

مقایسه تغییرات رشد و عملکرد محصول درختان بارور پسته در گذار از آبیاری سطحی به آبیاری قطره‌ای در ساوه

ناصر گنجی خرم دل^{۱*} و فاطمه کیخایی

استادیار، گروه مهندسی آب، دانشگاه اراک.

Naser.ganjikhorrandel@gmail.com

کارشناس ارشد آبیاری و زهکشی، مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان مرکزی.

Keykhaei_f@yahoo.com

چکیده

بیش از ۹۰ درصد باغات پسته ایران به روش سطحی آبیاری می‌شوند که با توجه به روند کاهش منابع آب تغییر یا بهسازی سیستم‌های آبیاری باغات ضروری است. تحقیق حاضر به منظور بررسی تاثیر تغییر سیستم آبیاری سطحی به آبیاری قطره‌ای بر درختان ۱۰ ساله بارور پسته (رقم احمد آقایی) طی سالهای ۱۳۹۲ و ۱۳۹۳ در منطقه خشکه رود زرنديه ساوه انجام شد. طرح به صورت بلوکهای کامل تصادفی در قالب فاکتوریل با دو تیمار روش آبیاری (آبیاری غرقابی و قطره‌ای) به عنوان فاکتور سطح اول و سالهای اجرای آزمایش به عنوان فاکتور سطح دوم در سه تکرار اجرا گردید. در طی آزمایش برخی صفات کمی و کیفی محصول پسته، رشد شاخه یکساله و کارایی مصرف آب اندازه‌گیری شد. نتایج نشان داد که تغییر سیستم آبیاری درختان بارور پسته از روش سطحی به قطره‌ای امکان پذیر می‌باشد. این تغییر روش آبیاری بر عملکرد خشک، تعداد دانه در انس، درصد پوکی، رشد شاخه یکساله، سطح برگ و وزن صد دانه پسته در سطح پنج درصد تاثیر معنی داری داشت. کاهش عملکرد و شاخص‌های کیفی محصول در روش آبیاری قطره‌ای نسبت به سطحی در سال اول آزمایش مشاهده گردید ولی در سال دوم، افزایش عملکرد و بهبود کیفیت پسته در روش آبیاری قطره‌ای نسبت به روش آبیاری سطحی نشان دهنده سازگاری درختان پسته نسبت به تغییر سیستم بود. میانگین دو ساله عملکرد خشک در روش آبیاری سطحی و قطره‌ای به ترتیب برابر ۷۳۹ و ۹۲۷ کیلوگرم در هکتار، میانگین آب مصرفی ۶۳۷۵ و ۴۱۱۰ متر مکعب در هکتار و میزان کارایی مصرف آب ۱۲۵ و ۱۹۰ گرم محصول خشک به ازای هر متر مکعب آب بدست آمد. پیشنهاد می‌گردد این قبیل آزمایش‌ها به دلیل سال آوری درختان پسته، چهار ساله اجرا گردد تا نتایج برای توصیه اعتبار بیشتری داشته باشد.

واژه‌های کلیدی: تغییر سیستم آبیاری، کارایی مصرف آب، صفات کمی و کیفی پسته.

۱- آدرس نویسنده مسئول: اراک، دانشکده کشاورزی، گروه مهندسی آب، دانشگاه اراک، کد پستی: ۸۳۴۹-۸-۳۸۱۵۶.

* دریافت: مرداد ۹۴ و پذیرش: آذر ۹۴

مقدمه

سطح زیر کشت پسته در ایران در حدود ۳۶۰ هزار هکتار می‌باشد که منطقه زرنندیه با بهره‌مندی بیش از ۷۵۰۰ هکتار باغ پسته و با میانگین تولید ۲/۲ تن در هکتار قطب بزرگ این محصول ارزشمند در استان مرکزی است (بارانی، ۱۳۹۱). متوسط عملکرد پسته در باغات کرمان ۱۲۰۰-۱۱۰۰ کیلوگرم در هکتار است و از طرف دیگر راندمان آب نیز در این باغات پایین می‌باشد (اسلامی و نقوی، ۱۳۹۰). آمار ۳۰ سال گذشته نشان می‌دهد که ناپایداری در بهره‌برداری از منابع آب‌های زیرزمینی به شدت وجود داشته به طوری که میزان افت آب‌های زیرزمینی در اغلب مناطق پسته‌کاری (استان کرمان) به طور میانگین یک متر در سال است. افزون بر این، کیفیت منابع آب‌های زیرزمینی نیز به شدت کاهش یافته و در بعضی موارد هدایت الکتریکی آب بیش از ۲۰ دسی‌زیمنس بر مترگزارش شده است. افت محسوس سطح آب‌های زیرزمینی دشت زرنندیه نیز به شدت بر کیفیت آب منابع آبی اثرگذار بوده و این امر در بسیاری موارد موجب پیشروی آب‌های شور، افزایش شوری و نیز فرونشست زمین شده است (محمدی، ۱۳۹۳). در سالهای اخیر سطح زیرکشت باغات پسته در منطقه زرنندیه بدلیل داشتن خاک و هوای مناسب کشت پسته رو به گسترش می‌باشد.

قابل ذکر است که میزان بارندگی سالانه منطقه حدود ۲۰۷ میلی‌متر می‌باشد که از متوسط بارندگی کشور (۲۵۰ میلی‌متر) نیز پائین‌تر می‌باشد (بی‌نام الف، ۱۳۸۹). باید در نظر داشت که اگر چه درخت پسته به خشکی و شوری مقاوم است اما برای تولید اقتصادی محصول نیاز به آبیاری کافی دارد، که میزان آن با توجه به اقلیم منطقه و نوع رقم پسته متفاوت است. تقریباً در اغلب باغ‌های پسته کشور آبیاری به صورت کرتی و یا جوی و پشته‌ای انجام می‌شود. مرور تحقیقات پسته در کرمان نشان داد که دور آبیاری به روش سطحی، در بهار و پاییز ۳۰-۴۰ روز و در تابستان ۲۵ روز توصیه می‌شود (شریعتی، ۱۳۷۵). نیاز آبی

گیاه پسته نیز بسته به سن آن از نهال تا درخت بارور بین ۳۵۰۰ تا ۹۰۰۰ مترمکعب در هکتار در سال متغیر می‌باشد (بی‌نام، ۱۳۸۹). نتایج تحقیقات میرزایی نشان داد که مقدار بهینه آب برای حداکثرسازی سود در باغات پسته ۷۷۹۳ مترمکعب در هکتار است در این تحقیق با استفاده از حداقل‌سازی هزینه، مقدار بهینه آب نیز مورد بررسی قرار گرفت و مشخص شد که چنانچه کشاورزان بر اساس حداقل‌سازی هزینه عمل کنند مقدار بهینه آب بطور متوسط برابر ۷۲۹۴ متر مکعب در هکتار می‌باشد، نظر به اینکه هم اکنون هر بهره‌بردار به طور متوسط ۹۱۰۴/۸ متر مکعب آب مصرف می‌کند. در صورتی که کشاورزان براساس حداقل‌سازی هزینه عمل نمایند، مقدار برداشت از منابع زیرزمینی آب به میزان ۱۸۱ میلیون متر مکعب کاهش می‌یابد (میرزایی و چیدری، ۱۳۸۳). آبیاری پس از برداشت محصول از مهر تا اواسط بهمن (۱۳۵ روز) در کرمان با بافت خاک لومی شنی و شوری آب سه دسی‌زیمنس بر متر ضروری نمی‌باشد، اما انجام یک نوبت آبیاری در اواسط آبان توصیه می‌شود که باعث افزایش عملکرد می‌گردد. در صورت نیاز خاک به آبیاری، آبان ماه بهترین زمان برای انجام این عملیات است (محمدی، ۱۳۸۳).

در تحقیقی با افزایش دور آبیاری از ۲۵ به ۴۵ روز در یک خاک شنی در منطقه کرمان، میانگین درصد پسته‌های زود خندان، ترک خورده نامنظم و پوک به ترتیب ۲/۰۳٪، ۲/۹۱٪ و ۴/۳۷٪ افزایش یافت (صداقتی و همکاران، ۱۳۸۴). در ترکیه، جهت بررسی اثر آبیاری درختان پسته بر سال‌آوری، دو تیمار آبیاری با دوره‌های ۲۰ و ۳۰ روزه را با تیمار شاهد بدون آبیاری (کشت دیم) مقایسه کردند. نتایج نشان داد که عملیات آبیاری نه تنها باعث افزایش محصول گردید بلکه تاثیر زیادی بر سال‌آوری محصول داشت به طوری که میانگین محصول تر در تیمار آبیاری ۲۰ روزه در دو سال کم محصول ۴۰۳۰ کیلوگرم و در تیمار بدون آبیاری این مقدار تنها ۱۷۳۰

منطقه مورد مطالعه

شهرستان زرنديه به عنوان شمالی ترین شهرستان استان مرکزی از مساحتی بالغ بر ۴۱۶۳ کیلومتر مربع با مرکزیت شهر مأمونیه واقع است. آب و هوای آن در قسمت های شرقی کویری و از غرب کوهستانی است و بدلیل داشتن خاک و هوای مناسب کشت پسته، می باشد. در این شهرستان از ابتدای اجرای طرح آبیاری تحت فشار تا کنون ۴۶۶ هکتار از باغات پسته از روش سنتی به سیستم آبیاری قطره ای مجهز شدند. محل اجرای طرح، بخش خشکه رود شهرستان زرنديه با موقعیت جغرافیایی ۳۹°۷۲'۰۰ طول شرقی و ۳۲°۳۴'۰۰ عرض شمالی می باشد. با توجه به این که منطقه زرنديه نسبت به مناطق دیگر پسته کاری از سابقه کشت کمتری برخوردار است. بالطبع تحقیقات مربوط به آبیاری پسته نیز کمتر می باشد لذا این تحقیق اجرا گردید.

مواد و روشها

تحقیق حاضر به منظور بررسی تاثیر تغییر سیستم آبیاری سطحی به آبیاری قطره ای بر درختان ۱۰ ساله بارور پسته (رقم احمد آقایی با پایه پیوندی پسته بادامی) طی سالهای ۱۳۹۲ و ۱۳۹۳ در منطقه خشکه رود زرنديه ساوه انجام شد. طرح به صورت بلوکهای کامل تصادفی در قالب فاکتوریل با دو تیمار روش آبیاری (آبیاری غرقابی و قطره ای) به عنوان فاکتور سطح اول و سالهای اجرای آزمایش به عنوان فاکتور سطح دوم در سه تکرار اجرا گردید. تعداد درختان پسته در هکتار ۱۱۱۱ و فواصل آنها ۱/۵ در ۶ متر بود. دو باغ پسته مجاور هم با مدیریت یکسان که هر یک در برگزیده درختان پسته کاملا همسن و یکنواخت از نظر اندازه، شادابی و شرایط ظاهری بودند، انتخاب گردیدند. در سال ۹۱ یک هکتار از ۲۰۰ هکتار باغ پسته ۱۰ ساله، رقم احمد آقایی با پایه پیوندی پسته بادامی زرنديه که با روش سطحی آبیاری می شد به سیستم آبیاری قطره ای تغییر یافته بود. در سیستم آبیاری قطره ای به هر ردیف درخت دو ردیف لترال

کیلوگرم در هکتار بود. در سه سال پر محصول نیز میانگین عملکرد تر در هکتار تیمارهای آبیاری ۲۰ روزه و شاهد به ترتیب ۵۷۱۰ و ۳۴۵۰ کیلوگرم بود (کانبور و همکاران، ۲۰۰۴). با توجه به کمبود منابع آبی کشور، تغییر یا بهسازی سیستم های آبیاری باغات ضروری است می باشد. نتایج تحقیقی نشان داد که تغییر روش آبیاری از روش کرتی به روش قطره ای در باغ انگور با قدمت بالای ۱۰ سال سبب کاهش شدید عملکرد میوه از ۱۰/۳ کیلوگرم در آبیاری کرتی به ۴/۸ کیلوگرم در هر درختچه، مقدار قند در خوشه به میزان ۶۷٪ کاهش یافت به طوریکه مقدار قند از ۱۹/۶٪ در روش سطحی به ۶/۴٪ در سیستم آبیاری قطره ای کاهش داشت. بنابراین تغییر روش آبیاری سطحی (کرتی) به سیستم تحت فشار قطره ای در تاکستانهای با قدمت ۱۰ سال به بالا توصیه نمی گردد (تقی پور و همکاران، ۱۳۸۴).

قاسمی نشان داد که نه تنها در اثر تغییر سیستم آبیاری در درختان مسن سبب در منطقه سمیرم استرسی خشکی وارد نشد بلکه با کاربرد روش های آبیاری تحت فشار مقدار آب مورد نیاز درختان در زمان مناسب و با کمترین مقدار تلفات در اختیار آنها قرار داده می شود و این امر موجب افزایش عملکرد و بهبود رشد و رویشی درختان نسبت به روش آبیاری سطحی شد (قاسمی زاده و سالمی، ۱۳۸۸). نتایج تحقیق، امکان تغییر سیستم آبیاری سنتی موجود و بهبود راندمان آبیاری در نخلیات شادگان نشان داد که سنتی بودن روش آبیاری در این اراضی و تلفات زیاد آب از انهار موجود از یک سو و سنگینی بافت خاک منطقه و پست بودن اراضی و عدم وجود زهکشی طبیعی مناسب از سوی دیگر علاوه بر هدر رفتن آب باعث باتلاقی شدن اراضی گردیده است (طرفی و همکاران، ۱۳۸۷). طبق نتایج تحقیقات فوق، محصولات مختلف در شرایط متفاوت واکنش های یکسانی را در برابر تغییر سیستم آبیاری از خود نشان نمی دهند. جهت بررسی تاثیر تغییر سیستم آبیاری بر عملکرد و کیفیت عملکرد درختان پسته تحقیق حاضر انجام گردید.

اختصاص داده شد. آبدهی قطره چکانها روی لترها دو لیتر در ساعت، فواصل آنها ۷۵ سانتی‌متر و تعداد چهار قطره چکان آب مورد نیاز هر درخت را تامین می‌نمود. سطح سایه‌انداز در زمان رشد نهایی درخت ۵۹ درصد در نظر گرفته شد. همچنین حداکثر تبخیر و تعرق روزانه ۴/۲ میلیمتر در روز و راندمان کل آبیاری (با احتساب آبشویی) ۷۶ درصد در نظر گرفته شده بود (بی نام ب، ۱۳۸۹). حجم آب مصرفی در هر دور آبیاری بوسیله کنتور حجمی که در خروجی سیستم فیلتراسیون نصب شده بود اندازه‌گیری گردید. در ابتدای آزمایش نمونه آب آبیاری (چاه داخل باغ) و نمونه خاک مرکب از باغ تهیه و جهت انجام آزمایشات مورد نظر به آزمایشگاه خاک و آب ارسال گردید. در باغ مورد مطالعه، کوددهی درختان پسته به روش کانال کود با کود حیوانی به مقدار ۴۰ تن در هکتار در سال ۸۸ انجام شده بود. سال ۹۲ در دهه اول خرداد (زمان تشکیل میوه در درخت) در سیستم آبیاری قطره‌ای همراه آبیاری، کود سولفات آمونیوم و سولفات پتاسیم به ترتیب ۲۰۰ و ۱۵۰ گرم برای هر درخت و کود هیومینا به میزان ۱۰ لیتر در طول دوره رشد در اختیار گیاه قرار گرفت. همچنین محلول پاشی عناصر مغذی در سه نوبت از خرداد تا شهریور ماه انجام شد. در سیستم آبیاری سطحی کودهای فوق بصورت سرک و قبل از آبیاری جهت تغذیه درختان استفاده گردید و برداشت پسته دهه اول مهر ماه انجام شد.

نتایج

تجزیه شیمیایی و فیزیکی آب و خاک محل آزمایش نشان داد که کیفیت آب با مقدارشوری ۲۵۴۰ میکرو موس بر سانتیمتر در محدوده متوسط و بافت خاک دو باغ مورد مطالعه لومی بوده و میزان آهک، (TNV)، اسیدیته خاک محدودیتی برای دستیابی به محصول بالا ایجاد نمی‌نماید.

نتایج سال اول آزمایش

شاخص‌های کمی و کیفی محصول

نتایج به دست آمده از اجرای این طرح نشان می‌دهد که در سال اول اجرا اثرات تغییر سیستم آبیاری بر عملکرد تر و خشک کل بر حسب تن در هکتار در بین تیمارهای مورد آزمایش تفاوت معنی‌داری در سطح پنج درصد از خود نشان داده است. جدول (۱) نشان می‌دهد که بیشترین عملکرد تر و خشک کل به ترتیب با میانگین عملکرد ۱/۰۸۵ و ۰/۴۴۴ تن در هکتار مربوط به تیمار روش آبیاری سطحی می‌باشد. با تغییر سیستم آبیاری سطحی به قطره‌ای عملکرد تر و خشک درخت تحت تاثیر قرار گرفت و بین دو تیمار روش آبیاری اختلاف معنی‌دار شد بطوریکه واکنش منفی درختان به تغییر سیستم، کاهش عملکرد شدید در درختانی که با روش قطره‌ای آبیاری می‌شدند را موجب گردید. البته پدیده سال‌آوری درختان نیز در این کاهش موثر بوده است. مقادیر عملکرد تر و خشک به ترتیب در آبیاری قطره‌ای برابر ۶۴۶ و ۲۱۷ گرم و مقادیر این فاکتورها در سیستم آبیاری سطحی ۹۰۵ و ۳۸۹ گرم بوده است.

تولید میوه‌های پوک یکی از مشکلات مهم پسته است که هر ساله سبب کاهش قابل توجه عملکرد و کیفیت عملکرد می‌گردد. این پدیده در زمان تشکیل و پرشدن میوه، به وقوع می‌پیوندد همچنین درصد پوکی نقش بسیار مهمی در میزان عملکرد نهایی دارد. بطور معمول در بهترین شرایط تولید پسته در دنیا، حدود ۱۰ الی ۱۵ درصد از دانه‌ها پوک هستند. علاوه بر مواردی نظیر مشکلات گرده‌افشانی، تغذیه‌ای، هورمونی، تنشهای محیطی نیز بر میزان پوکی پسته اثر گذارند بطوریکه تنش خشکی، شوری و دوره‌های آبیاری طولانی مدت سبب افزایش درصد پوکی محصول می‌گردند (حکم‌آبادی، ۱۳۹۲). طبق نتایج این تحقیق مشخص گردید درصد پوکی تحت تاثیر تغییر روش آبیاری قرار گرفته و اختلاف درصد پوکی در روش آبیاری قطره‌ای و سطحی در سطح

شاخص های رشد درخت

طول شاخه یک ساله، نشان دهنده میزان رشد درخت در هر سال می باشد. همچنین درختان پسته محصولشان را روی چوب یکساله بدون برگ تولید می کنند. رشد رویشی شاخه های یکساله تحت تاثیر تغییر سیستم آبیاری قرار گرفته و افزایش معنی داری را با احتمال ۹۵ درصد نشان داد بطوریکه میانگین رشد شاخه یکساله در روش قطره ای و سطحی بترتیب برابر ۲۱/۶ و ۱۲/۲۹ سانتیمتر اندازه گیری شد. تحلیل داده های مساحت برگ (سه برگچه) نشان داد که مساحت برگ ها با احتمال ۹۵ درصد تحت تاثیر روش آبیاری قرار گرفت و اختلاف معنی داری بین دو روش آبیاری قطره ای و سطحی در سال اول آزمایش مشاهده شد و درختانی که با روش سطحی آبیاری شدند دارای سطح برگ بیشتری بودند. ارزیابی ارجی واکنش گیاهان جوان زیتون را به تنش آبی و کاهش آبیاری بررسی و گزارش کردند که با کاهش آبیاری (افزایش تنش آبی) سطح برگ کاهش معنی داری نشان داد (ارزانی و ارجی، ۱۳۷۹).

کارایی مصرف آب

حجم آب مصرفی در طول دوره رشد با نصب کنتور حجمی در خروجی از سیستم فیلتراسیون در هر دور آبیاری در روش قطره ای بطور دقیق اندازه گیری و بر حسب مترمکعب در هکتار محاسبه گردید. همچنین در روش سطحی بر اساس دبی خروجی از منبع و مدت زمان آبیاری حجم آب آبیاری بدست آمد. حجم آبیاری در طول سال مجموع آب مصرفی گیاه از اردیبهشت تا اول مهر (دوره رشد)، حجم آبیاری در اسفند ماه و یک نوبت آبیاری غرقابی در اوایل آبان ماه در هر دو تیمار می باشد. برای محاسبه کارایی مصرف آب در دو سیستم آبیاری قطره ای و سطحی میانگین عملکرد در هکتار در هر دو سیستم محاسبه و سپس با استفاده از رابطه نسبت میزان عملکرد خشک پسته در هکتار به میزان آب آبیاری در

پنج درصد معنی دار گردید. روش آبیاری قطره ای با ۲۵ درصد دانه پوک، مقدار بیشتری را نسبت به روش آبیاری سطحی با ۱۸ درصد پوکی به خود اختصاص داد. تعداد دانه در انس عاملی موثر در کیفیت محصول می باشد و کم بودن تعداد دانه در انس، درشت بودن و بالابودن نسبت مغز به دانه را نشان می دهد. به عبارت دیگر این فاکتور نشانگر کیفیت ظاهری میوه می باشد. تحلیل نتایج، وجود اختلاف معنی داری را بین دو روش آبیاری در سطح پنج درصد نشان داد. وجود تفاوت در میانگین تیمارها با تعداد دانه در انس بیشتر در روش آبیاری قطره ای و مقدار کمتر در روش سطحی نشان از سبک بودن دانه ها در روش آبیاری قطره ای است. نتایج بررسی این پارامتر، بالا بودن درصد پوکی در روش قطره ای را به بیانی دیگر تایید می کند. یکی دیگر از خصوصیات کیفی پسته، خندان بودن آن می باشد که بر بازار پسندی آن تاثیر مستقیم دارد و آب مهمترین عاملی است که در خندانی موثر بوده و مهمترین زمان آبیاری برای خندان شدن مغزهای پسته، آب شهریور ماه یا آخرین آب قبل از رسیدن کامل محصول می باشد. در این تحقیق، تغییر روش آبیاری سطحی به قطره ای تاثیر زیادی بر این خصوصیت گذاشت و شدت خندانی را کاهش داد. به طوریکه با احتمال ۹۵ درصد می توان نتیجه گرفت که خندانی پسته با تغییر روش آبیاری به میزان ۴۰ درصد کاهش یافت. با اندازه گیری ۱۰۰ دانه پسته خشک شده در هر دو روش آبیاری و تحلیل داده ها با استفاده از آزمون آماری مشخص شد که مقادیر وزن صد دانه در دو تیمار آبیاری به احتمال ۹۵ درصد اختلاف معنی دار نداشتند ولی وزن صد دانه با میانگین ۹۶/۱۶ گرم در روش آبیاری سطحی مقدار بیشتری را نسبت به مقدار این پارامتر در روش آبیاری قطره ای با میانگین ۹۱ گرم دارا بود.

طول دوره در هکتار کارائی مصرف آب محاسبه گردید (جدول ۲).

جدول ۱- مقایسه میانگین صفات کمی و کیفی محصول پسته تحت تاثیر تیمارهای روش آبیاری در سال ۱۳۹۲

| سال | تیمار | محصول تر هر درخت (گرم) | محصول خشک هر درخت (گرم) | عملکرد تر (تن در هکتار) | عملکرد خشک (تن در هکتار) | درصد پوکی | تعداد دانه در یک انس |
|-----|----------------|------------------------|-------------------------|-------------------------|--------------------------|-----------|----------------------|
| ۹۲ | آبیاری قطره‌ای | ۶۴۶ b | ۲۱۷ b | ۰/۹۱۴b | ۰/۲۲۵ b | ۲۵ a | ۲۸/۸ a |
| | آبیاری سطحی | ۹۰۵ a | ۳۸۹ a | ۱/۰۸۵ a | ۰/۴۴۴ a | ۱۸/۱ b | ۲۷/۲ b |

ادامه جدول ۱- مقایسه میانگین صفات کمی و کیفی محصول پسته تحت تاثیر تیمارهای روش آبیاری در سال ۱۳۹۲

| سال | تیمار | سطح برگ (میلیمتر مربع) | طول شاخه یکساله (سانتیمتر) | درصد خندانی | وزن صد دانه (گرم) |
|-----|----------------|------------------------|----------------------------|-------------|-------------------|
| ۹۲ | آبیاری قطره‌ای | ۲۵۳۰ b | ۲۱/۶ b | ۴۸ b | ۹۱ a |
| | آبیاری سطحی | ۵۹۴۹ a | ۱۲/۳ a | ۶۸/۱ a | ۹۶/۱ a |

جدول ۲- مقدار آب مصرف شده در دو تیمار آزمایش در سال ۹۲

| تیمار | حجم آب آبیاری در طول دوره رشد (m ³) | حجم آب آبیاری در طول سال (m ³) | کارائی مصرف آب (WUE) |
|----------------|---|--|----------------------|
| آبیاری قطره‌ای | ۲۹۰۰ | ۵۴۰۰ | ۰/۰۸ |
| آبیاری سطحی | ۶۳۵۰ | ۱۰۰۰۰ | ۰/۰۷ |

نتایج سال دوم آزمایش

شاخص های کمی و کیفی محصول

تحلیل نتایج عملکرد محصول نشان داد که اثر تغییر سیستم روش آبیاری بر عملکرد تر و خشک محصول در سطح پنج درصد معنی دار می باشد و بیشترین عملکرد تر و خشک محصول در تیمار آبیاری قطره‌ای بترتیب به میزان ۲/۸۶ و ۱/۶۳ تن در هکتار مشاهده گردید (جدول ۳). نتایج بدست آمده با نتایج تحقیقات قاسمی زاده و سالمی (۱۳۸۸) همخوانی دارد و بهبود عملکرد در اثر آبیاری قطره‌ای را تایید نموده است. این به دلیل بهبود مدیریت آبیاری و افزایش حجم آبیاری قطره‌ای و همچنین افزایش کارائی مصرف آب در سیستم قطره‌ای نسبت سیستم سطحی در سال اول اجرای طرح می باشد، قابل ذکر است سال دوم اجرای طرح همزمان با سال بارآور درختان باغ بود. با مقایسه میانگین های عملکرد تر و خشک هر درخت در دو روش آبیاری سطحی و قطره‌ای مشخص گردید که عملکرد تر و خشک هر درخت تحت تاثیر روش آبیاری قرار گرفته و با احتمال ۹۵ درصد بین تیمارها تفاوت عملکرد وجود دارد عملکرد تر و

خشک هر درخت در روش آبیاری قطره‌ای بترتیب برابر با ۲۵۹۵ و ۱۴۶۹ گرم و در روش آبیاری سطحی برابر با ۲۲۵۰ و ۱۰۴۸ گرم بدست آمد. تغییر روش آبیاری در سطح احتمال پنج درصد اختلاف معنی داری را بر درصد پوکی نشان داد. نتایج مقایسه میانگین ها نشان داد که روش آبیاری قطره‌ای با میانگین ۲۴ درصد دانه پوک مقدار بیشتری را نسبت به آبیاری سطحی (هشت درصد) دارا بوده است. این نتیجه می تواند به دلیل عدم توسعه ریشه در زیر قطره چکان ها برای جذب آب کافی و نیز تعداد میوه بیشتر در درخت باشد که موجب کاهش اندازه دانه و افزایش دانه های پوک شده است. تغییر سیستم آبیاری درختان پسته از روش سطحی به قطره‌ای در سال دوم باعث افزایش تعداد دانه در انس گردیده است اما اثر روش آبیاری بر این پارامتر در سطح پنج درصد معنی دار نشد. تفاوت در میانگین تیمارها و تعداد دانه بیشتر در یک انس در روش آبیاری قطره‌ای، کوچکتر بودن دانه ها در این روش آبیاری را نشان می دهد. بر اساس نتایج جدول (۳) تعداد دانه در انس تیمار آبیاری قطره‌ای و سطحی به

قطره‌ای آبیاری شدند دارای سطح برگ ۳۴۱۴ میلی‌متر مربع و درختان تحت سیستم آبیاری سطحی میانگین سطح برگ ۳۰۴۶ میلی‌متر داشتند.

کارایی مصرف آب

کارایی مصرف آب در آبیاری قطره‌ای و سطحی در سال دوم اجرا، به ترتیب ۰/۳ و ۰/۱۸ بدست آمد (جدول ۴). با توجه به دو برابری کارایی مصرف آب در سیستم آبیاری قطره‌ای به نظر می‌رسد مدیریت صحیح آبیاری منجر به افزایش عملکرد و بهبود کیفیت عملکرد شده است. نتایج حاکی از این است که بدلیل ماهیت و خصوصیات فنی سیستم آبیاری قطره‌ای در کاهش مصرف آب، از واحد حجم آب، نسبت به آبیاری سطحی محصول بیشتری تولید شده است. لازم به ذکر است که یکی از موارد بسیار مهم در انتخاب سیستم آبیاری، استفاده بهینه از واحد حجم آب جهت تولید محصول می‌باشد.

ترتیب برابر ۲۶/۹ و ۲۵ می‌باشد. با اندازه‌گیری ۱۰۰ دانه پسته خشک شده در هر دو روش آبیاری و تحلیل داده‌ها با استفاده از آزمون آماری مشخص شد که مقادیر وزن صد دانه در دو تیمار آبیاری به احتمال ۹۵ درصد اختلاف معنی‌دار داشتند و وزن صد دانه در روش آبیاری سطحی با میانگین ۱۲۰ گرم، بیشتر از روش آبیاری قطره‌ای با میانگین ۸۶ گرم بوده است.

شاخص‌های رشد درخت

مقایسه میانگین‌ها نشان داد که رشد شاخه یکساله تیمارهای روش آبیاری در سطح پنج درصد اختلاف معنی‌داری ندارند و میانگین رشد سرشاخه‌ها در سال دوم در روش آبیاری قطره‌ای و سطحی به ترتیب برابر ۱۸/۱۹ و ۱۹/۹۹ سانتیمتر بدست آمد. مساحت برگ تحت تاثیر تغییر روش آبیاری قرارگرفت و اختلاف معنی‌داری بین مساحت برگ در دو روش آبیاری قطره‌ای و سطحی در سطح پنج درصد مشاهده شد. درختانی که با روش

جدول ۳- مقایسه میانگین صفات کمی و کیفی محصول پسته تحت تاثیر تیمارهای روش آبیاری و سال آزمایش

| سال | تیمار | محصول تر هر درخت (گرم) | محصول خشک هر درخت (گرم) | عملکرد تر (تن در هکتار) | عملکرد خشک (تن در هکتار) | درصد پوکی | تعداد دانه در یک انس |
|-----|----------------|------------------------|-------------------------|-------------------------|--------------------------|-----------|----------------------|
| ۹۳ | آبیاری قطره‌ای | ۲۵۹۵ a | ۱۴۶۹ a | ۲/۸۶ b | ۱/۶۳ a | ۲۴/۷ a | ۲۶/۹ a |
| | آبیاری سطحی | ۲۲۵۰ b | ۱۰۴۸ b | ۲/۳۸ a | ۱/۰۳۵ b | ۸/۲ b | ۲۵ a |

ادامه جدول ۳- مقایسه میانگین صفات کمی و کیفی محصول پسته تحت تاثیر تیمارهای روش آبیاری و سال آزمایش

| سال | تیمار | سطح برگ (میلی‌متر مربع) | طول شاخه یکساله (سانتیمتر) | درصد خندانی | وزن صد دانه (گرم) |
|-----|----------------|-------------------------|----------------------------|-------------|-------------------|
| ۹۳ | آبیاری قطره‌ای | ۳۴۱۴ b | ۱۸/۱۹ a | ۷۴ b | ۸۵/۹ b |
| | آبیاری سطحی | ۳۰۴۶ a | ۲۰ a | ۶۰/۱ a | ۱۲۰/۶ a |

جدول ۴- مقدار آب مصرف شده در دو تیمار آزمایش در سال ۹۳

| تیمار | حجم آب آبیاری در طول دوره رشد (m ³) | حجم آبیاری در طول سال (m ³) | کارایی مصرف آب (W.U.E) |
|----------------|---|---|------------------------|
| آبیاری قطره‌ای | ۵۳۲۰ | ۷۳۰۰ | ۰/۳ |
| آبیاری سطحی | ۶۵۰۰ | ۹۹۷۰ | ۰/۱۸ |

نتایج مرکب دو ساله

بر اساس نتایج دو سالانه تغییر سیستم آبیاری بر محصول تر کل، تفاوت معنی‌داری در سطح پنج درصد از خود نشان نداد اما عملکرد خشک کل تیمارهای مورد آزمایش سطح یک درصد تفاوت معنی‌داری داشت. به طوری که تیمار روش آبیاری سطحی بیشترین میانگین عملکرد خشک را به خود اختصاص داد. نتایج مرکب حاصل از بررسی اثر سال به عنوان فاکتور آزمایش نشان داد که این فاکتور تاثیر معنی‌داری در سطح یک درصد بر عملکرد تر و خشک (بر حسب تن در هکتار) داشت به عبارتی سال‌آوری پسته تاثیر معنی‌داری بر این فاکتور اعمال نموده است. جدول (۵) بیانگر آن است که اثر تیمار روش آبیاری و سال آزمایش بر عملکرد خشک هر درخت در سطح یک درصد معنی‌دار بود. در سال دوم آزمایش افزایش معنی‌داری در سطح احتمال ۹۹ درصد در هر دو تیمار روش آبیاری مشاهده شده است. همچنین نتایج بیانگر این موضوع می‌باشد که عملکرد تر هر درخت تحت تاثیر روش آبیاری قرار نگرفته اما سال آزمایش اثر معنی‌داری در سطح یک درصد بر این پارامتر داشته است، که ناشی از پدیده سال‌آوری در درختان پسته است.

نتایج نشان داد که تاثیر روش آبیاری و اثر سال بر تعداد دانه در یک انس در سطح پنج درصد معنی‌دار شده است، که به نظر می‌رسد با گذشت چند سال از تغییر سیستم سطحی به قطره‌ای و سازگاری درخت با سیستم آبیاری قطره‌ای اندازه دانه‌ها بزرگتر گردد. طبق نتایج جدول (۵) درصد خندانی پسته تحت تاثیر تغییر روش آبیاری قرار نگرفت هرچند میانگین دوساله این فاکتور در روش آبیاری سطحی (بامیانگین ۶۴/۱ درصد) مقدار بالاتری را نسبت به آبیاری قطره‌ای (با میانگین ۶۱/۳) به خود اختصاص داد و سال اجرای طرح با احتمال ۹۹ درصد بر درصد خندانی پسته در دو روش آبیاری اثر گذار بود بطوریکه در سال دوم اجرای طرح، درصد پسته-های خندان بیشتر از سال اول بودند. درصد دانه‌های پوک

در هر دو سال آزمایش در روش آبیاری قطره‌ای بیشتر بوده و نتایج تجزیه مرکب نیز نشان می‌دهد که با احتمال ۹۹ درصد روش آبیاری بر درصد پوکی تاثیر داشته است. همچنین اثر سال بر این پارامتر در سطح یک درصد معنی-دار شد. با توجه به نتایج حاصل در جدول (۵) طول شاخه‌های یکساله در اثر تغییر سیستم آبیاری از سطحی به قطره‌ای کاهش یافت و این کاهش اختلاف معنی‌داری در سطح یک درصد بین تیمارهای مورد مطالعه داشت. همچنین فاکتور سال نیز در سطح پنج درصد این پارامتر را تحت‌الشعاع قرار داد.

تحلیل داده‌های دو ساله شاخص سطح برگ نشان داد که مساحت برگ‌ها با احتمال ۹۹ درصد تحت تاثیر روش آبیاری قرار گرفتند و برگ درختانی که به روش سطحی آبیاری می‌شدند از رشد بیشتری برخوردار بودند. البته این نتیجه قابل پیش‌بینی بود، زیرا با توجه به کاهش مقدار آب و نیز حجم ریشه‌های موثر در جذب آب در روش قطره‌ای، درخت از رشد رویشی خود کاسته تا عناصر و آب را جهت تولید میوه ذخیره نماید. اثر سال نیز بر رشد برگها تاثیر معنی‌داری داشته و این اختلاف در سطح ۹۹ درصد معنی‌دار شد. تجزیه واریانس داده‌های دوساله آزمایش نشان داد که وزن صد دانه خشک پسته تحت تاثیر تیمار روش آبیاری قرار گرفت به طوریکه سیستم قطره‌ای در هر دو سال آزمایش از وزن صد دانه کمتری برخوردار بود.

همچنین سال اجرای آزمایش نیز بر وزن صد دانه تاثیر معنی‌دار در سطح یک درصد داشته و در سال دوم آزمایش بدلیل سال‌آوری درختان، این فاکتور در هر دو روش مقدار بالاتری را نسبت به سال اول به خود اختصاص داد. کارایی مصرف آب در دو روش آبیاری قطره‌ای و روش سطحی محاسبه گردید. نتایج نشان داد تیمار آبیاری قطره‌ای در مقایسه با روش سطحی در هر دو سال آزمایش بالاترین میزان محصول به ازای میزان آب مصرفی را به خود اختصاص داد.

جدول ۵- تجزیه مرکب دو ساله تاثیر روش آبیاری و سال بر عملکرد وصفات کمی و کیفی پسته

| میانگین مربعات | | | | | | |
|----------------|------------|------------------------|-----------------------|---------------------|---------------------|--------------------|
| منابع تغییرات | درجه آزادی | عملکرد تر هر | عملکرد خشک هر | عملکرد کل تر | عملکرد کل خشک | درصد پوکی |
| | | درخت | درخت | | | |
| سال | ۱ | ۲۷۱۱۱۲۶۹ ^{**} | ۹۱۲۰۲۵۰ ^{**} | ۲۶۲۷۶ ^{**} | ۹/۹۶ ^{**} | ۲۶۰ ^{**} |
| خطا | ۱۸ | ۱۷۳۵۴ | ۲۸۴۴ | ۶۷۲۵ | ۰/۰۱۱ | ۸/۲۱ |
| فاکتور آبیاری | ۱ | ۱۸۸۷۹ ^{ns} | ۱۵۴۰۰۸ ^{**} | ۰/۲۴۰ ^{ns} | ۰/۳۵۳ ^{**} | ۱۳۶۸ ^{**} |
| سال * آبیاری | ۱ | ۹۰۹۳۲۴ [*] | ۸۷۸۵۲۹ ^{**} | ۱/۰۶۳ [*] | ۱/۶۵ ^{**} | ۲۳۰ ^{**} |
| خطای آزمایش | ۱۸ | ۱۴۹۶۰۹ | ۸۳۵۱ | ۳/۵۷۹ | ۰/۰۱۲ | ۱۵۴/۷ |
| ضریب تغییرات | | ۲۴/۱۹ | ۱۱/۷ | ۲۴/۶۴ | ۱۳/۲۵ | ۱۵/۴۳ |

^{**}، ^{*} و ^{ns} به ترتیب معنی دار و سطوح احتمال ۱٪، ۵٪ و غیر معنی دار

ادامه جدول ۵- تجزیه مرکب دو ساله تاثیر روش آبیاری و سال بر عملکرد وصفات کمی و کیفی پسته

| میانگین مربعات | | | | | | |
|----------------|------------|--------------------|------------------------|-------------------|--------------------|--------------------|
| منابع تغییرات | درجه آزادی | تعداد دانه در انس | سطح برگ | طول شاخه یکساله | درصد خندانی | وزن صد دانه |
| سال | ۱ | ۴۲ ^{**} | ۱۰۱۷۶۷۷۴ ^{**} | ۴۶ [*] | ۸۷۴ ^{**} | ۹۳۴ ^{**} |
| خطا | ۱۸ | ۳/۹۱ | ۴۴۰۹۹۳ | ۷/۱۹ | ۸۵/۰۱ | ۹۰/۱ |
| فاکتور آبیاری | ۱ | ۳۰/۶۲ [*] | ۲۳۲۶۸۴۵۱ ^{**} | ۱۴۱ ^{**} | ۷۵ ^{ns} | ۳۹۷۰ ^{**} |
| سال * آبیاری | ۱ | ۰/۲۲۵ | ۳۵۸۳۴۲۲ ^{**} | ۳۰۸ ^{**} | ۳۰۱۰ ^{**} | ۲۱۸۳ ^{**} |
| خطای آزمایش | ۱۸ | ۴/۲۰ | ۴۶۲۷۵۰ | ۸ | ۴۸/۵۳ | ۱۲۱ |
| ضریب تغییرات | | ۷/۶ | ۱۸/۲۱ | ۱۶/۵۵ | ۱۱/۱۱ | ۱۱/۱۸ |

به ترتیب معنی دار و سطوح احتمال ۱٪، ۵٪ و غیر معنی دار

بحث و نتیجه گیری

با توجه به نتایج بدست آمده در این تحقیق با افزایش میزان آب مصرفی، میزان محصول و رشد رویشی درخت تواما افزایش می یابد. جایی که منحنی افزایش محصول در مقابل آب مصرفی از شیب صعودی تغییر جهت داده و به سمت نزولی رود نشان دهنده ماکزیمم آب مصرفی گیاه می باشد که در این نقطه بیشترین محصول را خواهیم داشت. در تحقیقی ۷۷۹۳ مترمکعب آب در هکتار، مقدار بهینه آب برای حداکثرسازی سود در باغات پسته کرمان بیان شد (میرزایی و چیدری، ۱۳۸۳). بر اساس نتایج بدست آمده در این نقطه عطف مورد نظر برابر و یا بیشتر از ۵۳۲۰ متر مکعب در روش آبیاری قطره ای و ۶۵۰۰ مترمکعب در روش آبیاری سطحی قرار دارد. در سالهای اولیه تغییر سیستم آبیاری سطحی به قطره ای، کاهش عملکرد، بدلیل عدم سازگاری ریشه قابل پیش بینی است. بطوریکه در سال اول اجرای طرح عملکرد خشک کل در روش قطره ای با مقدار ۰/۲۲۵ تن

در هکتار تقریباً نصف مقدار بدست آمده در روش آبیاری سطحی با عملکرد ۰/۴۴ تن در هکتار بود. این نکته در خصوص درختان بارده نظیر سیب نیز توسط قاسمی زاده در سال ۱۳۸۸ به اثبات رسیده است. تقی پور و نادری (۱۳۸۴) نیز کاهش ۵۳ درصدی عملکرد انگور را با تغییر سیستم آبیاری سطحی به قطره ای در سال اول اجرا گزارش نمود. درصد پوکی، تعداد دانه در انس و درصد خندانی تحت تاثیر کم آبی در سال اول آزمایش قرار گرفت اما با بهبود وضعیت مدیریت آبیاری در سال دوم، سیستم آبیاری قطره ای توانست بدلیل سهولت دسترسی رطوبت در منطقه ریشه کاهش سال اول را جبران نماید که انتظار می رود در سال های آتی ادامه داشته باشد. کاهش میوه های پوک با جلوگیری از تنش های آبی در زمان رشد و نمو میوه و جنین گزارش شده است (حکم آبادی، ۱۳۹۲). افزایش عملکرد محصول و نیز بهبود کیفیت پسته در روش آبیاری قطره ای نسبت به آبیاری سطحی در سال دوم اجرا نمایانگر سازگاری درختان با سیستم قطره ای

سیستم قرار گیرد بلکه بهینه‌سازی مصرف آب اولویت دارد. روشهای نوین آبیاری نسبت به روشهای سطحی در صورت طراحی و اجرای صحیح همواره دارای راندمان بالاتری بوده‌اند. نتایج این تحقیق نشان داد که روش آبیاری قطره‌ای در هر دو سال آزمایش میزان کارایی مصرف آب بالاتری را به خود اختصاص داد اما مدیریت آبیاری در سال دوم و نیز سال آوری پسته موجب گردید که علاوه بر افزایش معنی‌دار کارایی مصرف آب عملکرد محصول نیز افزایش معنی‌دار داشته باشد نتایج محققان دیگر نیز این نتیجه را تایید می‌نماید (صالحی و موذن پور، ۱۳۷۴). با توجه به اینکه سال آوری پسته موجب می‌گردد تا مقایسه دو روش آبیاری در هر سال بصورت جداگانه مورد بررسی و تحلیل قرار گیرد. پیشنهاد می‌شود تا طرحهای تحقیقاتی پسته در زمینه آبیاری، بصورت چهار ساله اجرا گردد تا امکان مقایسه عملکرد و صفات مورد نظر در دو سال بارده و دو سال کم بارده وجود داشته باشد و نتایج برای توصیه، اعتبار بیشتری داشته باشد.

می‌باشد بطوریکه عملکرد خشک کل در سال دوم در دو روش آبیاری قطره‌ای و سطحی بترتیب برابر ۱/۶۳ و ۱/۰۳۵ تن در هکتار بدست آمد. معنی‌دار بودن اثر سال در اکثر پارامترهای مورد بررسی تاییدی بر سال آوری درخت پسته می‌باشد. با توجه به اینکه تنش خشکی، سال آوری را شدت می‌بخشد در سال اول اجرا کاهش شدید عملکرد محصول در روش آبیاری قطره‌ای نسبت به سطحی و متعاقباً افزایش عملکرد قطره‌ای نسبت به سطحی در سال دوم تاییدی بر کاهش تنش خشکی و بهبود مدیریت آبیاری و نیز سازگاری بیشتر درختان پسته با سیستم آبیاری قطره‌ای می‌باشد. واضح است که اصلاح، بهینه‌سازی و یا تغییر سیستم آبیاری سطحی، به منظور کاهش اثرات تنش‌های خشکی بر درختان پسته و استفاده بهینه از منابع آبی بسیار ضروری است. در تحقیقی افزایش عملکرد و کارایی مصرف آب در درختان پسته با بهبود روش سطحی نیز گزارش شده است (صدافتی، ۱۳۹۰). اما باید اذعان نمود در شرایط کنونی که منابع آبی در حد بحران قرار دارد تنها عملکرد بیشتر نبایست ملاک انتخاب

فهرست منابع

۱. ارزانی، ک و ارجی، ع. ۱۳۷۹. واکنش گیاهان جوان زیتون رقم روغنی محلی رودبار به تنش آب و کاهش آب آبیاری. مجله نهال و بذر. جلد ۱۶. ص: ۹۹-۱۰۹.
۲. اسلامی، ا و نقوی، ه. ۱۳۹۰. بررسی امکان استفاده از آب با کیفیت نامتعارف در سیستم قطره ای زیر سطحی در کانال کود باغات پسته. گزارش پژوهشی موسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی. ۴۰ ص.
۳. بارانی، م. ۱۳۹۱. زرنديه منطقه ای بکر برای تولید پسته. هفته نامه سراسری صبح امید. سال چهارم شماره ۱۵۸. ۱۲ ص.
۴. بی نام، الف. ۱۳۸۹. طرح الگویی آبیاری قطره ای پسته. شرکت بنیز تجهیز به سفارش سازمان جهاد کشاورزی استان مرکزی. ۷۲ص.
۵. بی نام، ب. ۱۳۸۹. دستورالعمل احداث باغ پسته در مناطق مختلف ایران. سازمان تحقیقات و آموزش کشاورزی. موسسه تحقیقات پسته کشور. معاونت تولیدات گیاهی دفتر امور میوه ها. ۱۱ص.
۶. تقی پور، ف و نادری، ن. ۱۳۸۴. تعیین تاثیر پتاسیم و مقدار آب آبیاری به روش قطره ای در کمیت و کیفیت میوه انگور. چهارمین کنفرانس علوم باغبانی. تهران. ۱۰ ص.
۷. حکم آبادی، ح. ۱۳۹۲. بررسی برخی عوامل موثر در پوکی میوه پسته. ماهنامه تخصصی پسته. سال پنجم. تیرماه ۹۲. شماره ۸۹. ۳۴ ص.

۸. شریعتی، م. ۱۳۷۵. مروری بر تحقیقات پسته در مرکز تحقیقات کشاورزی کرمان. چکیده مقالات سمینار بررسی مسائل پسته. کرمان. دانشگاه شهید باهنر کرمان ۸۲. ۱۵ ص.
 ۹. صداقتی، ن. تاج آبادی پور، علی پور، ح. ۱۳۸۴. بررسی اثر زمانهای مختلف آبیاری بر روی زود خندانی پسته. گزارش پژوهشی موسسه تحقیقات پسته کشور.
 ۱۰. صداقتی، ن. ۱۳۹۰. بررسی امکان آبیاری یک در میان نوارهای آبیاری جهت کاهش دور آبیاری در باغ های پسته. گزارش پژوهشی موسسه تحقیقات پسته کشور. ۲۲ ص.
 ۱۱. طرفی، ک. محجوبی، آ و سیاحی، م. ۱۳۸۷. بررسی امکان تغییر سیستم آبیاری سنتی موجود و بهبود راندمان راهکارهای مدیریت آن. دومین همایش ملی مدیریت شبکه های آبیاری و زهکشی. اهواز. دانشگاه چمران. ۸ ص.
 ۱۲. قاسمی زاده، ا و سالمی، ح. ۱۳۸۸. تغییر روش آبیاری سطحی به قطره ای درختان مسن میوه سیب الگویی مناسب برای مقابله و با خشکسالی و بحران کم آبی. دومین همایش ملی اثرات خشکسالی و راهکارهای مدیریت آن. اهواز. دانشگاه چمران. ۵ ص.
 ۱۳. محمدی محمد آبادی، ا. حسینی فرد، س. ج و صداقتی، ن. ۱۳۸۷. اثرات تغییر سیستم آبیاری از روش سنتی (غرقابی) به زیر سطحی بر درختان بارور پسته در کرمان. مجله علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی. سال دوازدهم. ش: ۴۳. بهار ۱۳۸۷. ص: ۴۵-۲۹.
 ۱۴. محمدی، ج. ۱۳۹۳. کاهش دو متری سطح آبهای زیرزمینی زرنندیه نگران کننده است. خبرگزاری جمهوری اسلامی. کد خبر: ۸۱۳۱۸۶۳۸.
 ۱۵. محمدی، ا. ۱۳۸۳. کاهش دفعات آبیاری درختان پسته در دوران خواب گیاه و تعیین تاثیرات آن. گزارش پژوهشی موسسه تحقیقات پسته کشور. ۲۱ ص.
 ۱۶. صمدی شهر بابک، ح. ۱۳۷۲. تعیین حساسیت درختان پسته به کاهش دفعات آبیاری در طول فصل زراعی. گزارش پژوهشی موسسه تحقیقات خاک و آب.
 ۱۷. میرزایی خلیل آبادی، ح. م و چیدری، ا. ح. ۱۳۸۳. تعیین کارائی فنی و مقدار بهینه آب در تولید پسته (مطالعه موردی شهرستان رفسنجان). پژوهش و سازندگی. شماره ۶۲. بهار ۸۳. ۷ صفحه ۴۳-۴۹.
18. Kanber, R, A. Yazar, S. Order and H. Koksals. 2004. Irrigation response of pistachio. Journal of Irrigation Science. pages 7-14.