بررسی فنی و اقتصادی عوامل مؤثر بر افزایش بهره‌وری تولید محصول در باغ‌های پسته مناطق رفسنجان و انار

محمد عبدالهی عزت‌آبادی[۱]، ناصر صداقتی[۲*]

تاریخ ارسال: ۱۴۰۴/۱۲/۰۲ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۵/۰۳/۲۱

چکیده

در این مطالعه، نخست الگوهای مدیریتی مختلف باغ‌های پسته در دوره زمانی ۹۴-۱۳۸۹ شناسایی گردید. سپس نقش این الگوها بر عملکرد پسته و بهره‌وری مصرف آب، بررسی گردید. برای جمع‌آوری اطلاعات از روش تکمیل پرسشنامه استفاده شد. با استفاده از روش نمونه‌گیری تصادفی چند مرحله‌ای، تعداد ۱۰۰ نفر پسته‌کار با ۲۸۶ باغ، از شهرستان‌های انار و رفسنجان انتخاب شدند. تعداد نمونه بر اساس فرمول کوکران انتخاب شد. جهت بررسی تأثیر الگوهای مختلف مدیریت بر عملکرد پسته و تعیین عوامل مؤثر بر بهره‌وری آب، از روش‌های همبستگی پیرسون، آنالیز واریانس و رگرسیون استفاده شد. روند زمانی تغییر الگوی مدیریت آبیاری باغ‌های پسته نشان می‌دهد که در دوره اول مورد مطالعه (۹۱-۱۳۸۹)، ۶۲/۳ درصد از باغ‌های پسته با سیستم آبیاری سطحی غرقابی، ۳۲/۵ درصد با سیستم آبیاری سطحی نواری و تنها ۵/۲ درصد از باغ‌ها با سیستم آبیاری تحت‌فشار، آبیاری می‌شدند، در حالی که سهم این سه سیستم آبیاری در دوره دوم (۹۴-۱۳۹۲) به ترتیب ۴۱/۷، ۵۱/۳ و ۷ درصد بود. بنابراین به علت محدودتر شدن منابع آب، استفاده از سیستم‌های آبیاری آب‌اندوز، ازجمله سیستم‌های آبیاری تحت‌فشار، رشد یافته است. نتایج نشان داد که میانگین بهره‌وری نهایی مصرف آب در باغ‌های پسته مورد مطالعه از ۶۶ تا ۸۴ گرم بر مترمکعب متغیر می‌باشد. میزان مصرف آب، در دامنه گسترده ۹۷۴ تا ۲۷۴۰۰ مترمکعب در هکتار در سال و هدایت الکتریکی آب آبیاری در دامنه ۱۱۰۰ تا ۱۹۰۰۰ میکروموس بر سانتی‌متر واقع شده است. دور آبیاری نیز از حداقل ۷ روز (در آبیاری تحت‌فشار) تا حداکثر ۱۲۲ روز (در آبیاری غرقابی)، متغیر می‌باشد. با توجه به میانگین مصرف در هکتار کودهای مرغی و گاوی، ماسه بادی، کود پتاس و استفاده از گاوآهن که به ترتیب ۸ تن، ۱۱ تن، ۵۰ کامیون، ۱۰۰ کیلوگرم و یک نوبت گاوآهن بود، مقدار افزایش عملکرد در هکتار کاربرد هر کدام از نهاده‌ها و عملیات مذکور به ترتیب ۱۵۵/۲، ۲۱۳/۴، ۱۹۵، ۲۹۰ و ۳۸۸ کیلوگرم محصول خشک بدست می‌آید. بنابراین با توجه به قیمت فعلی پسته و هزینه کاربرد هر یک از نهاده‌ها و عملیات مذکور، استفاده از آن‌ها در افزایش بهره‌وری مصرف آب اقتصادی است.

واژه‌های کلیدی: آب مصرفی، شخم، شوری، کود آلی، مدیریت آبیاری

۱ استادیار پژوهش، پژوهشکده پسته، مؤسسه تحقیقات علوم باغبانی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، رفسنجان، ایران.
۲ استادیار پژوهش، پژوهشکده پسته، مؤسسه تحقیقات علوم باغبانی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، رفسنجان، ایران.
*مسئول مکاتبه: ناصر صداقتی nsedaghati2010@gmail.com شماره همراه: ۰۹۱۲۷۷۳۹۳۸۵

مقدمه

پیشینه به‌کارگیری روش‌های آبیاری، حداقل به ۶۰۰۰ سال قبل می‌رسد. با این وجود، قرن‌ها طول کشید تا انسان به این نتیجه برسد که آبیاری می‌تواند اثرات زیست‌محیطی منفی نیز داشته باشد. از ابتدایی‌ترین این اثرات، تجمع نمک در خاک بوده و بنابراین برای کنترل این موضوع نیز بایستی آبیاری مدیریت شود. این اثرات تکنیکی منفی، همراه با اثرات اجتماعی زیان‌بار ناشی از آن، لزوم مدیریت آبیاری را آشکار نموده است (فرر و همکاران، ۲۰۰۳). همچنین به عقیده کای و همکاران (۲۰۰۲)، مدیریت آبیاری، بایستی به‌طور همزمان دو هدف کارآیی و پایداری را فراهم نماید.

مطالعه جوانشاه و همکاران (۱۳۸۴) نشان می‌دهد در مناطق پسته‌کاری شهرستان‌های انار و رفسنجان، ارزش اقتصادی بالای آب در سمت تقاضا و عدم وجود یک برنامه جامع برای حفاظت از منابع آب زیرزمینی در سمت عرضه باعث تشدید برداشت از سفره‌های آب زیرزمینی شده است. برداشت بی‌رویه در مناطق پسته‌کاری رفسنجان باعث کاهش کیفی و کمی این منابع شده است. به‌طوری که طبق آخرین آمار، میزان افت سالانه آب در این شهرستان‌ها ۰/۸ متر بوده و بیلان منفی سالانه سفره ۱۶۵ میلیون مترمکعب است. علاوه‌براین، کیفیت آب‌های زیرزمینی منطقه نیز به شدت کاهش یافته است. به‌طوری که حداکثر شوری در بعضی از موارد تا ۲۰۰۰۰ میکروموس بر سانتی‌متر نیز گزارش شده است (شرکت سهامی آب منطقه‌ای کرمان، امور آب رفسنجان، ۱۳۹۷) که این مشکلات کاهش محصول پسته را نیز به دنبال داشته است.

اوجی و کمالی (۱۳۹۱)، اثر قابل توجه بافت خاک و مدیریت آبیاری بر روند افزایش شوری خاک بخشی از باغ‌های پسته منطقه هرمزآباد رفسنجان را نشان دادند. نتایج تحقیق محمدی محمد آبادی (۱۳۸۳) در خصوص تأثیر آبیاری‌های پس از برداشت محصول، از مهر تا اواسط بهمن نشان داد که انجام و یا عدم انجام آبیاری درختان پسته در این محدوده زمانی تفاوتی ندارد. صداقتی و همکاران (۱۳۸۷)، اثر دور آبیاری و زمان‌های مختلف حذف آبیاری بر عارضه زودخندانی میوه پسته را مورد بررسی قرار دادند. نتایج نشان داد که دور آبیاری طولانی (۴۵ روز) و قطع آب از اواسط اردیبهشت تا اواسط خرداد، می‌تواند میزان پسته‌های زودخندان را نسبت به تیمار شاهد با آبیاری منظم، تا ۲ برابر افزایش دهد. همچنین صداقتی و همکاران (۱۳۹۶)، امکان آبیاری یک‌درمیان متغیر جهت کاهش دور آبیاری در باغ‌های پسته را مورد بررسی قرار دادند. نتایج نشان داد که به کارگیری روش‌های آبیاری یک‌درمیان متغیر و کاهش عرض نوارها، به ترتیب باعث افزایش میانگین وزن

خشـــک محصـــول به میزان ۱/۱ و ۱/۴ کیلوگرم در هر درخت و افزایش بهره‌وری مصـرف آب به میزان ۷۱ و ۹۳ درصـد نسـبت به آبیاری غرقابی گردید. فلاح و همکاران (۱۳۹۸)، با اسـتفاده از روش سـبال، آب مصـرفی باغ‌های پسته در شرایط شور را با نیاز آبی و تبخیر و تعرق واقعی برآورد شده در دشت بهادران در استان یزد مورد مقایسه قرار دادند. نتایج مطالعه آن‌ها نشـان داد که مجموع عمق ناخالص آب آبیاری ســـالانه باغ‌های پســـته مورد مطالعه بین ۸۲۳ تا ۱۶۰۰ (با میانگین ۱۲۱۳) میلی‌متر (برابر با هیدرومدول ۰/۳۰ تا ۰/۵۷ لیتر بر ثانیـه بر هکتار) متغیر است.

به عقیده اسدی و همکاران (۱۳۹۱)، مدیریت آبیاری، حتی در صورت اثربخشی آن، بایستی از نظر جنبه‌های اقتصادی نیز مورد ارزیابی قرار گیرد. در این زمینه، کورشی و همکاران (۲۰۰۱) نیز معتقدند که چندین عامل در مدیریت آبیاری بایستی در نظر گرفته شود تا این که بهره‌وری افزایش یافته و هزینه‌ها کاهش یابند. همچنین کینگ و همکاران (۲۰۰۶) نیز بر این نکته تاکید دارند که حتی پیشرفته‌ترین روش‌ها، نظیر مدیریت نقطه‌ای آبیاری نیز نیازمند ارزیابی اقتصادی هستند. به عقیده مارینو و همکاران (۲۰۱۹)، درخت پسته در شرایط عدم استرس، سطح بالایی از تعرق را دارد، به‌طوری که نرخ تبخیر و تعرق آن در اواسط تابستان بالاتر از بسیاری از گونه‌های درختی برگ‌ریز می‌باشد. بررسی این نویسندگان نشان می‌دهد که حداکثر ضریب گیاهی (kc) پسته در ماه‌های پیک مصرف آب از ۰/۸ تا ۱/۳۶ تغییر می‌کند. به باور این نویسندگان، نوسانات زیاد در ضریب گیاهی پسته بیانگر شرایط و استرس‌های مختلف در دوران رشد، تفاوت در قدرت و سلامت درخت و فعالیت‌های مختلف آبیاری است اما نکته دیگری را نیز که نشان می‌دهد تغییرات زیاد در خصوص نیاز آبی درخت پسته می‌باشد. به عبارت دیگر، تعیین نیاز آبی درخت پسته در شرایط مختلف ضروری است. رحیمیان و همکاران (۱۳۹۳) معتقدند که محدودیت‌های کمی و کیفی آب آبیاری در مناطق خشک باعث شده است که زارعین و باغدارن این مناطق تجارب ارزشمندی را در زمینه‌ی مدیریت آبیاری در این شرایط کسب و در عرصه کشاورزی خود اجرا کنند. این تجارب که در درازمدت حاصل شده است، باعث تداوم و رونق کشاورزی در این مناطق بوده است. به‌طوری که علی‌رغم منابع آبی محدود در این مناطق، کشاورزان توانسته‌اند سال‌های متمادی در باغ‌های خود فعالیت نموده و از طریق تولید اقتصادی محصولات خود، امرارمعاش نمایند. اما مدیریت آب و خاک در باغ‌های پسته بسیار متنوع بوده و باعث ایجاد دامنه گسترده بهره‌وری آب شده است. لذا ضروری است تا ضمن شناخت این الگوها در باغ‌های پسته،

تأثیر این الگوها بر بهره‌وری آب، عملکرد و سود خالص اقتصادی بررسی شود. این شناخت می‌تواند در جهت تقویت آن‌ها موفق باشد و در مدیریت و برنامه‌ریزی آتی منطقه‌ای و یا در مواقع بروز خشکسالی‌ها استفاده و الگوبرداری شود.

مواد و روش‌ها

داده‌های مورد استفاده در این تحقیق از طریق پرسشنامه از کشاورزان شهرستان‌های انار و رفسنجان، در سال‌های ۱۳۸۹ تا ۱۳۹۴ تهیه شد. از مجموع روستاهای دو شهرستان، تعدادی نمونه بر اساس روش‌های نمونه‌گیری تصادفی چند مرحله‌ای انتخاب شد. در مرحله بعد، از بین کشاورزان ساکن در روستاهای نمونه، تعداد ۱۰۰ نفر با روش‌های نمونه‌گیری تصادفی انتخاب شدند، که از این ۱۰۰ کشاورز، ۲۸۶ باغ پسته مورد بررسی قرار گرفت. حجم نمونه با استفاده از فرمول کوکران تعیین شد .

در این مطالعه نخست الگوهای مدیریتی مختلف آبیاری باغ‌های پسته شناسایی گردید. برای این منظور با تکمیل پرسشنامه، روش‌های آبیاری مورد استفاده کشاورزان شناسایی شد. برای مثال این الگوها شامل سیستم‌های آبیاری مختلف، کیفیت‌های آب مورد استفاده، تکنیک‌های آبیاری مختلف می‌باشد. در هر کدام از الگوهای استفاده‌شده، فاکتورهای هزینه و عملکرد محصول نیز پرسیده شد .

علاوه‌بر موارد فوق، ویژگی‌های اقتصادی- اجتماعی کشاورزان و ویژگی‌های باغ نیز مورد سؤال قرار گرفت. بافت خاک نیز با نمونه‌برداری تعیین گردید. در این راستا، بافت خاک باغ‌های مورد مطالعه به سه گروه سبک، متوسط و سنگین طبقه‌بندی شد. شوری آب، بر اساس معیار هدایت الکتریکی (EC) اندازه‌گیری شد. به منظور محاسبه مقدار آب مصرف‌شده سالیانه در هر هکتار باغ، تعداد نوبت و زمان هر دور آبیاری از باغدار سؤال شد. سپس دبی چاه آبیاری مورد استفاده با روش‌های گونیا (برای لوله آب) و روش جسم شناور (برای کانال آب) اندازه‌گیری گردید. در نهایت، میزان مصرف سالیانه آب بر حسب مترمکعب در هکتار محاسبه گردید. علاوه‌بر عملکرد محصول، رشد طولی شاخه سال جاری درختان پسته نیز اندازه‌گیری شد. جهت اندازه‌گیری رشد رویشی شاخه سال جاری، در هر باغ ۱۰ درخت انتخاب گردید و از هر درخت رشد رویشی ۴ شاخه در چهار جهت اندازه‌گیری شد. سپس میانگین رشد رویشی این شاخه‌ها محاسبه و به‌عنوان شاخص رشد رویشی کل باغ برای هر شاخه در سال در نظر گرفته شد.

برای بررسی الگوهای محتلف مدیریت آبیاری بر عملکرد محصول، هزینه و سودهای ناخالص و خالص از دو

روش آنالیز واریانس و تابع رگرسیون استفاده شد. برای محاسبه بهره‌وری استفاده از نهاده‌ی آب، از دو روش بهره‌وری جزئی نهاده (کیلوگرم محصول تولیدشده بر کیلوگرم نهاده مصرف‌شده) و بهره‌وری نهایی استفاده شد (رابرت، ۲۰۰۸). بهره‌وری نهایی که از طریق تخمین تابع تولید محاسبه گردید، مقدار محصول تولیدشده در ازای آخرین واحد نهاده مصرف‌شده می‌باشد. جهت تجزیه‌وتحلیل آماری داده‌ها از بسته نرم‌افزاری SPSSWin22 استفاده شد.

نتایج

الگوی مدیریت مصرف آب در باغ‌های پسته

در جدول ۱، متغیرهای پیوسته مدیریتی مصرف آب در باغ‌های پسته مورد مطالعه در دو دوره زمانی ۳ ساله ۹۱-۱۳۸۹ و ۹۴-۱۳۹۲ آمده است. اندازه‌گیری‌های مربوط به دوره نخست مطالعه در سال ۱۳۹۲ و دوره دوم در سال ۱۳۹۵ صورت گرفت. در سال ۱۳۹۵ به علت محدودیت‌های بودجه‌ای، اندازه‌گیری EC و دبی آب صورت نگرفت. بنابراین مقادیر مربوط به این دو متغیر در دوره دوم در جدول نیامده و در این مقاله، تحلیل‌های مربوط به این دو متغیر تنها با توجه به اندازه گیری‌های صورت گرفته در سال ۱۳۹۲ انجام شد. چنانچه جدول ۱ نشان می‌دهد، متوسط مصرف آب در باغ‌های پسته مورد مطالعه ۹۷۳۱ مترمکعب در هکتار در سال می‌باشد. در حالی که پراکنش مصرف آب بسیار بالا بوده و از ۹۷۳ تا ۲۷۳۹۹ مترمکعب در هکتار در سال متغیر است. به عبارت دیگر، باغ‌های پسته مورد مطالعه دارای الگوهای مدیریتی بسیار متفاوتی از نظر مقدار مصرف آب هستند. متوسط هدایت الکتریکی آب مصرفی (EC) در منطقه مورد مطالعه ۶۵۰۰ میکروموس بر سانتی‌متر می‌باشد. از نظر کیفیت آب مصرفی نیز پراکندگی زیادی در بین باغ‌ها وجود دارد. به‌طوری که از آب قابل شرب ۱۱۰۰ تا آب کاملا بی‌کیفیت ۱۹۰۰۰ میکروموس بر سانتی‌متر مورد استفاده قرار می‌گیرد.

جدول ۱ - متغیرهای پیوسته مدیریتی مصرف آب در باغ‌های پسته مورد مطالعه

متغیر مدیریتی مصرف آب	مقدار متغیر در دوره سه ساله (۹۱-۱۳۸۹)			مقدار متغیر در دوره سه ساله (۹۴-۱۳۹۲)		
	حداقل	حداکثر	میانگین	حداقل	حداکثر	میانگین
مقدار مصرف آب (مترمکعب بر هکتار-سال)	۹۷۳/۴	۲۷۳۹۹/۶	۹۷۳۱/۵	-	-	-
EC آب (میکروموس بر سانتی‌متر)	۱۱۰۰	۱۹۰۰۰	۶۵۰۵	-	-	-
دور آبیاری (روز)	۱۱	۱۲۲	۴۲/۵	۷	۱۰۰	۴۸/۲
مساحت کرت آبیاری (قصب، معادل ۲۵ متر مربع)	۵	۲۵۰	۳۳/۴	۴/۵	۱۸۱	۲۵/۸
عرض نوار آبیاری (متر)	۰/۵	۶/۵	۳/۹	۱	۷	۳/۱

مطابق جدول ۱، متوسط دور آبیاری باغ‌های پسته در سه ساله نخست مطالعه ۴۲ روز بوده و در دوره سه ساله دوم به ۴۸ روز افزایش یافته است. به عبارت دیگر، به علت محدودتر شدن منابع آب در دسترس، در طول ۳ سال، دور آبیاری به میزان ۶ روز افزایش یافته است. با وجود این، در هر دو دوره مورد مطالعه، پراکنش زیادی بین دور آبیاری در باغ‌های مختلف وجود دارد. این پراکنش زیاد نیز به علت میزان آب در دسترس، سیستم آبیاری مورد استفاده، بافت خاک و ... می‌باشد. برای مثال دورهای آبیاری حداقل ۷ و ۱۱ روز مربوط به سیستم‌های آبیاری تحت‌فشار می‌باشد. در صورتی که دورهای آبیاری حداکثر ۱۰۰ و ۱۲۲ روز مربوط به سیستم آبیاری غرقابی است. در جدول ۱، دو متغیر دیگر وجود دارد که نحوه توزیع آب در باغ‌های پسته را نشان می‌دهد. این متغیرها مساحت کرت آبیاری و عرض نوار آبیاری می‌باشد. با داشتن یک مقدار مساوی آب، هر چه مساحت کرت‌ها کمتر باشد، توزیع آب بهتر انجام خواهد شد. البته این مسأله ضرورتاً به معنی افزایش بهره‌وری آب نبوده و تعیین اندازه بهینه کرت در شرایط آب و خاک مختلف متفاوت می‌باشد. همین مسأله در خصوص عرض نوار نیز وجود دارد. هرچه عرض نوار کمتر باشد، توزیع آب بهتری صورت خواهد گرفت. چنانچه مشخص است، میانگین مساحت کرت‌ها از ۳۳ قصب در دوره نخست مطالعه به ۲۶ قصب در دوره دوم کاهش یافته است. این مسأله نیز نشان می‌دهد که به علت محدودتر شدن آب در دسترس کشاورزان، برای توزیع بهتر آب و پیشروی سریع‌تر آن، مساحت کرت‌ها کمتر شده است. با این وجود، در هر دو دوره، پراکنش مساحت کرت‌ها زیاد بوده و از حداقل ۵ تا حداکثر ۲۵۰

قصب متغیر است. در طی این دو دوره، متوسط عرض نوارهای آبیاری نیز از ۴ متر به ۳ متر کاهش یافته است. ضمن اینکه عرض نوارها از حداقل ۰/۵ تا حداکثر ۷ متر وجود دارد که بیانگر پراکنش بالا می‌باشد. در جدول ۲، اطلاعات مربوط به متغیرهای گسسته (صفر و یک) مدیریت مصرف آب آمده که مربوط به سیستم آبیاری مورد استفاده در باغ‌های پسته مورد مطالعه می‌باشد. در سه ساله نخست مورد مطالعه (۹۱-۱۳۸۹)، ۶۲ درصد از باغ‌های پسته با سیستم سطحی غرقابی آبیاری می‌شدند. در این سیستم کل سطح باغ آبیاری می‌گردد. در این دوره ۳۲ درصد باغ‌های پسته دارای سیستم آبیاری سطحی نواری بودند. در این سیستم دو طرف درخت به‌صورت نواری آبیاری شده و وسط پشته‌ها آبیاری نمی‌گردند. در دوره سه ساله نخست تنها ۵ درصد از باغ‌های پسته مورد مطالعه از سیستم آبیاری تحت‌فشار استفاده نموده‌اند. الگوی به‌کارگیری سیستم‌های آبیاری در دور دوم (۹۴-۱۳۹۲) نسبت به دوره نخست، دچار تغییراتی شد. به‌طوری که از سیستم سطحی غرقابی به میزان ۲۰ درصد کم شد و سیستم آبیاری سطحی نواری ۱۸ درصد رشد داشت. همچنین میزان استفاده از سیستم آبیاری تحت‌فشار با ۲ درصد رشد، از ۵ درصد به ۷ درصد رسید. چنانچه مشخص است، به علت محدودتر شدن منابع آب، سیستم‌ها و تکنیک‌های آبیاری آب اندوز رشد یافته و استفاده از روش‌های آب‌بر کاهش یافته است.

جدول ۲- متغیرهای گسسته (صفر و یک) مدیریتی مصرف آب در باغ‌های پسته مورد مطالعه

نام متغیر مدیریتی مصرف آب	مقدار متغیر در دوره سه ساله ۹۱-۱۳۸۹	مقدار متغیر در دوره سه ساله ۹۴-۱۳۹۲
درصد باغ‌های با سیستم آبیاری سطحی غرقابی کامل	۶۲/۳	۴۱/۷
درصد باغ‌های با سیستم آبیاری سطحی نواری	۳۲/۵	۵۱/۳
درصد باغ‌های با سیستم آبیاری قطره‌ای	۵/۲	۷/۰

در جدول ۳، بعضی از ویژگی‌ها و نوآوری‌های مورد استفاده کشاورزان در زمینه استفاده از آب در باغ‌های پسته مورد مطالعه آمده است. جدول ۳ نشان می‌دهد که نزدیک به ۷۰ درصد از باغ‌های پسته مورد مطالعه تنها از آب یک چاه آبیاری می‌شدند. این مسأله چند موضوع را نشان می‌دهد. نخست این که مالکان این باغ‌ها تنها مالک یک چاه کشاورزی هستند. اما بررسی بیشتر نشان داد که تنها ۱۱ درصد از کشاورزان مورد مطالعه مالک یک چاه

کشاورزی هستند. ۸۹ درصد دیگر دارای ۲ چاه یا بیشتر بودند. لذا استفاده از آب یک چاه برای باغ‌های پسته، دلایل دیگری داشت. یکی از این دلایل، عدم احساس نیاز مالک باغ برای استفاده آب دو چاه بود. باغی که حجم آب کافی و با کیفیت مناسب از یک چاه دریافت می‌نماید، نیازی به استفاده آب از چاه‌های دیگر ندارد. به عبارت دیگر، تنها باغ‌هایی که با مشکل کم‌آبی و شوری آب مواجه بودند، نیاز به استفاده از آب چند چاه داشتند.

جدول ۳- ویژگی‌ها و نوآوری‌های مورد استفاده کشاورزان در مدیریت آبیاری باغ‌های پسته

نام نوآوری مورد استفاده	درصد کشاورزان استفاده‌کننده از نوآوری
تنها از آب یک چاه در آبیاری باغ استفاده می‌شود	۷۰/۶
مخلوطی از آب چند چاه استفاده می‌گردد	۸/۴
آب چند چاه در دوره‌های مختلف مورد استفاده قرار می‌گیرد	۲۱/۰
آب یک چاه به‌طور مداوم در یک باغ استفاده می‌شود	۴/۲
آب یک چاه به‌طور یک‌درمیان با چاه‌های دیگر استفاده می‌شود	۱۶/۸
جابجایی آب با کشاورزان دیگر انجام می‌شود	۷۴/۴
کارگر دایمی جهت آبیاری باغ پسته استفاده می‌شود	۸۰/۸
آزمایش آب انجام شده است	۲۳/۹

دومین عاملی که مانع استفاده آب چند چاه برای یک باغ بود، مسائل فنی انتقال آب می‌باشد. به این معنی که استفاده از آب چاهی که در پایین دست قرار داشت برای باغ‌های بالا دست مشکل بود. مانع سوم بر سر راه استفاده از آب چند چاه برای یک باغ، مسائل قانونی بود. طبق قانون انتقال آب یک چاه به اراضی دیگر، ممنوع است و در حقیقت حدود ۳۰ درصد باغ‌های پسته‌ای که در حال حاضر از آب چند چاه استفاده می‌کنند در حال انجام کار غیرقانونی هستند. علاوه‌براین، در مواردی برای انتقال آب از یک چاه به اراضی چاه دیگر، نیاز به طی مسیر از اراضی افرادی می‌باشد که اجازه این کار را نمی‌دهند. به عبارت دیگر، تخصیص بهینه آب چاه‌ها توسط کشاورزان با مشکلات زیادی مواجه است و باعث شده است تا حجم گسترده‌ای در استفاده از این تکنیک در منطقه وجود نداشته باشد.

مطابق با نتایج جدول ۳، از مجموع ۳۰ درصد کل باغ‌های پسته‌ای که از آب چند چاه استفاده می نمایند، ۹ درصد آب را مخلوط نموده و ۲۱ درصد آب چاه‌های مختلف را در دوره‌های مختلف و به‌صورت تناوبی استفاده می‌نمایند. به عبارت دیگر، تنها ۹ درصد از کل باغ‌های پسته مورد مطالعه از مزیت مخلوط نمودن آب دو یا چند چاه برخوردار شده‌اند. مزیت این کار نیز تعدیل کیفیت آب‌های کم کیفیت و کمک به پیشروی بهتر آب چاه‌های با حجم کم است. همچنین از مجموع ۲۱ درصد باغ‌هایی که آب چاه‌های مختلف را مخلوط نکرده و در دوره‌های مختلف مورد استفاده قرار داده‌اند، ۴ درصد، آب یک چاه را برای یک دوره زمانی (برای مثال ۶ ماه) پشت سر هم استفاده نموده و در دوره زمانی دیگر از آب چاه دیگری استفاده نموده‌اند. این در حالی است که ۱۷ درصد بقیه، آب دو چاه را به‌صورت یک دوره در میان برای یک چاه انتخاب نموده‌اند. این موضوع زمانی اهمیت پیدا می‌کند که آب دو چاه با دو کیفیت کاملا متفاوت (یکی بسیار شور و دیگری شیرین) باشد. در این وضعیت بحث تأثیر آبیاری تناوبی با چنین آب‌هایی بر ساختمان خاک، آبشویی املاح و ... حائز اهمیت بوده و لذا تصمیم‌گیری در خصوص انتخاب کدام روش اهمیت پیدا می‌کند .

موضوع دیگری که در جدول ۳ مورد توجه قرار گرفته است، جابجایی آب با کشاورزان دیگر و تغییر زمان آبدهی می‌باشد. چنانچه مشخص است، ۷۴ درصد از کشاورزان مورد مطالعه حداقل یک نوبت این کار را انجام داده‌اند. البته دلیل آن اغلب آماده نبودن مسیر انتقال آب یا باغ پسته جهت آبیاری می‌باشد. به عبارت دیگر، هدف تنظیم زمان آبیاری از نظر فنی نبوده است .

مطابق با یافته‌های ارائه شده در جدول ۳، ۸۱ درصد از باغ‌های پسته مورد مطالعه از کارگر دائمی برای آبیاری استفاده نموده و بقیه کارگر موقت را برای این کار انتخاب کرده‌اند. همچنین، تنها ۲۴ درصد از پسته‌کاران، برای تعیین کیفیت آب مورد استفاده در باغ‌های پسته خود، آزمایش آب انجام داده‌اند.

در جدول ۴، دیدگاه‌های کشاورزان مورد مطالعه در زمینه مدیریت عرضه و تقاضای آب در منطقه مورد مطالعه آمده است.

جدول ۴ - دیدگاه‌های کشاورزان در خصوص مدیریت عرضه و تقاضای آب در منطقه

نام دیدگاه	درصدی از کشاورزان دارای دیدگاه
آبیاری درختان پسته در دوره‌ای از فصل بهار زیان دارد	۵۶/۹
آبیاری درختان پسته در فصل پاییز ضروری نیست	۴۶/۷
انتقال آب بین حوضه‌ای، راه‌حل مشکل کم‌آبی منطقه	۶۵/۳
اصلاح روش‌های آبیاری، راه‌حل مشکل کم‌آبی منطقه	۳۹/۳
مشاغل غیر کشاورزی، راه‌حل مشکل کم‌آبی منطقه	۱۳/۷
برداشت کمتر از منابع آب، راه‌حل مشکل کم‌آبی منطقه	۶/۰
مهاجرت، راه‌حل مشکل کم‌آبی منطقه	۳/۹

جدول ۴ نشان می‌دهد که ۵۷ درصد از کشاورزان معتقدند که در دوره‌ای از فصل بهار آبیاری درختان پسته زیان دارد. این افراد آبیاری در زمان گل را باعث ریزش آن و تنک شدن خوشه‌ها می‌دانند. همچنین به عقیده آن‌ها، در اردیبهشت و زمانی که هنوز پوست استخوانی تشکیل نشده است، آبیاری را باعث ایجاد سیاه‌شدگی و خشکیدگی نوک میوه‌های پسته (عارضه لکه پوست استخوانی) می‌دانند. این افراد معتقدند که اگر قرار بر خاموشی چاه‌ها باشد بایستی این کار در فصل بهار انجام شود. این افراد، علی‌رغم موافقت با خاموشی یک ماهه چاه‌ها، با خاموشی در پاییز (روند فعلی) مخالف هستند. در مقابل ۴۷ درصد از کشاورزان معتقدند که آبیاری باغ‌های پسته در پاییز ضرورتی نداشته و لذا با خاموشی چاه‌ها در این فصل موافق هستند. بر اساس جدول ۴، راه‌های مقابله با مشکل کم‌آبی در باغ‌های پسته از دیدگاه کشاورزان، به ترتیب اولویت بالا به پایین شامل انتقال آب بین حوضه‌ای، اصلاح روش‌های آبیاری، مشاغل غیرکشاورزی، برداشت کمتر از منابع آب و مهاجرت به سایر مناطق کشور می‌باشند.

بررسی تأثیر کمیت و کیفیت آب آبیاری بر عملکرد در هکتار محصول پسته

با توجه به اطلاعات در دسترس، سه رگرسیون جداگانه تخمین زده شد. در رگرسیون نخست متغیر وابسته میانگین عملکرد در هکتار محصول پسته در سه سال نخست مورد مطالعه (۹۱-۱۳۸۹) در نظر گرفته شد. در رگرسیون‌های دوم و سوم به ترتیب متوسط عملکرد محصول پسته سه ساله دوم مورد مطالعه (۹۴-۱۳۹۲) و

متوسط عملکرد شش ساله مورد مطالعه (۹۴-۱۳۸۹) به عنوان متغیرهای وابسته در نظر گرفته شد که نتایج آن در جدول ۵ آمده است.

جدول ۵ - دیدگاه‌های کشاورزان در خصوص مدیریت عرضه و تقاضای آب در منطقه

نام متغیر	دوره ۳ ساله ۸۹ تا ۹۱			دوره ۳ ساله ۹۲ تا ۹۴			دوره ۶ ساله ۸۹ تا ۹۴		
	ضریب تخمین زده شده	مقدار آماره t	سطح معنی‌داری آماره t	ضریب تخمین زده شده	مقدار آماره t	سطح معنی‌داری آماره t	ضریب تخمین زده شده	مقدار آماره t	سطح معنی‌داری آماره t
مقدار ثابت	۲۹/۲۰	۰/۱۳	۰/۹۰	۲۵۵/۵۲	۱/۲۹	۰/۲	-۲۰۲/۵۸۸	-۰/۸۴	۰/۴۰
مقدار مصرف آب (مترمکعب بر هکتار سال)	۰/۰۶۶	۵/۵۶	۰/۰۰	۰/۰۸۴	۶/۲۳	۰/۰۰	۰/۰۸۴	۶/۵۸	۰/۰۰
EC آب مصرفی (میکروموس بر سانتی‌متر)	۰/۱۴۲	۲/۴۲	۰/۰۲	۰/۱۳	۱/۶۷	۰/۱۰	۰/۲۰۱	۳/۱۳	۰/۰۰
توان دوم EC آب مصرفی	-۰/۰۰۰۰۰۹	-۲/۷۷	۰/۰۱	-۰/۰۰۰۰۰۹	-۲/۲۱	۰/۰۳	-۰/۰۰۰۰۱	-۳/۵۰	۰/۰۰
R2		۰/۱۵			۰/۲۰			۰/۲۰	
adj R2		۰/۱۴			۰/۱۹			۰/۱۹	
F		۱۵/۰۷			۱۹/۰۸			۲۲/۵۶	

در این جدول، تنها متغیرهای مستقلی که آماره t آن‌ها در سطح کمتر از ۱۰ درصد معنی‌دار شده‌است آورده شده است. به عبارت دیگر، از ذکر متغیرهایی که تأثیر معنی‌داری بر عملکرد در هکتار محصول پسته نداشته‌اند، خودداری شده است. جدول ۵ نشان می‌دهد که متغیر توان اول مقدار مصرف آب در هر سه رگرسیون معنی‌دار شده است. این در حالی است که متغیر توان دوم مقدار مصرف آب در هیچکدام از سه رگرسیون معنی‌دار نشده و بنابراین در جدول نیامده است. این مسئله نشان می‌دهد که تعداد باغ‌های پسته‌ای که میزان مصرف بالای آب داشته‌اند در نمونه مورد مطالعه پایین بوده و باعث شده است امکان تخمین تابع تولید آب به‌طور کامل وجود نداشته باشد. به عبارت دیگر، پراکنش داده‌ها در سمت مصرف بالای آب کم بوده و باعث شده تا توان دوم

معنی‌دار نشود. جدول ۵ همچنین نشان می‌دهد، ضریب توان اول متغیر آب برای سه ساله ۸۹ تا ۹۱ برابر با ۰/۰۶۶ می‌باشد که کمتر از این ضریب برای سه ساله ۹۲ تا ۹۴ (۰/۰۸۴) است. این ضریب، مقدار تولید نهایی یک مترمکعب آب را نشان می‌دهد. به عبارت دیگر، بازده نهایی یک مترمکعب آب که در دوره سه ساله ۹۱-۱۳۸۹ برابر با ۶۶ گرم بوده است، در دوره سه ساله ۹۴-۱۳۹۲ به ۸۴ گرم افزایش یافته است. یکی از علل افزایش بازده نهایی آب، افزایش عملکرد محصول می‌باشد. به‌طوری که میانگین عملکرد محصول پسته باغ‌های مورد مطالعه در سه ساله اول، ۱۰۶۴ کیلوگرم در هکتار بوده و برای دوره سه ساله دوم به ۱۳۷۸ کیلوگرم در هکتار افزایش یافته است. علت این افزایش، علاوه بر مسائل مدیریتی، میزان بارندگی می‌باشد. چنانچه جدول ۶ نشان می‌دهد، میانگین بارندگی سالانه در دوره سه ساله ۸۹ تا ۹۱ در شهرستان‌های انار و رفسنجان به ترتیب برابر با ۲۴ و ۴۰/۲۳ میلی‌متر بوده، در حالی که متوسط بارندگی سالانه در دوره ۹۲ تا ۹۴ برای شهرستان‌های انار و رفسنجان به ترتیب معادل ۸۴/۲۷ و ۱۰۰/۴ میلی‌متر است. به عبارت دیگر، میزان بارندگی سه ساله دوم نسبت به سه ساله اول در شهرستان انار و رفسنجان، به ترتیب ۳/۵۱ و ۲/۵۰ برابر بوده است. این مسئله می‌تواند نقش مؤثری در افزایش عملکرد محصول و در نتیجه بازده آب آبیاری شود. چنانچه جدول ۵ نشان می‌دهد، بازده نهایی آب در دوره ۶ ساله مورد مطالعه برابر با ۸۴ گرم بر مترمکعب است. با مدنظر قراردادن قیمت متوسط ۱۲ میلیون ریال بر هر کیلوگرم پسته، بازده نهایی آب برابر با ۷۹۲۰۰۰ ریال برای دوره نخست مطالعه و ۱۰۰۸۰۰۰ ریال برای دوره سه ساله دوم و بلند مدت ۶ ساله می‌باشد. این اعداد نشان می دهد که اگر بتوان آب را با قیمتی کمتر از این مقادیر خریداری نموده و با آن باغ‌های پسته را آبیاری نمود اقتصادی است. با توجه به این که توان دوم متغیر آب معنی‌دار نشده است، امکان محاسبه میزان مصرف بهینه آب وجود ندارد.

جدول ۶ - میزان بارندگی در سال‌های ۸۹ تا ۹۴ در شهرستان‌های انار و رفسنجان

سال زراعی	رفسنجان (میلی‌متر)	انار(میلی‌متر)
۸۹-۸۸	۲۵/۶	۳۴/۵
۹۰-۸۹	۵۳/۹	۳۲/۱
۹۱-۹۰	۴۱/۲	۵/۴
۹۲-۹۱	۱۱۵/۹	۶۸/۲
۹۳-۹۲	۷۶	۶۷
۹۴-۹۳	۱۰۹/۳	۱۱۷/۶

بر اساس نتایج جدول ۵، متغیر دیگری که بر عملکرد در هر سه رگرسیون تاثیر معنی‌داری دارد، هدایت الکتریکی آب (EC) می‌باشد که بیانگر میزان املاح آب است. هر چه میزان این متغیر بالاتر باشد، بیانگر کیفیت پایین‌تر آب مصرفی است. توان اول و دوم متغیر EC در هر سه رگرسیون معنی‌دار شده است. ضریب توان اول مثبت و ضریب توان دوم EC منفی می‌باشد. این مسئله نشان می‌دهد که افزایش EC تا حدی باعث افزایش عملکرد پسته شده و سپس محصول را کاهش داده است. با توجه به ضرایب جدول ۵، و مشتق‌گیری نسبت به متغیر EC، مقدار بهینه این متغیر در دوره‌های سه ساله اول، دوم و شش ساله، به ترتیب برابر با ۷۸۸۹، ۷۲۲۲، و ۱۰۰۵۰ میکروموس بر سانتی‌متر محاسبه شد. به عبارت دیگر، میزان شوری بهینه در محدوده ۷۹۰۰ تا ۱۰۰۰۰ میکروموس بر سانتی‌متر قرار دارد. به عبارت دیگر، از دیدگاه اقتصادی، بیش‌ترین عملکرد باغ‌های پسته مورد مطالعه، در هدایت الکتریکی آب آبیاری در محدوده ۱۰-۸ هزار میکروموس بر سانتی‌متر به‌دست آمد. از نظر علمی این نتیجه شاید چندان قابل قبول نباشد. بنابراین برای بررسی بیشتر، ابتدا مناطق مختلف با ویژگی‌های متفاوت در نظر گرفته شد که در جدول ۷ آمده است. سپس رگرسیون تأثیر کمیت و کیفیت آب بر عملکرد پسته برای مناطق مختلف دو شهرستان تخمین زده شد که نتایج آن در جدول ۸ آمده است. در این جدول تنها ضرایبی ارائه شده است که در سطح ۱۰ درصد و کمتر معنی‌دار هستند. همچنین به علت اطلاعات بیشتر، تنها رگرسیون برای دوره نخست مورد مطالعه (۹۱-۱۳۸۹) تخمین زده شده است. بررسی جداول ۷ و ۸ چند نکته اساسی را مشخص می‌نماید. نخست این که مناطق مختلف دو شهرستان مورد مطالعه از نظر کمیت و کیفیت آب بسیار متفاوت

می‌باشند. به‌طوری که میانگین مصرف آب از ۷۸۰۰ مترمکعب در هکتار در سال در مناطق با محدودیت بیشتر آب (بیاض، ساقی، لطف‌آباد، کشکوییه و حومه شرقی رفسنجان)، تا ۱۲۷۰۰ مترمکعب در هکتار در سال، در منطقه نوق متغیر است. همچنین، میانگین EC آب نیز از ۴۲۰۰ میکروموس بر سانتی‌متر در مناطق با آب شیرین‌تر دو شهرستان (کبوترخان، دئفه، حومه غربی رفسنجان و شمال غربی انار) تا ۱۳۶۰۰ میکروموس بر سانتی‌متر در مناطق با آب بسیار شور (گلشن و امین‌شهر شهرستان انار) متفاوت است.

جدول ۷ - ویژگی‌های کمیت و کیفیت آب در مناطق مختلف دو شهرستان مورد مطالعه

نام متغیر	منطقه نوق شهرستان رفسنجان	شهرستان رفسنجان بدون نوق	شهرستان انار	مناطق با محدودیت کمتر آب دو شهرستان *	مناطق با محدودیت بیشتر آب دو شهرستان+	مناطق با آب بسیار شور -
حداقل آب مصرفی (مترمکعب بر هکتار سال)	۲۹۵۷	۲۵۲۲	۹۷۳	۲۵۶۰	۹۷۳	۱۶۸۸
حداکثر آب مصرفی (مترمکعب بر هکتار سال)	۲۵۴۹۹	۱۸۸۹۵	۲۷۴۰۰	۲۷۳۹۹	۱۸۷۷۷	۲۰۴۴۲
میانگین آب مصرفی (مترمکعب بر هکتار سال)	۱۲۷۲۰	۸۰۵۰	۱۰۳۴۰	۹۰۷۶	۷۷۹۶	۱۱۷۹۴
حداقل EC آب مصرفی (میکروموس بر سانتی‌متر)	۲۵۰۰	۱۲۰۰	۱۱۰۰	۱۲۰۰	۱۱۰۰	۵۶۰۰
میانگین EC آب مصرفی (میکروموس بر سانتی‌متر)	۶۲۲۰	۴۳۹۴	۱۱۵۷۲	۴۱۹۴	۶۸۶۹	۱۳۵۷۹
حداکثر EC آب مصرفی (میکروموس بر سانتی‌متر)	۱۴۳۰۰	۱۱۶۰۰	۱۹۰۰۰	۱۶۳۰۰	۱۵۵۰۰	۱۹۰۰۰

شامل مناطق کبوترخان، دئفه، حومه غربی رفسنجان و شمال غربی انار می‌شود.
شامل مناطق بیاض، ساقی، لطف‌آباد، کشکوئیه و حومه شرقی رفسنجان می‌شود.
شامل مناطق گلشن و امین‌شهر شهرستان انار می‌شود.

برای مثال در شهرستان انار که کیفیت آب پایین می‌باشد، بازده نهایی آب بالا بوده (۰/۰۹۲ برای کل شهرستان و ۰/۰۸۱ برای گلشن و امین‌شهر) و لذا تقاضا برای دریافت آب بیشتر، در سطح بالاتری قرار دارد. این در حالی است که در منطقه نوق که بیشترین میزان مصرف آب را دارد و یا این که در سایر مناطق شهرستان رفسنجان که‌از کیفیت آب بالاتری برخوردار هستند، بازده نهایی آب پایین‌تر (۰/۰۵۳ تا ۰/۰۶۲) است. بایستی توجه کرد که در منطقه شهرستان رفسنجان بدون نوق بازده نهایی آب از طریق مشتق‌گیری نسبت به متغیر آب و جایگذاری میانگین آب مصرفی این منطقه (۸۰۵۰ مترمکعب در هکتار سال) به میزان ۰/۰۵۳ محاسبه می‌گردد. بدین ترتیب می‌توان گفت که هر چه محدودیت کمی و کیفی آب بیشتر شود، ارزش آب بیشتر می‌گردد. با توجه بازده نهایی آب در جدول ۸ و در نظر گرفتن قیمت ۱۲ میلیون ریال برای یک کیلوگرم پسته، میانگین ارزش منطقه‌ای یک مترمکعب آب از حداقل ۶۳۶۰۰۰ ریال تا ۱۱۰۴۰۰۰ ریال متغیر می‌باشد. نکته دیگری که می‌توان از جداول ۷ و ۸ فهمید، نحوه معنی‌دار شدن ضرایب توان اول و توان دوم متغیر آب می‌باشد. چنانچه مشخص است، به جزء منطقه کم‌آب (بیاض، ساقی، لطف‌آباد، کشکوئیه و حومه شرقی رفسنجان)، در سایر مناطق ضریب توان اول آب معنی‌دار شده است که دلیل آن، پراکنش کمتر آب در منطقه کم‌آب می‌باشد. همچنین توان دوم متغیر آب نیز تنها در شهرستان رفسنجان بدون نوق، معنی‌دار شده است. این منطقه جزء مناطق با آب شیرین می‌باشد. همچنین این منطقه نسبت به مناطق پر آب (کبوترخان، دئفه، حومه غربی رفسنجان و شمال غربی انار)، دارای همگنی بیشتری در خصوص سایر متغیرهای تولید است زیرا تنها از یک شهرستان است.

در مجموع می‌توان به این نتیجه رسید که حد نزولی مصرف آب‌های شیرین زودتر از آب‌های شور شروع می‌شود. لذا این عامل باعث شده است تا توان دوم متغیر آب در این منطقه با آب شیرین معنی‌دار شده و لذا امکان تعیین مقدار بهینه فنی مصرف آب قابل محاسبه باشد. این در حالی است که در خصوص مجموع مناطق پرآب دو شهرستان، علی‌رغم کیفیت خوب آب، متغیر توان دوم آب معنی‌دار نشده و امکان محاسبه سطح بهینه آب وجود ندارد. این مسأله نشان می‌دهد که برای بررسی مسائل مدیریتی آب بایستی تا حد امکان مناطق کوچک‌تری را مورد بررسی قرار داد. به عبارت دیگر، ناهمگنی در سایر متغیرهای مؤثر بر عملکرد پسته باعث شده است تا نتوان اثر متغیر آب را به‌طور دقیق بر عملکرد محصول پسته بررسی نمود. تنها منطقه‌ای که این امکان وجود داشت، شهرستان رفسنجان بدون نوق بود که با EC معادل ۴۴۰۰ میکروموس بر سانتی‌متر و تکنولوژی متوسط مورد

استفاده در منطقه؛ بهترین مقدار آب از نظر فنی ۱۰۰۷۷ مترمکعب در هکتار در سال محاسبه شد. به عبارت دیگر مصرف کمتر و بیشتر از این مقدار باعث کاهش عملکرد می‌شود.

جدول ۸- ضرایب رگرسیون تاثیر کمیت و کیفیت آب بر عملکرد پسته در مناطق مختلف دو شهرستان مورد مطالعه

نام متغیر	ضرایب تخمین زده شده					
	منطقه نوق شهرستان رفسنجان	شهرستان رفسنجان بدون نوق	شهرستان انار	مناطق با محدودیت کمتر آب دو شهرستان *	مناطق با محدودیت بیشتر آب دو شهرستان+	مناطق با آب بسیار شور -
مقدار ثابت	-۲۰۰۸/۱۷	-۱۱۸۲/۴۰	-۳۳/۲۸	-۲۷۴/۷۴	۴۰۱/۳۳	۶۱۳/۲۱
توان اول آب مصرف‌شده (m3/ha.year)	۰/۰۵۳	۰/۲۶۲	۰/۰۹۲	۰/۰۶۲	-	۰/۰۸۱
توان دوم آب مصرفی (m3/ha.year)	-	-۰/۰۰۰۰۱۳	-	-	-	-
توان اول EC آب مصرفی (µmohs/cm)	۰/۷۲۷	۰/۴۱۹	-	۰/۳۲۰	۰/۱۱۰	-
توان دوم EC آب مصرفی (µmohs/cm)	-۰/۰۰۰۰۳۵	-۰/۰۰۰۰۳۸	-	-۰/۰۰۰۰۱۹	-۰/۰۰۰۰۰۸۸	-
مقدار بهینه آب مصرفی (m3/ha.year))	-	۱۰۰۷۷	-	-	-	-
مقدار بهینه EC آب مصرفی (µmohs/cm)	۱۰۳۸۶	۵۹۸۶	-	۸۴۲۱	۵۵۰۰	-
R2	۰/۲۵	۰/۱۲	۰/۲۵	۰/۱۷	۰/۱۲	۰/۱۵
adj R2	۰/۲۱	۰/۰۹	۰/۲۳	۰/۱۳	۰/۱۰	۰/۱۱
F	۶/۴۳	۴/۰۴	۱۹/۴۰	۴/۶۹	۶/۳۹	۳/۶۶
sigF	۰/۰۰۱	۰/۰۰۴	۰/۰۰۰	۰/۰۰۵	۰/۰۰۳	۰/۰۷

*شامل مناطق کبوترخان، دئفه، حومه غربی رفسنجان و شمال غربی انار می‌شود.
شامل مناطق بیاض، ساقی، لطف‌آباد، کشکوئیه و حومه شرقی رفسنجان می‌شود.
شامل مناطق گلشن و امین‌شهر شهرستان انار می‌شود.

همچنین جدول ۸ نشان می‌دهد، متغیر EC آب در کل شهرستان انار و مناطق گلشن و امین‌شهر معنی‌دار نشده است. این دو متغیر دارای بالاترین EC آب می‌باشند. پراکنش پایین و تعداد پایین نمونه باعث شده است تا متغیر EC آب معنی‌دار نشود. این مسأله نیز نشان می‌دهد که برای بررسی مدیریت آبیاری بایستی مناطق کوچک‌تر انتخاب شده و موضوع با دقت بالاتری مورد بررسی قرار گیرد. در رگرسیون مربوط به چهار منطقه دیگر، توان‌های اول و دوم متغیر EC آب معنی‌دار شده است. بنابراین در این چهار منطقه مقدار بهینه EC آب برای داشتن بالاترین عملکرد قابل محاسبه است. بر اساس نتایج جدول ۸، هر چه میانگین مصرف آب در هکتار افزایش می‌یابد، EC آب بهینه نیز بالاتر می‌رود. برای مثال، در مناطق کم‌آب با میانگین مصرف آب ۷۸۰۰ مترمکعب در هکتار در سال، EC بهینه آب ۵۵۰۰ میکروموس بر سانتی‌متر محاسبه شده است. این در حالی است که در منطقه نوق با میانگین مصرف ۱۲۷۰۰ مترمکعب در هکتار در سال آب، EC بهینه آب ۱۰۴۰۰ میکروموس بر سانتی‌متر به‌دست آمده است. به عبارت دیگر، هر چه بتوان حجم آب بیشتری را مصرف نمود، به علت آبشویی بهتر، سطوح بالاتر شوری آب قابل تحمل خواهد بود .

در مجموع علت بالا بودن شوری بهینه آب در بعضی از مناطق بخصوص شهرستان انار و بخش‌هایی از نوق را در چند عامل می‌توان خلاصه کرد. نخست این که خاک این مناطق وضعیت بسیار مناسبی از نظر بافت و حاصلخیزی دارد. دوم اینکه باغدارانی که با شرایط شوری بالاتر آب مواجه هستند، بیش‌تر به توصیه‌های مدیریتی استفاده از آب شور توجه کرده و آن‌ها را به‌کار می‌گیرند. سوم اینکه آب‌های شور حاوی یون‌هایی مانند کلسیم، منیزیم، پتاسیم و بور هستند که می‌توانند مفید باشند و نکته آخر اینکه رقم پسته غالب این مناطق، رقم اکبری بوده که مقاوم‌ترین رقم به شوری می‌باشد.

بررسی نقش عوامل مختلف بر بهره‌وری استفاده از آب در باغ‌های پسته

برای محاسبه بهره‌وری آب، مقدار محصول پسته تولیدشده در هکتار بر مقدار آب مصرف‌شده در هکتار تقسیم شد. با توجه به اطلاعات در دسترس، تنها امکان تخمین بهره‌وری آب برای دوره سه ساله نخست (۹۱-۱۳۸۹) بود. برای بررسی اثر عوامل مختلف فنی مؤثر بر بهره‌وری استفاده از آب در باغ‌های پسته از رگرسیون استفاده شد. بدین منظور تخمین رگرسیون به دو صورت انجام گرفت. نخست آب‌های مورد استفاده در دو شهرستان مورد مطالعه به دو گروه آب با EC معادل ۸۰۰۰

میکروموس بر سانتی‌متر و کمتر و گروه آب با EC بیش‌تر از ۸۰۰۰ میکروموس بر سانتی‌متر تقسیم شده و برای هر کدام یک رگرسیون تخمین زده شد. نتایج در جدول ۹ آمده است. در این جدول تنها ضرایبی که در سطح ۱۰ درصد و کمتر معنی‌دار هستند آورده شده و از ارائه سایر متغیرهایی که دارای سطح معنی‌دار قابل قبولی نیستند خودداری شده است. همچنین از ارائه آماره t، به علت جلوگیری از حجم مطالب خودداری شده است. چنانچه جدول ۹ نشان می‌دهد، بافت خاک در هر دو رگرسیون معنی‌دار شده است. در رگرسیون مربوط به آب‌های شیرین (EC کمتر از ۸۰۰۰ میکروموس بر سانتی‌متر)، بافت سنگین خاک نسبت به بافت‌های سبک و متوسط باعث کاهش بهره‌وری استفاده از آب در باغ‌های پسته گردید. به‌طوری که در خاک‌های سنگین نسبت به خاک‌های سبک و متوسط، بهروه‌وری یک مترمکعب آب به میزان ۳۶ گرم پایین‌تر می‌باشد. در خاک‌های سنگین همراه با آب شیرین، خطر بروز بیماری‌های قارچی خاک همچون گموز افزایش می‌یابد. این عامل باعث شده است تا بهره‌وری استفاده از آب در این خاک‌ها کاهش یابد. این در حالی است که در رگرسیون مربوط به آب‌های شور (EC بیشتر از ۸۰۰۰ میکروموس بر سانتی‌متر)، متغیر بافت سبک معنی‌دار شده و دارای تأثیر مثبت است. با توجه به این که در مورد آب‌های شور، مسأله آبشویی مطرح می‌باشد و در خاک‌های سبک امکان آبشویی و خارج شدن نمک از دسترس درخت بیشتر است، لذا تأثیر این متغیر مثبت می‌باشد. متغیرهای مصرف کود مرغی و گاوی در هر دو رگرسیون موجود در جدول ۹ معنی‌دار بوده و دارای تأثیر مثبت می‌باشند. به عبارت دیگر، مصرف این دو کود باعث افزایش بهره‌وری استفاده از آب‌های شور و شیرین می‌شود. استفاده از یک تن از هر یک از این کودها باعث افزایش بهره‌وری آب به میزان ۲ گرم در هر مترمکعب می‌شود. از آن جایی که متوسط مصرف آب در منطقه ۹۷۰۰ مترمکعب در هکتار در سال می‌باشد، کل بهره‌وری آب اضافه شده در یک هکتار ناشی از یک تن کود گاوی یا مرغی معادل ۱۹/۴ کیلوگرم پسته می‌باشد. با توجه به قیمت ۱۲ میلیون ریال بر هر کیلوگرم پسته، ارزش یک تن کود گاوی یا مرغی معادل ۲۳۲۸۰۰۰۰۰ ریال می‌باشد. به عبارت دیگر، اگر بتوان این کودها را با قیمتی کمتر از این مقدار خریداری نمود، استفاده از آن‌ها برای باغ‌های پسته صرفه اقتصادی دارد. لازم به ذکر است که که میزان متوسط مصرف کودهای مرغی و گاوی در باغ‌های مورد مطالعه، به ترتیب حدود ۸ و ۱۱ تن در هکتار در سال بوده است.

جدول ۹- رگرسیون عوامل مؤثر بر بهره‌وری استفاده از آب در باغ‌های پسته

نام متغیر	ضرایب تخمین زده شده	
	بهره‌وری آب‌های با EC معادل ۸۰۰۰ میکروموس بر سانتی‌متر و کمتر	بهره‌وری آب‌های با EC بیشتر از ۸۰۰۰ میکروموس بر سانتی‌متر
مقدار ثابت	۰/۱۰۲	-۰/۰۰۶
بافت خاک (سنگین=۱، سایر=۰)	-۰/۰۳۶	-
بافت خاک (سبک=۱، سایر=۰)	-	۰/۰۸۶
مصرف کود مرغی (تن در هکتار در سال)	۰/۰۰۲	۰/۰۰۲
مصرف کود گاوی (تن در هکتار در سال)	۰/۰۰۱	۰/۰۰۲
مصرف ماسه بادی (کامیون در هکتار در طول عمر باغ)	-	۰/۰۰۰۴
مصرف کود پتاس (کیلوگرم در هکتار در سال)	-	۰/۰۰۰۳
تعداد نوبت استفاده از گاوآهن در سال	-	۰/۰۴۰
استفاده مداوم از آب یک چاه در یک باغ (بله=۱، خیر=۰)	۰/۱۶۱	-۰/۰۹۰
R2	۰/۱۹	۰/۴۶
adj R2	۰/۱۷	۰/۳۹
F	۱۰/۶۷	۴/۴۸
sigF	۰/۰۰	۰/۰۰

در جدول ۹ تاثیر ماسه بادی بر بهره‌وری استفاده از آب‌های شور معنی‌دار شده و تأثیر مثبت از خود نشان می‌دهد. به عبارت دیگر، اضافه نمودن یک کامیون ماسه بادی به باغ، به میزان ۰/۰۰۰۴ کیلوگرم بر مترمکعب، بهره‌وری آب را بالا می‌برد. با توجه به میانگین مصرف ۹۷۰۰ مترمکعب آب در هکتار و قیمت ۱۲ میلیون ریال بر هر کیلوگرم پسته، بازده هر کامیون ماسه بادی در افزایش بهروری آب ۴۶۵۶۰۰۰۰ ریال محاسبه می‌گردد. به عبارت دیگر، اگر هزینه خرید یک کامیون ماسه بادی کمتر از ۴۶۵۶۰۰۰۰ ریال باشد، خرید و اضافه نمودن ماسه بادی به باغ‌های پسته با آب شور صرفه اقتصادی دارد. میزان متوسط مصرف ماسه بادی در باغ‌هایی که از آن استفاده نمودند، در حدود ۵۰ کامیون در هکتار بوده است. چنانچه جدول ۹ نشان می‌دهد، در آب‌های شیرین اثر ماسه بادی معنی‌دار نشده است. نقش ماسه بادی در باغ‌های پسته حفظ بهتر رطوبت خاک بوده و تبخیر

سطحی آب را کاهش می‌دهد. تبخیر آب در باغ‌های پسته‌ای که آب شور مصرف می‌نمایند، کاهش رطوبت خاک، افزایش غلظت آب خاک و صعود نمک به لایه‌های سطحی خاک را باعث می‌گردد. بنابراین متغیر ماسه بادی در مورد آب‌های شور از اهمیت بالاتری برخوردار است. علاوه‌براین، استفاده درازمدت از آب‌های شور به دلیل داشتن مقادیر بالای یون‌هایی نظیر سدیم و منیزیم، ممکن است باعث تخریب ساختمان خام و کاهش نفوذپذیری آن گردند. بنابراین استفاده از ماسه بادی در چنین باغ‌هایی ضروری‌تر به نظر می‌رسد. میزان متوسط مصرف ماسه بادی در حدود ۵۰ کامیون در هکتار بوده است.

مطابق نتایج جدول ۹، مصرف کود پتاس در باغ‌های پسته‌ای که از آب شور استفاده می‌کنند باعث افزایش بهره‌وری آب می‌گردد. این در حالی است که متغیر مصرف کود پتاس در رگرسیون مربوط به آب‌های شیرین معنی‌دار نشده است. این مسأله اهمیت مصرف کود پتاس در آب و خاک شور را نشان می‌دهد. میزان متوسط مصرف کود پتاس در هر سال در هکتار در باغ‌های مورد بررسی، حدود ۱۰۰ کیلوگرم بود که معمولا به‌طور تجمعی و هر چند سال یکبار به باغ داده می‌شود. بازده نهایی مصرف یک کیلوگرم کود پتاس، ۰/۰۰۰۳ کیلوگرم پسته بر مترمکعب آب می‌باشد. با توجه به میانگین مصرف ۹۷۰۰ مترمکعب آب در هکتار و قیمت ۱۲ میلیون ریال بر یک کیلوگرم پسته، ارزش مصرف یک کیلوگرم پتاس ۳۴۹۲۰۰۰۰ ریال می‌باشد. به عبارت دیگر، اگر هزینه خرید یک کیلوگرم کود پتاس کمتر از این مبلغ باشد، جهت افزایش بهره‌وری آب‌های شور، به صرفه است تا از این کود استفاده شود.

متغیر دیگری که در جدول ۹ معنی‌دار شده است، استفاده از گاوآهن می‌باشد. چنانچه مشخص است، استفاده از گاوآهن نیز تنها باعث افزایش بهره‌وری استفاده از آب‌های شور شده و در رگرسیون مربوط به آب‌های شیرین معنی‌دار نیست. این مسأله نشان می‌دهد که در باغ‌های پسته با آب شور، مسأله آبشویی بسیار مهم بوده و استفاده از گاوآهن به این مسأله کمک می‌کند. به‌طور میانگین در هرسال، هر باغدار یک نوبت از گاوآهن استفاده می‌کند. چنانچه مشخص است، بازده نهایی استفاده از هر نوبت گاوآهن در باغ‌های پسته، معادل ۰/۰۴ کیلوگرم پسته بر مترمکعب آب می‌باشد. با توجه به میانگین مصرف ۹۷۰۰ مترمکعب آب در هکتار و قیمت ۱۲ میلیون ریال بر یک کیلوگرم پسته، ارزش یک نوبت استفاده از گاوآهن در یک هکتار باغ پسته معادل ۴۶۵۶ میلیون ریال می‌باشد. به عبارت دیگر اگر هزینه یک نوبت گاوآهن نمودن یک هکتار باغ پسته کمتر از این میزان باشد، انجام این کار صرفه اقتصادی دارد .

آخرین متغیری که در جدول ۹ و در مورد هر دو رگرسیون معنی‌دار شده است، مدیریت زمان آبیاری باغ‌های پسته می‌باشد. این متغیر بیانگر چگونگی توزیع زمانی آب چند چاه برای یک باغ پسته می‌باشد و نشان می‌دهد که استفاده آب یک چاه در یک دوره مثلا شش ماه برای یک باغ و دوره ۶ ماهه بعدی برای باغ دیگر چه تفاوتی با استفاده تناوبی و یک نوبت در میان آب برای باغ از نظر تاثیر بر بهره‌وری آب دارد. چنانچه مشخص است، ضریب متغیر در دو رگرسیون دارای علائم متفاوت هستند. به‌طوری که استفاده پشت سر هم از آب شور برای یک باغ تأثیر منفی بر بهره‌وری آب دارد. در صورتی که برای آب شیرین این تأثیر مثبت است. به نظر می‌رسد که استفاده مداوم از آب شور در یک باغ پسته باعث تجمع املاح شده و بهره‌وری آب را پایین می‌آورد. بنابراین اگر این امکان برای کشاورز وجود دارد، بهتر است تا آب شور و شیرین را به‌طور یک در میان مصرف نماید .

دومین حالت برای بررسی تأثیر عوامل مختلف بر بهره‌وری مصرف آب، تخمین رگرسیون برای مناطق مختلف شهرستان‌های مورد مطالعه بود که نتایج آن در جدول ۱۰ آمده است. در این جدول نیز تنها ضرایبی که در سطح ۱۰ درصد و کمتر معنی‌دار هستند آورده شده و از ارائه سایر متغیرهایی که دارای سطح معنی‌دار قابل‌قبولی نیستند، خودداری شده است. همچنین از ارائه آماره t ، به علت جلوگیری از حجم مطالب خودداری شده است .

چنانچه جدول ۱۰ نشان می‌دهد، EC آب مورد استفاده در دو منطقه نوق و کشکوئیه معنی‌دار نمی‌باشد. این مسأله به علت پراکنش پایین این متغیر در این دو منطقه می‌باشد. این در حالی است که در منطقه رفسنجان و انار متغیر EC آب معنی‌دار است. در منطقه انار تنها توان اول EC آب معنی‌دار شده و دارای علامت منفی است. این مسأله نشان می‌دهد که شوری آب در این منطقه بالا بوده و با نتایج جدول ۷ که میانگین EC آب منطقه انار را معادل ۱۱۵۷۲ میکروموس بر سانتی‌متر نشان می‌دهد، همخوانی دارد. به عبارت دیگر، در منطقه انار، EC آب در حد بحرانی بوده و افزایش آن بر بهره‌وری آب تأثیر منفی گذاشته است. این در حالی است که در منطقه رفسنجان توان‌های اول و دوم EC آب معنی‌دار شده است. به عبارت دیگر، در این منطقه آب‌های شیرینی هم وجود دارد که افزایش سطح شوری آن‌ها تا حدی نه تنها باعث کاهش بهره‌وری آب نگردیده، بلکه بهره‌وری را افزایش داده است. این حد بهینه در این منطقه معادل ۴۳۳۳ میکروموس بر سانتی‌متر محاسبه شد. این در حالی است که سطح بهینه EC آب برای حداکثر نمودن عملکرد پسته طبق نتایج جدول ۸، معادل ۶۰۰۰ میکروموس بر سانتی‌متر است. به عبارت دیگر برای افزایش عملکرد محصول، افزایش EC

آب تا سطح ۶۰۰۰ را می‌توان با افزایش حجم آب مصرفی (تامین نیاز آبشویی) تحمل نمود. این در حالی است که با افزایش EC آب به سطح بالاتر از ۴۳۳۳ میکروموس بر سانتی‌متر، بهره‌وری هر مترمکعب آب کاهش می‌یابد.

دومین متغیر معنی‌دار در جدول ۱۰، بافت خاک می‌باشد. چنانچه مشخص است، این متغیر مربوط به بافت خاک سبک بوده و تنها در شهرستان انار معنی‌دار است. علامت مثبت این متغیر نشان می‌دهد که سبک‌بودن بافت خاک باعث افزایش بهره‌وری استفاده از آب می‌گردد. معنی‌دار شدن این متغیر در منطقه‌ای با آب شور نشان می‌دهد مسأله بافت خاک و تأثیر آن بر بهره‌وری آب در کیفیت‌های پایین آب از اهمیت بیشتری برخوردار می‌باشد.

متغیر مصرف کود مرغی بر بهره‌وری استفاده از آب در تمام مناطق به غیر از نوق معنی‌دار شده است. علت معنی‌دار نشدن متغیر مصرف کود مرغی در منطقه نوق مصرف همگانی این کود در این منطقه و پراکنش کم این متغیر می‌باشد. در مجموع علامت مثبت ضریب متغیر مصرف کود مرغی در رگرسیون بهره‌وری آب نشان می‌دهد که مصرف این کود باعث افزایش بهره‌وری استفاده از آب خواهد شد. در جدول ۱۰، متغیر فاصله دو ردیف درخت تنها در منطقه انار معنی‌دار شده و تأثیر مثبت بر بهره‌وری استفاده از آب دارد.

چنانچه قبلا نیز اشاره شد، این منطقه دارای کم کیفیت‌ترین آب در بین مناطق مختلف دو شهرستان می‌باشد. این مسأله نشان می‌دهد که رقابت درخت پسته برای دریافت رطوبت خاک برای آب‌های شور بیشتر از آب‌های شیرین می‌باشد. به عبارت دیگر، در آب‌های شور، هر چه فاصله دو ردیف درخت بیشتر باشد، بهره‌وری استفاده از آب افزایش می‌یابد. متغیر دیگری که در جدول ۱۰ معنی‌دار شده است، مصرف ماسه بادی می‌باشد. در این خصوص قبلا توضیح داده شد. همچنین متغیر مصرف کود پتاسه و کود فسفاته بر بهره‌وری استفاده از آب در منطقه انار با آب شور تأثیر مثبت دارند. این در حالی است که افزایش مصرف کود ازته در این منطقه باعث کاهش بهره‌وری استفاده از آب شده است. بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که در شرایط آب و خاک شور، در مصرف کودهای ازته باید دقت بیشتری گردد. در مقابل، مصرف گچ تأثیر مثبت بر بهره‌وری استفاده از آب در منطقه رفسنجان گردیده است. با مصرف محلول‌پاشی کودهای میکرو، بهره‌وری استفاده از آب در منطقه نوق افزایش نشان می‌دهد. این موضوع را می‌توان این‌طور تشریح نمود که در شرایطی که خصوصیات شیمیایی آب و خاک نامناسب باشد، احتمال عدم جذب عناصر میکرو از خاک کاهش می‌یابد و بهتر است از طریق محلول‌پاشی نیاز غذایی درختان به عناصر میکرو را تأمین نمود.

جدول ۱۰- ضرایب رگرسیون تأثیر عوامل مختلف بر بهره‌وری استفاده از آب در مناطق مختلف دو شهرستان مورد مطالعه

نام متغیر	ضرایب تخمین زده شده			
	شهرستان رفسنجان بدون نوق و کشکوئیه	منطقه نوق	منطقه کشکوئیه	شهرستان انار
مقدار ثابت	-۰/۰۳۸	۰/۰۳۹	۰/۱۳۱	-۰/۰۸۸
توان اول EC آب مصرفی (میکروموس بر سانتی‌متر)	۰/۰۰۰۰۷۸	-	-	-۰/۰۰۰۰۰۳۶
توان دوم EC آب مصرفی (میکروموس بر سانتی‌متر)	-۰/۰۰۰۰۰۰۰۰۹	-	-	-
بافت خاک (سبک=۱، سایر=۰)	-	-	-	۰/۰۸۸
مصرف کود مرغی (تن در هکتار در سال)	۰/۰۰۳	-	۰/۰۱	۰/۰۰۴
فاصله دو ردیف درخت (متر)	-	-	-	۰/۰۱۸
مصرف ماسه بادی (کامیون در هکتار در طول عمر باغ)	-	-	-	۰/۰۰۰۳۲
مصرف کود پتاس (کیلوگرم در هکتار در سال)	-	-	-	۰/۰۰۰۲۶
مصرف کود فسفات (کیلوگرم در هکتار در سال)	-	-	-	۰/۰۰۰۱۴
مصرف کود ازت (کیلوگرم در هکتار در سال)	-	-	-	-۰/۰۰۰۱۳
مصرف گچ (تن در هکتار در سال)	۰/۰۰۲	-	-	-
محلول پاشی کودهای میکرو (بله=۱، خیر=۰)	-	۰/۱۲۴	-	-
تعداد نوبت استفاده از گاوآهن در سال	-	-	-	۰/۰۵۷
تعداد نوبت استفاده از تیلر در سال	-	۰/۰۲۱	-	-
آب چند چاه مخلوط می‌شود (بله=۱، خیر=۰)	-	-	-۰/۱۱۰	-۰/۰۳۶
آب یک چاه به‌طور مداوم در یک باغ استفاده می‌شود (بله=۱، خیر=۰)	-	-	-	-۰/۰۷۶
باغ با کم‌آبی مواجه است (بله=۱، خیر=۰)	-	-	-	۰/۰۳۱
باغ با هیچ مشکلی مواجه نیست (بله=۱، خیر=۰)	-	-	۰/۰۸۲	-
سیستم آبیاری (غرقابی سطحی= ۱، سایر= ۰)	-	-	-۰/۱۲۵	-
R2	۰/۲۱	۰/۳۱	۰/۴۳	۰/۸۱
adj R2	۰/۱۷	۰/۲۸	۰/۳۶	۰/۷۶
F	۵/۴۷	۱۲/۱۱	۶/۳۸	۱۶/۹۵
sigF	۰/۰۰۱	۰/۰۰۰	۰/۰۰۱	۰/۰۰۰

طبق نتایج جدول ۱۰، تعداد نوبت استفاده از گاوآهن در باغ‌های پسته منطقه انار با آب شور، تأثیر مثبت داشته است. این در حالی است که تعداد دفعات بیشتر استفاده از تیلر، در منطقه نوق باعث افزایش بهره‌وری استفاده آب می‌شود . همچنین متغیر مخلوط نمودن آب چند چاه در دو منطقه کشکوئیه و انار باعث تاثیر منفی بر بهره‌وری استفاده از آب شده است. منطقه کشکوئیه، منطقه‌ای کم‌آب و منطقه انار دارای آب بسیار شور می‌باشد. بدین

ترتیب می‌توان گفت در مناطق کم آب و دارای آب با کیفیت پایین، مخلوط نمودن آب چاه‌ها باعث کم شدن بهره‌وری استفاده از آب شده است. با مخلوط نمودن آب دو یا چند چاه، حجم آب ورودی به باغ افزایش یافته و لذا پیشروی آب افزایش می‌یابد. بنابراین ممکن است حجم کل آب نسبت به واحد سطح باغ کاهش یابد. این مسأله باعث می‌شود تا نفوذ آب به خاک کمتر صورت گرفته و بنابراین بهره‌وری استفاده از آب کاهش یابد. این در حالی است که در صورت کم‌بودن حجم ورودی آب، زمان آب بری یک سطح مشخص از باغ افزایش یافته و بنابراین نفوذ آب در خاک بهتر صورت گرفته و آبشویی نیز بهتر انجام می‌گیرد .

مطابق نتایج جدول ۱۰، در منطقه انار که کیفیت آب پایین است، استفاده مداوم آب یک چاه در یک باغ تأثیر منفی بر بهره‌وری استفاده از آب دارد. همچنین در منطقه انار متغیر "باغ با کم‌آبی مواجه است"، تأثیر مثبت بر بهره‌وری استفاده از آب دارد. به عبارت دیگر، هر چه باغ پسته با محدودیت بیشتر آب مواجه می‌شود، حرکت بیشتری به سمت استفاده بهتر از آب صورت گرفته و بهره‌وری استفاده از آب بیشتر می‌شود. همچنین در صورتی که باغ استاندارد بوده و با مشکلات متعدد مواجه نباشد، بهره‌وری استفاده از آب افزایش می‌یابد. به عبارت دیگر، با توجه به محدودیت گسترده آب در منطقه و عدم وجود جایگزین برای آب، بایستی برای استفاده از این آب محدود سعی شود تا سایر مشکلات باغ‌های پسته تا حد امکان کاهش یابد .

چنانچه جدول ۱۰ نشان می‌دهد، سیستم آبیاری مورد استفاده در باغ، تنها در منطقه کشکوئیه معنی‌دار شده است. به‌طوری که وجود سیستم غرقابی سطحی نسبت به سیستم نواری و تحت‌فشار باعث کاهش بهره‌وری آب می‌گردد. در سایر مناطق و سایر رگرسیون‌ها سیستم آبیاری معنی‌دار نشد. کشکوئیه کم‌آب‌ترین منطقه در دو شهرستان می‌باشد. علاوه‌براین، تخمین رگرسیون در یک منطقه محدودتر صورت گرفته است. این موضوع دو نکته را مشخص می‌کند. نخست اینکه استفاده از سیستم‌های آب‌اندوز در شرایط محدودیت آب، اقتصادی خواهد شد. دوم اینکه برای بررسی تأثیر سیستم‌های مختلف آبیاری بایستی مناطق کوچک و همگن را انتخاب نمود .

در مجموع مصرف یک تن از کودهای مرغی و گاوی، یک کامیون ماسه بادی، یک کیلوگرم کود پتاس و یک نوبت گاوآهن، به ترتیب، بهره‌وری آب را به میزان ۰/۰۰۲، ۰/۰۰۲، ۰/۰۰۰۴، ۰/۰۰۰۳ و ۰/۰۴ کیلوگرم بر مترمکعب افزایش داد. با توجه به متوسط مصرف ۹۷۰۰ مترمکعب آب در هکتار در سال، میزان تأثیرگذاری این عوامل، به ترتیب، افزایش ۱۹/۴، ۱۹/۴، ۳/۹، ۲/۹ و ۳۸۸ کیوگرم پسته در هکتار به ازای واحد مصرف هر یک از نهاده‌ها و

عملیات فوق‌الذکر بود. با توجه به میانگین مصرف در هکتار کودهای مرغی و گاوی، ماسه بادی، کود پتاس و استفاده از گاوآهن که به ترتیب ۸ تن، ۱۱ تن، ۵۰ کامیون، ۱۰۰ کیلوگرم و یک نوبت گاوآهن بود، مقدار افزایش عملکرد در هکتار هر کدام از نهاده‌ها و عملیات مذکور به ترتیب ۱۵۵/۲، ۲۱۳/۴، ۱۹۵، ۲۹۰ و ۳۸۸ کیلوگرم محصول خشک به‌دست آمد. بنابراین با توجه به قیمت فعلی پسته و هزینه کاربرد هر یک از نهاده‌ها و عملیات مذکور، استفاده از آن‌ها در افزایش بهره‌وری مصرف آب اقتصادی است.

نتیجه‌گیری و بحث

نتایج این مطالعه نشان داد که متغیرهای مختلف مدیریت آبیاری در بین باغ‌های پسته مورد مطالعه بسیار متفاوت بوده و این مسأله برنامه‌ریزی در این خصوص را با مشکل مواجه می‌نماید. این در حالی است که مطالعه فرگوسن و همکاران (۲۰۱۶) نشان می‌دهد که الگوی مدیریت آبیاری در آمریکا تقریبا یکپارچه است. در این کشور، مصرف آب تنها در فصل رشد، در سیستم آبیاری تحت فشار و به میزان ۱۲۰۰۰ مترمکعب در هکتار درسال صورت می‌گیرد. یکی از دلایل بالا بودن عملکرد محصول پسته آمریکا در مقایسه با ایران، همین سیستم آبیاری یکنواخت و با میزان مصرف بالای آب و کارآیی بالا می‌باشد. ضمن اینکه کیفیت آب‌های مناطق پسته‌کاری آمریکا نیز اغلب بسیار خوب می‌باشد.

وجود سیستم مدیریت آبیاری پراکنده و محدودیت‌های مختلف باعث شده است تا پسته‌کاران مورد مطالعه، به‌طور فردی، به سمت مقابله با این مشکلات حرکت نموده و لذا نوآوری‌هایی در این زمینه داشته باشند. یکی از این نوآوری‌ها مخلوط نمودن آب چاه‌های مختلف جهت تنظیم کمیت و کیفیت آب می‌باشد. نتایج این مطالعه نشان داد که کشاورزان در راه استفاده از این تکنیک با محدودیت‌های مختلفی همچون ممنوعیت انتقال آب یک چاه به اراضی چاه دیگر، مشکلات فنی انتقال آب و مشکل توپوگرافی مواجه می‌باشد. لذا، این نوآوری نتوانسته است تا نقش تخصیص بهینه منابع را به خوبی بازی کند .

بررسی تأثیر کمیت و کیفیت آب آبیاری بر عملکرد در هکتار محصول پسته نشان داد که به علت کافی نبودن اعداد برای مقادیر بالای مصرف آب در هکتار و هدایت‌های الکتریکی آب، برآورد کاملی در این خصوص امکان‌پذیر نیست. بنابراین نیاز است تا برای دستیابی به نتایج دقیق‌تر، مطالعات دیگری در سطوح کوچک‌تر منطقه‌ای و با دقت بالاتر صورت گیرد. با این وجود، نتایج مطالعه جاری نشان داد که میانگین بازده نهایی مصرف آب در باغ‌های پسته مورد مطالعه از ۶۶ تا ۸۴ گرم بر مترمکعب

و با مدنظر قرار دادن قیمت ۱۲ میلیون ریال بر هر کیلوگرم پسته، ارزش بازده نهایی آب از ۷۹۲۰۰۰ تا ۱۰۰۸۰۰۰ ریال بر مترمکعب می‌باشد. همچنین مشخص گردید، از دیدگاه اقتصادی، بیش‌ترین عملکرد باغ‌های پسته مورد مطالعه، در هدایت الکتریکی آب آبیاری حدود ۸ تا ۱۰ هزار بر میکروموس بر سانتی‌متر به‌دست آمد. در این زمینه، نتایج مطالعه سجادی و همکاران (۱۳۹۱) نیز نشان می‌دهد که با افزایش شوری آب به بالاتر از ۱۰۰۰۰ میکروموس بر سانتی‌متر، میزان عملکرد محصول پسته کاهش یافته است. ضمن اینکه فرگوسن و همکاران (۲۰۱۶) نیز حد آستانه تحمل درختان پسته به شوری و شروع کاهش عملکرد را ۹۴۰۰ میکروموس بر سانتی‌متر ارائه نموده‌اند.

بررسی عوامل مؤثر بر بهره‌وری استفاده از آب در باغ‌های پسته مورد مطالعه نشان داد که یکی از این عوامل بافت خاک می‌باشد. در آب‌های شیرین (با هدایت الکتریکی کمتر از ۸۰۰۰ میکروموس بر سانتی‌متر)، سنگین بودن بافت خاک باعث کاهش بهره‌وری استفاده از آب می‌گردد. این مسأله به علت فراهم شدن شرایط لازم برای رشد قارچ‌های مولد بیماری‌های پسته است. همچنین در آب‌های شور (با هدایت الکتریکی بالاتر از ۸۰۰۰ میکروموس بر سانتی‌متر)، بافت خاک سبک باعث افزایش بهره‌وری استفاده از آب می‌گردد. این مسأله به علت افزایش راندمان آبشویی خاک می‌باشد .

دو متغیر دیگری که باعث افزایش بهره‌وری استفاده از آب در باغ‌های پسته مورد مطالعه شده‌اند، استفاده از کودهای گاوی و مرغی می‌باشد. نتایج مطالعه نشان داد که استفاده از هر دو کود صرفه اقتصادی دارد. همچنین استفاده از ماسه بادی نیز با کاهش تبخیر از سطح خاک، باعث افزایش بهره‌وری آب می‌گردد و استفاده از این نهاده نیز اقتصادی است. استفاده از ماسه بادی برای باغ‌های پسته‌ای که با آب شور آبیاری می‌شوند منافع بالاتری نیز ایجاد می‌نماید. این موضوع به علت کاهش شوری ایجاد شده در سطح خاک می‌باشد. مصرف کودهای پتاسه نیز بهره‌وری استفاده از آب، به ویژه آب‌های شور را بالا می‌برد. علاوه‌براین، نتایج مطالعه نشان داد که استفاده از این کودها صرفه اقتصادی بالایی دارد. متغیر دیگری که باعث بالا رفتن بهره‌وری استفاده از آب می‌گردد، استفاده از گاوآهن می‌باشد. گاوآهن نمودن باغ، به علت تسهیل عملیات آبشویی، باعث افزایش بهره‌وری استفاده از آب می‌شود. در این خصوص، مطالعه اسلامی و همکاران (۱۴۰۲) نیز نشان می‌دهد که استفاده از نهرکن دو طرف درختان پسته باعث افزایش بهره‌وری آب می‌شود. در مجموع با توجه به نتایج تحقیق، پیشنهادات زیر ارائه می‌شود:

۱) با توجه به الگوهای مدیریت آبیاری گسترده در باغ‌های پسته، از طرفی بایستی به سمت یکپارچه‌سازی الگوها حرکت نموده و از طرف دیگر، در زمان ارائه توصیه‌های ترویجی مختلف، به تنوع الگوهای مدیریتی آب توجه نمود .

۲) گسترده بودن الگوهای مدیریت آبیاری و در کنار آن محدودیت‌های فنی، قانونی و محیطی، تخصیص بهینه آب در منطقه مورد مطالعه را با مشکل مواجه نموده است. برای رفع این مشکلات پیشنهاد می‌شود تا بازار آب راه اندازی شده و لوازم اجرای آن تهیه گردد .

۳) با توجه به ناهمگن بودن شرایط باغ و سایر مدیریت‌ها، انجام مطالعات میدانی مربوط به مدیریت آبیاری در سطوح منطقه‌ای کوچک‌تر چون روستا انجام شود .

۴) ارزش‌گذاری آب در منطقه بر اساس ارزش تولید نهایی محاسبه شده در این پژوهش انجام گیرد. همچنین کیفیت آب و بافت خاک نیز، با توجه به نقش آن‌ها در بهره‌وری آب، در تعیین ارزش آب محاسباتی مد نظر قرار گیرد .

۵) از آنجایی که کاربرد کودهای گاوی، مرغی، پتاسه، ماسه بادی و گاوآهن باعث افزایش بهره‌وری استفاده از آب می‌شوند، از این نهاده‌ها می‌توان جهت افزایش بهره‌وری آب در باغ‌های پسته بهره گرفت.

منابع

۱. اسدی، ه.، توکلی، ع. ر. و اشرفی، ش. ۱۳۹۱. بررسی اقتصادی آبیاری محدود گندم دیم تحت مدیریت‌های مختلف زراعی و تعیین قیمت آب در مزارع زارعین استان کرمانشاه. مجله پژوهش آب در کشاورزی، ۲۶ (۴): ۴۷۰-۴۶۱ .

۲. اسلامی، ا.، شاکر، م. و جوکار، ا. ۱۴۰۲. تأثیر مدیریت آبیاری در شرایط باغدار بر بهره‌وری آب آبیاری درختان پسته. نشریه مدیریت آب در کشاورزی، ۱۰ (۱): ۱-۱۴ .

۳. اوجی، ع. و کمالی، ا. ۱۳۹۱. تأثیر همزمان مدیریت آبی و بافت خاک بر الگوی تغییرپذیری شوری خاک باغ‌های پسته رفسنجان. فصلنامه علمی پژوهشی مهندسی آبیاری و آب، ۳ (۱۰): ۷۷-۶۵.

۴. شرکت سهامی آب منطقه‌ای کرمان، امور آب رفسنجان. ۱۳۹۷. آمار منتشر نشده .

۵. جوانشاه، ا.، عبدالهی عزت‌آبادی، م.، صداقتی، ن.، حسینی فرد، س. ج.، محمودی میمند، س.، محمدی محمدآبادی، ا. و صالحی، ف. ۱۳۸۴. بررسی اقتصادی و اجتماعی امکان استفاده از دستگاه‌های آب شیرین‌کن در باغ‌های پسته شهرستان رفسنجان. گزارش نهایی طرح تحقیقاتی، مؤسسه تحقیقات پسته کشور، رفسنجان، ۶۸.

۶. رحیمیان، م. ح.، م. ر. نوری امام زادئی، ی. هاشم نژاد، س. ح. طباطبایی و ع. نشاط. ۱۳۹۳. تعیین کسر آبشویی باغ‌های پسته شمال اردکان با استفاده از ترکیبی از تعیین‌گر جبهه رطوبتی و القاءگر الکترومغناطیسی. مجله پژوهش‌های خاک (علوم خاک و آب)، ۲۸ (۱): ۱۷۳-۱۶۳.

۷. سجادی، م.، ع. زین‌الدینی و ش. محمودی. ۱۳۹۱. تأثیر کیفیت آب آبیاری بر خصوصیات خاک و عملکرد پسته در دشت رباط شهربابک. فصلنامه علمی پژوهشی مهندسی آبیاری و آب، ۲ (۷): ۴۵-۳۶ .

۸. صداقتی، ن.، حسینی‌فرد، س. ج.، محمدی محمدآبادی، ا. و نیکویی دستجردی، م. ر. ۱۳۹۶. کاربرد روش آبیاری نواری یک‌درمیان جهت افزایش بهره‌وری مصرف آب و کاهش دور آبیاری در باغ‌های پسته. سومین همایش ملی مدیریت آب در مزرعه. ۷ اسفندماه ۱۳۹۶. مؤسسه تحقیقات خاک و آب.

۹. صداقتی، ن.، محمدی محمدآبادی، ا. و حسینی‌فرد، س. ج. ۱۳۸۷. بررسی اثر رژیم‌های مختلف آبیاری بر روی زود خندانی پسته رقم اوحدی. پژوهش و سازندگی در زراعت و باغبانی، ۷۸: ۱۵۸-۱۴۹.

۱۰. فلاح، مهدی، محمد شایان¬نژاد و محمد¬حسن رحیمیان. ۱۳۹۸. مقایسه آب مصرفی باغ¬های پسته در شرایط شور با نیاز آبی و تبخیر و تعرق واقعی برآورد شده به روش سبال در دشت بهادران در استان یزد. نشریه پژوهش آب در کشاورزی، ۳۳(۲): ۱۶۳-۱۷۳.

۱۱. محمدی محمد آبادی، ا. ۱۳۸۳. کاهش دفعات آبیاری درختان پسته در دوران خواب گیاه و تعیین تأثیرات آن. گزارش نهایی پروژه تحقیقاتی، موسسه تحقیقات پسته کشور، رفسنجان.

12. Cai, X., Mckinney, D. C. and Rosegrant, M. W. 2003. Sustainability analysis for irrigation water management in the Aral Sea region. Agricultural Systems 76(3): 1043-1066.

13. Fereres, E., Goldhamer, D. A. and Parsons, L. R. 2003. Irrigation water management of horticultural crops. Horticultural Science 38(5): 1036-1042.

14. Ferguson, L. and Haviland, D. R. 2016. Pistachio Production Manual. University of California.

15. King, B. A., J. C. Stark, R. W. Wall. 2006. Comparison of site-specific and conventional uniform irrigation management for potatoes. Applied Enginering in Agriculture 22(5): 677-688.

16. Marino, G., D. Zaccaria, R. L. Snyder, O. Lagos, B. D. Lampinen, L. Ferguson, S. R. Grattan, C. Little, K. Shapiro, M. Lal Maskey, D. L. Corwin, E. Scudiero and B. L. Sanden. 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 9(76): 1-21.

17. Qureshi, M. E., Wegener, M. K., Harrison, S. R. and Bristow, K. L. 2001. Economic evaluation of alternative irrigation systems for sugarcane in the Burdekin in north Queensland Australia. Water Resource Management, edited by C.A. Brebbia, K. Anagnostopoulos, K. Katsifarakis and A. H. D. Cheng, WIT press, Boston, Pages 47-57.

18. Roberts, T. L. 2008. Improving nutrient use efficiency. Turkish Journal of Agriculture and Forestry 32: 177-182.

Technical and economic study of factors affecting the increase in productivity of pistachio production in orchards in the Anar and Rafsanjan regions

Mohammad Abdolahi Ezzatabadi[1], Nasser Sedaghati[2]*

Abstract

In this study, at the first, different algorithms of management in pistachio orchards were distinguished during 2010 to 2015 years. Then the role of these algorithms on pistachio yield and water use productivity (WUP) was investigated. At last, factors affecting on selected algorithms were investigated. Pistachio producers of Anar and Rafsanjan cities were studied. Using stratified random sampling method, a sample of 100 farmers with 286 orchards, was selected. The sample size was determined by Cochran formula. Pearson correlation, variance analysis and regression methods were used for investigate the effect of different management patterns on pistachio yield and determine the factors affecting water productivity. Time trend of Changes in irrigation management pattern of pistachio orchards in the first three years of study (2010-2012) showed that 62.3% of pistachio orchards with Flood irrigation system, 32.5% with Border irrigation system and only 5.2% of the orchards were irrigated with pressurized irrigation system. While the share of these three irrigation systems in the second period (2013-2015) was 41.7%, 51.3% and 7%, respectively. Therefore, because of more water scarcity, water saving irrigation systems increased. The results showed that the mean of final water productivity in the studied pistachio orchards varied from 66 to 84 gr/m3. Water consumption was in the range of 974 to 27400 m3/ha.year for the electrical conductivity of irrigation water (ECw) in the range of 1100 to 19000 µmohs/cm. Irrigation interval also varied from at least 7 days (in pressurized irrigation) to up to 122 days (in flood irrigation). According to the average consumption per hectare of chicken and cattle manures, eolian sand, k fertilizer and turn of soil tillage (plow), which were 8 tons, 11 tons, 50 trucks, 100 kg and one plow, respectively, the amount of yield increase per hectare of application of each the mentioned inputs and operations were 155.2, 213.4, 195, 290 and 388 kg of dry product, respectively. Therefore, based on the current price of pistachios and the cost of using each of these inputs and operations, their use in increasing water productivity is economical.

Key words: Water Consumption, Irrigation Management, Organic fertilizer, Plow, Salinity.

[1] Assistant Professor of Pistachio Research Center, Horticultural Sciences Research Institute, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Rafsanjan, Iran.
[2] Assistant Professor of Pistachio Research Center, Horticultural Sciences Research Institute, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Rafsanjan, Iran.
* Corresponding author: nsedaghati2010@gmail.com