Iranian Journal of Cotton Researches
ISSN: 2345-5306

Evaluation of the Effect of Improved Irrigation and Agronomic Management on Yield and Components of Physical and Economic Water Productivity in Cotton Cultivation in Estahban, Fars

Mohammad Ali Shahrokhnia[1]*, Mohammad Ali Behaeen[2], Hosein Dehghanisanij[3]

[1] (Corresponding author), Associate professor (Ph.D.), Agricultural Engineering Research Department, Fars Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Shiraz, Iran.

[2] Assistant professor (Ph.D.), Agricultural Engineering Research Department, Fars Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Shiraz, Iran

[3] Professor, Agricultural Engineering Research Institute (AERI), Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Karaj, Iran

Article Info

Article type:
Research Full Paper

Article history:
Received: 2026-08-02
Accepted: 2026-09-14

Keywords:
Economic benefit
Surface irrigation
Water requirement

ABSTRACT

Background and objective: In Fars Province, where most of the water consumed is devoted to agriculture, the use of modern irrigation methods, especially in strategic crops such as cotton, can play an effective role in reducing the pressure on water resources. Compared to flood irrigation with farmers' usual management, drip irrigation with irrigation scheduling can reduce losses and provide more suitable conditions for plant growth. However, achieving maximum efficiency of this system requires careful irrigation scheduling based on the actual needs of the plant, climatic conditions, soil characteristics and different stages of cotton growth. In addition to reducing water consumption, combining a drip irrigation system with scientific irrigation scheduling also reduces the withdrawal of groundwater and surface water resources and helps to preserve aquifers, reduce the risk of land subsidence and stabilize the water resources of the region.

Materials and methods: In this study, the use of drip irrigation system with precise irrigation scheduling (treatment) compared to surface irrigation under usual farmer management (control) was investigated in four cotton fields from technical and economic perspectives. The location of the study was Estahban County in Fars Province. For this purpose, parameters including yield, irrigation water, actual evapotranspiration, water application efficiency, physical productivity of irrigation water, actual water productivity, net profit and economic productivity of water were measured and analyzed in both parts of these fields (treatment and control). T-test was used for statistical analysis.

Results: The results showed that the average yield of the crop increased from 3293 to 3593 kg/ha, which was an increase of more than 9%. The average volume of irrigation water decreased from 11565 in the control fields to 9090 m^3/ha in the treatment fields, which showed a decrease of 21%. The application efficiency of

water in the field increased from 59% to 76%, which was an increase of 17%. The physical productivity of irrigation water increased by 40% and the economic productivity of water by 72%. The actual evapotranspiration in the treatment and control fields was 6913 and 6824 m^3/ha, respectively, and in the treatment fields it was on average 1.5% higher than in the control fields. That is, the use of a drip irrigation system along with irrigation scheduling not only reduced the amount of irrigation water, but also did not reduce the actual evapotranspiration, which is directly related to photosynthesis and yield. Actual water productivity also increased from 0.505 to 0.539 kg/m^3, an increase of 8 percent.

Conclusion: In this study, by changing the irrigation system from surface to drip and implementing irrigation scheduling, the water application efficiency in the field increased by an average of 17% and the volume of irrigation water decreased by 21%. The lack of a decrease in the actual evapotranspiration rate of cotton showed that the reduction in irrigation water not only did not reduce photosynthesis and consequently crop yield, but in some cases it even increased due to improved irrigation and nutritional status of the plant. From an economic perspective, although implementing a drip irrigation system requires initial investment, reducing water consumption, reducing labor costs, allowing for fertilizer application, improving crop quality, and increasing cotton yield will increase the profitability and economic sustainability of production units in the long term. The results of this study showed that with changes in irrigation management, the net profit per hectare of the farm increased by 66 million rials. The economic productivity of water also increased by 11,888 rials per cubic meter. In the current situation where water resources are recognized as the most important limiting factor for agricultural development, replacing surface irrigation with drip irrigation systems along with precise irrigation scheduling is not only a technical choice, but also a necessity for sustainable management of water resources, increasing agricultural productivity, and maintaining production capacity in the future. Therefore, the development of these technologies can play an effective role in achieving the goals of food security, climate change adaptation, and water resource protection in Fars Province and other arid and semi-arid regions of the country.

Cite this article: Shahrokhnia, M.A., Behaeen, M.A., Dehghanisanij, H. (2026). Studying the effect of drip irrigation and precise irrigation management on yield, physical and economic water productivity components, and actual evapotranspiration of cotton in Estahban, Fars province. *Iranian Journal Cotton Researches*, 14 (1), 1-15.

© The author(s)
10.22092/ijcr.2026.373787.1260

Publisher: Cotton Research Institute of Iran

مجله پژوهش‌های پنبه ایران

شاپا: ۲۳۴۵-۵۳۰۶

بررسی اثر بهبود آبیاری و مدیریت به‌زراعی بر عملکرد، اجزای بهره‌وری فیزیکی و اقتصادی آب در کشت پنبه در استهبان فارس

محمدعلی شاهرخ‌نیا[1]*، محمدعلی به‌آئین[2]، حسین دهقانی سانیج[3]

[1] (نویسنده مسؤول)، دانشیار پژوهشی، بخش تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی فارس، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، شیراز، ایران، رایانامه: m.shahrokhnia@areeo.ac.ir

[2] استادیار پژوهشی، بخش تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی فارس، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، شیراز، ایران

[3] استاد پژوهشی مؤسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران

اطلاعات مقاله

نوع مقاله:
مقاله کامل علمی- پژوهشی

تاریخ دریافت : ۱۴۵۰/۵/۱۱
تاریخ پذیرش: ۱۴۵۰/۶/۲۳

واژه‌های کلیدی:
آبیاری سطحی
سود اقتصادی
نیاز آبی

چکیده

سابقه و هدف: در استان فارس، که بخش عمده آب مصرفی به کشاورزی اختصاص دارد، استفاده از روش‌های نوین آبیاری به‌ویژه در محصولات راهبردی مانند پنبه، می‌تواند نقش مؤثری در کاهش فشار بر منابع آب ایفا کند. آبیاری قطره‌ای با برنامه ریزی آبیاری در مقایسه با آبیاری غرقابی با مدیریت معمول کشاورزان می تواند ضمن کاهش تلفات، شرایط مناسب‌تری برای رشد گیاه فراهم می‌کند. با این حال، دستیابی به حداکثر کارایی این سامانه مستلزم برنامه‌ریزی دقیق آبیاری بر اساس نیاز واقعی گیاه، شرایط اقلیمی، ویژگی‌های خاک و مراحل مختلف رشد پنبه است. ترکیب سامانه آبیاری قطره‌ای با برنامه‌ریزی علمی آبیاری، علاوه بر کاهش مصرف آب، برداشت از منابع آب زیرزمینی و سطحی را نیز کاهش داده و به حفظ آبخوان‌ها، کاهش خطر فرونشست زمین و پایداری منابع آب منطقه کمک می‌کند.

مواد و روش‌ها: در این تحقیق اثر ارتقای شیوه و مدیریت آبیاری و سایر اقدامات به زراعی (تیمار) در مقایسه با مدیریت معمول کشاورزان (شاهد)، در چهار مزرعه پنبه از لحاظ فنی و اقتصادی مورد بررسی قرار گرفت. محل انجام تحقیق شهرستان استهبان در استان فارس بود. بدین منظور پارامترهایی شامل عملکرد، آب آبیاری، تبخیروتعرق واقعی، راندمان کاربرد آب، بهره‌وری فیزیکی آب آبیاری، بهره‌وری آب واقعی، سود خالص و بهره‌وری اقتصادی آب در هر دو بخش از این مزارع (تیمار و شاهد) اندازه‌گیری و تحلیل شد. برای تحلیل‌های آماری از آزمون تی استفاده شد.

یافته‌ها: نتایج نشان داد که بطور متوسط میزان عملکرد محصول از ۳۲۹۳ به ۳۵۹۳ کیلوگرم در هکتار رسید که بیش از ۹ درصد افزایش داشت. میانگین حجم آب آبیاری از ۱۱۵۶۵ در مزارع شاهد به ۹۰۹۰ مترمکعب در هکتار در مزارع تیمار تقلیل یافت که ۲۱ درصد کاهش را نشان داد. راندمان کاربرد آب در مزرعه از ۵۹ درصد به ۷۶ درصد رسید که ۱۷ درصد افزایش یافت. بهره‌وری فیزیکی آب آبیاری ۴۰ درصد و بهره‌وری اقتصادی آب ۷۲ درصد افزایش یافت. تبخیرتعرق واقعی در مزارع تیمار و شاهد بترتیب ۶۹۱۳ و ۶۸۲۴ مترمکعب در هکتار و در مزارع تیمار به طور متوسط ۱/۵ درصد بیشتر از مزارع شاهد بود. یعنی استفاده از سامانه آبیاری قطره‌ای همراه با برنامه‌ریزی آبیاری، نه تنها باعث کاهش آب آبیاری شد، بلکه میزان

تبخیرتعرق واقعی که رابطه مستقیم با فتوسنتز و عملکرد دارد را کاهش نداد. بهره‌وری آب واقعی نیز از ۰/۵۰۵ به ۰/۵۳۹ کیلوگرم بر مترمکعب رسید که به میزان ۸ درصد افزایش یافت.

نتیجه‌گیری: بنابراین، جایگزینی آبیاری سطحی با سامانه‌های آبیاری قطره‌ای همراه با برنامه‌ریزی دقیق آبیاری، راهکاری مؤثر برای افزایش بهره‌وری آب، پایداری تولید پنبه و حفاظت از منابع آب در مناطق خشک و نیمه‌خشک، مانند استهبان فارس، محسوب می‌شود. چون هم آب آبیاری کاهش یافت و هم تبخیروتعرق واقعی کاهش نیافت.

استناد: شاهرخ‌نیا، محمدعلی؛ به‌آئین، محمدعلی؛ دهقانی سانیج، حسین (۱۴۰۵). بررسی اثر بهبود آبیاری و مدیریت به‌زراعی بر عملکرد، اجزای بهره‌وری فیزیکی و اقتصادی آب در کشت پنبه در استهبان فارس. *مجله پژوهش‌های پنبه ایران*، ۱۴ (۱)، ۱۵-۱.

© نویسندگان
ناشر: موسسه تحقیقات پنبه کشور

10.22092/ijcr.2026.373787.1260

مقدمه

پنبه یکی از مهم‌ترین گیاهان مناسب برای کشت در مناطق خشک و نیمه‌خشک می‌باشد. این گیاه علاوه بر تأمین مواد اولیه صنایع نساجی و روغن‌کشی، در اشتغال‌زائی و بازرگانی نقش مهمی ایفا می‌کند. تنوع فرآورده‌هایی که از پنبه بدست می‌آید زیاد است. اهمیت پنبه از نظر تامین روغن خوراکی، الیاف، غذای دام، اشتغال و موارد مصرف دیگر ضرورت توسعه کاشت پنبه در کشور را مطرح می‌سازد. کشاورزی تقریباً ۷۰ درصد از برداشت آب شیرین جهانی را به خود اختصاص می‌دهد (پریرا و همکاران، ۲۰۲۱) و پنبه از جمله محصولات زراعی آبی اصلی است که برای منابع آبی کمیاب رقابت می‌کنند. در نتیجه، بهبود راندمان آبیاری به یک هدف اصلی در تولید پایدار پنبه تبدیل شده است(کوداهه و همکاران، ۲۰۲۱). مدیریت آبیاری مدرن نه تنها با هدف به حداکثر رساندن عملکرد، بلکه با هدف افزایش بهره‌وری آب، حفظ منابع آب زیرزمینی، کاهش اثرات زیست‌محیطی و بهبود تاب‌آوری در برابر تغییرات اقلیمی انجام می‌شود

پنبه برای تولید محصولی با کمیت و کیفیت مطلوب، به رطوبت کافی خاک در مراحل مختلف رشد نیاز دارد. پنبه به کم‌آبی در مرحله گلدهی، حساس است و برنامه‌ریزی آبیاری باید با تبخیروتعرق محصول مطابقت داشته باشد. میزان مصرف آب به مکان، شرایط آب و هوایی و روش و رژیم آبیاری بستگی دارد. زمان بهینه برای آبیاری برای هر مکان جغرافیایی باید تعیین شود(کوداهه و همکاران، ۲۰۲۱). کم آبیاری به دلیل بهبود راندمان مصرف آب بدون کاهش عملکرد پنبه و کیفیت الیاف، روشی مؤثر در صرفه‌جویی در مصرف آب است. کم‌آبیاری باعث افزایش تبدیل رشد رویشی به رشد زایشی، کاهش ارتفاع گیاه، سطح برگ و زیست توده کل پنبه و متعاقباً بهبود شاخص برداشت، قطر ساقه و راندمان مصرف آب می‌شود (یانگ و همکاران، ۲۰۲۱). یک بررسی نشان داد فاصله بین آبیاری ها در پنبه اولویت بیشتری نسبت به کل مقدار آبیاری فصلی در شرایط کمبود آب دارد و بهترین دور آبیاری پنبه ۶ روز است (چن و همکاران، ۲۰۲۶).

تبخیر و تعرق واقعی (ETa) یکی از مهم‌ترین شاخص‌های مصرف آب محصول و ارزیابی عملکرد مدیریت آبیاری در تولید پنبه است (پریرا و همکاران، ۲۰۱۵). برخلاف تبخیر و تعرق محصول تحت شرایط استاندارد (ETc)، تبخیر و تعرق واقعی بیانگر مقدار آبی است که عملاً از طریق تبخیر از سطح خاک و تعرق گیاه تحت تأثیر شرایط اقلیمی، خصوصیات خاک، وضعیت رطوبتی ناحیه ریشه و مدیریت مزرعه مصرف می‌شود بنابراین، تبخیروتعرق واقعی می‌تواند اطلاعات ارزشمندی درباره میزان مصرف واقعی آب و پاسخ محصول به شرایط واقعی مزرعه فراهم کند (آلن و همکاران، ۱۹۹۸). تبخیروتعرق واقعی، تبخیر خاک و تعرق گیاه را با در نظر گرفتن تنش آبی ادغام می‌کند و آن را برای برنامه‌ریزی آبیاری، ارزیابی بهره‌وری آب، پایش خشکسالی و کشاورزی دقیق ضروری می‌سازد. از آنجایی که پنبه به طور گسترده در مناطق خشک و نیمه‌خشک کشت می‌شود که در آنها آبیاری اغلب ضروری است، تخمین دقیق تبخیروتعرق واقعی برای مدیریت پایدار منابع آب بسیار مهم است. پنبه فصل رشد نسبتاً طولانی (۱۵۰ تا ۲۲۰ روز بسته به رقم و آب و هوا) دارد که منجر به مصرف بالای آب فصلی می‌شود. تبخیر و تعرق فصلی معمولاً از ۵۰۰ تا ۹۰۰ میلی‌متر متغیر است، اگرچه مقادیر آن بسته به آب و هوا، مدیریت آبیاری، رقم، تاریخ کاشت و ویژگی‌های خاک متفاوت است (سویی و همکاران، ۲۰۲۱). مطالعات متعدد روابط قوی بین تبخیر و تعرق فصلی، عملکرد الیاف و بهره‌وری آب را نشان داده‌اند. رطوبت موجود در خاک عامل غالب کنترل کننده کاهش تبخیروتعرق واقعی است. یکی از راههای برآورد تبخیروتعرق واقعی استفاده از بیلان آب در خاک است. با این روش، تبخیروتعرق واقعی برابر است با جمع میزان بارندگی موثر، آبیاری و تغییرات رطوبت خاک، وقتی که رواناب و نفوذ عمقی از آنها کسر گردد(آلن و همکاران، ۲۰۱۵). روش آبیاری قطره‌ای نواری بر آبیاری سطحی برتری داشته و می‌تواند باعث کاهش

۳۰ درصدی در مصرف آب آبیاری گردد (اسلامی و همکاران، ۲۰۲۴). بررسی دیگری نشان داده است که بیشترین تراکم ریشه پنبه در عمق صفر تا ۳۰ سانتی‌متری وجود دارد. در کشت نشایی بیشترین جذب آب تا عمق ۴۰ سانتی‌متری و در کشت مستقیم در عمق ۲۰ تا ۶۰ سانتی‌متری صورت می گیرد (گائو و همکاران، ۲۰۲۶). کود آبیاری قطره‌ای می‌تواند علاوه بر بهبود عملکرد پنبه، ۲۰ تا ۳۰ درصد در مصرف کود و حدود ۵۰ تا ۶۰ درصد در مصرف آب صرفه‌جویی کند. با این حال، علیرغم مزایای برجسته، پذیرش آن در اکثر کشورهای در حال توسعه محدود است و مانع اصلی آن سرمایه‌گذاری اولیه بالا است. از آنجایی که مزایای بلندمدت می‌تواند به جبران هزینه اولیه کمک کند، سیاست‌های مناسب برای کشاورزان برای رواج این فناوری مورد نیاز است (وادولا و سینگ، ۲۰۲۳).

در استان گلستان میزان آب مصرفی پنبه بین ۲۸۵۰ تا ۵۹۰۰ مترمکعب در هکتار، عملکرد ۱۷۰۰ تا ۳۸۰۰ کیلوگرم در هکتار و بهره‌وری آب آبیاری پنبه ۰/۲ تا ۰/۹ کیلوگرم بر مترمکعب بوده است (سهرابی مشک آبادی، ۲۰۱۶). میزان آب مورد نیاز آبیاری پنبه در ورامین ۱۰۱۱۰ مترمکعب در هکتار می‌باشد (اسلامی و همکاران، ۲۰۲۴). میزان آب مصرفی پنبه در اورزوییه کرمان در صورت تامین نیاز آبی ۱۰۰ درصد حدود ۹۲۰۰ مترمکعب در هکتار بوده است (اسدی و همکاران، ۲۰۱۲). آب مورد نیاز پنبه در منطقه کاشمر حدود ۶۰۰۰ تا ۹۰۰۰ مترمکعب در هکتار بوده که در شرایط هوای گرم و خاک سبک ممکن است تا ۱۱۰۰۰ مترمکعب در هکتار هم برسد (رحیمیان و کاخکی، ۲۰۱۶). میانگین آب مصرفی پنبه در استان های خراسان رضوی، فارس گلستان، خراسان شمالی، اردبیل، سمنان و البرز بترتیب ۹۸۳۰، ۹۹۴۵، ۵۰۷۰، ۶۸۱۵، ۷۵۴۳، ۱۰۵۳۶ و ۸۳۹۳ مترمکعب در هکتار است. میانگین آب مصرفی در مزارع پنبه تحت سامانه‌های آبیاری قطره‌ای و سطحی به‌ترتیب ۷۲۴۵ و ۹۰۹۷ مترمکعب در هکتار برآورد شده است. میانگین عملکرد، حجم آب آبیاری و بهره‌وری آب پنبه در کشور به‌ترتیب ۳۳۸۴ کیلوگرم در هکتار، ۸۹۸۰ مترمکعب در هکتار و ۰/۴۳ کیلوگرم بر مترمکعب می‌باشد (نخجوانی مقدم و همکاران، ۲۰۲۰). در هندوستان استفاده از سامانه آبیاری قطره‌ای باعث کاهش ۳۰ و ۱۷ درصدی در میزان آب آبیاری به ازای به‌ترتیب ۱۰۰ و ۸۰ درصد نیاز آبی گیاه نسبت به آبیاری سطحی شیاری شده است (رائو و همکاران، ۲۰۱۶). نیاز آبی ناخالص مزارع پنبه در شهرستان‌های داراب و لارستان استان فارس به‌ترتیب ۹۲۱۰ و ۱۰۰۲۰ مترمکعب در هکتار برآورد شده است (اسلامی و همکاران، ۲۰۱۹). در کشور یکی از مناطق کشور چین، بهترین میزان و تعداد آبیاری پنبه را به‌ترتیب ۳۸۴۰ مترمکعب در هکتار و ۸ نوبت تعیین کردند (لی و همکاران، ۲۰۲۴). میزان عملکرد، حجم آب آبیاری و بهره‌وری آب مزارع پنبه در سه شهرستان فسا، داراب و لارستان استان فارس اندازه‌گیری گردید. این عوامل در مزارعی که با آبیاری سطحی آبیاری می‌شدند به‌ترتیب حدود ۴۴۵۰ کیلوگرم در هکتار، ۹۸۹۹ مترمکعب در هکتار و ۰/۵ کیلوگرم بر مترمکعب بودند (اسلامی و همکاران، ۲۰۲۴). در شش منطقه از استان خراسان رضوی مقادیر آب آبیاری مزارع اندازه‌گیری گردید که میزان حداقل، حداکثر و متوسط آن به‌ترتیب ۴۹۲۰، ۱۷۶۲۰ و ۹۸۳۰ مترمکعب در هکتار بود (جلینی و همکاران، ۲۰۲۴). میزان حداقل، حداکثر و متوسط عملکرد در این مزارع بترتیب ۱۰۰۰، ۶۳۰۰ و ۳۰۷۸ کیلوگرم در هکتار برآورد گردید. حداقل، حداکثر و متوسط بهره‌وری آب در این مزارع به‌ترتیب ۰/۱۰، ۰/۹۶ و ۰/۳۶ مترمکعب در هکتار بود. میانگین بهره‌وری آب در مزارعی که به شیوه سطحی و قطره‌ای آبیاری می‌شدند به‌ترتیب ۰/۳۲ و ۰/۶۷ کیلوگرم بر مترمکعب بود. مقادیر نیاز آبی ناخالص مزارع پنبه بطور میانگین در سال انجام آزمایش و بلندمدت به‌ترتیب ۱۳۸۳ و ۱۵۴۷ میلی‌متر برآورد گردید. در یک بررسی دیگر نیاز آبی ناخالص کامل پنبه در مناطق معتدل استان خراسان رضوی ۹۰۸۸ مترمکعب در هکتار برآورد گردیده و توصیه گردیده که اگر با ۶۹۷۶ مترمکعب در هکتار (معادل ۷۵ درص نیاز آبی کامل) آبیاری انجام شود، میزان

کـاهش محصـول معنـی دار نخواهـد بـود (کریمـی و قدسی، ۲۰۲۱). در تحقیقی در کاشـمر، بـا اعمـال ۲۵، ۵۰ و ۷۵ درصد کم آبیـاری نسـبت بـه شـاهد، میـزان عملکـرد بـه‌ترتیـب ۳، ۳۴ و ۴۸ درصـد کـاهش یافـت (سعیدنیا و نجار، ۲۰۲۴).

در مطالعه‌ای در سمرقند، بهره‌وری آب مزرعه پنبه با سامانه آبیاری قطره‌ای ۷۴ درصد بیشتر از آبیاری جوی و پشته‌ای بود و به طور متوسط ۳۰۰۰ متر مکعب در هکتار در سال صرفه‌جویی کرد. پاسخ عملکرد به آبیاری قطره‌ای (۰,۶۹ تن در هکتار) در مقایسه با آبیاری جوی و پشته‌ای (۰,۲۹ تن در هکتار) بیشتر بود. نیاز کمتری در آبیاری قطره‌ای در مقایسه با آبیاری جوی و پشته‌ای به کوددهی وجود داشت. استفاده از آبیاری قطره‌ای ممکن است راهی برای نه تنها کاهش نیازهای آبیاری، بلکه کاهش ورودی‌های مواد مغذی برای تولید پنبه در آن منطقه باشد(ایبراگیموف و همکاران، ۲۰۲۶).

بررسی‌های گذشته نشان می‌دهد که گیاه پنبـه در مراحلی از رشد به کـم آبـی حسـاس اسـت و بـرای بـه دست آوردن محصول اقتصادی لازم است آبیاری آن بـا دقت انجام شود. بیشتر مزارع پنبه در منطقـه اسـتهبان فارس با آبیاری سطحی و به شیوه سنتی مدیریت مـی-شوند. از طرف دیگر، کشور ایـران و منطقـه مـورد نظـر سـرزمینی کـم آب اسـت و بایسـتی نهایـت دقـت در استفاده از آب بعمل آید. یکی از راه‌های مصـرف بهینـه آب، استفاده از سـامانه آبیـاری قطـره‌ای اسـت کـه بـه دلیل عدم برنامه‌ریزی آبیاری مناسب، تـاکنون عملکـرد مطلوب حـداکثری نداشـته اسـت. لـذا انتظـار مـی‌رود استفاده همزمان از سـامانه آبیـاری قطـره‌ای و برنامـه-ریزی دقیق آبیاری بتواند صرفه‌جویی قابـل تـوجهی در آب آبیاری ایجاد کند. بنابراین در تحقیـق حاضـر تـاثیر کاربرد همزمان آبیاری قطره‌ای و برنامه‌ریزی آبیاری بـر تولید پنبه، مصـرف آب و اجـزای بهـره وری آب مـورد بررسی قرار گرفته است.

مواد و روش ها

در این تحقیق چهار مزرعه پنبه در شهرستان استهبان استان فارس در نظر گرفته شد. با توجه به اینکه این مزارع به صورت سنتی و بدون برنامه‌ریزی علمی آبیاری می‌شدند، هر مزرعه به دو بخش تقسیم شد. در یک بخش آبیاری طبق مدیریت معمول کشاورز (مزرعه شاهد) و در بخش دوم (مزرعه تیمار) با اعمال فناوری‌های مدیریت آبیاری و سایر اقدامات به‌زراعی، به افزایش بهره‌وری آب پرداخته شد. هر چهار مزرعه شاهد با آبیاری سطحی جویچه‌ای آبیاری می‌شدند. مزارع تیمار به سامانه آبیاری قطره‌ای نواری مجهز و آبیاری آنها با برنامه‌ریزی دقیق آبیاری انجام شد. عملیات خاک‌ورزی در مزارع شاهد با گاوآهن برگردان‌دار، دیسک و لولر و در مزارع تیمار با ماشین خاک‌ورز مرکب انجام شد. عملیات کاشت در مزارع تیمار با بذر دلینته پنبه و به مقدار ۲۰ کیلوگرم بر هکتار با ردیف‌کار پنوماتیک انجام شد. عملیات کاشت در مزارع شاهد، با بذر غیر دلینته و به مقدار ۳۵۰ کیلوگرم بر هکتار با بذرپاش سانتریفوژ صورت پذیرفت. برای کنترل علف‌های هرز، از علف‌کش تریفلورالین به مقدار ۲/۵ لیتر بر هکتار و قبل از کاشت در مزارع تیمار و شاهد استفاده شد. پس از توصیه آزمایشگاه خاک و آب، کودهای سوپر فسفات تریپل و سولفات پتاسیم قبل از کاشت و توزیع کود ازت، پس از کاشت در دو نوبت ۶ برگی و مرحله غنچه‌زایی به صورت سرک به زمین اضافه گردید. خصوصیات آب و خاک مزارع انتخابی در جدول ۱ آورده شده است.

جدول ۱- خصوصیات آب و خاک مزارع پنبه انتخابی

مزرعه	مساحت (ha)	شوری آب (dSm^{-1})	شوری خاک (dSm^{-1})	PH	بافت خاک	دبی آب (Ls^{-1})	رقم
۱	۰/۷۰	۰/۹۴	۱/۷۱	۷/۹۰	لوم سیلتی	۱۰/۰۰	گلستان
۲	۱/۵۰	۳/۵۰	۵/۶۴	۷/۴۰	لوم	۷/۵۰	گلستان
۳	۰/۶۰	۲/۱۴	۴/۹۱	۷/۶۰	لوم رسی	۷/۵۰	بختگان
۴	۱/۰۰	۳/۵۰	۵/۸۶	۷/۵۰	لوم رسی	۷/۰۰	گلستان

در مزارع پنبه انتخابی میزان تبخیرتعرق پتانسیل گیاه مرجع (ETo) با استفاده از داده‌های ایستگاه هواشناسی استهبان با روش پنمن-مانتیث-فائو محاسبه و با استفاده از ضرایب گیاهی توصیه شده توسط فائو، نیاز خالص مورد نیاز گیاه پنبه درطول دوره رشد بدست آمد (آلن و همکاران، ۱۹۹۸). عملیات آبیاری در مزارع انتخابی انجام و حجم آب ورودی به زمین و عملکرد میوه اندازه‌گیری شد. برای اندازه‌گیری حجم آب آبیاری در مزارع و باغات تحت سامانه آبیاری سطحی از فلومهای WSC تیپ ۴ و در مزارع تحت سامانه‌های آبیاری تحت‌فشار، از کنتور حجمی واسنجی شده استفاده گردید. نیاز آبی خالص پنبه از حاصل‌ضرب ضریب گیاهی (Kc) در تبخیرتعرق پتانسیل گیاه مرجع (ETo) بدست آمد (رابطه ۱). ضریب گیاهی پنبه برای دوره ابتدایی، میانی و انتهای رشد به ترتیب ۰/۳۵، ۱/۱۵ و ۰/۶ در نظر گرفته شد. برای تعیین حجم آب آبیاری که سامانه به مزرعه تحویل خواهد داد باید با داشتن راندمان آبیاری و نیاز آبشویی، عمق خالص آبیاری به عمق ناخالص تبدیل شد (رابطه ۲). در این رابطه Ig عمق ناخالص آبیاری، E راندمان آبیاری و LR نیاز آبشویی است(رابطه ۳). با توجه به میزان شوری آب و خاک، نیاز آبشویی برای سامانه آبیاری قطره‌ای محاسبه شد. در رابطه ۳، EC_{iw}شوری آب آبیاری، و ED_d شوری عصاره اشباع خاک است که ۱۰۰ درصد کاهش محصول در پنبه ایجاد می‌کند. بهره‌وری آب آبیاری، بر اساس نسبت مقدار عملکرد میوه و یا محصول (Y) بر میزان حجم آب آبیاری به دست آمد (رابطه ۴). در رابطه ۲، I مقدار آب آبیاری (مترمکعب بر هکتار) در طول فصل زراعی و WP_I ، بهره‌وری فیزیکی آب آبیاری (کیلوگرم بر مترمکعب) می‌باشد.

$$ETc = Kc \times ETo \quad (۱)$$

$$I_g = \frac{ETc}{E(1-LR)} \quad (۲)$$

$$LR = \frac{EC_{iw}}{2EC_e} \quad (۳)$$

$$WP_I = \frac{Y(kgha^{-1})}{[I](m^3ha^{-1})} \quad (۴)$$

تبخیرتعرق واقعی گیاه (ETa)، با استفاده از رابطه ۳، از حاصلضرب راندمان کاربرد آب در مزرعه و حجم آب آبیاری به دست آمد (Dehghanisanij et al., 2024) (). بهره‌وری آب واقعی از رابطه ۴ و قرار دادن تبخیرتعرق واقعی بجای حجم آب آبیاری در مخرج کسر محاسبه گردید. راندمان کاربرد آب در مزرعه (AE) در هر آبیاری از رابطه ۶ و ۷ به‌دست آمد. راندمان کاربرد آب در مزرعه، طبق تعریف برابر است با نسبت آب ذخیره شده در ناحیه ریشه به مقدار آب آبیاری داده شده. مقدار آب ذخیره شده در ناحیه ریشه با اندازه‌گیری رطوبت خاک قبل از آبیاری به‌دست می‌آید. در این روابط SMD کمبود رطوبت خاک برحسب میلیمتر، θ_{fc} رطوبت وزنی ظرفیت مزرعه، θ_i رطوبت وزنی خاک قبل از آبیاری، ρ_b جرم مخصوص ظاهری خاک برحسب گرم بر سانتی‌مترمکعب و D_r عمق ریشه بر حسب میلی‌متر می‌باشد.

$$ETa = AE \times I \quad (۵)$$

$$AE = \frac{SMD}{I} \quad (۶)$$

$$SMD = (\theta_{fc} - \theta_i) \times \rho_b \times D_r \quad (۷)$$

با برآورد هزینه انجام شده جهت کاشت، داشت و

برداشت، و همچنین قیمت فروش محصول، تجزیه و تحلیل‌های اقتصادی نیز انجام و سود خالص و نسبت سود به هزینه در مزارع تیمار و شاهد محاسبه شد. بهره‌وری اقتصادی آب نیز با استفاده از رابطه (۸) محاسبه گردید. در این رابطه R درآمد خالص به دست آمده در هکتار می‌باشد.

$$WP_E = \frac{R(Rial.ha^{-1})}{[I](m^3ha^{-1})} \quad (۸)$$

پس از پایان فصل زراعی و اندازه‌گیری پارامترهای مورد نظر مقادیر عملکرد، حجم آب آبیاری، تبخیرتعرق واقعی، راندمان کاربرد آب، بهره‌وری آب آبیاری، و بهره‌وری آب واقعی در مزارع شاهد و تیمار اندازه‌گیری و میانگین آنها با آزمون تی زوجی مورد مقایسه قرار گرفت. همچنین تفاوت بین آب آبیاری و تبخیرتعرق واقعی که توسط بتون (۲۰۰۸) توصیه شده در مزارع تیمار و شاهد محاسبه و مقایسه شد.

نتایج و بحث

جدول ۲ مقادیر عملکرد در مزارع شاهد و تیمار انتخابی را نشان می‌دهد. ملاحظه می‌گردد که در همه مزارع انتخابی، عملکرد مزرعه تیمار از مزرعه شاهد بیشتر بوده که این تفاوت بین ۱۰۰ تا ۴۳۰ کیلوگرم در هکتار و بطور متوسط معادل ۳۰۰ کیلوگرم در هکتار بوده است. این تفاوت‌ها معادل تقریبا ۳ تا ۱۸ درصد و به طور متوسط ۱۰ درصد بوده است. میزان عملکرد در مزارع پنبه شاهد و تیمار با تحقیقات نخجوانی مقدم و همکاران (۲۰۲۰) همخوانی دارد. بنابراین بسته مدیریتی مورد استفاده در مزارع تیمار که شامل ارتقای سامانه آبیاری، برنامه ریزی آبیاری و مدیریت های به زراعی بوده، نه تنها باعث کاهش عملکرد نگردیده، بلکه توانسته عملکرد را نیز افزایش دهد. کم نشدن محصول در تیمارها از آن جهت اهمیت دارد که اگر عملکرد کاهش یابد، چون درآمد کشاورزان نیز کاهش می یابد، مورد استقبال قرار نخواهد گرفت. علاوه بر این چون اعمال مدیریت های مختلف ممکن است هزینه هایی در بر داشته باشد و به عبارت دیگر هزینه های تولید را افزایش دهد، افزایش عملکرد باعث افزایش درآمد خواهد شد و هزینه های اضافی بوجود آمده را جبران خواهد نمود.

جدول ۲- مقادیر عملکرد محصول پنبه در مزارع شاهد و تیمار انتخابی

مزرعه	عملکرد شاهد (کیاوگرم بر هکتار)	عملکرد تیمار (کیاوگرم بر هکتار)	تفاوت مطلق (کیاوگرم بر هکتار)	تفاوت نسبی (درصد)
۱	۳۶۵۰	۴۰۷۰	۴۲۰	۱۱/۵
۲	۳۲۵۰	۳۵۰۰	۲۵۰	۷/۷
۳	۳۸۵۰	۳۹۵۰	۱۰۰	۲/۶
۴	۲۴۲۰	۲۸۵۰	۴۳۰	۱۷/۸
میانگین	۳۲۹۳	۳۵۹۳	۳۰۰	۹/۹

در جدول۳ مقادیر حجم کل آب آبیاری داده شده به مزارع شاهد و تیمار در طول یک فصل زراعی نشان داده شده است. نتایج نشان می‌دهد که در مزارع انتخابی، حجم آب آبیاری مزرعه تیمار از مزرعه شاهد بین ۲۰۹۰ تا ۳۳۳۰ مترمکعب در هکتار و به‌طور متوسط ۲۴۷۵ مترمکعب در هکتار کمتر بوده که این کاهش بین ۱۸ تا ۲۷ درصد است. به عبارت دیگر، با تغییر سامانه آبیاری از سطحی به قطره‌ای و اعمال برنامه‌ریزی آبیاری، به‌طور متوسط ۲۱ درصد آب آبیاری کمتری بکار برده شد. حجم آب آبیاری مزارع تیمار با نتایج به دست آمده توسط اسلامی و همکاران (۲۰۱۹) تطابق دارد. حجم آب داده شده در مزارع شاهد با تحقیقات نخجوانی مقدم و همکاران (۲۰۲۰)، رحیمیان و کاخکی (۲۰۱۶) و اسدی و همکاران (۲۰۱۲) هم‌خوانی دارد. با توجه به اینکه هم عملکرد افزایش و هم آب آبیاری کاهش یافته، انتظار می رود بهره وری آب آبیاری به میزان قابل توجهی افزایش یابد که در ادامه به آن خواهیم پرداخت.

جدول ۳- مقادیر حجم آب آبیاری در مزارع شاهد و تیمار انتخابی

مزرعه	حجم آب آبیاری شاهد (مترمکعب در هکتار)	حجم آب آبیاری تیمار (مترمکعب در هکتار)	تفاوت مطلق (کیاوگرم بر هکتار)	تفاوت نسبی (درصد)
۱	۱۲۲۹۰	۸۹۶۰	۳۳۳۰	۲۷/۱
۲	۱۰۸۵۰	۸۵۸۰	۲۲۷۰	۲۰/۹
۳	۱۱۵۴۰	۹۴۵۰	۲۰۹۰	۱۸/۱
۴	۱۱۵۸۰	۹۳۷۰	۲۲۱۰	۱۹/۱
میانگین	۱۱۵۶۵	۹۰۹۰	۲۴۷۵	۲۱/۳

مقادیر بهره‌وری آب آبیاری در جدول ۴ نشان داده شده است. نتایج نشان می‌دهد بهره‌وری آب آبیاری مزارع تیمار نسبت به شاهد از ۰/۰۸ تا ۰/۱۶ و به‌طور متوسط ۰/۱۱ کیلوگرم بر مترمکعب افزایش داشته که معادل ۲۵ تا ۵۳ درصد و به‌طور متوسط ۴۰ درصد می‌باشد. بهره‌وری آب آبیاری در مزارع انتخابی با تحقیقات نخجوانی مقدم و همکاران (۲۰۲۰) و جلینی و همکاران (۲۰۲۴) هم‌خوانی دارد.

جدول ۴- مقادیر بهره‌وری آب آبیاری در مزارع شاهد و تیمار انتخابی

مزرعه	بهره‌وری آب آبیاری شاهد (کیلوگرم بر مترمکعب)	بهره‌وری آب آبیاری تیمار (کیلوگرم بر مترمکعب)	تفاوت مطلق (کیاوگرم بر مترمکعب)	تفاوت نسبی (درصد)
۱	۰/۲۹۷	۰/۴۵۴	۰/۱۵۷	۵۲/۹
۲	۰/۳۰۰	۰/۴۰۸	۰/۱۰۸	۳۶/۲
۳	۰/۳۳۴	۰/۴۱۸	۰/۰۸۴	۲۵/۳
۴	۰/۲۰۹	۰/۳۰۴	۰/۰۹۵	۴۵/۵
میانگین	۰/۲۸۵	۰/۳۹۶	۰/۱۱۱	۴۰/۰

جدول ۵ مقادیر راندمان کاربرد آب در مزرعه در مزارع تیمار و شاهد را نشان می‌دهد. بررسی راندمان کاربرد آب از این جهت اهمیت دارد که نشان می‌دهد چه بخش از آب آبیاری داده شده در منطقه ریشه ذخیره شده و مبنایی برای محاسبه تبخیرتعرق واقعی است. اسکگز و همکاران (۲۰۲۱) شاخص نسبت تبخیرتعرق واقعی به آب آبیاری را معرفی و مورد استفاده قرار داده‌اند که معادل راندمان کاربرد آب در مزرعه می باشد. ملاحظه می‌گردد که راندمان کاربرد آب در مزارع شاهد بین ۴۹ تا ۷۰ و در مزارع تیمار بین ۶۲ تا ۹۰ درصد بوده است. به عبارت دیگر با بهبود مدیریت آبیاری، مقدار مطلق راندمان کاربرد آب بین ۱۱ تا ۲۵ درصد و به‌طور متوسط ۱۷ درصد افزایش یافته است. مقدار نسبی افزایش راندمان کاربرد آب از ۲۲ تا ۳۹ و به‌طور متوسط ۲۹ درصد بوده که مقدار قابل توجهی است. بنابراین به‌طور کلی می‌توان نتیجه گرفت که تغییر در نوع سامانه و مدیریت آبیاری توانسته راندمان کاربرد آب را به میزان قابل توجهی افزایش دهد که نتیجه آن کاهش تلفات آب و افزایش بهره‌وری آب آبیاری می‌باشد.

جدول ۵- مقادیر راندمان کاربرد آب در مزارع شاهد و تیمار انتخابی

مزرعه	راندمان کاربرد آب شاهد (درصد)	راندمان کاربرد آب تیمار (درصد)	تفاوت مطلق (درصد)	تفاوت نسبی (درصد)
۱	۶۵	۹۰	۲۵	۳۸/۵
۲	۴۹	۶۵	۱۶	۳۲/۷
۳	۵۱	۶۲	۱۱	۲۱/۶
۴	۷۰	۸۷	۱۷	۲۴/۳
میانگین	۵۹	۷۶	۱۷	۲۹/۲

مقادیر تبخیرتعرق واقعی گیاه در مزارع پنبه تیمار و شاهد در جدول ۶ آورده شده است. ملاحظه می‌گردد که تبخیرتعرق واقعی در مزارع تیمار و شاهد نزدیک به هم و در مزارع تیمار به طور متوسط ۱/۵ درصد بیشتر از مزارع شاهد بوده است. بنابراین استفاده از سامانه آبیاری قطره‌ای همراه با برنامه‌ریزی آبیاری، نه تنها باعث کاهش آب آبیاری شده، بلکه میزان تبخیرتعرق واقعی که رابطه مستقیم با فتوسنتز و عملکرد دارد را کاهش نداده است. به عبارتی آب مصرفی صرف تعرق گیاه و تولید محصول شده و تلفات ناشی از نفوذ عمقی و رواناب و غیره کاهش یافته است. همچنین آبیاری انجام شده با زمان و میزان نیاز آبی گیاه مطابقت داشته است. بهره‌وری آب واقعی مزارع تیمار و شاهد در جدول ۷ نشان داده شده است. ملاحظه می‌گردد که بهره‌وری آب واقعی نیز به میزان ۰/۰۱۶ تا ۰/۰۵۱ و به‌طور متوسط ۰/۰۳۴ در مزارع تیمار نسبت به مزارع شاهد افزایش یافته یعنی افزایش نسبی آن حدود ۳ تا ۱۷ درصد و به‌طور متوسط ۸ درصد بوده است.

جدول ۶- مقادیر تبخیرتعرق واقعی در مزارع شاهد و تیمار انتخابی

مزرعه	تبخیرتعرق واقعی شاهد (مترمکعب در هکتار)	تبخیرتعرق واقعی تیمار (مترمکعب در هکتار)	تفاوت مطلق (مترمکعب در هکتار)	تفاوت نسبی (درصد)
۱	۷۹۸۹	۸۰۶۴	۷۶	۰/۹
۲	۵۳۱۷	۵۵۷۷	۲۶۱	۴/۹
۳	۵۸۸۵	۵۸۵۹	-۲۶	-۰/۴
۴	۸۱۰۶	۸۱۵۲	۴۶	۰/۶
میانگین	۶۸۲۴	۶۹۱۳	۸۹	۱/۵

جدول ۷- بهره‌وری آب واقعی در مزارع شاهد و تیمار انتخابی

مزرعه	بهره‌وری آب واقعی شاهد (کیلوگرم بر مترمکعب)	بهره‌وری آب واقعی تیمار (کیلوگرم بر مترمکعب)	تفاوت مطلق (کیاوگرم بر مترمکعب)	تفاوت نسبی (درصد)
۱	۰/۴۵۷	۰/۵۰۵	۰/۰۴۸	۱۰/۵
۲	۰/۶۱۱	۰/۶۲۸	۰/۰۱۶	۲/۷
۳	۰/۶۵۴	۰/۶۷۴	۰/۰۲۰	۳/۱
۴	۰/۲۹۹	۰/۳۵۰	۰/۰۵۱	۱۷/۱
میانگین	۰/۵۰۵	۰/۵۳۹	۰/۰۳۴	۸/۳

جدول ۸ نتایج تجزیه و تحلیل آماری عملکرد، حجم آب آبیاری، تبخیرتعرق واقعی، راندمان کاربرد آب در مزرعه، بهره‌وری آب آبیاری و بهره‌وری آب واقعی در مزارع تیمار نسبت به شاهد را نشان می‌دهد. ملاحظه می‌گردد که میانگین عملکرد در مزارع تیمار نسبت به مزارع شاهد حدود ۳۰۰ کیلوگرم در هکتار افزایش یافته که این افزایش در سطح ۵ درصد معنی‌دار است. حجم آب آبیاری داده شده مزارع تیمار نسبت به شاهد بطور متوسط ۲۴۷۵ مترمکعب در هکتار کمتر بوده که این تفاوت در سطح ۱ درصد معنی‌دار است. راندمان کاربرد آب در مزارع تیمار به‌طور متوسط ۱۷ درصد بیشتر از مزارع شاهد بوده که مقدار قابل توجهی است و در سطح ۱ درصد معنی‌دار شده است. میانگین بهره‌وری آب آبیاری در مزارع تیمار نسبت به شاهد ۰/۱۱ کیلوگرم بر مترمکعب افزایش یافته که در سطح ۱ درصد معنی‌دار است. بهره‌وری آب واقعی نیز در مزارع تیمار نسبت به شاهد بطور متوسط ۰/۰۳ افزایش یافته که این تفاوت‌ها در سطح ۵ درصد هم معنی‌دار است. فقط تفاوت تبخیرتعرق واقعی مزارع شاهد و تیمار در سطح ۵ درصد معنی‌دار نشده که این نتیجه مثبت ارزیابی می‌شود. چون اگر تبخیرتعرق واقعی در مزارع تیمار نسبت از تبخیرتعرق واقعی مزارع شاهد خیلی کمتر می‌شد، ممکن بود باعث کاهش عملکرد شود که این اتفاق نیفتاده است.

جدول ۸- نتایج تجزیه و تحلیل‌های آماری اجزای بهره‌وری آب بر اساس آزمون t زوجی

پارامتر	میانگین تفاوت (تیمار- شاهد)	t بحرانی	مقدار t	سطح معنی‌داری
حجم آب آبیاری	-۲۴۷۵	۳/۱۸	۸/۶۱	۰/۰۰۳
عملکرد	۳۰۰	۳/۱۸	-۳/۸۳	۰/۰۳۲
بهره‌وری آب آبیاری	۰/۱۱	۳/۱۸	-۶/۹۳	۰/۰۰۶
راندمان کاربرد آب	۱۷	۳/۱۸	-۵/۹۵	۰/۰۰۹
تبخیرتعرق واقعی	۹۱	۳/۱۸	-۱/۴۹	۰/۲۳۲
بهره‌وری آب واقعی	۰/۰۳	۳/۱۸	-۳/۷۳	۰/۰۳۴

یکی از شاخص هایی که برای مقایسه میزان آب آبیاری و تبخیرتعرق واقعی می تواند مورد استفاده قرار گیرد، تفاوت این دو عامل است (بتون، ۲۰۰۸). با توجه به روابط بیلان آب در خاک، تفاوت این دو عامل برابر با مجموع رواناب و نفوذ عمقی است. با توجه به اینکه مزارع مورد بررسی رواناب نداشته اند، این تفاوت تقریبا برابر با نفوذ عمقی خواهد بود. مقادیر این تفاوت در جدول ۹ نمایش داده شده است. با توجه به جدول ۹ ملاحظه می گردد که این تفاوت در مزارع تیمار به میزان قابل توجهی کمتر از مزارع شاهد شده و به طور متوسط از ۴۷۴۱ به ۲۱۷۷ مترمکعب در هکتار رسیده که ۵۷ درصد کاهش داشته است.

جدول ۹- میزان تفاوت آب آبیاری و تبخیرتعرق واقعی در مزارع شاهد و تیمار

مزرعه	تفاوت آب آبیاری و تبخیرتعرق واقعی شاهد (مترمکعب در هکتار)	تفاوت آب آبیاری و تبخیرتعرق واقعی تیمار (مترمکعب در هکتار)	تفاوت مطلق (مترمکعب در هکتار)	تفاوت نسبی (درصد)
۱	۴۳۰۲	۸۹۶	۳۴۰۶	۷۹
۲	۵۵۳۴	۳۰۰۳	۲۵۳۱	۴۶
۳	۵۶۵۵	۳۵۹۱	۲۰۶۴	۳۶
۴	۳۴۷۴	۱۲۱۸	۲۲۵۶	۶۵
میانگین	۴۷۴۱	۲۱۷۷	۲۵۶۴	۵۷

بررسی‌های اقتصادی: در این بررسی، هزینه‌ها و درآمد تولید محصول در مزارع تیمار و شاهد نیز جداگانه برآورد و سود خالص به دست آمده در هر مزرعه محاسبه گردید. جدول ۱۱ سود خالص به دست آمده از هر هکتار از مزارع شاهد و تیمار مورد بررسی را نشان می‌دهد. متوسط سود به دست آمده در مزارع تیمار ۲۵۷ و در مزارع شاهد ۱۹۱ میلیون ریال در هکتار بود. با وجود افزایش هزینه‌های مدیریت آبیاری در مزارع تیمار، به دلیل افزایش محصول وکاهش سایر هزینه‌ها مانند هزینه‌های پرسنلی آبیاری و غیره، سود خالص مزارع تیمار بیشتر از شاهد بوده که این اختلاف در سود بطور متوسط ۶۶ میلیون ریال در هکتار برآورد می‌گردد. در مزرعه ۳ به دلیل نزدیک بودن عملکرد در مزارع تیمار و شاهد، سود خالص مزرعه تیمار کمتر از سایر مزارع شده است. در مزرعه ۴ به دلیل کم بودن عملکرد در مزرعه شاهد، سود خالص مزرعه شاهد ناچیز بوده و به همین دلیل تفاوت مطلق و نسبی سود در مقایسه با مزرعه تیمار خیلی زیاد شده است. نسبت سود به هزینه در جدول ۱۲ آورده شده است. مقادیر این جدول نیز نشان می دهد در سه مزرعه، نسبت سود به هزینه در مزرعه تیمار از مزرعه شاهد بیشتر بوده و فقط در یک مزرعه تقریبا برابر بوده است. بطور متوسط نسبت سود به هزینه در مزارع شاهد و تیمار به ترتیب ۱/۲۱ و ۱/۲۸ بوده که نشان دهنده سود آور بودن بیشتر مزارع تیمار به مزارع شاهد می باشد.

بهره‌وری اقتصادی آب در مزارع تیمار و شاهد در جدول ۱۳ آورده شده است. ملاحظه می‌گردد که میانگین بهره‌وری اقتصادی آب در مزارع شاهد و تیمار

به‌ترتیب ۱۶۳۹۷ و ۲۸۲۸۵ ریال بر مترمکعب و تفاوت این دو ۱۱۸۸۸ ریال بر مترمکعب می‌باشد. در هر چهار مزرعه مورد بررسی، بهره‌وری اقتصادی مزارع تیمار از مزارع شاهد بیشتر بوده است. بنابراین استفاده از سامانه آبیاری قطره‌ای همراه با برنامه‌ریزی آبیاری و مدیریت به‌زراعی، توانسته بهره‌وری اقتصادی آب را به طور متوسط ۷۲ درصد افزایش دهد. به عبارت دیگر با ارتقای مدیریت آبیاری و به زراعی، به ازای هر مترمکعب آب، به طور متوسط ۱۱۸۸۸ ریال سود بیشتر به دست آمده است.

جدول ۱۱- مقادیر سود خالص در مزارع شاهد و تیمار

مزرعه	سود خالص شاهد (میلیون ریال در هکتار)	سود خالص تیمار (میلیون ریال در هکتار)	تفاوت مطلق (میلیون ریال در هکتار)	تفاوت نسبی (درصد)
۱	۲۶۸	۳۷۲	۱۰۴	۳۹/۰
۲	۱۴۰	۱۹۰	۵۰	۳۵/۷
۳	۳۳۲	۳۳۴	۲	۰/۶
۴	۲۴	۱۳۲	۱۰۸	۴۴۱/۰
میانگین	۱۹۱	۲۵۷	۶۶	۱۲۹/۱

جدول ۱۲- نسبت سود به هزینه در مزارع شاهد و تیمار

مزرعه	نسبت سود به هزینه شاهد	نسبت سود به هزینه تیمار	تفاوت مطلق	تفاوت نسبی (درصد)
۱	۱/۳۰	۱/۴۰	۰/۱۰	۸
۲	۱/۱۶	۱/۲۰	۰/۰۵	۴
۳	۱/۳۷	۱/۳۶	-۰/۰۱	-۱
۴	۱/۰۳	۱/۱۷	۰/۱۴	۱۳
میانگین	۱/۲۱	۱/۲۸	۰/۰۷	۶

جدول ۱۳- بهره وری اقتصادی آب در مزارع شاهد و تیمار

مزرعه	بهره‌وری اقتصادی آب شاهد (ریال بر مترمکعب)	بهره‌وری اقتصادی آب تیمار (ریال بر مترمکعب)	تفاوت مطلق (ریال بر مترمکعب)	تفاوت نسبی (درصد)
۱	۲۱۸۰۶	۴۱۵۶۳	۱۹۷۵۶	۹۱
۲	۱۲۹۰۳	۲۲۱۴۵	۹۲۴۱	۷۲
۳	۲۸۷۶۹	۳۵۳۴۴	۶۵۷۴	۲۳
۴	۲۱۰۷	۱۴۰۸۸	۱۱۹۸۰	۵۶۹
میانگین	۱۶۳۹۷	۲۸۲۸۵	۱۱۸۸۸	۷۲

نتیجه گیری

آبیاری سطحی یا غرقابی، هنوز در بسیاری از مزارع پنبه مورد استفاده قرار می‌گیرد. سامانه آبیاری قطره‌ای نواری امکان تأمین دقیق نیاز آبی گیاه را فراهم کرده و راندمان کاربرد آب را افزایش می‌دهد. با این حال، استفاده از سامانه آبیاری قطره‌ای به تنهایی تضمین‌کننده بهره‌وری مطلوب آب نیست. دستیابی به حداکثر کارایی این سامانه مستلزم برنامه‌ریزی دقیق آبیاری بر اساس نیاز واقعی گیاه، شرایط اقلیمی، ویژگی‌های خاک و مراحل فنولوژیکی پنبه است. ترکیب آبیاری قطره‌ای با برنامه‌ریزی آبیاری، علاوه بر افزایش بهره‌وری مصرف آب، آثار زیست‌محیطی ارزشمندی نیز به همراه دارد. در این تحقیق با ارتقای سامانه‌های آبیاری مزارع پنبه از سطحی به قطره‌ای، اعمال برنامه ریزی آبیاری و بهبود عملیات زراعی، راندمان کاربرد آب در مزرعه به طور متوسط ۱۷

درصد افزایش و حجم آب آبیاری ۲۱ درصد کاهش یافت. عدم کاهش در میزان تبخیروتعرق واقعی پنبه نشان داد که کاهش آب آبیاری، فتوسنتز و در نتیجه عملکرد محصول را نه تنها کاهش نداده، بلکه در بعضی مزارع به دلیل بهبود وضعیت آبیاری و تغذیه‌ای گیاه به طور متوسط تا حدود ۱۰ درصد افزایش نیز یافته است. از دیدگاه اقتصادی نیز، هرچند اجرای سامانه آبیاری قطره‌ای مستلزم سرمایه‌گذاری اولیه است، اما کاهش مصرف آب، کاهش هزینه‌های کارگری، امکان کودآبیاری، بهبود کیفیت محصول و افزایش عملکرد پنبه، در بلندمدت موجب افزایش سودآوری و پایداری اقتصادی واحدهای تولیدی می‌شود. نتایج این تحقیق نشان داد که با تغییر در مدیریت آبیاری و به‌زراعی، سود خالص به دست آمده در هر هکتار از مزرعه تا ۶۶ میلیون ریال افزایش یافت. همچنین بهره‌وری اقتصادی آب به میزان ۱۱۸۸۸ ریال بر مترمکعب افزایش یافت. در شرایط کنونی که منابع آب به عنوان مهم‌ترین عامل محدودکننده توسعه کشاورزی شناخته می‌شوند، جایگزینی آبیاری سطحی با سامانه‌های آبیاری قطره‌ای همراه با برنامه‌ریزی دقیق آبیاری، نه تنها یک انتخاب فنی، بلکه ضرورتی برای مدیریت پایدار منابع آب، افزایش بهره‌وری کشاورزی و حفظ ظرفیت تولید در آینده محسوب می‌شود. بنابراین، توسعه این فناوری‌ها می‌تواند نقش مؤثری در تحقق اهداف امنیت غذایی، سازگاری با تغییر اقلیم و حفاظت از منابع آب استان فارس و سایر مناطق خشک و نیمه‌خشک کشور ایفا کند.

منابع

Allen, R.G., Pereira, L.S., Raes, D. and Smith, M., 1998. Crop evapotranspiration-Guidelines for computing crop water requirements. FAO Irrigation and drainage paper 56, 300p.

Asadi, R., Hasanpour, F., Tabatabayi, S. M. & Kohi, N. (2012). Evaluation of surface and subsurface drip irrigation systems on cotton yield in Orzuiyeh, Kerman province. Journal of Agricultural Sciences and Techniques and Natural Resources, Water and Soil Sciences, 17(63): 11-20. (in Persian)

Bethune, M. G. (2008). Understanding and predicting deep percolation under surface irrigation. Water Resources Research, 44, W12419.

Chen, H., Tang, O., Li, Y., Zhang, H., Li, K., Li, J., Xie, Y., Su, N., Duan, Y., Lv, Z.,and Lin, T. 2026. Interactive Effects of Irrigation Amount and Interval on Cotton Water Use and Productivity: Evidence from Controlled Experiments and AquaCrop Simulations. Agronomy 2026, 16, 730.

Dehghanisanij, H., Mokhtaran, A., Nikanfar, R., Nourjou, A., Shahrokhnia, M.A., Varjavand, P., Salamati, N., Yargholi, B., Behaeen, M.A. and Habibi, J., 2024. Determining the Most Effective Agricultural Technologies in Actual Water Saving in Three Watersheds. Journal of Water Research in Agriculture, 38(2), pp. 117-138. [In Persian]

Eslami, A., Shahrokhnia, M.A. & Ghafouri, V. (2019). Presenting a simple program for managing drip irrigation systems of cotton fields (case study: Darab and Larestan cities). Oilseeds Extension Journal, 2(2): 92-84. (in Persian)

Eslami, A., Nakhjavani Moghadam, M.M., Ghasemi, M.M., and Jokar, A. 2024. Estimation of Irrigation Water Productivity Indicators and Cotton Cultivation Yield in Conventional Agricultural Conditions of Larestan, Darab and Fasa Cities (Case Study: Fars Province). Irrigation and Drainage Structures Engineering Research, 25, 95, (2): 57-74. (in Persian)

Guo, X., Wang, S., Zhang, H., You, X., Zhao, B., Zheng, Y., and Wang, Z. 2026. Effects of Irrigation Methods on Root Distribution, Water Uptake Patterns, and Water Use Efficiency in Transplanted vs. Direct-Seeded Cotton. Agronomy, 16, 273.

Ibragimov, N., Avliyakulov, M., Schwartz, R., Yakhyoeva, N., Abdullaev, J. 2026. Cotton yield and water productivity responses to fertilizer application strategies under drip and furrow irrigation. Agronomy Journal, 118(3): e70414.

Jolaini, M., Haghayeghimoghadam, A., and Nakhjavanimoghaddam, M. M. 2024. Investigating of the Volume of Irrigation Water, yield and water productivity in cotton fields In Razavi Khorasan province. Irrigation and Drainage Structures Engineering Research, 25,94(1):39-52. (in Persian)

Karimi, M., and Ghodsi, M. 2021. Effect of Different Irrigation Regimes, Residues and Tillage on Yield, Yield Components and cotton Water Productivity in the Temperate Zone of Khorasan Razavi, Iranian Journal of Irrigation and Drainage, 15 (2): 245-257. (in Persian)

Koudahe, K., Sheshukov, A.Y., Aguilar, J., and Djaman, K. 2021. Irrigation-Water Management and Productivity of Cotton:A Review. Sustainability, 13(18), 10070.

Li, N., Shi, X., Zhang, H., Shi, F., Zhang, H., Liang, Q., Hao, X., Luo, H., & Wang, J. (2024). Optimizing irrigation strategies to improve the soil microenvironment and enhance cotton water productivity under deep drip irrigation. Agricultural Water Management, 305:1-15.

Nakhjavanimoghaddam, M.M. Haghayeghi Moghaddam, S.A. Joleini, M. Sohrabi Moshkabadi, B. Eslami, A. Khosravi, H and Akhavan, K. (2020). Determination of Cotton Water Consumption in Iran. Research Report, No 57529, Agricultural Engineering Research Institute, Karaj. Iran. (In Persian).

Pereira, L. S., Allen, R. G., Smith, M., & Raes, D. (2015). Crop evapotranspiration estimation with FAO56: Past and future. Agricultural Water Management, 147, 4–20

Pereira, L. S., Paredes, P., Hunsaker, D. J., López-Urrea, R., & Mohammadi Shad, Z. (2021). Standard single and basal crop coefficients for field crops: Updates and advances to the FAO56 crop water requirements method. *Agricultural Water Management*, 243, 106466.

Rahimian M. & Kakhki, A. (2016). Calculation of water requirement of cotton plant by lysimeter method in Kashmar region. Journal of Water and Soil Sciences, 21: 145-141. (in Persian)

Rao, S.S., Tanwar, S.P.S., & Regar, P.L. (2016). Effect of deficit irrigation, phosphorous inoculation and cycocel spray on root growth, seed cotton yield and water productivity of drip irrigated cotton in arid environment. Agricultural Water Management, 169:14-25.

Saeidnia, F., and Najjar, H. 2024. Effect of Different Irrigation Levels on Yield and Yield Components of Some Promising Lines of Cotton. Journal of Soil and Plant Interactions, 14(4): 67-84. (in Persian)

Skaggs, T. H., Anderson, R. G., Corwin, D. L., & Young, C. A. (2021). Impact of Drought and Changing Water Sources on Water Use and Soil Salinity of Almond and Pistachio Orchards: 1. Observations. Soil Systems, 5, 50.

Sohrabi Moshkabadi, b. (2016). Cotton water productivity of the country. Technical publication of Cotton Research Institute, Agricultural Research, Education and Extension Organization. (in Persian)

Sui, R., Fisher, D. K., & Barnes, E. M. (2021). Irrigation-Water Management and Productivity of Cotton: A Review. Sustainability, 13, 10070.

Vaddula, Y., and Singh, K. 2023. Progression of drip irrigation and fertigation in cotton across the globe and its future perspectives for sustainable agriculture: an overview. Applied Water Science, 13:177.

Yang, B.F., Yang G.Z., Feng L., Han, Y.C., Lei, Y.P., Fan, Z.Y., Wang, Z.B., and Li, Y.B. (2021). Effects of deficit irrigation on cotton growth and water use efficiency: A review. Chinese Journal of Applied Ecology, 32(3):1112-1118.