

مقاله علمی-پژوهشی

## مقایسه عملکرد دو نوع پوشش طبیعی و مصنوعی در کاهش تبخیر از مخازن آبی (مطالعه موردی: منطقه جیرفت)

محمد رضا مددی<sup>۱\*</sup>، شاپور کوهستانی<sup>۲</sup>، محمد جداوی<sup>۳</sup>، سید محمد ذکریایی<sup>۳</sup>

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۲/۱۹ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۳/۲۳

### چکیده

امروزه نرخ بالای تبخیر از سطوح آبی یکی از مهم‌ترین چالش‌هایی است که مدیریت منابع آب کشور به خصوص در مناطق گرم و خشک با آن روبرو است. شهرستان جیرفت یکی از این مناطق است که نرخ تبخیر در آن به پنج الی شش برابر متوسط جهانی می‌رسد. این منطقه یکی از قطب‌های مهم کشاورزی در کشور محسوب می‌شود و تعداد زیادی استخر ذخیره آب برای اهداف کشاورزی در آن وجود دارد که هر ساله به دلیل تابش زیاد آفتاب، بالا بودن درجه حرارت، طولانی بودن ساعات آفتابی و وزش بادهای نسبتاً تند، حجم زیادی از آن در اثر تبخیر به هدر می‌رود. در پژوهش حاضر اثر دو نوع پوشش مصنوعی (پلی استایرن گرانولار) و طبیعی (برگ درخت سپستان) بر روی شدت تبخیر از سطوح آبی این منطقه (موقعیت مطالعه: مزرعه تحقیقاتی دانشگاه جیرفت) به صورت میدانی در ایام گرم سال (۲۵ خرداد تا ۲۵ تیر) مورد بررسی قرار گرفته است. تأثیر هر کدام از این پوشش‌ها در پنج تراکم ۱۰، ۲۵، ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ درصد و سه تکرار مورد بررسی قرار گرفت و نتایج آن با آزمایش شاهد (بدون پوشش) مقایسه گردید. نتایج حاصل از مقایسه میانگین‌ها و تحلیل آماری با آزمون حداقل اختلاف معنی‌دار (LSD) نشان داد که هر دو نوع پوشش در همه تراکم‌ها تأثیر معنی‌داری بر کاهش تبخیر داشته‌اند. مقایسه میزان تبخیر روزانه از تیمارهای دارای پوشش در مقایسه با تیمار شاهد (بدون پوشش) نشان داد که پوشش مصنوعی در مقایسه با پوشش طبیعی در کاهش تبخیر عملکرد بهتری داشته است. نتایج میزان تبخیر ماهانه نشان داد که پوشش مصنوعی و طبیعی در تراکم ۱۰۰ درصد، به ترتیب سبب کاهش تبخیر به میزان ۲۹٪ و ۲۴٪ در مقایسه با آزمایش شاهد شده‌اند.

**واژه‌های کلیدی:** پوشش فیزیکی، تکرار-تیمار، جیرفت، شدت تبخیر، مطالعه میدانی

### مقدمه

خشکی‌های جهان به ایران اختصاص دارد، سهم آن از منابع آب شیرین تنها ۰/۳ درصد است. از طرف دیگر، کمبود بارندگی در ایران به دلیل قرار گرفتن آن در کمربند خشک و نیمه خشک جهان باعث شده که کشور ما به صورت طبیعی همواره با کمبود آب مواجه باشد و در زمره کشورهای با محدودیت منابع آبی قلمداد شود. اگرچه وزارت نیرو در دهه‌های گذشته احداث سدها را برای مقابله با مشکل کم آبی در دستور کار خود قرار داد ولی عدم توجه به نرخ بالای تبخیر در کشور (متوسط تبخیر سالانه در ایران ۲۱۰۰ میلی‌متر است که سه برابر متوسط تبخیر جهانی است (Mozafari et al., 2019)) باعث شده که هر ساله میلیاردها متر مکعب آب از مخازن بیش از ۶۰۰ سد موجود در کشور تبخیر شود. همچنین توسعه بخش کشاورزی در کشور با احداث هزاران استخر ذخیره آب در اراضی باغی و زراعی همراه بوده است که میزان تبخیر از این استخرها در مناطق گرمسیری به میلیون‌ها متر مکعب در سال می‌رسد. به طوری که امروزه تبخیر از سطح مخازن سدها و استخرهای ذخیره آب کشاورزی

آب شیرین از اساسی‌ترین نیازهای جوامع بشری است و چگونگی حفظ و بهره‌برداری از منابع آب شیرین یکی از مهم‌ترین چالش‌های قرن حاضر محسوب می‌شود. این چالش در مناطق خشک و نیمه خشک جهان وضعیت وخیم‌تری دارد و در حال تبدیل شدن به یک بحران می‌باشد به طوری که گفته می‌شود در حال حاضر بیش از نیمی از جمعیت جهان با کمبود منابع آب شیرین مواجه هستند. سهم ایران از منابع آب شیرین جهان نسبت به مناطق دیگر در سطح پایین‌تری قرار دارد. با وجود آن که یک درصد جمعیت و ۱/۱ درصد

۱- استادیار گروه مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه جیرفت، جیرفت، ایران  
۲- استادیار گروه مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه جیرفت، جیرفت، ایران  
۳- دانشجوی کارشناسی گروه مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه جیرفت، جیرفت، ایران  
(\*- نویسنده مسئول: (Email: madadi@ujiroft.ac.ir)

آب ذخیره شده پشت مخزن را بر کاهش دمای لایه سطحی آب و کاهش تبخیر آب مورد بررسی قرار دادند و گزارش دادند استفاده از یک سیستم تهویه که لایه‌بندی حرارتی مخازن را از بین ببرد می‌تواند سبب کاهش نرخ تبخیر تا ۲/۵ درصد (برای مخازن کوچک) گردد (Helfer et al., 2011). برینک و همکاران یک سیستم کنترل خودکار را برای استفاده بهینه از پوشش مونولایر به منظور کاهش تبخیر از سطوح آبی معرفی نمودند (Brink et al., 2011). آزلاین و همکاران اثر اجسام شناور را بر روی کاهش تبخیر از سطوح آبی تحلیل نمودند و اذعان داشتند دیسک‌های شناور عملکرد موفق‌تری نسبت به توپ‌های شناور در کاهش تبخیر دارند (Assouline et al., 2011). الحصون و همکاران برای کاهش تبخیر از سطح مخازن، پوششی از برگ‌های درخت نخل تهیه کردند و در دو استخر آزمایشی، یکی را به صورت کامل و دیگری را با نصف پوشش تهیه شده پوشاندند. نتایج ارائه شده در دو استخر به ترتیب کاهش تبخیر را به اندازه ۶۳ و ۲۶ درصد نشان داد (Al-Hassoun et al., 2009). الویرا و همکاران در یک دوره دو ساله تأثیر یک پوشش پلی اتیلنی را بر روی کاهش شدت تبخیر از یک مخزن آب کشاورزی مورد بررسی قرار دادند و ادعا کردند این پوشش توانسته است تا ۸۵ درصد از میزان تبخیر بکاهد. آن‌ها همچنین در مطالعه دیگری اثر سه نوع ترکیب مونولایر شامل استریل الکل، اتیلن گلوکل و محصول تجاری واترسیور را در کاهش تبخیر از سطوح آبی مورد بررسی قرار دادند و اتیلن گلوکل را به عنوان بهترین پوشش معرفی نمودند (Elvira et al., 2011, 2013). عالم و شیخ تأثیر برگ نخل را به عنوان یک پوشش سایه انداز برای کاهش شدت تبخیر از مخازن کشور عربستان سعودی مورد بررسی قرار دادند. آنها مشاهده کردند که با کاربرد برگ درخت خرما در یک لایه و دولایه، میزان تبخیر به ترتیب ۴۷ و ۵۸ درصد کاهش یافت (Alam and Shaikh, 2013). سانتافه و همکاران امکان استفاده از سلول‌های خورشیدی را برای کاهش تبخیر از مخازن ذخیره آب و تولید جریان الکتریسته در مناطق خشک و نیمه خشک اسپانیا (والنسیا) بررسی نمودند و آن را روشی نسبتاً آسان و مقرون به صرفه ارزیابی نمودند (Santafé et al., 2014). ساگای و باچی تأثیر پوشش شیمیایی (ترکیبات الکلی چرب) را بر روی کاهش تبخیر از مخازن آبی موجود در مناطق خشک الجزایر مورد مطالعه قرار دادند و گزارش دادند این ترکیبات توانسته‌اند بین ۱۶ تا ۲۲ درصد از تبخیر را کاهش دهند (Saggai and Bachi, 2018). حسن و همکاران اجسام شناوری از جنس مواد بازیافتی را بر روی کاهش تبخیر آب از مخازن مورد بررسی قرار دادند و اظهار داشتند این اجسام شناور می‌توانند تا ۴۳٪ در مناطق ساحلی و تا ۳۷٪ در مناطق خشک، شدت تبخیر را کاهش دهند (Hassan et al., 2015). ژیانگ و همکاران تکنولوژی صفحات بنزنی را برای کاهش تبخیر آب از مخازن با سطح زیاد و عمق کم پیشنهاد دادند. آن‌ها گزارش دادند که این تکنولوژی می‌تواند مقدار تبخیر را بیش از ۵۱ درصد در مناطق خشک کاهش دهد (Jiang et al., 2015). السبای و

به عنوان یکی از مهم‌ترین مؤلفه‌های تشدید خشکسالی و کاهش ذخیره منابع آبی در کشور ما محسوب می‌شود. این پدیده سهم مهمی در اتلاف آب به ویژه در مناطق کویر مرکزی دارد.

از این رو، کنترل شدت تبخیر از سطوح آبی یکی از روش‌هایی است که می‌تواند کمک شایانی در حفظ و تأمین منابع آب مناطق گرمسیری با پتانسیل تبخیر بالا بنماید. تاکنون راهکارهای مختلفی برای کاهش تبخیر از سطوح آبی پیشنهاد شده است که به طور کلی در سه دسته روش‌های فیزیکی (پوشش‌های شناور در سطح آب)، شیمیایی (لایه‌های محافظ الکلی و پلی‌اتیلنی در ابعاد نانو) و بیولوژیکی (کاشت گیاه برای سایه‌اندازی) طبقه‌بندی می‌شوند. نویسندگان مقاله سعی نمودند مرور جامعی از پیشینه تحقیقات مرتبط با این پژوهش به عمل بیاورند که به شرح زیر ارائه می‌گردد:

بارستون و اکبرزاده برای اولین بار پوشش موسوم به آکواکاپ (Aqua-cup) را برای کنترل تبخیر از سطح آب معرفی نمودند و مدعی شدند که این پوشش می‌تواند میزان تبخیر را بیش از ۶۵ درصد کاهش دهد (Burston and Akbarzadeh, 1995). بارستون در مطالعات خود ادعا کرد که چنانچه سامانه آکواکاپ از شکل صفحه‌ای به گنبدی تغییر شکل یابد، میزان کارایی این پوشش تا ۸۹ درصد افزایش خواهد یافت (Burston, 2002). کرایگ و همکاران کارایی پوشش ای وپ کپ (E-VapCap) را بر کاهش تبخیر از سطح آب تا ۹۵ درصد گزارش کردند (Craig et al., 2005). آلوارز و همکاران تأثیر پوشش‌های پلی‌اتیلنی تک‌لایه و دولایه را بر کاهش میزان تبخیر از سطح آب بررسی کردند. در این مطالعه که در طول فصل تابستان بر روی دو تشتک تبخیر کلاس A انجام گرفت، کاهش میزان تبخیر روزانه با پوشش‌های سایه انداز تک‌لایه و دولایه به ترتیب ۷۵ و ۸۳ درصد گزارش شد و تحلیل اقتصادی طرح نشان داد که استفاده از پوشش فوق برای جلوگیری از تبخیر در جنوب اسپانیا توجیه‌پذیر است (Alvarez et al., 2006). فین و بارس می‌تواند طی دو سال بر روی پوشش‌های ژئوتکستایل مطالعه کردند و دریافتند این پوشش‌ها می‌توانند میزان تبخیر از سطح آب را تا ۹۰ درصد کاهش دهند (Finn and Barnes, 2007). هوارد و اشمیت از پوشش‌های معلق دایره‌ای و مسطح در سطح آب استفاده کردند. این پوشش‌ها مقداری از انرژی تابشی خورشید را منعکس می‌کنند و در واقع، عملکرد آن‌ها همانند موانع فیزیکی است که از جابه‌جایی بخار آب چه به صورت عمودی و چه به صورت افقی جلوگیری می‌کنند (Howard and Schmidt, 2008). هلفر و همکاران اثر بادشکن را بر روی کاهش تبخیر از سطح یک مخزن واقع در کوئینزلند استرالیا مورد مطالعه قرار دادند و مناسب‌ترین تراکم و ارتفاع بادشکن را در سناریوهای مختلف معرفی نمودند. آنها ادعا کردند با نصب بادشکن‌هایی با ارتفاع مختلف، تا ۵/۶ درصد از نرخ تبخیر کاسته شد. آن‌ها روش استفاده از بادشکن را برای سدهای بزرگ بسیار کم تأثیر قلمداد کردند (Helfer et al., 2010). هلفر و همکاران اثر هوادهی

همان‌طور که مشخص است تاکنون روش‌های مختلفی برای کاهش تبخیر از سطوح آبی به کار گرفته شده است. در انتخاب روش مناسب بایستی به این سوالات توجه نمود که اولاً روش مربوطه از لحاظ فنی و اجرایی تا چه حد امکان پیاده‌سازی دارد؟، دوماً آیا اجرای آن از لحاظ اقتصادی به صرفه است؟ و ثالثاً آیا روش مورد نظر با پروتکل‌های زیست محیطی مطابقت دارد؟. بهترین روش گزینه‌ای است که پاسخ هر سه سوال فوق برای آن مثبت باشد. بر اساس ارزیابی که نویسندگان این مقاله از نتایج تحقیقات آزمایشگاهی و پروژه‌های میدانی به عمل آورده‌اند مشخص شده که روش‌های شیمیایی در عمل کارایی پایینی داشته‌اند زیرا این روش‌ها به شدت تحت تأثیر سرعت باد و موج سطحی آب می‌باشند. روش‌های بیولوژیکی نظیر کاشت درختان سایه‌انداز نیز به دلیل زمان زیادی که برای رشد و توسعه این پوشش‌ها مورد نیاز است و نیز محدوده کوچک سایه‌اندازی در مقایسه با ابعاد سطوح آبی از کارایی و جذابیت بالایی برخوردار نیستند. به همین دلیل، روش‌های فیزیکی و به صورت خاص اجسام شناور به دلیل کارایی بالاتری که دارند، از استقبال بیشتری برخوردار شده‌اند. در مناطق گرمسیری ایران، با وجود وضعیت بحرانی منابع آب و تبخیر بسیار بالا، تاکنون اقدامات عملی چندانی در راستای کنترل تبخیر انجام نگرفته است و مطالعات از فضای آزمایشگاه‌ها خارج نشده است.

از این رو، در پژوهش حاضر، تأثیر یک پوشش شناور طبیعی و یک پوشش شناور مصنوعی در تراکم‌ها و تکرارهای مختلف بر روی شدت تبخیر از سطوح آبی یکی از گرم‌ترین مناطق کشور با نرخ تبخیر بسیار بالا (جیرفت با نرخ تبخیر تا ۶ برابر متوسط جهان)، به صورت میدانی در گرم‌ترین ایام سال مورد بررسی قرار گرفته است. با توجه به دانش نویسندگان و بررسی منابع انجام شده، این پژوهش در نوع خود از لحاظ اقلیمی و ماهیتی (مطالعه میدانی مقایسه‌ای) تاکنون صورت نگرفته است.

## مواد و روش‌ها

### منطقه مورد مطالعه

شهرستان جیرفت با مساحت ۱۳۸۰۰ کیلومتر مربع در جنوب استان کرمان در محدوده طول جغرافیایی ۵۶ درجه و ۴۵ دقیقه تا ۵۸ درجه و ۳۱ دقیقه و عرض جغرافیایی ۲۸ درجه و ۱۰ دقیقه و ۲۹ درجه و ۲۰ دقیقه قرار گرفته است (شکل ۱). جیرفت از شمال به شهرستان کرمان، از جنوب به شهرستان‌های عنبرآباد و فاریاب، از غرب به شهرستان‌های رابر و بافت، و از شرق به شهرستان بم محدود می‌شود و ارتفاع متوسط آن از سطح دریا ۷۵۰ متر است. این شهرستان به دلیل موقعیت خاص جغرافیایی و طبیعی به هند ایران معروف بوده و از آن به‌عنوان قطب کشاورزی ایران در برخی

همکاران در مطالعه‌ای تأثیر شیوه پوشاندن سطح آب با برگ و پوست تنه درخت خرما را بر کاهش تبخیر از سطح آب موجود در استخرهای ذخیره مورد بررسی قرار دادند. آنها به این نتیجه رسیدند که پوشش نواری در مقایسه با پوشش یکپارچه (هر دو در ۵۰ درصد پوشش) تا ۲۴٪ عملکرد بهتری داشته است. همچنین پوشش‌دار کردن سطح مخزن باعث کاهش ۷۶ درصدی تبخیر گردید. آنها همچنین گزارش دادند که استفاده از این پوشش، کیفیت آب را کاهش نداد (Elsebaie et al., 2017). از جمله اقدامات انجام شده در ایران، می‌توان به مطالعه پیری و همکاران (۱۳۹۰) اشاره کرد. آنها ترکیبی از روش‌های فیزیکی (پوشش صفحه‌ای با ضخامت‌ها و درصد پوشش‌های مختلف) و شیمیایی (ستیل و استریل‌الکل و ترکیب آن‌ها به صورت محلول در اتانول) و مغناطیس کردن آب را برای کاهش تبخیر آب مورد بررسی قرار دادند و گزارش دادند که با استفاده از روش‌های فیزیکی، ۳۰-۵۵ درصد و با استفاده از روش‌های شیمیایی، ۴۰-۵۵ درصد از میزان تبخیر را می‌توان کاهش داد. افخمی و همکاران (۱۳۹۶، ۱۳۹۷، ۱۳۹۸) پوشش‌های فیزیکی مختلفی را با نام‌های یونورینگ، یونوبتن و یورتالات برای کاهش تبخیر از سد رسوبگیر معدن مس سرچشمه کرمان طراحی و مورد آزمایش قرار دادند و اظهار داشتند این پوشش‌ها توانسته‌اند تا ۹۲ درصد از تبخیر را کاهش دهند. آنها همچنین با استفاده از رزین پلی‌وینیل‌بوتیرال به همراه الکل‌های چرب هگزادکانول و اکتادکانول ترکیب جدیدی برای کاهش تبخیر ارائه نمودند که قادر بود تا ۵۹ و ۴۷ درصد تبخیر را به ترتیب از سطح آب شرب و پساب کاهش دهد. مظاهری و عابدی کوپائی (۱۳۹۷) از پوشش‌های پلی‌کربنات و پلی‌استایرن با روکش آلومینیوم برای کنترل تبخیر استفاده کردند و کاهش تبخیر تا ۸۵ درصد را گزارش دادند. صالحی طرخورانی و همکاران (۱۳۹۷) اثر استفاده از پوشش پلی‌اتیلنی متخلخل سیاه را بر روی شدت تبخیر مخزن سد استقلال میناب مورد بررسی قرار دادند. آنها نتیجه گرفتند که این پوشش می‌تواند به طور متوسط کاهش تبخیری برابر ۷۷٪ در حالت استفاده از پوشش تک‌لایه و ۸۳٪ در حالت پوشش دولایه داشته باشد. وصالی ناصح و شهیدی (۱۳۹۸) در یک مطالعه آزمایشگاهی اثر توپ سایه و الکل‌های سنگین اکتادکانول و هگزادکانول را بر روی میزان تبخیر مورد بررسی قرار و گزارش دادند ترکیب دو روش بهترین عملکرد را در کاهش تبخیر داشته است. در مقایسه این دو روش نیز روش توپ سایه را به عنوان روش موثرتر و البته پرهزینه‌تر معرفی نمودند. سلطانی و همکاران (۱۳۹۸) کارایی گیاه عدسک آبی را بر میزان تبخیر از سطح آب مورد بررسی قرار دادند و نتیجه گرفتند این گیاه چه به صورت زنده و چه بصورت غیر زنده می‌تواند میزان تبخیر را تا ۲۳/۵ درصد کاهش دهد. اکبرزاده و همکاران (۱۳۹۹) به مدل‌سازی و بررسی آزمایشگاهی تأثیر توپ‌های سیاه و سفید بر کاهش تبخیر از سطح آب در حضور جریان سطحی پرداختند و دریافتند که حضور جریان‌های سطحی با دبی مناسب می‌تواند راندمان کاهش تبخیر اجسام شناور را افزایش دهد.

هکتار بزرگترین سد مخزنی استان کرمان به شمار می‌آید. متوسط بارندگی شهرستان جیرفت ۱۷۰ میلی‌متر در سال است. نرخ تبخیر در ماه‌های گرم سال (خرداد و تیر) به بیش از ۵ برابر متوسط جهان می‌رسد که ناشی از گرمای هوا و وزش بادهای محلی، منطقه‌ای و برون منطقه‌ای می‌باشد.

محصولات همچون صیفی‌جات، سیب زمینی، پیاز، مرکبات و خرما یاد می‌شود. مهم‌ترین رودخانه جیرفت هلیل رود است که از ارتفاعات بافت و رابر سرچشمه می‌گیرد و پس از مشروب کردن اراضی مسیر خود به تالاب عظیم جازموریان می‌ریزد. سد جیرفت بر روی این رودخانه احداث شده و با داشتن دریاچه‌ای به وسعت بیش از ۱۰۰۰



شکل ۱- موقعیت شهرستان جیرفت

جنس پلی‌اتیلن شفاف برای آزمایش‌ها انتخاب شد (شکل ۲). در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه جیرفت، نقطه‌ای به دور از ساختمان‌ها و درختان بلند برای تعبیه ظروف آزمایشی در نظر گرفته شد و بعد از تراز کردن سطح زمین، ظروف در کنار یکدیگر در ۳ تکرار و ۵ تیمار قرار گرفتند (شکل ۲).

### روش تحقیق

این مطالعه میدانی در ایام گرم سال (۲۵ خرداد تا ۲۵ تیرماه) به صورت همزمان در مزرعه پژوهشی دانشگاه جیرفت و اداره هواشناسی شهرستان جیرفت صورت پذیرفت. بعد از بررسی گزینه‌های مختلف، ۳۷ ظرف استوانه‌ای با قطر ۳۰ سانتی‌متر و ارتفاع ۴۵ سانتی‌متر از



شکل ۲- آماده سازی و تراز کردن ظروف تعیین تبخیر

استایرن (یک ماده پتروشیمی) می‌باشد که گرانولی سبک و سفید رنگ است. این ماده اولین بار در سال ۱۹۵۰ تولید گردید. این ماده در تمام مراحل ساخت، کاربرد و بازیافت یا دورریزی برای محیط زیست و انسان مشکلی ایجاد نمی‌کند. این ماده در آب حل نمی‌شود و با هزینه کمی در دسترس همه قرار دارد. از دیگر خواص آن می‌توان به چگالی کم و مقاومت بالای آن و نیز عدم فسادپذیری آن در طول زمان اشاره کرد.

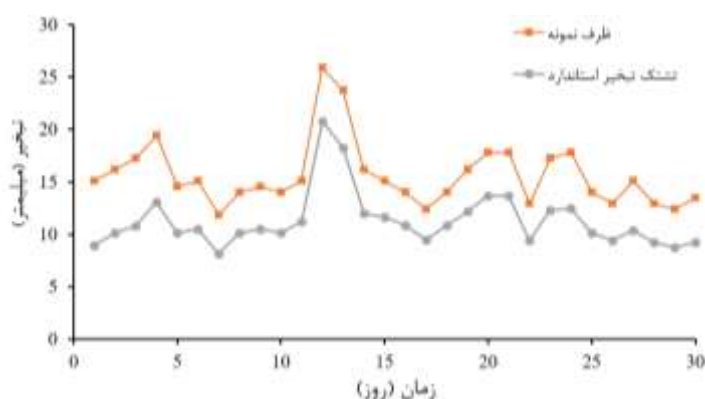
تیمارهای مورد آزمایش، در دو دسته کلی پوشش طبیعی و پوشش مصنوعی (پلی استایرن گرانولار) قرار گرفتند. برای پوشش طبیعی از برگ درخت سپستان استفاده شد. درخت سپستان با نام علمی (*Cordia myxa*) که با نام‌های آنباوک، پوزیل و لمبو نیز در جنوب ایران معروف است، درختی گرمسیری از تیره گل‌گاو زبان که با ارتفاع ۴ تا ۵ متر، دارای برگ‌هایی مدور و بزرگ به رنگ سبز روشن است و در مناطق گرمسیر جنوب کرمان، سیستان و خلیج فارس می‌روید. برای پوشش مصنوعی نیز از پلی استایرن گرانولار استفاده شد. پلی‌استایرن گرانولار یک پلیمر مصنوعی از مونومر



شکل ۳- پوشش مصنوعی پلی استایرن گرانولار (سمت راست) و پوشش طبیعی برگ سپستان (سمت چپ)

در فاصله ۵ کیلومتری از دانشگاه جیرفت منتقل شد تا کارشناسان محترم هواشناسی که میزان تبخیر روزانه از تشتک استاندارد کلاس A را قرائت می‌نمایند، میزان تبخیر از این ظرف را نیز قرائت کنند. هدف از این کار برقراری رابطه‌ای بین تبخیر از سطح ظرف نمونه و تبخیر از تشتک استاندارد کلاس A در پایان دوره تحقیقاتی بوده است. با این کار، قرائت‌های صورت گرفته در ظرف‌های آزمایشی را می‌توان به تشتک استاندارد تبخیر تعمیم داد. شکل ۴ داده‌های بدست آمده تبخیر از سطح تشتک استاندارد در مقایسه با ظرف نمونه آزمایشی نشان می‌دهد. با بررسی مقادیر متناظر این دو نمودار مشخص شد که میزان تبخیر از ظرف نمونه آزمایشی ۱/۴ برابر میزان تبخیر از تشتک استاندارد است.

هر یک از این پوشش‌ها در ۵ تراکم ۱۰٪، ۲۵٪، ۵۰٪، ۷۵٪ و ۱۰۰٪ بر روی سطح آب قرار داده شدند و با حالت بدون پوشش (آزمایش شاهد) مقایسه شدند. برای تجزیه و تحلیل داده‌های میدانی و تعیین معنی‌داری هر تیمار از آزمون حداقل اختلاف معنی‌دار (LSD) در نرم افزار آماری SAS استفاده شد. فضای بالای ظرف‌ها با رعایت فاصله مناسبی که بر روی فرآیند تبخیر تأثیر نگذارد، با توری سیمی محصور گردید تا از ورود پرندگان به محوطه اندازه‌گیری برای آشامیدن جلوگیری گردد. اندازه‌گیری تبخیر از تمامی ظرف‌ها به صورت روزانه راس ساعت ۳۰: ۱۰ صبح (۶ صبح به وقت گرینویچ) انجام گردید. اندازه‌گیری سطح آب با یک اشل به دقت ۱ میلی‌متر صورت پذیرفت. یکی از ظرف‌های نمونه به اداره هواشناسی جیرفت



شکل ۴- مقایسه میزان تبخیر روزانه از ظرف نمونه و تشتک کلاس A در دوره مطالعاتی

جدول ۱- پارامترهای ایستگاه هواشناسی جیرفت در دوره مورد

مطالعه	
متوسط دمای روزانه	۲۳/۵ درجه سلسیوس
حداکثر دمای روزانه	۴۵ درجه سلسیوس
حداکثر سرعت باد روزانه	۱۰ متر بر ثانیه
متوسط رطوبت نسبی	۳۷ درصد
مجموع بارش سی روزه	۸ میلی‌متر

در جدول (۱) خلاصه‌ای از پارامترهای هواشناسی ایستگاه هواشناسی شهرستان جیرفت (ایستگاه سیلو) در طول مدت داده‌برداری ارائه شده است. همان‌طور که مشاهده می‌شود، مجموع بارش در طی سی روز کمتر از ۸ میلی‌متر و بیشینه دمای هوا در بیشتر ایام دوره مطالعاتی بالغ بر ۴۰ درجه سلسیوس بوده است. البته باید توجه داشت که در شرایط میدانی که زیر تابش مستقیم آفتاب قرار داشت، دمای هوای روزانه حتی به بالای ۶۰ درجه سلسیوس هم رسیده بود.

نتایج و بحث

با تجزیه و تحلیل داده‌های اندازه‌گیری شده تبخیر روزانه در دوره مورد بررسی، نتایج به دست آمده از آزمایش‌های دارای پوشش مصنوعی و طبیعی در مقایسه با آزمایش شاهد به شرح زیر ارائه می‌گردد.

تأثیر پوشش مصنوعی بر تبخیر

همان طور که گفته شد پوشش مصنوعی پلی استایرن گرانولار که با هزینه بسیار کمی در دسترس همه قرار دارد، در ۵ تیمار (۵ درصد تراکم) و ۳ تکرار مختلف بر روی سطح آب قرار گرفت. جدول زیر نتایج مقایسه میانگین بین تیمارها را در سطح احتمال ۵ درصد با

استفاده از آزمون LSD (حداقل اختلاف معنی‌دار) نشان می‌دهد. همان طور که مشخص است همه تیمارها اختلاف معنی‌داری با هم دارند یعنی در حالتی که از تراکم ۲۵ درصد استفاده شد میزان تبخیر در مقایسه با آزمون شاهد به طور معنی‌داری کاهش یافت. به همین صورت برای تراکم ۵۰ درصد در مقایسه با تراکم ۲۵ درصد، تراکم ۷۵ درصد در مقایسه با تراکم ۵۰ درصد و تراکم ۱۰۰ درصد در مقایسه با تراکم ۷۵ درصد، اثر پوشش مصنوعی بر کاهش تبخیر معنی‌دار بود. این نشان می‌دهد که هرچه مقدار پوشش در تراکم بالاتری استفاده شود، قادر است میزان تبخیر از سطح آب را به مقدار بیشتری کاهش دهد.

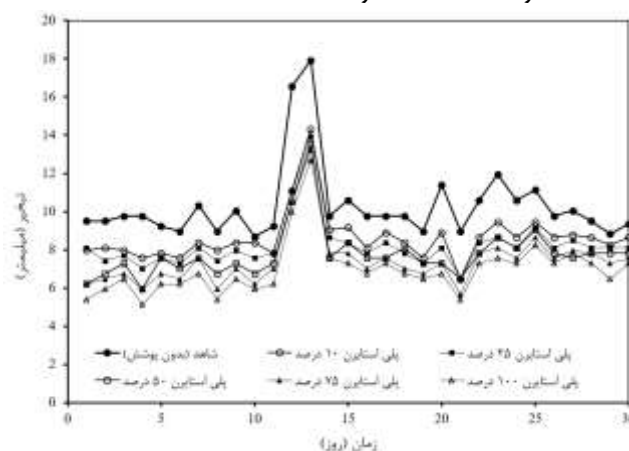
جدول ۲- مقایسه میانگین تیمارهای (درصد تراکم) مختلف برای پوشش مصنوعی پلی استایرن گرانولار

تیمار	تعداد تکرار	میانگین	گروه‌بندی LSD*
بدون پوشش	۳	۱۰/۲۵۱	A
تراکم ۱۰٪	۳	۸/۶۳۱	B
تراکم ۲۵٪	۳	۸/۲۳۵	C
تراکم ۵۰٪	۳	۷/۷۷۲	D
تراکم ۷۵٪	۳	۷/۴۴۸	E
تراکم ۱۰۰٪	۳	۶/۹۸۹	F

\* میانگین‌های با حروف یکسان دارای اختلاف معنی‌دار نیستند.

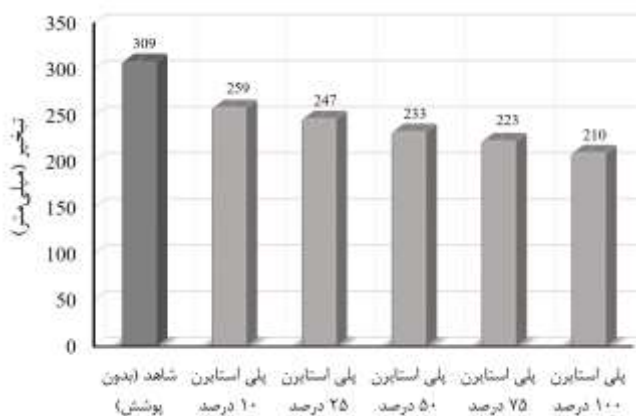
پوشش مصنوعی پلی استایرن با تراکم ۱۰، ۲۵، ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ به ترتیب به میزان ۱۴/۳، ۱۳/۹، ۱۳/۵، ۱۳/۲ و ۱۲/۷ میلی‌متر رسید که به ترتیب نشان دهنده ۲۰، ۲۲، ۲۵، ۲۶ و ۲۹ درصد کاهش تبخیر نسبت به حالت بدون پوشش می‌باشد. این در حالی است که بر اساس آمار موجود در سطح دنیا، اگر بتوان فقط ۱۰ درصد از نرخ تبخیر جهان را کاهش داد، مشکل کمبود آب برای همیشه از بین می‌رود.

شکل ۵ تغییرات تبخیر معادل تشتک استاندارد را در طول ۳۰ روز (۲۵ خرداد تا ۲۵ تیر) برای حالت بدون پوشش (شاهد) در مقایسه با حالت دارای پوشش در تراکم‌های مختلف نشان می‌دهد. همان طور که مشخص است، اثر پوشش مصنوعی بر میزان تبخیر در تمام روزها مشهود است. با پوشش مصنوعی می‌توان میزان تبخیر را تا نصف کاهش داد. در گرمترین روز دوره مورد بررسی (۵ تیر) میزان تبخیر از ظرف بدون پوشش ۱۷/۹ میلی‌متر بوده است که در حالت استفاده از



به معنی حدود ۱۰۰ میلیمتر کاهش تبخیر در طی ۳۰ روز است که نشان از اثربخشی بالای پوشش است. با توجه به تعداد زیاد استخرهای ذخیره آب در مزارع کشاورزی منطقه، و حتی مخازن ذخیره آب و تالاب‌های متعددی که در منطقه وجود دارد، می‌توان با این پوشش از هدر رفت حجم زیادی از آب شیرین در اثر تبخیر جلوگیری کرد.

برای مقایسه بهتر تأثیر هر درصد تراکم بر روی کاهش تبخیر، مجموع تبخیر ماهانه برای دوره مورد مطالعه در شکل ۶ نشان داده شده است. همان طور که مشخص است، میزان تبخیر ماهانه (از ۲۳ خرداد تا ۲۳ تیر) در شهرستان جیرفت به ۳۰۹ میلی‌متر رسیده است. در صورتی که از پوشش پلی استایرن گرانولار برای کاهش تبخیر استفاده گردد، میزان تبخیر ماهانه تا ۲۱۰ میلی‌متر کاهش می‌یابد. این



شکل ۶- تأثیر پوشش پلی استایرن گرانولار بر کاهش تبخیر ماهانه در مقایسه با آزمایش شاهد

مختلف (درصد تراکم‌های مختلف) با آزمون LSD را نشان می‌دهد. همان طور که مشخص است پوشش دار کردن سطح آب با هر درصد تراکمی سبب کاهش تبخیر به طرز معنی‌داری شده است. با مقایسه دو به دوی تیمارها مشاهده می‌شود که بیشترین اختلاف معنی‌داری بین تیمار شاهد (بدون پوشش) و تیمار پوشش با تراکم ۱۰ درصد است که حاکی از این است که استفاده از پوشش حتی با کمترین تراکم نیز بر روی شدت تبخیر اثر معناداری دارد.

جدول ۳- مقایسه میانگین تیمارهای (درصد تراکم) مختلف

برای پوشش طبیعی برگ سپستان			
تیمار	تعداد تکرار	میانگین	گروه‌بندی LSD*
بدون پوشش	۳	۱۰/۲۵۱	A
تراکم ۱۰٪	۳	۹/۲۴۷	B
تراکم ۲۵٪	۳	۸/۹۳۳	C
تراکم ۵۰٪	۳	۸/۵۳۲	D
تراکم ۷۵٪	۳	۸/۲۵۳	E
تراکم ۱۰۰٪	۳	۷/۸۴۴	F

\* میانگین‌های با حروف یکسان دارای اختلاف معنی‌دار نیستند.

### تأثیر پوشش طبیعی بر تبخیر

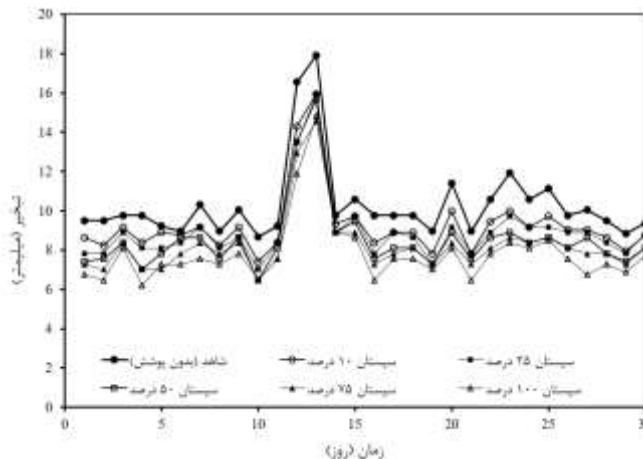
استفاده از پوشش طبیعی این مزیت را به خصوص برای کشاورزان دارد که به راحتی در دسترس است و هزینه‌ای برای آن متحمل نمی‌شوند. همان طور که گفته شد در این پژوهش از برگ درخت سپستان در پنج تراکم ۱۰، ۲۵، ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ درصد بعنوان پوشش سطح آب استفاده شد. کلیه آزمایش‌های این دسته نیز در ۳ تکرار صورت پذیرفت. جدول ۳ نتایج مقایسه میانگین تیمارهای

که مشاهده می‌شود پوشاندن سطح آب با برگ سپستان در همه روزهای مورد مطالعه (با دماهای روزانه مختلف) اثر معنی‌دار بر روی

شکل ۷ تغییرات روزانه تبخیر را برای درصد پوشش‌های مختلف پوشش طبیعی در مقایسه با آزمایش شاهد نشان می‌دهد. همان طور

اگرچه روند کاهش تبخیر با افزایش تراکم پوشش همواره برقرار بوده است به این معنی که هرچه تراکم پوشش افزایش یابد، میزان تبخیر کاهش می‌یابد. در واقع با افزایش تراکم پوشش، سطح سایه‌اندازی بیشتر می‌شود و همزمان امکان فرار مولکول‌ها از سطح آب کاهش می‌یابد.

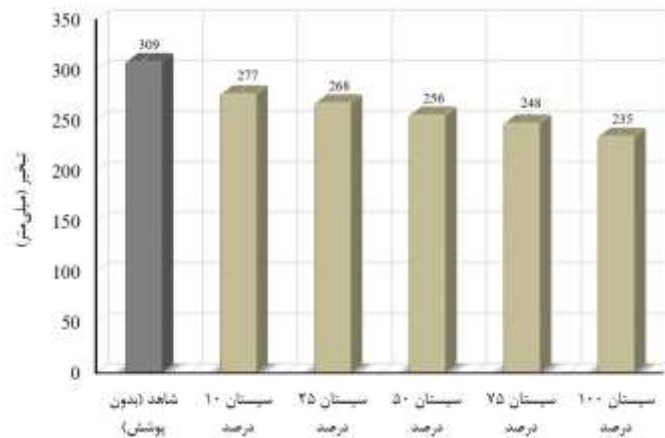
میزان تبخیر داشته است. از شکل مشخص است که تأثیر پوشش ۱۰ درصد نسبت به آزمایش شاهد در مقایسه با سایر پوشش‌های دو به دو متوالی بیشتر بوده است. به عبارت دیگر تأثیر پوشش ۱۰ درصد نسبت به شاهد در مقایسه با پوشش‌های ۲۵ درصد نسبت به ۱۰ درصد، ۵۰ درصد نسبت به ۲۵ درصد، ۷۵ درصد نسبت به ۵۰ درصد و ۱۰۰ درصد نسبت به ۷۵ درصد بر روی کاهش تبخیر بیشتر بوده است.



شکل ۷- تأثیر پوشش طبیعی بر شدت تبخیر روزانه در دوره مطالعاتی

۲۴۸ و ۲۳۵ میلی‌متر به ترتیب در پوشش‌های ۱۰٪، ۲۵٪، ۵۰٪، ۷۵٪ و ۱۰۰٪ رسید که نشان‌دهنده ۱۰/۴٪، ۱۳/۳٪، ۱۷/۲٪، ۱۹/۷٪ و ۲۴٪ کاهش تبخیر می‌باشد.

در شکل ۸ متوسط تبخیر سی روزه در تیمارهای آزمایشی ارائه شده است. همان‌طور که مشخص است تبخیر از مقدار ۳۰۹ میلی‌متر در آزمایش شاهد (بدون پوشش) به مقادیر ۲۷۷، ۲۶۸، ۲۵۶، ۲۴۸ و ۲۳۵ میلی‌متر در تیمارهای آزمایشی ۱۰، ۲۵، ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ درصد رسید.



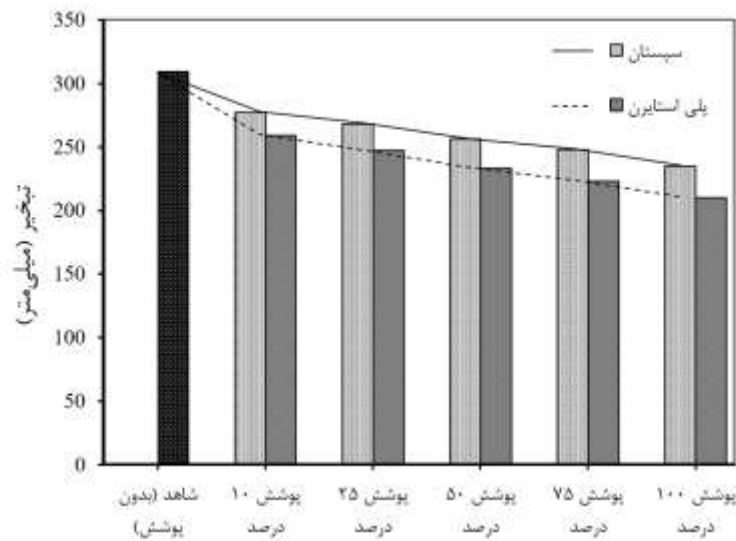
شکل ۸- تأثیر درصد تراکم پوشش طبیعی بر میزان تبخیر ماهانه از سطح آب

پلی استایرن گرانولار ۱۰ درصد بیشتر از برگ سپستان سبب کاهش تبخیر شده است. علت این امر به خاطر شکل کروی و ضخامت بیشتر پلی استایرن گرانولار در مقایسه با برگ سپستان می‌باشد. بارسون (۲۰۰۲) نیز گزارش داده بود که شکل گنبدی در مقایسه با شکل صفحه‌ای عملکرد بهتری در کاهش تبخیر دارد.

### مقایسه پوشش مصنوعی و پوشش طبیعی

شکل ۹ تأثیر پوشش مصنوعی را بر میزان تبخیر سی روزه در مقایسه با پوشش طبیعی برای تراکم‌های مختلف نشان می‌دهد. همان‌طور که مشخص است در همه تراکم‌های مورد بررسی، پوشش مصنوعی تأثیر بیشتری بر کاهش تبخیر داشته است. روند تغییرات در تراکم‌های مختلف مشابه با هم بوده و به‌طور متوسط





شکل ۹- مقایسه پوشش مصنوعی و طبیعی در کاهش تبخیر

کشاورزی و تالاب‌های منطقه در فصول گرم با این پوشش‌ها پوشانده شوند تا از هدر رفت آن‌ها در اثر تبخیر جلوگیری گردد.

### سپاسگزاری

این پروژه در قالب طرح پژوهشی به شماره ۴-۹۸-۲۸۳۰ و با بهره‌مندی از اعتبارات پژوهشی دانشگاه جیرفت به انجام رسیده است. بدینوسیله قدردانی می‌گردد. همچنین از همکاری اداره هواشناسی جیرفت و به ویژه آقای مهندس مقبلی قدردانی می‌گردد.

### منابع

افخمی، ح.، ملکی نژاد، ح. و اسماعیل‌زاده، ع. ۱۳۹۶. طراحی پوشش شناور یونورینگ با استفاده از لاستیک‌های فرسوده جهت کاهش تبخیر از منابع روباز آبی. مجله تحقیقات منابع آب ایران. ۱۳(۳): ۲۱۹-۲۱۴.

افخمی، ح.، ملکی نژاد، ح. و اسماعیل‌زاده، ع. ۱۳۹۸. طراحی و ارزیابی پوشش شناور یورتالات در کاهش تبخیر از منابع آبی مجتمع مس سرچشمه. مجله مهندسی و مدیریت آبخیز. ۱۱(۲): ۵۳۷-۵۵۰.

افخمی، ح.، ملکی نژاد، ح.، شهیدی، ح. و اسماعیل‌زاده، ع. ۱۳۹۸. حفاظت از منابع روباز آبی و پساب‌ها با استفاده از ترکیب رزین پلی ونیل بوتیرال و الکل‌های چرب. فصلنامه علوم و مهندسی آبیاری. ۴۲(۲): ۷۵-۸۸.

### نتیجه‌گیری

امروزه یکی از مهم‌ترین چالش‌هایی که بسیاری از دولت‌ها با آن سر و کار دارند نرخ بالای تبخیر به خصوص در مناطق خشک و نیمه خشک جهان است. در بخش وسیعی از فلات مرکزی ایران، نرخ تبخیر سالانه به پنج الی شش برابر متوسط جهانی می‌رسد. اگر بتوان راهکاری برای کاهش شدت تبخیر در این مناطق پیدا کرد، بسیاری از مشکلات مربوط به کمبود آب در این مناطق قابل حل خواهد بود. پژوهش حاضر به صورت میدانی در ایام گرم سال در منطقه جیرفت که در زمزمه مناطق با نرخ تبخیر بسیار بالا محسوب می‌شود انجام شد. از دو نوع پوشش مصنوعی (پلی استایرن گرانولار) و طبیعی (برگ درخت سپستان) در پنج تراکم (۱۰؛ ۲۵٪، ۵۰٪، ۷۵٪ و ۱۰۰٪) و سه تکرار برای کاهش تبخیر استفاده شد. نتایج مقایسه میانگین و تحلیل آماری با آزمون کمترین اختلاف معنی‌دار (آزمون LSD) نشان داد که تأثیر هر دو پوشش در کاهش تبخیر معنی‌دار می‌باشد. به این معنی که پوشاندن سطح آب با هر درصد تراکم، سبب کاهش معنی‌دار میزان تبخیر می‌گردد. در این میان پوشش مصنوعی پلی استایرن گرانولار تأثیر بیشتری (حدود ۵ درصد) از پوشش طبیعی داشته است. بیشترین اختلاف در کاهش نرخ تبخیر برای هر دو نوع پوشش در تیمار اول (تراکم ۱۰ درصد) نسبت به آزمایش شاهد رخ داد. یافته‌های تحقیق نشان داد که به طور متوسط میزان تبخیر ماهانه در بیشترین تراکم در پوشش مصنوعی و طبیعی به ترتیب تا ۲۹٪ و ۲۴٪ در مقایسه با آزمایش شاهد کاهش یافت. با توجه به ارزان بودن و در دسترس بودن پوشش‌های طبیعی و مصنوعی توصیه می‌شود بعد از ارزیابی اقتصادی لازم، استخرهای ذخیره آب موجود در اراضی

- Alvarez, V.M., Baille, A., Martínez, J.M., and Real, M.G. 2006. Effect of black polyethylene shade covers on the evaporation rate of agricultural reservoirs. *Spanish Journal of Agricultural Research*. 4(4): 280-288.
- Assouline, S., Narkis, K. and Or, D. 2011. Evaporation suppression from water reservoirs: Efficiency considerations of partial covers. *Water Resources Research*, 47(7):1-8.
- Brink, G.N., Symes, T.W. and Hancock, N.H. 2011. Development of a smart monolayer application system for reducing evaporation from farm dams: Introductory paper. *Australian Journal of Multi-disciplinary Engineering*. 8(2): 121-130.
- Burston, I.A. 2002. Conservation of water from open storages by minimising evaporation. PhD Thesis. RMIT University. 283 pages.
- Burston, I.A. and Akbarzadeh, A. 1995. Fresh water storage–evaporation research. Reducing Loss from Evaporation: Report to the Cotton Research and Development Corporation. Sainty and Associates. 68 pages.
- Craig, I., Green, A., Scobie, M. and Schmidt, E. 2005. Controlling Evaporation Loss from Water Storages. National Centre for Engineering in Agriculture Publication 1000580/1, USQ, Toowoomba.
- Elsebaie, I.H., Fouli, H. and Amin, M. 2017. Evaporation reduction from open water tanks using palm-frond covers: Effects of tank shape and coverage pattern. *KSCE Journal of Civil Engineering*. 21(7): 2977-2983.
- Elvira, G.B., Baille, A., Martin-Gorriz, B., Maestre-Valero, J.F. and Martínez-Alvarez, V. 2011. Energy balance and evaporation loss of an irrigation reservoir equipped with a suspended cover in a semi-arid climate (south-eastern Spain). *Hydrological Processes*. 25(11): 1694-1703.
- Elvira, G.B., Martínez-Alvarez, V., Pittaway, P., Brink, G., and Martín-Gorriz, B. 2013. Impact of micrometeorological conditions on the efficiency of artificial monolayers in reducing evaporation. *Water Resources Management*. 27(7): 2251-2266.
- Finn, N. and Barnes, S. 2007. The benefits of shade-cloth covers for potable water storages. *CSIRO Textile and Fibre Technology*. DOI: <https://doi.org/10.4225/08/58600b0c8af58>.
- Hassan, M.M., Peirson, W.L., Neyland, B.M. and Fiddis, N.M. 2015. Evaporation mitigation using floating modular devices. *Journal of Hydrology*. 530: 742-750.
- Helfer, F., Lemckert, C. and Zhang, H. 2011. Assessing the effectiveness of air-bubble plume aeration in reducing evaporation from farm dams in Australia using modelling. *WIT Transactions on Ecology and*
- افخمی، ح.، اختصاصی، م.ر. و اسماعیل‌زاده، ع. ۱۳۹۸. بررسی عملکرد پوشش شناور یونوتین در کاهش میزان تبخیر از منابع آب روباز. *مجله علوم و مهندسی آبخیزداری ایران*. ۱۳(۴): ۴۸-۵۱.
- افخمی، ح.، ملکی نژاد، ح. و اسماعیل‌زاده، ع. ۱۳۹۷. تاثیر توپ‌های شناور بر کاهش میزان تبخیر از منابع آبی روباز (مطالعه موردی: سد رسوبگیر معدن مس سرچشمه). *نشریه خشک بوم*. ۸(۱): ۵۹-۷۳.
- اکبرزاده، پ.، امین‌زاده، م. و رضازاده، الف. ۱۳۹۹. مدل‌سازی و بررسی آزمایشگاهی کاهش تبخیر سطحی آب توسط پوشش‌های شناور با حضور جریان سطحی. *نشریه مهندسی مکانیک امیرکبیر*. ۵۲(۷): ۱۷۱-۱۸۰.
- پیری، م.، حسام، م.، دهقانی، ا.ا. و مفتاح‌هلقی، م. ۱۳۹۰. مطالعه آزمایشگاهی تاثیر استفاده از روش‌های فیزیکی و شیمیایی بر کاهش تبخیر از سطح آب. *نشریه پژوهش‌های حفاظت آب و خاک*. ۱۷(۴): ۱۴۱-۱۵۴.
- سلطانی، ز.، خانی، ع.، مهانپور، ک. و مرجانی، الف. ۱۳۹۸. کاهش تبخیر سطحی آب‌های ساکن به‌وسیله پوشش زنده و غیر زنده گیاه عدسک آبی. *مجله آب و فاضلاب*. در حال چاپ. DOI: 10.22093/wwj.2019.169339.2834.
- صالحی طرخورانی، س.، نیک سخن، م.ج. و اردستانی، م. ۱۳۹۷. تخمین اثرات استفاده از پوشش پلی اتیلنی متخلخل سیاه در مخازن سدها بر میزان تبخیر. *مجله تحقیقات آب و خاک ایران*. ۴۹(۵): ۱۰۱۷-۱۰۲۹.
- مظاهری، الف. و عابدی کوپایی، ج. ۱۳۹۷. کاهش تبخیر از مخازن ذخیره آب با استفاده از پوشش‌های شناور در اصفهان. *مجله تحقیقات آب و خاک ایران*. ۴۹(۳): ۵۹۷-۶۰۵.
- وصالی ناصح، م.ر. و شهیدی، ک. ۱۳۹۸. مقایسه آزمایشگاهی روش توپ سایه و الکل‌های سنگین در کاهش تبخیر از سطح آب. *علوم و مهندسی آب و فاضلاب*. ۴(۳): ۳۵-۴۱.
- Alam, S. and Shaikh, A.A. 2013. Use of palm fronds as shaded cover for evaporation reduction to improve water storage efficiency. *Journal of King Saud University-Engineering Sciences*. 25(1): 55-58.
- Al-Hassoun, S.A., AlShaikh, A.A., AlRehaili, A.M. and Misbahuddin, M. 2011. Effectiveness of using palm fronds in reducing water evaporation. *Canadian Journal of Civil Engineering*. 38(10): 1170-1174.
- Al-Hassoun, S.A., Mohammed, T.A., and Nurdin, J. 2009. Evaporation reduction from impounding reservoirs in arid areas using palm leaves. *Journal of Engineering and Applied Sciences*. 4(1):247-250.

73(sp1): 177-183.

Mozafari, A., Mansouri, B., and Chini, S.F. 2019. Effect of Wind Flow and Solar Radiation on Functionality of Water Evaporation Suppression Monolayers. *Water Resources Management*. 33(10): 3513-3522.

Saggaï, S. and Bachi, O.E.K. 2018. Evaporation reduction from water reservoirs in arid lands using monolayers: Algerian experience. *Water Resources*. 45(2): 280-288.

Santafé, M.R., Gisbert, P.S.F., Romero, F.J., Soler, J.B.T., Gozálviz, J.J.F. and Gisbert, C.M.F. 2014. Implementation of a photovoltaic floating cover for irrigation reservoirs. *Journal of Cleaner Production*. 66: 568-570.

the Environment. 145. 485-496.

Helfer, F., Zhang, H. and Lemckert, C. 2010. Evaporation reduction by windbreaks: Overview, modelling and efficiency. Urban Water Security Research Alliance. Technical Report No. 16.

Howard E. and Schmidt E. 2008. The effectiveness of Nylex AquaCap Floating Module Technology at the Rio Tinto Northparkes Mine. The National Centre for Engineering in Agriculture. Toowoomba, Australia: University of Southern Queensland.

Jiang, H., Tang, K. and He, X. 2015. Experimental studies on reduction of evaporation from plain reservoirs in drought areas by benzene board covering technology. *Journal of Coastal Research*.

## Performance Comparison of Two Types of Natural and Artificial Covers in Reducing Evaporation from Water Reservoirs (Case Study: Jiroft)

M.R. Madadi<sup>1\*</sup>, Sh. Kouhestani<sup>2</sup>, M. Jadavi<sup>3</sup>, S.M. Zakariyai<sup>3</sup>

Received: May.09, 2020

Accepted: Jun.02, 2020

### Abstract

The high rate of evaporation from water surfaces, especially in hot and dry areas, is one of the most important challenges which the water resources managers are facing with. Jiroft is one of these areas where the evaporation rate reaches five to six times the global average. This region is one of the most important agricultural hubs in the country and has a large number of water storage pools for agricultural purposes, which a large volume of water are wasted annually due to the evaporation induced by high sunlight, high temperatures, long hours of sunshine and relatively strong winds. In the present study, the effect of two types of artificial (granular polystyrene) and natural (*Cordia myxa* leaves) cover on the intensity of evaporation from the water surfaces of this region (study location: Jiroft University's research farm) in the hottest days of the year (May 15 Until June 15). The effect of each of these covers on the five densities of 10, 25, 50, 75 and 100% and three replications was investigated and the results were compared with the reference (without cover) test. The results of comparing the means and statistical analysis with the least significant difference (LSD) test showed that both types of covers in all densities had a significant effect on the reduction of evaporation. Comparison of the daily evaporation rate of covered treatments compared to reference test showed that artificial covers performed better than the natural covers in reducing the evaporation. The results of monthly evaporation showed that artificial and natural covers at 100% density, reduced evaporation by 29% and 24%, respectively, compared to the reference test.

**Keywords:** Jiroft, Evaporation rate, Physical cover, Field study, Replication-treatment

1- Assistant Professor, Department of Water Engineering, Faculty of Agriculture, University of Jiroft, Jiroft, Iran

2- Assistant Professor, Department of Water Engineering, Faculty of Agriculture, University of Jiroft. Jiroft, Iran

3- B.Sc. Student, Department of Water Engineering, Faculty of Agriculture, University of Jiroft. Jiroft, Iran

(\*- Corresponding Author Email: madadi@ujiroft.ac.ir)