نشریه علوم آب و خاک
سال بیست و هفتم / شماره دوم / تابستان ۱۴۰۲ / مقاله علمی- پژوهشی: صفحات ۱۷۹ تا ۱۹۳

اثر آرایش لوله‌های هادی آبیاری قطره‌ای زیرسطحی اصلاح‌شده بر جذب پتاسیم و بهبود عملکرد پسته در دامغان

علیرضا توکلی[1*] و مجید بصیرت[2]

(تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۶/۱۹ ؛ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۱۱/۹)

چکیده

به‌منظور افزایش شاخص بهره‌وری آب، افزایش کارآیی مصرف کودهای پتاسیمی و تعیین اثرات آن بر رشد و عملکرد پسته، این پژوهش در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی و به صورت پلات‌های خردشده در سه تکرار و به مدت سه سال (۹۵-۱۳۹۲) اجرا شد. مقادیرمختلف مصرف کود پتاسیم از منبع سولفات پتاسیم محلول در سه سطح به‌عنوان کرت اصلی و آرایش لوله‌های هادی آبیاری قطره‌ای اصلاح شده مطبق در هفت سطح به‌عنوان کرت فرعی بود. تیمارهای مصرف کود شامل سه سطح مصرف کود سولفات پتاسیم محلول بصورت کود آبیاری (Fertigation) شامل: ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ درصد نیاز غذایی گیاه و تیمارهای آرایش لوله‌های هادی آبیاری قطره‌ای اصلاح شده مطبق (عمق قرارگیری قطره‌چکان نسبت به سطح زمین) شامل ۴۰-۴۰-۴۰-۴۰، ۴۰-۵۰-۴۰-۵۰، ۴۰-۶۰-۴۰-۶۰، ۴۰-۵۰-۴۰-۶۰، ۴۰-۵۰-۴۰-۷۰ و ۴۰-۵۰-۴۰-۸۰ همراه با تیمار ستون شن به طول ۴۰ سانتی‌متر (شاهد) بوده است. میزان رشد سالانه و نیز میزان عملکرد پسته در تیمارهای مختلف و میزان مصرف آب، اندازه‌گیری و داده‌های عملکرد و بهره‌وری آب در عملکرد و بهره‌وری آب در رشد تیمارها مورد تجزیه و تحلیل آماری قرار گرفت. نتایج نشان داد که وقتی کود سولفات پتاسیم و آب آبیاری در ناحیه ریشه در اختیار پسته قرار می‌گیرد، بهترین کارآیی را داشته و نسبت به شرایط ستون شن، برتری و مزیت دارد. مطلوب‌ترین وضعیت از منظر میزان عملکرد و میزان رشد مربوط به کاربرد ۱۰۰ درصد کود سولفات پتاسیم محلول و آرایش ۴۰-۴۰-۵۰-۷۰ و ۴۰-۴۰-۵۰-۸۰ است. تیمارهای دارای لوله‌های هادی مطبق ضمن توزیع مطلوب آب و کود محلول، سبب بهبود بهره‌وری آب و رسیدن به دامنه ۰/۶۴-۰/۵۴ کیلوگرم بر متر مکعب از طریق کاهش مصارف غیرمفید شده است و با توجه به اینکه این شیوه آبیاری، محدودیت‌های مربوط به آبیاری قطره‌ای زیرسطحی مانند تجمع ریشه و نفوذ ریشه به داخل منافذ قطره‌چکان و نیز تجمع املاح را ندارد، می‌تواند مورد توجه قرار گیرد.

واژه‌های کلیدی: بهره‌وری آب، ستون شن، کود پتاسیم، لوله‌های هادی

۱. مؤسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، سازمان تحقیقات، آموزش وترویج کشاورزی، کرج، ایران.
۲. مؤسسه تحقیقات خاک و آب، سازمان تحقیقات، آموزش وترویج کشاورزی، کرج، ایران.
*: مسئول مکاتبات: پست الکترونیکی: ar.tavakoli@areeo.ac.ir

مقدمه

در کل کشور حدود ۵۱۹ هزار هکتار باغ پسته شامل حدود ۴۰۶ هزار هکتار باغ پسته بارور و حدود ۱۱۲ هزار هکتار باغ غیربارور وجود دارد (۷). در سال ۱۳۹۸ میزان تولید پسته ایران حدود ۳۳۷ هزار تن بوده است (۷). افزون بر ۹۰ درصد این سطوح در هشت استان کرمان، خراسان رضوی، یزد، فارس، سمنان، مرکزی، قم و خراسان جنوبی واقع شده است (۷).

باغات بارور پسته در منطقه دامغان حدود ۱۴ هزار هکتار است. پسته درختی است با ریشه‌های عمیق که نسبت به درختان دیگر مانند سیب ریشه فعال سطحی کمتری دارد و ریشه‌ها در عمق بیشتر از خاک فعال هستند تا بتوانند درخت را در شرایط کم‌آبی متحمل نگه دارند. عمیق‌تر شدن ریشه‌ها موجب می‌شود که در سیستم آبیاری قطره‌ای که کود همراه با آب وارد خاک می‌شود نفوذ عمقی کمتری داشته باشد، چرا که به مرور جذب سطحی رس‌ها شده و از فاز محلول خاک جدا می‌شود (۲۴). پتاسیم یک عنصر مهم برای رشد گیاه است و تأثیر زیادی بر جذب عناصر غذایی، فتوسنتز، انتقال قندها، تورژسانس سلول‌های گیاهی و عملکرد دارد (۲۴)، تقاضا و جذب سالانه پتاسیم از خاک توسط پسته بالا است. مقدار پتاسیم در خاک‌های مختلف، متفاوت است. ذرات رس موجود در خاک، پتاسیم را جذب کرده و نگه‌داری می‌کنند، به همین علت میزان این عنصر در محلول خاک بسیار پایین است. بنابراین، آن قسمت از کل پتاسیم موجود در خاک که به صورت قابل تبادل یا قابل استفاده درخت باشد، ناچیز است (۲۴).

حرکت پتاسیم در خاک مانند کودهای نیتروژنه، سریع نیست و به‌دلیل جذب سطحی پتاسیم بر روی کانی‌های رس، انتشار کمی دارد. از آنجایی که تیپ خاک‌های تحت کشت پسته در دامغان، رسی با بافت سنگین است، لذا احتمال جذب سطحی پتاسیم در این خاک‌ها بالا بوده و کارایی مصرف این کود را در سیستم آبیاری قطره‌ای کاهش می‌دهد (۱۵).

پتاسیم محلول، پتاسیمی است که در محلول خاک به فرم یونی موجود بوده و تنها فرم عمده قابل جذب برای گیاهان است. حرکت پتاسیم در خاک در اثر پخشیدگی یا حرکت توده‌ای است. پتاسیم موجود در محلول خاک با پتاسیم تبادلی در حال تعادل بوده و تمایز آن از این بخش دشوار است. در اغلب خاک‌ها پتاسیم تبادلی در مدت یک ساعت با محلول خاک به تعادل می‌رسد و در برخی خاک‌ها این نوع تعادل تقریباً آنی است (۱۵). از بین دو فرایند جریان توده‌ای و انتقال به صورت پخشیدگی حدود ۷۵ درصد از حرکت پتاسیم در خاک به صورت انتشار پتاسیم در اثر شیب غلظت است و حرکت پتاسیم به صورت توده‌ای در اثر شیب رطوبتی خاک بخش کوچکی از حرکت پتاسیم در خاک را تشکیل می‌دهد بنابراین، حرکت پتاسیم در خاک مانند نیتروژن نیست و دچار اختلال می‌شود. هر چقدر خاک سبک‌تر باشد، اگرچه ظرفیت تبادل کاتیونی خاک کاهش می‌یابد اما حرکت عناصر با آب تسهیل می‌شود و بالعکس (۱۳). هنگامی که در یک خاک، ظرفیت بافری جذب پتاسیم بالا باشد، بر قرارشدن شیب غلظت بین ناحیه جذب ریشه و بقیه خاک کندتر می‌شود و حرکت پتاسیم با اختلال مواجه می‌شود. هر چه غلظت پتاسیم در محلول خاک بالاتر باشد، سهمی از پتاسیم که توسط جریان توده‌ای محلول خاک به محیط ریشه منتقل می‌شود بیشتر خواهد بود (۱۴).

در پژوهشی اثرات کودهای پر مصرف (N-P-K) با روش‌های مختلف کوددهی سنتی و کودآبیاری بررسی و نتایج نشان داد روش کودآبیاری نه تنها باعث افزایش کارآیی کودهای ازته و پتاسیمی و افزایش عملکرد می‌شود، بلکه باعث بهبود فرایند حرکت پتاسیم در خاک و پراکنش مناسب‌تر آن در محیط ریشه نیز می‌شود (۶).

نیاز آبی درختان پسته، بسته به شرایط آب و هوایی و شوری آب مناطق مختلف پسته‌کاری کشور، در روش‌های آبیاری موضعی بابلر، قطره‌ای سطحی و زیرسطحی، به‌ترتیب در حدود، ۷۰-۶۰، ۶۰-۵۰ و ۵۰-۴۰ درصد نیاز آبی در روش آبیاری سطحی است، نیاز آبی درختان بارور پسته در هشت ماه فصل رشد (از فروردین تا آبان)، در مناطق مختلف پسته‌کاری کشور حدود ۷۵۰-۷۰۰ میلی‌متر است (۸).

آبیاری قطره‌ای زیرسطحی هر چند که توانسته از تلفات تبخیر جلوگیری کند، موجب کنترل رشد علف‌های هرز شود و پیاز رطوبتی را در خاک از حالت نیم‌کره به حالت کروی اصلاح کند و آب را در لایه‌های زیرین در اختیار گیاه قرار دهد، اما هنوز با مشکلاتی مواجه است و آن هم مربوط به عمق قرارگیری قطره‌چکان‌ها در خاک و تماس قطره‌چکان‌ها با خاک است. بنابراین، بایستی تمهیداتی اتخاذ کرد که ضمن رفع این مشکل، قادر به هدایت آب به هر عمقی از منطقه توسعه ریشه باشد. در تکامل این فرایند، آبیاری قطره‌ای زیرسطحی مطبق اصلاح شده (۱) با تعبیه لوله‌های هادی با طول‌های مختلف، آب از قطره‌چکان به هر عمقی خواهد رسید و در یک فضای شنی، امکان بازتوزیع آن را فراهم می‌سازد. در این روش ضمن اینکه امکان مدیریت مصرف آب وجود دارد و تلفات تبخیر و مصارف غیرمفید وجود نخواهد داشت، کنترل کارکرد قطره‌چکان‌ها نیز میسر می‌شود و با توجه به اینکه فقط یک بار هزینه آماده‌سازی و جای‌گذاری لوله‌های پلی‌اتیلن وجود دارد، بنابراین از نظر اقتصادی و شاخص‌های بهره‌وری آب توجیه‌پذیر خواهد بود.

عمق جایگذاری مناسب و دقیق لوله‌های آبده و قطره‌چکان‌ها و مدیریت صحیح بهره‌برداری و نگه‌داری پس از اجرای سیستم آبیاری قطره‌ای زیرسطحی، می‌تواند بیشترین کارایی و کارآمدی را در پی داشته باشد. هنگامی که آبیاری قطره‌ای زیرسطحی همراه با اصول مدیریت بهره‌برداری و نگه‌داری آبیاری باشد، مصرف صحیح آب و کود در منطقه ریشه، میسر می‌شود. این اقدام، آبشویی آب و املاح (مواد مغذی) را از زیر منطقه ریشه به حداقل رسانده و یا حتی حذف کند، ضمن اینکه در این شرایط، میزان مصرف کود، متعادل و متناسب با نیاز خواهد شد. البته اگرچه حذف تلفات املاح کودی مطلوبیت دارد، اما حذف آبشویی آب آبیاری ممکن است مخاطراتی را از منظر تجمع املاح و بروز تنش شوری ایجاد نماید. یکی از کاربردهای سیستم آبیاری قطره‌ای زیرسطحی، استفاده از آن برای منابع آب نامتعارف (پساب) است.

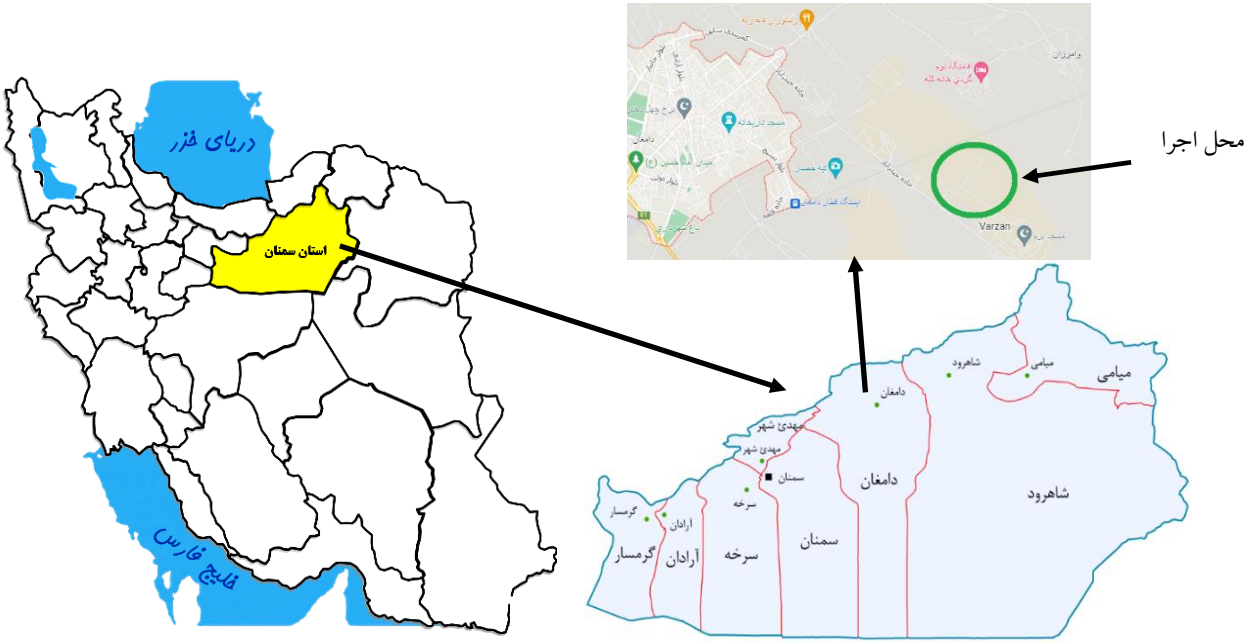
نتایج حاصل از تغییر سیستم آبیاری از روش سطحی به زیرزمینی بر روی درختان بارور پسته نشان داد که می‌توان با کاربرد آب به میزان ۴۰ و ۶۰ درصد تبخیر از تشتک کلاس A (حجم آبیاری حدود ۴۷۰۰ و ۷۱۰۰ مترمکعب در هکتار) به عملکرد مناسب کمّی و کیفی محصول پسته دست یافت (۱۶ و ۱۷). بر اساس نتایج به‌دست آمده، آبیاری قطره‌ای زیرسطحی با عمق نصب ۳۰ سانتی‌متر و میزان آب ۶۰ درصد نیاز آبی در روش آبیاری غرقابی، با ۴۰ درصد صرفه‌جویی در مصرف آب نسبت به روش آبیاری غرقابی رایج در منطقه، بهترین تیمار شناخته شده و قابل توصیه است (۲۳).

اصلاح شرایط برای هدایت آب به بخش‌های زیرین ریشه، تعیین و معرفی مناسب‌ترین ترکیب میزان (مقدار) کود پتاس و آرایش لوله‌های هادی آبیاری قطره‌ای اصلاح شده از اهداف این پژوهش بوده است.

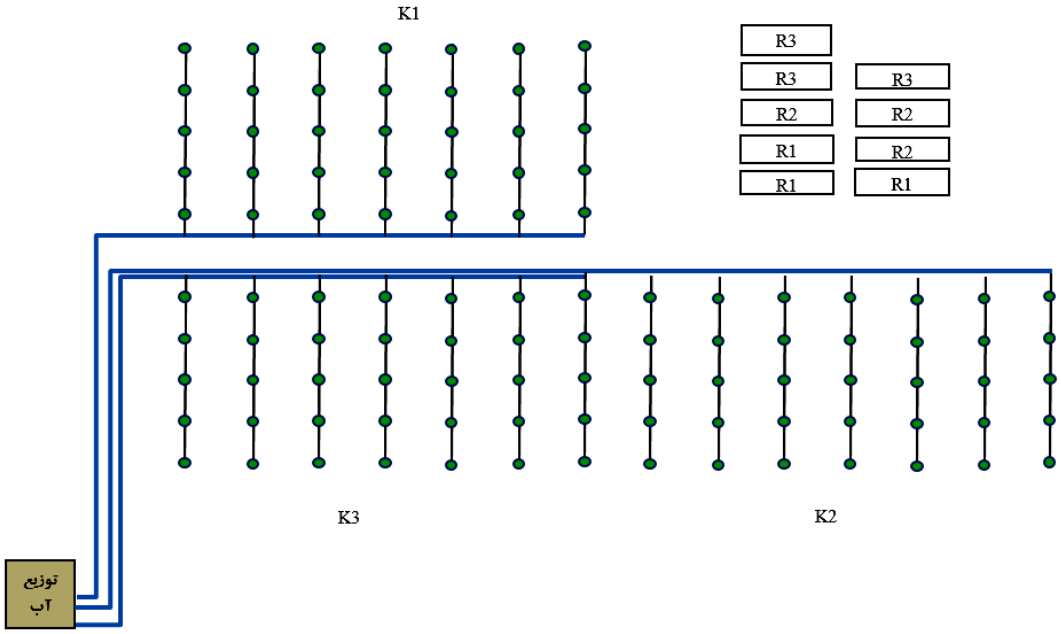
مواد و روش‌ها

ایستگاه تحقیقات پسته دامغان در موقعیت طول جغرافیایی ۵۴ درجه و ۲۰ دقیقه و ۸ ثانیه شرقی و عرض جغرافیایی ۳۶ درجه و ۹ دقیقه و ۴۸ ثانیه شمالی واقع بوده و ارتفاع از سطح دریا نیز ۱۱۳۰ متر است. این ایستگاه در جوار روستای برُم و در ۴ کیلومتری شهر دامغان واقع است (شکل ۱) و یکی از ایستگاه‌های اصلی و تخصصی پژوهشکده پسته کشور و مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان سمنان (شاهرود) محسوب می‌شود.

به‌منظور افزایش بهره‌وری آب و کود پتاس بر عملکرد و رشد پسته، این پژوهش با اصلاح سامانه آبیاری قطره‌ای در باغ پسته شهرستان دامغان در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی و به صورت پلات‌های خردشده در سه تکرار و به مدت سه سال (۱۳۹۲ تا ۱۳۹۵) اجرا شد. شکل شماتیک طرح از محل آبگیری همراه با تیمارها در یک تکرار و نیز جانمایی تکرارها، در شکل ۲ نشان داده شده است. باغ پسته به شیوه آبیاری سطحی (غرقابی) و با آبخور دو طرفه آبیاری می‌شدند و رقم آن شاه‌پسند



شکل ۱. موقعیت شماتیک محل اجرای پژوهش (رنگی در نسخه الکترونیکی)



شکل ۲. شماتیک طرح از محل آبگیری همراه با تیمارها در یک تکرار و نیز جانمایی تکرارها (رنگی در نسخه الکترونیکی)

(و سن ۱۵-۱۲ سال) بوده است. سال اول اجرا، مدیریت باغ به صورت یکنواخت برای تمام تیمارها صورت گرفت تا سازگاری لازم پدید آید و در دو سال دیگر، تیمارها مطابق با آنچه که تعریف شده بود، اعمال شد.

تیمارهای کودی در سه سطح به‌عنوان کرت اصلی و آرایش لوله‌های هادی آبیاری قطره‌ای اصلاح شده مطبق در هفت سطح به‌عنوان کرت فرعی منظور شد. تیمارهای کودی شامل ۱۰۰ درصد، ۷۵ درصد و ۵۰ درصد از منبع کود سولفات پتاسیم محلول (۵۰ درصد پتاسیم و ۱۸ درصد گوگرد و حلالیت ۹۸ درصد) و تیمارهای آرایش لوله‌های هادی آبیاری

قطره‌ای اصلاح شده مطبق شامل ۴۰-۴۰-۴۰-۴۰، ۴۰-۴۰-۵۰-۵۰، ۶۰-۶۰-۴۰-۴۰، ۶۰-۵۰-۴۰-۴۰، ۷۰-۵۰-۴۰-۴۰ و ۴۰-۴۰-۸۰-۵۰ همراه با شاهد ستون شن به طول ۴۰ سانتی‌متر بوده است. ستون شن در محل قرارگیری قطره‌چکان‌ها واقع شدند. شکل ۳ بطور شماتیک موقعیت لوله‌های هادی و بازتوزیع آب در آبیاری قطره‌ای زیرسطحی مطبق اصلاح شده را نشان می‌دهد.

لوله‌های هادی در چهار گوشه و با فواصل ۴۰ سانتی‌متر از محل استقرار درخت واقع شده و عمق ۴۰-۴۰ مربوط به لوله‌های هادی به صورت قرینه بوده است. با توجه به نظام دسترسی به آب، دور آبیاری در این پژوهش ثابت و برابر ۱۰ روز منظور شد و آبیاری کامل با توجه به نیاز آبی پسته (با حدود ۴۰۰۰ متر مکعب در هکتار نیاز آبی پسته تحت شرایط آبیاری قطره‌ای) (۱۸) و تعبیه چهار قطره‌چکان با آبدهی ۸ لیتر در ساعت، مدت آبیاری ۱۰ ساعت منظور شد. البته با توجه به کیفیت آب و خاک، آبیاری زمستانه (آبشویی) برای تمام تیمارها بطور یکسان اعمال و آبشویی هم جزو مصارف مفید تلقی شد.

تعداد پنج درخت برای هر تیمار (نمونه هر تکرار) منظور شد، لوله‌های اصلی و فرعی آبیاری (قطر ۳۲ و ۴۰ میلی‌متر) در عمق یک متری مدفون و لوله‌های آبده (۱۶ میلی‌متر) برای آبرسانی پای درختان در عمق ۳۰ سانتی‌متر جایگذاری شدند و پس از عبور از لوله‌های پی‌وی‌سی (۱۱۰ میلی‌متر) با تعبیه درپوش از تماس قطره‌چکان با محیط اطراف و خاک جلوگیری شد.

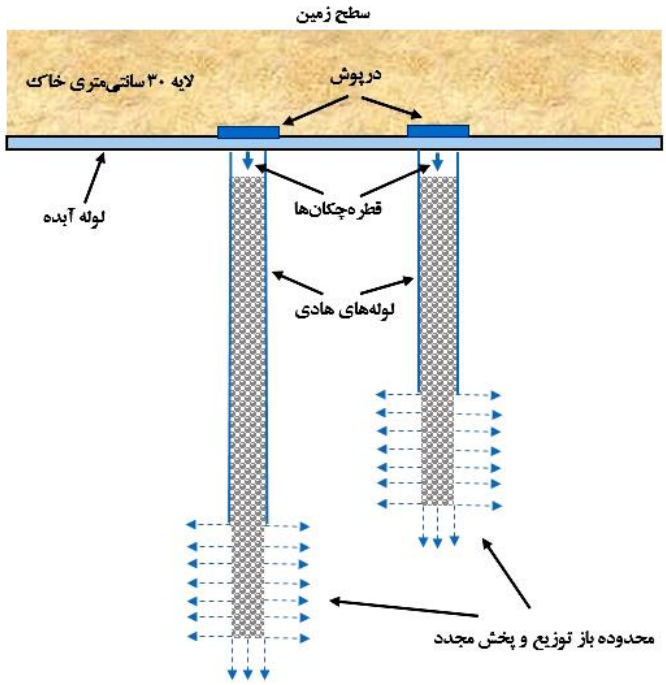
فواصل ردیف درختان حدود ۷ متر و فواصل درختان روی ردیف‌ها حدود ۴-۳ متر بوده است. بر این اساس ابعاد کرت اصلی ۷۳۵ متر مربع (۴۹ متر در ۱۵ متر)، ابعاد تکرارها ۲۲۰۵ متر مربع بود.

کود سولفات پتاسیم محلول مصرفی (۵۰ درصد پتاسیم و ۱۸ درصد گوگرد و حلالیت ۹۸ درصد) به میزان ۱۲/۵ کیلوگرم در هکتار و در دو مرحله (جمعاً ۲۵ کیلو گرم در هکتار) (۴) با نسبت‌های تعریف شده و از طریق تانک کود مصرف شد. علاوه بر این محلول‌پاشی فروت‌ست (۱۰-۵-۵، اوره - اسید بوریک و سولفات روی) در ۱۰۰۰ لیتر آب در هنگام تورم جوانه‌ها (اواخر اسفند تا اوایل فروردین) و نیترات کلسیم محلول در آب در اسفند ماه به میزان ۱۰۰-۵۰ گرم به‌ازای هر درخت (بر اساس نظر کارشناس تغذیه) مصرف شد. مبارزه با آفات مثل پسیل (با کاربرد سم‌های تجاری مرسوم در ۲-۳ مرحله)، زنبور مغزخوار، سن و کنترل بیماری گموز مطابق با نظر کارشناس آفات و بیماری‌ها نیز انجام شد.

ابتدای پژوهش، نمونه‌ای از آب چاه و نمونه‌ای از خاک باغ تهیه و در آزمایشگاه بخش تحقیقات خاک و آب مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان سمنان (شاهرود) آنالیز شد. نتیجه آنالیز آب به شرح جدول ۱ و نتیجه تجزیه خاک به شرح جدول ۲ است. میزان فسفر و پتاس نمونه خاک به‌ترتیب ۴/۷ و ۴۱۳ میلی‌گرم بر کیلوگرم خاک تعیین شد.

از آنجایی که مقدار استاندارد مقادیر EC و pH به‌ترتیب ۳ دسی‌زیمنس و ۸/۴-۶/۵ است، آب چاه محل آزمایش واجد شرایط استاندارد است. هرچه نسبت جذب سدیم (SAR) بالاتر باشد، آن آب تناسب کمتری برای آبیاری دارد. آبیاری با استفاده از آب با نسبت جذب سدیم بالا، نیاز به اصلاح خاک را در درازمدت ایجاد می‌کند. اگر آب آبیاری با SAR بالا به مدت چندین سال به خاک وارد شود، سدیم در آب، می‌تواند کلسیم و منیزیم را در خاک جایگزین کند. این امر موجب کاهش توانایی خاک برای تشکیل دانه‌های پایدار و در نتیجه از دست دادن ساختار و ساختمان خاک می‌شود. این کار همچنین منجر به کاهش نفوذپذیری آب در خاک شده که منجر به مشکلات تولید محصول خواهد شد. خاک‌های شنی مشکل کمتری دارند، اما اگر SAR بیشتر از ۹ باشد، قطعا خاک مناسب کشاورزی نیست. هنگامی که SAR کمتر از ۳ باشد، مشکلی وجود نخواهد داشت. بر این اساس منبع آبی مورد نظر، از منظر این شاخص نیز مشکلی برای استفاده ندارد.

از آنجایی که میزان شوری آب آبیاری کمتر از شوری خاک است، در صورت رعایت شرایط زهکشی، مدیریت صحیح باغ و اعمال آبشویی، باید شرایط روند بهبود کیفی خاک را انتظار داشت.



شکل ۳. شماتیک لوله‌های هادی و بازتوزیع آب در آبیاری قطره‌ای زیرسطحی مطبق اصلاح شده (رنگی در نسخه الکترونیکی)

جدول ۱. آنالیز نمونه آب محل آزمایش

محل	EC	$Ca^{2+}+Mg^{2+}$	Cl^-	HCO_3^-	Na^+	SO_4^{2-}	SAR	pH
	ds/m	میلی‌اکی‌والانت بر لیتر						
ایستگاه تحقیقات پسته دامغان	۲/۰۵	۱۰/۸۰	۱۴/۰	۴/۰	۹/۶۲	۷/۶۲	۲/۹۳	۷/۵

جدول ۲. آنالیز نمونه خاک محل آزمایش

محل نمونه‌برداری	pH	EC	T.N.V	OC	بافت (درصد)		
		ds/m			Clay	Silt	Sand
ایستگاه تحقیقات پسته دامغان	۸/۱۲	۴/۳	۲۱	۰/۴۶	۲۳	۳۸	۳۹
	Na^+	$Ca^{2+}+Mg^{2+}$	Cl^-	HCO_3^-	CO_3^{2-}	SO_4^{2-}	
	میلی‌اکی‌والانت بر لیتر						
ایستگاه تحقیقات پسته دامغان	۱۶/۲	۲۲/۱	۲۸/۱	۴/۹	—	۱۰/۹	

داده‌های هواشناسی از نزدیک‌ترین ایستگاه هواشناسی جمع‌آوری و تغییرات دما و بارش تحلیل شد، بر اساس داده‌ها و اطلاعات موجود از وضعیت بارش و تغییرات دما، حاکی از این است که میانگین بلندمدت بارش منطقه ۱۰۲ میلی‌متر بوده و میانگین دما نیز ۱۷ درجه سانتی‌گراد است (جدول ۳).

شاخص بهره‌وری (فیزیکی) آب آبیاری از نسبت عملکرد محصول و یا میزان رشد شاخه‌ها تحت هر یک از تیمارها به میزان آب آبیاری مصرفی به‌دست آمد که حاکی از نقش واحد

جدول ۳. تغییرات پارامترهای اقلیمی شهرستان دامغان طی سال‌های ۹۵-۱۳۹۱ و بلندمدت

پارامتر	۹۲-۱۳۹۱	۹۳-۱۳۹۲	۹۴-۱۳۹۳	۹۵-۱۳۹۴	میانگین بلندمدت
بارش سالیانه (میلی‌متر)	۹۰	۵۲	۱۱۳	۹۸	۱۰۲
میانگین دما (درجه سانتی‌گراد)	۱۷/۳	۱۷	۱۷/۴	۱۷/۵	۱۷
رطوبت نسبی (٪)	۳۸	۳۷	۴۱	۴۲	۳۹/۸
تبخیر (میلی‌متر)	۲۶۵۰	۲۷۰۰	۲۵۹۲	۲۵۹۰	۲۴۳۵

آب در تولید محصول یا رشد رویشی است.

در نهایت داده‌های حاصل با استفاده از نرم‌افزار Genstat-12 مورد تجزیه و تحلیل آماری قرار گرفته و بهترین تیمار شامل ترکیبی از کود پتاس و آرایش لوله‌های هادی آبیاری قطره‌ای اصلاح شده، تعیین و معرفی شد.

نتایج و بحث

الف) عملکرد و رشد

نتایج مقایسه میانگین بر اساس امید ریاضی منابع تغییر انجام شد. با توجه به تصادفی‌بودن اثر سال، فاکتور سطوح «کود پتاس» با سطوح «کود پتاس در سال» و فاکتور «آرایش لوله‌های هادی» با «آرایش لوله‌های هادی در سال» آزمون شد و اثرات متقابل «سطوح کود پتاس در آرایش لوله‌های هادی» با اثرات متقابل «این دو فاکتور در سال» (در صورت معنی‌دار بودن) آزمون شد. معنی‌داربودن اثر متقابل، تفسیر اثرات ساده را پیچیده می‌کند ولی در این بررسی، اثرهای متقابل از نوع تغییر در ترتیب نیست و تغییر در مقدار است. برخی مواقع معنی‌دار شدن اثر متقابل، باعث می‌شود برخی از اثرات ساده غیرمعنی‌دار گردند.

نتیجه تجزیه واریانس صفات عملکرد پسته، بهره‌وری آب در عملکرد و بهره‌وری آب در رشد تحت اثر تیمارهای مختلف در جدول ۴ نشان داده شده است. مطابق با این جدول اثر سال فقط بر بهره‌وری آب در رشد معنی‌دار بوده است که حاکی از سازگاری درخت با آرایش لوله‌ها طی زمان است. مقایسه میانگین اثرات اصلی سطوح مختلف کود پتاس و اثرات فرعی آرایش لوله‌های هادی بر عملکرد پسته، بهره‌وری آب در عملکرد و بهره‌وری آب در رشد در جدول ۵ خلاصه شده است.

اثر اصلی فاکتور کود پتاس، آرایش لوله‌های هادی و آرایش لوله در سال بر هر سه صفت (عملکرد، بهره‌وری آب در عملکرد و بهره‌وری آب در رشد) کاملاً معنی‌دار نشان داده شده است (سطح آماری یک درصد). اثر متقابل کود پتاس در آرایش لوله هادی بر بهره‌وری رشد در سطح یک‌درصد معنی‌دار، اما بر عملکرد و بهره‌وری آب در عملکرد معنی‌دار نشد.

بر اساس جدول ۵، سطوح مختلف کود پتاس در سطح آماری یک درصد معنی‌دار بوده و مطلوب‌ترین وضعیت بهره‌وری آب در عملکرد و بهره‌وری آب در رشد مربوط به بیشترین میزان مصرف کود پتاس است که البته ناشی از اثر مستتر آرایش لوله‌های هادی و توزیع مناسب آب آبیاری است. اگرچه کمبود پتاسیم در خاک بر اساس حد بحرانی عمومی پتاسیم در خاک وجود نداشت، اما چون خاک‌های منطقه رسی و با ظرفیت تثبیت بالا هستند بنابراین، مقدار ۱۲/۵ کیلو کود پتاسه که معادل ۶/۲۵ کیلو K_2O می‌شود در دو مرحله و به صورت تزریق از طریق سامانه آبیاری قطره‌ای زیرسطحی اصلاح شده، مصرف شد. علت آن این است که اولاً پسته در مرحله پر کردن بسیار پرنیاز است و بر اساس مشاهدات تجربی باغداران پسته، مصرف پتاسیم در مرحله پر کردن با پاسخ درخت روبرو شده و روی عملکرد کمّی و کیفی محصول تأثیر مثبت دارد و نیز با توجه به نقش پتاسیم در تنظیم روابط آبی گیاه و کاهش خسارت تنش خشکی (۲۲) از این‌رو هر چند آزمون خاک میزان پتاسیم را کافی نشان می‌دهد، اما مصرف محلول پتاسیم در مرحله پرکردن مغز پسته تأثیر معنی‌دار

جدول ۴. تجزیه واریانس (میانگین مربعات) عملکرد، بهره‌وری آب در عملکرد و بهره‌وری آب در رشد در تیمارهای مختلف

منابع تغییرات	درجه آزادی	عملکرد (کیلوگرم در هکتار)	بهره‌وری آب در عملکرد (گیلوگرم بر متر مکعب)	بهره‌وری آب در رشد (سانتی‌متر بر متر مکعب)
سال	۱	۲۸۷۶۴^{ns}	۰/۰۰۱۹^{ns}	۴/۲۶**
خطا (۱)	۴	۱۴۵۰۵۰	۰/۰۰۹۷۸	۰/۱۹۵
فاکتور کود پتاس	۲	۲۳۲۹۱۳۷**	۰/۱۵۷**	۳/۵۹**
سال در کود پتاس	۲	۱۰۹۶۵۲*	۰/۰۰۷۳۹*	۰/۰۳۱^{ns}
خطا (۲)	۸	۲۳۵۴۸	۰/۰۰۱۵۹	۰/۰۲۹۷
فاکتور آرایش لوله	۶	۱۰۰۶۲۴۴۱**	۰/۶۷۸**	۱۳/۸۲**
آرایش لوله در سال	۶	۲۱۷۸۵۰**	۰/۱۴۶۹**	۰/۴۵۴**
کود پتاس در آرایش لوله	۱۲	۷۵۹۶۴^{ns}	۰/۰۰۵۱^{ns}	۰/۱۹۲**
کود پتاس در آرایش لوله در سال	۱۲	۷۰۴۲۷**	۰/۷۰۰۴۷**	۰/۰۱۱^{ns}
خطا (۳)	۷۲	۱۰۲۷۳	۰/۰۰۰۶۹	۰/۰۱۶۶
ضریب تغییرات (CV)		۶	۶	۷/۵

جدول ۵. مقایسه میانگین عملکرد، بهره‌وری آب در عملکرد و بهره‌وری آب در رشد

تیمار		عملکرد (کیلوگرم در هکتار)	بهره‌وری آب در عملکرد (گیلوگرم بر متر مکعب)	بهره‌وری آب در رشد (سانتی‌متر بر متر مکعب)
کود پتاس *	K100%	۱۸۹۶ a	۰/۴۹ a	۱/۹۹ a
	K75%	۱۷۱۱ ab	۰/۴۴ ab	۱/۷۳ b
	K50%	۱۴۲۸ b	۰/۳۷ b	۱/۴۱ c
LSD 1%		۱۱۲/۴	۰/۰۲۹	۰/۱۲۶
آرایش لوله‌های هادی**	۱	۵۲۹ D	۰/۱۴ D	۰/۶۳ D
	۲	۸۵۷ D	۰/۲۲ D	۰/۹۸ D
	۳	۱۵۶۲ C	۰/۴۱ C	۱/۴۲ CD
	۴	۱۸۸۷ BC	۰/۴۹ BC	۱/۴۰ CD
	۵	۲۰۹۹ ABC	۰/۵۴ ABC	۱/۸۸ BC
	۶	۲۲۳۳ AB	۰/۵۸ AB	۲/۶۰ AB
	۷	۲۵۸۳ A	۰/۶۷ A	۳/۰۹ A
LSD 1%		۸۹/۴	۰/۰۲۳	۰/۱۱۴

* K : بیانگر کود پتاس

** ۱: ۴۰-۴۰-۴۰-۴۰ (شاهد ستون شن)، ۲: ۴۰-۴۰-۴۰-۴۰، ۳: ۴۰-۴۰-۵۰-۵۰، ۴: ۴۰-۴۰-۶۰-۶۰، ۵: ۴۰-۴۰-۵۰-۶۰، ۶: ۴۰-۴۰-۵۰-۷۰ و ۷: ۴۰-۴۰-۵۰-۸۰.

در عملکرد و بخصوص کیفیت دارد. ضمن اینکه بر اساس دستورالعمل‌های موسسه تحقیقات خاک وآب (۸)، مصرف کمِ پتاسیم به شکل سَرَک در مرحله پرکردن مغز در خاک‌های شنی و رسی توصیه شده است. همچنین نتیجه پژوهش لطفی و همکاران (۱۲) نشان داد که علیرغم حد کفایت عنصر پتاسیم در خاک های مورد مطالعه، تیمار کاربرد کود سولفات پتاسیم سبب افزایش میزان تجمع عنصر پتاسیم برگ و به دنبال آن بهبود برخی از صفات مورد مطالعه و درنهایت افزایش عملکرد دانه گندم شد.

علاوه بر این تغذیه نامتعادل پسته از عوامل مهمی است که ارتباط زیادی با زودخندانی دارد، به‌طوری که کمبود پتاسیم، سبب کاهش شدید فتوسنتز، کاهش تثبیت CO_2 و اختلال در توزیع و استفاده از مواد فتوسنتزی می‌شود (۲۴). علاوه بر این کمبود پتاسیم در درختان پسته برخی از اختلالات فیزیولوژیکی مانند ریزش گل، ریزش میوه‌ها، تولید میوه‌های پوک، زودخندان و بدشکلی را نشان می‌دهد (۱۱).

مقایسه میانگین اثر کود پتاس بر عملکرد حاکی از اثر کاملاً معنی‌دار بر عملکرد، بهره‌وری آب در عملکرد و بهره‌وری آب در رشد است. به‌نحوی که اثر تیمار کود کامل (۱۰۰ درصد) بر بهره‌وری رشد در گروه a و اثر تیمار کودی ۵۰ درصد بر بهره‌وری رشد در گروه c قرار گرفته است (جدول ۵). این موضوع بیانگر رابطه مستقیم بین میزان رشد شاخه‌های محصول با میزان عملکرد است.

مقایسه میانگین اثر آرایش لوله‌های هادی بر عملکرد حاکی از اثر کاملاً معنی‌دار بر عملکرد، بهره‌وری آب در عملکرد و بهره‌وری آب در رشد است و هرچه آرایش لوله‌های هادی، آب آبیاری را بتواند به اعماق (در محدوده عمق توسعه ریشه) هدایت کند، اثربخشی آن بر عملکرد و بهره‌وری آب و بهره‌وری رشد، بیشتر است. اگرچه تیمار ستون شن نسبت به آبیاری قطره‌ای معمولی دارای اثر مطلوب‌تری روی صفات (عملکرد، بهره‌وری آب در عملکرد و بهره‌وری آب در رشد) بوده اما بخاطر اختلال در عملیات باغی و محدودیت در کنترل علف‌های هرز پای درختان و همچنین جابجا شدن لوله‌ها و قطره‌چکان‌ها از روی ستون شن، نمی‌تواند گزینه مطلوبی باشد.

تیمارهای آرایش لوله‌ها با وضعیت ۴۰-۴۰-۵۰-۶۰، ۷۰-۵۰-۴۰-۴۰ و ۴۰-۴۰-۵۰-۸۰ به‌دلیل توزیع مطبق آب و کود، بهترین گزینه‌ها محسوب می‌شوند، هر چند که وضعیت رساندن آرایش لوله هادی تا ۸۰ سانتی‌متر، مطلوب‌ترین تیمار محسوب می‌شود. علت آن، رساندن آب آبیاری و کود محلول به اعماق (در محدوده عمق توسعه ریشه) و ایجاد شرایطی مانند اثر آبیاری غرقابی (از منظر میزان نفوذ آب به عمق) است که نفوذ عمقی معادل با آن تأمین می‌شود.

مقایسه میانگین اثر متقابل کود پتاس و آرایش لوله‌های هادی بر عملکرد و بهره‌وری آب در عملکرد غیرمعنی‌دار و بر بهره‌وری آب در رشد، معنی‌دار (در سطح آماری یک درصد) شده است. داده‌های پژوهش نشان می‌دهد که با کاهش میزان مصرف کود پتاس، اثر آرایش لوله‌های هادی کاهش یافته است. مطلوب‌ترین وضعیت از منظر میزان عملکرد و میزان رشد مربوط به کود کامل و آرایش ۴۰-۴۰-۵۰-۷۰ و ۴۰-۴۰-۵۰-۸۰ است. ستون شن که در هنگام عملیات باغی و کنترل علف‌های هرز پای درختان، تغییر مکان می‌دهند، حتی با کود کامل نیز نتوانسته‌اند اثربخشی مطلوبی داشته باشند و وقتی در شرایط کاهش کود قرار می‌گیرند، شرایط نامطلوب‌تری پیدا خواهند کرد. ضمن اینکه کاهش اثربخشی کود صرفاً مربوط به کود پتاس نبوده و اثر دیگر کودهای محلول نیز کاهش خواهد یافت و علت آن نیز، تلفات مصرف کود و توزیع سطحی و ناقص آن است.

در طول دوره پرشدن میوه، میوه به‌عنوان یک مخزن عمل کرده و سبب جذب بیشتر پتاسیم می‌شود (۲۵) علاوه بر این، یکی از نقش‌های مهم پتاسیم، در افزایش عملکرد و بهبود کیفیت پسته است (۸). گزارش شده که کاربرد پتاسیم کمتر از حد مورد نیاز، بر میزان عملکرد و نیز صفات کمّی و کیفی میوه در پسته مؤثر است (۵ و ۲۵)، در صورت کمبود عنصر پتاسیم در گیاه، برگ‌ها، کم‌رنگ و حاشیه آن‌ها به سمت بالا پیچیده و قسمت زیرین آن به رنگ قهوه‌ای، خاکستری یا مسی در می‌آید (۹).

بررسی‌ها مشخص کرده‌اند که بعد از نیتروژن، پتاسیم

بیشترین مقدار عنصری است که سالانه از خاک برداشت می‌شود و هر ساله باید کمبود این عنصر را با استفاده از کوددهی جبران کرد (۲)، چرا که تغذیه پتاسیم در حد بهینه برای حداکثر عملکرد درختان پسته و بهبود کیفیت خشک میوه ضروری است (۲۴). نتایج نشان داد که استفاده از سولفات پتاسیم در پسته رقم چروک، منجر به افزایش قابل توجهی در عملکرد میوه تازه و خشک میوه در مقایسه با درختان شاهد شده است (۱۹).

نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها، مشخص کرد که سطوح مختلف کود پتاسیم، نوع رقم و سال‌های مورد بررسی اثرات معنی‌داری در سطح یک درصد بر وزن تر میوه با پوست داشته است (۲۴)، افزایش عملکرد میوه با کوددهی پتاسیم در محصولات مختلف دیگر از جمله انگور (۱۰)، زیتون (۲۱) و آناناس (۲۰) نیز گزارش شده است. از سوی دیگر، نتایج پژوهش دیگری نشان داد که کاربرد پتاسیم روی درختان پسته منجر به افزایش عرض، طول و ضخامت خشک میوه و مغز شد که افزایش در مقدار این صفات بطور مستقیم سبب افزایش عملکرد می‌شود (۲۴). با کاربرد کود در سیستم‌های مناسب آبیاری، به بهترین صورت ممکن می‌توان مواد غذایی را برحسب نیاز گیاه، مصرف کرد (۳).

ب) بهره‌وری آب

با تغییر سامانه آبیاری از غرقابی به آبیاری قطره‌ای زیرسطحی مطبق اصلاح شده، کاهش حدود ۲۷ درصدی در مصرف آب بوجود آمده و کاهش بیشتر، بایستی با احتیاط صورت گیرد تا درخت فرصت بازیابی را داشته باشد. کاهش مصرف آب پدید آمده، ناشی از کاهش سهم تلفات تبخیری و در نتیجه اصلاح و تغییر روش آبیاری بوده است.

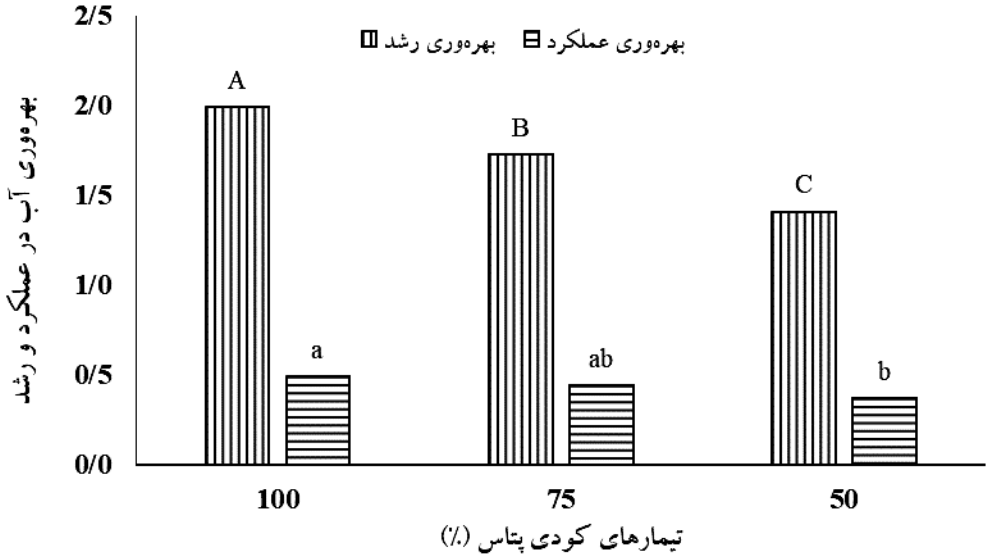
شاخص بهره‌وری آب در عملکرد و میزان رشد، معیار مناسبی برای انتخاب تیمار برتر محسوب می‌شود. در شکل ۴ مقادیر شاخص بهره‌وری آب برای عملکرد و بهره‌وری آب در میزان رشد تحت سه تیمار کودی نشان داده شده است. بر اساس این شکل، کاهش مصرف کود سبب کاهش بهره‌وری آب شده است. اگرچه میانگین اثر تیمارهای کودی بر بهره‌وری رشد کاملاً مشهود است، اما وقتی از منظر بهره‌وری آب در عملکرد سنجیده می‌شود، تیمار ۱۰۰ درصد و تیمار ۵۰ درصد در دو کلاس مجزا قرار می‌گیرند اما تیمار ۷۵ درصد دارای شرایط بینابین غیرمعنی‌دار، قرار دارد.

در بررسی شاخص بهره‌وری آب در میزان رشد تحت تیمارهای مختلف آرایش لوله‌های هادی و سطوح مختلف کودی، که در شکل ۵ نشان داده شده است، آرایش ۶ (۷۰–۵۰–۴۰–۴۰) و ۷ (۸۰–۵۰–۴۰–۴۰) در تیمار کود کامل و آرایش ۷ (۸۰–۵۰–۴۰–۴۰) در تیمار کود ۷۵ درصد، وضعیت رشدی مطلوب‌تری را بدنبال داشته و تیمارهای ۱ آرایش لوله‌های هادی (ستون شن و بدون لوله هادی) تحت تمامی سطوح کودی (۱۰۰، ۷۵ و ۵۰ درصد)، مطلوبیت نداشته و توصیه نمی‌شود.

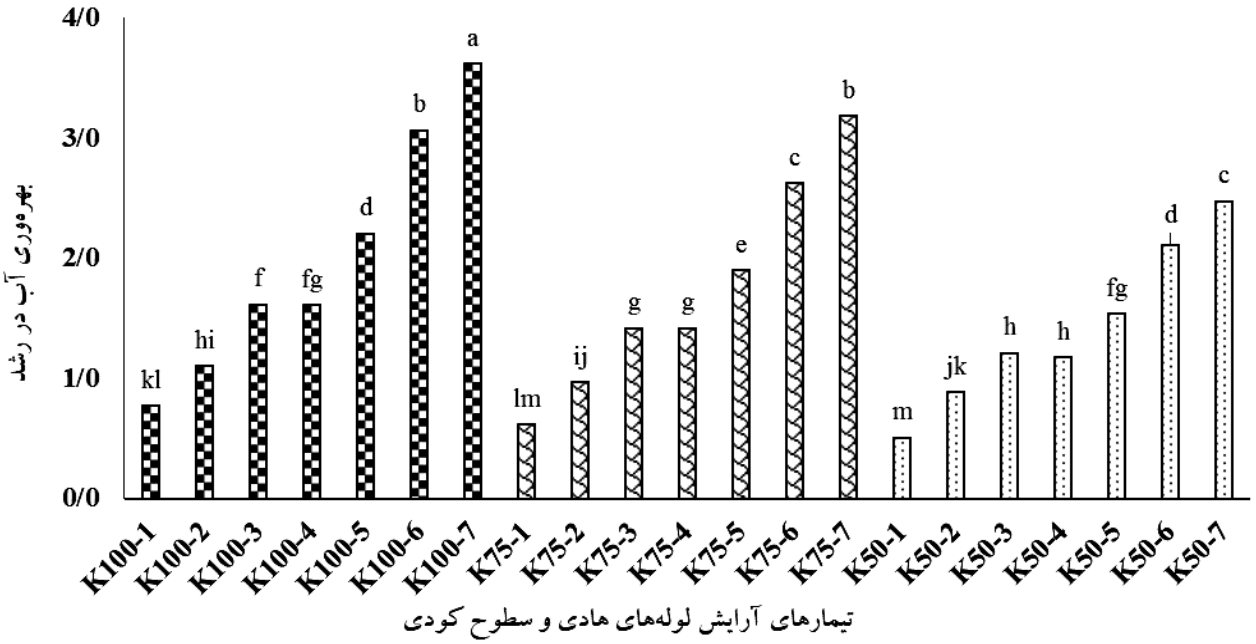
تیمارهای آرایش ۲، ۳ و ۴ در سطوح مختلف کودی، تقریباً وضعیت مشابهی دارند و در مقایسه با آرایش ۶ (۷۰–۵۰–۴۰–۴۰) و ۷ (۸۰–۵۰–۴۰–۴۰) قابل رقابت نیستند. با کاهش میزان مصرف کود، اثربخشی برخی آرایش‌های لوله‌های هادی نیز کاهش نشان داده است. این نتیجه، اثر مفیدِ مطبق قرار دادن لوله‌های هادی را نشان می‌دهد که مزیّت خاص و اصلی روش آبیاری قطره‌ای زیرسطحی مطبق اصلاح شده، نیز محسوب می‌شود.

در بررسی شاخص بهره‌وری آب در میزان عملکرد تحت تیمارهای مختلف آرایش لوله‌های هادی و سطوح مختلف کاربرد کود پتاس، که در شکل ۶ نشان داده شده است، اگرچه از نظر آماری، معنی‌دار نیست، اما اثر آن همانند اثر کود پتاس بر میزان رشد است. آرایش ۷ (۸۰–۵۰–۴۰–۴۰) در تیمار آبیاری کامل بهترین وضعیت بهره‌وری آب در عملکرد را به‌دنبال داشته و تیمار ۱ آرایش لوله‌های هادی (ستون شن و بدون لوله هادی) و تا حدودی تیمار ۲ مطلوبیت نداشته و توصیه نمی‌شود. پس از آن می‌توان کاهش ۳۰ درصدی کود پتاس با آرایش ۷ را توصیه کرد.

نکته مهمی که وجود دارد اثر تلفیقی آرایش لوله‌های هادی با کاربرد کود پتاس است که هر چه کود محلول بتواند در ناحیه



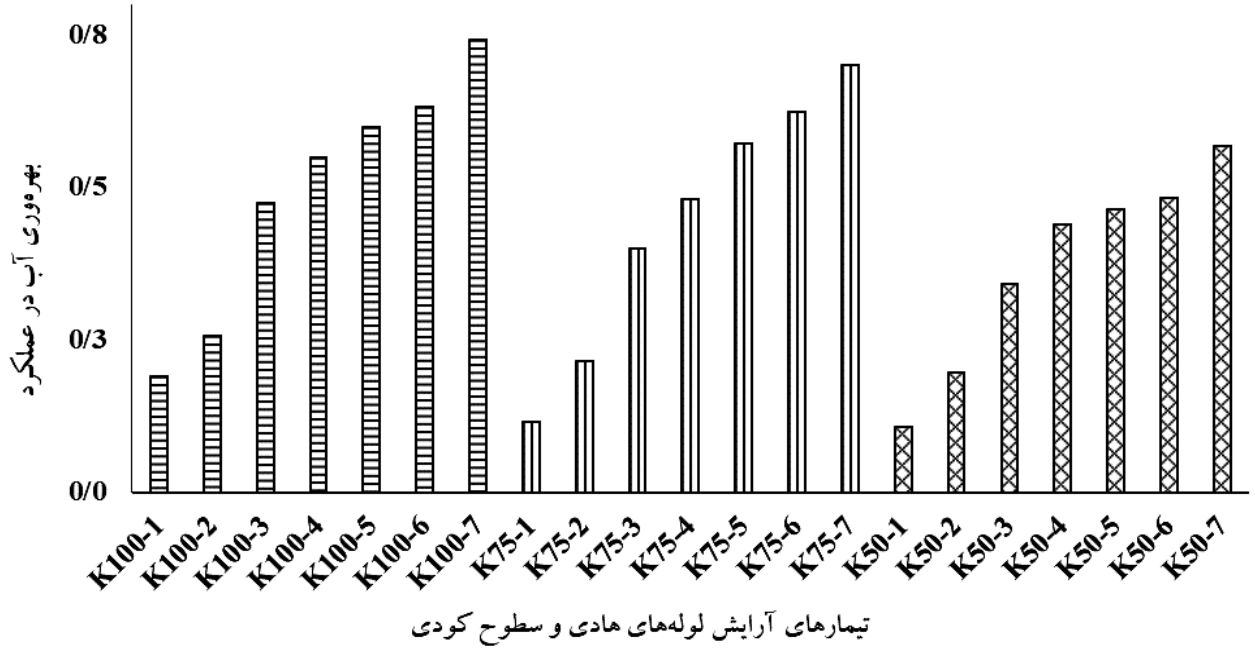
شکل ۴. بهره‌وری آب در رشد و عملکرد تحت تیمارهای مختلف آبیاری



شکل ۵. بهره‌وری آب در رشد تحت تیمارهای مختلف آرایش لوله‌های هادی و سطوح آبیاری

ریشه قرار گیرد، اثر تلفیقی این دو بیشتر خواهد شد و این مبیّن اثر مثبت و مطلوب مطبق‌بودن هستند. افزایش بهره‌وری آب، افزایش کارآیی مصرف کود، کاهش تلفات آب و کاهش مصارف غیرمفید از نتایج این اقدام است.

کاربرد کودهای محلول در آب در آبیاری قطره‌ای زیرسطحی و آبیاری قطره‌ای سطحی نیز دارای اثرات و کارآیی متفاوتی هستند، جذب مطلوب‌تر فسفر و پتاس در آبیاری قطره‌ای زیرسطحی مورد انتظار است، اثر این کارآمدی در افزایش معنی‌دار عملکرد و توزیع مناسب‌تر ریشه‌ها، عینیت پیدا می‌کند که در این پژوهش نیز به‌طور کامل همین نتیجه حاصل شد. عمق کارگذاری لوله‌های آبیاری قطره‌ای زیرسطحی نیز، بسیار مهم است. اگر عمق مناسب برای کارگذاری لوله‌ها اتخاذ



شکل ۶. بهره‌وری آب در عملکرد تحت تیمارهای مختلف آرایش لوله‌های هادی و سطوح آبیاری

نشود، به‌دلیل جریان رو به بالا ناشی از خیز موئینگی و تبخیر رطوبت، امکان تجمع نمک در زیر سطح خاک و یا حتی در سطح خاک وجود خواهد داشت، بنابراین، بسته به نوع و بافت خاک و نیز آناتومی ریشه درخت، عمق مناسب کارگذاری تعیین خواهد شد. یکی از مزایای سامانه آبیاری قطره‌ای زیرسطحی نسبت به سامانه آبیاری قطره‌ای سطحی، انتشار سیستم ریشه‌ای مناسب‌تر و در نتیجه جذب بیشتر آب و مواد غذایی است.

نتیجه‌گیری

مطلوب‌ترین وضعیت برای مدیریت کود و آرایش لوله‌ها، کاربرد ۱۰۰ درصد کود سولفات پتاسیم محلول (۲۵ کیلوگرم در هکتار) و تحت آرایش ۴۰-۴۰-۵۰-۷۰ و یا ۴۰-۴۰-۵۰-۸۰ است. آب و کود محلول دارای اثر هم‌افزا در رشد رویشی و زایشی داشته و ضرورت دارد به‌نحوی مدیریت شوند که آب در معرض تبخیر قرار نگرفته و کود نیز سبب آلودگی نشود. بنابراین، سامانه‌هایی که بکار گرفته می‌شوند، بایستی آب و کود محلول را در ناحیه ریشه در اختیار قرار دهند. سامانه آبیاری قطره‌ای زیرسطحی مطبق اصلاح شده، هیچ‌یک از محدودیت‌های ستون شن و آبیاری قطره‌ای زیرسطحی را نداشته و مزیت‌های عمومی آنها شامل کاهش تلفات تبخیر آب، عدم تجمع بار نمکی در سطح خاک، امکان کاربرد کودهای محلول و امکان انجام عملیات باغی را داشته و متناسب با توسعه ریشه بوده (بخاطر مطبّق بودن)، حتی محرّک توسعه عمقی ریشه نیز محسوب می‌شود.

تشکر و قدردانی

اعتبارات این پروژه از محل مساعدت‌های مالی صندوق حمایت از پژوهشگران ریاست جمهوری (کد طرح ۹۰۰۰۲۳۵۲) و سازمان جهادکشاورزی استان سمنان اجرا شده است، بدینوسیله از حمایت‌ها و تأمین منابع مالی مورد نیاز و نیز مساعدت‌های مؤسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان سمنان (شاهرود) و ایستگاه تحقیقات پسته دامغان برای اجرای پروژه (به شماره مصوب ۱۹۱۹۱-۱۴۱۰-۴۹-۳) تقدیر و سپاسگزاری می‌شود. همچنین از آقای مهندس اسماعیل زادحسن عضو محترم هیئت علمی مؤسسه تحقیقات کشاورزی دیم بابت مساعدت در آنالیز آماری، قدرشناسی می‌شود.

منابع مورد استفاده

1. Anonymous. 2012. Stratified vertical subsurface drip irrigation system. Registration number 73187 dated 10/10/1390, Patent Office, Industrial Property Office of the State Registration and Property Organization (In Farsi).
2. Ben-Mimoun, O., M. Loumi, M. Ghrab, K. Latiri and R. Hellali. 2004. Foliar potassium application on pistachio tree. IPI regional workshop on potassium and fertigation development in West Asia and North Africa; Rabat, Morocco.
3. Boman, B. J. and T. Obreza. 2002. Fertigation nutrient sources and application consideration for Citrus. University of Florida Extension.
4. Ferguson, L. and D. R. Havilvand. 2016. Pistachio production manual. University of California, Agriculture and Natural Resources.
5. Hamza, A., A. Bamouh, M. El. Guilli and R. Bouabid. 2012. Response of clementine citrus var. Cadoux to foliar potassium fertilization; Effects on fruit production and quality. *Research Findings: Electronic-International Fertilizer Correspondent* 31: 8-15.
6. Hebbar, S. S., B. K. Ramachandrappa H. V. Nanjappa and M. Prabhakar. 2004. Studies on NPK drip fertigation in field grown tomato. *European Journal of Agronomy* 21(1): 117-127.
7. Horticultural Statistics. 2021. Agricultural Statistics of 2015. Information and Communication Technology Center, Planning and Economic Deputy, Ministry of Jihad-e-Agriculture (In Farsi).
8. Hosseini-Fard, S. J., M. Basirt, N. Sadaghati and A. Akhiani. 2016. Integrated management of soil fertility and plant nutrition in pistachio trees. Technical and Extension Manual, Pistachio Research Institute, Horticultural Science Research Institute and Soil and Water Research Institute (In Farsi).
9. Hosseini-Fard, S. J. and H. Alipour. 2013. Diagnosing and eliminating nutritional deficiencies in pistachios. Publications of Pistachio Research Institute. 2th edition (In Farsi).
10. Karimi, R. 2017. Potassium-induced freezing tolerance is associated with endogenous abscisic acid, polyamines and soluble sugars changes in grapevine. *Scientia Horticulturae* 215: 184-194.
11. Karimi, H. R., S. Sevandi-nasab and H. R. Roosta. 2012. The effect of salicylic acid and potassium on some characteristics nut and physiological parameters of pistachio trees *Cv. Owhadi*. *Journal of Nuts* 3: 21-26 (In Farsi).
12. Lotfi R., A. Abbasi, I. Eskandari, V. Sedghieh and H. Khorsandi. 2020. Different levels of potassium sulfate effects on some physiological and grain yield of dryland wheat varieties. *Iranian Journal of Dryland Agriculture* 9(3): 137-151 (In Farsi).
13. Malakouti, M. J. and M. Basirat. 2003. Fertigation Is Effective Tool for Increase Yield and Water and Fertilizer Use Efficiency. Soil and Water Research Institute Press, Karaj, Iran (In Farsi).
14. Malakouti, M. J. and P. Keshavarz. 2006. A look at The Fertility Status of Iranian Soils. Soil and water research Institute Press. Karaj, Iran (In Farsi).
15. Malakouti, M. J., A. A. Shahabi and K. Bazargan. 2005. Potassium in Iranian Agriculture. Soil and Water research Institute Press. Karaj, Iran (In Farsi).
16. Moazzennpour-kermani, M. 2006. Determination of Evapotranspiration of Pistachio. Final Report of the Pistachio Research Institute of the Islamic Republic of Iran, Rafsanjan (In Farsi).
17. Moazzennpour-kermani, M., A. Mohammadi-Mohammad-Abadi, S. Mehdizadeh and N. Mohammadi. 2007. The Effect of Irrigation System Changes from Surface to Diameter Method on Pistachio Trees. Final report of the research project, Pistachio Research Institute of Iran, Rafsanjan (In Farsi).
18. Mohammadi, A. 2005. Investigating the possibility of changing the irrigation system from surface to underground and determining the effect of system change on Early splitting in pistachio seedlings. Final report of Pistachio Research Institute of Iran, Rafsanjan (In Farsi).
19. Norozi, M., B. Valizadeh-Kaji, R. Karimi and M. Nikoogoftar-Sedghi. 2019. Effects of foliar application of potassium and zinc on pistachio (*Pistacia vera L.*) fruit yield. *International Journal Horticultural Science Technology* 6: 113-123.
20. Razzaque, A. H. M. and M. M. Hanafi. 2001. Effect of potassium on growth, yield and quality of pineapple in tropical peat. *Fruit* 56: 45-49.
21. Restrepo-Diaz, H., M. Benlloch and R. Fernandez-Escobar. 2008. Plant water stress and K^+ starvation reduce absorption of foliar applied K+ by olive leaves. *Scientia Horticulturae* 116: 409-413.
22. Safari A., A. Fatemi, M. Saiedi and Z. Kolahchi. 2020. Effect of fertilizer management systems and water stress conditions on nutritional status of grapes (a greenhouse study). *Journal of Soil Management and Sustainable Production* 10(1): 119-136.
23. Sedaghati, N. 2009. Comparison of the Performance of Surface and Subsurface Drip Iirrigation Systems on Pistachio Trees. Final report of the Pistachio Research Institute of the country (In Farsi).

24. Shool, A., M. Esmaeilizadeh, H. R. Roosta and H. Dashti. 2021. Evaluation of the Effect of Potassium Fertigation on Quantitative and Qualitative Characteristics of Two Pistachio Cultivars of Ahmad Aghaei and Kaleghoochi. *Pistachio Science and Technology* 11(6): 123-150 (In Farsi).
25. Zeng, D. Q., P. H. Brown and B. A. Holtz. 2001. Potassium fertilization affects soil K, leaf K concentration, and nut yield and quality of mature pistachio trees. *HortScience* 36(1): 85-89.

Journal of Water and Soil Science
Vol. 27, No. 2, Summer 2023, Isfahan University of Technology, Isfahan, Iran.

Effect of Arranger of Conductor Tubes of Adjusted Subsurface Drip Irrigation (SSDIadj) on Potassium Absorption and Pistachio Yield at Damghan Region

A. R. Tavakoli[1*] and M. Basirat[2]

(Received: September 10-2022 ; Accepted: January 29-2023)

Abstract

Shifting of surface irrigation to drip system is key tool to reduce water saving. Due to the soil moisture profile variation of the drip irrigation; water distributed of the root zone is not uniform. Moreover, moisture deficit and inefficient fertilizing in drip system due to unavailability in deeper layers of soils is one of the disadvantages of drip system in pistachio orchards with depth root systems. An experiment was carried out by adjusted subsurface drip irrigation (SSDIadj) system in pistachio of Damghan region (Semnan province) in a randomized complete block design with split plot arrangement in three replications for three years. The potassium fertilizer amounts (Fertigation) at three levels (50, 70, and 100% of requirement) were considered as the main plot and the design of conductor tubes of the SSDIadj system in seven levels as sub plots. The irrigation guide tubes were arranged for sand tube irrigation in (control), 40-40-40-40, 40-40- 50-50, 40-40-60-60, 40-40-50-60, 40-40-50-70, and 40-40-50-80. Meteorological data from the nearest meteorological station was collected and analyzed. Yield, water consumption, irrigation water productivity index and growth conditions of ShahPasand pistachio cultivar were determined in different treatments. Data were analyzed using Genstat-12 software and based on the analysis of surplus costs and aerial data, the best treatment including combination of potassium fertilizer and arranged tubes of SSDIadj system was determined. The recommended treatments are including of full irrigation, full potassium fertilizer and guide tubes 40-40-50-70 and or 40-40-50-80. The treatments with stratified conductive tubes in the optimal distribution of water, improving productivity and reducing inefficient consumption water. In addition, there are no restrictions on subsurface irrigation such as root accumulation, root penetration into pores of drippers and as well as accumulation of salts.

Keywords: Water productivity, Sand tube, Potassium fertilizer, Conductive tubing

1. Agricultural Engineering Research Institute, Agricultural Research, Education, and Extension Organization, Karaj, Iran.
2. Soil and Water Research Institute, Agricultural Research, Education, and Extension Organization, Karaj, Iran.
*: Corresponding author, Email: ar.tavakoli@areeo.ac.ir