

## پایش آب آبیاری و بهره‌وری آب برای باغ‌های پسته شهرستان دامغان در شرایط بهره‌برداران

علیرضا توکلی<sup>۱\*</sup>، سید محسن طباطباییان<sup>۲</sup> و احمد اخیانی<sup>۳</sup>

- ۱- دانشیار پژوهش موسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی
  - ۲- کارشناس کشاورزی مدیریت جهاد کشاورزی دامغان
  - ۳- استادیار پژوهش موسسه تحقیقات خاک و آب، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی
- تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۳/۲۴؛ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۶/۳۰

### چکیده

اهمیت کشت پسته در شهرستان دامغان در میزان سطح زیرکشت قابل توجه و نیز سهم آن در اقتصاد منطقه و استان است. اما به دلیل محدودیت دسترسی به آب و شرایط نامتعارف آب و خاک منطقه، باغ‌های پسته مستلزم بهبود و اصلاح مدیریت به‌باغی هستند. در این تحقیق به روش نمونه‌گیری به صورت تصادفی و نیز از طریق دریافت داده‌های پرسشنامه‌ای جامعه آماری، ۱۴۸ باغ در شهرستان دامغان انتخاب و از نظر میزان آب آبیاری و بهره‌وری آب بررسی شدند که برخی فاقد شرایط فنی و دسترسی به داده‌های متقن بودند و سرانجام ۱۱۲ باغ در این پژوهش بررسی شد که عمر همه آنها از ۱۰ سال به بالا است. متوسط عملکرد محصول در باغ‌های دارای سامانه آبیاری سطحی و با عمر بیش از ۲۰ سال (۳۴ نمونه)، با عمر بین ۱۰ تا ۲۰ سال (۷۸ نمونه) و کل این دو مجموعه (۱۱۲ نمونه) به ترتیب ۴۹۵۰، ۲۲۷۶ و ۳۰۸۸ کیلوگرم در هکتار به‌دست آمد. متوسط آب آبیاری در سامانه آبیاری سطحی برای باغ‌های منتخب حدود ۸۳۸۰ متر مکعب در هکتار برآورد شده که کمی کمتر از نیاز آبی برآورد شده در سند ملی آب است. شاخص بهره‌وری آب در باغ‌های با آبیاری سطحی و با عمر بیش از ۲۰ سال و کل باغ‌های بارور (عمر بیش از ۱۰ سال) به ترتیب ۰/۵۴ و ۰/۳۵ کیلوگرم بر متر مکعب به‌دست آمد. پنجاه و سه درصد باغ‌ها دارای بهره‌وری آب کمتر از ۰/۲۰ کیلوگرم بر متر مکعب هستند. در تعدادی از باغ‌های منتخب، میزان آب آبیاری در سامانه آبیاری قطره‌ای ۸۰۰۰-۵۰۰۰ متر مکعب در هکتار و در سامانه آبیاری قطره‌ای زیرسطحی ۴۹۲۷ متر مکعب در هکتار تعیین شد که کمتر از میزان نیاز آبی ذکر شده در سند ملی آب است. شاخص بهره‌وری آب در هر یک از این سامانه‌ها (آبیاری سطحی، آبیاری قطره‌ای مرسوم و آبیاری قطره‌ای زیرسطحی) به ترتیب ۰/۶-۰/۵، ۱/۵-۰/۲۵ و ۰/۴۰۶ کیلوگرم بر متر مکعب است. مزیت نسبی روش‌های آبیاری برای باغ‌های پسته، بستگی دارد به کیفیت آب و مشخصه‌های خاک، میزان دسترسی به آب، سن درختان و مدیریت باغ.

### واژه‌های کلیدی

آب آبیاری، بهره‌وری آب، سامانه آبیاری، سند ملی

است (Horticultural Statistics, 2021). در سال ۱۳۹۸، میزان تولید پسته ایران حدود ۳۳۷ هزار تن بوده که در مقایسه با میزان تولید پسته در سال ۱۳۹۷ (۱۷۳ هزارتن)، افزایش حدود ۹۵ درصد را

### مقدمه

در کل کشور حدود ۵۱۹ هزار هکتار باغ پسته وجود دارد که از این میزان حدود ۴۰۶ هزار هکتار باغ پسته بارور و حدود ۱۱۲ هزار هکتار غیربارور

آبیاری، شوری و کیفیت خاک نیز باید مدنظر قرار گیرد.

به نظر می‌رسد مانند بسیاری از محصولات زراعی و باغی، تناسب اراضی برای پسته رعایت نشده و به همین دلیل و نیز مواردی چون نامتعادل بودن عناصر غذایی، خاک نامناسب، تغییرات اقلیمی، جانمایی نامناسب و ارقام نامناسب، اختلاف عملکردی شدید بین باغ‌های پسته ایران و امریکا وجود دارد. متوسط عملکرد پسته در ایران و امریکا به ترتیب ۸۳۲ و ۲۸۷۰ کیلوگرم در هکتار و متوسط آب آبیاری در ایران و امریکا ۹۰۰۰ و ۱۲۳۰۰ متر مکعب در هکتار است (Keshavarz et al., 2016). اگرچه میزان آب آبیاری برای پسته ۳۶/۷ درصد بیشتر است اما میزان عملکرد پسته در امریکا تقریباً ۳/۴ برابر میزان عملکرد پسته در ایران است. میزان بهره‌وری آب در تولید پسته در ایران ۹۲ گرم و در امریکا ۲۳۳ گرم (۲/۵ برابر) به‌ازای هر متر مکعب آب است. وجود این خلأ عملکردی بسیار قابل توجه نکته‌ای است بسیار ظریف و مهم در تولید پسته که بازتعریف در کشت و ایجاد باغ‌های پسته و نیز اصلاح مدیریت باغ و رفع عوامل و موانع تولید را ضروری می‌سازد. ضمن اینکه عوامل مختلف اقلیمی و طبیعی مثل دما، سرعت باد، رطوبت نسبی و حتی عرض جغرافیایی و ارتفاع از سطح دریا بر رشد و عملکرد پسته موثر است.

از کل آبی که در اختیار محصول قرار می‌گیرد فقط بخشی از آن به مصارف مفید می‌رسد. در باغ‌های پسته کشور، متوسط نیاز آبی پسته (Crop water requirement, CWR)، میزان بهره‌وری آب پسته (Crop water productivity, CWP) و میزان آب مجازی (Virtual water content) آن به ترتیب ۷۲۶۷ متر مکعب، ۰/۰۹ کیلوگرم بر متر مکعب و

نشان می‌دهد (Horticultural Statistics, 2021, 2020). میانگین عملکرد باغ‌های پسته کشور در کشت دیم و آبی به ترتیب ۲۴۵ و ۸۳۲ کیلوگرم است (Horticultural Statistics, 2021). سطح زیر کشت پسته در استان سمنان در سال ۹۷ به حدود ۲۰/۸ هزار هکتار رسید و عملکرد تر آن ۱۱۷۶ کیلوگرم در هکتار بوده است (Horticultural Statistics, 2021). روند افزایشی سطح باغ‌های پسته در استان سمنان ایجاب می‌کند تا راهکارهای مدیریتی برای تامین آب مورد نیاز باغ‌های پسته و انتخاب و توصیه روش آبیاری با حداکثر راندمان تولید مدنظر قرار گیرد.

حجم آب آبیاری به روش بیلان آب توسط موسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی برآورد شده است که بر اساس این ارقام و آمار مربوط به تولید محصولات زراعی و باغی کشور در سال‌های مختلف، مقادیر بهره‌وری آب کشاورزی از ۰/۹۴ تا ۱/۲۹ کیلوگرم بر متر مکعب متغیر و متوسط آن ۱/۰۷ کیلوگرم بر متر مکعب است. با مقایسه نتایج مشخص شد که خوشبختانه شاخص بهره‌وری آب بخش کشاورزی در کشور طی ۱۰ سال گذشته روند صعودی داشته است که این روند به معنای اثربخشی فعالیت‌ها در خصوص افزایش تولید و کاهش حجم آب آبیاری در کشور است (Abbasi et al., 2015).

نیاز آبی بسیاری از باغ‌های پسته تامین نمی‌شود و افزون بر دو سوم باغ‌ها با آب با شور بیشتر از ۴ دسی‌زیمنس بر متر آبیاری می‌شوند که اگرچه برای باغ پسته محدودکننده نیست، اما باید مراقب انباشت نمک در خاک بود و به همین دلیل و با هدف آبشویی، بیش از نیمی از باغ‌های پسته به شیوه آبیاری غرقابی آبیاری می‌شوند. افزون بر شوری آب

سطح خاک بیشتر می‌شود (ivahgan & imalsE, 1102).

مواردی که تلاش می‌شود در سامانه مناسب و مطلوب آبیاری باغ‌ها رعایت شود عبارت‌اند از: کاهش در میزان مصرف آب، افزایش رشد و بهبود عملکرد و کیفیت محصول، افزایش شاخص بهره‌وری آب، کاهش خطرهای شوری برای گیاهان، تعدیل کاربرد کودهای شیمیایی، کنترل رشد علف‌های هرز، افزایش راندمان علف‌کش‌ها، کاهش مصرف انرژی، تسهیل در عملیات کشاورزی، حفظ ساختمان خاک، حفاظت از محیط زیست، کاهش آلودگی منابع خاک و آب، خودکار کردن آبیاری، کاهش هزینه‌های کارگری، کاهش هزینه‌های کنترل علف‌های هرز و تناسب آن با انواع خاک‌ها و گیاهان و نیز امکان کاربرد آب شور در این روش آبیاری.

افزایش شوری آب و خاک باعث اختلال در جذب آب توسط گیاه، کاهش تعرق، کاهش فتوسنتز و در نهایت کاهش عملکرد خواهد شد. یافته‌های مطالعات میدانی نشان می‌دهد که محدودیت‌های دسترسی به آب، شوری آب و خاک و نیز سدیمی شدن خاک ایجاب می‌کند تا استراتژی‌های جایگزین برای پسته تعریف شود (Marino et al., 2019).

اگرچه کشت پسته در شهرستان دامغان دارای اهمیت است اما به دلیل محدودیت دسترسی به آب در منطقه برای تامین آب آبیاری مورد نیاز و نیز به دلیل شرایط نامتعارف آب و خاک منطقه، مستلزم مدیریت مصرف آب و بهینه‌سازی آن نیز هست. تحلیل مدیریت مصرف آب پسته مستلزم شناخت وضع حاضر مصرف آب و میزان تولید در سطح مزارع کشاورزان و ارزیابی مدیریت‌هایی است که به کار گرفته می‌شوند و مشخصاً باید تعیین شود بهره‌وری آب در شرایط حاضر در مزارع کشاورزان و

۱۱/۵۳ متر مکعب بر کیلوگرم گزارش شده است (Rouhani et al., 2008). میزان آب آبیاری در روش سنتی تا ۹۰۰۰ متر مکعب در هکتار نیز می‌رسد (Mohammadi Mohammadabadi et al., 2008). میزان آب آبیاری برای پسته در استان سمنان بین ۵۷۰۰-۶۲۰۰ متر مکعب در هکتار اعلام شده است که با توجه به متوسط عملکرد ۱۱۳۸ کیلوگرم در هکتار (وزن خشک)، بهره‌وری آب آبیاری در تولید پسته ۰/۱۸-۰/۲۰ کیلوگرم بر متر مکعب است (Tavakoli, 2021) که با توجه به متوسط قیمت فروش آن (۱۳۰ هزار تومان به ازای هر کیلوگرم)، بهره‌وری اقتصادی ناخالص آب برابر ۲۳۸۶۲ ریال بر متر مکعب به دست آمد (Tavakoli, 2021).

مصارف غیرمفیدی که در مقیاس باغ‌های پسته می‌توان مشاهده کرد شامل تلفات تبخیر، نفوذ عمقی (که مورد استفاده گیاه واقع نشود) و مصرف توسط علف‌های هرز است و وجود همین منابع مصرف غیر مفید، سبب بروز نارسایی‌هایی در سامانه‌های آبیاری سنتی می‌شود.

در مقایسه روش‌های آبیاری سطحی در باغ‌های پسته با آب شور، در پژوهشی گزارش شده است که با کاهش عرض نوارهای آبیاری از حدود ۱۰-۸ متر به ۲-۳ متر به میزان ۴۰-۲۰ درصد در مصرف آب در هر نوبت صرفه‌جویی می‌شود. البته نتایج این روش نشانگر افزایش شوری خاک در بین ردیف‌هاست که توصیه شده است با آبخوبی زمستانه، شوری خاک را برای فصل بعد کاهش دهند (Esmaeili et al., 2004).

با بررسی دو عمق کارگذاری لوله در آبیاری قطره‌ای زیرسطحی (۵۰ و ۷۰ سانتی‌متر) و بررسی نیمرخ شوری عصاره اشباع خاک مشخص شد که هر چه عمق کارگذاری لوله کمتر باشد، تجمع املاح در

نقصان کیفیت آب مشکلات لاینحلی را به دنبال خواهد داشت.

این تحقیق برای تعیین مصارف آب پسته، وضعیت شاخص بهره‌وری آب و روابط بین بهره‌وری آب با برخی شاخص‌ها و نیز مقایسه مشخصه‌های باغ‌های تحت سامانه‌های مختلف آبیاری به‌اجرا درآمد.

### روش تحقیق

این پژوهش در دو بخش در سطح باغ‌های پسته شهرستان دامغان در استان سمنان اجرا شد. اطلاعات مورد استفاده در این تحقیق از طریق دریافت داده‌های پرسشنامه‌ای از کشاورزان، پرونده اطلاعات باغ‌ها در مدیریت شهرستان و مشارکت کارشناسان اجرایی تهیه و تحلیل شد.

از میان بهره‌برداران مناطق مختلف دامغان، تعدادی نمونه به شیوه نمونه‌گیری تصادفی انتخاب شد. از ۱۴۸ باغ منتخب مورد مطالعه در نقاط مختلف شهرستان دامغان، ۳۶ باغ به‌دلیل داشتن درختان کمتر از ۱۰ سال یا تغییر شرایط دسترسی به آب در شرایط فعلی و بر اساس نظر کارشناسی، از فرآیند بررسی کنار گذاشته شدند. با بهره‌برداران یا مدیران مزرعه ۱۱۲ باغ پسته مصاحبه و اطلاعات مدنظر جمع‌آوری شد.

### الف) سامانه‌های آبیاری سطحی

در این بخش، با مشارکت کارشناسان بخش اجرا و ایستگاه تحقیقات پسته دامغان ۱۱۲ باغ از باغ‌های پسته تحت سامانه آبیاری سطحی، بافت مختلف خاک، مقادیر مختلف آب آبیاری و سن مختلف درختان، انتخاب و بررسی شدند.

در زمینه برنامه آبیاری این باغ‌ها هیچ گونه دخالت یا پیشنهادی صورت نگرفت و شرایط موجود

مدیریت‌های مختلف چقدر است و با شناسایی معضلات آن، راهکارهای بهبود پیشنهاد و در باره آنها تحقیق شود.

دور آبیاری طولانی و قطع آب از اردیبهشت تا خرداد ماه باعث افزایش پسته‌های زود خندان منظم می‌شود ولی هرچه زمان قطع آبیاری به مراحل انتهایی فصل رشد نزدیک‌تر باشد، میزان زودخندانی تا حدودی کمتر می‌شود (Sedaghati et al., 2008).

بر اساس نتایج به دست آمده از مقایسه آبیاری قطره‌ای زیرسطحی با آبیاری قطره‌ای مرسوم گزارش شده است که آبیاری قطره‌ای زیرسطحی افزایش قابل توجه راندمان و یکنواختی آبیاری، کارایی بهتر کود، کاهش قابل توجه در ابتلا به بیماری آلترناریا و نیز برگشت سریع هزینه‌ها در اثر افزایش محصول را به همراه دارد (Burt, (Dastorani et al., 2008) (1996) و سعی در دگرگونی سامانه‌های آبیاری در مناطق خشک و نیمه خشک و ترویج و توسعه روش‌های مدرن سازگار با این شرایط مهم‌ترین و اولویت‌دارترین گام برای استفاده بهینه از آب و تولید محصول بیشتر با آب موجود است (Dastarani et al., 2008).

درخت پسته به‌رغم مقاومت بالا در شرایط تنش آبی شدید، نیاز آبی بالایی نیز دارد و برای غلبه بر این مسئله، کم‌آبیاری تنظیم شده به‌عنوان روشی برای صرفه‌جویی در آب، بدون تأثیر بر عملکرد، مدنظر قرار گرفت (Pérez-López et al., 2018). با اصلاح سامانه‌های آبیاری در باغ‌های پسته، ضمن کاهش تقاضا و صرفه‌جویی در مصرف آب، امکان توزیع مناسب‌تر آب قابل دسترس را مهیا می‌کند و در صورت استمرار شرایط فعلی با افزایش افت سطح آب‌های زیرزمینی، افزایش بیلان منفی سفره و

## نتایج و بحث

### الف) ارزیابی باغ‌های پسته

صد و دوازده باغ منتخب بر اساس سن درختان به سه گروه باغ مثمر ۲۰-۱۰ ساله، باغ مثمر بیشتر از ۲۰ سال و باغ مثمر بزرگتر از ۱۰ سال و از نظر بافت خاک در چهار گروه رسی، شنی، لومی، و لوم رسی تقسیم‌بندی شدند.

### در گروه سنی ۱۰ تا ۲۰ سال و ۷۸ نمونه باغ

در باغ‌های در گروه سنی ۱۰ تا ۲۰ ساله، شامل ۷۸ باغ، متوسط عملکرد ۲۲۷۶ و حداکثر عملکرد ۱۵۰۰۰ کیلوگرم در هکتار است. در این گروه، متوسط آب آبیاری ۸۰۶۹ متر مکعب در هکتار و حداکثر آن ۱۰۸۰۰ متر مکعب در هکتار است. متوسط سن درختان در این گروه ۱۶/۳ سال و حداکثر آن ۲۰ سال است. متوسط شاخص بهره‌وری آب در این گروه سنی درختان، ۰/۲۷ کیلوگرم بر متر مکعب و حداکثر آن ۱/۴۷ کیلوگرم بر متر مکعب است. تغییرات میزان عملکرد، آب آبیاری و مقدار بهره‌وری آب برای باغ‌ها در گروه سنی ۱۰ تا ۲۰ سال در شکل‌های ۱ تا ۳ نشان داده شده است.

بر این اساس، ۳۳/۳ درصد باغ‌ها دارای عملکرد کمتر از یک تن در هکتار و ۷۸/۲ درصد دارای عملکردی کمتر از ۳ تن در هکتار است. فقط ۱۲/۸ درصد باغ‌ها عملکرد بیش از ۴ تن در هکتار دارند. یکی از دلایل پایین بودن عملکرد (کمتر از یک تن در هکتار) می‌تواند به سال‌آوری باغ‌های پسته مربوط باشد.

بررسی و مستند گردید. اطلاعات لازم مانند سن باغ، بافت خاک، نوع منبع آبی، دبی منبع آبی، دور آبیاری و ساعت آبیاری در ماه‌های مختلف و ... از طریق پرسشنامه اخذ شد. با داشتن اطلاعات برنامه آبیاری، میزان کل حجم آب آبیاری محاسبه شد. در کشاورزی عموماً از بهره‌وری فیزیکی آب استفاده می‌شود که از نسبت عملکرد محصول به مقدار آب مورد استفاده حاصل می‌شود. در پایان فصل با تعیین عملکرد باغ و داشتن میزان کل آب آبیاری، شاخص بهره‌وری آب با استفاده از معادله ۱ محاسبه شد.

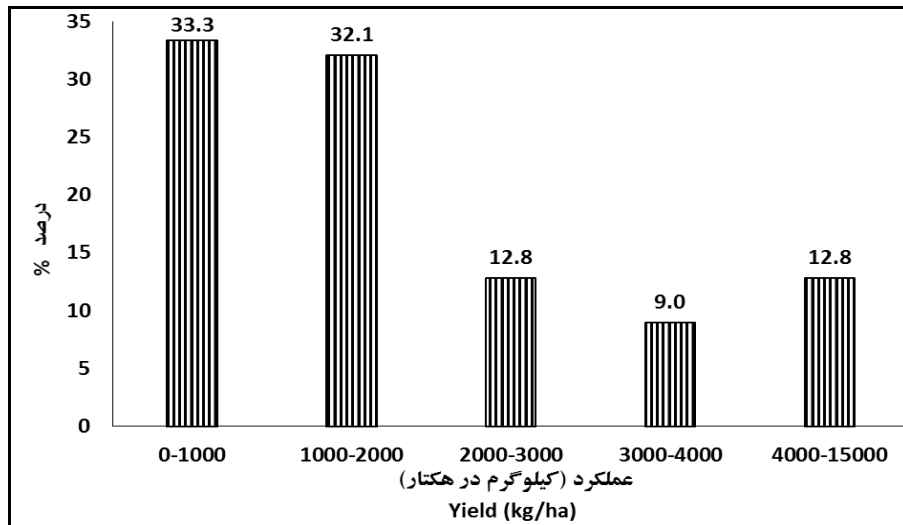
$$WP = \frac{Yield}{WU} \quad (1)$$

که در آن،

Yield = عملکرد تر محصول پسته (کیلوگرم در هکتار)؛ WU = میزان آب آبیاری (متر مکعب در هکتار)؛ و WP = شاخص بهره‌وری آب آبیاری (کیلوگرم بر متر مکعب).

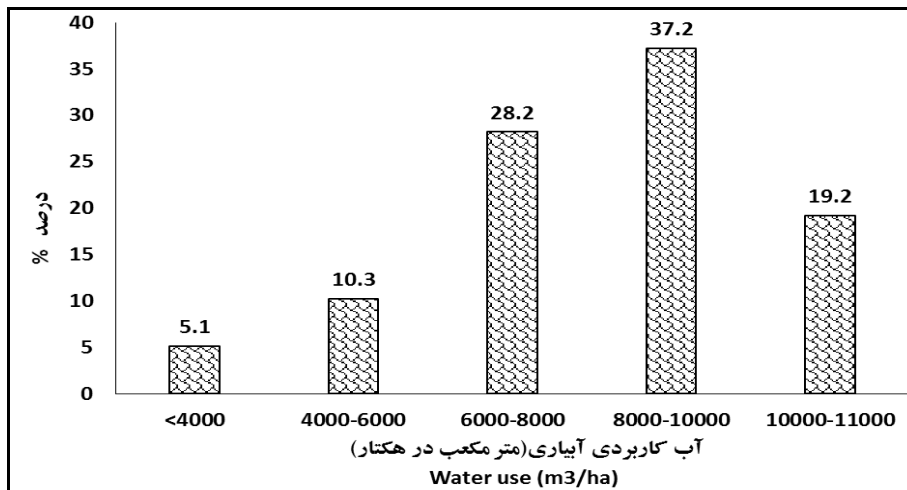
### ب) مقایسه مشخصه‌های باغ‌های تحت سامانه‌های مختلف آبیاری

سه روش آبیاری سطحی (غرقابی)، آبیاری قطره‌ای سطحی و آبیاری قطره‌ای زیرسطحی در ۷ باغ منتخب از منظر عملکرد تر پسته (کیلوگرم در هکتار)، میزان آب آبیاری (متر مکعب در هکتار) و شاخص بهره‌وری آب آبیاری (کیلوگرم بر متر مکعب) و با استفاده از معادله ۱ مشخصه‌های آنها ارزیابی شد.



شکل ۱- تغییرات عملکرد در ۷۸ باغ پسته دارای درختان ۱۰ تا ۲۰ سال

Figure ۱- Pistachio Yield changes (No=78) with trees ages between 10 and 20 years

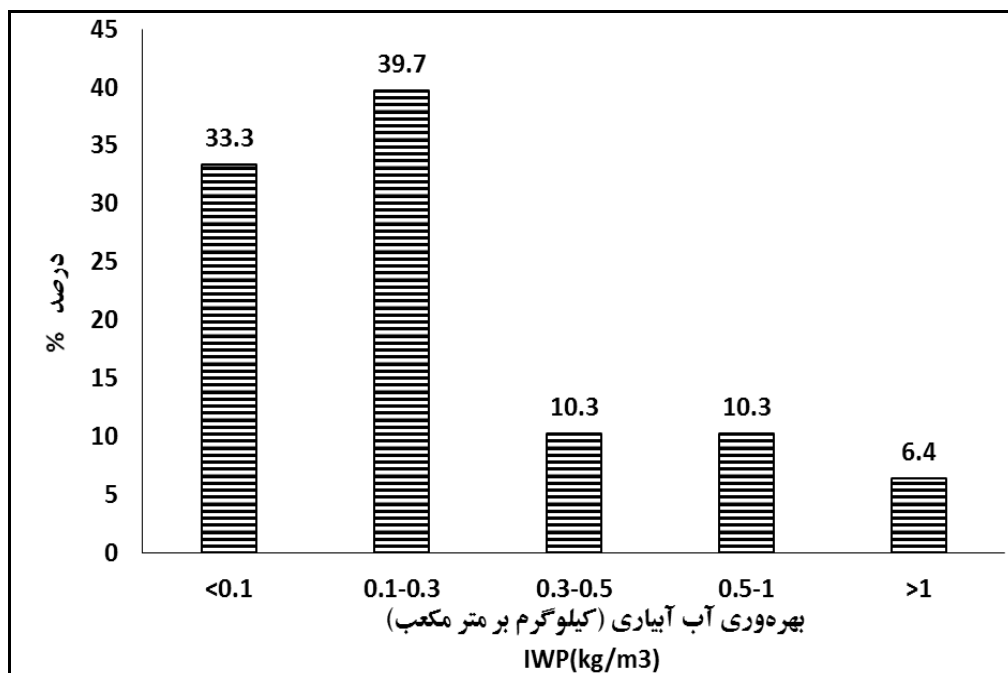


شکل ۲- تغییرات آب آبیاری در ۷۸ باغ پسته دارای درختان ۱۰ تا ۲۰ سال

Figure ۲- Pistachio Irrigation water changes (No=78) with trees ages between 10 and 20 years

پانزده و چهاردهم درصد باغ‌ها با میزان آب کمتر از ۶۰۰۰ متر مکعب در هکتار آبیاری می‌شوند، ۴۳/۶ درصد باغ‌ها کمتر از ۸۰۰۰ متر مکعب در هکتار، ۳۷/۲ درصد باغ‌ها ۸۰۰۰ تا ۱۰۰۰۰ متر مکعب در هکتار و ۱۹/۲ درصد باغ‌ها بین ۱۰۰۰۰ تا ۱۱۲۳۲ متر مکعب در هکتار آب آبیاری دریافت می‌کنند.

شاخص بهره‌وری آب در ۳۳/۳ درصد باغ‌ها کمتر از ۰/۱ کیلوگرم بر متر مکعب، در ۳۹/۷ درصد باغ‌ها بین ۰/۱ تا ۰/۳ کیلوگرم بر متر مکعب و در ۲۷ درصد باغ‌ها بیش از ۰/۳ کیلوگرم بر متر مکعب محاسبه شده است.



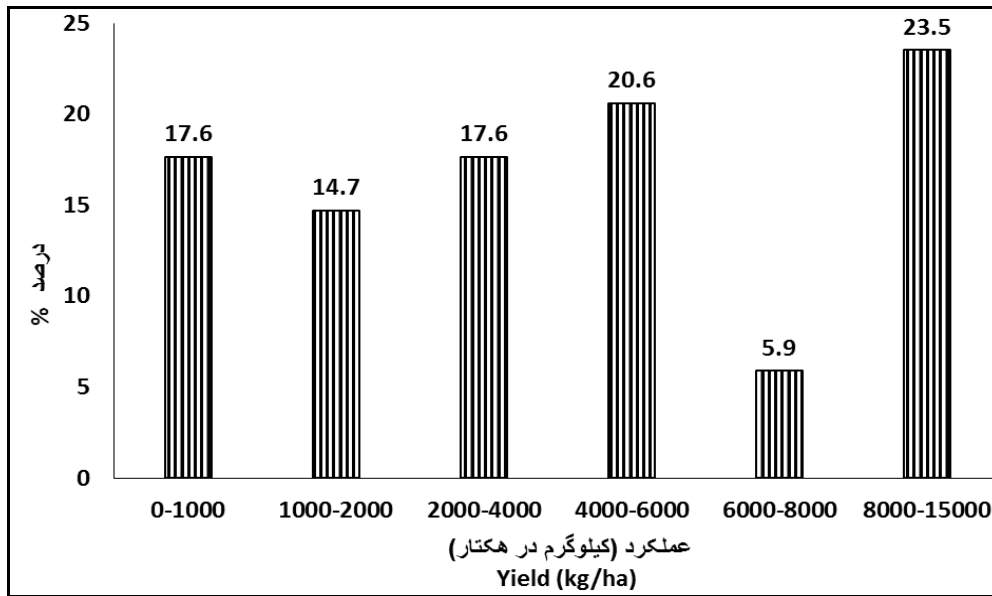
شکل ۳- تغییرات بهره‌وری آب در ۷۸ باغ پسته دارای درختان ۱۰ تا ۲۰ سال

Figure ۳- Pistachio Water productivity changes (No=78) with trees ages between 10 and 20 years

تغییرات میزان عملکرد، آب آبیاری و مقدار بهره‌وری آب برای باغ‌ها در گروه سنی بالای ۲۰ سال در شکل‌های ۴ تا ۶ نشان داده شده است. بر این اساس، ۳۲/۴ درصد باغ‌ها دارای عملکرد کمتر از ۲ تن در هکتار، ۱۷/۶ درصد دارای عملکرد بین ۲ تا ۴ تن در هکتار، ۲۶/۵ درصد دارای عملکردی بین ۴ تا ۸ تن در هکتار، ۵۰ درصد دارای عملکردی بیش از ۴ تن در هکتار و ۲۳/۵ درصد باغ‌ها دارای عملکردی بیش از ۸ تن در هکتار (تا ۱۵۰۰۰ کیلوگرم در هکتار) است.

#### در گروه سنی بالای ۲۰ سال، ۳۴ نمونه باغ

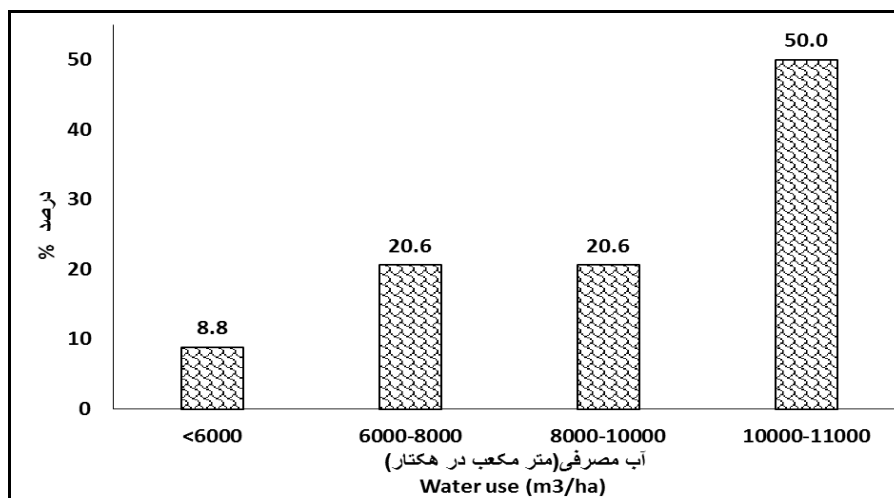
در باغ‌های گروه سنی بیشتر از ۲۰ ساله، شامل ۳۴ باغ، متوسط عملکرد ۴۹۵۰ کیلوگرم در هکتار و حداکثر عملکرد ۱۵۰۰۰ کیلوگرم در هکتار است. در این گروه، متوسط آب آبیاری ۹۰۹۴ متر مکعب در هکتار و حداکثر آن ۱۱۲۳۲ متر مکعب در هکتار است. متوسط سن درختان در این گروه ۳۱ سال و حداکثر آن ۵۰ سال است. متوسط شاخص بهره‌وری آب در این گروه سنی درختان، ۰/۵۴ کیلوگرم بر متر مکعب و حداکثر آن ۱/۸۳ کیلوگرم بر متر مکعب است.



شکل ۴- تغییرات عملکرد در ۳۴ باغ پسته دارای درختان بیشتر از ۲۰ سال  
Figure 4- Pistachio Yield changes (No=34) with trees ages more than 20 years

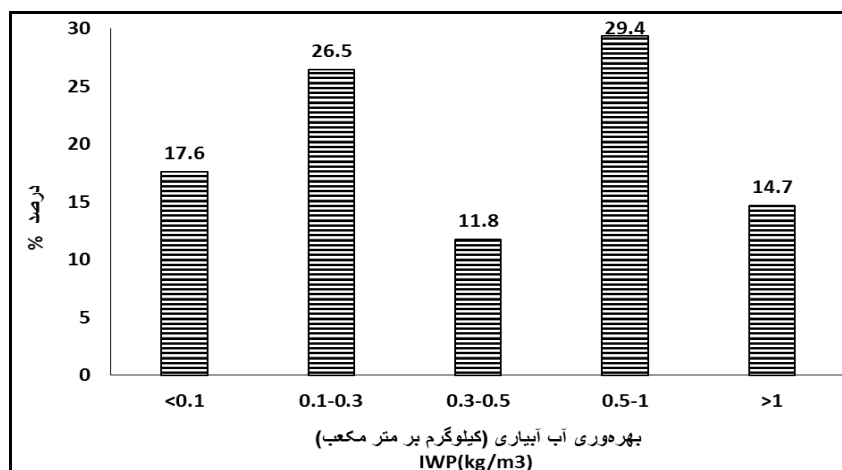
تحقیق است و بسته به نوع باغ و فصل رشدی، میزان مصرف آب آبیاری متفاوت است به نحوی که طی گزارشی مشخص شد که بین ۷۱۹ تا ۹۶۵ میلی‌متر آب آبیاری در طول فصل رشد مصرف شده که همراه با آب آبیاری خارج فصل، مجموع آب آبیاری ۱۱۲۵ تا ۱۲۲۲ میلی‌متر است که بالاتر از تبخیر - تعرق مرجع بوده است (Hart et al., 2009).

فقط ۸/۸ درصد باغ‌ها میزان آب آبیاری کمتر از ۶۰۰۰ متر مکعب در هکتار، ۴۱/۲ درصد باغ‌ها میزان آب آبیاری ۶۰۰۰ تا ۱۰۰۰۰ متر مکعب در هکتار، ۵۰ درصد باغ میزان آب آبیاری ۱۰۰۰۰ تا ۱۱۲۳۲ متر مکعب در هکتار و ۷۰/۶ درصد باغات میزان آب آبیاری بیش از ۸۰۰۰ متر مکعب در هکتار دریافت می‌کنند. سوابق پژوهشی، موید نتایج این



شکل ۵- تغییرات آب آبیاری در ۳۴ باغ پسته دارای درختان بیشتر از ۲۰ سال  
Figure 5- Pistachio Irrigation water changes (No=34) with trees ages more than 20 years





شکل ۶- تغییرات بهره‌وری آب در ۳۴ باغ پسته دارای درختانی با سن بین ۱۰ تا ۲۰ سال

Figure 6- Pistachio Water productivity changes (No=34) with trees ages more than 20 years

تغییرات میزان عملکرد، آب آبیاری و مقدار بهره‌وری آب برای این باغ‌ها در شکل‌های ۷ تا ۹ نشان داده شده است.

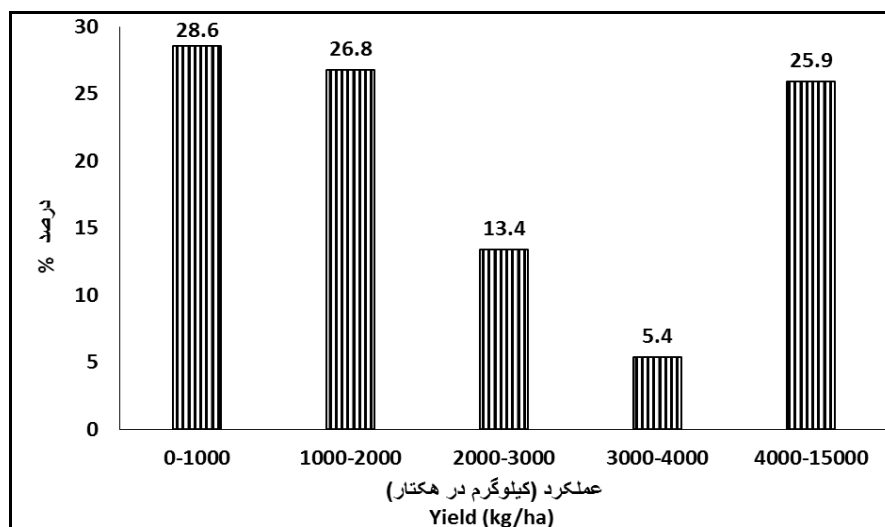
بر این اساس ۲۸/۶ درصد باغ‌ها دارای عملکرد کمتر از یک تن در هکتار، ۵۵/۴ درصد دارای عملکرد کمتر از ۲ تن در هکتار، ۳۱/۳ درصد دارای عملکرد بیش از ۳ تن در هکتار و ۲۵/۹ درصد دارای عملکردی بیش از ۴ تن در هکتار (تا ۱۵۰۰۰ کیلوگرم در هکتار) هستند.

فقط ۱۳/۴ درصد مجموع ۱۱۲ باغ دارای میزان آب آبیاری کمتر از ۶۰۰۰ متر مکعب در هکتار، ۲۵/۹ درصد دارای میزان آب آبیاری ۶۰۰۰ تا ۸۰۰۰ متر مکعب در هکتار، ۳۲/۱ درصد دارای میزان آب آبیاری ۸۰۰۰ تا ۱۰۰۰۰ متر مکعب در هکتار، ۲۸/۶ درصد دارای میزان آب آبیاری ۱۰۰۰۰ تا ۱۱۲۳۲ متر مکعب در هکتار و ۶۰/۷ درصد دارای میزان آب آبیاری بیش از ۸۰۰۰ متر مکعب در هکتار هستند.

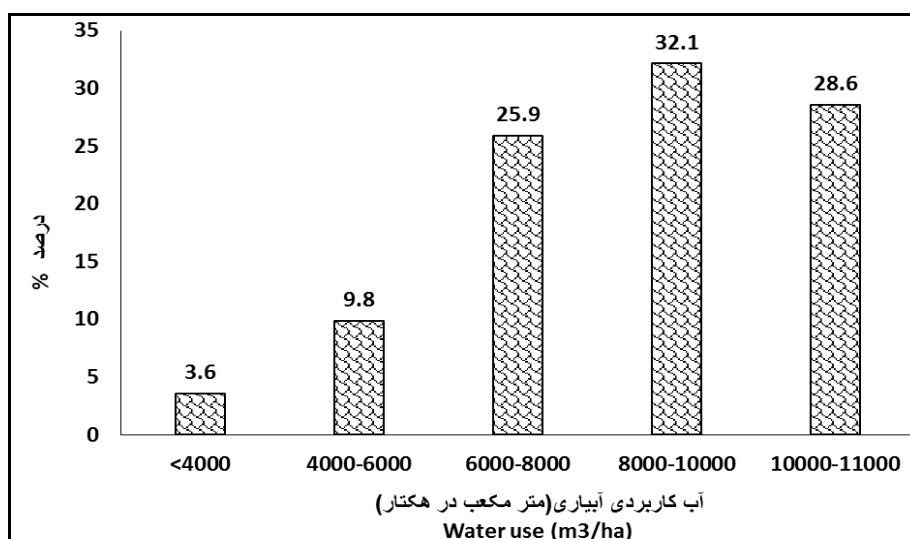
مطابق با شکل ۶، حدود ۱۷/۶ درصد باغ‌ها دارای شاخص بهره‌وری آب کمتر از ۰/۱ کیلوگرم بر متر مکعب، ۲۶/۵ درصد باغ‌ها دارای شاخص بهره‌وری آب بین ۰/۱ تا ۰/۳ کیلوگرم بر متر مکعب، ۵۵/۹ درصد باغ‌ها دارای شاخص بهره‌وری آب کمتر از ۰/۵ کیلوگرم بر متر مکعب و فقط ۴۴/۱ درصد باغ‌ها دارای شاخص بهره‌وری آب بیش از ۰/۵ کیلوگرم بر متر مکعب هستند.

#### در مجموع ۱۱۲ نمونه باغ

در مجموع باغ‌ها (شامل ۱۱۲ باغ ۱۰ سال به بالا)، متوسط عملکرد ۳۰۸۸ کیلوگرم در هکتار و حداکثر عملکرد ۱۵۰۰۰ کیلوگرم در هکتار است. در این مجموعه، متوسط آب آبیاری ۸۳۸۰ متر مکعب در هکتار و حداکثر آن ۱۱۲۳۲ متر مکعب در هکتار است. متوسط سن درختان در این گروه ۲۰/۸ سال و حداکثر آن ۵۰ سال است. متوسط شاخص بهره‌وری آب در این مجموعه ۰/۳۵ کیلوگرم بر متر مکعب و حداکثر آن ۱/۸۳ کیلوگرم بر متر مکعب است.



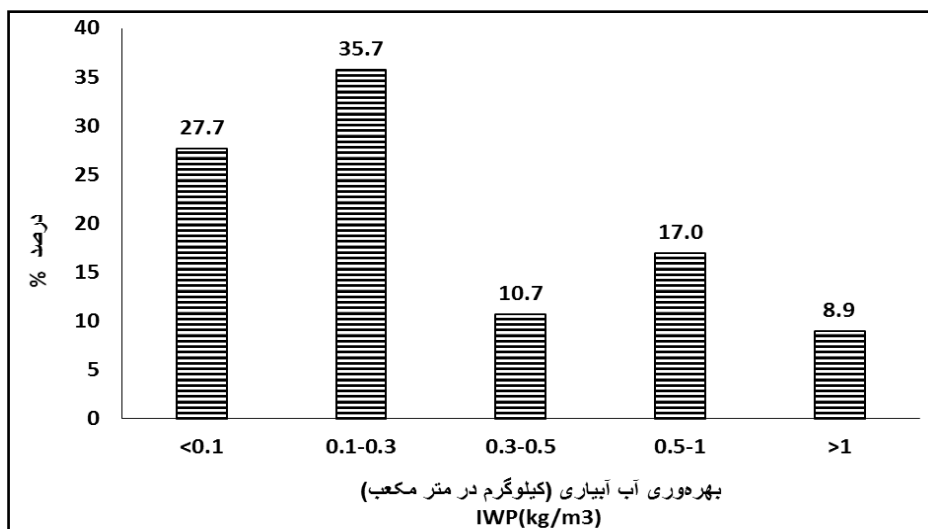
شکل ۷- تغییرات عملکرد در مجموع ۱۱۲ باغ پسته دارای درختان از ۱۰ سال به بالا  
Figure 7- Pistachio Yield changes (No=112) with trees ages more than 10 years



شکل ۸- تغییرات آب آبیاری در مجموع ۱۱۲ باغ پسته دارای درختان ۱۰ سال به بالا  
Figure 8- Pistachio Irrigation water changes (No=112) with trees ages more than 10 years

آب در باغ‌های پسته مطلوب نیست. بیشترین و کمترین بهره‌وری آب مربوط به تیمارهای آبیاری نواری ۱ متری با دور ۳۰ روز و آبیاری غرقابی با دور ۶۰ روز و به ترتیب برابر ۰/۲۶۶ و ۰/۱۱۹ کیلوگرم بر متر مکعب گزارش شده است (Sedaghati et al., 2009).

بیست و هفت و هفت دهم (۲۷/۷) درصد باغ‌ها دارای شاخص بهره‌وری آب کمتر از ۰/۱ کیلوگرم بر متر مکعب، ۶۳/۴ درصد دارای شاخص بهره‌وری آب کمتر از ۰/۳ کیلوگرم بر متر مکعب و فقط ۲۵/۹ درصد باغ‌ها دارای شاخص بهره‌وری آب بیش از ۰/۵ کیلوگرم بر متر مکعب هستند. نتایج پژوهش‌های محققان دیگر نیز نشان می‌دهد که وضعیت بهره‌وری



شکل ۹- تغییرات بهره‌وری آب در ۱۱۲ باغ پسته دارای درختان ۱۰ سال به بالا

Figure 9- Pistachio Water productivity changes (No=112) with trees ages more than 10 years

#### ارزیابی از منظر بافت خاک

بهره‌وری آب در باغ‌های دارای بافت خاک رسی و لوم رسی تقریباً یکسان است (۰/۲۲ و ۰/۲۵ کیلوگرم بر متر مکعب) و بعد از آن باغ‌های دارای خاک با بافت شنی و لومی قرار دارند (به ترتیب ۰/۱۳ و ۰/۱۰ کیلوگرم بر متر مکعب) (جدول ۱). باید توجه داشت که تعداد نمونه‌های باغ دارای بافت شنی بسیار محدود است و اطلاعات آنها قابل مقایسه با اطلاعات دیگر باغ‌ها نیست که بافت‌های متفاوت دارند.

از نگاه بافت خاک و تاثیر آن بر عملکرد و بهره‌وری آب و با توجه به رابطه ذاتی بین بافت خاک و آب آبیاری، نتایج بررسی‌ها در جدول ۱ خلاصه شده است. این جدول نشان می‌دهد که از ۱۱۲ نمونه باغ دارای اطلاعات خاک، فراوانی باغ‌های دارای خاک با بافت رسی، لوم رسی، لومی و شنی دارای فراوانی به ترتیب ۵۷، ۳۳، ۲۰ و ۲ است.

جدول ۱ - خلاصه اطلاعات مربوط به بهره‌وری آب، آب آبیاری و عملکرد باغ‌های پسته

Table ۱- Summary of information related to water productivity, irrigation water and yield of pistachio

متوسط عملکرد (کیلوگرم در هکتار) Avg. Yield (kg.ha <sup>-1</sup> )	متوسط آب آبیاری (متر مکعب در هکتار) Avg. Irrigation water (m <sup>3</sup> .ha <sup>-1</sup> )	متوسط سن درخت Avg. Tree age	متوسط بهره‌وری آب، (کیلوگرم بر متر مکعب) Avg. Water productivity (kg.m <sup>-3</sup> )	
1979	8707	20.5	0.22	رسی clay
1100	8932	15.0	0.13	شنی sand
1023	6985	17.2	0.10	لومی loam
2505	8629	22.5	0.25	لوم رسی loam clay
2334	8079	16.3	0.27	>20 سن age
4950	9094	31.0	0.54	>20 سن age
3088	8380	21.8	0.35	>10 سن age

نتایج بررسی‌ها نشان می‌دهد که از نظر سن نیز شرایطی مشابه شاخص بهره‌وری آب برای باغ‌ها با توجه به بافت آنها حاکم است. کمترین میزان مصرف آب به باغ‌های دارای بافت خاک لوم رسی اختصاص دارد و باغ‌های دارای خاک رسی و لومی شرایط تقریباً یکسان و بیشترین مصرف آب در باغ‌های دارای خاک شنی دیده می‌شود و کاملاً هم قابل انتظار است. کمترین میزان عملکرد مربوط به باغ‌های دارای خاک شنی و بیشترین عملکرد مربوط به باغ‌های دارای خاک لوم رسی است و می‌توان گفت این بافت خاک دارای مطلوبیت بیشتری برای کاشت درختان پسته در شرایط آبیاری سطحی است.

#### ب) مقایسه مشخصه‌های باغ‌های تحت سامانه‌های مختلف آبیاری

ارزیابی عملکرد سامانه‌ها در شرایط بهره‌بردار، دقیق‌ترین اطلاعات را بروز خواهد داد. در این راستا دو نمونه باغ در شرایط آبیاری غرقابی (سطحی)، چهار نمونه باغ در شرایط آبیاری قطره‌ای مرسوم و یک باغ در شرایط آبیاری قطره‌ای زیرسطحی، انتخاب و اطلاعات لازم دریافت و میزان آب آبیاری، عملکرد و شاخص بهره‌وری آب در هر یک از این شرایط اندازه‌گیری و تعیین شد. در تمامی این سامانه‌ها، آبیاری زمستانه پیش‌بینی شده است و آبشویی زمستانه به منظور کنترل املاح خاک ناشی از کیفیت آب و خاک منطقه، بخش مهمی از مدیریت باغ محسوب می‌شود.

نتایج تحقیق نشان می‌دهد در حالی که آب آبیاری در هر نوبت در آبیاری سطحی ۲۰۰۰-۱۷۲۸ متر مکعب در هکتار اندازه‌گیری شد در آبیاری قطره‌ای سطحی ۳۲۰-۱۹۲ متر مکعب در هکتار در هر نوبت و در آبیاری قطره‌ای زیرسطحی برابر ۶۰ متر مکعب در هکتار در هر نوبت (و البته با تواتر

فراوان) بوده است. کل آب آبیاری در آبیاری سطحی ۱۰ هزار متر مکعب در هکتار و در آبیاری قطره‌ای سطحی ۸۰۰۰-۵۰۰۰ متر مکعب در هکتار و در آبیاری قطره‌ای زیرسطحی برابر ۴۹۲۷ متر مکعب در هکتار بوده است (جدول ۲). در پژوهشی در کرمان، میزان آب آبیاری در آبیاری قطره‌ای زیرسطحی برابر ۴۳۹۸ متر مکعب در هکتار گزارش شده است (Sedaghati et al., 2012). عبدالهی عزت‌آبادی و محمدی محمدآبادی (Abdollahi ezzatabadi, & Mohammadi Mohammad abadi, 2019) گزارشی مقدار بهینه مصرف آب در باغ‌های پسته را ۱۲۰۰۰ تا ۱۶۰۰۰ متر مکعب در هکتار اعلام کرده‌اند، محمدی محمدآبادی و همکاران گزارش می‌دهند که میزان آب آبیاری پسته در روش سنتی تا ۹۰۰۰ متر مکعب در هکتار نیز می‌رسد. علاوه بر این مقدار بهینه مصرف آب پسته در آمریکا نیز ۱۲۰۰۰ متر مکعب در هکتار گزارش شده است (Ferguson & Haviland, 2016).

علاوه بر میزان آب آبیاری در هر یک از این سامانه‌ها که بسیار مهم و تاثیرگذار است، شاخص بهره‌وری آب در هر یک از این سامانه‌ها (آبیاری سطحی، آبیاری قطره‌ای مرسوم و آبیاری قطره‌ای زیرسطحی) به ترتیب ۰/۶ - ۰/۵، ۱/۵ - ۰/۲۵ و ۰/۴۰۶ کیلوگرم بر متر مکعب است. با توجه به یک نمونه آبیاری قطره‌ای زیرسطحی، بدیهی است که نمی‌توان قضاوت نهایی در باره این موضوع کرد. در خصوص دامنه بهره‌وری آب در آبیاری قطره‌ای سطحی نیز باید توجه داشت که وارثه درخت، تراکم درختان، عرض نوار آبیاری، سن درختان، بافت و کیفیت خاک، و کیفیت آب که بر عملکرد و اثربخشی آبیاری تاثیرگذار هستند، بر شاخص بهره‌وری آب نیز تاثیر می‌گذارند. ضمن اینکه ارزیابی

طراحی، اجرا و مدیریت بهره‌برداری آبیاری قطره‌ای بسیار مهم است (Tabatabaei & Babazadeh, 2009). در شناسایی نقاط ضعف سامانه و بهبود عملکرد آن

جدول ۲ - خلاصه اطلاعات مربوط به روش‌های آبیاری باغ‌های پسته و مقایسه آن با اسناد ملی

Table ۲- Summary of information related to irrigation methods of pistachio orchards and its comparison with national documents

متوسط آب آبیاری (متر مکعب در هکتار) Avg. Irrigation water ( $m^3 \cdot ha^{-1}$ )	روش / سامانه آبیاری Irrigation method	مکان Location
10000	آبیاری سطحی Surface irrigation	حومه دامغان Around Damghan
10000	آبیاری سطحی Surface irrigation	بخش مرکزی دامغان
5000	آبیاری قطره‌ای سطحی Surface drip irrigation	Central area of Damghan
6000	آبیاری قطره‌ای سطحی Surface drip irrigation	بخش امیرآباد دامغان Amirabad area of Damghan
8000	آبیاری قطره‌ای سطحی Surface drip irrigation	بخش مرکزی دامغان Central area of Damghan
5400	آبیاری قطره‌ای سطحی Surface drip irrigation	
4927	آبیاری قطره‌ای زیرسطحی Subsurface drip irrigation	
نیاز آبی (میلی‌متر) (متر مکعب در هکتار) Water requirement (mm) ( $m^3 \cdot ha^{-1}$ )	سوابق محاسباتی مبتنی بر داده Computational	
(6240) 624	(Farshi et al., 1997) CROPWAT	
(9230) 923	(Alizadeh and Kamali, 2008) NETWAT	دامغان
(9610) 961	(Alizadeh and Kamali, 2008) OPTIWAT	Damghan region
متوسط آب آبیاری (متر مکعب در هکتار) Avg. Irrigation water ( $m^3 \cdot ha^{-1}$ )	سابقه برآوردی Estimated	کشور Iran
9000	Keshavarz et al., 2016	

ذخیره رطوبتی مناسب در خاک و محدوده توسعه ریشه و (۳) کنترل سهم تلفات تبخیری در صورت اتخاذ تمهیدات مدیریتی در باغ. تلفات تبخیری در زمان پس از آبیاری و نیز نفوذ عمقی (در مقیاس مزرعه و در صورتی که به مصرف گیاه نرسد) از محدودیت‌های این روش است. در آبیاری سطحی، فاصله آبیاری‌ها زیاد اما حجم آب آبیاری در هر نوبت هم بالاست که میزان نفوذ آب در خاک به مراتب بیش از شرایط آبیاری قطره‌ای است و بدین ترتیب

موضوع دیگر در باغ‌های پسته، نظام دسترسی به آب است که گاهی یک منبع آبی (چاه) بین چندین بهره‌بردار مشترک است. در این موارد سهم هر یک از بهره‌برداران متفاوت اما دور آبیاری ثابت در باغ‌های پسته برقرار است.

داده‌های باغ‌ها نشان می‌دهد که دور آبیاری در شرایط آبیاری سطحی، افزون بر ۴۰ روز، همراه است با حجم زیاد آب در هر نوبت که سه مزیت ویژه به همراه دارد: (۱) آبخسویی خاک (۲) ایجاد ظرفیت

### نتیجه‌گیری

متوسط آب آبیاری در روش آبیاری سطحی در باغ‌های بهره‌برداران حدود ۸۳۸۰ متر مکعب در هکتار برآورد شد که کمتر از مقادیر اسناد نیاز آبی است. میزان آب آبیاری در آبیاری قطره‌ای ۸۰۰۰-۵۰۰۰ متر مکعب در هکتار و در آبیاری قطره‌ای زیرسطحی ۴۹۲۷ متر مکعب در هکتار کمتر از سند ملی است. اما این موضوع به معنای مزیت آبیاری‌های قطره‌ای یا زیرسطحی بر آبیاری سطحی نیست. نکته ظریف در مدیریت آبیاری سطحی باغ‌های پسته، ضرورت اصلاح برنامه آبیاری در باغ‌ها و در پیش گرفتن تمهیداتی برای کاهش تلفات و حفظ رطوبت است.

متوسط شاخص بهره‌وری آب در درختان بالای ۲۰ سال باغ‌های منتخب برابر ۰/۵۴ کیلوگرم بر متر مکعب و در مجموع نمونه‌ها (۱۱۲ نمونه) برابر ۰/۳۵ کیلوگرم بر متر مکعب به دست آمد. حدود ۵۳ درصد باغ‌ها دارای بهره‌وری آب کمتر از ۰/۲۰ کیلوگرم بر متر مکعب هستند.

در تحلیل شاخص بهره‌وری و عملکرد باغ‌های پسته، علاوه بر مدیریت باغ، باید به دیگر عوامل مثل سن درخت، رقم، کیفیت آب و خاک، مشخصه‌های خاک، همسویی داده‌های اقلیمی و تغذیه گیاهی، فرآیند و سهولت جذب عناصر غذایی و ... نیز توجه کرد. دامنه تغییرات آب مصرفی - عملکرد و تحلیل شاخص بهره‌وری آب، حاکی از وجود خلأ عملکرد و خلأ بهره‌وری آب و تولید در باغ‌های پسته دامغان است و با انتخاب الگوهای برتر و ارائه توصیه‌های فنی تکمیلی در قالب اقدامات آموزشی ترویجی، خلأهای موجود را برطرف کرد.

تعداد نوبت آبیاری نیز کمتر خواهد بود. اما در آبیاری قطره‌ای سطحی و قطره‌ای زیرسطحی، فاصله آبیاری‌ها کوتاه (به ترتیب ۱۴-۱۰ و ۴ روز) و حجم آبیاری در هر نوبت هم کمتر و در نتیجه تعداد نوبت آبیاری زیاد خواهد بود. همین موضوع، عامل اصلی در افزایش تلفات تبخیری در آبیاری قطره‌ای سطحی است که شرایط تبخیری را به تعداد فراوان فراهم می‌کند؛ در مطالعه‌ای، میزان تلفات تبخیری در آبیاری قطره‌ای سطحی حدود ۳۰ درصد گفته شده است (Meshkat et al., 1998; Meshkat et al., 1999).

نتایج تحقیقات دیگر محققان موید دستاوردهای این پژوهش است. در بررسی کارکرد آبیاری قطره‌ای زیرسطحی با عمق نصب ۳۰ سانتی‌متر مشخص شد که با بهره‌وری آب ۰/۲۹ کیلوگرم محصول خشک در هر متر مکعب آب مصرفی و ۲۵ درصد صرفه‌جویی در مصرف آب نسبت به روش آبیاری قطره‌ای سطحی، بهترین تیمار و قابل توصیه است (Sedaghati et al., 2012). علاوه بر این، میزان آب آبیاری برای تولید هر کیلوگرم پسته ۱۱/۷۸ متر مکعب است که بهره‌وری آب ۰/۰۸۵ کیلوگرم بر متر مکعب (یا ۸۵ گرم بر متر مکعب) است (Keshavarz et al., 2016) در حال حاضر میانگین بهره‌وری آب آبیاری درختان پسته در کشور معادل ۰/۲۶ کیلوگرم بر متر مکعب به دست آمده است (Mousavi Fazl et al., 2020). نتایج تحقیقات دیگر محققان نشان می‌دهد که تولید پسته از نظر زیست‌محیطی و اقتصادی در مناطق مدیترانه‌ای با بارندگی ۵۰۰ میلی‌متر و با حداقل ۱۰۰ میلی‌متر آب آبیاری، پایدار است (Marino et al., 2018).

## قدردانی

از مساعدت‌های ارزنده مؤسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، سازمان جهادکشاورزی استان سمنان، مدیریت جهادکشاورزی دامغان و همکاران ایستگاه تحقیقات پسته دامغان در اجرای این پژوهش قدردانی می‌شود.

## مراجع

- Abbasi, F., Naseri, A., Sohrab, F., Baghani, J., Abbasi, N. & Akbari, M. (2016). Improving water consumption productivity. Research Achievement, Agricultural Engineering Research Institute, Publisher, Agricultural Research, Education and Extension Organization, 68 pages. (in Persian)
- Abdollahi Ezzat abadi, M. & Mohammadi Mohammad abadi, A. 2019. Determining the optimal amount of water consumption in pistachio orchards by measuring the vegetative and reproductive characteristics of the tree. Pistachio Science and Technology, 4(7): 95-111. (in Persian)
- Alizadeh, A. & Kamali, Gh. (2008). Water needs of plants in Iran. Astan Quds Razavi Printing and Publishing Institute, second edition, 228 pages. (in Persian)
- Burt, C.B. (1996). Drip irrigation on pistachios (research report), California Polytechnic State University.
- Dastarani, M.T., Sadeghzadeh, M.A. & Heshmati, M. (2008). Investigation of subsurface irrigation efficiency in growth and production of pistachio trees. Agricultural Sciences and Industries- water and soil, 22 (1): 47-35. (in Persian)
- Eslami, A. & Naqavi, H. (2011). Investigation of the possibility of using water with unconventional quality in the subsurface drip system in the fertilizer channel of pistachio orchards. Research report of the Agricultural Engineering Research Institute, No. 60988. 75 pages. (in Persian)
- Esmaili, Sh., Cheraghi, A.M., Mostafavi, M.H., Tabatabai, Z.D., Azarfar, S. & Nourian, I. (2004). Comparison of surface irrigation methods in pistachio orchards with saline water. Research report of Yazd Salinity Research National Center, 12 pages. (in Persian)
- Farshi, A.A., Shariati, M.R., Jarallahi, R. Ghaemi, M.R., Shahabifar, M. & Tulaei, M.M. (1997). Estimation of water requirements of major crops and horticultural plants. Publication of agricultural education. 900 pages. (in Persian)
- Ferguson, L. & Haviland, D.R. 2016. Pistachio Production Manual. University of California. Agriculture and Natural Resources Publication
- Hart, Q.J. Brugnach, M. Temesgen, B. Rueda, C. Ustin, S.L. & Frame, K. (2009). Daily reference evapotranspiration for California using satellite imagery and weather station measurement interpolation. Civ. Eng. Environ. Syst. 26: 19-33.
- Horticultural Statistics (2020). Agricultural Statistics of 2020. Information and Communication Technology Center, Planning and Economic Deputy, Ministry of Jihad-e-Agriculture. 166 p. (in Persian).
- Horticultural Statistics (2021). Agricultural Statistics of 2021. Information and Communication Technology Center, Planning and Economic Deputy, Ministry of Jihad-e-Agriculture. 156 p. (in Persian).

- Keshavarz, A., Shariatmadar, M.H., Khosravi, A., Sheikh Mehrabadi, A.A., Biki Khoshk, A., Shabani, M., Bakhshayesh, M., Kiyani Pour, R. & Fakari, B. (2016). Estimating the economic value of the lost water due to wastes of agricultural products (irrigated crop and garden) from the harvest to before taking. *Journal of Water and Sustainable Development*, 3(1): 73-82. (in Persian)
- Marino, G., Zaccaria, D., Snyder, R.L., Lagos, O., Lampinen, B.D., Ferguson, L., Grattan, S.R., Little, C., Shapiro, K., Maskey, M.L., Corwin, D.L., Scudiero, E. & Sanden, B.L. (2019). Actual Evapotranspiration and Tree Performance of Mature Micro-Irrigated Pistachio Orchards Grown on Saline-Sodic Soils in the San Joaquin Valley of California. *Agriculture* 2019, 9, 76; doi:10.3390/agriculture9040076, <http://creativecommons.org/licenses/by/4.0>
- Marino, G., Martino, S.Di., Amico Roxas, A., Caruso, T., Ferguson, L., Barone, E. & Marra, F.P. (2018). Sustainability of pistachio production (*Pistacia vera L.*) under supplemental irrigation in a Mediterranean climate. *Scientia Horticulturae*, 241: 260-266
- Meshkat, M., Warner, R.C. & Workman, S.R. (1998). Comparison of water and temperature distribution profiles under sand tube irrigation. *Transactions of the ASAE*, 41(6): 1657-1663
- Meshkat, M., Warner, R.C. & Workman, S.R. (1999). Modeling of Evaporation Reduction in Drip Irrigation System. *Journal of Irrigation and Drainage Engineering*, 125(6): 315-323.
- Mohammadi Mohammadabadi, A., Hosseini Fard, S.J. & Sedaghati, N. (2008). Effects of irrigation system change from traditional method (flooding) to subsurface on fertile pistachio trees in Kerman. *Agricultural Science and Technology and Natural Resources*, 12th Year 43 (a): 45-29. (in Persian)
- Mousavi Fazl, H., Rahimian, M.H., Koochi, N., Riahi, H., Keramati, M., Abbasi, F. & Baghani, J. (2021). Evaluation of applied water volume and water productivity in the main centers of pistachio production in the country (Kerman, Khorasan Razavi, Yazd and Semnan provinces). *Iranian Journal of Irrigation and Drainage*, 6(14), 2244-2256. (in Persian)
- Pérez-López, D., Memmi, H., Gijón-López, M.del.C., Moreno, M.M., Couceiro, J.F., Centeno, A., Martín-Palomo, M.J., Corell, M., Noguera-Artiaga, L., Galindo, A., Torrecillas, A. & Moriana, A. (2018). Chapter 11 - Irrigation of Pistachios: Strategies to Confront Water Scarcity. *Water Scarcity and Sustainable Agriculture in Semiarid Environment*, Pages 247-269.
- Rouhani, N., Yang, H., Aminsichani, A., Afyuni, M., Mousavi, F. & Kamgar Haghghi, A.A. (2008). Evaluating the exchange of virtual water food products according to water resources in Iran. *Agricultural Science and Technology and Natural Resources*, 12th Year, 46 (b): 432-417. (in Persian)
- Sedaghati, N., Hosseini Fard, S.J. & Mohammadi Mohammadabadi, A. (2012). Comparing Effects of Surface and Subsurface Drip Irrigation Systems on Growth and Yield on Mature Pistachio Trees. *Journal of Water and Soil*, 26(3): 575-585. (in Persian)
- Sedaghati, N., Mohammadi Mohammadabadi, A. & Hosseini Fard, S.J. (2008). The effect of different irrigation regimes on early smiling pistachio of Ouhadi cultivar. *Journal of Agriculture and Horticulture*, 78: 149-158. (in Persian)
- Tabatabaei, S.M. & Babazadeh, H. (2009). Management, operation and evaluation of drip irrigation systems (case study of Damghan city). *Science and Research Branch, Islamic Azad University*, 119p. (in Persian)
- Tavakoli, A.R. (2021). Deficit irrigation and guide tubes at adjusted sub-surface drip irrigation. *Agricultural education press, Agricultural Research, Education and Extension Organization*, 32p. (in Persian)



## **Applied Water Status and Water Productivity in Pistachio Orchards of Damghan Region at on-Farm Conditions**

**A. R. Tavakoli\*, S. M. Tabatabaeayan and A. Akhyani**

\* Corresponding Author: Associate Professor Agricultural Engineering Research Institute. Agricultural Research, Education and Extension Organization, Karaj, Iran. Email: art.tavakoli@gmail.com

Received: 14 June 2022, Accepted: 21 September 2022

### **Introduction**

Pistachio cultivation is important because of its considerable area under cultivation in Damghan region and its share in the economy of the region and the province. Due to the amount of irrigation water required and limited access to water in the region and the unusual conditions of water and soil in the region, it is necessary to manage water consumption and optimize it.

Improving irrigation systems in pistachio orchards, while reducing demand and saving water consumption, allows for better distribution of available water. If the current conditions continue and with an increase in groundwater levels, an increase in the negative balance of the aquifer and a decrease in water quality will cause many problems.

This study was conducted to determine pistachio water consumption, status of water productivity index and also to compare irrigation systems in Damghan pistachio orchards.

### **Methodology**

For sampling, 148 samples were randomly selected from among the orchards of farmers in different areas of Damghan region, some of which lacked technical conditions and reliable data. Therefore, research data was collected by random sampling method and also through questionnaire data and interviews with operators or farm managers of 112 pistachio orchards.

In this study, 112 gardens in Damghan region were selected and studied in terms of water use and water productivity. The amount of water consumption, yield and water productivity of selected pistachio orchards in Damghan region were determined. Damghan Pistachio Research Station is located at 54°20'8" east longitude and 36°9'48" north latitude and the altitude is 1130 meters above sea level.

In agriculture, the physical productivity of water is generally used. The physical productivity index of irrigation water was obtained from the ratio of crop yield under each of the treatments to irrigation water.

Three systems of surface irrigation, surface drip irrigation and subsurface drip irrigation were evaluated in 7 selected gardens.

### **Results and Discussion**

The average yield of trees over 20 years of selected orchards was 4950 kg.ha<sup>-1</sup> and the average yield of trees over 10 years of selected orchards was 3088 kg.ha<sup>-1</sup>. The average water consumption in surface irrigation method in the gardens of exploiters was estimated to be more than 8380 m<sup>3</sup>.ha<sup>-1</sup>, which is less than the water requirement documents. The amount of water used in drip irrigation is 8000-5000 m<sup>3</sup>.ha<sup>-1</sup> and in subsurface drip irrigation is 4927 m<sup>3</sup>.ha<sup>-1</sup>, which is less than the national document. The water productivity index in each of these systems (surface irrigation, surface drip irrigation and subsurface drip irrigation) were 0.5-0.6, 1.5-2.5 and 0.406 kg.m<sup>-3</sup>, respectively.

Water productivity index in trees over 20 years of selected orchards was equal to 0.54 kg.m<sup>-3</sup> and in trees over 10 years old was equal to 0.349 kg.m<sup>-3</sup>. 53% of orchards have water productivity of less than 0.20 kg.m<sup>-3</sup>. Water productivity in surface irrigation, drip irrigation and

subsurface drip irrigation systems were 0.5-0.6, 0.25-0.15 and 0.406 kg.m<sup>-3</sup>, respectively. Obviously, the relative advantage of irrigation methods for pistachio orchards depends on water quality and soil characteristics, water availability, tree age and garden management.

### **Conclusions**

In analyzing the productivity index and yield of pistachio orchards, in addition to garden management, other factors such as tree age, cultivar type, water and soil quality, soil characteristics, alignment of climatic data and plant nutrition, process and ease of nutrient uptake and ..... also be noted.

But this does not mean the advantage of drip or subsurface irrigation over surface irrigation. The range of water – yield relationship and analysis of the water productivity index indicate the existence of a yield and water productivity gaps in Damghan pistachio orchards. By choosing the best models and providing additional technical recommendations in the form of promotional training, he solved the existing gaps.

### **Acknowledgement**

The valuable assistance of Agricultural Engineering Research Institute, Semnan Agricultural Jihad Organization, Damghan Agricultural Jihad Management and colleagues of Damghan Pistachio Research Station in carrying out related research are gratefully acknowledged.

**Keywords:** Irrigation system, irrigation water, national document, water productivity