تحقیقات مهندسی سازه‌های آبیاری و زهکشی/جلد ۲۱/ شماره ۸۰/ پاییز ۱۳۹۹/ ص ۱۴۸-۱۳۳

مقاله پژوهشی

ارزیابی آب کاربردی و بهره‌وری آب در تاکستان‌های کشور

فریبرز عباسی[1*]، ابولفضل ناصری[1]، معین‌الدین رضوانی[1]، مصطفی گودرزی[1]، محمد کریمی[1]، امیر اسلامی[1]، مهدی طاهری[2]، افشین یوسف گمرکچی[1]، حیدر طلایفه رضایی[1]، حسن خسروی[3]، سیدحسن موسوی‌فضل[1]، علی قدمی‌فیروزآبادی[1]، جواد باغانی[1]، نادر عباسی[1] و مهدی اکبری[1]

۱- اعضای هیات علمی موسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی،کرج، ایران

۲- دانشیار بخش خاک و آب مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی زنجان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، زنجان، ایران

۳- کارشناس ارشد گروه فنی و مهندسی مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان خراسان‌شمالی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، بجنورد، ایران

تاریخ دریافت: ۹۹/۶/۱۸؛ تاریخ پذیرش: ۹۹/۸/۱۷

چکیده

انگور از مهم‌ترین محصولات باغی است که به لحاظ سطح زیرکشت و ارزش اقتصادی و تغذیه‌ای بالا مورد توجه است. ایران با تولید سالانه ۲/۸ میلیون تن انگور در زمرهٔ کشورهای برتر در تولید این محصول در جهان است. با این همه، اطلاعات دقیقی در خصوص حجم و بهره‌وری آب این محصول در کشور وجود ندارد. ازاین‌رو، این پژوهش با هدف اندازه‌گیری میدانی آب کاربردی و ارزیابی بهره‌وری آب تاکستان‌های کشور در سامانه‌های مختلف آبیاری اجرا شد. در فصل زراعی ۹۸-۱۳۹۷، حجم آب کاربردی توسط باغداران در ۱٦٤ باغ از تاکستان‌های استان‌های قزوین، فارس، خراسان‌رضوی، زنجان، آذربایجان‌غربی، آذربایجان‌شرقی، همدان، مرکزی، خراسان‌شمالی و سمنان اندازه‌گیری شد؛ در این باغ‌ها رقم‌های مختلف انگور با روش‌های مختلف آبیاری (سطحی و قطره‌ای) و شوری‌های متفاوت آب آبیاری و خاک با روش‌های متفاوت (داربستی و خزنده) کاشته شده‌اند. مقادیر اندازه‌گیری شده با مقادیر برآورد شده به روش پنمن-مانتیث با استفاده از داده‌های هواشناسی ۱۰ سال اخیر و همچنین با مقادیر سند ملی آب مقایسه شدند. نتایج مطالعات نشان داد که اختلاف میانگین حجم آب کاربردی و بهره‌وری آب در استان‌های منتخب در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار است. میانگین وزنی حجم آب کاربردی ٦٦٦٩ مترمکعب بر هکتار و بهره‌وری آب ۲/٦۳ کیلوگرم انگور به‌ازای هر مترمکعب آب به‌دست آمد. متوسط نیاز خالص آبیاری در مناطق مورد مطالعه به روش پنمن-مانتیث و سند ملی آب به‌ترتیب ٦٦٤٥ و ٦٤٥٦ مترمکعب بر هکتار است. دامنهٔ تغییرات راندمان کاربرد در تاکستان‌های مورد مطالعه از ٦٨ تا ۱۰۰ درصد و متوسط آن ۸۹ درصد محاسبه شد. نتایج بررسی‌ها حاکی از اعمال کم‌آبیاری در اغلب تاکستان‌های مورد مطالعه به علت دسترسی‌نداشتن به آب کافی است. در این مقاله راهکارهایی برای بهبود بهره‌وری آب در تولید انگور نیز ارائه شده است.

واژه‌های کلیدی

پنمن- مانتیث، روش آبیاری، سند ملی، نیاز خالص آبیاری

مقدمه

انگور، مو یا تاک (*Vitis vinifera* L.) گیاهی است چندساله که برای رشد به تابستان‌های گرم و زمستان‌های سرد نیاز دارد. این گیاه در شش قارّه از هفت قارّه جهان با شرایط اقلیمی متفاوت و از عرض جغرافیایی ۵ تا ۵۰ درجه در نیمکرهٔ شمالی و ۵ تا ۴۵ درجه در نیمکرهٔ جنوبی پراکنده است (Tafazoli *et al.*, 1996). انگور از مهم‌ترین محصولات باغی در دنیاست که هم به لحاظ سطح زیرکشت و هم از نظر ارزش اقتصادی و تغذیه‌ای بالا مورد توجه است.

* نگارندهٔ مسئول: Email: fa.abbasi@areeo.ac.ir

http://doi: 10.22092/idser.2020.351803.1438

ارزش این محصول به لحاظ قابلیت مصرف آن به شیوه‌های مختلف از جمله تازه‌خوری و تهیهٔ کشمش، آبمیوه، فرآورده‌های تخمیری (آب‌غوره، سرکه و غیره)، ژله، مربا، روغن دانهٔ انگور و شیرهٔ انگور بسیار زیاد است و از این لحاظ نقش مهمی در اقتصاد کشورهای تولیدکنندهٔ آن دارد.

از حدود ۸/۴ میلیون هکتار اراضی آبی کشور، نزدیک به ۲۲۱ هزار هکتار به کشت انگور بارور آبی اختصاص دارد (Ahmadi *et al.*, 2019) که پراکندگی آن بر حسب شرایط آب و هوایی، جغرافیایی، و حتی فرهنگی و اجتماعی در کشور متفاوت است. در سطح ملی، آگاهی از میزان آب کاربردی و نیاز خالص آبی در نواحی مختلف کشور و همچنین سایر شاخص‌های مدیریت مصرف آب از جمله راندمان آبیاری و بهره‌وری آب در برنامه‌ریزی‌های کلان مربوط به تأمین، تخصیص و مصرف اصولی از آب موثر است. در سطح منطقه‌ای، اطلاع از حجم آب کاربردی، بهره‌وری و نیاز خالص آبیاری انگور در مناطق مختلف کشور می‌تواند در برنامه‌ریزی‌های استانی و ملی موثر و آگاهی از این اطلاعات می‌تواند مبنایی برای برنامه‌ریزی افزایش عملکرد انگور و ارتقای بهره‌وری آب آبیاری این محصول در کشور باشد.

روش و مدیریت آبیاری برای تولید محصول بهینه و کیفی انگور در نقاط مختلف دنیا مهم است. روش‌های آبیاری تاکستان‌ها در اغلب مناطق جهان سطحی و قطره‌ای هستند. گرچه آبیاری قطره‌ای تاثیر بسزایی بر کمیت و کیفیت انگور دارد، ولی روش غالب آبیاری تاکستان‌ها در ایران و جهان هنوز به‌صورت آبیاری سطحی است. آبیاری باغ‌های انگور در مراحل فنولوژیکی رشد از جمله زمان ظهور گل‌آذین، میوه بستن، رشد حبه‌ها و پس از مرحلهٔ رنگ‌گیری میوه توصیه شده و در ارتقای کیفیت محصول مؤثر است (Karimi & Baghani, 2011).

نیاز خالص آبی انگور را سازمان خواربار و کشاورزی ملل متحد(فائو) ۱۲۰۰۰-۵۰۰۰ مترمکعب در هکتار در سال گزارش داده است (FAOSTAT, 2018). برای شرایط اقلیمی ایران نیاز خالص آبی تاکستان از ۳۸۲۰ مترمکعب در هکتار در اردبیل تا ۱۲۱۷۰ مترمکعب در هکتار در کهنوج (استان کرمان) گزارش شده است (Farshi *et al.*, 1997). ویلیامز و آیرس (Williams & Ayars, 2005) نیاز خالص آبی انگور را برای شرایط اقلیمی ایالات متحده در سه سال متوالی ارزیابی و میانگین آن را ۸۲۷۰ مترمکعب بر هکتار گزارش دادند. مدرانو و همکاران (Medrano *et al.*, 2015) در مقاله‌ای تحلیلی راهکارهای افزایش بهره‌وری آب در تولید انگور را مطالعه و تأثیر روش‌های مختلف پوشش خاک، پوشش گیاه و روش‌های کم‌آبیاری را بر بهره‌وری آب در تولید انگور مرور کردند. این محققان نیاز آبی انگور در مناطق مختلف جهان را ۳۰۰ تا ۷۰۰ میلی‌متر و بهره‌وری آب را ۱ تا ۱۹ کیلوگرم به‌ازای هر مترمکعب آب گزارش کردند و همچنین اظهار داشتند که شیوه‌های مختلف کم-آبیاری بدون کاهش عملکرد، موجب افزایش کیفیت میوه می‌شود. امینی و همکاران (Amini *et al.*, 2015) در مطالعه‌ای نقش پهنه‌بندی اقلیم در تعیین نیاز خالص آبی محصولات باغی استان کردستان را بررسی و آن را با نیاز خالص آبی محاسبه شده با استفاده از نرم‌افزار کراپ وات مقایسه کردند. این پژوهشگران نیاز خالص آبی انگور را بر اساس تقسیم-بندی اقلیمی در اقلیم مدیترانه‌ای ۶۰۵ میلی‌متر و براساس تقسیمات سیاسی در شهرستان‌های سنندج، سقز، قروه، بیجار و مریوان به‌ترتیب ۵۸۵، ۵۰۴، ۶۸۳، ۷۵۱ و ۵۸۹ میلی‌متر در سال به‌دست آوردند.

شاهرخ‌نیا و کرمی (Shahrokhnia & Karami, 2017) نیاز خالص آبیاری انگور یاقوتی در شهرستان قیر و کارزین استان فارس را ۳۸۰۰ مترمکعب بر هکتار و میانگین دو سالهٔ حجم آب کاربردی در یک

باغ انگور با روش آبیاری قطره‌ای را ۸۶۶۰ مترمکعب بر هکتار گزارش داده‌اند. نیکان‌فر و رضایی (Nikanfar & Rezaee, 2015) در تحقیقی با هدف صرفه‌جویی در مصرف آب، اثر سه روش مختلف آبیاری شامل سطحی، بابلر و قطره‌ای را بر ویژگی‌های کمی و کیفی تاک‌های مسن انگور رقم کشمشی سفید در شهرستان میاندوآب به مدت سه سال (۱۳۹۰-۱۳۸۸) بررسی کردند و نشان دادند با تغییر روش آبیاری، بهره‌وری آب افزایش و عملکرد کاهش می‌یابد.

ویلیامز و همکاران (Williams *et al.*, 2003) در تحقیقی مقدار آب کاربردی درختان ۴ تا ۷ سالهٔ انگور را در ایالت کالیفرنیا با یک لایسیمتر وزنی بزرگ، با روش قطره‌ای اندازه‌گیری کردند و به این نتیجه رسیدند که مقدار آب کاربردی سالانهٔ درخت انگور در سال اول معادل ۷۱۸ میلی‌متر و در سال‌های بعدی بین ۸۱۱ تا ۸۶۵ میلی‌متر متغیر است. نتزر و همکاران (Netzer *et al.*, 2009) نیاز خالص آبی انگور را در چندین فصل رشد با دوازده لایسیمتر زهکش‌دار اندازه‌گیری و نتیجه‌گیری کردند نیاز خالص آبی در فصل‌های مختلف بین ۱۰۸۷ تا ۱۳۴۸ میلی‌متر متغیر است. این محققان حداکثر نیاز خالص آبی انگور را ۷/۳ میلی‌متر در روز و با روش پمن-مانتیث ۸/۶ میلی متر در روز گزارش داده‌اند. ویلیامز و فیدالیبس (Williams & Fidelibus, 2016) در تحقیقی با استفاده از لایسیمتر وزنی حجم آب کاربردی انگور را در سال‌های ۲۰۰۷، ۲۰۰۸ و ۲۰۰۹ به‌ترتیب ۹۵۲، ۹۴۳ و ۹۵۲ میلی‌متر برآورد کردند. شرن و همکاران (Sheren *et al.*, 2017) در تحقیقی اثر روش‌های مختلف آبیاری را بر عملکرد و کیفیت انگور در کشور مصر مطالعه کردند. در این تحقیق روش‌های آبیاری سطحی و زیرسطحی و مقادیر مختلف آب آبیاری بر اساس ۶۰، ۸۰ و ۱۰۰ درصد نیاز خالص آبی بر عملکرد انگور بررسی شد. نتایج تحقیق آنها نشان داد که آبیاری زیرسطحی با ۸۰ درصد نیاز خالص آبی دارای بالاترین مقدار بهره‌وری آب است. نتایج برخی پژوهش‌ها نیز حکایت از برداشت بیشتر آب توسط ریشهٔ انگور و بیشتر بودن ضرایب گیاهی در آبیاری قطره‌ای زیرسطحی، در مقایسه با روش آبیاری قطره‌ای سطحی، است (Fandi˜no *et al.*, 2012; Cancela *et al.*, 2015). اتروش و همکاران (Atroosh *et al.*, 2013) در تحقیقی دو ساله در یمن، متوسط حجم آب کاربردی انگور را در دو روش آبیاری بابلر و سطحی به‌ترتیب ۲۵۹۰ و ۳۹۵۰ مترمکعب بر هکتار و راندمان کاربرد آب آبیاری را به‌ترتیب ۸۲/۳ و ۶۹/۸ درصد گزارش کردند. این پژوهشگران بهره‌وری آب را در دو روش سطحی و بابلر به‌ترتیب ۱/۸ و ۳/۴ کیلوگرم به‌ازای هر مترمکعب آب اعلام کردند. سیویت و همکاران (Civit *et al.*, 2018) نشان دادند که آبیاری قطره‌ای در تاکستان‌های استان مندوزا (Mendoza) در آرژانتین نسبت به روش سطحی ۱۴/۳ درصد در مصرف آب صرفه‌جویی به‌دست می‌دهد. یان و همکاران (Yan *et al.*, 2020) بهره‌وری آب آبیاری در تولید انگور را برای یک دورهٔ زمانی ۱۵ ساله در منطقهٔ تورپان (Turpan) چین ۳/۲۴ کیلوگرم به‌ازای هر مترمکعب آب گزارش داده‌اند.

پژوهش‌هایی مختلف برای تعیین آب کاربردی انگور در داخل و خارج از کشور صورت گرفته است که به‌طور عمده در شرایط پژوهشی با تیمارهای آزمایشی و در ایستگاه‌های مراکز تحقیقاتی بوده است. در برخی موارد نیز تیمارهای کم‌آبیاری و سطوح مختلف آب برای یافتن سطح مناسب آب آبیاری انگور در برخی مناطق تعریف شده است. به‌طور تقریب تاکنون گزارشی از حجم آب کاربردی و بهره‌وری آب در تاکستان‌های تحت مدیریت تاکداران در کشور منتشر نشده است. هدف اصلی از این تحقیق اندازه‌گیری حجم آب کاربردی و ارزیابی بهره‌وری آب در قطب‌های تولید انگور در کشور

(استان‌های قزوین، فارس، خراسان‌رضوی، آذربایجان‌شرقی، آذربایجان‌غربی، همدان، مرکزی، خراسان‌شمالی و سمنان) است. یافته‌های این پژوهش با هدف بهبود بهره‌وری آب درتاکستان‌ها می‌تواند در سطح ملی و منطقه‌ای مورد استفادهٔ کارشناسان و برنامه‌ریزان کشور قرار گیرد.

مواد و روش‌ها

سطح کل باغ‌های بارور و غیربارور آبی انگور کشور در سال زراعی ۹۷-۱۳۹۶ به‌ترتیب ۲۲۱۰۵۸ و ۱۲۸۲۰ هکتار و تولید انگور آبی کشور ۲۷۷۹ هزار تن بوده است (Ahmadi *et al*., 2019). در جدول ۱ مناطق عمده تولید انگور، سطح زیرکشت (بارور و غیربارور)، میانگین عملکرد و کل تولید در قطب‌های انگور کشور ارائه شده است (Ahmadi *et al*., 2019). استان‌های قزوین، فارس، همدان، خراسان‌رضوی، آذربایجان‌شرقی، زنجان، آذربایجان‌غربی، مرکزی، خراسان‌شمالی و سمنان بیشترین سطح تاکستان و تولید انگور کشور را به‌خود اختصاص داده‌اند. این استان‌ها نزدیک به ۸۰ درصد تاکستان‌های کشور و مناطق اجرای این پروژه را شامل می‌شوند.استان قزوین بیشترین سطح زیرکشت آبی و استان فارس بیشترین تولید انگور آبی کشور را دارند.

جدول ۱- سطح زیرکشت، تولید و میانگین عملکرد در قطب‌های تولید انگور آبی در کشور*

Table 1- Cultivation area, production and average grape yield in irrigated production hubs in Iran

استان Province	سطح Area (ha)		میانگین عملکرد Yield (kg/ha)	کل تولید Production (ton)
	بارور Fertile	غیربارور Infertile		
قزوین Qazvin	30442	250	10661	324541
فارس Fars	26756	1766	15191	406455
همدان Hamedan	19413	1384	17802	345584
خراسان‌رضوی Khorasan-e Razavi	18739	1330	16825	315287
آذربایجان‌شرقی East Azarbaijan	16939	355	12805	216901
آذربایجان‌غربی West Azarbaijan	15712	667	8831	138754
زنجان Zanjan	15093	508	5547	83715
مرکزی Markazi	13660	1570	11708	159929
خراسان‌شمالی North horasan	10551	304	13075	137948
سمنان Semnan	4599	553	18200	83698
سایر استان‌ها Other Provinces	49154	4133	12900	-
جمع کل/میانگین Total/Average	**221058**	**12820**	**1571**	**2778444**

* Ahmadi *et al*. (2019)

در جدول ۲ شهرستان‌های مورد مطالعه در هر استان و تعداد تاکستان انتخابی هر استان ارائه شده‌است. در هر استان بین یک تا چهار شهرستان با بیشترین سطح زیرکشت انگور برای ارزیابی انتخاب شد. تعداد تاکستان-های مورد مطالعه در هر استان متناسب با سطح تاکستان-ها و تولید انگور در آن استان انتخاب گردید. تاکستان‌ها طوری انتخاب شدند که اغلب شرایط را پوشش دهند از جمله: بافت خاک، مدیریت‌های مختلف باغی، سن و رقم انگور، نوع بهره‌بردار (پیشرو و معمولی)، شوری‌های آب و خاک، روش‌های آبیاری و روش کاشت (داربستی و

خزنده). سطح تاکستان‌های مورد مطالعه از حدود ۰/۵ تا ۸۸ هکتار متغیر است. شوری آب آبیاری و شوری عصارهٔ اشباع خاک تاکستان‌های مورد مطالعه در حد خوب ارزیابی شده است. متوسط هدایت الکتریکی آب آبیاری و عصارهٔ اشباع خاک به‌ترتیب ۱/۱ و ۱/۵ دسی‌زیمنس بر متر گزارش شده‌است. منبع تامین آب ۸۷ درصد از تاکستان‌ها چاه و بقیه از منابع آب سطحی بوده‌است. روش آبیاری ۶۸/۷ درصد از تاکستان‌های مورد مطالعه سطحی و بقیه قطره‌ای هستند. در برخی استان‌ها از جمله همدان، خراسان‌رضوی و آذربایجان‌شرقی تاکستان‌هایی که با روش قطره‌ای آبیاری می‌شدند اندک‌اند. بنابراین، انتخاب تاکستان‌ها از نظر روش آبیاری، براساس فراوانی روش‌های آبیاری سطحی و قطره‌ای در مناطق مورد مطالعه بوده است.

جدول ۲- شهرستان‌ها و تعداد تاکستان‌های مورد مطالعه در هر استان

Table 2- Cities and number of vineyards studied in each province

ردیف No	استان Province	شهرستان‌های مورد مطالعه Town	تعداد تاکستان انتخابی No. of selected vineyards	درصد از کل داده‌ها Percentage from total data
1	قزوین Qavvin	تاکستان Takestan	23	14
2	فارس Fars	قیر، جهرم، کوار، شیراز Ghir, Jahrom, Quar,Shiraz	20	12.2
3	همدان Hamedan	ملایر Malayer	29	17.7
4	آذربایجان‌شرقی East Azarbaijan	ملکان، مراغه Malekan, Maragheh	15	9.1
5	آذربایجان‌غربی West Azarbaijan	ارومیه، میاندوآب، نقده Urmia, Miandoab, Naghadeh	11	6.7
6	خراسان‌رضوی Khorasan-e Razavi	قوچان، خلیل‌آباد و کاشمر Ghoochan, Khalil Abad, Kashmar	16	9.8
7	خراسان شمالی North Khorasan	فاروج، شیروان Farooj, Shirvan	7	4.3
8	زنجان Zanjan	ابهر، خرمدره Abhar, Khorramdarreh	22	13.4
9	مرکزی Markazi	خنداب، شازند، اراک Khondab, Shazand, Arak	12	7.3
10	سمنان Semnan	شاهرود، بسطام Shahrood, Bastam	9	5.5
جمع			**164**	**100**

شاخص‌های موردنظر از جمله حجم آب کاربردی، بدون دخالت در برنامهٔ آبیاری بهره‌دار و تحت مدیریت تاکداران اندازه‌گیری شدند. دبی منبع آبی با فلوم WSC (بسته به مقدار دبی از تیپ ۳ تا ۵)، کنتور و دستگاه اولتراسونیک اندازه‌گیری شد. زمان هر نوبت آبیاری و تعداد نوبت‌های آبیاری در طول فصل زراعی نیز ثبت شد. دور آبیاری بسته به روش آبیاری (سطحی و قطره‌ای)، دسترسی به آب، نوع منبع آب (شبکه یا چاه) و سایر عوامل در فصل زراعی متغیر بود. آبیاری تاکستان‌های مورد مطالعه از اواسط اردیبهشت شروع و تا اواخر شهریور ماه ادامه داشت.

با استفاده از داده‌های اندازه‌گیری شده، عمق آب داده شده و حجم آب کاربردی در هر یک از نوبت‌های آبیاری در فصل زراعی قابل محاسبه بود. نیاز آبی گیاه مرجع به روش پنمن- مانتیث با استفاده از داده‌های ۱۰ سال اخیر برای منطقهٔ مورد نظر از نزدیک‌ترین ایستگاه هواشناسی برآورد شد. نیاز آبی گیاه مرجع با اعمال ضریب گیاهی (Allen *et al.*, 1998) به نیاز خالص آبی گیاه تبدیل شد.

ضرایب گیاهی انگور در سه مرحلهٔ رشد ۰/۴۶، ۰/۸۸ و ۰/۷۱ گزارش شده است. با کسر بارش موثر، نیاز خالص آبی به نیاز خالص آبیاری تبدیل شد. بارندگی مؤثر به روش SCS برآورد شد (SCS, 1972). مقادیر نیاز خالص آب آبیاری با مقادیر سند ملی آب برای مناطق مورد مطالعه مقایسه شدند.

با توجه به نوسانات تولید به دلیل سال‌آوری و تنش‌های محیطی از جمله سرمازدگی، عملکرد محصول در دو سال مختلف اندازه‌گیری شد. عملکرد انگور در پایان فصل زراعی ۹۸-۱۳۹۷ اندازه‌گیری و در سال زراعی قبل (۹۷-۱۳۹۶) نیز از طریق تکمیل پرسشنامه از بهره‌برداران اخذ و میانگین عملکرد دو سال در تحلیل‌ها استفاده شد. سرانجام این‌که بهره‌وری آب (آب آبیاری و بارش مؤثر ده ساله) در هر یک از مناطق و استان‌های مورد مطالعه محاسبه و مقایسه شد. شاخص‌های بهره‌وری آب از رابطهٔ ۱ تعیین شد.

$$WP = \frac{CY}{CW + I} \qquad (۱)$$

که در آن،

WP= بهره‌وری آب در تولید انگور (کیلوگرم به‌ازای هر مترمکعب آب کاربردی)؛ CY= عملکرد انگور (کیلوگرم بر هکتار)؛ و CW= حجم آب داده شده (مترمکعب بر هکتار)؛ و I = بارندگی مؤثر (مترمکعب بر هکتار).

برای بررسی تفاوت احتمالی حجم آب کاربردی و شاخص بهره‌وری آب در مناطق مورد مطالعه، از تحلیل واریانس استفاده شد. بدین‌ترتیب میانگین شاخص‌های حجم آب کاربردی و بهره‌وری آب در استان‌های مختلف با این روش مقایسه و تحلیل شدند. میانگین وزنی شاخص‌های مورد مطالعه (نسبت به سطح زیرکشت انگور در استان‌های منتخب) محاسبه و در تحلیل‌ها استفاده شد. برای بررسی کفایت نمونه‌های اندازه‌گیری شده، از رابطهٔ ۲ استفاده شد (Sarmad *et al.*, 2001).

$$n = \frac{z^2\sigma^2}{(\bar{x} - \mu)^2} \qquad (۲)$$

که در آن،

n = تعداد اندازه‌گیری‌های لازم برای تحلیل واریانس حجم آب کاربردی و عملکرد انگور؛ z = سطح اعتماد (برای سطح اعتماد ۹۵ درصد، مقدار آن ۱/۹۶ است)؛ σ^2 = واریانس جمعیت؛ μ = میانگین جمعیت؛ و $\bar{X}$ = میانگین اندازه‌گیری‌هاست. به دلیل وجود عوامل خارج از کنترل محقق مانند تنوع اقلیمی، مدیریت باغی، بافت خاک، نیاز آبی و سایر عوامل، که همگی موجب افزایش در واریانس داده‌های اندازه‌گیری‌شده می‌شوند، سعی شد تاکستان‌های بیشتری برای تایید کفایت داده‌ها در نظر گرفته شود تا از نظر تحلیل آماری، نتیجه‌گیری‌های پژوهش دارای قابلیت اعتماد و اطمینان باشند.

نتایج و بحث

در جدول ۳ خلاصهٔ شاخص‌های آماری اندازه‌گیری‌ها شامل میانگین، انحراف معیار و تعداد داده‌های لازم و اندازه‌گیری‌شده برای حجم آب کاربردی و عملکرد انگور ارائه شده است. در این پژوهش، تعداد اندازه‌گیری‌ها در باغ‌های انگور ۱۶۴ مورد و بیشتر از تعداد اندازه‌گیری‌های لازم بود (جدول ۳). بنابراین، کفایت داده‌ها برای تحلیل آماری قابل‌اعتماد و محرز بود. همان‌طور که پیش‌تر هم گفته شد، در این تحقیق شاخص عملکرد برای تعیین بهره‌وری آب در مناطق مختلف تولید انگور اندازه‌گیری شده بود.

جدول ۳- میانگین، انحراف معیار و کفایت اندازه‌گیری‌ها در باغ‌های تولید انگور

Table 3. Mean, standard deviation and adequacy of measurements in vineyards

عملکرد انگور* Grape yield	حجم آب کاربردی* Applied water	شاخص آماری Statistical index
20.1	6544	میانگین Average
11.6	2857	انحراف معیار Standard deviation
128	73	تعداد اندازه‌گیری لازم Number of measurements needed
164	164	تعداد اندازه‌گیری‌های انجام‌شده Number of conducted measurment

* حجم آب کاربردی بر حسب مترمکعب بر هکتار و عملکرد انگور بر حسب تن بر هکتار است.

برای بررسی تغییرات حجم آب کاربردی انگور در استان‌های مورد مطالعه، از تحلیل واریانس استفاده شد (جدول ۴). نتایج بررسی نشان داد تفاوت میانگین حجم آب کاربردی انگور در استان‌های منتخب در سطح احتمال کمتر از یک درصد معنی‌دار است.

جدول ٤- تحلیل واریانس حجم آب کاربردی و بهره‌وری آب در تولید انگور در استان‌های منتخب

Table 4. Analysis of variance of applied water and water productivity in grape production in selected provinces

مقدار *P* *P value*	مقدار *F* *F value*	میانگین مربعات Average of squares	درجه آزادی Degrees of freedom	مجموع مربعات Sum of squares	منبع تغییرات Source of variations
			تحلیل واریانس حجم آب کاربردی Analysis of variance of applied water		
Less than 1%	10.4	۵/۵۳×۱۰^{۷}	۹	۴/۹۷×۱۰^{۸}	بین استان‌ها
		۵/۲۹×۱۰^{۶}	۱۴۸	۷/۸۴×۱۰^{۸}	درون استان‌ها
			۱۵۷	**۱/۲۸×۱۰^{۹}**	**استان‌های منتخب**
			تحلیل واریانس بهره‌وری آب Analysis of variance of water productivity		
Less than 1%	14.3	52.7	9	475	بین استان‌ها Between provinces
		3.7	135	497	درون استان‌ها In each province
			144	972	استان‌های منتخب Selected provinces

تحلیل واریانس بهره‌وری آب (آب آبیاری و بارش موثر) انگور در استان‌های منتخب نیز در جدول ۴ ارائه شده است. نتایج این تحلیل نیز نشان داد تفاوت میانگین بهره‌وری آب در تولید انگور در استان‌های یادشده در سطح احتمال کمتر از یک درصد معنی‌دار است. دلیل اصلی این تفاوت به اختلاف عملکرد محصول،حجم آب کاربردی و بارش موثر در مناطق مورد مطالعه مربوط می‌شود که خود متاثر از عوامل مختلف از جمله اقلیم، تغذیه، بافت خاک، ارقام انگور، مدیریت و روش آبیاری است (Yan *et al.*, 2020). دامنهٔ تغییرات آب کاربردی در تاکستان‌های مورد مطالعه بسیار گسترده است. بر مبنای میانگین حجم آب کاربردی، می‌توان استان‌های کشور را به چهار خوشهٔ اصلی تقسیم کرد. در خوشهٔ اول، حجم آب کاربردی در تولید انگور استان‌های آذربایجان غربی، همدان، آذربایجان شرقی و زنجان؛ در خوشهٔ دوم، حجم آب کاربردی در تولید انگور استان‌های خراسان شمالی و قزوین؛ در خوشهٔ سوم، حجم آب کاربردی در تولید انگور استان‌های فارس و سمنان؛ و در خوشهٔ چهارم، حجم آب

کاربردی در تولید انگور استان‌های خراسان‌رضوی و مرکزی قرار دارند (جدول ۵). میانگین حجم آب کاربردی انگور در مناطق مورد مطالعه ۶۵۴۴ مترمکعب بر هکتار اندازه‌گیری شده است. کمترین حجم آب کاربردی مربوط است به تاکستان‌های مناطق سردسیر (خوشهٔ اول) از جمله آذربایجان‌غربی، همدان، آذربایجان‌شرقی و زنجان با متوسط حجم آب داده شده به‌ترتیب ۴۳۱۸، ۴۹۸۸، ۵۲۷۲ و ۵۴۳۶ مترمکعب بر هکتار. استان خراسان‌شمالی با وجود اقلیم سرد، با متوسط حجم آب کاربردی ۶۱۸۲ مترمکعب بر هکتار در خوشهٔ دوم قرار گرفته است که یکی از دلایل آن کاربرد دو نوبت آبیاری در زمستان برای یخ‌آب است. بیشترین حجم آب کاربردی هم به تاکستان‌های استان‌های خراسان-رضوی و مرکزی تعلق دارد با ۹۸۱۸ و ۱۰۱۰۳ مترمکعب بر هکتار که در خوشهٔ چهارم قرار گرفته‌اند.

جدول ۵- میانگین حجم آب کاربردی باغ‌های انگور در استان‌های منتخب

Table 5. Average volume of applied water of vineyards in selected provinces

ردیف No	خوشه Cluster	استان Province	حجم آب کاربردی Applied water (m^3/ha)	رتبه مقایسه‌ای Comparative rank
1	1	آذربایجان غربی West Azarbaijan	43198	*a*
2		همدان Hamedan	4988	*a*
3		آذربایجان شرقی East Azarbaijan	5272	*ab*
4		زنجان Zanjan	5436	*ab*
5	2	خراسان شمالی North Khorasan	6182	*abc*
6		قزوین Qazvin	6397	*bc*
7	3	فارس Fars	7278	*c*
8		سمنان Semnan	7348	*c*
9	4	خراسان رضوی Khorasan-e Razavi	9818	d
10		مرکزی Markazi	10103	d
		کل استان‌های منتخب Total	6669	

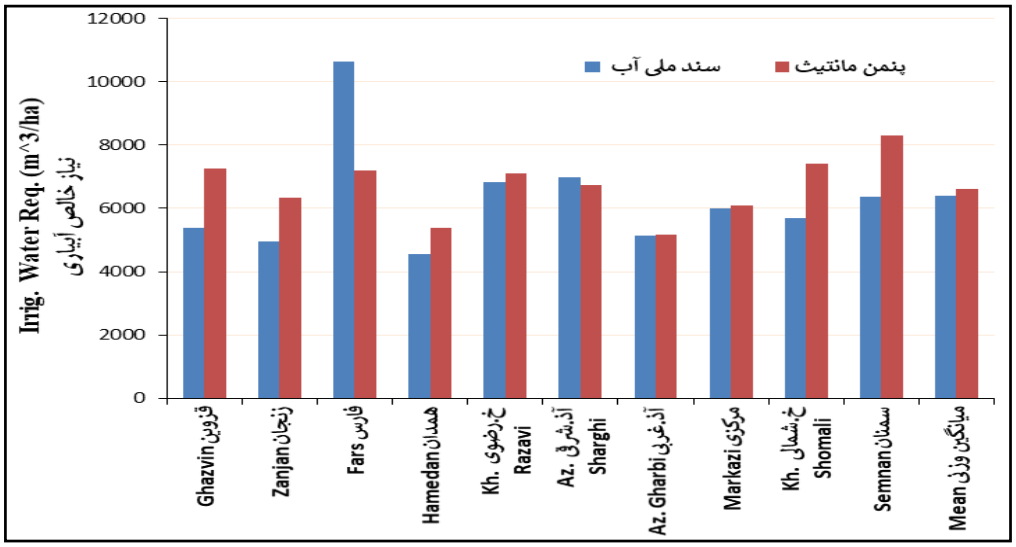
* میانگین‌های اعداد در ستون رتبهٔ مقایسه‌ای باحروف مشابه، دارای اختلاف معنی‌دار نیستند.

* The means with similar letters are not significantly different.

از حجم آب کاربردی در تاکستان‌های تحت مدیریت تاکداران در کشور گزارش‌های چندانی منتشر نشده است. متوسط سه سالهٔ حجم آب کاربردی در باغ‌های انگور در میاندوآب برای روش-های آبیاری قطره‌ای، بابلر و سطحی به‌ترتیب برابر با ۷۳۶۷، ۷۸۱۰ و ۱۳۲۶۷ مترمکعب بر هکتار گزارش شده است (Nikanfar & Rezaee, 2015). کریمی و باغانی (Karimi & Baghani, 2011) میانگین دو سالهٔ حجم آب داده شده به باغ‌های انگور را در تاکستان قزوین با روش آبیاری سطحی ۴۸۷۵ تا ۷۲۰۰ مترمکعب بر هکتار گزارش کرده‌اند که با نتایج به‌دست آمده از این تحقیق در استان قزوین

هم‌خوانی خوبی دارد. شاهرخ‌نیا و کرمی (Shahrokhnia & Karami, 2017) میانگین دو سالهٔ حجم آب داده شده به یک باغ انگور با مدیریت باغدار را در قیر و کارزین استان فارس با روش آبیاری قطره‌ای ۸۶۶۰ مترمکعب بر هکتار گزارش کرده‌اند. قاصدی یولقونلو و همکاران (Ghasedi Yulghonolou *et al.*, 2020) تاثیر تغییر روش آبیاری جویچه‌ای به قطره‌ای را بر حجم آب کاربردی انگور رقم بیدانهٔ سفید در ملایر در دو سال زراعی ارزیابی و متوسط حجم آب کاربردی انگور به روش جویچه‌ای را ۵۴۷۵ مترمکعب بر هکتار و متوسط چند تیمار آبیاری قطره‌ای را بین ۲۵۰۰ تا ۴۸۳۷ مترمکعب بر هکتار گزارش کرده‌اند.

در شکل ۱ نیاز خالص آب آبیاری از داده‌های هواشناسی ۱۰ سال اخیر به روش پن‌من مانتیث و نیز از سند ملی آب (NETWAT) در استان‌های مورد مطالعه مقایسه شده است. نتایج دو روش در اغلب استان‌ها مشابه‌اند هرچند در برخی استان‌ها مانند فارس و تا حدودی سمنان، خراسان‌شمالی و قزوین تفاوت مقادیر برآورد شده به دو روش قدری بیشتر است که قدیمی بودن سند ملی آب، معرفی ارقام جدید انگور، تغییرات بارندگی مؤثر و افزایش دمای هوا در چند دههٔ اخیر از عمده‌ترین دلایل آن است. افزایش دما علاوه بر تاثیر بر نیاز آبی گیاه موجب تغییر مراحل فنولوژیکی گیاهان نیز شده است. مقادیر برآورد شده در این گزارش با مقادیر ارائه شده توسط فائو برای انگور مطابقت دارد. فائو مقادیر ۵ هزار تا ۱۲ هزار مترمکعب بر هکتار را برای انگور در مناطق مختلف گزارش کرده است (Doorenbos & Kassam, 1979). مقادیر برآورد شده در این گزارش با مقادیر تخمینی توسط شاهرخ‌نیا و کرمی (Shahrokhnia & Karami, 2017) برای شهرستان قیر و کارزین در استان فارس که یکی از مناطق مورد مطالعه در این تحقیق نیز هست مشابه‌اند. این پژوهشگران نیاز خالص آبی انگور یاقوتی با روش پن‌من-مانتیث را ۶۳۱۱ مترمکعب بر هکتار برآورد کرده‌اند. در بیشتر استان‌های مورد مطالعه، مقادیر نیاز خالص آب آبیاری سند ملی آب کمتر از مقادیر برآورد شده با روش پنمن- مانتیث است که از داده‌های ده سال اخیر استفاده شده است. از دلایل اصلی آن می‌توان به گرم‌تر شدن هوا در سه دههٔ اخیر و به تبع آن افزایش نیاز آبی گیاهان اشاره کرد. میانگین وزنی دو روش برای همه استان‌های مورد مطالعه ۶۴۵۶ و ۶۶۴۵ مترمکعب بر هکتار است که در سطح احتمال کمتر از ۵ درصد معنی‌دار است. شاخص راندمان کاربرد آب در مزرعه با استفاده از نسبت نیاز خالص آبیاری (که از میانگین وزنی داده‌های هواشناسی ۱۰ سال اخیر به روش پن‌من مانتیث و سند ملی آب برآورد شده است) به حجم آب داده شده، برآورد شد. مقادیر این شاخص برای اغلب استان‌ها بیش از ۹۰ درصد و برای برخی استان‌ها (برای مثال آذربایجان-های غربی و شرقی) هم ۱۰۰ درصد است. دلیل زیاد بودن شاخص راندمان در تاکستان‌های مورد مطالعه، کم‌آبیاری است. خیلی از بهره‌برداران آب کافی برای آبیاری تاکستان‌های خود در اختیار نداشته‌اند یا مقداری از آب را به کشت برخی محصولات از جمله گوجه‌فرنگی اختصاص می‌دادند. متوسط وزنی شاخص راندمان کاربرد برای استان‌های مورد مطالعه ۸۹/۴ درصد برآورد شده‌است.



شکل ۱- مقایسهٔ نیاز خالص آب آبیاری برآورد شده به روش پن‌من-مانتیث و سند ملی آب

Figure 1- Comparison of net irrigation water requirement estimated by the Penman-Montith method and national water document

بر مبنای بهره‌وری آب آبیاری و بارش مؤثر می‌توان به چهار خوشهٔ اصلی تقسیم کرد برای انگور، استان‌های مورد مطالعه را (جدول ۶).

جدول ٦- مقایسهٔ بهره‌وری آب در تولید انگور در استان‌های مورد مطالعه

Table 6- Comparison of grape water productivity in the studied provinces

ردیف No	خوشه Cluster	استان Province	بهره‌وری آب WP (kg/m^3)	رتبه مقایسه‌ای* Comparative rank
1	1	قزوین Qazvin	1.22	*a*
2		فارس Fars	1.62	*a*
3	2	آذربایجان‌شرقی East Azarbaijan	2.01	*ab*
4		مرکزی Markazi	2.21	*abc*
5		خراسان‌رضوی Khorasan-e Razavi	2.60	*ab*
6		آذربایجان‌غربی West Azarbaijan	2.57	*ab*
7		خراسان‌شمالی North Khorasan	2.69	*abc*
8	3	زنجان Zanjan	3.18	*bc*
9		سمنان Semnan	4.35	*c*
10	4	همدان Hanmmedan	6.29	*d*
		کل استان‌های منتخب Total	2.63	

* میانگین‌های اعداد باحروف مشابه، دارای اختلاف معنی‌دار نیستند.

* The means with similar letters are not significantly different.

در خوشهٔ اول بهره‌وری آب در تولید انگور آب استان‌های آذربایجان‌شرقی، خراسان‌رضوی، استان‌های فارس و قزوین؛ در خوشهٔ دوم بهره‌وری مرکزی، خراسان‌شمالی و آذربایجان‌غربی؛ در خوشهٔ

سوم بهره‌وری آب استان‌های زنجان و سمنان؛ و در خوشهٔ چهارم بهره‌وری آب استان همدان قرار دارند (جدول ۶). متوسط وزنی بهره‌وری آب در استان‌های منتخب ۲/۶۷ کیلوگرم به‌ازای هر مترمکعب آب است. این شاخص در تاکستان‌های استان قزوین و فارس کمترین و مقدار آن به‌ترتیب ۱/۲۲ و ۱/۶۲ کیلوگرم به‌ازای هر مترمکعب آب است. متوسط این شاخص در تاکستان‌های استان همدان (ملایر) بیشترین و مقدار آن ۶/۲۹ کیلوگرم به‌ازای هر مترمکعب آب است. در باغ‌های انگوراستان همدان که نسبت به برخی مناطق دیگر آب بیشتری در واحد سطح مصرف کرده‌اند و به عبارتی آب مورد نیاز گیاه تأمین شده است،بهره‌وری آب ۱/۵ تا سه برابر استان‌هایی است که مجبور به کم آبیاری بوده اند. در مجموع، ارقام این شاخص در دامنهٔ مقادیر گزارش شده در منابع داخلی و خارجی برای بهره‌وری آب در تولید انگور است (Doulati Baneh & Noorju, 2012; Jolaini, 2006; Karimi & Nikanfar & Rezaee, 2015; Baghani, 2011; Atroosh *et al*., 2013; Yan *et al*., 2020).

تأثیر روش آبیاری تاکستان بر شاخص‌های مورد مطالعه (جدول ۷) نشان می‌دهد که تفاوت حجم آب کاربردی در دو روش آبیاری سطحی و قطره‌ای در برخی استان‌های مورد مطالعه از جمله همدان و آذربایجان‌غربی ناچیز و در برخی استان‌ها (مثل فارس، آذربایجان‌شرقی و مرکزی) زیاد است. علت اصلی این تفاوت‌ها در مدیریت آبیاری و دسترسی بهره‌برداران به منابع کافی آب آبیاری است. بدیهی است که با آموزش و استفاده صحیح از روش‌های نوین آبیاری، این تفاوت‌ها در حجم آب کاربردی کاهش خواهد یافت. میانگین وزنی حجم آب کاربردی در همه استان‌های منتخب در دو روش قطره‌ای و سطحی به‌ترتیب ۵۴۵۸ و ۶۷۶۰ مترمکعب بر هکتار است که از نظر آماری نیز تفاوت آنها در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار است. روش آبیاری قطره‌ای ۱۹/۳ درصد نسبت به روش آبیاری سطحی در کاهش آب آبیاری مؤثر بوده است. تعداد نوبت‌های آبیاری در روش سطحی از ۳ تا ۲۸ نوبت و در آبیاری قطره‌ای از ۴ تا ۲۸ نوبت در مناطق مختلف متغیر است. میانگین وزنی شاخص بهره‌وری آب در استان‌های مورد مطالعه نیز در دو روش آبیاری قطره‌ای و سطحی مشابه است (جدول ۷). میانگین شاخص بهره‌وری آب در برخی باغ‌های استان‌های فارس، آذربایجان‌شرقی، آذربایجان غربی و زنجان که با روش قطره‌ای آبیاری می‌شوند کمتر است تا در باغ‌هایی که با روش سطحی آبیاری می‌شوند. یکی از دلایل آن کمتر بودن میانگین عملکرد در باغ‌های آبیاری شده با روش قطره‌ای نسبت به باغ‌های آبیاری شده به روش سطحی است. دلیل کاهش عملکرد را نباید فقط در روش آبیاری جستجو کرد. همهٔ روش‌های آبیاری ذاتاً خوب هستند ولی باید به‌درستی از آنها بهره‌برداری شود. دسترسی به آب، مدیریت آبیاری، تغذیه، رقم انگور و سایر عوامل نیز نقش مهمی در عملکرد محصول دارند. به‌طور کلی، میانگین وزنی عملکرد انگور در دو روش آبیاری سطحی و قطره‌ای مشابه و به‌ترتیب ۱۷/۵ و ۱۷/۶ تن بر هکتار به‌دست آمده است که از نظر آماری تفاوت معنی‌دار ندارند.

در جدول ۸ دیده می‌شود که روش کاشت داربستی، در مقایسه با روش خزنده/ زمینی، تأثیر مثبت و معنی‌داری بر همه شاخص‌های مورد مطالعه دارد. این روش کاشت باعث کاهش حدود ۱۵ درصد در حجم آب کاربردی، افزایش ۴۱ درصد در عملکرد و افزایش ۳۷ درصد در بهره‌وری آب آبیاری شده است. آبیاری باغ‌های

داربستی به‌طور معمولراحت‌تر، مبارزه با علف‌های هرز در آنها آسان‌تر و سرعت پیشروی آب در باغ (در روش‌های سطحی) سریع‌تر است. کاهش پوسیدگی میوه و بیماری سفیدک از دلایل افزایش عملکرد در کاشت داربستی است.

جدول ۷- مقایسهٔ حجم آب کاربردی و بهره‌وری آب در باغ‌های با آبیاری قطره‌ای و سطحی

Table 7. Comparison of applied water and water productivity in vineyards with drip and surface irrigation systems

بهره‌وری آب WP (kg/m³)			حجم آب کاربردی Applied water (m³/ha)			استان Province
کل** Total	سطحی Surface	قطره‌ای Drip	کل** Total	سطحی Surface	قطره‌ای Drip	
1.22	0.78	1.56	6397	6978	6064	قزوین Qazvin
1.62	1.89	1.59	7278	8405	7153	فارس Fars
6.29	6.27	6.42	4988	4994	4940	همدان Hamedan
2.60	2.60	*-	9818	9818	*-	خراسان‌رضوی Khorasan-e Razavi
2.01	2.05	1.45	5272	5412	3313	آذربایجان‌شرقی East Azarbaijan
2.57	2.61	2.37	4318	4418	3868	آذربایجان‌غربی West Azarbaijan
3.18	3.26	2.42	5436	5530	4590	زنجان Zanjan
2.21	2.15	2.47	10103	10908	64880	مرکزی Markazi
2.69	2.69	*-	6182	6182	*-	خراسان‌شمالی North Khorasan
4.35	3.70	5.00	7348	7880	6922	سمنان Semnan
2.63	2.67	2.59	6669	6760	5458	**میانگین وزنی Weighted mean**

* باغ دارای سامانهٔ آبیاری قطره‌ای در ارزیابی‌ها وجود نداشت.

** میانگین دو روش آبیاری قطره‌ای و سطحی در استان مربوطه

* Vineyards with drip irrigation doesn't exist

** Average of two Irrigation systems in related provinces

جدول ۸- تأثیر روش‌های کاشت تاکستان بر شاخص‌های مورد مطالعه

Table 8. The effect of vineyard planting methods on the studied indicators

بهره‌وری آب WP (kg/m³)	عملکرد Yield (ton)	حجم آب کاربردی Applied water (m³/ha)	روش کاشت Planting method
3.46	19.0	6617	خزنده Creeping
4.76	26.8	5656	داربستی Scaffolding

نتیجه‌گیری

نتایج این تحقیق میدانی نشان داد که تغییرات حجم آب کاربردی انگور در مناطق مورد مطالعه از ۴۳۱۸ تا ۱۰۱۰۳ مترمکعب بر هکتار و میانگین وزنی آن ۶۶۶۹ مترمکعب بر هکتار است. آبیاری قطره‌ای حدود ۲۰ درصد در کاهش آب آبیاری تاکستان‌های مورد مطالعه مؤثر است. شاخص بهره‌وری آب در استان‌های مورد مطالعه از ۱/۲۲ تا ۶/۲۹ کیلوگرم به‌ازای هر مترمکعب متغیر و میانگین

وزنی آن ۲/۶۳ کیلوگرم به‌ازای هر مترمکعب است. تفاوت بهره‌وری آب در باغ‌های آبیاری‌شده به‌روش قطره‌ای و سطحی از نظر آماری معنی‌دار نیست. علت آن استفاده ناصحیح و بهره‌برداری نادرست از روش‌های نوین آبیاری است. نتایج بررسی‌ها همچنین حاکی از حدود ۳۰ درصد کم‌آبیاری به علت کم‌آبی در تاکستان‌های اغلب استان‌ها از جمله فارس، آذربایجان‌غربی، آذربایجان‌شرقی، سمنان، خراسان‌شمالی و زنجان است که در دراز مدت تهدیدی است هم برای خاک که به شوری گراید و هم برای ساختمان خاک که تخریب شود. روش کاشت انگور تاثیر بسزایی بر کاهش حجم آب کاربردی، افزایش عملکرد انگور و به تبع آن بهره‌وری آب آبیاری دارد. با توجه به اینکه باغ‌های انگور با کم‌آبیاری و تنش آبی مواجه هستند، آموزش و استفاده از روش‌های کم‌آبیاری به صورت دقیق و علمی در باغ‌های انگور کشور می‌تواند در افزایش بهره‌وری آب و کاهش اثرهای مخرب تنش آبی موثر باشد. با توجه به استفاده گسترده از روش آبیاری سطحی در تاکستان‌های کشور، آموزش و کاربرد روش‌های بهبود عملکرد آبیاری سطحی (به‌کارگیری روش‌های کاهش تبخیر، استفاده از روش‌هایکم‌فشار از جمله هیدروفلوم، مالچ‌پاشی و غیره)، برای افزایش راندمان آبیاری و کاهش مصرف آب در تاکستان‌های با روش آبیاری سطحیپیشنهاد می‌شود. تغییر روش‌های سنتی کاشت از خزنده به داربستی و آبیاری سطحی (قانا) به جوی و پشته با در نظر گرفتن مسائل مربوطبه کاهش اثرهای سرمازدگی علاوه بر کاهش تبخیر، یکی از راهکارهای موثر برای افزایش عملکرد باغ‌های انگور و بهره‌وری آب در تولید انگور است.

مراجع

Ahmadi, K., H.R. EbadZadeh, F. Hatami, R. HoseinPour and H. AbdShah. (2019). Agricultural Statistics of 2017-2018. Ministry of Jihad for Agriculture, Deputy for Planning and Economy, Information and Communication Technology Office. Volume 3, Garden Products. 166pp (in Persian).

Allen, R.G., L.S. Pereira, D. Raes, M. Smith. (1998). Crop evapotranspiration. Guidelines for computing crop water requirement. FAO Irrig. Drain. Paper No. 56. FAO, Rome, Italy, 300 pp.

Amini, A., R. Heydari and H. Faghih. (2015). The climate zoning role on net irrigation requirement determination of orchards in Kurdistan province, *Iran. Agroecology Journal, 10*(1), 1-13 (in Persian).

Atroosh, K.B., A.W.O. Mukred, and A.T. Moustafa. (2013). Water requirement of grape (Vitis vinifera) in the Northern highlands of Yemen. *Journal of Agricultural Science, 5*(4), 136-145.

Civit, B., R. Piastrellini, S. Curadelli, A. Pablo Arena. (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.

Doorenbos, J. and A.H. Kassam. (1979). Yield response to water. *Irrigation and Drainage Paper*, 33, p. 257.

Doulati Baneh, H. and A. Noorju. (2012). Effect of deficit irrigation on quantitative and quality traits of fruit and water productivity of three grapevine cultivars. *Seed and Plant Production, 27*(4), 435-450 (in Persian).

Fandi˜no, M., J.J. Cancela, B.J. Rey, E.M. Martinez, R.G. Rosa, L.S. Pereira. (2012). Using the dual-Kc approach to model evapotranspiration of Albari˜no vineyards (Vitis vinifera L cv. Albari˜no) with consideration of active ground cover. *Agric.Water Manage, 112*, 75–87.

FAOSTAT. (2018). Agriculture data available on http://apps.fao.org.

Farshi, A., M.R. Shariati, R. Jarollahi, M.R. Ghaemi, M. Shahabifar, M.M. Tavallaei. (1997). An estimate of the water requirements of main field crops and orchards in Iran, Orchards Vol. 2. Agricultural Education Publication: Karaj, Iran, 629 (in Persian).

Ghasedi yulghonolou, S., H. Zare Abyaneh, M.A. Nejatian, R. Karimi, M. Maleki. (2020). Effect of converting furrow irrigation to drip on water consumption, WUE and growth traits of sultana grapevine. *Water and Soil Science*, *30*(1): 179-192 (in Persian).

Jolaini, M. (2006). Investigation on the effect of drip irrigation methods and different levels of water on yield and water efficieny of grape. *Journal of Agricultural Engineering Research, 7*(3): 69-78 (in Persian).

Karimi, M. and J. Baghani. (2011). Effects of irrigation time on yield and irrigation water use efficiency in grape orchards. *Iranian Journal of Irrigation and Drainage*, *4*(3), 419-425 (in Persian).

Medrano, H., M. Tomás, S. Martorell, J. Escalona, A. Pou, and S. Fuentes. (2015). Improving water use efficiency of vineyards in semi-arid regions. A review. *Agron. Sustain. Dev*, 35, 499–517.

Netzer, Y., C. Yao, M. Shenker, B. Bravdo, and A. Schwartz. (2009). Water use and the development of seasonal crop coefficient for superior seedless grapevines trained to an open-gable trellis system. *Irrigation Science, 27*, 109-120.

Nikanfar, R. and R. Rezaee. (2015). Responses of old grapevines to switch irrigation system from surface to drip or babbler. *Iranian Journal of Horticultural Science and Technology*, *16* (2), 161-170. (in Persian).

Sarmad, Z., A. Bazargan, and E. Hejazi. (2001). Research Methods in Behavioral Sciences. Agah Publishing, Tehran, 405 pp (in Persian).

SCS. (1972). U.S. Soil Conservation Service, National Engineering Handbook, Hydrology Section 4.

Shahrokhnia, M.A. and M.J. Karami. (2017). Effect of different amounts of irrigation wateron the yield of Yaghuti grape. *Journal of Irrigation and Water Engineering, 7*(4), 108-121 (in Persian).

Sheren, A. Abed El-Hamied, Zaen El-Deen, E.M.A. and El- Hagarey, M.E. (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.

Tafazoli, A., J. Hekamti, and P. Firoozeh. (1996). Grape. Shiraz University Press, 343 Pp. (in Persian).

Williams, L.E. and J.E. Ayars. (2005). Water use of Thompson seedless grapevines as affected by the application of gibberellic acid (GA3) and trunk girdling-practices to increase berry size. *Agricultural and Forest Meteorology, 132* (3-4), 201–211.

Williams, L.E. and M.W. Fidelibus. (2016). Measured and estimated water use and crop coefficients of grapevines trained to overhead trellis systems in California's San Joaquin Valley. *Journal of Irrigation Science, 34*(6),431–441.

Williams, L.E., C.J. Phene, D.W. Grimes, and T.J. Trout. (2003). Water use of mature Thompson seedless grapevines in California. *Irrigation Science, 22*, 11-18.

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

Irrigation and Drainage Structures Engineering Research/Vol.21/No.80/ Autumn 2020/P: 133-148

Research Paper

Evaluation of Vineyards Applied Water and Water Productivity in Iran

F. Abbasi*, A. Nasseri, M. Rezvani, M. Goodarzi, M. Karimi, A. Eslami, M. Taheri, A. U. Gomrokchi, H. Taifeh Rezaee, H. Khosravi, S. H. mousavifazl, A. Ghadami Firouzabadi, J. Baghani, N. Abbasi and M. Akbari

* Corresponding Author: Professor, Agricultural Engineering Research Institute, Agricultural Research, Education and Extension Organization, Karaj, Iran. Email: fa.abbasi@areeo.ac.ir
Received: 8 September 2020, Accepted: 7 November 2020

Extended Abstract

Introduction

Grapes is one of the most important horticultural products in terms of cultivation area, economic and high nutritional values. Iran with an annual production of 2.8 million tons, is among the top countries in the production of grape product in the world. However, there are not accurate information on the volume of irrigation applied water and water productivity of this product in Iran. Therefore, this study was conducted with the aim of measurement of applied water at field scale and evaluation of water productivity of grape in vineyards farms at different hubs of this crop production in Iran.

Methodology

The volume of irrigation water provided by gardeners in 164 vineyards were measured in the provinces of Qazvin, Fars, Khorasan-Razavi, Zanjan, West Azarbaijan, East Azarbaijan, Hamedan, Markazi, Northern Khorasan, and Semnan as hubs of this product. These hubs covered about 80 percent of the irrigated vineyard cultivated areas. In each hub, 1-4 cities with the highest area under vineyard cultivation were selected for evaluation. The measurements were carried out in different irrigation and planting methods, various soils, different salinity of irrigation water and soil and different grape varieties during the growing season of 2018-2019 without interfering with the farmer's irrigation program. The measured values were compared with the net irrigation water requirement estimated by the Penman-Monteith method using the last 10 years meteorological data and also with the national water document values. Crop yield was recorded at the end of the growing season and water productivity was calucated as the ratio of yield to total water (irrigation applied water and effective rainfall). Analysis of variance was used to investigate the possible difference between applied water and water efficiency among the hubs. Data adequacy was assessed by using the method prposed by Sarmad et al. (2001).

Results and Discussion

The results showed that the average of applied water and water productivity among the hubs were significant at 1% probability level. The applied irrigation water used in the vineyards and

water productivity were 6669 m^3/ha and 2.63 kg/m^3, respectively. Drip irrigation was about 20% effective compared with surface irrigation in reducing the applied irrigation water in the studied vineyards. Water productivity in drip irrigation orchards was essentially the same as surface irrigation and was not statistically significant. The reason was the lack of proper use and utilization of modern irrigation methods.

The average net irrigation water requirement in the study areas estimated by the Penman-Monteith method using meteorological data for the last 10 years as well as the national water document were 6645 and 6456 m^3/ha, respectively. The range of irrigation application efficiency in the studied vineyards was from 68 to 100 and its average was 89%. Comparison of applied water and net irrigation requirement indicated deficit irrigation due to water shortage in vineyards of most hubs. In total, 31% deficit irrigation occurred in the studied vineyards, which is a threat to soil salinity and destruction of soil structure in long-term. Grape planting method had a significant effect on reducing the applied water, increasing grape yield and consequently water productivity. Scaffolding method had a positive and significant effect on all studied indices in comparison with the creeping planting method. It caused a decrease of about 15% in applied water, an increase of 41% in yield and 37% in crop water productivity.

Conclusions

Due to the fact that vineyards are faced with deficit irrigation and water stress, training the farmers about the accurate and scientific methods of deficit irrigation in the vineyards can be effective to reduce the destructive side effects of water stress. Due to the widespread use of surface irrigation in the vineyards, training and application of methods to improve surface irrigation performance (evaporation reduction methods, using low pressure methods such as gated pipes, mulching, etc.), to increase irrigation efficiency and to reduce irrigation water applied is recommended. Changing traditional planting methods from creeping to scaffolding and surface irrigation (qana) to furrow, in addition to reducing evaporation, are the effective ways to increase the yield of vineyards and water productivity.

Keywords: Irrigation Method, Irrigation Water Requirement, National Document, Penman-Monteith.