

مقاله علمی - پژوهشی

تأثیر مدیریت آبیاری در شرایط باغدار بر بهره‌وری آب آبیاری درختان پسته

امیر اسلامی^{۱*}، محمد شاکر^۱ و اکبر جوکار^۱

چکیده

با توجه به کاهش کمی و کیفی منابع آب و همچنین جهت حفظ کشاورزی موجود، راه‌حلی به‌جز افزایش عملکرد در واحد سطح از طریق تغییر الگوی کشت، استفاده صحیح از نهاده‌ها، مدیریت بهینه آبیاری و در نهایت افزایش بهره‌وری آب آبیاری نیست. در همین راستا، تحقیقی در یک باغ پسته رقم احمدآقایی در شهرستان سروستان طی سال زراعی ۹۸-۹۷ باهدف مقایسه حجم آب آبیاری، بهره‌وری آب آبیاری و بازده ماشین در بسترهای مختلف توزیع آب در روش آبیاری سطحی اجرا شد. طرح آزمایشی در قالب بلوک‌های کامل تصادفی با چهار تیمار مدیریت آبیاری و سه تکرار اجرا شد. تیمارها شامل: روش غرقابی رایج با عرض نوار ۶ متر (تیمار شاهد)، نهر ایجاد شده در دو طرف ردیف درختان (نهرکن)، کاهش عرض نوار از طریق مرز ایجاد شده در وسط ردیف درختان (مرزبند) و بستر سینه‌مرغی ایجاد شده در دو طرف ردیف درختان (کدول) بود. میزان آب آبیاری با توجه به دبی ورودی به هر تیمار و زمان قطع آبیاری بر اساس مدیریت اعمال شده باغدار در تیمارهای شاهد، مرزبند، کدول و نهرکن به ترتیب ۸۴۰۰، ۴۶۴۸، ۴۲۰۰ و ۳۰۸۰ مترمکعب در هکتار در طی سال زراعی بدست آمد. نتایج نشان داد که در تمامی تیمارها، بهره‌وری آب آبیاری نسبت به تیمار شاهد افزایش یافت. به‌طوری‌که میزان این افزایش در تیمارهای نهرکن، کدول و مرزبند نسبت به تیمار شاهد به ترتیب ۱۲۰، ۹۱ و ۶۲ درصد بود. در نهایت، تیمار نهرکن و سپس کدول با کاهش آب آبیاری به ترتیب به میزان ۶۳ و ۵۰ درصد و عدم معنی‌داری میزان عملکرد نسبت به تیمار شاهد به‌عنوان بهترین تیمارهای آبیاری درختان پسته در باغ مورد آزمایش پیشنهاد شدند.

واژه‌های کلیدی: آبیاری سطحی، بازده ماشین، بارش مؤثر، بستر توزیع آب، حجم آب

مقدمه

کشاورزی پایدار، راه‌حلی به‌جز افزایش عملکرد در واحد سطح از طریق تغییر الگوی کشت، استفاده صحیح از نهاده‌ها، مدیریت آبیاری و در نهایت افزایش بهره‌وری آب آبیاری نیست. در استان فارس که بیش از ۸۰ درصد از منابع آب زیرزمینی برای کشاورزی استفاده می‌شود، به دلیل برداشت‌های بی‌رویه و خشکسالی‌های اخیر کاهش فزاینده‌ی کمی و کیفی این منابع را در پی داشته است. علی‌رغم این محدودیت، کاشت محصول پسته در استان رو به افزایش است. در حال حاضر سطح زیر کشت کل باغات پسته استان حدود ۲۰۰۰۰ هکتار و در شهرستان سروستان که منطقه اجرای تحقیق حاضر است، ۴۵۰۰ هکتار هست که حدود ۵۰ درصد باغات هنوز با روش سنتی غرقابی آبیاری می‌شوند (آمارنامه سازمان جهاد کشاورزی فارس، ۱۳۹۷).

امروزه دستیابی به کشاورزی پایدار، امنیت غذایی و تولید اقتصادی عمدتاً با بهره‌گیری از دانش مهندسی کشاورزی امکان‌پذیر بوده و انجام تحقیقات مهندسی کشاورزی فراهم‌کننده بستر مناسب به‌منظور استفاده از نهاده‌ها برای نیل به اهداف خوداتکائی در تولید محصولات اساسی در بخش کشاورزی است. با توجه به کاهش کمی و کیفی منابع آب و همچنین جهت حفظ

^۱ استادیار پژوهشی، بخش تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان فارس، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، شیراز، ایران (* نویسنده مسئول: Email: amireslami.50@gmail.com)

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۰۲/۱۲

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۰۳/۱۶

بر اساس این ارقام و آمار مربوط به تولید محصولات زراعی و باغی کشور در سال‌های مختلف، مقادیر بهره‌وری آب از ۰/۹۴ تا ۱/۲۹ کیلوگرم بر مترمکعب متغیر و متوسط آن ۱/۰۷ کیلوگرم بر مترمکعب است. با مقایسه نتایج مشخص شد که خوشبختانه شاخص بهره‌وری آب در کشور طی ۱۰ سال گذشته روند صعودی داشته است که این روند به معنای اثربخشی فعالیت‌های انجام‌شده در خصوص افزایش تولید و کاهش حجم آب مصرفی در کشور است (عباسی و همکاران، ۱۳۹۴). در حال حاضر میزان میانگین بهره‌وری آب آبیاری درختان پسته در کشور معادل ۰/۲۶ کیلوگرم بر مترمکعب بدست آمده است (موسوی فضل و همکاران، ۱۳۹۹).

در مقاله‌ای تحت عنوان مروری بر تحقیقات پسته در مرکز تحقیقات کرمان، دور آبیاری مناسب در روش آبیاری سطحی، در بهار و پاییز ۳۰-۴۰ روز و در تابستان ۲۵ روز توصیه شد (شریعتی، ۱۳۷۵). در بررسی امکان تغییر سامانه آبیاری درختان پسته واقع در شهرستان رفسنجان از سطحی به زیرزمینی مشخص شد که دور آبیاری ۱۴ روز با مقدار آب آبیاری ۴۰٪ تشتک تبخیر A با آبیاری تراوا ضمن کاربرد ۴۸۸۷ مترمکعب در هکتار نسبت به تیمار شاهد (آبیاری سطحی با دور ۳۵ روز و آب آبیاری ۹۰۰۰ مترمکعب) بهترین تیمار از نظر حجم آب آبیاری با توجه به ماده خشک تولید شده، رشد رویشی و حداقل زود خندانی است (محمدی، ۱۳۷۹). در مورد مقایسه روش‌های آبیاری سطحی با کاربرد آب‌شور در باغ‌های پسته استان یزد، گزارش شد که با کاهش عرض نوارهای آبیاری از حدود ۱۰-۸ متر به ۳-۲ متر به میزان ۲۰-۴۰ درصد در حجم آب آبیاری در هر نوبت صرفه‌جویی می‌شود. البته نتایج نشانگر افزایش شوری خاک در بین ردیف‌ها بود که توصیه شد با انجام آبشویی زمستانه، نسبت به کاهش شوری خاک برای فصل بعد اقدام شود (اسماعیلی و همکاران، ۱۳۸۳). در تحقیقی با کاهش عرض نوارهای آبیاری سطحی از ۶ به ۲ متر، نه تنها صفات اندازه‌گیری شده کمی و کیفی محصول درختان پسته با تیمار شاهد (آبیاری غرقابی رایج) اختلاف معنی‌داری را نشان نداد، بلکه باعث کاهش ۳۰ درصدی آب آبیاری و افزایش ۴۸ درصدی کارایی مصرف آب

به‌عنوان یک اصل مهم در بهره‌وری آب کشاورزی، زمانی تنش آب به‌تنهایی به بهبود بهره‌وری آب کمک خواهد کرد که دیگر تنش‌ها (کمبود مواد مغذی، علف‌های هرز و بیماری) نیز کاهش داده‌شده و یا حذف‌شده باشند (Bouman, 2007). به‌عنوان مثال مدیریت آب باید توأم با مدیریت تغذیه، مدیریت خاک و مدیریت آفات صورت پذیرد (Bindraban et al., 2000; Rockström & Barron, 2007).

نتایج تحقیقات نشان داد که عوامل مختلفی شامل آبیاری و زهکشی مناسب، مدیریت حاصلخیزی خاک، کاهش عملیات خاک‌ورزی، حفظ رطوبت خاک و استفاده از انواع ارقام مقاوم به خشکی و بیماری در بهبود بهره‌وری آب کشاورزی تأثیرگذار هستند (Fischer et al., 2009; Geerts & Raes, 2009; De Vries et al., 2010; Arora et al., 2011; Balwinder et al., 2011).

رضوی و همکاران (۱۴۰۰) تحقیقی به‌منظور ارزیابی بازدهی کاربرد آب در مزارع گندم، چغندرقد، لوبیا و یونجه با روش آبیاری سطحی، در شرایط زارعین استان آذربایجان غربی انجام دادند. بر اساس نوع مدیریت، قطعات زراعی انتخاب و سپس اندازه‌گیری بده ورودی، رواناب خروجی، رطوبت قبل و بعد از آبیاری، عمق توسعه ریشه و سایر عوامل لازم برای محاسبه بازدهی کاربرد آب انجام گردید. نتایج نشان داد که متوسط بازدهی کاربرد آب آبیاری در اکثر مزارع تحت مطالعه نسبت به میانگین ارقام گزارش‌شده کشور بیشتر بوده و مقادیر آن بسته به مدیریت زارع، روش آبیاری، نوع محصول متغیر است. حداقل و حداکثر بازدهی کاربرد آب در مزارع تحت مطالعه به ترتیب ۳۶ و ۹۵ درصد بدست آمد. بالاترین بازده کاربرد آب در مزارعی دیده شد که دارای بافت خاک غیر سبک بوده، دارای طول نوار یا شیار کوتاه هستند، رواناب خروجی ندارند و با شیب کم یا ناچیز و دبی ورودی بالا آبیاری می‌شوند. برای افزایش بهره‌وری آب، استفاده از سامانه‌های نوین آبیاری سطحی و رژیم آبیاری کاهش جریان و آبیاری یک‌درمیان جویچه‌ای، لوله‌های دریچه‌دار و سیفون توصیه می‌شود. حجم آب مصرفی به روش بیلان آب توسط موسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی برآورد شده است که

آب نقش مؤثری دارد. همچنین تغییر بستر توزیع آب آبیاری که به‌نوبه خود جزئی از تغییر مدیریت آبیاری است، در بهره‌وری آب مؤثر خواهد بود. لیکن در سوابق تحقیقات بررسی شده، روش‌های مختلف تغییر بستر در باغات پسته و ماشین‌های به‌کاررفته با یکدیگر مقایسه نشده‌اند و حتی کار پژوهشی بر روی برخی از این روش‌ها مانند ایجاد نهر در دو طرف ردیف درختان پسته و یا سینه مرغی تاکنون انجام نشده است و تنها به کاهش عرض بستر اشاره شده است، در حالیکه این روش‌ها به ابتکار کشاورزان در برخی باغات پسته مورد استفاده قرار گرفته است. به‌طور مثال استفاده از نهر در باغات پسته فیض‌آباد در خراسان رضوی کاربرد داشته و روش سینه مرغی در برخی از باغات پسته سروستان فارس مشاهده شده است. از این‌رو، هدف از این پژوهش بررسی اثر تغییر بسترهای توزیع آب (کاهش عرض نوار، ایجاد نهر دو طرف ردیف درختان و سینه مرغی) با استفاده از ماشین‌های رایج بر حجم آب آبیاری، عملکرد درختان، بازده ماشین‌ها و درنهایت بهره‌وری آب آبیاری درختان پسته و مقایسه با روش معمول به‌عنوان شاهد بود.

مواد و روش‌ها

خصوصیات منطقه مورد مطالعه

شهرستان سروستان به مرکزیت شهر سروستان، در جنوب شرقی شهرستان شیراز قرار دارد و تا مرکز استان، حدود ۸۰ کیلومتر فاصله دارد. این شهرستان از نظر موقعیت جغرافیایی، حداقل ۴۳ دقیق و ۵۲ درجه و حداکثر ۲۸ دقیقه و ۵۳ درجه‌ی طول شرقی و حداقل ۱ دقیقه و ۲۹ درجه و حداکثر ۲۷ دقیقه و ۲۹ درجه‌ی عرض شمالی قرار گرفته است. ارتفاع این شهرستان از سطح دریا، در دشت ۱۵۴۰ متر و در کوهستان‌های پیرامون ۲۳۰۰ متر است. میانگین بارندگی درازمدت سالانه در آن برابر با ۲۲۳ میلی‌متر است. میانگین حداقل دمای شهرستان در درازمدت ۰/۵ درجه سانتی‌گراد در دی‌ماه و میانگین حداکثر دما ۳۸/۳ درجه سانتی‌گراد در تیرماه است. همچنین حداکثر رطوبت ۸۴ درصد در دی‌ماه و حداقل آن ۱۰ درصد در تیرماه گزارش شده است. این منطقه دارای آب‌وهوای گرم مدیترانه‌ای (گرم و

شد. از طرفی در تمام روش‌های آبیاری (آبیاری غرقابی رایج و آبیاری نواری با عرض نوارهای ۱ و ۲ متر)، فاکتورهای موردبررسی در دور آبیاری ۳۰ روز نسبت به دور ۶۰ روز برتری داشتند (صداقتی و همکاران، ۱۳۸۵). در تحقیقی سه تیمار مدیریت آبیاری شامل آبیاری سطحی رایج با دور ۶۰ روز (تیمار شاهد)، آبیاری سطحی یک‌درمیان نوارهای آبیاری با دور ۳۰ روز و آبیاری با عرض نوارهای ۲ متری در هر دو طرف ردیف درختان با دور آبیاری ۳۰ روز برای درختان بارور پسته با سن ۲۵ سال و رقم اکبری با فاصله کاشت ۸×۱/۵ متر در حومه رفسنجان مورد مقایسه قرار گرفت. نتایج نشان داد که با تغییر مدیریت آبیاری اغلب صفات رویشی و زایشی درختان نسبت به تیمار شاهد بهبود یافت. نتایج مربوط به صفات کمی و کیفی محصول و کارایی مصرف آب نشان داد، تیمار شاهد با دو تیمار دیگر در سطح ۵ درصد اختلاف معنی‌داری داشت. در مجموع، تغییر مدیریت آبیاری باعث افزایش میانگین وزن خشک محصول به ترتیب در تیمارهای دوم و سوم به میزان ۱/۱ و ۱/۴ کیلوگرم در هر درخت، کاهش پوکی به مقدار ۷ و ۱۰/۳ درصد، افزایش خندانی به میزان ۱۲/۷ و ۱۷/۹ درصد، کاهش تعداد دانه در یک انس پسته به‌اندازه ۱/۸ و ۲/۶ واحد و افزایش کارایی مصرف آب به میزان ۱۰۱ و ۱۳۳ گرم محصول خشک به ازای هر مترمکعب آب مصرفی شد. وضعیت شوری عصاره اشباع خاک در ناحیه ریشه درختان، از نظر توزیع مکانی و نیز میزان شوری در تیمار دوم بهتر از دو تیمار دیگر بود (صداقتی و همکاران، ۱۳۹۱).

به‌منظور مقایسه سه روش آبیاری سطحی (کرت‌های موازی، آبیاری غلام در گردشی و روش سنتی - تیمار شاهد)، تحقیقی به مدت سه سال در باغات پسته ۷ ساله به فاصله ردیف‌های ۹ متری در شمال اردکان یزد انجام شد. نتایج نشان داد که در مقایسه با تیمار شاهد کاربرد دو تیمار دیگر موجب صرفه‌جویی ۵۰ تا ۶۰ درصد در حجم آب آبیاری شد (اسماعیلی و همکاران، ۱۳۹۱). با توجه به نتایج تحقیقات ارائه‌شده، مشخص می‌شود که اولاً متوسط بهره‌وری آب در محصول پسته (۰/۲۶ کیلوگرم بر مترمکعب) پایین بوده و ثانیاً چنانچه مدیریت آبیاری همراه با مدیریت سایر عوامل به‌درستی انجام شود در افزایش بهره‌وری

یک طرف تیغه به اندازه ۲۸ سانتیمتر بالابرده شد و شیب ۷/۵ درجه نسبت به سطح افق برای تیغه ایجاد شد (شکل ۲). در مجموع با احتساب تیمار شاهد، ۱۲ ردیف درخت برای انجام آزمایش در نظر گرفته شد.

در ابتدای آزمایش نمونه برداری از خاک مزرعه از اعماق ۰-۳۰، ۳۰-۶۰ و ۶۰-۹۰ سانتی متری انجام و بافت خاک تعیین شد (جدول ۱). شوری آب آبیاری در این مزرعه معادل ۷ دسی زیمنس بر متر بود.

جدول ۱- نتایج آزمون بافت خاک باغ پسته آقای جلالی در شهرستان سروستان

عمق سانتی متر	رس	لای	شن	بافت خاک
۰-۳۰	۱۷/۶	۲۹/۸	۵۲/۶	لوم شنی
۳۰-۶۰	۱۹/۴	۳۴/۶	۴۶	لوم
۶۰-۹۰	۱۷/۶	۲۸	۵۴/۴	لوم شنی

صفات و کمیت‌های اندازه‌گیری شده در این تحقیق به شرح زیر می‌باشند:

بهره‌وری فیزیکی آب آبیاری

ساده‌ترین روشی که در مزارع کشاورزان برای برآورد بهره‌وری فیزیکی آب آبیاری یک گیاه می‌توان بکار برد، اندازه‌گیری دو عامل: عملکرد و مقدار آب آبیاری در طول فصل زراعی است. با داشتن این مقادیر و با توجه به رابطه ۱ بهره‌وری فیزیکی آب محاسبه شد (عباسی و همکاران، ۱۳۹۴).

$$WP_p = \frac{Y}{I} \quad (1)$$

که در آن، WP_p = بهره‌وری فیزیکی آب آبیاری (کیلوگرم بر مترمکعب)؛ Y = عملکرد (کیلوگرم بر هکتار)؛ و I = عمق آب آبیاری (مترمکعب بر هکتار) است.

نیمه خشک) و زمستان‌های معتدل و تابستان‌های گرم و خشک است (قاسمی و همکاران، ۱۳۹۹). این پژوهش در قطعه زمینی به مساحت ۰/۵ هکتار در باغ پسته آقای جلالی در این شهرستان طی سال‌های زراعی ۹۷-۹۸ و ۹۸-۹۹ اجرا شد؛ اما به دلیل سال آوری درختان پسته و همچنین سرمازدگی متأسفانه عملکرد درختان در سال دوم زراعی نزدیک به صفر بود، بنابراین تنها نتایج سال اول مبنای تجزیه و تحلیل قرار گرفته است. سن درختان منتخب ۲۰ سال و رقم آن‌ها احمدآقایی بود. درختان پسته با فاصله ۶×۱ متر در طول ۵۰ متر کاشته شده بود. سامانه آبیاری باغ به صورت کم‌فشار طراحی و اجرا شده بود، به طوری که آب از استخر تا محل ورود آب به باغ توسط لوله منتقل و سپس به روش سطحی (سنٹی) با دور آبیاری ۳۰ روز وارد نواری به عرض ۶ متر می‌شد.

روش تحقیق

طرح آزمایشی در قالب بلوک‌های کامل تصادفی با ۴ تیمار مدیریت آبیاری و در ۳ تکرار (هر ردیف درخت یک تکرار) اجرا شد، تیمار اول (T1) روش غرقابی رایج با عرض نوار ۶ متر (به عنوان تیمار شاهد). در این تیمار از ماشین لولر برای مسطح کردن فاصله بین درختان استفاده شد. تیمار دوم (T2) نهر ایجاد شده در دو طرف ردیف درختان. در این تیمار با استفاده از ماشین نهرکن به عرض کار یک متر، با فاصله ۱/۵ متر در دو طرف ردیف درختان، نهر ایجاد شد. تیمار سوم (T3) کاهش عرض نوار از طریق مرز ایجاد شده در وسط ردیف درختان بود. در این تیمار با استفاده از ماشین مرزبند، در وسط ردیف درختان یک مرز ایجاد شد. تیمار چهارم (T4) بستر سینه مرغی ایجاد شده در دو طرف ردیف درختان بود. در این تیمار با استفاده از ماشین کدول (ماشینی که مخصوص ایجاد بستر سینه مرغی است) در دو طرف ردیف درختان، بستر سینه مرغی ایجاد شد. برای داشتن تصویر روشنی از تیمارها، شکل ۱ ترسیم شده است که در آن نحوه قرارگیری هر کدام از تیمارها نسبت به ردیف درختان نیز نشان داده شده است. برای ایجاد بستر سینه مرغی با استفاده از ماشین کدول، تنظیم تیغه آن به نحوی انجام شد که

آبیاری باغدار در اولین آبیاری محاسبه و در سایر آبیاری‌ها تکرار شد.

مدیریت باغدار به گونه‌ای بود که پس از رسیدن آب به انتهای ردیف ۵۰ متری درختان در تمامی تیمارها، مدت‌زمانی به‌عنوان فرصت نفوذ لحاظ می‌شد و سپس آب به تیمار بعدی انتقال می‌یافت؛ بنابراین مجموع زمان‌های پیشروی و فرصت نفوذ به‌عنوان زمان قطع آبیاری در هر تیمار لحاظ شد.

دبی ورودی به هر تیمار از طریق یک عدد WSC فلوم تیپ ۴ که در کانال اصلی ورودی آب به تیمارها نصب بود، اندازه‌گیری شد. مقدار دبی که در آبیاری اول بدست آمد، در سایر آبیاری‌ها تکرار شد. با توجه به خروجی آب از یک استخر و تنظیم خروجی آب با یک عدد شیرفلکه این کار به‌راحتی امکان‌پذیر بود؛ بنابراین با توجه به تفاوت زمان قطع آبیاری در تیمارهای مختلف و دبی ثابت ورودی به هر تیمار حجم آب آبیاری هر تیمار در آبیاری اول محاسبه و در طی فصل زراعی و سایر آبیاری‌ها، برای هر تیمار اعمال شد. تعداد آبیاری‌ها در سال آزمایش ۷ نوبت و هرماه یک آبیاری انجام شد، بطوریکه از اردیبهشت ماه شروع و تا آبان ماه ادامه داشت.

کمیت و کیفیت محصول

در هر تیمار یا ردیف تعداد ۶ درخت که شرایط نسبتاً یکسانی داشتند، انتخاب و عملکرد محصول خشک آن‌ها اندازه‌گیری شد. برای بررسی اثربخشی هر کدام از تیمارها بر کیفیت محصول، صفاتی از قبیل تعداد دانه در اونس ۱، درصد دهان باز، درصد دهان بسته و درصد پوکی به‌روش معمول شمارش دانه‌ها از نمونه‌های برداشت شده، اندازه‌گیری شد.

ظرفیت مزرعه‌ای مؤثر و نظری و بازده مزرعه‌ای

ماشین

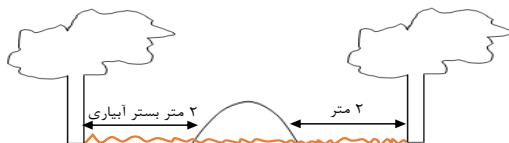
بازده مزرعه‌ای برابر است با درصد نسبت ظرفیت مؤثر مزرعه‌ای به ظرفیت نظری. این شاخص در محاسبات

۱- هر اونس معادل ۲۸/۳۵ گرم است.

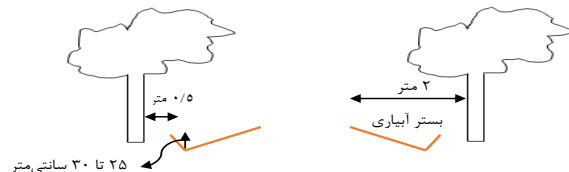
(الف)



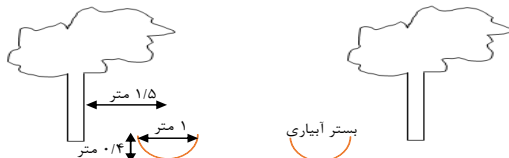
(ب)



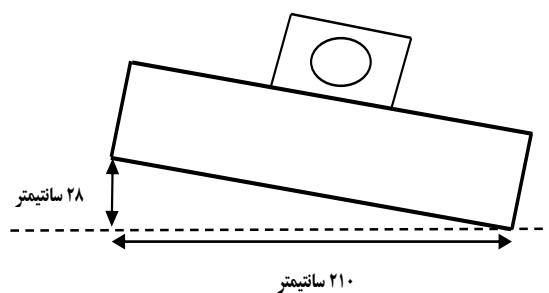
(ج)



(د)



شکل ۱- نمایی از بسترهای مختلف توزیع آب در بین ردیف درختان پسته: (الف) شاهد؛ (ب) مرزبند؛ (ج) سینه مرعی (د) نهر



شکل ۲- تنظیم تیغه ماشین کدول برای ایجاد بستر سینه مرعی

حجم آب آبیاری

با توجه به کمبود آب نسبت به سطح زیر کشت باغ مورد آزمایش، حجم آب آبیاری در تیمارهای مختلف مطابق با مدیریت

می‌شوند و به دلیل ماهیت ذاتی آن‌ها دارای توزیع نرمال نمی‌باشند از روش غیر پارامتری کراسکل واریس برای تشخیص تفاوت آماری بین تیمارها و روش من ویتنی برای مقایسه دوبه‌دوی تیمارها از نرم‌افزار SPSS استفاده شد.

نتایج و بحث

همان‌طور که از مشخصات خاک مزرعه (جدول ۱) مشخص می‌شود در عمق ۶۰-۳۰ سانتی‌متری خاک یک لایه خاک لوم قرار گرفته که نسبت به لایه‌های بالا و پایین آن در حفظ رطوبت خاک مؤثرتر است. این در حالی است که بیشترین ریشه‌های موئین پسته که جذب آب و مواد غذایی از طریق آن‌ها صورت می‌گیرد، در همین عمق قرار دارند (اسلامی و نقوی، ۱۳۹۰).

حجم آب آبیاری

با توجه به داده‌های اندازه‌گیری شده میزان حجم آب در هر آبیاری و آب آبیاری طی سال زراعی برای هر تیمار محاسبه و در جدول ۲ آورده شده است. همان‌طور که مشاهده می‌گردد کمترین و بیشترین میزان آب آبیاری در طی یک سال زراعی به ترتیب در تیمارهای نهرکن و شاهد معادل ۳۰۸۰ و ۸۴۰۰ مترمکعب بر هکتار بدست آمده است. همان‌طور که ملاحظه می‌شود در تیمار نهرکن به دلیل کاهش بستر توزیع آب و در نتیجه کاهش زمان قطع آبیاری (اعمال شده بر اساس مدیریت باغدار) کمترین حجم آب حاصل شده است.

با توجه به داده‌های سند ملی در نرم‌افزار نت وات برای درختان پسته، میزان تبخیر-تعرق و باران مؤثر سالانه به ترتیب در دشت قطروئیه ۴۴۸ و ۶ میلی‌متر گزارش شده است؛ بنابراین نیاز آبی خالص پسته ۴۴۲۰ مترمکعب در هکتار برآورده شده است. این در حالی است که آمار نیاز آبی محصول پسته در این نرم‌افزار برای دشت سروستان وجود ندارد. بر اساس آمار موجود ایستگاه سینوپتیک سروستان که از سال ۱۳۹۶ راه‌اندازی شده است میزان بارندگی و مقدار بارش مؤثر با استفاده از روش فائو که بر اساس ۰/۷ میزان بارندگی محاسبه شده است (عباسی و همکاران، ۱۳۹۴)، در شکل ۳ نشان داده شده است. نتایج این

مکانیزاسیون کاربرد فراوانی دارد و بیانگر میزان توانمندی مدیریت برای به‌کارگیری ظرفیت کاری ماشین‌ها و ادوات در تولید و کاهش وقت‌های تلف‌شده در عملیات است. با توجه به اینکه بازده مزرعه‌ای ماشین، تنها پارامتری بود که برای ماشین‌های مورد استفاده در این پژوهش، قابل محاسبه بود و با آن امکان مقایسه ماشین‌ها وجود داشت، لذا این پارامتر اندازه‌گیری شد. برای تعیین بازده مزرعه‌ای، ابتدا لازم بود ظرفیت نظری و مؤثر سه نوع ماشین مورد ارزیابی، تعیین شود. به همین منظور پارامترهای عرض کار ماشین برحسب متر، سرعت پیشروی برحسب کیلومتر بر ساعت، مساحت اجرای عملیات برحسب هکتار و زمان اجرای عملیات برحسب ساعت، برای سه نوع ماشین نهرکن، مرزبند و کدول در سه تکرار اندازه‌گیری شد. ظرفیت نظری با توجه به سرعت پیشروی و عرض کار ماشین با استفاده از رابطه ۲ محاسبه شد (الماسی و کیانی، ۱۳۸۷).

$$C_{at} = \frac{W \times S}{10} \quad (2)$$

که در آن C_{at} = ظرفیت مزرعه‌ای نظری (هکتار بر ساعت)؛
 W = عرض کار ماشین (متر)؛ و S = سرعت پیشروی (کیلومتر بر ساعت) است.

ظرفیت مؤثر مزرعه‌ای با توجه به ساعات واقعی انجام یک هکتار عملیات مزرعه‌ای محاسبه می‌شود؛ بنابراین با استفاده از پارامترهای مساحت و زمان اجرای عملیات، ظرفیت مؤثر مزرعه‌ای برحسب هکتار بر ساعت محاسبه شد. مقدار بازده مزرعه‌ای با استفاده از رابطه ۳ به دست آمد (الماسی و کیانی، ۱۳۸۷).

$$F_e = \frac{C_a}{C_{at}} \times 100 \quad (3)$$

که در آن F_e = بازده مزرعه‌ای (درصد)؛ C_a = ظرفیت مزرعه‌ای مؤثر (هکتار بر ساعت)؛ و C_{at} = ظرفیت مزرعه‌ای نظری (هکتار بر ساعت) است.

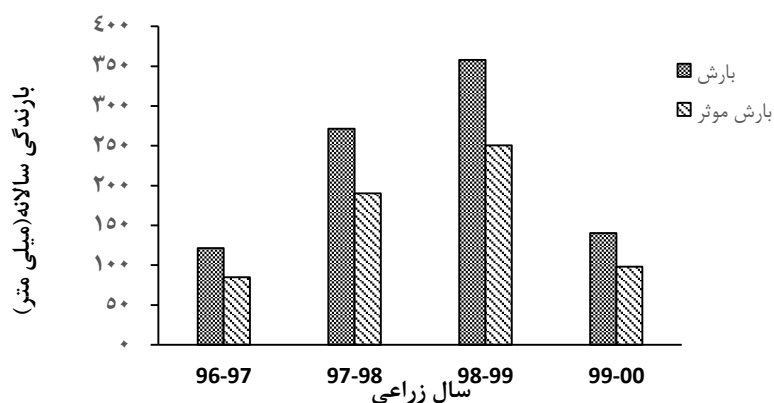
برای تجزیه و تحلیل داده‌های تحقیق از جمله حجم آب آبیاری و اندازه‌گیری‌های کیفی پسته که به صورت عدد شمارش

نسبت به حداکثر نیاز ناخالص آبیاری حدود ۳۹ درصد بیش آبیاری صورت گرفته است. در واقع، به دلیل کاهش بستر توزیع آب در روش نهر کن سطح تبخیر نیز کم شده و در نتیجه نیاز آبی خالص گیاه نسبت به تیمار شاهد کاهش می‌یابد. هرچند که در تحقیقات گذشته مشخص شده است که درختان پسته به کم‌آبی مقاوم می‌باشند و شاخص دور آبیاری تأثیر بسزایی در میزان عملکرد و نهایتاً بهره‌وری آب آبیاری پسته خواهد داشت. از جمله پژوهش اسلامی و کریمی گوغری (۱۳۸۷) که نشان داده شد با تغییر روش آبیاری پسته از سطحی با دور آبیاری ۶۰ روز به آبیاری قطره‌ای زیرسطحی با دور ۱۰ روز، بهره‌وری آب در تیمار ۵۰ درصد نیاز آبی با کاربرد ۲۵۲۶ مترمکعب آب آبیاری به ۳/۳ کیلوگرم در مترمکعب رسید.

شکل نشان می‌دهد که میزان بارش مؤثر سالانه در سال‌های زراعی مختلف بیش از ۶ میلی‌متر ذکر شده در سند ملی آب است. بر اساس این داده‌ها، کمترین و بیشترین بارش مؤثر به ترتیب در سال‌های زراعی ۹۶-۹۷ و ۹۸-۹۹ به میزان ۸۵ و ۲۵۰ میلی‌متر گزارش شده است. بدین ترتیب نیاز آبی خالص پسته در منطقه سروستان و بر اساس آمار موجود بین ۱۹۸۰ تا ۳۶۳۰ مترمکعب در هکتار متغیر خواهد بود که با احتساب راندمان کاربرد ۶۰ درصد مقدار نیاز ناخالص آبیاری بین ۳۳۰۰ تا ۶۰۵۰ مترمکعب در هکتار بدست می‌آید؛ بنابراین با توجه به اعمال مدیریت باغدار در آبیاری درختان و نتایج حجم آب آبیاری در جدول ۲ مشخص می‌شود که در تیمار نهرکن نسبت به حداقل نیاز ناخالص آبیاری حدود ۷ درصد کم آبیاری و در تیمار شاهد

جدول ۲- محاسبه میزان حجم آب در هر نوبت آبیاری (مترمکعب) و آب آبیاری طی یک سال زراعی (مترمکعب بر هکتار) بر اساس دبی ورودی، مساحت و تعداد آبیاری هر تیمار

تیمار	دبی ورودی لیتر بر ثانیه	مساحت تیمار هکتار	حجم آب مترمکعب	دور آبیاری روز	تعداد آبیاری	آب آبیاری مترمکعب بر هکتار
شاهد	۲۰	۰/۰۹	۱۰۸	۳۰	۷	۸۴۰۰
مرزبند	۲۰	۰/۰۹	۵۹/۷۶	۳۰	۷	۴۶۴۸
کدول	۲۰	۰/۰۹	۵۴	۳۰	۷	۴۲۰۰
نهرکن	۲۰	۰/۰۹	۳۹/۶	۳۰	۷	۳۰۸۰



شکل ۳- میزان بارندگی و بارش مؤثر سال‌های زراعی مختلف ایستگاه سینوپتیک سروستان

کمیت و کیفیت محصول

در جدول ۳ مشخصات کمی و کیفی درختان پسته در هر تیمار در سال زراعی ۹۷-۹۸ آورده شده است. این مشخصات در ۵۰۰ گرم نمونه از هر تیمار که شامل تعداد دهان باز، تعداد دهان بسته، تعداد پوک و تعداد دانه در انس می‌باشند، اندازه‌گیری شده است. جهت محاسبه مشخصه کمی (وزن کل) به صورت تصادفی از هر تیمار ۶ درخت انتخاب و محصول آن در حالت خشک وزن شد.

بهره‌وری فیزیکی آب آبیاری

در جدول ۴ نتایج محاسبه عملکرد (کیلوگرم بر هکتار) و شاخص بهره‌وری فیزیکی آب (کیلوگرم بر مترمکعب) با توجه به میزان آب آبیاری در هر تیمار آورده شده است. همان‌طور که مشاهده می‌شود بالاترین میزان شاخص بهره‌وری فیزیکی آب آبیاری ۰/۹۹ کیلوگرم/ مترمکعب مربوط به تیمار نهرکن و کمترین آن ۰/۴۵ کیلوگرم/ مترمکعب مربوط به تیمار شاهد است.

با توجه به مقدار میانگین بهره‌وری آب آبیاری درختان پسته در کشور، ۰/۲۶ کیلوگرم بر مترمکعب (موسوی فضل و همکاران، ۱۳۹۹)، مقادیر بهره‌وری بدست آمده در آزمایش در تمامی تیمارها از میانگین کشوری بالاتر است. همچنین در کل تیمارها میزان این شاخص نسبت به تیمار شاهد افزایش قابل‌ملاحظه‌ای

داشته است. به طوری که میزان افزایش این شاخص به ترتیب معادل ۱۲۰، ۹۱ و ۶۲ درصد در تیمارهای نهرکن، کدول و مرزبند نسبت به شاهد بدست آمده است.

نتایج آزمون آماری

تجزیه و تحلیل نتایج (جدول ۵) نشان داد که بین تیمارهای مختلف از نظر حجم آب آبیاری، تعداد پسته‌های دهان باز، دهان بسته و پوک تفاوت آماری معنی‌دار وجود داشت ($P < 0.01$). همچنین، مقایسه دوبره‌دوی تیمارها در صفات مختلف نشان داد که بین کلیه تیمارها از نظر حجم آب آبیاری در هر درخت تفاوت معنی‌دار وجود داشت (شکل ۴).

درصد پسته‌های دهان باز در تیمارهای مختلف با یکدیگر تفاوت معنی‌دار داشتند طوری که بیشترین درصد دهان باز در تیمارهای کدول و مرزبند بود و باهم نیز تفاوت معنی‌داری نداشتند اما با تیمارهای شاهد و نهر تفاوت معنی‌داری بود. درصد پسته‌های پوک در تیمارهای شاهد، مرزبند و کدول تفاوت معنی‌داری با یکدیگر نداشتند اما با تیمار نهر (بیشترین درصد پسته‌های پوک) تفاوت معنی‌دار داشتند. بیشترین درصد پسته‌های دهان بسته در تیمار شاهد بود و با بقیه تیمارها نیز تفاوت معنی‌دار داشت. بیشترین حجم آب آبیاری در تیمار شاهد و کمترین آن در تیمار نهر بود.

جدول ۳- میانگین پارامترهای کمی و کیفی محصول پسته باغ آقای جلالی در تیمارهای مختلف سال زراعی ۹۷-۹۸

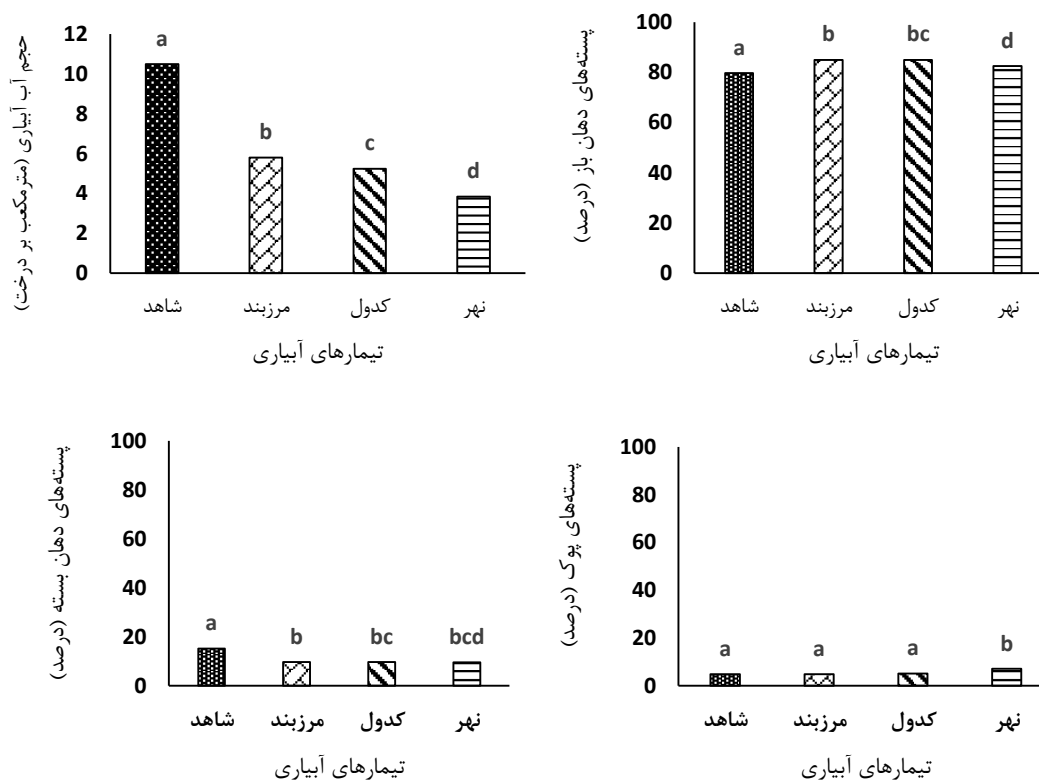
تیمار	محصول هر درخت کیلوگرم	دهان باز	دهان بسته درصد	پوک	تعداد دانه در انس
شاهد	۴/۷۳	۸۰	۱۵	۵	۲۲
مرزبند	۴/۲۳	۸۵	۱۰	۵	۲۲
کدول	۴/۵۱	۸۵	۱۰	۵	۲۲
نهرکن	۳/۸۱	۸۳	۱۰	۷	۲۲

جدول ۴- میزان آب آبیاری، عملکرد و شاخص بهره‌وری فیزیکی آب آبیاری درختان پسته باغ آقای جلالی در تیمارهای مختلف

شاخص	تیمار			
	شاهد	مرزبند	کدول	نهر
آب آبیاری (مترمکعب بر هکتار)	۸۴۰۰	۴۶۴۸	۴۲۰۰	۳۰۸۰
عملکرد (کیلوگرم بر هکتار)	۳۷۸۶	۳۳۹۱	۳۶۱۷	۳۰۶۲
بهره‌وری (کیلوگرم بر مترمکعب)	۰/۴۵	۰/۷۳	۰/۸۶	۰/۹۹

جدول ۵- نتایج آزمون غیر پارامتری کراسکل والیس برای شاخص‌های حجم آب آبیاری و تعداد دانه‌های پسته

نمایه آماری	حجم آب آبیاری	تعداد دانه‌های پسته		
		دهان باز	دهان بسته	پوک
آماره کای اسکور	۲۳	۱۹/۷۸۹	۱۵/۰۱	۱۴/۵۸۴
درجه آزادی	۳	۳	۳	۳
معنی داری	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۲	۰/۰۰۲



شکل ۴- نتایج مقایسه آماری حجم آب آبیاری هر درخت پسته (مترمکعب)، تعداد پسته‌های دهان باز؛ دهان بسته و پوک (درصد) در

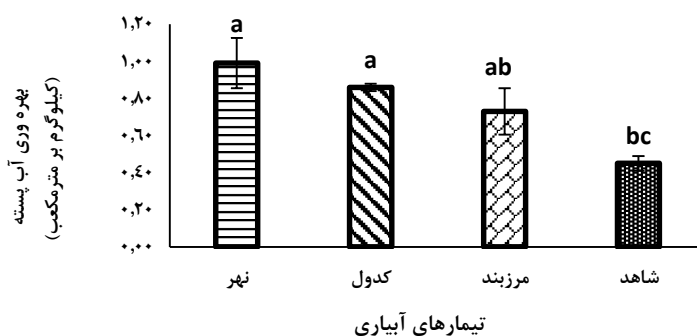
تیمارهای مختلف آبیاری باغ مورد آزمایش در سال زراعی ۹۸-۹۷

(حروف متفاوت نشان‌دهنده تفاوت معنی‌دار در سطح ۵ درصد آزمون دانکن هستند)

مقایسه میانگین بهره‌وری آب

برای بررسی دقیق‌تر اختلاف آماری شاخص بهره‌وری آب آبیاری در تیمارهای مختلف آبیاری، با توجه به اینکه تأثیر تیمارهای آبیاری بر عملکرد معنی‌دار نبوده است، آزمون دانکن استفاده شد (شکل ۵). با وجود اختلاف حدود ۲۰ درصدی بین عملکرد در تیمارهای نهر و شاهد دلیل عدم معنی‌داری این شاخص را می‌توان بالا بودن نسبی ضریب تغییرات (۵۰ تا ۶۰ درصد) ذکر نمود که با توجه به انجام آزمایش در شرایط مزرعه

این مقادیر معمول و قابل قبول است. همان‌طور که از شکل ۵ پیداست بین تیمارهای نهر، کدول و مرزبند اختلاف معنی‌داری وجود ندارد، در حالیکه بین دو تیمار نهر و کدول و تیمار شاهد معنی‌داری در سطح ۵ درصد اتفاق افتاده است. همچنین بین تیمار مرزبند و شاهد اختلاف معنی‌دار مشاهده نگردید. در این سال بیشترین و کمترین میزان بهره‌وری آب به ترتیب مربوط به تیمارهای نهر و شاهد است.



شکل ۵- مقایسه میانگین بهره‌وری آب درختان پسته تیمارهای آبیاری در باغ مورد آزمایش در سال زراعی ۹۸-۹۷ (حروف متفاوت نشان‌دهنده تفاوت معنی‌دار در سطح ۵ درصد آزمون دانکن هستند)

مورد ارزیابی در جدول ۷ ارائه شده است. نتایج این جدول نشان می‌دهد که اثر بلوک یا تکرار بر ظرفیت نظری و ظرفیت مؤثر معنی‌دار نشده و اثر نوع ماشین بر ظرفیت نظری و ظرفیت مؤثر در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار شده است. همچنین مشخص شد که اثر بلوک و اثر نوع ماشین بر بازده مزرعه‌ای معنی‌دار نشده است.

ظرفیت نظری، ظرفیت مؤثر و بازده مزرعه‌ای سه نوع ماشین مورد ارزیابی

میانگین پارامترهای اندازه‌گیری شده در سه نوع ماشین مورد ارزیابی در جدول ۶ ارائه شده است. بر اساس این پارامترها، ظرفیت‌های نظری و مؤثر و بازده مزرعه‌ای ماشین‌ها محاسبه و مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. نتایج تجزیه واریانس داده‌های ظرفیت نظری، ظرفیت مؤثر و بازده مزرعه‌ای در سه نوع ماشین

جدول ۶- میانگین پارامترهای اندازه‌گیری شده در سه نوع ماشین مورد ارزیابی

پارامتر	نهرکن	مرزبند	کدول
عرض کار ماشین (متر)	۱	۱/۴	۲/۱۵
سرعت پیشروی (کیلومتر بر ساعت)	۴/۷۴	۷/۱۹	۶/۲۴
مساحت اجرای عملیات (هکتار)	۰/۰۳	۰/۰۲۱	۰/۰۶۴۵
زمان اجرای عملیات (ساعت)	۰/۰۹۷	۰/۰۳۳	۰/۰۷۷

جدول ۷- تجزیه واریانس داده‌های ظرفیت نظری، ظرفیت مؤثر و بازده مزرعه‌ای در سه نوع ماشین مورد ارزیابی

ردیف	منابع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات	
			ظرفیت نظری	ظرفیت مؤثر
۱	بلوک	۲	۰/۰۰۱ ns	۰/۰۰۱ ns
۲	نوع ماشین	۲	۰/۵۷۶ **	۰/۲۱۷ **
۳	خطای آزمایش	۴	۰/۰۰۱	۰/۰۰۰
۴	کل	۹		

** معنی‌دار در سطح احتمال ۱٪ - ns عدم وجود اختلاف معنی‌دار

۰/۸۴۳ هکتار بر ساعت و کمترین ظرفیت مؤثر در ماشین نهرکن با مقدار ۰/۳۱۱ هکتار بر ساعت وجود دارد. همچنین مشخص شد که ماشین نهرکن با ۶۵/۶۴۷ درصد بیشترین بازده مزرعه‌ای را دارد و پس‌از آن به ترتیب ماشین مرزبند با ۶۳/۹۲۰ درصد و ماشین کدول با ۶۲/۷۵۰ درصد قرار دارند. اگرچه از نظر آماری اختلاف معنی‌داری بین آن‌ها وجود ندارد.

نتایج مقایسه میانگین‌های اثر نوع ماشین بر ظرفیت نظری، ظرفیت مؤثر و بازده مزرعه‌ای در جدول ۸ ارائه شده است. نتایج این جدول نشان می‌دهد که بیشترین مقدار ظرفیت نظری در ماشین کدول با مقدار ۱/۳۴۳ هکتار بر ساعت و کمترین ظرفیت نظری در ماشین نهرکن با مقدار ۰/۴۷۴ هکتار بر ساعت وجود دارد. بیشترین مقدار ظرفیت مؤثر در ماشین کدول با مقدار

جدول ۸- مقایسه میانگین‌های اثر نوع ماشین بر ظرفیت نظری، ظرفیت مؤثر و بازده مزرعه‌ای

نوع ماشین	ظرفیت نظری هکتار بر ساعت	ظرفیت مؤثر هکتار بر ساعت	بازده مزرعه‌ای درصد
نهرکن	۰/۴۷۴ c	۰/۳۱۱ c	۶۵/۶۴۷ a
مرزبند	۱/۰۰۷ b	۰/۶۴۳ b	۶۳/۹۲۰ ab
کدول	۱/۳۴۳ a	۰/۸۴۳ a	۶۲/۷۵۰ b

حروف مشابه نشان‌دهنده عدم وجود اختلاف معنی‌دار است.

بنابراین ظرفیت مؤثر ماشین کدول که نسبت مساحت به زمان اجرای عملیات است، به‌صورت معنی‌داری بیش از دو ماشین دیگر شده است. در مجموع برای ارزیابی کلی سه نوع ماشین نهرکن، مرزبند و کدول، چون بازده مزرعه‌ای آن‌ها در حین اجرای عملیات اهمیت دارد و نتایج نشان داده است که اختلاف معنی‌داری بین بازده مزرعه‌ای این سه نوع ماشین وجود ندارد، لذا تفاوتی بین انتخاب آن‌ها در تهیه بستر توزیع آب در درختان پسته وجود ندارد.

با توجه به اینکه عرض کار ماشین کدول (۲/۱۵ متر) بیش از ماشین مرزبند (۱/۴ متر) و نهرکن (۱ متر) است و سرعت پیشروی ماشین کدول (۶/۲۴ کیلومتر بر ساعت) بیش از ماشین نهرکن (۴/۷۴ کیلومتر بر ساعت) و نزدیک به ماشین مرزبند (۷/۱۹ کیلومتر بر ساعت) است، بنابراین ظرفیت نظری ماشین کدول که حاصل ضرب عرض کار ماشین و سرعت پیشروی است، به‌صورت معنی‌داری بیش از دو ماشین دیگر شده است. از نظر ظرفیت مؤثر نیز چون مساحت اجرای عملیات، در ماشین کدول (۰/۶۴۵ هکتار) حدود ۲ برابر ماشین نهرکن (۰/۰۳۳ هکتار) و ۳ برابر ماشین مرزبند (۰/۰۲۱ هکتار) است،

نتیجه‌گیری

از آنجایی که طبق آمار موجود ۵۰ درصد از ۴۵۰۰ هکتار باغ پسته موجود در شهرستان سروستان به صورت سنتی آبیاری می‌شوند، میزان کل آب مورداستفاده در طی سال برای این محصول با احتساب هر هکتار ۸۴۰۰ مترمکعب معادل ۱۸/۹ میلیون مترمکعب خواهد بود. این در حالی است که با تغییر بستر توزیع آب به شکل نهر، سینه مرغی و مرز با صرفه‌جویی به ترتیب ۶۳، ۵۰ و ۴۵ درصد آب، این میزان به ۶/۹۳، ۹/۴۵ و ۱۰/۴ میلیون مترمکعب کاهش خواهد یافت که میزان صرفه‌جویی در تیمار نهرکن به عنوان تیمار برتر معادل ۱۱/۹۷ میلیون مترمکعب بدست می‌آید که عدد قابل توجه‌ای است. نکته دیگر بارندگی بسیار خوب در سال زراعی انجام این تحقیق بود که ۲۵۰ میلی‌متر بارش مؤثر در فصل زمستان و اوایل فصل بهار، نیاز آبیاری را نیز مرتفع نمود. با این وجود، در باغاتی که با آب‌شوری آبیاری می‌شوند در سال‌هایی که بارندگی زیاد نیست آبیاری زمستانه حداقل یک‌بار در سال توصیه می‌شود.

در سال زراعی اجرای طرح، میزان عملکرد محصول پسته در تیمار شاهد نسبت به سایر تیمارها بیشتر بود، هرچند که بر اساس آنالیز آماری اختلاف معنی‌داری بین تیمارها وجود نداشت. ذکر این نکته لازم است که در تمامی تیمارها میزان عملکرد در هکتار در سال اجرای پروژه، از میزان متوسط کشوری این شاخص (که معادل ۱۰۰۰ کیلوگرم در هکتار است)، بیشتر بدست آمد و حداقل در تیمار نهر ۳ برابر بود. این موضوع نشان‌دهنده آن است که چنانچه مدیریت به‌باغی (هرس به‌موقع، سم‌پاشی و کود دهی مناسب) به خوبی صورت پذیرد حتی با اعمال کم آبیاری میزان عملکرد درختان پسته از نظر اقتصادی برای باغدار قابل قبول است.

در مجموع با بررسی نتایج حاصله، می‌توان عنوان نمود که مناسب‌ترین بستر توزیع آب برای درختان پسته با توجه به محدودیت کمی منابع آب، تیمار نهرکن و سپس تیمار کدول است؛ زیرا در تیمار نهرکن علی‌رغم کاهش ۶۳ درصدی در میزان آب کاربردی نسبت به تیمار شاهد، اختلاف معنی‌داری در عملکرد مشاهده نشد و بهره‌وری آب نیز نسبت به شاهد ۱۲۰ درصد

افزایش یافت. در این تیمار با توجه به کاهش بستر توزیع آب، میزان علف‌های هرز نیز کاهش محسوسی می‌یابند. تیمار کدول نیز با کاهش ۵۰ درصدی در میزان آب کاربردی نسبت به تیمار شاهد، کمترین اختلاف عملکردی را (به میزان ۴/۴ درصد) با تیمار شاهد داشت و در برخی شاخص‌های کیفی پسته نسبت به تیمار نهرکن برتری داشت.

قدردانی

بدین وسیله از آقای جلالی و فرزندان ایشان که در پیاده‌سازی تیمارها و اندازه‌گیری‌های میدانی با مجری پروژه همکاری بسیار خوب و صمیمانه‌ای داشتند، کمال تشکر و قدردانی به عمل می‌آید. همچنین از مدیریت باغبانی سازمان جهاد کشاورزی فارس؛ آقای مهندس پاکاری و مدیریت جهاد کشاورزی شهرستان سروستان، مسئول محترم باغبانی؛ آقای مهندس احسانی و مسئول محترم آب‌و خاک؛ آقای مهندس جوکار نیز بابت همکاری در انتخاب باغ و آزمایش‌های لازم سپاسگزاری می‌شود.

منابع

- اسلامی، ا. و نقوی، ه. ۱۳۹۰. بررسی امکان استفاده از آب باکیفیت نامتعارف در سیستم قطره‌ای زیرسطحی در کانال کود باغات پسته. گزارش پژوهشی موسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی. ۱۲۰ صفحه.
- اسلامی، ا. و کریمی گوغری، ش. ۱۳۸۷. آبیاری درختان پسته با استفاده از آبیاری قطره‌ای زیرسطحی. دومین همایش ملی مدیریت شبکه‌های آبیاری و زهکشی. دانشگاه شهید چمران اهواز، دانشکده مهندسی آب.
- اسماعیلی، ش.، چراغی، س. ع. م.، مصطفوی، م. ح.، طباطبایی، س. ض.، آذرفر، س. و نوریان، ا. ۱۳۸۳. مقایسه روش‌های آبیاری سطحی در باغات پسته با آب‌شور. گزارش پژوهشی مرکز ملی تحقیقات شوری یزد. ۱۲ صفحه.
- اسماعیلی، ش.، چراغی، س. ع. م.، مصطفوی، م. ح. و طباطبایی، س. ض. ۱۳۹۱. مقایسه روش‌های آبیاری سطحی در باغات پسته شمال اردکان. گزارش نهایی پروژه تحقیقاتی مرکز ملی

موسوی فضل، س. ح. رحیمیان، م. ح.، کوهی، ن.، ریاحی، ح.، کرامتی، م.، عباسی، ف. و باغانی، ج. ۱۳۹۹. ارزیابی حجم آب کاربردی و بهره‌وری آب در کانون‌های اصلی تولید پسته کشور (استان‌های کرمان، خراسان رضوی، یزد و سمنان). نشریه آبیاری و زهکشی ایران، شماره ۶، جلد ۱۴. ص. ۲۲۴۴-۲۲۵۶.

Arora, V. K., Singh, C. B., Sidhu A. S. and Thind, S. S. 2011. Irrigation, tillage and mulching effects on soybean yield and water productivity in relation to soil texture. *Agricultural Water Management*. 98: 563-568.

Balwinder, S., Humphreys, E., Eberbach, P. L., Katupitiya, A., Yadvinder, S. and Kukal, S. S. 2011. Growth, yield and water productivity of zero till wheat as affected by rice straw mulch and irrigation schedule. *Field Crops Research*. 121: 209-225.

Bindraban, P. S., Stoorvogel, J. J., Jansen, D. M., Vlaming, J. and Groot, J. J. R. 2000. Land quality indicators for sustainable land management: proposed method for yield gap and soil nutrient balance. *Agricultural, Ecosystems & Environment*. 81: 103-112.

Bouman, B. 2007. A conceptual framework for the improvement of crop water productivity at different spatial scales. *Agricultural Systems*. 93: 43-60.

De Vries, M. E., Rodenburg, J., Bado, B. V., Sow, A., Leffenaar, P. and Giller, K. E. 2010. Rice production with less irrigation water is possible in a Sahelian environment. *Field Crops Research*. 116:154-164.

Fischer, G., Van Velthuisen, H., Hizsnyik, E. and Wiberg, D. 2009. Potentially obtainable yields in the semi-arid tropics. *Global Theme on Agroecosystems Report No. 54*, International Crops Research Institute for the Semi-Arid Tropics, Andhra Pradesh, India.

Geerts, S. and Raes, D. 2009. Deficit irrigation as an on-farm strategy to maximize crop water productivity in dry areas. *Agricultural Water Management*. 96: 1275-1284.

Rockström, J. and Barron, J..2007. Water productivity in rainfed systems: overview of challenges and analysis of opportunities in water scarcity prone savannahs. *Irrigation Science*. 25: 299-311.

Cartes, P., Gianfreda, L. and Mora, M. L. 2005. Uptake of selenium and its antioxidant activity in ryegrass when applied as selenate and selenite forms, *Plant and Soil*, 276: 359-367.

تحقیقات شوری یزد. ۴۹ صفحه.

الماسی، م. و کیانی، ش. ۱۳۸۷. مبانی مکانیزاسیون کشاورزی، انتشارات جنگل، جاودانه، چاپ چهارم. ۲۹۵ صفحه.

بی‌نام. آمارنامه سازمان جهاد کشاورزی استان فارس، ۱۳۹۷.

رضوی، ر.، طایفه رضایی، ح.، رضوی، م.، محمداسماعیل، ز. و جدیدی، ت. ۱۴۰۰. ارزیابی و بهینه‌سازی راندمان کاربرد آب در مزرعه با آبیاری سطحی در مزارع استان آذربایجان غربی. هفدهمین کنگره علوم خاک ایران و چهارمین همایش ملی مدیریت آب در مزرعه "تجدید حیات حکیمانه خاک و حکمرانی حکیمانه آب"، کرج.

شریعتی، م. ۱۳۷۵. مروری بر تحقیقات پسته در مرکز تحقیقات کشاورزی کرمان. چکیده مقالات سمینار بررسی مسائل پسته. کرمان، دانشگاه شهید باهنر کرمان. صفحه ۱۵.

صداقتی، ن.، حسینی فرد، س. ج. و علی‌آباد، ح. ۱۳۸۵. مقایسه روش‌های آبیاری سطحی با دو دور مختلف در باغ‌های پسته. گزارش نهایی پروژه تحقیقاتی موسسه تحقیقات پسته کشور. ۲۶ صفحه.

صداقتی، ن.، محمدی محمدآبادی، ا.، حسینی فرد، س. ج. و حکم‌آبادی، ح. ۱۳۹۱. بررسی امکان آبیاری یک‌درمیان نوارهای آبیاری جهت کاهش دور آبیاری در باغ‌های پسته. گزارش نهایی پروژه تحقیقاتی موسسه تحقیقات پسته کشور. ۲۴ صفحه.

عباسی، ف.، ناصری، ا.، سهراب، ف.، باغانی، ج.، عباسی، ن. و اکبری، م. ۱۳۹۴. ارتقای بهره‌وری مصرف آب. دستاورد پژوهشی، موسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، ناشر، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی. ۶۸ صفحه.

قاسمی، م. م.، صحرائیان جهرمی، ح.، پاک‌پرور، م.، بذرافکن، ع. ا.، آی، آ.، کوشافر، س. و طالبی، م. ۱۳۹۹. اطلس کشاورزی شهرستان سروستان. سازمان جهاد کشاورزی فارس. ایران.

محمدی، ا. ۱۳۷۹. بررسی امکان تغییر سیستم آبیاری از سطحی به زیرزمینی و تعیین تأثیر سیستم بر روی میزان Early splitting در درختان پسته بارور. گزارش پژوهشی موسسه تحقیقات پسته.

The Effect of Irrigation Management under Farmer Conditions on Irrigation Water Productivity of Pistachio Trees

A. Eslami^{1*}, M. Shaker¹ and A. Jokar¹

Abstract

Due to the quantitative and qualitative reduction of water resources and also to maintain existing agriculture, the only solution is to increase yield per unit area by changing the cultivation pattern, correct use of inputs, optimal irrigation management and ultimately increase irrigation water productivity. In this regard, a study was conducted in a pistachio garden of Ahmad Aghaei cultivar in Sarvestan city during the 2018-2019 crop year with the aim of comparing the volume of applied water, irrigation water productivity and machine efficiency in different water distribution substrates in surface irrigation method. The experimental design was performed in the form of randomized complete blocks with 4 treatments of irrigation management in three replications. The treatments were: conventional flooding method with a strip width of 6 meters (Control treatment), the creek created on both sides of the tree row (Ditcher), reducing the strip width through the border created in the middle of the row of trees (Border) and the bed of Sine-Morghhi created on both sides of the rows of trees (Kadval). The amount of irrigation water according to the inflow to each treatment and the time of cut off based on the management applied by the gardener in control, border, kadoul and ditcher treatments was 8400, 4648, 4200 and 3080 cubic meters per hectare, respectively. The results showed that in all treatments, irrigation water productivity increased compared to the control treatment. So that the rate of increase in ditcher, kadoul and border treatments compared to the control treatment was 120, 91 and 62%, respectively. Finally, ditcher and Kadval treatments with reduction of irrigation water by 63 and 50%, respectively, and no significant yield compared to the control treatment were suggested as the best irrigation treatments for pistachio trees in the tested garden.

Keywords: Effective rainfall, Machine efficiency, Surface irrigation, Volume of water, Water distribution substrates

¹Assistant Professor, Agricultural Engineering Research Department, Fars Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Agricultural Research Education And Extension Organization, Shiraz, Iran (* Corresponding Author Email: amireslami.50@gmail.com)

Received: 2 Mar 2023

Accepted: 6 Jun 2023