

مقاله پژوهشی

ارزیابی حجم آب کاربردی و بهره‌وری آب در کانون‌های اصلی تولید پسته کشور (استان‌های کرمان، خراسان رضوی، یزد و سمنان)

سیدحسین موسوی فضل^{۱*}، محمدحسن رحیمیان^۲، نادر کوهی^۳، حمید ریاحی^۴، مجید کرامتی^۵، فریبرز عباسی^۶، جواد باغانی^۷

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۷/۱۴ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۸/۲۱

چکیده

تولید پسته در ایران سابقه طولانی دارد. اهمیت کشت پسته و کمبود آب در کشور، ضرورت ارتقاء بهره‌وری آب برای این محصول با ارزش را آشکارتر ساخته است. این پژوهش با هدف اندازه‌گیری میدانی حجم آب کاربردی پسته در شرایط زارعین، مقایسه آن با نیاز آبی و سند ملی آب و نیز تعیین بهره‌وری آب پسته در استان‌های خراسان رضوی، سمنان، کرمان و یزد از مهرماه ۱۳۹۵ به مدت یک سال انجام شد. در چهار استان عمده تولید پسته، ۸۸ باغ انتخاب و در آن‌ها حجم آب کاربردی، بهره‌وری آب، عملکرد و برخی پارامترهای دیگر اندازه‌گیری شد. در این پژوهش، از تحلیل واریانس برای بررسی تفاوت عملکرد، حجم آب کاربردی و بهره‌وری آب در تولید پسته، استفاده شد. نتایج پژوهش نشانگر تفاوت معنی‌دار حجم آب کاربردی و شاخص بهره‌وری آب در تولید پسته در استان‌های منتخب بود، اما عملکردها به هم نزدیک بوده و تفاوت معنی‌داری بین آن‌ها مشاهده نشد. میانگین عملکرد، حجم آب کاربردی، بهره‌وری آب آبیاری و بهره‌وری آب با احتساب بارش مؤثر به ترتیب ۱۷۶۴ کیلوگرم در هکتار، ۸۰۵۷ مترمکعب در هکتار و ۰/۲۴ و ۰/۲۴ کیلوگرم بر مترمکعب به دست آمد. نتایج نشان داد که حجم آب کاربردی تقریباً در تمام باغ‌های پسته‌ی کشور کمتر از نیاز خالص آبیاری است و متوسط عملکرد در مقایسه با سایر کشورها حدود ۵۰ درصد کمتر است. مهم‌ترین علل پایین بودن عملکرد پسته در کشور را می‌توان کم‌آبیاری اجباری، شوری، خرده مالکی، مدیریت ضعیف باغ‌ها و ارقام نامناسب عنوان کرد.

واژه‌های کلیدی: نیاز آبی، راندمان کاربرد، نیاز آبیاری

مقدمه

تولید پسته در کشور سابقه‌ی طولانی دارد. پسته‌ی ایران به دلیل

کیفیت بالای آن در بین کشورهای تولیدکننده این محصول در دنیا کم نظیر است. از حدود ۷۰ سال پیش با شروع صادرات، پسته ارزش اقتصادی و تجاری ویژه‌ای در اقتصاد ایران پیدا کرد و جایگاه آن به عنوان سومین منبع تأمین ارز بعد از نفت و فرش تقریباً تثبیت شد (عبداللهی عزت آبادی، ۱۳۸۷). در رتبه‌بندی مزیت نسبی صادرات کشورهای عمده صادرکننده پسته جهان براساس صادرات غیرنفتی، ایران در رتبه اول و کشورهای هنگ‌کنگ، ترکیه و آلمان در رتبه‌های بعدی قرار گرفتند (پاکروان و همکاران ۱۳۹۰).

سطح زیرکشت قابل توجه باغ‌های پسته‌ی کشور در استان‌های کرمان، یزد، سمنان، خراسان رضوی، خراسان جنوبی، مرکزی، قم، سیستان و بلوچستان و اصفهان قرار دارند. ایران با بیش از ۴۵۰ هزار هکتار سطح زیرکشت پسته (در ۲۲ استان کشور) از بزرگ‌ترین تولیدکنندگان این محصول در دنیا به‌شمار می‌رود (حسینی فرد و همکاران، ۱۳۹۶).

امروزه پسته در ایران با مسایل و مشکلاتی چون عملکرد کم (نسبت به کشورهای رقیب)، هزینه‌های بالای تولید، کم‌آبی، فرآوری و بسته‌بندی نامناسب روبروست (یزدان‌پناه و جعفری طاهری، ۱۳۸۳).

۱- استادیار پژوهشی بخش تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان سمنان (شاهرود)، سازمان تحقیقات آموزش و ترویج کشاورزی، شاهرود، ایران.

۲- استادیار پژوهشی مرکز ملی تحقیقات شوری، سازمان تحقیقات آموزش و ترویج کشاورزی، یزد، ایران.

۳ و ۴- به ترتیب استادیار و مربی پژوهشی بخش تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان کرمان، سازمان تحقیقات آموزش و ترویج کشاورزی، کرمان، ایران.

۵- مربی پژوهشی بخش تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان خراسان رضوی، سازمان تحقیقات آموزش و ترویج کشاورزی، خراسان رضوی، ایران.

۶ و ۷- به ترتیب استاد و استادیار پژوهشی موسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران.

(*- نویسنده مسئول: (Email: HMousavifazl@yahoo.com)

DOR: 20.1001.1.20087942.2021.14.6.1.2

بسیار زیاد است و در روش‌های غرقابی، گاهی به حدود ۱۷۰۰ تا ۴۵۰۰ میلی‌متر هم می‌رسد (رحیمیان، ۱۳۹۲).

مطالعات انجام شده در خصوص بیلان آبی باغ‌های پسته در استان کرمان نشان می‌دهد باغ‌های پسته در طول فصل از ۸۰۰۰ تا ۱۵۰۰۰ مترمکعب در هکتار آب مصرف می‌نمایند. این مقدار، صرفاً آب وارد شده به کرت بوده و تلفات انتقال آب و غیره در آن لحاظ نشده است در بسیاری از باغ‌ها، این مقدار آب به طور متوسط در ۸ نوبت آبیاری (دور آبیاری ۴۵ روزه) در اختیار درختان قرار می‌گیرد، که حداقل ۳ تا ۴ نوبت آن، بعد از برداشت محصول در فصل پاییز و زمستان انجام می‌پذیرد (موزن‌پور کرمانی، ۱۳۷۴).

نتایج تحقیق محمدی محمدآبادی و همکاران (۱۳۸۷) نشان داد، تغییر سیستم آبیاری از روش سطحی به زیرسطحی (تراوا) برای درختان بارور پسته که قبلاً آبیاری آن‌ها به روش سطحی انجام می‌شده، امکان‌پذیر است و می‌توان با کاربرد آب به میزان ۴۰ و ۶۰ درصد تبخیر از تشتک کلاس A (معادل حجم آبیاری حدود ۴۷۸۳ و ۷۱۷۴ متر مکعب در هکتار) به عملکرد مناسب کمی و کیفی محصول پسته دست یافت. بهترین تیمار در شرایط انجام این آزمایش، تیماری بود که آبیاری آن با روش زیرزمینی و مصرف ۶۰ درصد تبخیر از تشتک (۷۱۷۴ متر مکعب در هکتار در سال) با دور ۱۴ روزه انجام شد. به طوری که کلیه صفات کمی و کیفی مربوط به این تیمار در مقایسه با کلیه تیمارها از شرایط مطلوب‌تری برخوردار بود. بر اساس نتایج این تحقیق، کاربرد آب با مقادیر کمتر از ۴۰ درصد تبخیر از تشتک کلاس A (۴۷۸۳ متر مکعب در هکتار)، نمی‌تواند نتایج مطلوبی را به همراه داشته باشد.

میرزایی و چیذری (۱۳۸۳) در تحلیلی اقتصادی برای تعیین کارایی فنی و کاربرد حجم بهینه آب در تولید پسته اظهار داشتند که تنها راه نجات منطقه و حفظ استمرار تولید پسته، استفاده از اصول اقتصادی است. به عبارت دیگر با حذف رانته‌ها و دریافت هزینه اجتماعی منابع آب تحت عنوان آب‌بها می‌توان کشاورزان را وادار به بکارگیری اصول اقتصادی نمود. به طوری که اگر سیستم بازار (نهاده و محصول) رقابتی بوده و فناوری تولید، برای تمام کشاورزان یکسان باشد، کشاورزان روش حداکثر سازی سود را انتخاب خواهند نمود که در این صورت، مقدار بهینه آب برای حداکثر سازی سود ۷۷۹۳ مترمکعب در هکتار است. با فرض اینکه شرایط مذکور صادق نباشد کشاورزان مجبور به استفاده از روش حداقل سازی هزینه خواهند شد. اگر کشاورزان بر اساس حداقل سازی هزینه عمل کنند، مقدار بهینه آب به طور متوسط برابر ۷۲۹۴ مترمکعب در هکتار است. با توجه به اینکه هم‌اکنون هر بهره‌بردار به طور متوسط ۹۱۰۴ مترمکعب آب مصرف می‌کند، در صورتی که کشاورزان بر اساس حداقل سازی هزینه عمل نمایند، مشکل اضافه برداشت آب برطرف خواهد شد. کمبود آب در ایران یک واقعیت ذاتی است که با توجه به روند

براساس آمارنامه وزارت جهاد کشاورزی (۱۳۹۶) متوسط عملکرد پسته در کشور حدود ۸۴۸ کیلوگرم در هکتار است. متوسط عملکرد پسته کشور در باغ‌های ۱۸ تا ۲۰ ساله (در صورتی که خوب مدیریت شده باشند) به یک تن در هکتار می‌رسد در حالی که بر اساس آمار فائو، در آمریکا باغ‌های در سال ششم به عملکرد یک تن در هکتار و در سال دوازدهم به حدود ۴ تن در هکتار می‌رسند. آمریکا با سطح زیر کشت کمتر از یک پنجم سطح زیر کشت پسته ایران، به تولید یک و نیم برابری نسبت به ایران دست یافته است (نظری، ۱۳۹۲). بر اساس آمار سازمان خواروبار جهانی (فائو) در حال حاضر آمریکا با عملکرد ۴ تن در هکتار، بالاترین عملکرد را در میان کشورهای تولید کننده پسته در دنیا دارد. ترکیه و ایتالیا با عملکرد ۳ تن در هکتار دارای رتبه دوم و سوم و ایران با متوسط کمتر از یک تن در هکتار در رتبه چهارم قرار دارد (FAO, 2014). متخصصین و کارشناسان صنعت پسته، دلایل زیادی برای این امر عنوان نموده‌اند. مهم‌ترین آن‌ها: عدم استفاده از پایه و ارقام پر بازده، خرده مالکی، کمیت و کیفیت پایین آب آبیاری، شور و قلیا بودن خاک اغلب باغ‌های پسته، اختصاص خاک‌های درجه ۲ و ۳ به کشت پسته، مدیریت ضعیف باغ‌ها از جنبه‌های مختلف و شرایط اقلیمی اشاره نمود (حسینی فرد و همکاران، ۱۳۹۶).

پسته به عنوان گیاهی مقاوم به خشکی شناخته می‌شود که قادر است با مقادیر اندکی آب، زنده بماند و حتی مقدار اندکی محصول تولید کند (Goldhamer, 2005; Sanden, 2004). درخت پسته می‌تواند ریشه‌های خود را تا عمق ۲/۵ متری از سطح خاک توسعه دهد تا بتواند رطوبت لایه‌های زیرین را در دوره‌های خشک سال جذب نماید (Goldhamer, 2005). همچنین گفته شده که در مواقع کاهش رطوبت خاک تا حد پژمردگی دائم (PWP)، ریشه‌های پسته در تمامی اعماق خاک، می‌توانند فعالیت خود را برای ۴ تا ۵ هفته بطور کامل متوقف نمایند (Kanber, 1993). در عین حال، باید اذعان نمود که درخت پسته به منظور دستیابی به کارکرد و تولید مناسب، به آب کافی نیاز دارد (Goldhamer, 2005). درخت پسته آب را سریعتر از دیگر درختان میوه مصرف می‌کند. چنانچه درخت پسته در دوره‌های حساس با تنش آبی مواجه شود اثرات منفی بر فرآیندهای درونی درخت خواهد داشت (Goldhamer, 2005).

از طرف دیگر پسته یک گیاه متحمل به شوری است ولی میزان عملکرد این گیاه در شوری‌های بالا به شدت تحت تاثیر قرار می‌گیرد (ابطحی و کریمیان، ۱۳۷۳). سندن و همکاران نیاز آبی درختان بالغ پسته را بسته به بافت خاک، شوری، روش آبیاری و مدیریت، بین ۷۶۲ تا ۱۲۷۰ میلی‌متر گزارش کرده‌اند (Sanden, 2016).

در ایران، بسته به روش آبیاری (غرقابی، قطره‌ای و یا بابلر)، حجم متفاوتی از آب آبیاری در باغ‌های پسته مصرف می‌شود که بین ۴۰۰۰ تا ۹۰۰۰ (مترمکعب در هر هکتار) در طول سال متغیر است. در شرایط شور فلات مرکزی ایران نظیر یزد، عمق آب کاربردی باغ‌های پسته

مناطق، پژوهش‌هایی انجام و اعداد و ارقامی گزارش شده است. این پژوهش با هدف اندازه‌گیری حجم آب کاربردی در شرایط زارعین، محاسبه آب مورد نیاز و مقایسه آن با سند ملی آب و ارزیابی بهره‌وری آب پسته در استان‌های خراسان رضوی، سمنان، یزد و کرمان انجام شد.

مواد و روش‌ها

سطح زیر کشت پسته در کشور بیش از ۴۵۰ هزار هکتار است. از این مقدار سطح زیر کشت، ۷۴/۲ درصد آن درختان بارور و ۲۵/۸ درصد نهال غیربارور است. استان کرمان با بیش از ۶۰ درصد سطح بارور پسته کشور، مقام اول و سه استان خراسان رضوی، یزد و سمنان به ترتیب مقام‌های دوم، سوم و چهارم را به خود اختصاص داده‌اند. این چهار استان جمعاً حدود ۸۵ درصد سطح باغ‌های بارور و ۱۸ استان دیگر فقط ۱۵ درصد از باغ‌های بارور پسته را به خود اختصاص داده‌اند. تولید پسته در کشور حدود ۳۰۵-۱۵۰ هزار تن در سال است. جدول ۱ سطح زیرکشت و تولید پسته در کشور را نشان می‌دهد (آمارنامه کشاورزی، ۱۳۹۶).

روزافزون نیاز بخش‌های مختلف (شرب، صنعت و کشاورزی) به آب، مشکل کم آبی در سال‌های آینده بحرانی‌تر خواهد شد. یکی از راهکارهای مؤثر و عملی، استفاده بهینه و صرفه‌جویی در مصرف آب در تمامی بخش‌ها به‌ویژه کشاورزی است. برآورد دقیق و تعیین شاخص‌های مدیریت مصرف آب از جمله مقدار آب کاربردی، راندمان آبیاری و بهره‌وری آب محصولات زراعی و باغی در کشور از مهم‌ترین ابزارها و شاخص‌های کلیدی در برنامه‌ریزی‌های کلان مربوط به تأمین، تخصیص و مصرف آب در بخش‌های مختلف از جمله کشاورزی است. برای تعیین نیاز آبی باغ‌های پسته برآوردهای متعددی با روش‌های علمی و نرم افزارهای کامپیوتری در کشور ارائه شده است. مبنای برخی از این توصیه‌ها، محاسباتی بوده و برخی دیگر نیز از طریق اندازه‌گیری عمق آب آبیاری در دوره‌های مختلف آبیاری بوده است. بنابراین برای تعیین نیاز آبی پسته در کشور، مراجع متعددی وجود دارد که اعداد و ارقام متفاوتی برای نیاز آبی پسته در یک منطقه ارائه کرده‌اند. این تفاوت‌ها حتی به بیش از دو برابر نیز می‌رسد. از این رو ضرورت دارد که این اعداد و ارقام مورد بررسی بیشتر قرار گیرند و مناسب‌ترین مقادیر برای نیاز آبی در هر منطقه توصیه گردد. از سوی دیگر، برای حجم آب کاربردی باغ‌های پسته در کشور نیز ارقام دقیقی وجود ندارد و به‌صورت موردی و در برخی از

جدول ۱- سطح زیرکشت، تولید و میانگین عملکرد در قطب‌های تولید پسته (آبی) در کشور

استان	سطح (هکتار)		میانگین عملکرد (kg/ha)	کل تولید (تن)
	بارور	غیربارور		
کرمان	۲۰۳۲۲۰	۹۳۵۵	۵۵۲	۱۱۲۲۸۷
خراسان رضوی	۵۲۰۸۳	۳۴۹۱۸	۱۱۷۰	۶۰۹۰۴
سمنان	۱۱۲۵۹	۷۸۲۴	۱۱۵۵	۱۳۰۱۲
یزد	۳۱۹۵۰	۱۲۸۶۹	۱۴۹۸	۴۷۸۶۰
سایر استان‌ها	۶۰۵۶۶	۳۳۲۹۲	-	۷۰۳۵۷
جمع کل/میانگین	۳۵۹۰۷۸	۹۸۲۵۸	۸۴۸	۳۰۴۴۲۰

خاک، تعداد نوبت آبیاری، عملکرد پسته و حجم آب کاربردی بودند. اطلاعات دیگری مانند نوع شبکه آبیاری، روش آبیاری، ارتفاع باغ‌ها از سطح دریا یادداشت برداری شد. در انتخاب باغ‌ها سعی شد از سطوح مختلف مدیریتی (ضعیف، متوسط و خوب) و سامانه‌های آبیاری سنتی و قطره‌ای گزینش انجام شود. اندازه‌گیری‌های تعیین حجم آب کاربردی با در نظر گرفتن عوامل مختلفی نظیر؛ روش آبیاری، اندازه قطعات، کیفیت آب و خاک باغ‌ها، نوع شبکه و اقلیم انجام شد. در هر باغ دبی آب آبیاری در چند نوبت در طول فصل زراعی با ابزار مناسب (فلوم WSC و دبی سنج‌های اوتراسونیک) اندازه‌گیری و تعیین شد. تعداد نوبت‌های آبیاری و مدت زمان هر نوبت آبیاری نیز ثبت می‌شد.

این پژوهش برای اندازه‌گیری و تعیین حجم آب کاربردی و بهره‌وری آب باغ‌های پسته کشور به‌صورت میدانی، در ۸۸ باغ از استان‌های خراسان رضوی، سمنان، کرمان و یزد از مهرماه ۱۳۹۵ تا مهر ۱۳۹۶ (به مدت یکسال) انجام شد. جدول ۲ شهرستان‌های مورد مطالعه در هر استان و تعداد باغ‌های منتخب را نشان می‌دهد. در این پژوهش حجم آب کاربردی باغ‌های (بدون دخالت در برنامه آبیاری باغداران) اندازه‌گیری و تعیین شد. حجم آب کاربردی، عملکرد و سایر کمیت‌های مربوط به این دو شاخص در سامانه‌های آبیاری سطحی و قطره‌ای و در باغ‌های دارای بافت خاک سبک تا سنگین و باغدارانی با سطح تحصیلات دیپلم و بالاتر از دیپلم اندازه‌گیری شد. کمیت‌های اندازه‌گیری شده شامل شوری آب آبیاری، مقدار تولید هر باغ، بافت

جدول ۲- شهرستان‌های مورد مطالعه در هر استان و تعداد باغ‌های منتخب

ردیف	استان	شهرستان‌های مورد مطالعه	تعداد باغ‌های انتخابی
۱	سمنان	دامغان - میامی - گرمسار	۱۸
۲	خراسان رضوی	فیض آباد	۹
۳	کرمان	کرمان - رفسنجان - زرنند	۲۹
۴	یزد	مهریز - ابرکوه	۳۲
جمع			۸۸

است که بر حسب کیلوگرم بر مترمکعب بیان می‌شود (عباسی و همکاران، ۱۳۹۶). بهره‌وری از رابطه (۲) محاسبه شد:

$$WP = CY / (CW + R_e) \quad (2)$$

WP بهره‌وری آب (کیلوگرم بر مترمکعب آب کاربردی)، CY عملکرد (کیلوگرم در هکتار)، CW حجم آب کاربردی در تولید پسته (مترمکعب در هکتار) و R_e بارندگی موثر در طول فصل زراعی (مترمکعب در هکتار)

تحلیل واریانس داده‌ها

برای بررسی تغییرات عملکرد، حجم آب کاربردی و بهره‌وری آب در تولید پسته، از تحلیل واریانس استفاده شد. نظر به ماهیت اندازه‌گیری‌ها، هر باغ پسته به‌عنوان یک تکرار در نظر گرفته شد. برای بررسی کفایت تعداد باغ‌ها برای اندازه‌گیری حجم آب کاربردی و عملکرد از رابطه (۳) استفاده شد (Sarmad et al., 2001).

$$n = \frac{z^2 \sigma^2}{(\bar{x} - \mu)^2} \quad (3)$$

n تعداد اندازه‌گیری‌های لازم برای تحلیل واریانس عملکرد و حجم آب کاربردی در تولید پسته، z برابر ۱/۹۶ در سطح اعتماد ۹۵ درصد، σ^2 واریانس، \bar{x} میانگین اندازه‌گیری‌ها و μ مقدار هر اندازه‌گیری است.

نتایج و بحث

از آنجایی که مبنای بررسی کفایت داده‌ها برای معتبر بودن تحلیل‌های آماری، توزیع نرمال است، متغیر نرمال استاندارد (Z) در تحلیل داده‌های پژوهش‌های کشاورزی، مستقل از سطح زیر کشت، سامانه‌های آبیاری، ویژگی‌های فیزیکی‌شیمیایی خاک، و ... است. در این توزیع، میانگین داده‌ها، واریانس آنها و تعداد داده‌ها نقش اساسی دارند. هرچه واریانس داده‌ها زیاده‌تر باشد به تعداد داده‌های بیشتری برای تحلیل نیاز خواهد بود. بنابراین براساس تجزیه و تحلیل‌های

تعیین تبخیر و تعرق برای برنامه‌ریزی آبیاری گیاهان زراعی و باغی هر منطقه، متاثر از شرایط اقلیمی حاکم بر آن منطقه و ویژگی‌های گیاه مورد نظر است که به ترتیب در دو پارامتر ET_0 و Kc خلاصه می‌شوند:

$$ET_c = K_c \times ET_0 \quad (1)$$

که ET_0 تبخیر و تعرق مرجع (میلی‌متر در روز)، K_c ضریب گیاهی (بدون واحد) و ET_c تبخیر و تعرق گیاه مورد نظر در شرایط استاندارد یا همان تبخیر و تعرق پتانسیل گیاه مورد نظر (میلی‌متر در روز) است. در واقع، منظور از ET_0 نیاز تبخیری اتمسفر است که معادل با میزان تبخیر از یک سطح مرجع (نظیر چمن و یا یونجه) می‌باشد. بنابراین، ET_0 حائز مقداری حداکثری بوده و صرفاً تابع شرایط جوی منطقه است. منظور از ET_c نیز حداکثر تبخیر و تعرقی است که گیاه می‌تواند در شرایط استاندارد و عاری از هر گونه تنش محیطی و مدیریتی انجام دهد (Doorenbos and Pruitt, 1977). نیاز آبی خالص درختان پسته بر اساس داده‌های نزدیک ترین ایستگاه هواشناسی برای سال انجام تحقیق و ده سال گذشته به روش پنمن مانیتث محاسبه، و با مقادیر نیازآبی ارائه شده در سند ملی مقایسه شد. سپس با برآورد میزان بارش موثر در طول فصل رشد و با عنایت به میزان آب کاربردی و عملکرد محصول اندازه‌گیری شده در مزرعه، بهره‌وری آب پسته در استان‌ها، و منابع آبی مختلف محاسبه شد.

بهره‌وری آب

بهره‌وری آب در کشاورزی، یکی از شاخص‌های مصرف بهینه‌ی آب آبیاری است که به‌عنوان شاخصی دقیق و علمی برای سنجش مصرف بهینه‌ی آب و تولیدات کشاورزی در نظر گرفته می‌شود. براساس تعریف کلی، بهره‌وری آب نسبتی است که در مخرج کسر آن آب کاربردی (آب آبیاری و بارندگی) و در صورت آن موارد قابل توجهی از مفاهیم کمی از جمله عملکرد محصول قرار می‌گیرد. عموماً دو مفهوم بهره‌وری فیزیکی و اقتصادی آب، کاربرد بیشتری داشته و در تحلیل‌ها و تصمیم‌گیری‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرد. بهره‌وری فیزیکی آب، مقدار محصول تولید شده به ازای واحد حجم آب کاربردی

مدیریت زراعی، بافت خاک، نیاز آبی و عوامل شناختی، موجب افزایش واریانس داده‌های اندازه‌گیری شده، می‌گردد. بنابراین، این تصور وجود داشت که ضریب تغییرات و واریانس داده‌های اندازه‌گیری شده زیاد باشد. بر همین اساس سعی شد تعداد اندازه‌گیری‌های عملکرد محصول و حجم آب کاربردی باغ‌های، بیشتر از حداقل اندازه‌گیری‌ها در نظر گرفته شود تا نتایج از نظر تحلیل آماری قابلیت اعتماد بالایی داشته باشند.

کفایت تعداد اندازه‌گیری‌ها برای کل باغ‌های انتخابی نیز محاسبه شد. خلاصه شاخص‌های آماری در جدول ۴ ارائه شده است. تعداد اندازه‌گیری‌های حجم آب کاربردی و عملکرد پسته در پژوهش حاضر، بیشتر از تعداد اندازه‌گیری‌های لازم در نظر گرفته شد (جدول ۴).

آماري، حداقل تعداد اندازه‌گیری‌های لازم در هر استان تعیین شد. جدول ۳ پارامترهای آماری و حداقل تعداد باغ‌های لازم برای داده‌برداری را نشان می‌دهد. نتایج اولیه نشان داد که واریانس داده‌ها در استان یزد نسبت به سه استان دیگر بیشتر است. به همین دلیل در این استان بایستی حداقل ۳۰ اندازه‌گیری صورت می‌گرفت. برای اطمینان از اعتبار داده برداری‌ها سعی شد تعداد باغ‌های انتخابی در هر استان بیشتر از حداقل لازم باشد. لازم به ذکر است که در استان کرمان، علیرغم این که سطح زیر کشت پسته بیشتر از مجموع سطح زیرکشت سه استان دیگر بود، اما واریانس داده‌های اندازه‌گیری شده قابل توجه نبوده و ضرورتی برای افزایش اندازه‌گیری‌ها وجود نداشت. از آنجاییکه ماهیت پژوهش اندازه‌گیری آب کاربردی با پژوهش‌های مرسوم در آزمایشات کشاورزی متفاوت است. زیرا تنوع اقلیمی،

جدول ۳- میانگین، انحراف معیار و کفایت اندازه‌گیری‌ها در باغ‌های پسته استان‌های منتخب

ردیف	استان	میانگین آب کاربردی (مترمکعب در هکتار)	انحراف معیار	حداقل تعداد داده‌ی لازم	تعداد اندازه‌گیری‌ها
۱	سمنان	۷۳۹۴	۱۴۶۸	۱۵	۱۸
۲	خراسان رضوی	۵۵۷۹	۸۵۲	۹	۹
۳	کرمان	۶۷۱۳	۱۳۵۶	۱۶	۲۹
۴	یزد	۱۱۱۷۷	۳۱۲۵	۳۰	۳۲

جدول ۴- میانگین، انحراف معیار و کفایت اندازه‌گیری‌ها در باغ‌های منتخب

شاخص آماری	عملکرد پسته (کیلوگرم در هکتار)	حجم آب مصرفی (مترمکعب در هکتار)
میانگین	۱۶۷۸	۸۶۶۰
انحراف معیار	۷۱۹	۳۲۵۱
تعداد اندازه‌گیری لازم	۷۱	۵۴
تعداد اندازه‌گیری‌های انجام شده	۸۸	۸۸

پسته داده می‌شود. پس از آبیاری زمستانه، آبیاری باغ‌های پسته معمولاً از اواخر اردیبهشت آغاز می‌شود. در روش‌های آبیاری سطحی، دور آبیاری در هر منطقه (براساس مقدار آب در دسترس) از ۳۰ تا ۶۰ روز متغیر است. جدول ۵، میانگین تعداد آبیاری‌ها در استان‌های مورد مطالعه نشان می‌دهد.

تعداد آبیاری باغ‌های پسته در استان‌های منتخب

درخت پسته در هر مرحله از رشد و در هر مقطعی از فصل، نیازمند مقدار مشخصی آب است. باغداران درختان پسته را پس از برداشت محصول (اواخر مهر ماه) یک نوبت آبیاری می‌کنند. پس از آن در آذر ماه یک آبیاری به‌عنوان آب قوس برای باغ‌های انجام می‌شود. در فاصله بهمن تا اسفند ماه نیز آب دوم زمستانه به باغ‌های

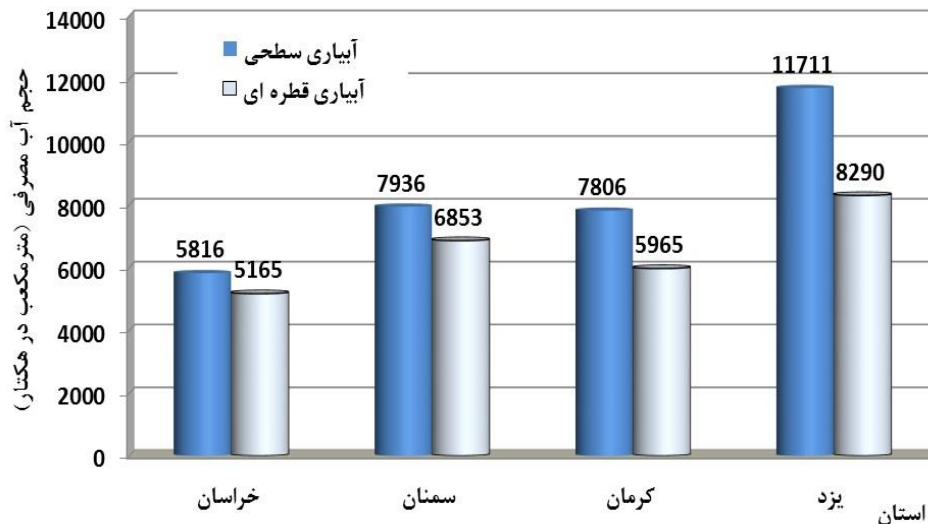
جدول ۵- متوسط تعداد آبیاری باغ‌های پسته

ردیف	نام استان	تعداد آبیاری	
		آبیاری سنتی	آبیاری قطره‌ای (سطحی)
۱	خراسان رضوی	۹	۸
۲	سمنان	۸	۲۲
۳	کرمان	۷	۲۱
۴	یزد	۸	۱۲

مقایسه حجم آب مصرفی باغ‌های پسته

در این پژوهش حجم آب کاربردی (بعلاوه آب آبخویی در زمستان) در باغ‌های خراسان رضوی، سمنان، کرمان و یزد در یک سال اندازه‌گیری و نیاز خالص آبیاری، نیاز آبخویی براساس روش آبیاری (سنتی و قطره‌ای) محاسبه شد. شکل ۱ میانگین حجم آب کاربردی را در استان‌ها به تفکیک روش آبیاری نشان می‌دهد. متوسط

آب کاربردی در استان‌های مورد بررسی در روش آبیاری سطحی و قطره‌ای به ترتیب برابر ۸۳۱۷ و ۶۵۶۶ متر مکعب در هکتار شد. حجم آب کاربردی در خراسان رضوی، کرمان و سمنان نزدیک به هم، اما در یزد تفاوت بیشتری داشت. این اختلاف به دلیل شوری بیشتر آب، خاک و درجه حرارت بالاتر در یزد بوده است.



شکل ۱- متوسط حجم آب کاربردی در سامانه‌های آبیاری سطحی و قطره‌ای

پسته، حجم آب کاربردی (در طول دوره رشد به همراه آبخویی زمستانه) توسط باغداران کمتر از نیاز خالص آبیاری باغ‌های است و کم‌آبیاری اجباری با شدت و ضعف در تمام باغ‌های پسته مورد مطالعه یک واقعیت غیر قابل انکار است. بنابراین تبدیل سامانه‌های آبیاری سنتی (سطحی) به آبیاری قطره‌ای در باغ‌های پسته امری ضروری است و می‌تواند بخش نسبتاً زیادی از کم‌آبیاری‌های اجباری را جبران نماید. علاوه بر آن، چنانچه سامانه‌های آبیاری قطره‌ای به‌خوبی اجرا و مدیریت شوند و باغ‌های پسته به سامانه‌های اندازه‌گیری و پایش رطوبت خاک مجهز شوند، می‌توان به حفظ پایداری سفره‌های آب زیرزمینی نیز کمک نمود.

آبیاری در طول فصل رشد برای پسته نیز مانند سایر گیاهان از مهم‌ترین عملیات داشت است. حساس‌ترین مراحل رشد پسته به آب آبیاری و پیامدهای آن به ترتیب زیر است (حسینی‌فرد و همکاران، ۱۳۹۶).

- ۱- سقط جنین و پوکی؛ آبیاری در زمان گلدهی (عموماً فروردین ماه) و زمان پر شدن مغز (تیرماه).
- ۲- خندانی؛ آخرین آب قبل از برداشت، بسته به رقم (عموماً اوایل شهریور ماه).
- ۳- تعداد دانه در

عبداللهی عزت آبادی و همکاران (۱۳۹۳) در پژوهشی که برای تعیین راندمان آبیاری در ۲۸۶ باغ پسته در شهرستان‌های انار و رفسنجان انجام دادند، حجم آب کاربردی را در طول سال از ۹۷۰ تا ۲۷۰۰۰ و به‌طور متوسط ۹۷۳۰ مترمکعب برای هر هکتار بدست آوردند. در پژوهشی دیگر در خصوص سامانه‌های آبیاری قطره‌ای زیرسطحی پسته در سیرجان، حجم آب کاربردی از ۴۶۰۰ تا ۱۰۵۰۰ مترمکعب در هکتار بدست آمد (کوهی، ۱۳۹۴). موذن‌پور و همکاران (۱۳۹۶) در یک پژوهش لایسیمیتری، حجم آب کاربردی پسته را برای درختان ۴، ۵، ۶، ۷، ۸ و ۹ ساله به ترتیب برابر با ۲۲۹۰، ۲۵۰۰، ۲۷۴۰، ۴۵۲۰ و ۵۶۲۰ مترمکعب در هکتار به دست آوردند. در پژوهشی حجم آب کاربردی باغ‌های پسته‌ی کالیفرنیا را (سال ۱۹۹۸ تا ۲۰۱۰) حدود ۱۲ هزار مترمکعب در هکتار گزارش نموده‌اند (بخش منابع آب کالیفرنیا، ۲۰۱۴). براساس نتایج این پژوهش، در تمام استان‌ها حجم آب کاربردی در سامانه‌های آبیاری قطره‌ای نسبت به آبیاری سطحی کاهش یافته است. از طرفی تقریباً در تمام باغ‌های

با استفاده از تحلیل واریانس، تفاوت احتمالی حجم آب کاربردی در تولید پسته در استان‌های خراسان رضوی، سمنان، کرمان و یزد بررسی شد. نتایج نشان داد تفاوت حجم آب کاربردی در تولید پسته در استان‌های منتخب در سطح کمتر از یک درصد معنی‌دار است (جدول ۶).

درخت؛ آبیاری در زمان تشکیل میوه و پس از گرده افشانی (عموماً اواخر فروردین ماه) ۴- رسیدگی؛ عموماً در اواخر مرداد و اوایل شهریور ماه ۵- وزن و اندازه میوه

تحلیل تغییرات حجم آب کاربردی پسته در استان‌های مختلف

جدول ۶- تحلیل واریانس حجم آب کاربردی در باغ‌های منتخب

منبع تغییرات	مجموع مربعات	درجه آزادی	میانگین مربعات	نسبت F	مقدار P
بین استان‌ها	$3/719 \times 10^8$	۳	$1/239 \times 10^8$	۲۱/۴۶	کمتر از یک درصد
درون استان‌ها	$4/101 \times 10^8$	۷۱	$5/776 \times 10^6$		
کل کشور	$7/82 \times 10^8$	۷۴			

۱۵۱۱ کیلوگرم پسته خشک در هکتار شد (شکل ۲). میانگین وزنی عملکرد محصول در استان‌های یزد، سمنان و کرمان تفاوت چندانی با یکدیگر نداشتند که دلیل آن احتمالاً شباهت نسبتاً بیش‌تر شرایط آب و هوایی، کیفیت آب و خاک و سطح مدیریت باغ‌های است. در استان خراسان رضوی به دلیل شرایط مناسب‌تر آب و هوا، کیفیت آب و خاک و سطح مدیریت مناسب‌تر زراعی، میانگین عملکرد بیش‌تر از سایر استان‌ها بود.

تحلیل تغییرات عملکرد پسته در استان‌ها

برای بررسی تغییرات عملکرد پسته در استان‌های سمنان، خراسان رضوی، کرمان و یزد از تحلیل واریانس استفاده شد. نتایج نشان داد تفاوت عملکرد در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار نیست (جدول ۸).

میانگین عملکرد پسته خشک در استان‌های منتخب ۱۷۴۲ کیلوگرم در هکتار بود. بیشترین عملکرد از باغ‌های استان خراسان رضوی با میانگین ۲۵۰۶ کیلوگرم در هکتار و کمترین آن از باغ‌های استان کرمان با میانگین ۱۵۱۶ کیلوگرم در هکتار به دست آمد. عملکرد پسته از باغ‌های استان‌های سمنان و یزد به ترتیب ۱۷۰۸ و ۱۷۵۰ کیلوگرم در هکتار بود. شکل ۲ مقایسه میانگین عملکرد اندازه‌گیری شده‌ی محصول را در باغ‌های منتخب استان‌ها با متوسط عملکرد پسته براساس آمار نامه (آمارنامه محصولات باغی، ۱۳۹۶) نشان می‌دهد. شکل ۲ نشان می‌دهد که متوسط عملکرد اندازه‌گیری شده در باغ‌های منتخب نسبت به میانگین عملکرد آمارنامه بیشتر است. علت آن مشارکت تمام جامعه آماری در محاسبه میانگین در آمارنامه است. به عبارت دیگر چون در محاسبه میانگین در آمارنامه، تمام سطوح باغ‌های در کل هر استان در نظر گرفته شده است، طبیعی است که میانگین عملکرد نسبت به زمانی که تعداد کمتری از جامعه آماری در محاسبه میانگین دخالت دارند کمتر باشد.

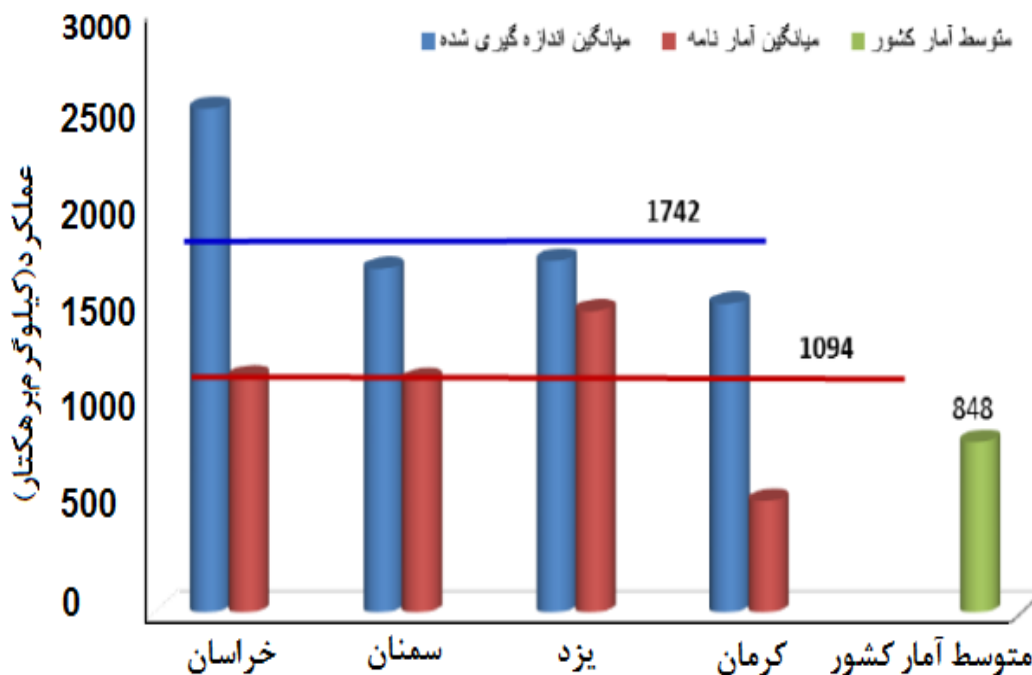
حجم آب کاربردی در استان‌های کشور را می‌توان به دو خوشه اصلی تقسیم‌بندی نمود. در خوشه اول حجم آب کاربردی در باغ‌های پسته استان یزد با میانگین ۱۱۱۷۷ مترمکعب در هکتار، در خوشه دوم حجم آب کاربردی در استان‌های سمنان (۷۳۹۴ مترمکعب در هکتار)، خراسان رضوی (۵۵۷۹ مترمکعب در هکتار) و کرمان (۶۷۱۳ مترمکعب در هکتار) قرار دارند. میانگین وزنی (نسبت به سطح زیرکشت) و حسابی حجم آب کاربردی در تولید پسته در استان‌های منتخب برای هر دو روش‌های آبیاری سنتی (سطحی) و قطره‌ای محاسبه و در جدول ۷ ارائه شده است.

جدول ۷- میانگین وزنی و حسابی حجم آب کاربردی در باغ‌های منتخب

روش آبیاری	وزنی	حسابی
سنتی (سطحی)	۸۳۵۰	۹۵۴۹
قطره‌ای	۵۹۰۰	۶۵۶۶
بدون در نظر گرفتن روش آبیاری	۷۱۲۵	۸۰۵۷

عملکرد محصول

عدم تولید یکنواخت و یکسان در سال‌های متوالی همان سال‌آوری است که در محصول پسته وجود دارد. سال‌آوری پسته می‌تواند به عوامل فیزیولوژیک درونی ارتباط داشته باشد. عوامل آب و هوایی مانند سرما زدگی اوایل فصل، بادهای گرم و خشک، تأمین نشدن نیاز سرمای زمستانه و آفات و بیماری‌ها نیز در سال‌آوری پسته نقش اساسی دارند (سیدی و اسماعیل‌پور، ۱۳۸۵). برای اجتناب از این‌گونه خطاها، میانگین سه ساله عملکرد محصول (سال اجرای تحقیق و دو سال قبل آن) برای باغ‌های منتخب ملاک عمل قرار گرفت. میانگین عملکرد اندازه‌گیری شده در استان‌های خراسان رضوی، یزد، سمنان و کرمان به ترتیب برابر ۲۵۰۶، ۱۷۵۰، ۱۷۰۸ و



شکل ۲- مقایسه متوسط عملکرد اندازه‌گیری شده با متوسط استانی و کشوری (کیلوگرم در هکتار)

جدول ۸- تحلیل واریانس عملکرد خشک پسته در باغ‌های منتخب

منبع تغییرات	مجموع مربعات ($\times 10^6$)	درجه آزادی	میانگین مربعات ($\times 10^6$)	نسبت F	مقدار P
بین استان‌ها	۳/۰۸۹	۳	۱/۰۲۹	۲/۰۸	۰/۱۱
درون استان‌ها	۳۵/۱۴۰	۷۱	۰/۴۹۵		
کل کشور	۳۸/۲۳	۷۴			

آبیاری سنتی و قطره‌ای تعیین و مقایسه شد. بهره‌وری آب در سامانه آبیاری سنتی در استان‌های خراسان رضوی، سمنان، کرمان و یزد به ترتیب برابر ۰/۴۴، ۰/۲۴، ۰/۱۶ و ۰/۱۶ کیلوگرم برای هر مترمکعب در هکتار و در سامانه آبیاری قطره‌ای در استان‌های خراسان رضوی، سمنان، کرمان و یزد نیز به ترتیب برابر ۰/۲۵، ۰/۲۲، ۰/۲۱ و ۰/۱۶ کیلوگرم برای هر مترمکعب در هکتار به دست آمد (شکل ۳). میانگین بهره‌وری آب در استان‌های مورد بررسی در روش آبیاری سطحی و قطره‌ای به ترتیب برابر با ۰/۲۲ و ۰/۲۵ کیلوگرم برای هر مترمکعب در هکتار شد. بهره‌وری آب در سامانه‌های آبیاری قطره‌ای و سنتی (به جز خراسان رضوی) به دلیل کم‌آبیاری‌های اجباری تفاوت چندانی با یکدیگر نداشتند. در خراسان رضوی اختلاف بهره‌وری آب معنی‌دار بود که احتمالاً به دلیل کم بودن تعداد باغ‌های دارای سیستم آبیاری قطره‌ای بوده است. اما چرا بهره‌وری آب پسته در تمام استان‌ها کم و تفاوت نسبتاً زیادی با متوسط بهره‌وری در بین کشورهای تولیدکننده پسته دارد؟ مطابق رابطه بهره‌وری آنچه باعث کوچک بودن عدد

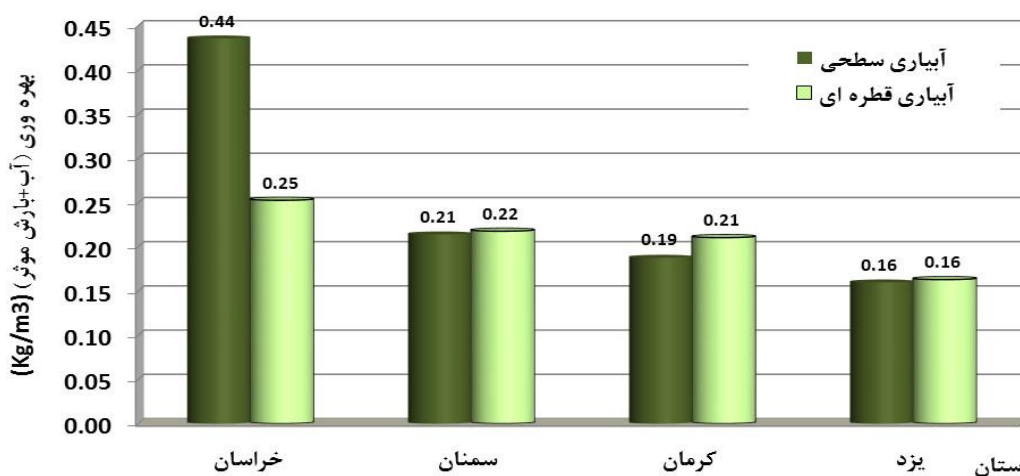
با دقت در اعداد شکل مذکور مشاهده می‌شود که میانگین عملکرد در استان کرمان براساس آمارنامه خیلی نسبت به مقادیر اندازه‌گیری شده در این پژوهش کمتر و این تفاوت معنی‌دار است. علت آن رها شدن بخش‌های زیادی از باغ‌های استان به دلیل کاهش منابع آبی است، در حالیکه این سطوح در محاسبه عملکرد استان لحاظ می‌شوند. از طرف دیگر در استان خراسان رضوی متوسط عملکرد اندازه‌گیری شده بیشتر از متوسط عملکرد آمارنامه است. علت آن می‌تواند وجود شرایط بهتر برای تولید پسته و کشاورزان پیشرو در منطقه اجرای تحقیق (فیض آباد) نسبت به سایر مناطق پسته‌کاری استان خراسان رضوی باشد. بطور کلی داده‌های حاصل از یک طرح پژوهشی نسبت به برآوردها و نظرات کارشناسی که از راه‌های غیر پژوهشی به دست می‌آید، دقیق‌تر و از اعتبار بیشتری برخوردارند.

بهره‌وری آب در باغ‌های پسته

بهره‌وری فیزیکی آب در استان‌های مختلف و در هر دو سامانه‌ای

(۱۳۹۷) مهم‌ترین چالش‌ها و عملکرد پایین باغ‌های پسته در ایران را عدم آگاهی کشاورزان از ارقام تجاری و تطابق خصوصیات آن‌ها با شرایط اقلیمی، عدم هماهنگی تعداد پایه گرده افشان با پایه‌های مادری (در امریکا ۱ به ۸ ولی در ایران ۱ به حدود ۱۹۰)، عدم همزمان بودن گرده افشانی پایه‌های پدر و مادر، عدم یکنواختی پایه‌ها به دلیل تفرق ژنتیکی، عدم انتخاب پایه مناسب، رعایت نکردن اصول تغذیه در باغ‌ها، عدم رعایت زمان مناسب آبیاری، رعایت نکردن زمان مناسب برای برداشت، رعایت نکردن اصول مبارزه با آفات و بیماری‌ها، شخم نامناسب پای درختان، عدم رعایت اصول صحیح هرس، عدم رعایت اصول مکانیزاسیون عنوان کرده است.

بهره‌وری است، کوچک بودن عدد صورت کسر و یا بزرگ بودن مخرج کسر است. یعنی صرفه نظر از بزرگ بودن مخرج کسر (حجم آب کاربردی برای تولید پسته)، کوچک بودن صورت کسر هم موجب کم شدن عدد بهره‌وری می‌شود. واقعیت آن است که متوسط عملکرد پسته در کشور بسیار با متوسط جهانی فاصله دارد و این عملکرد در کشور با پتانسیل‌های موجود در باغ‌های و شرایط کشور فاصله زیادی دارد که با برنامه‌ریزی‌های مدیریتی می‌توان به عملکردهای بالاتری دست یافت. بنابراین برای افزایش بهره‌وری آب پسته علاوه بر مدیریت مصرف آب برای افزایش راندمان آبیاری، بایستی با اصلاح و ارتقاء مدیریت باغ‌های پسته، عملکرد محصول را افزایش داد. لایه



شکل ۳- میانگین بهره‌وری آب (آبیاری و بارش موثر) باغ‌های پسته در سامانه‌های آبیاری (کیلوگرم بر مترمکعب در هکتار)

چهار استان ۰/۲۶ کیلوگرم بر مترمکعب بدست آمد. بهره‌وری بالاتر آب در استان خراسان رضوی به دلیل شرایط آب و هوایی نسبتاً مناسب‌تر در مقایسه با سه استان دیگر، کیفیت بهتر آب، خاک و نیز مدیریت بهتر در باغ‌های پسته این استان است. شرایط آب و هوایی سخت‌تر در استان یزد، شوری نسبتاً زیاد منابع آب و خاک که نیازمند آب بیشتر برای تامین نیاز آبی و آبشویی باغ‌های است، علت کمتر شدن عدد بهره‌وری آب در این استان است.

تحلیل تغییرات بهره‌وری آب پسته در استان‌های منتخب

تحلیل واریانس بهره‌وری آب پسته در استان‌های منتخب خراسان رضوی، کرمان و یزد در جدول ۹ ارائه شده است. نتایج نشان داد تفاوت بهره‌وری آب در استان‌های یادشده بسیار معنی‌دار بود. دلیل اصلی این تفاوت به اختلاف عملکرد محصول و حجم آب کاربردی مرتبط است. میانگین شاخص بهره‌وری آب در تولید پسته از باغ‌های استان‌های خراسان رضوی، سمنان، کرمان و یزد به ترتیب برابر ۰/۳۷، ۰/۲۵، ۰/۲۷ و ۰/۱۶ و میانگین بهره‌وری این

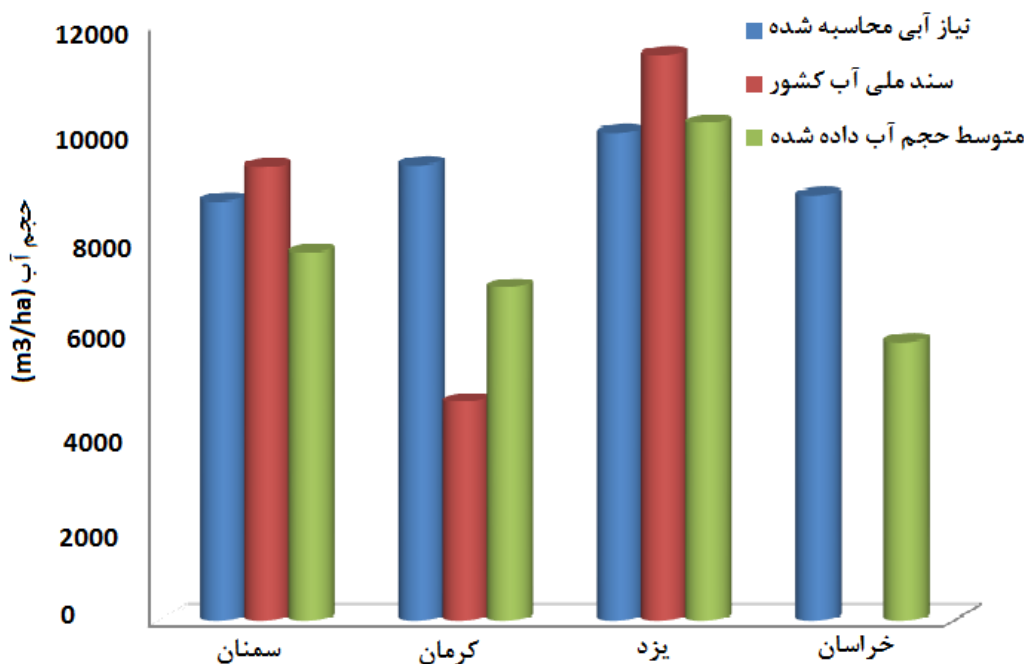
جدول ۹- تحلیل واریانس بهره‌وری آب پسته باغ‌های منتخب

منبع تغییرات	مجموع مربعات	درجه آزادی	میانگین مربعات	نسبت F	مقدار P
بین استان‌ها	۰/۲۹۵	۳	۰/۰۹۸	۱۱/۷۰	کمتر از یک درصد
درون استان‌ها	۰/۵۹۶	۷۱	۰/۰۰۸		
کل کشور	۰/۸۹۱	۷۴			

نیاز آبی پسته

برای محاسبه تبخیر و تعرق گیاه مرجع از داده‌های سازمان هواشناسی کشور در ده ساله‌ی اخیر (دوره آماری ۱۳۹۵-۱۳۸۶)، استفاده شد و با کمک نرم‌افزار ETO Calculator محاسبات انجام شد. نیاز خالص آبیاری، براساس تبخیر و تعرق گیاه مرجع و ضریب گیاهی پسته برای هر منطقه تعیین شد. در محاسبه نیاز خالص آبیاری، سطح خاک خیس شده در روش آبیاری سنتی (سطحی) ۱۰۰ درصد و در روش آبیاری قطره‌ای حداکثر ۶۷ درصد در نظر گرفته شد (علیزاده، ۱۳۸۵).

در محاسبه نیاز آبی درختان پسته بالای ۱۵ سال، حداقل ضریب گیاهی در طول دوره رشد ۰/۴۰ و حداکثر ۰/۶۰ در نظر گرفته شد. در ایران، ضریب گیاهی پسته از ۰/۴۰ تا ۰/۶۰ ملاک عمل قرار می‌گیرد (موزن‌پور کرمانی و همکاران، ۱۳۹۶). در محاسبه نیاز آبی در پژوهش حاضر نیز، ضریب گیاهی پسته براساس مقادیر ارائه شده در کتاب برآورد نیاز آبی گیاهان زراعی و باغی کشور در نظر گرفته شد (فرشی و همکاران، ۱۳۷۶). شکل ۴ مقایسه حجم آب کاربردی، نیاز آبی محاسبه شده براساس داده‌های هواشناسی ۱۰ ساله و سند ملی آب را نشان می‌دهد.



شکل ۴- مقایسه حجم آب کاربردی با نیاز خالص آبیاری و سند ملی (مترمکعب در هکتار)

آبیاری قطره‌ای (سطحی و زیرسطحی) یکی از راهکارهای رفع کم‌آبی از باغ‌های پسته و جبران بخشی از کم‌آبیاری‌های اجباری است. کاهش منابع آب (خصوصاً منابع آب زیرزمینی) و عدم تناسب مساحت باغ‌ها با منابع آب موجود نیز عاملی است که حذف بخش‌هایی از باغ‌های پسته در کشور را موجب خواهد شد.

بهره‌وری آب پسته در سطح کشور کم و تفاوت نسبتاً زیادی با متوسط بهره‌وری در بین کشورهای تولیدکننده پسته دارد. براساس فرمول بهره‌وری، آنچه باعث کم شدن شاخص بهره‌وری است، کوچک بودن صورت کسر و یا بزرگ بودن مخرج کسر است. چنانچه راندمان آبیاری و نیاز آبی باغ‌های پسته نیز محاسبه و لحاظ گردد، مقدار نیاز آبیاری باغ‌های پسته (نیاز ناخالص) خیلی بیشتر از حجم آب کاربردی فعلی خواهد شد. بنابراین، می‌توان گفت که در رابطه

نتیجه‌گیری و پیشنهادها

نتایج این پژوهش نشان داد که حجم آب کاربردی در اغلب باغ‌های پسته کشور کمتر از نیاز خالص آبیاری (بدون در نظر گرفتن راندمان آبیاری) است. این موضوع نشان می‌دهد که کم‌آبیاری ناخواسته (اجباری) در باغ‌های پسته وجود دارد. به دلیل آنکه این کم‌آبیاری‌ها در سراسر فصل رشد اعم از مراحل حساس و غیر حساس به صورت یکنواخت اتفاق می‌افتد، به شدت بر عملکرد پسته تاثیر گذاشته و یکی از عوامل مهم، در ایجاد فاصله زیاد با متوسط عملکرد جهانی پسته، ناشی از همین مسئله است. از طرف دیگر با توجه به تک محصولی بودن باغ‌های پسته، امکان تامین و جابجایی آب از سایر محصولات به نفع پسته در مراحل حساس رشد نیز وجود ندارد. بنابراین تبدیل سامانه‌های آبیاری سنتی (سطحی) به سامانه‌های

منابع

- بهره‌وری آب پسته، مخرج کسر بزرگ نبوده و امکان کم کردن آن (در شرایط فعلی) تقریباً وجود ندارد. از طرف دیگر، کوچک بودن صورت کسر در فرمول بهره‌وری فیزیکی هم می‌تواند موجب کم شدن عدد بهره‌وری گردد. واقعیت آن است که متوسط عملکرد پسته در کشور با متوسط جهانی و با پتانسیل‌های موجود در کشور فاصله‌ی زیادی دارند. مهم‌ترین علل پایین بودن عملکرد باغ‌های پسته در کشور شامل: خرده مالکی، اختصاص اراضی نامرغوب و ضعیف به کشت پسته، ضعف در مدیریت باغ‌ها، کیفیت نامناسب آب، خشکسالی‌های پیاپی، افت شدید سطح آب‌های زیرزمینی، تغییرات شدید اقلیمی، کیفیت نامناسب سموم و آفت‌کش‌ها، ضعف مکانیزاسیون در باغ‌های پسته، ارقام نامرغوب و تغذیه نامناسب باغ‌های پسته می‌باشند. بنابراین، افزایش عملکرد پسته در کشور با اصلاح و ارتقاء مدیریت زراعی و باغی، انجام برنامه‌های آموزشی، ارتقاء مدیریت مصرف آب، آموزش بهره‌برداری صحیح از سامانه‌های آبیاری تحت فشار، تغذیه درست و مناسب باغ‌ها، رعایت اصول و نکات فنی در احداث باغ‌ها، استفاده از نظرات کارشناسان و خبرگان و کاربرد نتایج تحقیقاتی در مورد پسته به سهولت امکان پذیر است.
- در این پژوهش، متوسط حجم آب کاربردی در باغ‌های انتخابی چهار استان کشور (که سطح زیر کشت و تولید قابل توجهی دارند) تعیین شد. براساس نتایج به دست آمده از این پژوهش، کم‌آبیاری اجباری در باغ‌های پسته کاملاً مشهود است و کم‌آبیاری در باغ‌های پسته نقش اساسی در افت عملکرد دارد. اما علاوه بر کم‌آبیاری، عوامل دیگری نیز در پایین بودن عملکرد دخالت دارند که به‌طور مفصل در این گزارش به آن‌ها پرداخته شد. با توجه به کمبود آب و کاهش شدید منابع آبی از طرفی و اهمیت تولید پسته در کشور از طرف دیگر، ارتقاء مدیریت آبیاری در باغ‌های پسته ضروری است. برای مدیریت بهینه آبیاری در مزارع و باغ‌ها، همواره دو سوال مهم و اساسی مطرح و پاسخ درست به آن‌ها در افزایش راندمان آبیاری و مدیریت بهینه مصرف آب، نقش اساسی دارد. این دو سوال مهم، زمان و مدت آبیاری است. امروزه به دلیل پیشرفت‌های علمی و صنعتی و وجود ابزار و وسایل مختلف، دستیابی به جواب این دو سوال به راحتی امکان پذیر است. با توجه به اینکه سامانه‌های آبیاری تحت فشار در سطوح نسبتاً زیادی از باغ‌های پسته‌ی کشور انجام و در آینده نیز به سرعت در حال گسترش است و از طرفی در بین باغداران پسته، کشاورزان عمده‌مالک زیادی وجود دارند، بنابراین، تجهیز باغ‌های پسته به ابزار و وسایل اندازه‌گیری رطوبت خاک و یا سامانه‌های پایش رطوبت خاک می‌تواند در استفاده بهتر از آب و ارتقاء مدیریت آبیاری نقش اساسی داشته باشد. برای دستیابی به این مهم، هوشمندسازی سامانه‌های آبیاری تحت فشار در باغ‌های پسته پیشنهاد می‌گردد.
- ابطحی، ع.، و کریمیان، ن. ۱۳۷۳. واکنش نهال‌های دو وارپسته پسته در رابطه با مقادیر و انواع مختلف شوری خاک در شرایط گل‌خانه. کنگره علوم خاک ایران. ص ۱۴۹-۱۴۸.
- بی‌نام. ۱۳۹۵. آمارنامه کشاورزی (محصولات باغی) سال زراعی ۱۳۹۴. وزارت جهادکشاورزی، معاونت برنامه‌ریزی و اقتصادی، مرکز فناوری اطلاعات و ارتباطات.
- بی‌نام. ۱۳۹۶. آمارنامه کشاورزی (محصولات باغی) سال زراعی ۱۳۹۵. وزارت جهادکشاورزی، معاونت برنامه‌ریزی و اقتصادی، مرکز فناوری اطلاعات و ارتباطات.
- پاکروان، م.، مهربانی بشرآبادی، ح.، گیلانپور، ا. و اسماعیلی، ف. ۱۳۹۰. بررسی وضعیت صادراتی پسته ایران با رویکرد مزیت نسبی و نقشه ریزی تجاری. اقتصاد کشاورزی و توسعه، سال نوزدهم، شماره ۷۶.
- حسینی‌فرد، س.ج.، بصیرت، م.، صداقتی، ن. و اخیانی، ا. ۱۳۹۶. دستورالعمل فنی مدیریت تلفیقی حاصلخیزی خاک و تغذیه گیاهی درختان پسته. سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی. پژوهشکده پسته کشور.
- رحیمیان، م.ح. ۱۳۹۲. استفاده از الگوریتم توازن انرژی سطحی زمین (SEBAL) برای تخمین تبخیر و تعرق پسته. پایان نامه کارشناسی ارشد آبیاری و زهکشی، دانشگاه شهرکرد.
- سیدی، م.، و اسماعیل‌پور، ع. ۱۳۸۵. سال‌آوری در پسته و عوامل موثر در آن. موسسه تحقیقات پسته کشور. مرکز اطلاعات و مدارک علمی کشاورزی.
- عباسی، ف.، عباسی، ن. و توکلی، ع. ۱۳۹۶. بهره‌وری آب در بخش کشاورزی؛ چالش‌ها و چشم‌اندازها. نشریه آب و توسعه پایدار، جلد ۴، شماره ۱، ص. ۱۴۴-۱۴۱.
- عبداللهی عزت آبادی، م. ۱۳۸۷. نقش سیاست‌گذاری ناهماهنگ در توسعه ناپایدار کشت پسته با تأکید بر منابع آبی. مجله اقتصادکشاورزی و توسعه، ۱۶ (۶۳): ۱۳۷-۱۱۷.
- عبداللهی عزت آبادی، م.، محمدی محمد آبادی، ا.، صداقت، ر. سعیدی، م.، نیکویی، ر.، عسگری حسن آبادی، س.، و میرزایی، غ. ۱۳۹۳. بررسی نسبت بهینه اقتصادی آب به زمین در مناطق پسته‌کاری شهرستان‌های انار و رفسنجان. گزارش نهایی موسسه تحقیقات پسته کشور. ص ۴۲.
- علیزاده، ا. ۱۳۸۵. طراحی سیستم‌های آبیاری تحت فشار. جلد دوم. انتشارات دانشگاه امام رضا (ع).

پنجم، شماره ۸۹

یزدان‌پناه، ا. و جعفری طاهری، س. ۱۳۸۳. رقابت‌پذیری محصولات کشاورزی ایران در بازارهای جهانی (مطالعه موردی پسته). مجله علمی ترویجی بررسی‌های بازرگانی. مرداد و شهریور ماه، شماره ۷.

Doorenbos, J., and Pruitt, W.O. 1977. Guidelines for predicting crop water requirements. FAO Irrigation and Drainage Paper 24, FAO, Rome, 144 pp.

Ferguson, L., Beede, R.H., Freeman, M.W., Haviland, D.R., Holtz, B.A., and Kallsen, C.E. 2005. Pistachio production manual. Fruit and Nut Research and Information Center, University of California, Davis, USA.

Goldhamer, D.A. 2005. Tree water requirements and regulated deficit irrigation. Pistachio Production Manual. 4th Ed. Ferguson L. University of California, Davis.

Kanber, R.A., Yazar, S., and Ksal H.K. 1993. Irrigation response of pistachio (*Pistachio vera* L.) Irrig. Sci. 14: 7-14.

Sanden, B. 2016. Water Use of Pistachio and Salinity Effects, Crop Water Stress. Proceedings of Conference of CSU Fresno Center for Irrigation Technology, Fresno, USA. PP. 242- 243.

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

کوهی چله، ن. ۱۳۹۴. ارزیابی سیستم‌های زیرسطحی در باغ‌های پسته استان کرمان (منطقه سیرجان). گزارش پژوهشی. مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان کرمان. ۹۱ صفحه.

لایی، ق. ۱۳۹۷. چالش‌های مدیریت باغ‌های پسته در ایران. سومین همایش ملی علوم زیستی. اسفند ماه ۹۷. دامغان.

محمدی محمدآبادی، ا.، حسینی فرد، س.ج. و صداقتی، ن. ۱۳۸۷. اثرات تغییر سیستم آبیاری از روش سنتی (غرقابی) به زیرسطحی بر درختان بارور پسته در کرمان. علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی، ۱۲ (۴۳): ۴۵-۲۹.

مودن‌پور کرمانی، م.، محمدی محمد آبادی، ا.، بادیه نشین، ع. و نوری، ح. ۱۳۹۶. اندازه‌گیری تبخیر و تعرق و ضریب گیاهی پسته در منطقه رفسنجان. نشریه هواشناسی کشاورزی. جلد ۵. شماره ۲. ص ۵۵-۴۷.

مودن‌پور کرمانی، م. ۱۳۷۴. بررسی میزان مقاومت درختان پسته به خشکی و تعیین مناسب‌ترین دور و عمق آبیاری. گزارش نهایی طرح تحقیقاتی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، موسسه تحقیقات پسته رفسنجان.

میرزایی خلیل آبادی، ح. م. و چیدری، ا. ح. ۱۳۸۳. تعیین کارایی فنی و مقدار بهینه آب در تولید پسته (مطالعه موردی شهرستان رفسنجان). پژوهش و سازندگی. شماره ۶۲، بهار ۸۳. ص ۴۹-۴۳.

نظری، ع. ۱۳۹۲. پسته. ماهنامه داخلی انجمن پسته ایران، سال

Evaluation of Irrigation Water Application and Productivity of Pistachio in the main Producer Regions of Iran (Kerman, Khorasan Razavi, Yazd and Semnan Provinces)

S.H. Mousavi Fazl^{1*}, M.H. Rahimian^۲, N. Koohi^۳, H. Riahi^۴, M. Keramati^۵, F. abbasi^۶, J. Baghani^۷

Received: Oct.05, 2020

Accepted: Nov.11, 2020

Abstract

Pistachio production in Iran has a long history. Iran's pistachio quality is unique among the world's producing countries. Increasing water productivity for this strategic product is essential. The water consumed for pistachio in Iran has not been determined. In some parts of the country, researches have been carried out and quantities for pistachio irrigation water application are reported. In order to measure irrigation water application of pistachio under farmers conditions and compare it with water requirement and the national document, this research was conducted from October 2016 for one growing season in some gardens of Khorasan Razavi, Semnan, Kerman and Yazd provinces. In these provinces, 88 gardens were selected and in each of them, irrigation water application (without intervention in their irrigation program), yield, water productivity, and some other parameters were determined. The results showed that water consumption and water productivity in the studied provinces were significantly different. The yields of the gardens of the four provinces were close to each other. The average yield of pistachio, irrigation water application and water productivity were 1764 kg/ha, 8057 m³/ha and 0.26 kg/m³, respectively. The results showed that the amount of water application in all pistachio gardens were less than the net irrigation water requirement.

Keywords: Application efficiency, Irrigation requirement, Water productivity

1- Research Assistant, Agricultural Engineering Research Department, Agricultural and Natural Resources Research and Education Center of Semnan province (Shahrood), AREEO, Shahrood, Iran
2- Research Assistant, National Salinity Research Center, AREEO, Yazd, Iran
3 and 4- Research Assistant and Research Instructor, respectively, Agricultural Engineering Research Department, Agricultural and Natural Resources Research and Education Center of Kerman Province, AREEO, Kerman, Iran
5- Research Instructor, Agricultural Engineering Research Department, Agricultural and Natural Resources Research and Education Center of Khorasan Razavi province, AREEO, Mashhad, Iran
6 and 7- Research Professor and Research Assistant, respectively, Agricultural Engineering Research Institute. AREEO, Karaj, Iran
(* - Corresponding Author Email: HMousavifazl@yahoo.com)