱]- آدرس ایمیل نویسنده مسئول: ojaghlou@znu.ac.ir

مقدمه

بهره‌وری آب به مقدار محصولی گفته می‌شود که از هر واحد مقدار آب آبیاری بدست می‌آید (عباسی و همکاران، ۱۳۹۶). البته افزایش بازده فیزیکی بدون توجه به بازده اقتصادی که همان بهره‌وری آب در تولید اقتصادی است نتیجه مطلوب و نهایی را همراه نخواهد داشت (شایان‌فر، ۱۳۸۲). به همین دلیل اخیراً محققان در مطالعات خویش در زمینه بهره‌وری، به اجزاء شاخص بهره‌وری که شامل شاخص بهره‌وری اقتصادی و فیزیکی آب محصولات کشاورزی توجه ویژه‌ای داشته‌اند. (زمانی و همکاران، ۱۳۹۳؛ بهرامی و همکاران، ۱۳۹۷؛ امینی و همکاران، ۱۳۹۹).

انگور، مو یا تاک (Vitis vinifera L.) یک گیاه چوبی چند ساله است که برای رشد به تابستان‌های گرم و زمستان‌های سرد نیاز دارد و تنوع گونه و قابلیت خاص این گیاه امکان پرورش و تولید آن را در شش قاره جهان با شرایط اقلیمی متفاوت ممکن ساخته است (عباسی و همکاران، ۱۳۹۹). در حال حاضر در ایران از حدود ۸/۴ میلیون هکتار اراضی آبی کشور، نزدیک ۲۲۱ هزار هکتار با تولید ۲۷۷۸۴۴۴ تن و عملکردی معادل ۱۲۵۶۹ کیلوگرم بر هکتار به کشت انگور بارور آبی اختصاص دارد (عباسی و همکاران، ۱۳۹۹). استان زنجان، نهمین استان دارای بیش-ترین سطح زیر کشت انگور آبی و پنجمین استان تولیدکننده انگور است که در تمامی شهرستان‌های آن انگور کاری رونق دارد و شهرستان‌های ابهر، خرمدره، خدابنده و زنجان از تولیدکنندگان اصلی انگور در این استان محسوب می-شوند. تولید انگور در استان زنجان اهمیت بالا برای توسعه انگور کاری در این استان را نشان می‌دهد (نجفلو و همکاران، ۱۳۹۶). درختان مو نسبت به سایر گیاهان، به کمبود آب مقاومت بیش‌تری نشان می‌دهند. با این وجود، با توجه به محدودیت کمی و کیفی آب در بسیاری از نقاط کشور ضروری است نیاز آبی و مقدار مصرف واقعی آب در باغ‌های انگور مورد پیمایش و ارزیابی قرار گیرد.

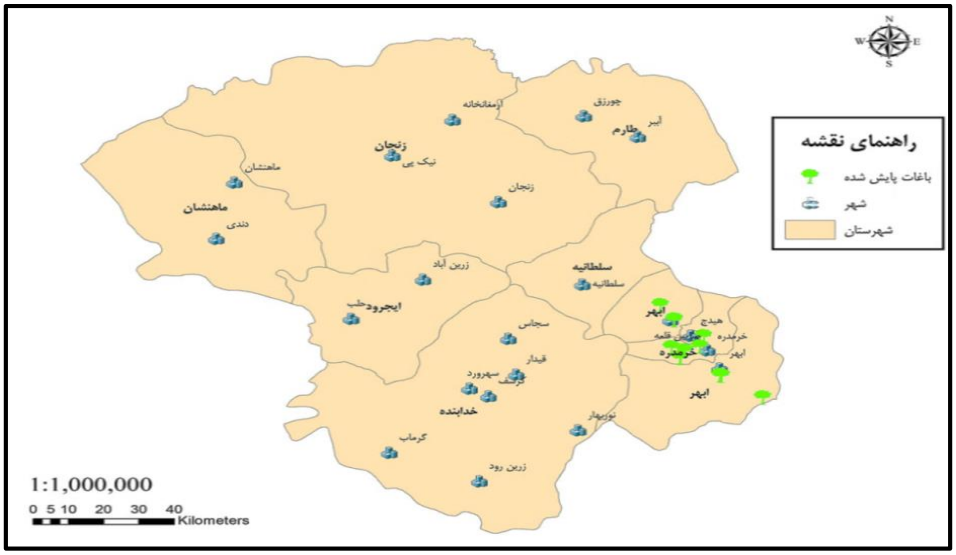
آراجو و همکاران (۱۹۹۵) در زمینه مقایسه تأثیر دو روش آبیاری شیاری و قطره‌ای بر راندمان مصرف آب انگور در کالیفرنیا بیان کردند که مقدار مصرف آب برای هر درخت در روش قطره‌ای معادل ۳۹۰۵ لیتر و در آبیاری جویچه‌ای برابر با ۴۶۲۲ لیتر بود و مقادیر کارایی مصرف آب در هر دو روش یکسان شد. جلینی (۱۳۸۵) در بررسی تأثیر سطوح آبیاری و روش آبیاری قطره‌ای بر عملکرد و کارآیی مصرف آب انگور نشان داد که بین روش‌های آبیاری اختلاف معنی‌داری وجود ندارد، اما مقادیر آبیاری تأثیر معنی‌دار بر عملکرد محصول دارد بطوریکه اعمال ۲۵ و ۵۰ درصد کم‌آبیاری به ترتیب موجب کاهش ۱۳ و ۴۳ درصدی عملکرد شد و کارایی مصرف آب در سطوح ۷۵ و ۵۰ درصد نسبت به سطح ۱۰۰ درصد به ترتیب حدود ۱۷ و ۹ درصد بیش‌تر شد. دو و همکاران (۲۰۰۸) نشان دادند که با اعمال کم‌آبیاری در روش آبیاری قطره‌ای، کارایی مصرف آب بطور متوسط ۳۶/۵ درصد بهبود یافت. گارسیا و همکاران (۲۰۱۲) و رومر و مارتینزکراتیلاس (۲۰۱۲) در منطقه‌ای نیمه گرم از جنوب شرقی اسپانیا با بررسی اثر مقادیر و زمان‌های مختلف آبیاری بر بازده اقتصادی انگور نشان دادند که تیمار آبیاری ۶۰ درصد نیاز آبی، بهترین تیمار از لحاظ عملکرد بوده و تنش شدید آبی از نظر کمی اقتصادی نبوده ولی کیفیت محصول را به اندازه‌ی ۱۲ درصد افزایش داد که با تیمار ۶۰ درصد برابر شد. نیکان‌فر و رضایی (۱۳۹۴) در واکنش تغییر روش آبیاری در باغ‌های انگور کشت شده بصورت جویچه‌ای را به روش آبیاری قطره‌ای و بابلر در شهرستان میاندوآب نشان دادند که بیش-ترین کارایی مصرف آب برابر ۲/۲۱ کیلوگرم بر مترمکعب آب مربوط به روش آبیاری قطره‌ای بود و کارایی مصرف آب در آبیاری بابلر ۲/۱۶ و در آبیاری سطحی حدود ۱/۴۸ کیلوگرم بر مترمکعب برآورد شد. شاهرخ‌نیا و کرمی (۱۳۹۶) با بررسی تیمارهای ۶۰، ۸۰، ۱۰۰ و ۱۲۰ درصد نیاز آبی بر عملکرد کمی و کیفی انگور، نشان دادند که عملکرد کمی و کیفی انگور تحت تأثیر تیمارها نبوده ولی تیمار ۶۰ درصد نیاز آبی، حدوداً نقطه آغاز تنش آبی در

گیاه است؛ بنابراین بهترین میزان آب آبیاری، معادل ۶۰ درصد نیاز آبی برآورد شده از روش پنمن مانتیث با حدود ۵۸۰۰ مترمکعب در هکتار است. مدرانو و همکاران (۲۰۱۵) نیاز آبی انگور در مناطق مختلف جهان را ۳۰۰ تا ۷۰۰ میلی-متر و بهره‌وری آب را ۱ تا ۱۹ کیلوگرم به ازای هر مترمکعب آب گزارش کردند و نتایج نشان داد که شیوه‌های مختلف کم‌آبیاری بدون کاهش عملکرد، موجب افزایش کیفیت میوه می‌شود. کنسلا و همکاران (۲۰۱۶) بهره‌وری آب انگور در سه تیمار دیم، آبیاری قطره‌ای سطحی و زیرسطحی در اسپانیا را مورد ارزیابی قرار دادند. نتایج نشان داد که بهره‌وری آب در تیمار دیم ۴/۱۵ کیلوگرم بر مترمکعب، در تیمارهای آبیاری قطره‌ای سطحی و زیرسطحی به ترتیب برابر ۳/۵۶ و ۳/۶۱ کیلوگرم بر مترمکعب است. شرن و همکاران (۲۰۱۷) در کشور مصر به بررسی اثر روش‌های مختلف آبیاری سطحی و زیرسطحی و مقادیر مختلف آب آبیاری بر اساس ۶۰، ۸۰ و ۱۰۰ درصد نیاز خالص آبی بر عملکرد انگور نشان دادند که آبیاری زیرسطحی با ۸۰ درصد نیاز خالص آبی دارای بالاترین مقدار بهره‌وری آب است. اثر تغییر روش آبیاری از جوی پشته به قطره‌ای بر روی تاک‌های ۱۴ ساله در باغ-های همدان که بصورت جوی پشته احداث شده بودند، نتایج نشان داد که عملکرد و بهره‌وری آب در آبیاری قطره-ای سطحی در مقایسه با باغ شاهد با مدیریت کشاورز تحت روش آبیاری جویچه‌ای بیش‌تر شد (قاصدی یولقونلو و همکاران، ۱۳۹۹). میزان آب مصرفی در تولید انگور در باغ-هایی در غرب آرژانتین نشان داد که مقدار آب مصرف‌شده برای آبیاری انگور به روش سنتی بطور میانگین ۱۷/۳ درصد بیش‌تر از روش آبیاری قطره‌ای بوده است (سیویت و همکاران، ۲۰۱۸). یان و همکاران (۲۰۲۰) مقدار بهره‌وری آب آبیاری در تولید انگور در منطقه تورپان چین را برای یک دوره زمانی ۱۵ ساله، ۳/۲۴ کیلوگرم به ازای هر مترمکعب آب گزارش شد. بهره‌وری آب انگور در یک باغ ۱۰ ساله، در روش آبیاری قطره‌ای سطحی و زیرسطحی به ترتیب برابر ۳/۷ و ۴/۱ کیلوگرم بر مترمکعب گزارش شد (شیائوچی و همکاران، ۲۰۲۰). اندازه‌گیری میدانی آب کاربردی و ارزیابی بهره‌وری آب نشان داد که میانگین وزنی مقدار آب کاربردی ۶۶۶۹ مترمکعب بر هکتار و بهره‌وری آب، ۲/۶۳ کیلوگرم بر مترمکعب بود و مقدار بهره‌وری آب در روش‌های کشت خزنده و داربستی به ترتیب ۳/۴۶ و ۴/۷۶ کیلوگرم بر مترمکعب گزارش شد (عباسی و همکاران، ۱۳۹۹). با توجه به اینکه باغ‌های انگور در استان زنجان از نظر سطح کشت و میزان تولید دارای اهمیت زیادی می‌باشند و اطلاعات میدانی بهنگام و کافی از وضعیت بهره‌وری آب در این باغ‌های وجود نداشت. لذا در مطالعه حاضر، ابتدا وضعیت موجود مدیریت آبیاری، عملکرد روش‌های آبیاری و شاخص بهره‌وری آب پیمایش شد. سپس در سال دوم تحقیق، راه کار اصلاح برنامه آبیاری متناسب با نیاز واقعی و شرایط مدیریتی باغ به‌منظور کنترل مصرف آب و بهبود بهره‌وری مورد ارزیابی قرار گرفت.

مواد و روش‌ها

مشخصات باغ‌های آزمایشی

به‌منظور انجام مطالعه در سال اول تحقیق تعداد ۱۲ باغ انگور که تعداد شش باغ با روش آبیاری سطحی به مساحت ۳/۶ هکتار و شش باغ نیز به روش آبیاری قطره‌ای با مساحت ۸/۶۶ هکتار، آبیاری می‌شدند، انتخاب شدند. فواصل بین درختان انگور و ردیف‌ها به ترتیب ۲/۵ و ۳ متر بود. در باغ‌های با روش قطره‌ای، برای هر درخت دو عدد قطره‌چکان با دبی‌های چهار یا هشت لیتر بر ساعت در نظر گرفته شده بود. در باغ‌های با روش سطحی نیز طول کرت‌ها بین ۴۰ تا ۶۰ متر، عرض کرت‌ها نیز معادل فواصل ردیف درختان و حدود سه متر بود. کرت‌ها به‌صورت انتها بسته بودند و مقدار جریان ورودی به هر کرت نیز برابر با دبی ورودی به باغ بود. منبع تأمین آب در باغ‌های، آب زیرزمینی و استحصال از طریق چاه‌های عمیق بود. کیفیت آب در منطقه مناسب ارزیابی شد و محدودیت جدی از نظر شوری و سایر عوامل کیفی آب وجود نداشت.



شکل ۱- موقعیت جغرافیایی باغ‌های انگور پیمایش شده

در سال دوم، به‌منظور ارزیابی اثر برنامه آبیاری اصلاح‌شده بر مقدار آب آبیاری و شاخص بهره‌وری آب، تعداد دو باغ (یک باغ با روش آبیاری سطحی و دیگری با روش قطره‌ای) انتخاب و راه کار اشاره شده اجرا شد. در این مرحله هر باغ به دو قسمت تقسیم شد. بخشی از باغ در شرایط واقعی (مدیریت کشاورز) و بخش دوم نیز در شرایط آزمایشی (اعمال برنامه آبیاری اصلاح‌شده) قرار گرفت. در قطعات آزمایشی برنامه آبیاری بهینه با قابلیت اجرایی برای کشاورز پیاده‌سازی شد. مشخصات باغ‌های آزمایشی انتخاب‌شده برای فازهای اول و دوم تحقیق به ترتیب در جداول (۱) و (۲) ارائه شد. هم‌چنین جدول (۳) نیز مشخصات مربوط به برنامه آبیاری اجراشده در باغ‌های آزمایشی (فاز دوم اجرای طرح) را نشان می‌دهد. در ماه‌های مختلف سال برنامه‌ریزی آبیاری در باغ‌های متفاوت بود. در اوایل پاییز معمولاً یک یا دو نوبت آبیاری انجام می‌گیرد. از اواسط اردیبهشت تا انتهای شهریور هم آبیاری باغ‌های ادامه پیدا می‌کند. برنامه آبیاری و عمدتاً فاصله آبیاری‌ها در باغ-های متغیر است. مدیریت آبیاری در قطعات آزمایشی از طریق اصلاح مدت زمان آبیاری انجام گرفت. البته در قطعه آزمایشی باغ ۲۰۱ علاوه بر اصلاح مدت زمان آبیاری، از تعداد نوبت آبیاری با اعمال کم‌آبیاری در اواخر تابستان نیز کاسته شد.

بهره‌وری آب

به‌منظور تحلیل شاخص بهره‌وری آب، مقدار آب آبیاری، راندمان کاربرد آب آبیاری، بهره‌وری فیزیکی و اقتصادی آب در باغ‌های انگور محاسبه شد.

مقدار آب آبیاری

برای برآورد مقدار آب آبیاری در طول فصل آبیاری، میزان دبی ورودی به باغ و هم‌چنین برنامه آبیاری حداقل در سه نوبت اندازه‌گیری و تعیین شد. در هر نوبت آبیاری، مقدار دبی ورودی به باغ بستگی به نوع منبع، روش انتقال و توزیع آب از طریق روش‌هایی هم چون دستگاه مولینه، خطکش جت آب، روش حجمی، دبی‌سنج اولتراسونیک و فلوم WSC اندازه‌گیری شد.

راندمان کاربرد آب (E_a)

راندمان کاربرد آب آبیاری (E_a) در سه نوبت برآورد شد. در باغ‌های مورد مطالعه با توجه به بسته بودن انتهای کرت‌ها تلفات آب از نوع رواناب وجود نداشت و صرفاً به‌صورت نفوذ عمقی بود؛ بنابراین برآورد راندمان کاربرد آب از طریق محاسبات بیلان رطوبتی خاک قبل و بعد آبیاری انجام گرفت. برای این منظور در هر نوبت رطوبت خاک قبل از آبیاری اندازه‌گیری شد. از سوی دیگر

پایش رطوبت خاک بعد از آبیاری نیز نشان داد، معمولاً رطوبت به حد ظرفیت زراعی می‌رسید. مقدار عمق آب آبیاری نیز از نسبت مقدار آب ورودی به باغ بر مساحت باغ محاسبه شده است. در نهایت راندمان کاربرد آب آبیاری از طریق رابطه (۱) محاسبه شد:

$$E_a = \frac{\rho_b(\theta_{(FC)}-\theta_{(i)})\times D_{rz}}{D_{app}} \quad (۱)$$

در رابطه (۱) E_a راندمان کاربرد آب آبیاری (٪)، ρ_b جرم مخصوص ظاهری خاک ($gr\ cm^{-3}$)، $\theta_{(FC)}$ درصد رطوبت وزنی در نقطه ظرفیت زراعی، $\theta_{(i)}$ درصد رطوبت وزنی پیش از آبیاری نوبت iام، D_{rz} عمق توسعه ریشه انگور (mm) و D_{app} عمق آب آبیاری (mm) است.

جدول ۱- مشخصات باغ‌های انگور- مرحله اول

کد مزرعه	شهرستان	روستا	موقعیت	مساحت (ha)	دبی ورودی ($L.\ S^{-1}$)	روش آبیاری	بافت خاک
۱۰۱	ابهر	صائین قلعه	(۳۲۷۹۹۲, ۴۰۲۰۳۰۰)	۰/۴	۳۰	سطحی	رس شنی
۱۰۲	ابهر	صائین قلعه	(۳۲۸۱۰۷, ۴۰۲۰۵۷۰)	۰/۶۵	۳۷/۷	سطحی	لوم رسی
۱۰۳	ابهر	حومه	(۳۴۱۴۸۶, ۳۹۹۹۶۵۰)	۱/۰۸	۳۰/۵	سطحی	رس شنی
۱۰۴	ابهر	کوه زین	(۳۲۴۰۷۶, ۴۰۲۵۸۸۰)	۰/۵۵	۲۷/۶	سطحی	رس شنی
۱۰۵	خرمدره	رحمت‌آباد	(۳۲۹۶۹۶, ۴۰۰۶۳۶۰)	۰/۴	۱۴/۹	سطحی	لوم رسی شنی
۱۰۶	خرمدره	رحمت‌آباد	(۳۲۹۷۸۷, ۴۰۰۶۱۹۰)	۰/۵۱	۱۶/۹	سطحی	لوم رسی شنی
۱۰۷	ابهر	حومه	(۳۴۰۹۳۲, ۳۹۹۹۸۱۰)	۰/۸	۲۸/۹	قطره‌ای	رس سیلتی
۱۰۸	ابهر	نورین	(۳۵۳۱۱۵, ۳۹۹۱۴۳۰)	۲/۳۳	۲۵/۸	قطره‌ای	لوم رسی شنی
۱۰۹	خرمدره	حومه	(۳۳۵۲۵۲, ۴۰۱۰۴۷۰)	۰/۶۷	۱۸/۳	قطره‌ای	رس شنی
۱۱۰	خرمدره	سوکهریز	(۳۲۷۲۴۴, ۴۰۱۰۱۵۰)	۱/۸۶	۱/۳	قطره‌ای	رس شنی
۱۱۱	خرمدره	سوکهریز	(۳۳۱۰۸۲, ۴۰۰۸۹۴۰)	۰/۲	۱۲	قطره‌ای	لوم رسی سیلتی
۱۱۲	خرمدره	قلعه حسینیه	(۳۳۶۳۹۶, ۴۰۱۴۲۷۰)	۰/۹۳	۱/۸	قطره‌ای	رس شنی

جدول ۲- برخی مشخصات مهم باغ‌های انگور - مرحله دوم

کد باغ	شهرستان	روستا	موقعیت	مساحت (ha)	دبی ورودی ($L.\ S^{-1}$)	روش آبیاری	بافت خاک
۲۰۱	ابهر	نورین	(۳۴۱۴۸۶, ۳۹۹۹۶۵۰)	۱/۰۸	۳۲	سطحی	رس شنی
۲۰۲	خرمدره	محدوده خرمدره	(۳۳۵۲۵۹, ۴۰۱۰۴۷۰)	۰/۶۷	۹/۸	قطره‌ای	رس شنی

جدول ۳- مشخصات برنامه آبیاری باغ‌های آزمایشی- مرحله دوم

کد باغ	نوع باغ	زمان	دبی ورودی ($L.\ S^{-1}$)	فاصله آبیاری (day)	تعداد نوبت آبیاری	زمان آبیاری (hr)	عمق آبیاری (mm)
۲۰۱	شرایط واقعی	اواسط مهر	۳۲	-*	۱	۶/۵	۶۹/۳
		اواسط اردیبهشت تا انتهای شهریور	۳۲	۱۶	۹	۶/۵	۶۹/۳
	شرایط آزمایشی	اواسط مهر	۳۲	-	۱	۵/۵	۵۸/۷
		اواسط اردیبهشت تا انتهای خرداد	۳۲	۳۰	۲	۵/۵	۵۸/۷
		اوایل تیر تا انتهای شهریور	۳۲	۱۶	۵	۶/۵	۶۹/۳
۲۰۲	شرایط واقعی	اوایل مهر	۳/۶	-	۱	۴	۷/۷
		اوایل آبان	۲۸/۴	-	۱	۴/۵	۶۸/۷
		اواسط اردیبهشت تا اواخر خرداد	۳/۶	۳	۹	۴	۷/۷
		اوایل تیر تا اواسط شهریور	۳/۶	۳	۲۴	۴	۷/۷
	شرایط آزمایشی	اوایل مهر	۳/۶	-	۱	۴	۷/۷
		اوایل آبان	۳/۶	-	۱	۴	۷/۷
		اواسط اردیبهشت تا اواخر خرداد	۳/۶	۳	۹	۴	۷/۷
		اوایل تیر تا اواسط شهریور	۳/۶	۳	۲۴	۴	۷/۷

* در بازه‌های زمانی که فقط یک آبیاری انجام شده است دور آبیاری بدون عدد است

بهره‌وری فیزیکی آب (CPD[1])

آب مورد نیاز باغ‌های از دو طریق بارندگی و آبیاری تأمین شده است. لذا شاخص بهره‌وری فیزیکی آب با اعمال اثر بارندگی در فرآیند تأمین آب موردنیاز گیاه، از رابطه (۲) تعیین گردید:

$$CPD(Ir+P)=\frac{Tp}{Tw(Ir+P)} \quad (۲)$$

در رابطه (۲)، CPD(Ir+P) شاخص بهره‌وری فیزیکی آب ($Kg\ m^{-3}$)، Tp مقدار عملکرد تولیدی محصول($Kg\ ha^{-1}$)، P مقدار بارشی که در طول فصل آبیاری صرف تأمین آب مورد نیاز گیاه شده است (m^3) و Tw(Ir+P) مقدار آب کاربردی ($m^3\ ha^{-1}$) است.

بهره‌وری اقتصادی آب (BPD[2] و NBPD[3])

نسبت سود ناخالص بدست آمده به‌ازای هر واحد مقدار آب به کار برده شده (BPD) بر حسب میلیون ریال بر مترمکعب، از طریق رابطه (۳) محاسبه شده است:

$$BPD=\frac{TR}{Tw(Ir+P)} \quad (۳)$$

در رابطه فوق، TR مجموع درآمد کسب شده از محصول به‌ازای هر واحد آب آبیاری (Milion Rial) و Tw(Ir+P) مقدار آب کاربردی ($m^3\ ha^{-1}$) برای تولید محصول است. شاخص سود خالص حاصل به ازای هر واحد مقدار آب به کار برده شده (NBPD) بر حسب میلیون ریال بر مترمکعب، از طریق رابطه (۴) محاسبه گردید:

$$NBPD=\frac{NB}{Tw(Ir+P)} \quad (۴)$$

در رابطه (۴)، NB سود خالص حاصل از فروش محصول (Milion Rial) و Tw(Ir+P) مقدار آب کاربردی ($m^3\ ha^{-1}$) برای تولید محصول است. هزینه‌های تولید محصول از قبیل هزینه‌های کاشت (آماده‌سازی زمین، تهیه بذر، کشت بذر، کود حیوانی و...)، هزینه‌های داشت (تهیه کود و سم، کارگری، آب‌بها، هزینه حامل‌های انرژی و...)، هزینه‌های برداشت (کارگری، ماشین‌آلات و حمل‌ونقل)، هزینه اجاره زمین و تعمیر و نگهداری سامانه آبیاری به‌صورت مستقل برای هر باغ تعیین شد. لازم به ذکر است در پژوهش حاضر، قیمت فروش محصول انگور در سال-های ۱۳۹۸ و ۱۳۹۹ ملاک محاسبات شاخص‌های بهره‌وری اقتصادی قرار گرفته است.

نتایج و بحث

اجزای بهره‌وری

مقادیر شاخص بهره‌وری آب، مقدار آب آبیاری، راندمان کاربرد، عملکرد محصول، هزینه‌های تولید، سود ناخالص و خالص برای ۱۲ باغ پیمایش شده در فاز اول تحقیق (وضع موجود) در جدول (۴) ارائه شد. مقدار آب آبیاری در هر هکتار باغ انگور از ۱۹۸۴ تا ۱۲۲۵۹ مترمکعب در هکتار متغیر شد. میانگین مقدار آب آبیاری در هر هکتار از باغ‌های انگور حدود ۶۱۷۴ مترمکعب محاسبه شد. مقایسه مقدار آب آبیاری در دو نوع روش آبیاری نشان می‌دهد که میانگین مقدار آب آبیاری هر هکتار باغ انگور در باغ‌های با روش آبیاری قطره‌ای و سطحی به ترتیب ۵۴۱۸ و ۶۹۲۹ مترمکعب است. با در نظر گرفتن نیاز خالص انگور در منطقه مورد مطالعه (بر اساس سامانه نیاز آبی ابلاغ شده توسط وزارت جهاد کشاورزی) برابر با ۴۲۱۶ مترمکعب، مقدار حجم آب ناخالص مورد نیاز از طریق اعمال راندمان کاربرد آب محاسبه و با مقدار آب کاربردی قابل مقایسه خواهد بود. میانگین حجم آب ناخالص مورد نیاز در هر هکتار ۵۸۹۴ مترمکعب محاسبه شد. مقدار این شاخص در باغ‌های با روش قطره‌ای و سطحی به ترتیب ۵۰۴۵ و ۶۷۴۳ مترمکعب در هکتار بدست آمد. مطابق نتایج ارائه شده در جدول ۴، در برخی باغ‌های حجم آب آبیاری نزدیک به حجم آب مورد نیاز بوده و در برخی نیز مدیریت کم یا بیش آبیاری وجود دارد.

به‌طور میانگین، تغییر روش آبیاری از سنتی به نوین منجر به کاهش حدود ۲۸ درصدی مقدار آب آبیاری شده است. با این وجود در برخی باغ‌های آبیاری بی‌رویه مشاهده شد. حداکثر مقدار آب آبیاری حدود شش برابر

[1] - Crop per Drop
[2] - Benefit per Drop
[3] - Net Benefit per Drop

بیش از حداقل مقدار آب آبیاری برآورد شد که قابل تأمل بود. مقدار آب آبیاری وابسته به حقابه در دسترس و به‌تبع آن مدیریت باغدار و همچنین عملکرد نوع روش آبیاری است. مقادیر به‌دست‌آمده نشان‌دهنده اثر عوامل اشاره‌شده بر میزان مقدار آب آبیاری در باغ‌های مختلف انگور بود. میانگین راندمان کاربرد آب در باغ‌های مجهز به روش آبیاری قطره‌ای برابر با ۸۵/۸ درصد برآورد شد که نسبت به میانگین راندمان کاربرد در روش‌های آبیاری سطحی (۶۲/۹ درصد) حدود ۲۷ درصد بیش‌تر است. در برخی باغ‌های مجهز به روش آبیاری قطره‌ای، مقادیر راندمان کاربرد آب بالای ۹۰ درصد نیز به دست آمد. با توجه به اینکه کفایت آبیاری در این سه باغ پایین است (مقادیر مقدار آب آبیاری و مقایسه آن با نیاز آبی)، لذا راندمان‌های کاربرد آب بالا در این سه باغ دور از انتظار نخواهد بود. لازم به ذکر است راندمان کاربرد آب گزارش‌شده، میانگین مقادیر اندازه‌گیری شده در طول فصل آبیاری است. از مهم‌ترین انگیزه‌ها و اهداف تجهیز باغ‌های به روش‌های آبیاری قطره‌ای، کاربرد دبی‌های آب کم، کاهش هزینه‌های کارگری و در نهایت افزایش راندمان آبیاری است. مطابق جدول (۴)، میانگین عملکرد در باغ‌های با روش آبیاری سطحی برابر ۱۸/۲ و در باغ‌های تجهیز شده به روش آبیاری قطره‌ای معادل ۱۵/۸ تن در هکتار برآورد شد. البته لازم به ذکر است عملکرد محصول وابسته به پارامترهای زیاد و پیچیده به زراعی بوده و نمی‌توان اختلاف به وجود آمده را صرفاً مربوط به نوع روش آبیاری دانست. با بررسی رابطه میان مقدار آب آبیاری و میزان عملکرد محصول مشخص شد که محدوده بهینه آب آبیاری که منجر به عملکرد قابل قبول شده است، در باغ‌های با روش آبیاری قطره‌ای ۴۰۰۰ تا ۴۵۰۰ و در باغ‌های با روش آبیاری سطحی ۶۰۰۰ تا ۷۰۰۰ متر مکعب در هکتار است. حداقل و حداکثر مقدار سود خالص به ترتیب ۸۵ و ۷۱۲ میلیون ریال بر هکتار و میانگین این شاخص نیز ۳۳۷ میلیون ریال بر هکتار محاسبه شد. در جدول (۵) اجزای بهره‌وری محاسبه‌شده در فاز دوم طرح برای دو باغ آزمایشی ارائه شده است. مقدار آب آبیاری در دو باغ انگور با توجه به نوع روش آبیاری موجود، متفاوت است.

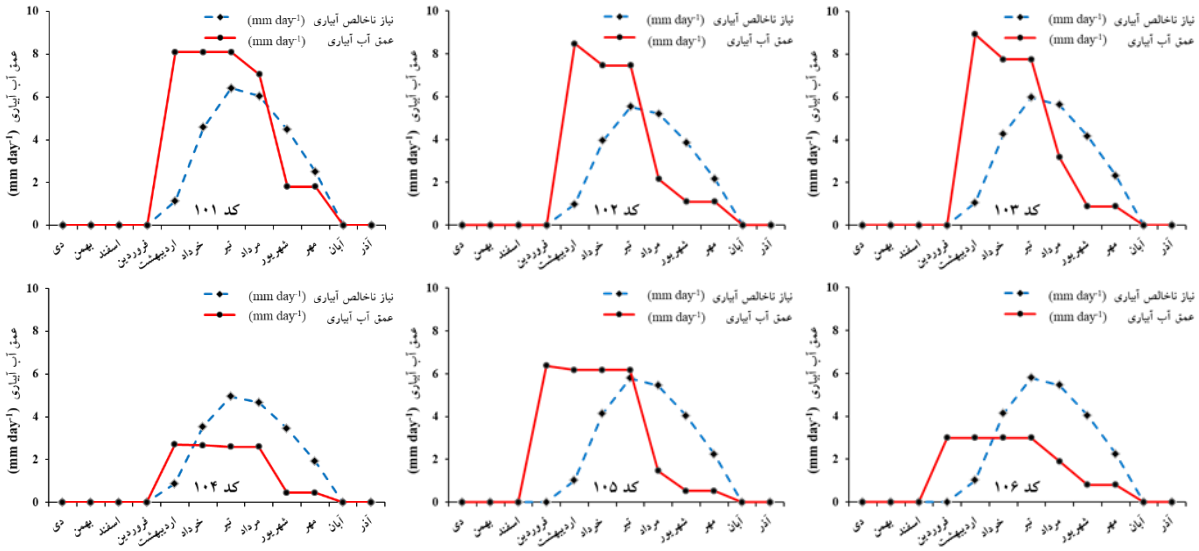
جدول ۴- مقدار آب آبیاری، عملکرد، هزینه‌ها، سود ناخالص و سود خالص در باغ‌های پیمایش شده

روش آبیاری	کد باغ	آب آبیاری ($m^3\ ha^{-1}$)	راندمان کاربرد (٪)	آب ناخالص مورد نیاز ($m^3\ ha^{-1}$)	عملکرد ($ton\ ha^{-1}$)	هزینه‌ها ($million\ Rials\ ha^{-1}$)	سود ناخالص ($million\ Rials\ ha^{-1}$)	سود خالص ($million\ Rials\ ha^{-1}$)
سطحی	۱۰۱	۸۹۶۲	۵۶	۷۵۲۹	۱۵/۱	۱۹۲	۳۷۷	۱۸۵
	۱۰۲	۸۴۵۷	۶۵	۶۴۸۶	۲۷/۱	۳۰۷	۷۹۰	۴۸۳
	۱۰۳	۷۵۶۴	۶۰	۷۰۲۷	۱۳/۴	۲۰۴	۴۷۹	۲۷۶
	۱۰۴	۳۴۸۶	۷۲/۵	۵۸۱۵	۱۶/۳	۱۷۱	۴۴۷	۲۷۶
	۱۰۵	۸۳۱۸	۶۲	۶۸۰۰	۲۲/۳	۲۷۸	۹۹۰	۷۱۲
	۱۰۶	۴۷۸۹	۶۲	۶۸۰۰	۱۵/۱	۲۳۷	۴۹۴	۲۵۷
قطره‌ای	۱۰۷	۴۵۲۱	۹۲	۴۵۸۳	۱۶/۵	۲۵۹	۵۱۹	۲۶۰
	۱۰۸	۱۲۲۵۹	۵۹/۷	۷۰۶۲	۱۷/۲	۳۱۹	۹۲۷	۶۰۸
	۱۰۹	۳۷۵۶	۹۵	۴۴۳۸	۱۶/۵	۲۳۲	۵۳۱	۲۹۹
	۱۱۰	۵۵۹۶	۸۵	۴۹۶۰	۱۶	۲۱۳	۵۰۳	۲۸۹
	۱۱۱	۱۹۸۴	۹۵	۴۴۳۸	۹/۹	۱۶۲	۲۴۸	۸۵
	۱۱۲	۴۳۹۱	۸۸	۴۷۹۱	۱۸/۸	۲۴۳	۵۶۲	۳۱۹

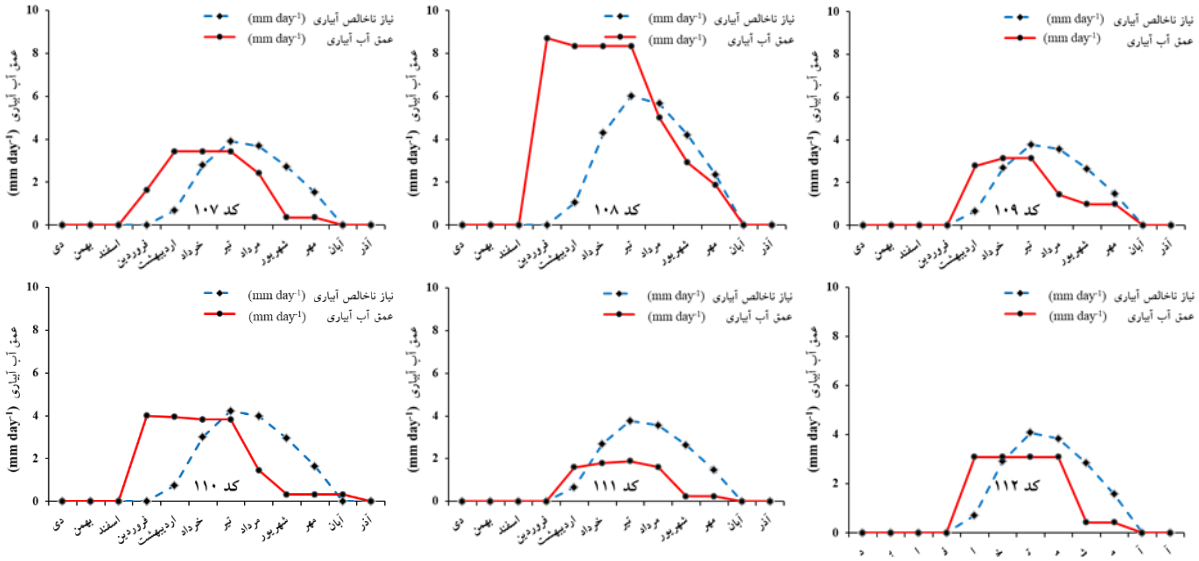
جدول ۵- آب آبیاری، عملکرد، هزینه‌ها، سود ناخالص و سود خالص در شرایط واقعی و آزمایشی

روش آبیاری	کد باغ		آب آبیاری ($m^3\ ha^{-1}$)	راندمان کاربرد (٪)	آب ناخالص مورد نیاز ($m^3\ ha^{-1}$)	عملکرد ($ton\ ha^{-1}$)	هزینه‌ها ($million\ Rials\ ha^{-1}$)	سود ناخالص ($million\ Rials\ ha^{-1}$)	سود خالص ($million\ Rials\ ha^{-1}$)
سطحی	۲۰۱	شرایط واقعی	۶۹۳۳	۵۵	۷۶۶۵	۱۳/۸	۵۲۰	۹۱۱	۳۹۱
		شرایط آزمایشی	۵۲۲۷	۶۴	۶۵۸۸	۱۵/۲	۶۱۱	۱۰۰۰	۳۸۹
قطره‌ای	۲۰۲	شرایط واقعی	۳۳۱۷	۸۴	۵۰۱۹	۱۱/۷	۴۳۵	۶۶۶	۲۳۱
		شرایط آزمایشی	۲۷۰۸	۹۲	۴۵۸۳	۱۱/۳	۴۴۸	۶۴۸	۲۰۰

در شرایط موجود، مقدار آب آبیاری در باغ ۲۰۱ که با روش آبیاری سطحی مدیریت می‌شد، نسبت به باغ ۲۰۲ بیش‌تر و حدود دو برابر است. با مقایسه مقادیر آب ناخالص مورد نیاز و آب کاربردی، می‌توان بیان داشت هر دو باغ در شرایط مدیریت کم‌آبیاری قرار دارند. در باغ ۲۰۱، فواصل زمانی بین آبیاری‌ها ثابت و برابر با ۱۶ روز بود و آبیاری‌های نسبتاً سنگین و با عمق آب آبیاری قابل ملاحظه انجام می‌شد. به همین دلیل تلفات نفوذ عمقی به‌خصوص در ابتدای کرت‌ها قابل توجه بود. با وجود مقدار آب آبیاری بالا در باغ ۲۰۱، نیاز واقعی باغ به‌طور کامل در تمام سطح باغ تأمین نشده است و در فاصله زمانی بین دو نوبت آبیاری به‌خصوص در ماه‌های گرم سال با تنش کم‌آبی مواجه بوده است. نظام توزیع آب و حقابه‌ها مهم‌ترین دلیل شکل‌گیری مدیریت کم‌آبیاری در منطقه شناخته شد. با توجه به اینکه تغییر عواملی نظیر دبی آب ورودی به باغ و دور آبیاری برای کشاورز سخت بوده و از قابلیت اجرایی کم‌تری برخوردار است، لذا اصلاح برنامه آبیاری از طریق تغییر تعداد ساعات آبیاری، کاهش تعداد نوبت آبیاری و هم‌چنین مدیریت جریان آب در قطعه‌های آزمایشی انجام گرفت. با توجه به اینکه گیاه انگور مقاوم به تنش کم‌آبی است، لذا به‌منظور ارتقای شاخص بهره‌وری آب، اصلاح برنامه آبیاری با هدف کاهش مصرف آب و اعمال مدیریت کم‌آبیاری انجام شد. بطوریکه در باغ ۲۰۱ به‌طور میانگین تعداد ساعات آبیاری در فصل بهار و اوایل تابستان حدود ۱۵ درصد کاهش یافت. هم‌چنین از تعداد آبیاری‌ها دو نوبت در اواخر تابستان کاسته شد. با توجه به راه‌کارهای اجراشده، مقدار آب آبیاری باغ ۲۰۱ در حدود ۲۴/۶ درصد کاهش یافت. در این باغ زمان قطع جریان در کرت‌ها متناسب با سرعت پیشروی و رسیدن به نقطه ۷۰ درصد طول کرت اعمال شد. در باغ ۲۰۲ نیز مدیریت کم‌آبیاری با کاهش حدود ۱۸/۳ درصدی مقدار آب آبیاری اعمال گردید. مقدار راندمان کاربرد آب در دو باغ با روش‌های آبیاری سطحی و قطره‌ای در شرایط وضع موجود به ترتیب ۵۵ و ۸۴ درصد و در شرایط اجرای برنامه آبیاری اصلاح‌شده به ترتیب ۶۴ و ۹۲ درصد تعیین شد. به عبارتی دیگر با اجرای راه‌کارهای توصیه‌شده، مقدار راندمان کاربرد آب به‌طور میانگین در حدود ۸/۵ درصد افزایش یافت. مقایسه میزان عملکرد بین قطعات شاهد و آزمایشی نشان داد، در باغ ۲۰۱، عملکرد محصول در قطعه آزمایشی نسبت به شاهد حدود ۱۷ درصد افزایش یافت. در باغ ۲۰۲ عملکرد محصول انگور در قطعه آزمایشی نسبت به شاهد تغییر چشم‌گیری نداشت و کاهش جزئی در حدود ۲/۷ درصد مشاهده شد. با توجه به گستردگی عوامل دخیل در عملکرد محصول نظیر کیفیت خاک، تراکم کشت، آفات و بیماری‌ها، مدیریت تغذیه و... نمی‌توان تغییر عملکرد را صرفاً مرتبط با مقدار آب آبیاری دانست. مقدار سود خالص بدست آمده برای شرایط واقعی باغ و قطعات آزمایشی در باغ اول، به ترتیب ۳۹۱ و ۳۸۹ و در باغ دوم، ۲۳۱ و ۲۰۰ میلیون ریال در هکتار محاسبه شد. مدیریت آب در باغ‌های و به‌طور مشخص برنامه‌ریزی آبیاری مهم‌ترین عامل بر میزان مصرف آب و شاخص بهره‌وری شناخته شد. برنامه آبیاری اعمال‌شده در بیش‌تر باغ‌های به‌صورت سنتی و کاملاً تخمینی بوده و با نیاز واقعی باغ تناسب نداشت. به‌منظور تحلیل دقیق‌تر این موضوع، عمق آب آبیاری به‌صورت روزانه محاسبه و با مقدار نیاز آبی ناخالص گیاه مورد مقایسه قرار گرفت. شکل‌های ۲ و ۳ نمودارهای مقایسه‌ای مذکور را به ترتیب برای باغ‌های با روش آبیاری سطحی و قطره‌ای نشان می‌دهند.



شکل ۲- مقایسه نیاز ناخالص آبیاری و عمق آب آبیاری در باغ‌های با روش آبیاری سطحی



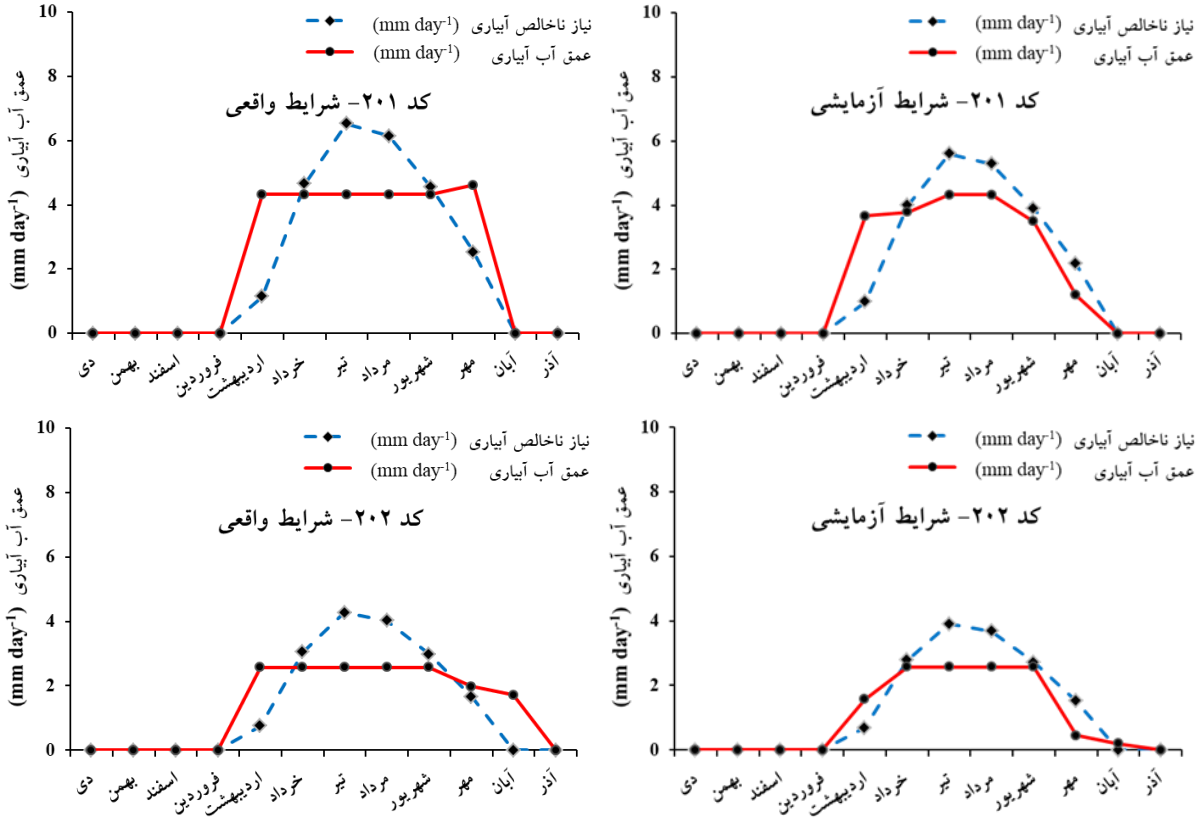
شکل ۳- مقایسه نیاز ناخالص آبیاری و عمق آب آبیاری در باغ‌های با روش آبیاری قطره‌ای

مقادیر عمق آب کاربردی بر اساس اطلاعات اندازه‌گیری شده مزرعه‌ای در بازه‌های زمانی مختلف در طول فصل آبیاری به دست آمد. به‌منظور برآورد عمق ناخالص آبیاری، ابتدا نیاز آبی واقعی گیاه بر اساس سامانه جدید نیاز آبی ابلاغ‌شده توسط وزارت جهاد کشاورزی تعیین شد و سپس از طریق اعمال راندمان کاربرد اندازه-گیری شده به دست آمد. مطابق نمودارهای ارائه‌شده، اختلاف بین عمق آب آبیاری و نیاز ناخالص گیاه در برخی باغ‌های به‌خصوص باغ‌های با روش آبیاری سطحی چشم‌گیر بوده و این اختلاف عمدتاً مربوط به اوایل دوره آبیاری بوده است. برنامه آبیاری اعمال‌شده در باغ‌های با روش آبیاری قطره‌ای از تناسب قابل قبول‌تری با نیاز واقعی برخوردار است. می‌توان کنترل و مدیریت جریان آب را یکی از دلایل مهم این موضوع بیان داشت. برنامه آبیاری در بیش‌تر باغ‌های نسبت به تغییرات نیاز آبی از انعطاف‌پذیری کم‌تری برخوردار است. عمده این اختلاف در ابتدای شروع دوره آبیاری (فروردین تا خردادماه) ملاحظه می‌شود؛ بطوریکه بیش‌ترین اختلاف مربوط به باغ ۱۰۸ بوده که در فروردین ماه به میزان ۸/۷ میلی‌متر در روز آبیاری مازاد صورت گرفته است. در برخی باغ‌های شاهد مدیریت مناسب آبیاری هستیم از جمله باغ‌های با کد ۱۰۷ و ۱۱۲ که مناسب‌ترین برنامه آبیاری را دارد. در شکل (۴) مقایسه

برنامه آبیاری در شرایط واقعی و کنترل‌شده در دو باغ آزمایشی نمایش داده شده است. هدف از برنامه آبیاری اعمال‌شده در فاز دوم طرح، کاهش اختلاف بین عمق آب آبیاری و نیاز آبی ناخالص گیاه بود. مدیریت بکار گرفته شده در باغ‌های ۲۰۱ و ۲۰۲ به ترتیب منجر به کاهش ۲۴/۶ و ۱۸/۳ درصدی عمق آب آبیاری در شرایط آزمایشی نسبت به واقعی شده است. اختلاف موجود بین دو منحنی در شرایط کنترل‌شده، مربوط به کم یا بیش‌آبیاری است. سعی شد با اصلاح برنامه آبیاری، اختلاف بین عمق آب آبیاری و نیاز آبی ناخالص گیاه در ابتدا و انتهای دوره آبیاری بخصوص در ابتدای فصل پاییز (مرداد تا آبان‌ماه) مدیریت شود.

بهره‌وری فیزیکی آب

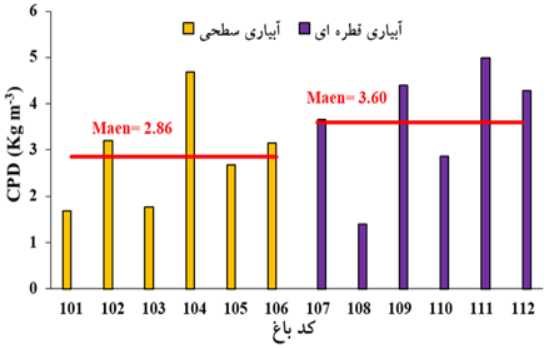
شکل (۵) شاخص بهره‌وری آب (CPD) برای ۱۲ باغ انگور پیمایش شده در فاز اول تحقیق را نمایش می‌دهد. بررسی بهره‌وری آب به تفکیک نوع روش آبیاری نشان می‌دهد، میانگین این شاخص در باغ‌های تحت پوشش روش آبیاری سطحی ۲/۸۶ کیلوگرم بر مترمکعب و در باغ‌های تجهیز شده به روش آبیاری قطره‌ای برابر با ۳/۶۰ کیلوگرم بر مترمکعب است. شاخص بهره‌وری آب در باغ-های با روش آبیاری قطره‌ای حدود ۲۶ درصد بیش‌تر از باغ‌های با روش آبیاری سطحی است. راندمان بالای روش-های آبیاری قطره‌ای و به‌تبع آن مقدار آب آبیاری کم‌تر در این باغ‌های ، شاخص بهره‌وری آب قابل قبولی را رقم زده است.



شکل ۴- مقایسه نیاز ناخالص آبیاری و عمق آب آبیاری در شرایط واقعی و آزمایشی

حداقل و حداکثر مقدار شاخص CPD برای باغ-های مورد مطالعه به ترتیب برابر با ۱/۴۰ و ۴/۹۹ و به‌طور میانگین برابر با ۳/۲۳ کیلوگرم بر مترمکعب محاسبه گردید. بررسی همبستگی بین آب آبیاری و شاخص بهره‌وری آب نشان داد که با افزایش مقدار آب آبیاری تا یک مقدار مشخص (حدود ۷۵۰۰ مترمکعب)، مقدار شاخص بهره-وری آب تقریباً روند افزایشی دارد. به‌طور متوسط و با افزایش ۱۰۰۰ مترمکعب در میزان مقدار آب آبیاری، حدود

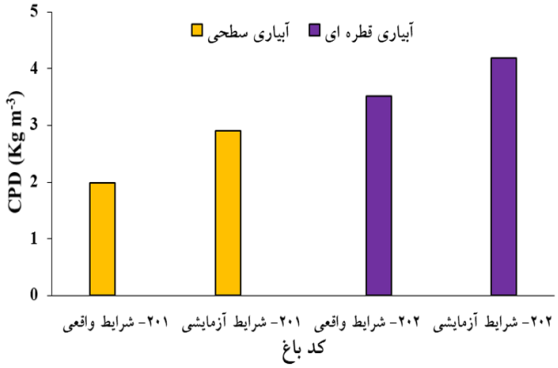
۰/۶ تن به مقدار عملکرد افزوده می‌شود. با افزایش مقدار آب آبیاری به‌خصوص در مقادیر بالای ۸۰۰۰ متر مکعب تغییر محسوسی در عملکرد باغ‌های مشاهده نشد. با در نظر گرفتن راندمان کاربرد آب، مقادیر آب آبیاری اشاره‌شده به نوعی نشان‌دهنده درصد تأمین نیاز آبی محصول انگور است. با توجه به نتایج حاصل‌شده، در شرایط تأمین کامل نیاز آبی انتظار بیش‌ترین عملکرد وجود خواهد داشت. مقادیر به‌دست‌آمده قابل مقایسه با نتایج گزارش شده در سایر مطالعات پیشین است. به‌عنوان نمونه، جلینی (۱۳۸۵)



شکل ۵- مقادیر شاخص CPD در باغ‌های پیمایش شده

اعمال مدیریت آبیاری اصلاح‌شده منجر به کاهش مقدار آب آبیاری و بهره‌وری آب در قطعات آزمایشی گردیده است. مقدار شاخص مذکور در قطعات آزمایشی نسبت به شاهد در باغ‌های ۲۰۱ (با روش آبیاری سطحی) و ۲۰۲ (با روش آبیاری قطره‌ای) به ترتیب ۲۴/۷ و ۴/۵ درصد افزایش داشته است. افزایش شاخص بهره‌وری آب در قطعه آزمایشی باغ ۲۰۱ به دلیل افزایش عملکرد محصول هم‌زمان با کاهش نسبی آب آبیاری محقق شده است. در مقابل و در باغ ۲۰۲، شاخص بهره‌وری آب مطابق انتظار تغییر زیادی نداشت و بهبود جزئی نیز به دلیل کاهش میزان مصرف آب بود.

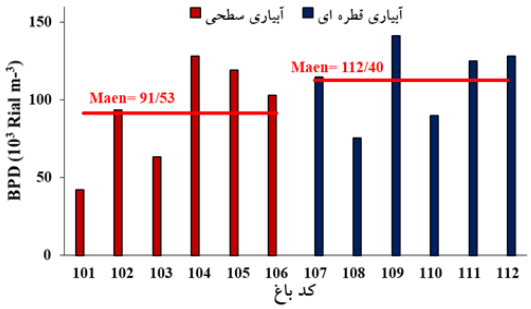
میزان بهره‌وری آب به ازای تأمین ۱۰۰ درصد نیاز آبی انگور در سامانه‌های آبیاری قطره‌ای را ۱/۶ کیلوگرم بر مترمکعب آب، گزارش نمود. همچنین دولتی‌بانه و نورجو (۱۳۹۰) میزان بهره‌وری آب به ازای تأمین ۱۰۰ درصد نیاز آبی انگور در روش‌های آبیاری قطره‌ای را ۴/۰۴ کیلوگرم بر مترمکعب آب بیان داشتند. شکل (۶) مقادیر شاخص CPD محاسبه‌شده برای دو باغ آزمایشی در فاز دوم مطالعه را در دو شرایط واقعی و آزمایشی نشان می‌دهد.



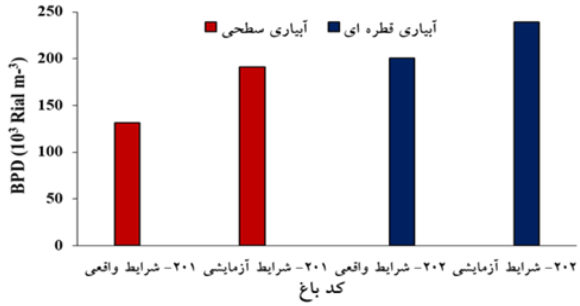
شکل ۶- مقادیر شاخص CPD در شرایط واقعی و آزمایشی

بهره‌وری اقتصادی آب

مقادیر شاخص سود ناخالص به ازای واحد مقدار آب آبیاری (BPD) برای ۱۲ باغ پیمایش شده در شکل (۷) ارائه شده است. در شکل (۸) نیز مقادیر شاخص BPD برای دو باغ آزمایشی در دو شرایط واقعی و آزمایشی نشان داده شده است. میانگین شاخص BPD برای باغ‌های با روش آبیاری سطحی و قطره‌ای به ترتیب برابر ۹۱/۵ و ۱۱۲/۴ هزار ریال بر مترمکعب به دست آمد.

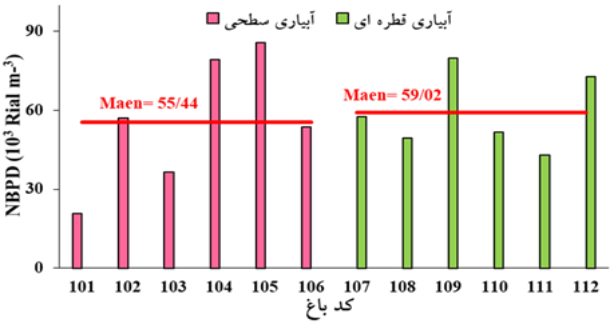


شکل ۷- مقادیر شاخص BPD در باغ‌های پیمایش شده

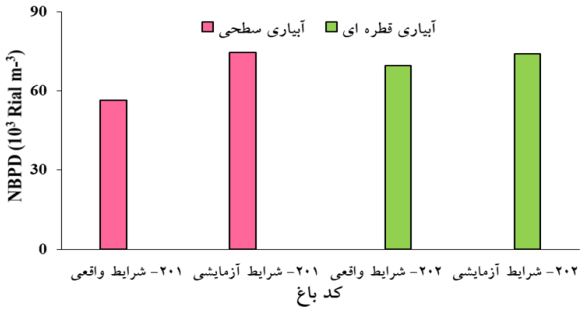


شکل ۸- مقادیر شاخص BPD در شرایط واقعی و آزمایشی

مجهز نمودن باغ‌های به روش آبیاری قطره‌ای منجر به افزایش ۲۲/۸ درصدی سود ناخالص به‌ازای هر واحد مقدار آب آبیاری شده است. کم‌ترین و بیش‌ترین مقدار BPD برای باغ‌های انگور به ترتیب برابر با ۴۲/۱ و ۱۴۱/۳ هزار ریال بر مترمکعب است. میانگین این شاخص نیز در باغ‌های مورد بررسی ۱۰۲ هزار ریال بر مترمکعب محاسبه شد. با اعمال مدیریت مناسب آبیاری در قطعات کنترل‌شده باغ‌های ۲۰۱ و ۲۰۲ مقدار شاخص BPD به ترتیب ۲۴/۷ و ۶/۵ درصد افزایش یافت. شکل (۹) نیز، مقادیر شاخص سود خالص به‌ازای هر واحد مقدار آب آبیاری (NBPD) را برای ۱۲ باغ پایش شده نشان می‌دهد. میانگین شاخص NBPD در باغ‌های با روش آبیاری سطحی برابر با ۵۵/۴ هزار ریال بر مترمکعب و در باغ‌های مجهز به روش آبیاری قطره‌ای ۵۹ هزار ریال بر مترمکعب برآورد شد. به عبارتی مقدار این شاخص در باغ‌های با روش قطره‌ای حدود ۶/۵ درصد بیش‌تر از باغ‌های با روش سطحی است. کم‌ترین و بیش‌ترین مقدار شاخص NBPD به ترتیب ۲۰/۶ و ۸۵/۶ هزار ریال بر مترمکعب تعیین شد. میانگین این شاخص نیز در باغ‌های پیمایش شده ۵۷/۲ هزار ریال بر مترمکعب تعیین شد. درگاهی و همکاران (۱۳۹۷) مقدار شاخص سود خالص به ازای مقدار آب آبیاری (NBPD) برای محصول انگور را در دشت قزوین حدود ۱۵ هزار ریال بر مترمکعب گزارش نمودند.



شکل ۹- مقادیر شاخص NBPD در باغ‌های پیمایش شده



شکل ۱۰- مقادیر شاخص NBPD در شرایط واقعی و آزمایشی

بررسی تغییرات شاخص NBPD نسبت به مقدار آب آبیاری در باغ‌های پیمایش شده به‌وضوح نشان می‌دهد که با افزایش مقدار آب آبیاری، مقدار شاخص سود خالص روند کاهشی داشته است. بررسی برازش حاصل از این دو پارامتر با ضریب تعیین بیش از ۶۵ درصد، مؤید افزایش حدود نه هزار ریال سود خالص به ازای کاهش ۱۰۰۰ مترمکعب آب است. در واقع می‌توان بیان داشت در بین عوامل مؤثر بر شاخص بهره‌وری اقتصادی، عامل مقدار آب آبیاری بیش‌ترین وزن و اهمیت را به خود اختصاص داده است. مقادیر مربوط به شاخص NBPD محاسبه شده برای دو باغ آزمایشی در شکل (۱۰) ارائه شده است. اجرای راهکارهای بهبود بهره‌وری آب باغ‌های ۲۰۱ و ۲۰۲، به ترتیب منجر به افزایش حدود ۳۳ و ۶ درصدی شاخص NBPD گردید.

نتیجه‌گیری

در این تحقیق، بهره‌وری آب در باغ‌های انگور با دو روش آبیاری سطحی و قطره‌ای بررسی شد و اثر مدیریت آبیاری اصلاح‌شده بر بهبود شاخص بهره‌وری مورد بررسی قرار گرفت. شاخص بهره‌وری آب در باغ‌های با روش آبیاری قطره‌ای به دلیل مقدار آب آبیاری کم‌تر در وضعیت نسبتاً بهتری نسبت به باغ‌های با روش سطحی قرار داشت. فارغ از نوع روش آبیاری، مدیریت آبیاری در باغ-های به‌عنوان یک عامل مهم بر میزان آب آبیاری در باغ‌های شناخته شد. در برخی باغ‌های پیمایش شده، برنامه آبیاری متناسب با نیاز واقعی محصول نبوده و آبیاری بیش از حد صورت می‌گرفت. این موضوع به‌خصوص در ابتدای دوره آبیاری مشهود بود. نتایج نشان داد که از طریق تکنیک ساده و با قابلیت اجرایی اصلاح برنامه آبیاری، می‌توان بهره‌وری را تا حد ممکن بهبود بخشید. سهولت و امکان اجرای شیوه‌های مختلف به زراعی از جمله برنامه آبیاری اصلاحی در باغ‌های با روش آبیاری قطره‌ای بیش‌تر از باغ‌های با روش آبیاری سنتی است. بر اساس پیمایش‌های میدانی بعمل آمده در تعداد ۱۴ باغ انگور و به مدت دو سال، مقدار آب آبیاری در بیش‌تر باغ‌های انگور نزدیک به شرایط نرمال است. تأمین آب عمده باغ‌های انگور از چاه‌های مشاعی بوده و به نظر می‌رسد این نظام توزیع آب اثر مثبت بر کنترل آب آبیاری در باغ‌های داشته است. از سوی دیگر کاهش آبدهی چاه‌ها در سال‌های اخیر منجر به شکل‌گیری مدیریت کم‌آبیاری در برخی باغ‌های گردیده است.

فهرست منابع

۱. امینی ع، پرهمت ج و سدری مح، ۱۳۹۹. بررسی بهره‌وری فیزیکی و اقتصادی آب در محصولات عمده زراعی در حوضه تلوار استان کردستان. نشریه مهندسی و مدیریت آبخیز، جلد ۱۲، شماره ۲، صفحه‌های ۴۸۱ تا ۴۹۱.

۲. بهرامی م، خلیلیان ص، مرتضوی سا و اسعدی مع، ۱۳۹۷. بررسی بهره‌وری فیزیکی مصرف آب کشاورزی در استان‌های منتخب ایران (مطالعه موردی: محصول گندم). نشریه آبیاری و زهکشی ایران، جلد ۱۲، شماره ۶، صفحه‌های ۱۵۱۱ تا ۱۵۱۸.

۳. جلینی م، ۱۳۸۵. بررسی تأثیر روش آبیاری قطره‌ای و سطوح مختلف آب بر عملکرد و کارایی مصرف آب در انگور. نشریه تحقیقات مهندسی کشاورزی، جلد ۷، شماره ۲۸، صفحه‌های ۶۹ تا ۷۸.

۴. درگاهی ز، نظری ب، رمضانی‌اعتدالی ه و مازندرانی‌زاده ح، ۱۳۹۷. ارزیابی روش‌های نوین آبیاری با مفاهیم بهره‌وری اقتصادی آب و راندمان آبیاری در استان قزوین. نشریه آبیاری و زهکشی ایران، جلد ۱۲، شماره ۳، صفحه‌های ۶۸۳ تا ۶۹۵.

۵. دولتی بانه ح و نورجو ا، ۱۳۹۰. اثر کم‌آبیاری بر کمیت، کیفیت میوه و بهره‌وری مصرف آب سه رقم انگور. نشریه به زراعی نهال و بذر (نهال و بذر)، جلد ۲-۲۷، شماره ۴، صفحه‌های ۴۳۵ تا ۴۵۰.

۶. رضوانی‌مقدم پ، نوروزپور ق، نباتی ج و محمدآبادی ع‌ا، ۱۳۸۴. بررسی خصوصیات مورفولوژیک، عملکرد دانه و روغن کنجد در تراکم‌های مختلف بوته و فواصل مختلف آبیاری. نشریه پژوهش‌های زراعی ایران، جلد ۳، شماره ۱، صفحه‌های ۵۷ تا ۶۸.

۷. زمانی ا، مرتضوی سا و بلالی ح، ۱۳۹۳. بررسی بهره‌وری اقتصادی آب در محصولات مختلف زراعی در دشت بهار. نشریه پژوهش آب در کشاورزی (علوم خاک و آب)، جلد ۲۸، شماره ۱، صفحه‌های ۵۱ تا ۶۱.

۸. شاهرخ‌نیا م و کرمی م، ۱۳۹۶. بررسی اثر مقادیر مختلف آب آبیاری بر عملکرد انگور یاقوتی. نشریه فصلنامه علمی و پژوهشی مهندسی آبیاری و آب، جلد ۷، شماره ۲۸، صفحه‌های ۱۰۸ تا ۱۲۲.

۹. شایان‌فر ح، ۱۳۸۲. بررسی بهره‌وری آب کشاورزی در تولید اقتصادی محصولات. یازدهمین همایش کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران، تهران، صفحه‌های ۱۰۳ تا ۱۱۲.

۱۰. عباسی ف، عباسی ن و توکلی ع‌ر، ۱۳۹۶. بهره‌وری آب در بخش کشاورزی؛ چالش‌ها و چشم‌اندازها. نشریه آب و توسعه پایدار، جلد ۴، شماره ۱، صفحه‌های ۱۴۱ تا ۱۴۴.

۱۱. عباسی ف، ناصری ا، رضوانی م، گودرزی م، کریمی م، اسلامی ا، طاهری م، یوسف گمرکچی ا، طایفه رضایی ح، خسروی ح، موسوی فضل س‌ح، قدمی فیروزآبادی ع، باغانی ج، عباسی ن و اکبری م، ۱۳۹۹. ارزیابی آب کاربردی و بهره‌وری آب در تاکستان‌های کشور. نشریه تحقیقات مهندسی سازه‌های آبیاری و زهکشی، جلد ۲۱، شماره ۸۰، صفحه‌های ۱۳۳ تا ۱۴۸.

۱۲. قاصدی یولقونلو س، زارع ابیانه ح، نجاتیان م‌ع، ملکی م و کریمی ر، ۱۳۹۷. اثر تغییر روش آبیاری جویچه‌ای به قطره‌ای بر صفات فیزیولوژیکی و عملکرد انگور بیدانه سفید (Vitis Vinifera L.). نشریه علوم باغبانی ایران، جلد ۴۹، شماره ۳، صفحه‌های ۷۴۳ تا ۷۵۳.

۱۳. نجفلو پ، عباسی ع و فرهادیان ه، ۱۳۹۶. بررسی رفتار اطلاع‌یابی انگور کاران استان زنجان و عوامل مؤثر بر آن. نشریه تحقیقات اقتصاد و توسعه کشاورزی ایران، جلد ۴۸، شماره ۱، صفحه‌های ۱۶۵ تا ۱۷۸.

۱۴. نیکان‌فر ر و رضایی ر، ۱۳۹۴. واکنش درخت‌های مسن انگور به تغییر روش آبیاری سطحی به قطره‌ای یا بابلر. نشریه علوم و فنون باغبانی ایران، جلد ۱۶، شماره ۲، صفحه‌های ۱۶۱ تا ۱۷۰.

15. Araujo F, Williams EL and Matthews AM, 1995. A comparative study of young ‘Thompson Seedless’ grapevines (Vitis vinifera L.) under drip and furrow irrigation. II. Growth, water use efficiency and nitrogen partitioning. Scientia Horticulturae 60(3-4): 251-265.

16. Cancela JJ, Trigo-Córdoba E, Martínez EM, Rey BJ, Bouzas-Cid Y, Fandiño M and Mirás-Avalos JM, 2016. Effects of climate variability on irrigation scheduling in white varieties of Vitis vinifera (L.) of NW Spain. Agricultural Water Management 170: 99-109.

17. Civit B, Piastrellini R, Curadelli S and Arena AP, 2018. The water consumed in the production of grapes for vinification (Vitis vinifera). Mapping the blue and green water footprint. Ecological Indicators 85: 236-243.

18. Du TS, Kang SZ, Zhang JH, Li FS and Yan BU, 2008. Water use efficiency and fruit quality of table grape under alternate partial root-zone drip irrigation. Agricultural Water Management 95: 659– 668.

19. García JG, Martínez-Cutillas A and Romero P, 2012. Financial analysis of wine grape production using regulated deficit irrigation and partial-root zone drying strategies. Irrigation Science 30(3): 179-188.

20. Medrano H, Tomás M, Martorell S, Escalona J, Pou A and Fuentes S, 2015. Improving water use efficiency of vineyards in semi-arid regions. A review. Agronomy for Sustainable Development 35: 499–517.

21. Romero P and Martinez-Cutillas A, 2012. The effects of partial root-zone irrigation and regulated deficit irrigation on the vegetative and reproductive development of fieldgrown Monastrell grapevines. Irrigation Science 30(5): 377-396.

22. Sheren A, Abed El-Hamied, Zaen El-Deen EMA and El-Hagarey ME, 2017. Management of irrigation systems to improve productivity and quality of grapevine under desert conditions. Journal of Agriculture and Veterinary Science 10(10): 77-90.

23. Xiaochi Ma, Karen A and Sanguinet W, 2020. Direct root-zone irrigation outperforms surface drip irrigation for grape yield and crop eater use efficiency while restricting root growth. Agriculture water management Journal (231): 105993.

24. Yan N, Wu B and Zhu W, 2020. Assessment of agricultural water productivity in arid China. Water 12 (4): 1161.

Estimating Water Productivity in Vineyards under Surface and Drip Irrigation Systems

H. Ojaghlou*, M. M. Jafari, M. BabaAkbari Sari, F. Ojaghlou, and F. Misaghi

Assistant Prof., Department of Water Sciences and Engineering, Faculty of Agriculture, University of Zanjan. **ojaghlou@znu.ac.ir**

Ph.D. Candidate, Department. of Irrigation and Reclamation Engineering, College of Agriculture and Natural Resources, University of Tehran. **mm.jafari@ut.ac.ir**

Assistant Prof., Department of Soil Sciences and Engineering, Faculty of Agriculture, University of Zanjan. **babaakbari@znu.ac.ir**

National Planning Expert, Planning and Budget Organization of Zanjan Province. **ojaghlou@gmail.com**

Assistant Prof., Department of Water Sciences and Engineering, Faculty of Agriculture, University of Zanjan. **Farhad_Misaghi@znu.ac.ir**

Received: April 2023 and Accepted: September 2023

Abstract

In this study, water productivity in six vineyards under surface and six under drip irrigation systems was measured in Zanjan Province, then, the effect of modified irrigation schedule to improve water productivity was investigated in two selected vineyards. The average volume of applied irrigation water in vineyards with surface and drip irrigation systems was 6929 and 5418 $m^3.ha^{-1}$, respectively. Also, the average of water productivity indices, Gross Benefit, and Net Benefit were obtained as 2.9 $kg.m^{-3}$, 91.5, and 55.4 thousand $Rials.m^{-3}$ in vineyards with surface system and 3.6 $kg.m^{-3}$, 112.4, and 59 thousand $Rials.m^{-3}$ in vineyards with drip system. In terms of water productivity index, drip irrigation was relatively superior to the surface method. In most of the monitored vineyards, the applied irrigation schedule was not in accordance with the net irrigation requirement. The results of the modified irrigation schedule indicated that water productivity could be improved by 24.7%.

Keywords: Grape, Irrigation schedule, Water productivity index

* - Corresponding author's email: ojaghlou@znu.ac.ir