نشریه علوم آب و خاک
سال بیست و ششم / شماره دوم / تابستان ۱۴۰۱/مقاله علمی-پژوهشی: صفحات ۱ تا ۲۰

اثر صفات مختلف بر عملکرد و بهره‌وری آب در آبیاری قطره‌ای سطحی و زیرسطحی خرما رقم کبکاب

نادر سلامتی[1*]، حسین دهقانی سانیج[2] و لیلا بهبهانی[1]

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۸/۲۴ ؛ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۳/۱۹)

چکیده

افزایش تولید محصول به‌ازای واحد حجم آب مصرفی نیازمند شناخت وابسته‌ترین متغیر در آبیاری قطره‌ای به حجم آب مصرفی و همچنین شناسایی مهم‌ترین عوامل و متغیرهای مستقل اثرگذار بر بهره‌وری آب در آبیاری قطره‌ای سطحی و زیرسطحی به‌منظور استفاده بهینه از منابع آب موجود است. بدین‌منظور آزمایشی طی چهار سال زراعی (۱۳۹۶-۱۳۹۲) در ایستگاه تحقیقات کشاورزی بهبهان بر روی خرما رقم کبکاب اجرا شد. تیمارهای آزمایش شامل مقدار آب مصرفی در روش آبیاری قطره‌ای زیرسطحی در دو سطح بر اساس ۷۵ و ۱۰۰ درصد نیاز آبی و در روش قطره‌ای سطحی بر اساس ۱۰۰ درصد نیاز آبی بودند. تجزیه و تحلیل داده‌ها با استفاده از طرح آزمایشی بلوک های کامل تصادفی با سه تکرار انجام شد. نتایج تجزیه واریانس میانگین تیمارهای مختلف آبیاری در صفات کمّی نشان داد از نظر شاخص وزن خوشه، وزن میوه و نسبت وزن گوشت میوه به هسته اثر آبیاری در سطح ۱ درصد معنی‌دار بود. نتایج تجزیه واریانس رگرسیون نشان داد که در متغیر وابسته وزن خوشه، حجم آب مصرفی ۱۹/۱ درصد (R^2=۰/۱۹۱) میزان نوسانات متغیر وابسته (وزن خوشه) را تبیین کرد. حجم آب مصرفی از بین تمام متغیرهای مورد بررسی موجب تبیین بیشترین تغییرات معنی‌دار در خشکیدگی خوشه خرما شد. رطوبت میوه با آماره‌ی t به میزان (۲/۰۹۶) و ضریب بتایی معادل (۰/۰۴۶) اثر مثبت معنی‌داری در سطح ۵ درصد بر بهره‌وری آب داشت. نتایج ضریب همبستگی پیرسون نشان داد که تأثیر عملکرد بر تغییرات بهره‌وری آب از حجم آب مصرفی بسیار بیشتر بود به‌طوری که عملکرد موجب سیر تغییرات معنی‌داری بر بهره‌وری آب شد. این درحالی بود که اثر حجم آب مصرفی بر بهره‌وری آب معنی‌دار نشد.

واژه‌های کلیدی: نیاز آبی، سطوح مختلف آب، ضریب رگرسیون، بهره‌وری آب

۱. بخش تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، اهواز، ایران

۲. مؤسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران

*: مسئول مکاتبات: پست الکترونیکی: nadersalamati@yahoo.com

مقدمه

خرما یکی از محصولات مهم باغی است که نقش مهمی در امنیت غذایی، حفظ و پایداری محیط زیست و اقتصاد ملی ایفا می‌کند. ایران با بیش از ۴۰۰ رقم خرما دارای غنی ترین ژرم پلاسم در جهان بوده که حدود ۵۰ رقم از این مجموعه دارای ارزش تجاری و صادراتی هستند (۱۹).

خرما، چهارمین محصول باغبانی از نظر میزان تولید و سطح باغی کشور با میزان تولید ۱/۲۷۵ میلیون تن بوده و این میزان تولید از ۶/۳۱ درصد از کل سطوح باغات کشور حاصل شده است. مجموع سطوح بارور و غیربارور خرما در کشور حدود ۲۵۶ هزار هکتار است. نخیلات بارور و غیربارور به‌ترتیب ۸۵/۶ و ۱۴/۴ درصد از کل سطح زیر کشت نخیلات کشور را به‌خود اختصاص داده‌اند (۱). میزان تولید خرما در استان خوزستان در سطح ۳۱۸۱۴ هکتار بارور، ۱۶۳۰۷۸ تن و عملکرد معادل ۵۱۲۶ کیلوگرم در هکتار اعلام شده است (۱). در حال حاضر حدود ۹۱/۷ درصد اراضی نخلستان‌های بارور کشور زیر کشت آبی بوده و بیش از ۹۷ درصد تولید خرمای کشور از این اراضی عاید می‌شود، به‌عبارت دیگر فقط حدود ۳ درصد از کل تولید خرما در کشور از اراضی زیر کشت دیم به‌عمل می‌آید. بنابراین، در حال حاضر بدون انجام آبیاری تقریباً امکان تولید خرما در کشور وجود ندارد، زیرا که سهم تولید از اراضی دیم بسیار اندک بوده و تابع شرایط اقلیمی است که در سال‌های اخیر بسیار متغیر و ناپایدار بوده است. بنابراین، آب اولین و مهم‌ترین عامل محدودیت در تولید خرما در کشور محسوب می‌شود (۱).

از جمله ویژگی‌های سیستم آبیاری قطره‌ای می‌توان به حداقل کردن فرسایش خاک، توزیع بسیار یکنواخت آب، حداقل‌کردن هزینه نیروی کارگری و تنوع در عرضه و میزان دبی با تنظیم قطره‌چکان‌ها اشاره کرد (۲۴). سیستم آبیاری قطره‌ای زیرسطحی به‌عنوان سیستمی که زیر سطح خاک کار می‌کند، نسبت به سیستم قطره‌ای سطحی نقش بیشتری در صرفه جویی در آب و مواد مغذی علاوه بر کنترل شوری، نفوذ عمقی و دوام سیستم بازی می‌کند، این امر ممکن است به دلیل سطح خیس شده کروی آب زیر سطح خاک در مقایسه با سطح نیم‌کروی زیر قطره‌چکان‌های سطحی باشد (۲۰). هزینه‌های اولیه آبیاری کرتی در اراضی به‌نسبت مسطح کم خواهد بود و برای بهره‌برداران انجام این نوع آبیاری ساده‌تر است. با این حال، برخی از کشاورزان با توجه به معایب آبیاری سطحی از آن استفاده می‌نمایند. از جمله معایب آبیاری سنتی می‌توان به موارد زیر اشاره کرد: راندمان پایین،کار فشرده و مدوام و عدم انجام آبیاری زمین‌های شنی که البته آبیاری قطره‌ای امکان آبیاری این مناطق را مهیا می‌کند (۸ و ۱۶).

پژوهش‌های انجام شده در کشور در مورد آبیاری نخیلات اغلب شامل روش آبیاری سطحی بوده است. بنابرین، ابتدا پژوهش‌های انجام شده در مورد آبیاری سطحی نخیلات، سپس آبیاری قطره‌ای سطحی و زیرسطحی در ایران و جهان آورده شده است: فرزام‌نیا و راوری (۱۱) تأثیر کم‌آبیاری بر روی درختان بارور خرمای رقم مضافتی را با چهار تیمار آبیاری به میزان ۶۰، ۸۰، ۱۰۰ و ۱۲۰ درصد تبخیر از تشت کلاس A بررسی کرد. بیشترین و کمترین عملکرد از تیمار آبیاری ۸۰ و ۶۰ درصد تبخیر از تشت به‌ترتیب به میزان ۱۵/۴ و ۱۰/۴ تن در هکتار به‌دست آمد که تفاوت معنی‌داری با هم داشتند. اما تیمارهای مورد آزمایش اثر معنی‌داری بر رطوبت، مواد جامد محلول و قند کل میوه به همراه نداشت. بر اساس نتایج، آبیاری به‌میزان ۸۰ درصد تبخیر از تشت کلاس A به‌عنوان یک روش مدیریتی در آبیاری نخلستان‌های بم توصیه شد. رستگاری و زرگری (۲۲) با انجام پژوهشی در استان فارس بر روی رقم خرمای شاهانی نشان دادند که بیشترین عملکرد میوه و بهره‌وری مصرف آب با انجام آبیاری به میزان‌های ۵۰ و ۷۵ درصد تبخیر تجمعی از تشت کلاس A به‌ترتیب در فصل بهار و بقیه‌ی ایام سال حاصل شد. آبیاری درختان خرمای رقم پیارم در مراحل رویشی و زایشی نشان داد که اختلاف معنی‌داری از نظر صفات رویشی نظیر تعداد برگ و برگچه، محیط تنه، سطح سایه‌انداز و عملکرد محصول بین تیمارهای ۷۵ و ۱۰۰ درصد

تبخیر تجمعی از تشت کلاس A وجود نداشت. بیشترین بهره‌وری مصرف آب، از آبیاری قطره‌ای با میزان آب معادل ۷۵ درصد تبخیر تجمعی از تشت کلاس A به‌دست آمد (۴).

در پژوهشی که با ۳ سطح دور آبیاری (۹۰، ۱۲۰ و ۱۵۰ میلی‌متر تبخیر تجمعی از تشتک کلاس A) و دو سطح میزان آب آبیاری (۷۰ و ۱۰۰ درصد میزان تبخیر تجمعی) و یک تیمار شاهد در منطقه جیرفت استان کرمان اجرا شد. نتایج نشان داد که کم‌ترین میزان خسارت عارضه خشکیدگی خوشه با ۱۵/۸ درصد مربوط به تیمار ۹۰ میلی متر تبخیر (با دور یک‌بار در هفته) و میزان آب آبیاری ۷۰ درصد این میزان تبخیر تجمعی (۶۳۰ مترمکعب در هکتار به ازای هر دور آبیاری) و بیشترین میزان خسارت با ۵۱ درصد مربوط به تیمار شاهد بود. به‌عنوان نتیجه‌گیری کلی اعلام کردند که در شرایط آبیاری باغ‌های خرما که دارای خاک سبک هستند با دور آبیاری ۹۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک کلاس (A تقریباً هفته‌ای یک‌بار) و میزان آب آبیاری برابر ۷۰ درصد ۹۰ میلی‌متر تبخیر (۶۳۰ متر مکعب در هکتار برای هر دور آبیاری) در فاصله زمانی اردیبهشت ماه تا پایان تابستان جهت رسیدن به کم‌ترین میزان خسارت از عارضه خشکیدگی خوشه خرما توصیه شد (۲۴).

پژوهشی روی ۳ رقم خرمای کبکاب، زاهدی و شهابی در بین سال‌های ۱۳۸۲تا ۱۳۸۵ در استان بوشهر اجرا شد. تیمارها شامل ۳۵، ۵۰ و ۶۵ درصد از مقدار آب مورد نیاز بود. صفات اندازه‌گیری شده شامل وزن، طول و قطر میوه، وزن، طول و قطر هسته، نسبت گوشت به هسته، رطوبت، TSS، PH و عملکرد بود. نتایج نشان داد که اثر رقم بر تمامی صفات معنی‌دار بوده است. درحالی‌که تیمارهای آبیاری بجز بر عملکرد محصول بر سایر صفات اثر معنی‌دار نداشته است. بیش‌ترین عملکرد در تیمار ۶۵ درصد آب مورد نیاز مشاهده شد. همچنین، میانگین آب مصرفی در تیمارهای مختلف آبیاری در طول ۳ سال آزمایش به ترتیب ۵۴۹۷، ۷۷۵۸ و ۹۸۲۲ متر مکعب در هکتار در سال با بهره‌وری آب ۰/۵۴۴، ۰/۴۸۱ و ۰/۴۰۹ کیلوگرم بر متر مکعب آب مصرفی بود (۲۱).

در پژوهشی، دو سطح آبیاری ۱۰۰٪ ETc و ۷۰٪ ETc در سه بازه آبیاری ۵۰ ، ۱۰۰ و ۱۵۰ میلی‌لیتر تبخیر تجمعی در دو مکان با دمای مختلف روزانه و سالانه متفاوت در استان سیستان و بلوچستان بر روی خرمای رقم مضافتی مقایسه شد. دور آبیاری در فواصل تبخیر ۱۰۰ میلی‌متر منجر به بیشترین وزن میوه در خوشه و عملکرد در دو باغ شده و بیشترین بهره‌وری آب در محل ۲ (منطقه گرم‌تر) به‌دست آمد. سطوح مختلف آبیاری اثر معنی‌داری بر خشکیدگی خوشه خرما نداشت. ولی بهترین کنترل خشکیدگی خوشه در دور آبیاری ۱۰۰ میلی‌متر به‌دست آمد. افزایش میانگین وزن میوه فقط در محل ۱ با فواصل آبیاری ۵۰ و ۱۰۰ میلی‌لیتر تبخیر مشاهده شد. بیشترین مقدار مواد جامد محلول و قندهای محلول در محل دوم با دور آبیاری در تبخیر ۱۵۰ میلی‌لیتر به‌دست آمد. ترکیبات فنلی کل و نشاسته میوه به‌ترتیب با آبیاری کامل کمترین و بیشترین مقدار را نشان دادند (۵).

نتایج پژوهش‌های انجام شده در مورد روش آبیای قطره‌ای سطحی و زیرسطحی بر عملکرد و بهره‌روی آب نخیلات در کشور کمتر منتشر شده است از جمله این پژوهش‌های انجام شده در ایران و کشورهای عربی خلیج فارس می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:

محبی و علی‌حوری (۲۰) در پژوهشی که با چهار تیمار آبیاری شامل روش آبیاری سطحی و قطره‌ای با میزان آب معادل ۷۵ و ۱۰۰ درصد تبخیر تجمعی از تشت تبخیر کلاس A در استان هرمزگان انجام شد نشان دادند با وجود مصرف مقادیر متفاوت آب در تیمارهای آبیاری، اختلاف معنی‌داری در عملکرد میوه، صفات رویشی و سطح سایه‌انداز وجود نداشت. بیشترین و کمترین مقدار بهره‌وری آب به‌ترتیب از تیمار آبیاری قطره‌ای با میزان آب معادل ۷۵ درصد و تیمار آبیاری سطحی با میزان آب معادل ۱۰۰ درصد تبخیر تجمعی از تشت تبخیر کلاس A به‌دست آمد. بنابراین، آبیاری با روش قطره‌ای و به عمق معادل ۷۵ درصد تبخیر تجمعی از تشت کلاس A برای آبیاری نخلستان‌ها توصیه شد. غفاری‌نژاد (۱۳) تأثیر دو روش

آبیاری قطره‌ای و نواری سطحی را بر رشد رویشی خرمای مضافتی مقایسه کرد. بررسی شاخص‌های رشد رویشی نشان داد که تأثیر روش‌های آبیاری در ارتفاع درخت و متوسط طول برگ معنی‌دار نبود، ولی این تأثیر بر تعداد برگ‌ها معنی‌دار بود.

نتایج پژوهش محبی (۱۷) در مورد مقایسه اثرات دو میزان آب معادل ۷۵ و ۱۰۰ درصد تبخیر تجمعی از تشت کلاس A در دو روش قطره‌ای و سطحی بر رشد و نمو نخل خرمای رقم پیارم نشان داد که بین تیمارهای مختلف به لحاظ برخی شاخص‌های رشد رویشی مانند تعداد برگچه، قطر تنه و سطح سایه‌انداز اختلاف معنی‌داری وجود داشته است. ولی از نظر تعداد برگ، عملکرد و خصوصیات کیفی میوه شامل pH، رطوبت، مواد جامد محلول و قند کل میوه، تفاوت بین تیمارها معنی‌دار نبوده است. دور آبیاری در روش قطره‌ای دو روز و در روش سطحی هفت روز بود. همچنین، نتایج نشان داد که اگرچه در تیمارهای مختلف میزان آب مختلفی در اختیار درختان قرار گرفت ولی از لحاظ عملکرد و صفات کیفی میوه اختلاف معنی‌داری بین تیمارها وجود نداشت و تأثیر تیمارهای مورد آزمایش بر صفات رویشی و عملکرد محصول معنی‌دار نبود، مصرف آب در تیمار ۷۵ درصد تبخیر در روش قطره‌ای حدود ۴۰ درصد مصرف آب در روش سطحی بوده است. درحالی که از لحاظ آماری اختلاف معنی‌داری بین عملکرد محصول خرما وجود نداشت. بنابراین، تیمار ۷۵ درصد تبخیر از تشت و به روش قطره‌ای تیمار برتر معرفی شد (۱۷).

یک آزمایش میدانی در قسمت غربی عربستان سعودی با چهار رژیم آبیاری به‌ترتیب معادل ۵۰ ، ۶۵ ، ۸۲ و ۱۰۰درصد از نیاز آبی انجام شد. نیاز روزانه به آب با استفاده از معادله پنمن مانتیث برای آب و هوای خشک محاسبه و سه بار در هفته از طریق سیستم آبیاری قطره‌ای به درختان اعمال شد. نتایج نشان داد که دادن ۶۵ درصد از کل آب نخل خرما با تولید ۴۶/۱ کیلوگرم در هر درخت، عملکرد خرما را به حداکثر رساند و منجر به بهترین بهره‌وری آب به میزان ۰/۸ کیلوگرم در هر متر مکعب شد. با افزایش رژیم آب به ۸۲ و ۱۰۰ درصد از کل آب مورد نیاز به‌ترتیب فقط ۴۵/۵ و ۴۶ کیلوگرم در هر درخت تولید شد ولی بهره‌وری آب کاهش یافت. به‌طور کلی ویژگی های کیفی میوه به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر رژیم های آبیاری قرار نگرفتند. نتایج نشان داد که مصرف ۳۴ متر مکعب در سال برای هر درخت منجر به بالاترین بهره‌وری آب و کیفیت نخل خرما در قسمت غربی عربستان سعودی شده است (۲۳).

العمود و همکاران (۳) نیز عکس‌العمل درختان خرما را نسبت به سه روش آبیاری کرتی، حبابی (بابلر) و قطره‌ای بررسی کرده‌اند. نتایج این مطالعه نشان داد که بیشترین عملکرد محصول و کارایی مصرف آب به سیستم آبیاری قطره‌ای و سپس آبیاری کرتی اختصاص داشته است. در آزمایشی در کشور عربستان سعودی، اثرات دور آبیاری بر عملکرد و کیفیت میوه نخل خرما بررسی شد (۷). آبیاری به روش قطره‌ای و با پنج دور آبیاری روزانه، دو روز، سه روز، پنج روز و هفت روز انجام گرفت. بیشترین عملکرد میوه و بهترین گروه کیفی میوه با آبیاری روزانه به‌دست آمد که با تیمارهای دور آبیاری پنج و هفت روز تفاوت معنی‌داری داشت. آزمایش‌های متعدد انجام شده توسط احمد و همکاران (۲) نشان داد که روش آبیاری قطره‌ای زیرسطحی دارای پتانسیل بزرگی در غلبه بر کمبود آب به‌خصوص در مناطق خشک می‌باشد. آن‌ها همچنین گزارش کردند که نیاز به حفظ تعادل بین منابع آب و تولید محصولات کشاورزی با در نظر گرفتن نیاز آبی برای خرما و کمبود آب در منطقه وجود دارد. بنابراین، این تعادل را می‌توان با اجرای فناوری‌های آبیاری مناسب و کاهش تنش در تخلیه منابع آب زیرزمینی فعلی با اتخاذ اقدامات بهینه‌سازی مصرف آب بدون کاهش تولید محصولات کشاورزی عملی کرد (۱۵). سطح وسیعی از کشور ایران دارای شرایط اقلیم خشک و نیمه‌خشک است. از ۱/۶ میلیون کیلومتر مربع مساحت کشور، بیش از یک میلیون کیلومتر مربع یا معادل ۶۵ درصد زیر پوشش اقلیم خشک قرار داشته و حدود ۲۰ درصد نیز دارای اقلیم نیمه‌خشک است. حدود ۷۰ درصد

بارندگی در ۲۵ درصد از سطح کشور رخ می‌دهد و حدود ۷۵ درصد بارندگی نیز در فصولی که آبیاری محصول نیاز نیست، به وقوع می‌پیوندد (۱۰).

در این راستا با توجه به استراتژیک‌بودن محصول خرما در استان خوزستان، لزوم اجرای طرح‌های پژوهشی در مورد امکان استفاده از سیستم آبیاری قطره‌ای زیرسطحی بر روی درختان خرما بسیار ضروری و اجتناب‌ناپذیر است. بنابراین، با انجام این پژوهش امکان استفاده از سامانه قطره‌ای زیرسطحی محک خورد. با توجه به بروز خشکسالی‌های مستمر و بحران آب در مناطق مختلف کشور و با عنایت به اینکه گزارش‌هایی از عوامل مستقل اثرگذار بر بهره‌وری آب در آبیاری قطره‌ای زیرسطحی و قطره‌ای سطحی نخیلات در ایران منتشر نشده و همچنین اطلاعات اندکی در مورد تأثیر سیستم‌های آبیاری قطره‌ای زیرسطحی بر نخیلات موجود است بنابراین، این پژوهش با هدف بررسی اثر متغیر مستقل حجم آب مصرفی بر دیگر متغیرهای این پژوهش از یک سو انجام شده و از سوی دیگر اثر کل متغیرهای مستقل (اجزای عملکرد و دیگر عوامل مستقل) بر عملکرد و بهره‌وری آب به‌عنوان متغیرهای وابسته مورد ارزیابی قرار گرفتند. در پایان مهم‌ترین متغیرهای مستقل اثرگذار بر بهروری آب مشخص و همچنین حساس‌ترین متغیرها به مقدار آب مصرفی تعیین شدند.

مواد و روش‌ها

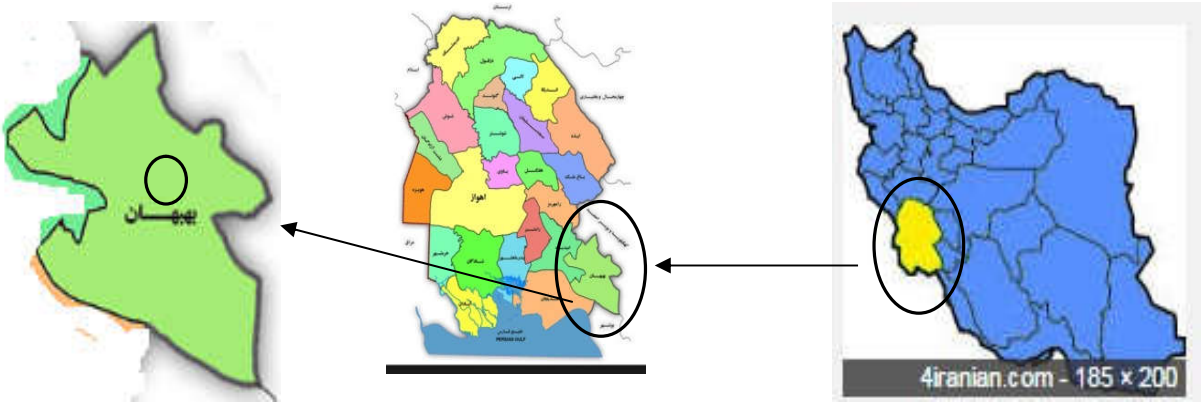
۱- آزمایش‌های مزرعه‌ای: آزمایش‌های لازم برای اجرای پروژه تحقیقاتی در ایستگاه تحقیقات کشاورزی بهبهان با طول جغرافیایی ۱۴َ°۵۰ شرقی و ۳۶َ°۳۰ عرض شمالی انجام شد. این ایستگاه تحقیقاتی در ۵ کیلومتری شمال شهر بهبهان واقع است و شهرستان بهبهان در جنوب شرق استان خوزستان قرار دارد. موقعیت جغرافیایی ایستگاه تحقیقات کشاورزی بهبهان در شکل ۱ نشان داده شده است.

بر اساس استانداردهای موجود، از آب آبیاری در طول فصل نمونه آب تهیه شد و جهت اندازه‌گیری های کیفی به آزمایشگاه ارسال شد. نتایج این آزمایش در جدول ۱ نشان داده شده است. نتایج آزمایشات تعیین بافت خاک، تعیین خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک در جدول‌های ۲ و ۳ نشان داده شده است.

در جدول ۴ نیز میانگین مقادیر آب مصرفی تیمارهای مختلف در چهار سال انجام پژوهش نشان داده شده است.

۲- طرح آماری: به‌منظور بررسی تأثیر مقدار آب در آبیاری قطره‌ای زیرسطحی و قطره‌ای سطحی بر عملکرد، اجزای عملکرد، بهره‌وری آب، ابتدا اثر متغیر مستقل حجم آب مصرفی بر متغیرهای وابسته بررسی و متغیر وابسته‌ای که بیشترین تأثیرپذیری مستیقیم از مصرف آب را داشت مشخص شد. همچنین، متغیر مستقلی که بیشترین اثر آماری را بر بهره‌وری آب و عملکرد داشت نیز مشخص شد. در این راستا آزمایشی به صورت طرح بلوک‌های کامل تصادفی طی چهار سال (۱۳۹۲ - ۱۳۹۶) در ایستگاه تحقیقات کشاورزی بهبهان در سه تکرار اجرا شد. مقدار آب در آبیاری قطره‌ای زیرسطحی در دو سطح بر اساس ۷۵ و ۱۰۰ درصد نیاز آبی و قطره‌ای سطحی بر اساس ۱۰۰ درصد نیاز آبی بر روی رقم نخل خرمای کبکاب مقایسه شد. برای هر درخت (در یک ردیف) از لوله‌های پلی‌اتیلن با قطر ۱۶ میلی‌متر که فاصله قطره‌چکان‌های آن ۷۰ سانتی‌متر و آبدهی ۴ لیتر در ساعت داشتند، استفاده شد. نصب لوله‌های زیرسطحی با فاصله‌ی یک متری از تنه اصلی درخت خرما و در عمق ۴۰ سانتی‌متری خاک انجام شد. برای هر ردیف درخت از دو ردیف لوله زیرسطحی به گونه‌ای استفاده شد که هر لوله با ۶ قطره‌چکان و تولید پیاز رطوبتی محدوده ریشه‌های مؤثر را مرطوب می‌نمود. به عبارت دیگر با آبیاری زیرسطحی، و قطره‌ای سطحی هر درخت، ۴۸ لیتر آب در ساعت دریافت می‌کرد که البته میزان واقعی آبدهی قطره‌چکان‌ها و در کل، میزان آب مورد استفاده هر ردیف لوله زیرسطحی و سطحی، توسط کنتورهای حساس با دقت یک دهم لیتر که در ابتدای هر خط آبیاری زیرسطحی و قطره‌ای سطحی نصب بود، ثبت شدند.

۳- تعیین صفات : عملیات باغی نظیر گرده‌افشانی، دفع علف‌های هرز، حذف پاجوش و تعدیل نسبت برگ به خوشه



شکل ۱. موقعیت جغرافیایی محل اجرای آزمایش در ایستگاه تحقیقات کشاورزی بهبهان (رنگی در نسخه الکترونیکی)

جدول ۱. نتایج تجزیه نمونه آب

ردیف	منبع آبدهی	EC (µS/cm)	pH	کاتیون‌ها (meq/l)			آنیون‌ها (meq/l)	
				Ca^{2+}	Mg^{2+}	Na^{+}	HCO^{3-}	Cl^{-}
۱	چاه	۳۰۸۰	۷/۰	۱۱/۵	۹/۵	۱۴/۵	۳/۰	۱۲/۰

جدول ۲. مشخصات بافت خاک

عمق خاک (cm)	شن (٪)	سیلت (٪)	رس (٪)	بافت
۰-۳۳	۷	۴۶	۴۷	Silty clay
۳۳-۶۶	۹	۴۲	۴۹	Silty clay
۶۶-۱۰۰	۹	۴۸	۴۳	Silty clay

جدول ۳. برخی مشخصات شیمیایی نمونه خاک

عمق خاک Soil depth (cm)	EC (dS/m)	pH	آنیون‌ها (meq/l)			جمع	کاتیون‌ها (meq/l)			جمع
			SO_4^{-2}	Cl^{-}	HCO_3^{-}		Na^{+}	Ca^{2+}	Mg^{2+}	
۰-۳۳	۵/۷۴	۸/۵۵	۵۱/۵۵	۵	۸/۷۵	۶۵/۳	۵۴/۳۴	۳۱/۲۵	۱۲/۵	۹۸/۰۹
۳۳-۶۶	۳/۰۱	۷/۸۳	۴۰/۹۸	۶/۲۵	۶/۲۵	۵۳/۴۸	۱۹/۰۲	۳۶/۲۵	۱۱/۲۵	۶۶/۵۲
۶۶-۱۰۰	۳/۸۱	۸/۰۶	۶۰/۶۸	۱۰	۶/۲۵	۷۶/۹۳	۴۰/۷۶	۲۶/۲۵	۱۸/۷۵	۸۵/۷۶

جدول ۴. میانگین مصرف آب در تیمارهای آزمایش در رقم کبکاب در سال‌های انجام پروژه

سال	بارندگی (میلی‌متر)	بارندگی موثر (میلی‌متر)	بارندگی موثر (مترمکعب در هکتار)	تیمار قطره‌ای سطحی (مترمکعب در هکتار)	تیمار ۱۰۰٪ نیاز آبی در قطره‌ای زیرسطحی (مترمکعب در هکتار)	تیمار ۷۵٪ نیاز آبی در قطره‌ای زیرسطحی (مترمکعب در هکتار)	مجموع تیمار قطره‌ای سطحی (مترمکعب در هکتار)	مجموع تیمار ۱۰۰٪ نیاز آبی در قطره‌ای زیرسطحی (مترمکعب در هکتار)	مجموع تیمار ۷۵٪ نیاز آبی در قطره‌ای زیرسطحی (مترمکعب در هکتار)
اول	۴۵۳/۲	۳۸۱/۰	۳۸۱۰/۲	۱۰۰۹۹/۲	۹۹۷۲/۲	۷۴۷۹/۱	۱۳۹۰۹/۳	۱۳۷۸۲/۳	۱۱۲۸۹/۳
دوم	۲۴۲/۸	۲۱۵/۵	۲۱۵۵/۲	۱۰۲۶۳/۴	۱۰۱۴۸/۷	۷۶۱۱/۵	۱۲۴۱۸/۶	۱۲۳۰۳/۹	۹۷۶۶/۷
سوم	۳۵۶/۵	۲۹۵/۹	۲۹۵۹/۱	۱۰۱۱۴/۸	۹۹۹۴/۵	۷۴۹۵/۸	۱۳۰۷۳/۸	۱۲۹۵۳/۵	۱۰۴۵۴/۹
چهارم	۲۶۵/۴	۲۳۳/۳	۲۳۳۳/۰	۱۰۴۱۴/۷	۱۰۲۸۹/۵	۷۷۱۷/۱	۱۲۷۴۷/۷	۱۲۶۲۲/۵	۱۰۰۵/۱
میانگین	۳۲۹/۵	۲۹۴/۶	۲۹۴۵/۹	۱۰۲۲۳/۰	۱۰۱۰۱/۲	۷۵۷۵/۹	۱۳۱۶۸/۹	۱۳۰۴۷/۱	۱۰۵۲۱/۸

برای کلیه تیمارها یکسان انجام شد. در زمان برداشت، محصول تمام درختان مورد آزمایش برداشت و توزین شد و میزان عملکرد میوه برای هر تیمار بر حسب کیلوگرم بر هکتار محاسبه شد. سپس با انتخاب تصادفی حدود یک کیلوگرم از محصول برداشت‌شده از هر تیمار، مشخصات فیزیکی و درصد رطوبت میوه و میزان کل مواد جامد محلول (قند کل) اندازه‌گیری شد. برای هر تیمار آبیاری سه درخت استفاده شد. درختان با فاصله ۸×۷ متری در سال ۱۳۶۹ به صورت پاجوش غرس شده‌اند. سپس کلیه شاخص‌های مذکور با توجه به نوع طرح آزمایشی توسط نرم افزار آماری MSTATC مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. برای تجزیه و تحلیل رگرسیون چندمتغیره خطی (Linear Multivariate Regression) به روش گام‌به‌گام Stepwise از نرم‌افزار SPSS16 بهره گرفته شد. تجزیه فوق به منظور تبیین میزان تغییرات صفات کمی (وزن هسته، وزن خوشه، وزن میوه، نسبت وزن گوشت میوه به هسته، قطر، طول، تعداد خوشه، تعداد میوه در خوشه، تعداد رشته در خوشه، درصد خشکیدگی خوشه، عملکرد و بهره‌وری آب) و کیفی (قند میوه، سفتی بافت میوه، حجم میوه، رطوبت، کل مواد جامد محلول (TSS) و pH) و درصد خشکیدگی خوشه، ابتدا به‌عنوان متغیر وابسته و اثر حجم آب مصرفی به‌عنوان متغیر مستقل بر صفات فوق ارزیابی شده و سپس اثر صفات فوق به‌عنوان متغیر مستقل بر عملکرد و بهره‌وری آب مورد پژوهش و بررسی قرار گرفتند. اثر متغیرهای مستقل بر متغیرهای وابسته بدین‌گونه بررسی شد که از طریق نرم‌افزار SPSS16 آنالیز تجزیه واریانس رگرسیون برای متغیرهای مختلف انجام شد. اگر در جدول تجزیه واریانس رگرسیون، سطح معنی‌داری از ۵ درصد بیشتر بود با حذف متغیرهای مستقلی که نزدیک‌ترین آماره t به عدد صفر را داشتند با تجزیه رگرسیون مجدد این کار تا مرحله‌ای ادامه پیدا کرد تا سطح معنی‌داری جدول تجزیه واریانس مدل رگرسیون حداقل به زیر ۵ درصد رسید. متغیر مستقلی که ضریب t آن در جدول تجزیه واریانس رگرسیون به ۱/۹۶ یا ۲/۵۶ یا (۱/۹۶- یا ۲/۵۶-) برسد اثر آن متغیر مستقل بر متغیر وابسته به‌ترتیب در سطوح ۵ و ۱ درصد معنی‌دار بود. بنابراین، متغیری که دارای بیشترین قدرمطلق ضریب t در جدول تجزیه واریانس رگرسیون بود، بیشترین اثر معنی‌دار را بر متغیر وابسته داشت. منفی یا مثبت‌بودن ضریب t به معنی غیر همراستا یا هم راستا بودن روند تغییرات متغیر مستقل با متغیر وابسته است. ضریب مسیر (ضریب بتا) بیان‌کننده وجود رابطه علّی خطی و شدت و جهت این رابطه بین دو متغیر مکنون است. درحقیقت همان ضریب رگرسیون در حالت استاندارد است. ضریب بتا نسبت به مقدار ۱ سنجیده می‌شود، بدین‌معنا که ضریب بتای یک، بزرگتر از یک و کوچکتر از یک، به‌ترتیب نشان‌دهنده هم شدت‌بودن، شدیدتر بودن و ملایم‌تر بودن تغییرات متغیر وابسته نسبت به متغیر مستقل است. ضریب بتای صفر نیز نشان‌دهنده بی‌تفاوتی و استقلال متغیر وابسته نسبت به متغیر مستقل را نشان می‌دهد. علامت مثبت ضریب بتا، هم‌سو بودن و علامت منفی این ضریب، غیرهمسو بودن تغییرات متغیر وابسته را نسبت به متغیر مستقل نشان می‌دهد. برای مقایسه آماری نتایج حاصل از پارامترهای اندازه‌گیری یا محاسبه‌شده از ضرایب همبستگی پیرسون استفاده شد. تجزیه و تحلیل نتایج، بر اساس معنی‌دار بودن ضرایب همبستگی شاخص‌های عملکرد، صفات کمّی، کیفی و بهره‌وری آب در سطوح ۱ و ۵ درصد انجام شد.

برای مدیریت دقیق آبیاری، با استفاده از آمار روزانه ایستگاه هواشناسی سینوپتیک بهبهان (دمای حداقل و حداکثر روزانه، رطوبت حداقل و حداکثر روزانه سرعت باد و حداکثر ساعات آفتابی)، تبخیر و تعرق گیاه به‌صورت روزانه بر اساس مدل پنمن– مانتیث محاسبه شد (۶). تبخیر و تعرق روزانه با استفاده از نرم‌افزار ETCalculator محاسبه شد. با پایش اطلاعات به‌صورت روزانه مدت زمان آبیاری محاسبه و از طریق نمونه‌برداری خاک قبل از آبیاری‌ها، رطوبت وزنی سپس رطوبت حجمی و درنهایت کمبود رطوبت خاک مشخص شد و با میزان تبخیر و تعرق محاسبه شده از آمار روزانه هواشناسی صحت‌سنجی شد. به این‌ترتیب نیاز آبی ۱۰۰ درصد روزانه گیاه محاسبه شد. آن‌گاه مقادیر ۷۵ درصد نیاز آبی برای اعمال

تیمارها محاسبه شد. سپس، با کنتورهای با دقت ۰/۰۰۰۱ مترمکعب میزان آبی که به گیاه داده می‌شود رصد شد. دور آبیاری روزانه (هر روز) تعریف شد و برای تعیین ضرایب گیاهی بر اساس مدل فائو ۵۶ اقدام شد. بر اساس استانداردهای موجود، از آب آبیاری در طول فصل، نمونه آب تهیه شد و جهت اندازه‌گیری‌های کیفی به آزمایشگاه ارسال شد. نتایج این آزمایش در جدول ۱ نشان داده شده است.

آب مورد نیاز برای آبشویی کرت‌های آزمایشی مورد مطالعه، بر اساس نشریه فائو ۲۹ در آبیاری قطره‌ای از رابطه زیر برآورد شد (۱۳).

$$LR = EC_W / (2MaxEC_e) \quad (۱)$$

که در آن ECw هدایت الکتریکی آب آبیاری (بر حسب dS/m)، ECe آستانه تحمل شوری محصول خرما (بر حسب dS/m) و MaxECe شوری (بر حسب dS/m) با عملکرد صفر است. میزان MaxECe مطابق نشریه فائو ۲۹ معادل ۳۲ (بر حسب dS/m) اعلام شده است. با استفاده از فرمول (۱) نیاز آبشویی بر حسب درصد محاسبه شد و سپس با درنظرگرفتن نیاز آبی محاسبه شده در طول دوره آبیاری نخل، نیاز آبشویی بر حسب میلی‌متر محاسبه شد. آستانه تحمل شوری با ۱۰۰ درصد کاهش عملکرد برای نخیلات از نشریه فائو ۲۹ استخراج شد. راندمان آبیاری فصلی پیش‌بینی شده برای قطره‌ای سطحی و زیرسطحی به‌ترتیب ۹۵ و ۱۰۰ درصد در نظر گرفته شد.

به‌منظور ارزیابی شاخص‌های فوق، عمق نصب، فاصله قطره چکان‌ها از یکدیگر و تنه درختان در پروژه بر اساس نتایج بین‌المللی و بافت خاک تعیین شد. رطوبت نمونه‌های میوه در خشک‌کن خلأ در دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد مطابق روش استاندارد AOAC (Association of Official Analytical Chemists) تعیین شد (۹). میزان قند کل و قند احیاکننده به روش فهلینگ تعیین شد (۱۴). برای اندازه‌گیری سفتی بافت میوه خرما از هر تکرار یک نمونه با اندازه‌ی یکسان انتخاب کرده و نیروی مورد نیاز برای نفوذ پروب به قطر ۱/۶ میلی‌متر و با سرعت ۱/۵ میلی‌لیتر بر ثانیه (به‌منظور جابجایی به میزان ۶ میلی‌متر) به درون بافت خرما اندازه‌گیری شد (۱۲). مواد جامد محلول (TSS) با استفاده از رفراکتومتر اندازه‌گیری شد (۱۴). بهره‌وری آب از تقسیم عملکرد بر مجموع آب مصرف شده توسط آبیاری و بارندگی مؤثر محاسبه شد (معادله ۲). بارندگی مؤثر از معادله SCS (معادله ۳) تعیین شد (۲۵).

$$WUE = Y/(Pe+Ir) \quad (۲)$$

$$Pe = P\times((125-(0.2\times P))/125) \quad (۳)$$

که در آن، WUE بهره‌وری آب (kg/m^3)، Y عملکرد دانه (kg)، Pe بارندگی مؤثر (mm)، Ir عمق آبیاری (mm) و P بارندگی ماهیانه (mm) است. در رابطه (۳) مقادیر مخرج در واحد سطح ضرب تا واحد آن به مترمکعب تبدیل شود.

نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس میانگین تیمارهای مختلف آبیاری در صفات کمّی، نشان داد از نظر شاخص وزن خوشه، وزن میوه و نسبت وزن گوشت میوه به هسته اثر آبیاری در سطح ۱ درصد معنی‌دار بود. ولی اثر آبیاری بر دیگر صفات کمی، عملکرد و بهره‌وری آب معنی‌دار نبود. معنی‌دارنشدن اثر آبیاری بر عملکرد و بهره‌وری آب به این معنی است که با کاهش ۲۵۲۵/۳ مترمکعب در هکتار حجم آب مصرفی، عملکرد کاهش معنی داری نشان نداد و همچنین، کاهش مصرف آب در تیمار ۷۵ درصد نیاز آبی کاهش معنی‌داری در بهره‌وری آب تیمار ۱۰۰ نیاز آبی را موجب نشد (جدول ۵). اثر کاهشی مصرف آب در تیمار ۷۵ درصد نیاز آبی موجب کاهش وزن خوشه، وزن میوه و نسبت وزن گوشت میوه به هسته شد. ولی این اثر کاهش در عملکرد و دیگر اجزای عملکرد معنی‌دار نشد. ممکن است کاهش عملکرد که از وزن میوه حادث شده توسط تعداد میوه در خوشه یا تعداد رشته در خوشه جبران شده باشد. به‌طوری‌که افزایش این دو جز عملکرد، کاهش معنی‌دار وزن میوه را جبران کرده باشد. همچنین، در صفات کیفی، اثر آبیاری بر صفت pH

جدول ۵. خلاصه نتایج تجزیه واریانس مرکب صفات کمی و بهره‌وری آب خرما

منابع تغییرات	درجه آزادی	وزن هسته	وزن خوشه	وزن میوه	نسبت وزن گوشت میوه به هسته	قطر	عملکرد خرما	بهره‌وری آب	طول	درصد خشکیدگی خوشه	تعداد خوشه	تعداد میوه در خوشه	تعداد رشته در خوشه
سال	۳	۰/۰۵۵ n.s	۱۱۹۵۶/۷ n.s	۴/۵۴ n.s	۶/۶۷ n.s	۰/۴۴ n.s	۹۲۳۳۳۱۰/۳ n.s	۰/۰۴۸ n.s	n.s ۰/۱۲۴	۱۴۸۵/۸ n.s	۱/۱۷ n.s	۲۸۵۲۷۹/۶ n.s	۵۸/۲ n.s
تکرار	۸	۰/۰۲۱ n.s	۸۱۹/۱ n.s	۱/۱۸ n.s	۰/۷۱ n.s	۳/۷۶ n.s	۲۹۹۵۸۸۰/۴n.s	۰/۰۲۰ n.s	n.s ۰/۰۱۶	۵۱۲/۴ n.s	۱/۴۰ n.s	۶۵۸۹۲/۵n.s	۶۳/۷n.s
آبیاری	۲	۰/۰۲۷ n.s	** ۳۰۷۵۶/۳	۲۱/۳۱ **	۷/۳۹**	۴/۳۴ n.s	۳۲۷۳۴۳۸/۳ n.s	۰/۰۵۱ n.s	n.s ۰/۰۱۰	۲۶۵/۹ n.s	۴/۱۹ n.s	۴۴۱۱۳/۴ n.s	۱۴۲/۴ n.s
سال* آبیاری	۶	۰/۰۳۸ n.s	۱۵۸۸/۷ n.s	۱/۵۶ n.s	۲/۸۴ n.s	۱/۸۸ n.s	۳۳۲۴۹۲۷/۹ n.s	۰/۰۱۹ n.s	n.s ۰/۰۰۹	۱۸۴/۸ n.s	۲/۵۸ n.s	۵۲۸۴۰/۷ n.s	۸۷/۴ n.s
خطا	۱۶	۰/۰۱۶	۸۲۱/۲	۱/۰۹	۱/۳۶	۲/۶۹	۱۶۷۴۱۰۵/۸	۰/۰۱۱	۰/۰۱۰	۸۰/۴	۱/۳۲	۳۸۸۵۳/۶	۵۹/۴
ضریب تغییرات	–	۱۴/۱۹	۱۱/۲۶	۹/۱۱	۹/۹۱	۷/۴۱	۱۷/۲۱	۱۶/۹۶	۲/۶۱	۲۳/۸۶	۱۶/۹۵	۱۹/۴۱	۱۵/۴۷

**:اختلاف معنی‌دار در سطح ۱٪ *: اختلاف معنی دار در سطح ۵٪ .n.s اختلاف معنی‌داری وجود ندارد.

در سطح ۱ درصد معنی‌دار بود ولی بر تمام صفات کیفی دیگر اثر معنی‌داری نشان نداد. به‌عبارت دیگر کاهش مصرف آب در تیمار ۷۵ درصد نیاز آبی موجب اسیدی‌شدن میوه و کاهش معنی‌دار pH نسبت به تیمار ۱۰۰ درصد نیاز آبی در قطره‌ای سطحی و زیرسطحی شد (جدول ۶).

نتایج این پژوهش با یافته‌های محبی و علی‌حوری (۲۰)، علی‌حوری و تیشه‌زن (۴) و پژوهش محبی (۱۷) که در مطالعات آن‌ها، به‌رغم مصرف مقادیر متفاوت آب در تیمارهای آبیاری، اختلاف معنی‌داری در عملکرد میوه مشاهده نشد، مطابقت نشان می‌دهد. در این پژوهش مطابق تحقیق فرزام‌نیا و راوری (۱۱) تیمارهای پیشنهادی حداقل ۲۰ درصد در مصرف آب صرفه‌جویی داشتند. همانند پژوهش فرزام‌نیا و راوری (۱۱) و صالح و همکاران (۲۳)، تیمارهای سطوح مختلف آبیاری اثر معنی‌داری بر قند و مواد جامد محلول نداشت. همانند نتایج آزمایشات علی‌حوری و تیشه‌زن (۴) بیشترین بهره‌وری مصرف آب به‌ازای تیمارهایی که در آن‌ها ۲۵ درصد کم‌آبیاری اعمال شده، حاصل شده است.

نتایج تجزیه و تحلیل واریانس در مدل رگرسیون در جدول ۷ و ضرایب متغیرها در معادله رگرسیون برای متغیرهای وابسته نسبت به متغیر مستقل حجم آب مصرفی در جدول ۸ نشان داده شده است. نتایج نشان داد که در متغیر وابسته وزن خوشه، حجم آب مصرفی ۱۹/۱ درصد (R^2=۰/۱۹۱) میزان نوسانات متغیر وابسته (وزن خوشه) را تبیین کردند و از طرفی معنی‌دار بودن رگرسیون و رابطه خطی بین متغیرها نیز مشخص شد (P<۰/۰۱) (جدول ۷). ضرایب معادلات مستخرج از مدل نهایی رگرسیون چند متغیره برای متغیرهای وابسته وزن خوشه، طول میوه، خشکیدگی خوشه و سفتی بافت خاک در جدول ۸ نشان داده شده است. متغیر حجم آب مصرفی اثرات معنی‌داری در سطح ۱ درصد بر وزن خوشه و خشکیدگی خوشه خرما و در سطح ۵ درصد بر طول میوه و سفتی بافت میوه داشت. حجم آب مصرفی به ترتیب ۱۹/۱، ۱۳/۵، ۲۷/۸ و ۱۲/۹ درصد از تغییرات متغیرهای وزن خوشه، طول میوه، خشکیدگی خوشه و سفتی بافت میوه را تبیین کرد. به‌عبارت دیگر حجم آب مصرفی از بین تمام متغیرهای مورد بررسی موجب تبیین بیشترین تغییرات معنی‌دار در خشکیدگی خوشه خرما شد (جدول ۷). نتایج جدول شماره ۸ نیز به همین ترتیب نشان داد که خشکیدگی خوشه خرما با ضریب بتای ۰/۵۲۷- و آماره t به میزان ۳/۶۱۹- بیشترین وابستگی را به‌میزان حجم آب مصرفی داشت. ولی این سیر تغییرات منفی بود. به‌عبارت دیگر کاهش مصرف آب موجب تغییرات معنی‌دار صعودی در روند خشکیدگی خوشه خرما شد. نتایج این پژوهش با نتایج پژوهش سرحدی و شریف (۲۴) که نشان دادند کمترین میزان خسارت خشکیدگی خوشه خرما با بیشترین مصرف آب بوده، هم‌خوانی داشت. سفتی بافت و طول میوه هم وابستگی منفی با میزان آب مصرفی داشتند. به بیان دیگر کاهش مصرف آب موجب سفتی بیشتر و افزایش طول میوه شد ولی وزن خوشه وابستگی مثبت و معنی‌داری با روند تغییرات حجم آب مصرفی داشت (جدول ۸).

نتایج تجزیه و تحلیل واریانس در مدل رگرسیون و ضرایب متغیرها در معادله رگرسیون برای متغیر وابسته عملکرد به‌ترتیب در جدول‌های (۹) و (۱۰) نشان داده شده است. نتایج نشان داد که در متغیر وابسته عملکرد، متغیرهای مستقل نسبت وزن گوشت میوه به هسته، حجم آب مصرفی، طول میوه، تعداد خوشه، قند و رطوبت میوه ۴۷/۷ درصد (R^2=۰/۴۷۷) میزان نوسانات متغیر وابسته (عملکرد) را تبیین کردند و از طرفی معنی‌دار بودن رگرسیون و رابطه خطی بین متغیرها نیز مشخص شد (P<۰/۰۱). ضرایب معادلات مستخرج از مدل نهایی رگرسیون چند متغیره برای متغیر وابسته عملکرد در جدول ۱۰ نشان داده شده است. در بین متغیرهای مستقل، طول میوه بیشترین اثر منفی معنی‌دار در سطح ۱ درصد را به دلیل بالاترین قدرمطلق آماره t (۳/۱۰۶-) و بیشترین قدرمطلق میزان ضریب بتا (۰/۴۵۴-) از خود نشان داد.

جدول ۶. خلاصه نتایج تجزیه واریانس مرکب صفات کیفی خرما

منابع تغییرات	درجه آزادی	قند	سفتی بافت	حجم میوه	رطوبت	کل مواد جامد محلول (TSS)	pH
سال	۳	۳/۶۰ n.s	۰/۴۳ n.s	۱۰/۳۸ n.s	۳۱/۰۸ n.s	۵/۹۹ n.s	۰/ ۰۳۷ n.s
تکرار	۸	۲/۵۸ n.s	۱/۵۴ n.s	۲/۲۵ n.s	۰/۴۸ n.s	۱/۸۶ n.s	۰/۰۱۳ n.s
آبیاری	۲	۱۵/۷۹ n.s	۳/۴۰ n.s	۲/۵۱ n.s	۱۷/۱۳ n.s	۵/۵۴ n.s	۰/۰۷۳ **
سال × آبیاری	۶	۷/۱۳ n.s	۲/۷۵ n.s	۳/۱۰ n.s	۶/۰۱ n.s	۲/۱۷ n.s	۰/۰۰۵ n.s
خطا	۱۶	۴/۷۴	۱/۰۳	۱/۱۴	۲/۴۷	۱/۰۸	۰/۰۱۷
ضریب تغییرات	–	۳/۸۱	۱۷/۳۴	۱۱/۷۱	۱۳/۷۱	۲/۵۹	۲/۲۸

** : اختلاف معنی‌دار در سطح ۱٪ * : اختلاف معنی‌دار در سطح ۵٪ n.s. اختلاف معنی‌داری وجود ندارد .

جدول ۷ . تجزیه و تحلیل واریانس در مدل رگرسیون و اثرات متغیر مستقل حجم آب مصرفی بر متغیرهای وابسته

متغیر وابسته	منابع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات	F محاسبه شده	ضریب رگرسیون	ضریب تبیین	ضریب تبیین تعدیل شده	سطح معنی داری
وزن خوشه	مدل	۱	۲۴۱۲۴/۸۰۶	۸/۰۰۴	۰/۴۳۷	۰/۱۹۱	۰/۱۶۷	۰/۰۰۸**
	خطا	۳۴	۳۰۱۴/۱۶۰					
	کل	۳۵						
طول میوه	مدل	۱	۰/۰۹۹	۵/۲۹۰	۰/۳۶۷	۰/۱۳۵	۰/۱۰۹	۰/۰۲۸*
	خطا	۳۴	۰/۰۱۹					
	کل	۳۵						
خشکیدگی خوشه (٪)	مدل	۱	۵۸۷۴/۵۵۵	۱۳/۱۰۰	۰/۵۲۷	۰/۲۷۸	۰/۲۵۷	۰/۰۰۱**
	خطا	۳۴	۴۴۸/۴۳۴					
	کل	۳۵						
سفتی بافت	مدل	۱	۲۸/۲۱۷	۵/۰۲۵	۰/۳۵۹	۰/۱۲۹	۰/۱۰۳	۰/۰۳۲*
	خطا	۳۴	۵/۶۱۶					
	کل	۳۵						

** : اختلاف معنی‌دار در سطح ۱٪ * : اختلاف معنی دار در سطح ۵٪ n.s. : اختلاف معنی‌داری وجود ندارد.

جدول ۸ . ضرایب متغیرها در معادله رگرسیون برای بررسی اثرات متغیر مستقل حجم آب مصرفی بر متغیرهای وابسته

	مدل	ضرایب غیر استاندارد		ضرایب استاندارد	t محاسبه شده	سطح معنی‌داری
		ضریب B	خطای معیار	Beta		
وزن خوشه	عدد ثابت	۱۵/۲۵۴	۸۵/۰۸۹	–	۰/۱۷۹	۰/۸۵۹ n.s
	X	۰/۰۲۰	۰/۰۰۷	۰/۴۳۷	۲/۸۲۹	۰/۰۰۸ **
طول میوه	عدد ثابت	۴/۳۷۱	۰/۲۱۲	–	۲۰/۶۲۳	۰/۰۰۰ **
	X	−۰/۰۰۰۳	۰/۰۰۰	−۰/۳۶۷	−۲/۳۰۰	۰/۰۲۸ *
خشکیدگی خوشه (٪)	عدد ثابت	۱۵۵/۶۹۰	۳۲/۸۲۰	–	۴/۷۴۴	۰/۰۰۰ **
	X	−۰/۰۱۰	۰/۰۰۳	−۰/۵۲۷	−۳/۶۱۹	۰/۰۰۱ **
سفتی بافت	عدد ثابت	۱۴/۰۳۰	۳/۶۷۳	–	۳/۸۲۰	۰/۰۰۱ **
	X	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	−۰/۳۵۹	−۲/۲۴۲	۰/۰۳۲ *

** : اختلاف معنی‌دار در سطح ۱٪ * : اختلاف معنی دار در سطح ۵٪ n.s. اختلاف معنی‌داری وجود ندارد.

جدول ۹. تجزیه و تحلیل واریانس در مدل رگرسیون برای متغیر وابسته عملکرد

منابع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات	F محاسبه شده	ضریب رگرسیون	ضریب تبیین	ضریب تبیین تعدیل شده	سطح معنی‌داری
مدل	۶	۰/۰۰۰۱	۴/۴۱۵	۰/۶۹۱	۰/۴۷۷	۰/۳۶۹	۰/۰۰۳**
خطا	۲۹	۰/۰۰۰					
کل	۳۵						

** : اختلاف معنی‌دار در سطح ۱٪ * : اختلاف معنی دار در سطح ۵٪ n.s. : اختلاف معنی‌داری وجود ندارد.

جدول ۱۰. ضرایب متغیرها در معادله رگرسیون برای متغیر وابسته عملکرد

مدل	ضرایب غیر استادارد		ضرایب استاندارد	t محاسبه شده	سطح معنی‌داری
	ضریب B	خطای معیار	Beta		
عدد ثابت	۵۹۶۸۶/۱۷۵	۱۳۳۸۳/۳۱۹	–	۴/۴۵۹	۰/۰۰۰ **
X_1= نسبت وزن گوشت میوه به هسته	−۳۵۱/۰۹۰	۱۸۳/۷۹۶	−۰/۲۸۳	−۱/۹۱۰	۰/۰۶۶ n.s
X_2= حجم آب مصرفی	−۰/۱۲۲	۰/۲۳۷	−/۰۸۴	−۰/۵۱۴	۰/۶۱۱ n.s
X_3= طول	−۶۰۸۳/۴۷۵	۱۹۵۸/۵۴۸	−۰/۴۵۴	−۳/۱۰۶	۰/۰۰۴ **
X_4= تعداد خوشه	−۶۰۵/۲۰۶	۲۳۸/۲۴۴	−۰/۴۰۷	−۲/۵۴۰	۰/۰۱۷ *
X_5= قند	−۳۰۰/۴۳۷	۱۳۱/۷۲۴	−۰/۴۲۰	−۲/۳۸۱	۰/۰۳۰ *
X_6= رطوبت	−۱۳۹/۶۲۵	۱۶۰/۷۰۱	−۰/۱۷۵	−۰/۸۶۹	۰/۳۹۲ n.s

** : اختلاف معنی‌دار در سطح ۱٪ * : اختلاف معنی دار در سطح ۵٪ n.s. اختلاف معنی‌داری وجود ندارد.

البته اثر طول بر عملکرد منفی بود. به عبارت دیگر با افزایش طول میوه باید انتظار کاهش عملکرد را داشت و برعکس پس از آن به‌ترتیب تعداد خوشه و قند میوه دارای اثرات منفی معنی‌دار در سطح ۵ درصد با عملکرد میوه بودند. آماره t در دو متغیر فوق به‌ترتیب دارای مقادیر ۲/۵۴۰- و ۲/۳۸۱- و ضرایب بتای متناظر با آن‌ها به‌ترتیب معادل ۰/۴۰۷- و ۰/۴۲۰- بودند. با افزایش تعداد خوشه و قند میوه انتظار کاهش عملکرد می‌رود. دلیل اینکه چرا با افزایش طول و تعداد خوشه، عملکرد سیر نزولی داشته این است که اثر مثبت تعداد میوه در هر رشته و تعداد رشته در خوشه بر عملکرد از اثرات منفی دو عامل طول میوه و تعداد خوشه مؤثرتر بوده است. هر چند این دو عامل اثر معنی‌داری در افزایش عملکرد نشان ندادند، اما توجیه این مسئله تعداد زیاد میوه در هر رشته و تعداد زیاد هر رشته در خوشه است. بدیهی است از نظر آماری برای رسیدن به اختلاف معنی‌دار در مقادیری با تعداد بیشتر، اختلاف عددی بیشتری مورد نیاز است. بنابراین، افزایش تعداد میوه در رشته و تعداد رشته در هر خوشه سیر کاهشی طول میوه و تعداد خوشه بر عملکرد را جبران کرده است.

نتایج تجزیه و تحلیل واریانس در مدل رگرسیون و ضرایب متغیرها در معادله رگرسیون برای متغیر وابسته بهره‌وری آب به‌ترتیب در جدول‌های (۱۱) و (۱۲) نشان داده شده است. نتایج نشان داد که در متغیر وابسته بهره‌وری آب، متغیرهای مستقل نسبت وزن گوشت میوه به هسته، حجم آب مصرفی، طول میوه، خشکیدگی خوشه، تعداد خوشه، قند میوه، سفتی بافت، تعداد میوه در خوشه و رطوبت میوه ۹۹/۷ درصد (R^2=۰/۹۹۷) میزان نوسانات متغیر وابسته (بهره‌وری آب) را تبیین کردند و از طرفی معنی‌دار بودن رگرسیون و رابطه خطی بین متغیرها نیز مشخص شد (P<۰/۰۱) (جدول ۱۱). ضرایب معادلات مستخرج از مدل نهایی رگرسیون چند متغیره برای متغیر وابسته بهره‌وری آب در جدول ۱۲ نشان داده شده است. در بین متغیرهای مستقل، عملکرد میوه بیشترین اثر مثبت معنی‌دار در سطح ۱ درصد به بهره‌وری آب با آماره‌ی t به میزان (۶۷/۳۳۳) و ضریب بتایی معادل (۱/۰۱۰) از خود نشان داد. حجم آب مصرفی با آماره t به میزان (۳۱/۰۳۴-) و ضریب بتایی معادل (۰/۴۷۸-) در رتبه دوم قرار داشت. بدیهی است با افزایش عملکرد، بهره‌وری آب افزایش و با افزایش حجم آب مصرفی، بهره‌وری کاهش می‌یابد. قند میوه با آماره‌ی t به میزان (۳/۳۴۰) و ضریب بتایی معادل (۰/۰۶۱) اثر مثبت معنی‌داری در سطح ۱ درصد بر بهره‌وری آب داشت. این بدین معنی است که کاهش مصرف آب در افزایش قند میوه مؤثر است چراکه اثر منفی حجم آب مصرفی بر بهره‌وری آب همین اثر را بر قند میوه داشت. نتایج این پژوهش با نتایج علی‌خانی‌کوپایی و همکاران (۵) که نشان دادند بیشترین مقدار مواد جامد محلول و قندهای محلول با دور آبیاری در تبخیر ۱۵۰ میلی‌لیتر به‌دست آمد هم‌خوانی داشت. زیرا در تبخیر ۱۵۰ میلی‌متر در واقع تنش خشکی بر درخت نخل اعمال شده و اثر کاهش مصرف آب در بالارفتن میزان قند میوه مؤثر بوده است. تعداد خوشه و رطوبت میوه اثر مثبت و معنی‌داری در سطح ۵ درصد بر بهره‌وری آب داشتند. به‌طوری که تعداد خوشه دارای آماره‌ی t به میزان (۲/۳۵۸) و ضریب بتایی معادل (۰/۰۳۴) و رطوبت میوه دارای آماره‌ی t به میزان (۲/۰۹۶) و ضریب بتایی معادل (۰/۰۳۶) بودند.

متغیرهای مستقل خشکیدگی خوشه، سفتی بافت و تعداد میوه در خوشه اثر منفی و معنی‌داری در سطح ۵ درصد بر بهره‌وری آب داشتند. اثر منفی خشکیدگی خوشه بر بهره‌وری آب که نشان‌دهنده اثر معکوس آب مصرفی بر بهره‌وری آب است با نتایج سرحدی و شریف (۲۴) مطابقت و هم‌خوانی داشت. خشکیدگی خوشه دارای آماره t به میزان (۲/۳۳۲-) و ضریب بتایی معادل (۰/۰۴۳-)، سفتی بافت دارای آماره t به میزان (۲/۵۰۸-) و ضریب بتایی معادل (۰/۰۴۲-) و تعداد میوه در خوشه دارای آماره t به

جدول ۱۱. تجزیه و تحلیل واریانس در مدل رگرسیون برای متغیر وابسته بهره‌وری آب

منابع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات	F محاسبه شده	ضریب رگرسیون	ضریب تبیین	ضریب تبیین تعدیل شده	سطح معنی‌داری
مدل	۱۰	۰/۰۸۴	۸۵۳/۹۲۷	۰/۹۹۹	۰/۹۹۷	۰/۹۹۶	۰/۰۰۰**
خطا	۲۵	۰/۰۰۰					
کل	۳۵						

** : اختلاف معنی‌دار در سطح ۱٪ * : اختلاف معنی دار در سطح ۵٪ n.s. : اختلاف معنی‌دار وجود ندارد.

جدول ۱۲. ضرایب متغیرها در معادله رگرسیون برای متغیر وابسته بهره‌وری آب

مدل	ضرایب غیر استاندارد		ضرایب استاندارد	t محاسبه شده	سطح معنی داری
	ضریب B	خطای معیار	Beta		
عدد ثابت	۰/۳۴۴	۰/۱۱۲	–	۳/۰۵۴	۰/۰۰۵ **
X_1= نسبت وزن گوشت میوه به هسته	-۰/۰۰۴	۰/۰۰۱	-۰/۰۴۰	-۳/۰۹۷	۰/۰۰۵ **
X_2= حجم آب مصرفی	-۰/۰۰۰۰۵	۰/۰۰۰	-۰/۴۷۸	-۳۱/۰۳۴	۰/۰۰۰ **
X_3= طول	۰/۰۴۶	۰/۰۱۷	۰/۰۴۳	۲/۷۱۷	۰/۰۱۲ *
X_4= خشکیدگی خوشه	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	-۰/۰۴۳	-۲/۳۳۲	۰/۰۲۸ *
X_5= تعداد خوشه	۰/۰۰۴	۰/۰۰۲	۰/۰۳۴	۲/۳۵۸	۰/۰۲۶ *
X_6= قند	۰/۰۰۳	۰/۰۰۱	۰/۰۶۱	۳/۳۴۰	۰/۰۰۳ **
X_7= سفتی بافت	-۰/۰۰۳	۰/۰۰۱	-۰/۰۴۲	-۲/۵۰۸	۰/۰۱۲ *
X_8= رطوبت	۰/۰۰۲	۰/۰۰۱	۰/۰۳۶	۲/۰۹۶	۰/۰۴۶ *
X_9= تعداد میوه در خوشه	-۰/۰۰۰۰۱	۰/۰۰۰	-۰/۰۲۷	-۲/۰۸۱	۰/۰۴۸ *
X_{10}= عملکرد	۰/۰۰۰۰۸	۰/۰۰۰	۱/۰۱۰	۶۷/۳۳۳	۰/۰۰۰ **

** : اختلاف معنی‌دار در سطح ۱٪ * : اختلاف معنی دار در سطح ۵٪ n.s اختلاف معنی‌دار وجود ندارد.

میزان (۲/۰۸۱-) و ضریب بتایی معادل (۰/۰۲۷-) بودند. نتایج ضریب همبستگی پیرسون محاسبه شده برای صفات اندازه‌گیری شده در جدول ۱۳ نشان داد که:

نسبت وزن گوشت میوه به هسته همبستگی منفی و معنی‌داری در سطح ۵ درصد با صفات حجم آب مصرفی و عملکرد داشت. این میزان همبستگی به‌ترتیب معادل ۰/۳۳۶- و ۰/۳۹۰- بودند (جدول ۱۳). بهره‌وری آب همبستگی مثبتی در سطح ۱ درصد به میزان ۰/۸۷۲ با عملکرد دانه داشت. ولی همبستگی بهره‌وی آب با حجم آب مصرفی معنی‌دار نبود. به‌عبارت دیگر همان‌طور که آماره t و ضریب بتای حجم آب مصرفی با بهره‌وری از ضرایب متناظر آن در عملکرد کمتر بود ضریب همبستگی حجم آب مصرفی از عملکرد نه تنها کمتر بود بلکه

جدول ۱۳. ضریب همبستگی محاسبه شده برای برخی از صفات کمی و کیفی خرما، عملکرد و بهره‌وری آب

تعداد میوه در خوشه	رطوبت میوه (٪)	سفتی بافت میوه	قند میوه (٪)	تعداد خوشه	خشکیدگی خوشه (٪)	طول میوه (cm)	عملکرد (kg/ha)	حجم آب مصرفی (m^3/ha)	بهره‌وری آب (kg/m^3)	نسبت وزن گوشت میوه به هسته	n =۳۶ ۰/۳۳۰=٪۵ ۰/۴۲۴=٪۱
-۰/۰۳۶	۰/۱۰۴	۰/۰۶۰	۰/۲۰۲	-۰/۱۰۰	۰/۱۰۱	۰/۰۳۴	-۰/۳۹۰*	-۰/۳۶۶*	-۰/۲۲۵	۱	نسبت وزن گوشت میوه به هسته
-۰/۱۵۹	۰/۱۲۱	-۰/۳۲۲	-۰/۰۷۲	-۰/۲۱۳	-۰/۱۰۱	-۰/۲۲۷	۰/۸۷۲**	-۰/۲۵۶	۱		بهره‌وری آب (kg/m^3)
-۰/۰۵۶	۰/۳۰۷	-۰/۳۲۸	-۰/۳۲۷	-۰/۰۲۵	-۰/۴۴۵**	-۰/۳۶۷*	۰/۲۴۰	۱			حجم آب مصرفی (m^3/ha)
-۰/۱۴۶	۰/۲۵۶	-۰/۴۸۵**	-۰/۲۵۰	-۰/۲۲۵	-۰/۳۰۷	-۰/۴۲۱	۱				عملکرد (kg/ha)
۰/۳۱۶	-۰/۰۸۰	۰/۲۶۱	-۰/۰۶۷	۰/۱۰۳	۰/۴۸۷**	۱					طول میوه (cm)
۰/۳۳۱*	-۰/۱۱۷	۰/۱۴۸	۰/۰۶۳	-۰/۱۶۲	۱						خشکیدگی خوشه (٪)
۰/۱۹۱	-۰/۳۵۴*	۰/۲۵۰	-۰/۱۰۲	۱							تعداد خوشه
-۰/۰۵۳	-۰/۳۸۵*	۰/۱۹۱	۱								قند میوه (٪)
-۰/۱۰۰	-۰/۳۴۸*	۱									سفتی بافت میوه
-۰/۲۲۸	۱										رطوبت میوه (٪)
۱											تعداد میوه در خوشه

این میزان معنی‌دار نبود. به‌عبارت دیگر تأثیر عملکرد بر تغییرات بهره‌وری آب از حجم آب مصرفی بسیار بیشتر بوده به‌طوری که عملکرد سیر تغییرات معنی‌داری را بر بهره‌وری آب نسبت به حجم آب مصرفی داشته است. این امر نشان می‌دهد که کاهش ۲۵ درصد از آب مورد نیاز نخل تغییرات معنی‌داری را بر بهره‌وری آب نسبت به عملکرد نداشته است. این نتیجه با نتایج پژوهش محبی (۱۷) و صالح و همکاران (۲۳) که مصرف آب بیش از ۶۵ درصد نیاز آبی موجب کاهش بهره‌وری آب شده، هم‌خوانی داشت. حجم آب مصرفی همبستگی منفی و معنی‌داری در سطح ۱ درصد به‌میزان ۰/۴۴۵- با خشکیدگی خوشه و در سطح ۵ درصد به میزان ۰/۳۶۷- با طول میوه داشت. همبستگی منفی حجم آب مصرفی با خشکیدگی خوشه با نتایج تحقیق علی‌خانی‌کوپایی و همکاران (۵) هم‌خوانی نشان داد چراکه کمترین خشکیدگی به‌ازای بیشترین آب مصرفی حاصل شد. به‌عبارت دیگر کاهش مصرف آب موجب افزایش سیر صعودی خشکیدگی خوشه خرما شده است. عملکرد همبستگی منفی و معنی‌داری در سطح ۱ درصد به‌میزان ۰/۴۸۵- با سفتی بافت میوه داشت. از طرفی سفتی بافت میوه همبستگی منفی و معنی‌داری در سطح ۵ درصد به میزان ۰/۳۴۸- با رطوبت میوه داشت. به‌عبارت دیگر کاهش رطوبت میوه موجب سفتی بیشتر میوه شده و سفتی بیشتر در سیرنزولی عملکرد تأثیر معنی‌داری نشان داد. همچنین قند میوه همبستگی منفی و معنی‌داری در سطح ۵ درصد به میزان ۰/۳۸۵- با رطوبت میوه داشت. بنابراین، کاهش حجم آب مصرفی موجب کاهش رطوبت میوه شده ولی این کاهش معنی‌دار نشده و به‌دنبال کاهش رطوبت میوه از یک سو موجب روند افزایشی در قند میوه شد که با نتایج تحقیقات علی‌خانی‌کوپایی و همکاران (۵) مطابقت داشت و از سوی دیگر موجب روند کاهشی در سفتی میوه شد. خشکیدگی خوشه و طول میوه همبستگی مثبتی در سطح ۱ درصد به میزان ۰/۴۸۷ با هم داشتند (جدول ۱۳).

نتیجه‌گیری

خشکسالی‌های پی‌درپی در کشور و نقش مهمی که محصول خرما در امنیت غذایی، حفظ و پایداری محیط زیست و اقتصاد ملی ایفا می‌کند، لزوم استفاده از سیستم آبیاری قطره‌ای سطحی و زیرسطحی به‌دلیل حداقل کردن فرسایش خاک، توزیع بسیار یکنواخت آب، حداقل‌کردن هزینه نیروی کارگری و تنوع در عرضه و میزان دبی موجب شد تا اجرای طرح‌های پژوهشی در مورد امکان استفاده از سیستم آبیاری قطره‌ای زیرسطحی بر روی درختان خرما در اولویت قرار گیرند. در این راستا با هدف بررسی اثر حجم آب مصرفی بر صفات کمّی و کیفی این پژوهش از یک سو و اثر دیگر صفات کمی و کیفی بر عملکرد و بهره‌وری آب از سوی دیگر به‌عنوان متغیرهای وابسته در قالب آزمایشی به صورت طرح بلوک های کامل تصادفی طی چهار سال (۱۳۹۲ - ۱۳۹۶) در ایستگاه تحقیقات کشاورزی بهبهان در سه تکرار بر روی درخت خرمای رقم کبکاب مورد ارزیابی قرار گرفتند. نتایج تجزیه واریانس نشان داد اثر حجم آب مصرفی در وزن خوشه، وزن میوه و نسبت وزن گوشت میوه به هسته معنی دار بود. ولی جالب توجه اینکه تجزیه واریانس رگرسیون نشان داد که اثر متغیر مستقل حجم آب مصرفی بر وزن خوشه و نسبت وزن گوشت میوه به هسته مثبت و معنی‌دار در سطح ۱ درصد بوده ولی اثر حجم آب مصرفی بر طول میوه منفی و معنی‌دار در سطح ۱ درصد بود. کوچک‌بودن میوه خرمای کبکاب با تعداد بیشتر رشته در خوشه و تعداد میوه در رشته جبران شد و موجب شد تا در مجموع مطابق نتایج تجزیه واریانس میانگین‌ها، اثر حجم آب مصرفی بر عملکرد خرما معنی‌دار نشود. بیشترین اثر معنی‌دار حجم آب مصرفی در تجزیه رگرسیون متغیر وابسته، در صفت خشکیدگی خوشه خرما نمایان شد و باعث شد تا این متغیر با بیشترین میزان

قدرمطلق آماره t (۳/۱۶۹-) معادل ۲۷/۸ درصد از تغییرات خشکیدگی خوشه خرما را تبیین نماید. اثر افزایش عملکرد بر بهره‌وری آب نسبت به اثر کاهشی آب مصرفی بسیار قابل توجه بود. به‌عبارت دیگر تغییرات بهره‌وری آب بسیار بیشتر متأثر از عملکرد بود تا اینکه به تغییرات آب مصرفی وابسته باشد.

سپاسگزاری

بدین‌وسیله از مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان و ایستگاه تحقیقات کشاورزی بهبهان (طرح تحقیقاتی به‌شماره ۹۰۰۹۹-۱۴-۱۴-۴) به‌دلیل تقبل هزینه‌های مادی و حمایت های معنوی در انجام این پژوهش سپاسگزاری می‌شود.

منابع مورد استفاده

1. Agricultural statistics. 2018. Volume 3: Horticultural Products. Crop year 2017-18. Ministry of Jihad Agriculture, Deputy of Planning and Economy. Office of Statistics and Information Technology (In Farsi).
2. Ahmed, T. F., H. N. Hashmi and A. R. Ghumman. 2011. Performance assessment of subsurface drip irrigation system using pipes of varying flexibility. *Journal of Engineering and Technology* 30(3): 361-370.
3. Al- Amood, A. I., M. A. Bacha and A. M. Al-Dorby. 2000. Seasonal water use of date palms in the central region of Saudi Arabia. *International Agricultural Engineering Journal* 9(2): 51-62.
4. Alihouri, M and P. Tishezan. 2011. Irrigation Sub-Plan Strategic Plan of Date Sector in the Country. Kerdegar Publication, Ahvaz, Iran (In Farsi).
5. Alikhani-Koupaei, M., R. Fatahi, Z. Zamani and S. Salimi. 2018. Effects of deficit irrigation on some physiological traits, production and fruit quality of 'Mazafati' date palm and the fruit wilting and dropping disorder. *Agricultural Water Management* 209: 219-227.
6. Allen, R. G., L. S. Pereira, D. Raes and M. Smith. 1998. Crop Evapotranspiration: Guidelines for Computing Crop Water Requirements. FAO Irrigation and Drainage Paper 56, Rome, Italy.
7. Al-Rumaih, M and M. A. Kassem. 2003. The effect of irrigation interval on the yield and quality of palms dates. The Canadian Society for English in Agriculture, Food, and Biological Systems meeting. Montreal, Canada.
8. Al-Zaidi, A. A., M. B. Baig, E. A. Elhag and M. A. Al-Juhani. 2014. Farmers' attitude towards the traditional and modern irrigation methods in Tabuk region Kingdom of Saudi Arabia. PP. 109-122. *In*: M. Behnassi et al. (Eds.), Science, Policy and Politics of Modern Agricultural System, Springer Science+Business Media Dordrecht.
9. AOAC. 1990. Official Methods of Analysis. Washington, D.C. Association of Official Analytical Chemists.
10. Ebrahimi, N., H. Mirabolghasemi and A. Karimi. 2016. Development of New Irrigation Methods in Khuzestan: System of Exploitation of Experiences and Energy Supply. Publication of Agricultural Education, Karaj, Iran (In Farsi).
11. Farzamnia, M and Z. Ravari. 2005. The effect of deficit irrigation on yield and water use efficiency of Mazafati dates in Bam. *Journal of Agricultural Science* 28(1): 79-86 (In Farsi).
12. Foakwa, E. O., A. Paterson, M. Fowler and J. Vieira. 2008. Particle size distribution and compositional effects on textural properties and appearance of dark chocolates. *Journal of Food Engineering* 87: 181-190.
13. Ghaffarinejad, A. 2001. Design for Determining the Best Rotation and Depth of Irrigation of Mazafati Palm by Drip Method. Agricultural and Natural Resources Research Center of Kerman Province, Bam, Iran (In Farsi).
14. Hosseini, Z. 1990. Common Methods in Food Decomposition, Shiraz University Press, Shiraz, Iran (In Farsi).
15. KACST. 2012. Strategic Priorities for agricultural research. King Abdulaziz City for Science and Technology. Ministry of Economy and Planning, Kingdom of Saudi Arabia. Accessed on March 28, 2012. Available at: http://nstip.kacst.edu.sa/cs/groups/public/documents/document/~edisp/agricul-turetech.pdf
16. Liebenberg, P. J and A. Zaid. 2002. Date Palm Irrigation. PP. 88-110. *In:* A. Zaid and E. J. Arias-Jimenez (Eds.). Date palm cultivation. Plant Production. Food and Agriculture organization of the United Nations (FAO). Rome, Italy.
17. Mohebbi, A. 2005. The effect of irrigation water in two methods of surface and drip irrigation on the yield and quality traits of Peyaram dates. *Journal of Soil and Water Sciences* 19(1): 124-130 (In Farsi).
18. Mohebbi, A. and M. Alihouri. 2013. The effect of depth and irrigation method on productivity, yield and vegetative traits of Peyaram palm. *Journal of Water Research in Agriculture B* 27(4): 455-464 (In Farsi).
19. Pezhman, H. 2002. A view on date palm situation and its research program in IRAN. *In:* Proceeding of Date Palm Global Network Establishment Meeting, UAE University, Al Ain.

20. Phene, C. J. 1995. The sustainability and potential of subsurface drip irrigation. *In*: Micro-Irrigation for a Changing World: Conserving Resources/Preserving the Environment: Proceedings of the Fifth International Micro-Irrigation Congress, Hyatt Regency Orlando, Orlando, Florida, USA.
21. Poozesh Shirazi, M. and M. Izadi. 2017. Investigation of the effect of different irrigation managements on the yield and yield components of different date cultivars. *In:* The Third National Conference on Farm Water Management. Karaj, Iran (In Farsi).
22. Rastegar, H. and. V. H. Zargari. 2011. Effects of water stress on quantitative and qualitative yield of dates of Shahani cultivar. *In:* Seventh Congress of Horticultural Sciences. Isfahan University of Technology, Isfahan, Iran (In Farsi).
23. Saleh, M., D. Ismail, M. Adel Al-Qurashi and A. Awad. 2014. optimization of irrigation water use, yield, and quality of 'NABBUT-SAIF' date palm under dry land conditions. *Irrigation and Drainage* 63(1): 29-37.
24. Sarhadi, J. and M. Sharif. 2017. The role of optimal irrigation on reducing the complication of date cluster drought in light lands. *In:* The Third National Conference on Farm Water Management, Karaj, Iran (In Farsi).
25. Sepahvand, M. 2009. Comparison of water requirement, water use efficiency and its economic productivity in wheat and rapeseed in the west of the country during rainy years. *Iranian Journal of Water Research* 3(4): 63-68. (In Farsi).
26. Sivanappan, R. K. 1998. Low cost micro irrigation system for all crops and all farmers. *In:* Proceedings of Workshop Micro irrigation and Sprinkler irrigation systems. New Delhi, Organized by Central Board of Irrigation and Power, India.

Journal of Water and Soil Science
Vol. 26, No. 2, Summer 2022, Isfahan University of Technology, Isfahan, Iran.

The Effect of Different Traits on Yield and Water Productivity in Surface and Subsurface Drip Irrigation of Kabkab Variety

N. Salamati[1*], H. Dehghanisanij[2] and L. Behbahani[1]

(Received: November 14-2020; Accepted: June 9-2021)

Abstract

Increasing crop production per unit volume of water consumption requires recognizing the most dependent variable in drip irrigation to the volume of water consumption and also identifying the most important variables independent of water productivity in surface and subsurface drip irrigation for optimal use of available water resources. The present research was carried out in Behbahan Agricultural Research Station during four cropping seasons (2013-2017) on a Kabkab date variety. Experimental treatments include the amount of water in the subsurface drip irrigation method based on two levels of 75% and 100% water requirement and in surface drip irrigation based on 100% water demand. Data were analyzed using a randomized complete block design with three replications. The results of the analysis of variance of the mean of different irrigation treatments in quantitative traits showed that the effect of irrigation was significant at the level of 1% in terms of cluster weight index, fruit weight, and fruit flesh to kernel weight ratio. The results of regression analysis of variance showed that in the dependent variable of cluster weight, the consumption water volume explained 19.1% (R^2 = 0.191) of the fluctuations of the dependent variable (cluster weight). Among all the studied variables, the volume of water consumption explained the most significant changes in date cluster drying. Fruit moisture with t (2.096) and equivalent beta coefficient (0.046) had a significant positive effect on water productivity at the level of 5%. The results of the Pearson correlation coefficient showed that the effect of yield on changes in water productivity was much greater than the volume of water consumed so the yield caused significant changes in water productivity. While the effect of water consumption on water productivity was not significant.

Keywords: Water requirements, Water levels, Regression coefficient, Water productivity

1. Agricultural Engineering Research Department, Khuzestan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Ahvaz, Iran.
2. Agricultural Engineering Research Institute (AERI), Agricultural Research Education, and Extension Organization (AREEO), Karaj, Iran.
*: Corresponding author, Email: nadersalamati@yahoo.com