تحقیقات آب و خاک ایران، دوره ۴۹، شماره ۳، مرداد و شهریور ۱۳۹۷ (ص۶۰۵-۵۹۷) DOI:10.22059/ijswr.2017.233481.667681

کاهش تبخیر از مخازن آب با استفاده از پوشش‌های شناور

الهام مظاهری[۱] و جهانگیر عابدی کوپایی[۲]

۱. دانشجوی سابق کارشناسی ارشد، گروه مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان

۲. استاد، گروه مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان

(تاریخ دریافت: ۲۶/ ۲/ ۱۳۹۶- تاریخ بازنگری: ۱۴/ ۷/ ۱۳۹۶- تاریخ تصویب: ۱۷/ ۷/ ۱۳۹۶)

چکیده

پوشش‌های شناور یکی از روش‌های کاهش تبخیر از سطح آب می‌باشند. هدف این تحقیق بررسی اثر پوشش‌های شناور در کاهش تبخیر از سطح مخازن آب می‌باشد. در این تحقیق از سه نوع پوشش (پلی‌کربنات، پلی‌استایرن و پلی‌استایرن با روکش آلومینیوم) بر روی سطح ۳ مخزن آب (با سه تکرار برای هر پوشش) استفاده شد. تغییرات عمق آب مخازن پوشش‌دار و بدون پوشش در بازه زمانی آذر ۹۳ تا آبان ۹۴ اندازه‌گیری شد. سپس مقادیر تبخیر اندازه‌گیری شده در قالب طرح بلوک کامل تصادفی در نرم‌افزار آماری SAS آنالیز شد و مقایسه میانگین آن‌ها در سطح احتمال ۹۹ درصد (P<۰/۰۱) و با آزمون چند دامنه‌ای دانکن انجام شد. نتایج نشان داد مقدار کاهش تبخیر نسبت به مخزن شاهد برای سه پوشش پلی‌استایرن، پلی‌استایرن با آلومینیوم و پلی کربنات به ترتیب ۸۵/۶، ۸۳ و ۷۶/۵ درصد می‌باشد. این اعداد نشان‌دهنده عملکرد خوب سه پوشش در کاهش تبخیر از سطح آب می‌باشد. حداکثر مقدار تبخیر روزانه از مخزن شاهد ۱۳/۰ میلیمتر و در مورد پوشش‌های پلی‌کربنات، پلی‌استایرن و پلی‌استایرن با روکش‌آلومینیوم، مقدار تبخیر روزانه به ترتیب ۳/۱، ۲/۳ و ۲/۹ میلیمتر در تیرماه بود. پوشش پلی‌استایرن نسبت به پلی‌کربنات هزینه کمتری داشت، اما پوشش پلی‌کربنات در پایان دوره تحقیق دوام بهتری از خود نشان داد.

واژه‌های کلیدی: کاهش تبخیر، سطح آب، پوشش‌های شناور، پلی‌استایرن، پلی‌کربنات.

مقدمه

آب یکی از مهم‌ترین منابع مورد نیاز جامعه بشری است. موضوع چگونگی حفظ این منبع حیاتی و بهره‌برداری بهینه از آن، یکی از مهم‌ترین چالش‌های قرن حاضر است. در مناطق خشک و نیمه‌خشک، تلفات تبخیر از سطح مخازن آب کشاورزی بسیار زیاد و نشان دهنده بخش مهمی از کل آب ذخیره شده برای کشاورزی می‌باشد (Hudson, 1987). استرالیا و بسیاری از کشورهای جهان با آب و هوای خشک و نیمه‌خشک، برای تأمین آب آشامیدنی و تولید غذا به آب ذخیره شده در مخازن وابسته هستند. اما میزان تبخیر در این کشورها بسیار زیاد می‌باشد. در استرالیا سالانه حدود ۴۰ درصد کل آب ذخیره شده مخازن در اثر تبخیر شدید تلف می‌شود (Craig *et al*., 2005). نگرانی‌ها در مورد مقدار تبخیر از مخازن روباز در استرالیا به علت پدیده تغییر اقلیم در حال افزایش است (Helfer *et al*., 2012). در جنوب اسپانیا مخازن آب آبیاری، معمولاً توسط کشاورزان به عنوان منبع تأمین آب در طول سال استفاده می‌شوند و نقش مهمی در تولید محصولات کشاورزی و درآمد حاصل از سیستم‌های آبی دارا می‌باشند. تلفات قابل‌توجه از این مخازن در طول فصل آبیاری به‌ویژه از طریق ۱- نشت از دیواره‌ها و کف و ۲- تبخیر از سطح آب اتفاق می‌افتد (Hudson, 1987; Guerra *et al*., 1990; Mugabe *et al*., 2003). اگرچه تلفات نشت از طریق پوشش‌های ضد آب مهار شدند اما به‌طور کلی تلفات تبخیر قابل کنترل نیستند و این امر منجر به کاهش کارایی مخازن آب به‌ویژه در طول دوره‌های با تابش خورشیدی و کمبود فشار بخار زیاد می‌شود. در شرایط آب و هوایی جنوب اسپانیا که پتانسیل تبخیر ۱۶۰۰ تا ۲۰۰۰ میلیمتر در سال می‌باشد تلفات تبخیر برآورد شده ۱۵ درصد کل آب تأمین‌شده برای آبیاری اراضی می‌باشد که با تأکید بر این نکته هرگونه ذخیره‌سازی ناشی از کاهش تبخیر از مخازن آب کشاورزی، به‌طور قابل‌توجهی باعث بهبود کلی راندمان مصرف آب کشاورزی در منطقه می‌شود (Bengoechea *et al*., 1991). بر اساس میانگین بلندمدت تبخیر از ۳۴۱۵ مخزن آب در آمریکا، میزان تبخیر سالانه از این مخازن ۷/۵۳ میلیارد مترمکعب است که معادل ۶۱ درصد کل آب کشاورزی یا ۱۲۶ درصد کل آب مصرفی شهری در طول سال ۲۰۱۰ می‌باشد (Wurbs and Ayala, 2014). در حوضه رودخانه سگورا در منطقه نیمه‌خشک

* نویسنده مسئول: Koupai@cc.iut.ac.ir

Archive of SID
www.SID.ir

اسپانیا، میزان تبخیر از سدهای بزرگ و مخازن آبیاری ۸/۷ درصد آب موجود برای کشاورزی می‌باشد. تأثیر اقتصادی این میزان تلفات آب باعث کاهش ۶/۳ درصدی ارزش تولید محصولات کشاورزی و کاهش ۵/۴ درصدی سود خالص مزرعه برآورد شده است (Martinez-Granados *et al*., 2011). میزان تلفات تبخیر برای مخزنی با اندازه متوسط در آمریکا، ۲۵-۱۵ درصد سهم آب مصرفی برای هر سال برآورد شده است (Gupta *et al*., 2002). میزان تبخیر از مخازن مزرعه‌ای به حجم ۵۸/۳ میلیون مترمکعب در حوضه سگورا در اسپانیا، بیشتر از ۸ درصد آب مصرفی آبیاری می‌باشد. مقدار میانگین تبخیر سالانه از دریاچه رودخانه کلرادو (بزرگترین مخزن در آمریکا) در حدود ۱۰ درصد جریان آب این رودخانه در سال‌های پرآبی می‌باشد (Linsley *et al*., 1982). مقدار تبخیر از مخازن آبیاری کشاورزی متعددی در حوضه رودخانه‌ای در یک منطقه نیمه‌خشک اسپانیا، حدود ۸/۳ درصد مصرف کشاورزی و ۲۷ درصد مصرف آب خانگی دو میلیون نفر از ساکنان منطقه برآورد شده است (Martinez-Alvarez *et al*., 2008).

بر اساس مطالعات کارگاه بین‌المللی اقیانوس (IWMO) ایران در بین ۱۱۶ کشور از نظر بحران آب در رده ۱۴ قرار دارد که نشان دهنده وضعیت نامناسب ایران از لحاظ منابع آبی می‌باشد. براین اساس ایران باید در سال ۲۰۲۵ جهت حفظ شرایط موجود ۱۱۲ درصد به منابع آب قابل استحصال خود بیافزاید که این افزایش می‌تواند از راه‌های مختلفی از قبیل افزایش راندمان آبیاری و کاهش تبخیر صورت گیرد. بجز نواحی محدودی از ایران (حاشیه دریای خزر) در سایر مناطق، مقدار بارندگی به مراتب کمتر از تبخیر است. به عنوان مثال توان تبخیری نیوار در یزد و مناطق کویری ایران در حدود ۳۹۰۰ میلی‌متر می‌باشد (Hashemi Garm Dareh and Eslamian, 2006). در مناطق خشک و نیمه‌خشک کشور همانند استان سیستان و بلوچستان وضعیت نگران‌کننده‌تر می‌باشد. با توجه به منابع آبی سطحی کنترل شده ورودی، محدودیت منابع آب زیرزمینی و بارندگی اندک در این بخش از کشور، مهمترین و ناشناخته‌ترین مؤلفه بیلان آب، کمیت تبخیر است (Daneshkarasteh *et al*., 2006).

تحقیقات بالا به‌طور واضح نشان می‌دهد که میزان تلفات تبخیر در سطح منطقه‌ای و جهانی زیاد می‌باشد. بنابراین برای مناطقی که با کمبود آب مواجه هستند، ارزیابی این تلفات و اینکه چه روشی ممکن است به بهینه‌سازی و مدیریت منابع آب کمک کند، بسیار مهم می‌باشد. مدیریت بهتر آب ذخیره‌شده در مخازن آب، با کاهش تلفات تبخیر از سطح آزاد آب حاصل می‌شود (Stanhill, 2002). هرچند روش پوشش‌دار کردن مخازن هنوز کاربرد فراوانی ندارد، اما با توجه به کمیاب شدن منابع آبی، انتظار می‌رود علاقه‌مندی به این روش در آینده گسترش یابد (Martinez-Granados *et al*., 2011).

روش‌های مختلفی برای کاهش تبخیر از مخازن آب وجود دارد که عبارتند از: ۱- فیزیکی (مکانیکی)، ۲- شیمیایی، ۳- بیولوژیکی، ۴- ساخت و بهره‌برداری ۵- مدیریتی (Craig *et al*., 2005). در این میان توپ-سایه ایده‌ای جدید برای کاهش تبخیر از سطح مخازن آب می‌باشد. دپارتمان آب و انرژی لس‌آنجلس در سال ۲۰۱۵، برای اولین بار از توپ-سایه در مقیاس وسیع استفاده کرده است. این توپ‌ها بر روی سطح آب ایجاد سایه می‌کنند و آب زیر آن‌ها خنک می‌ماند و درنتیجه تبخیر آب کم می‌شود. این توپ‌ها تبخیر را به میزان ۸۵ تا ۹۰ درصد کاهش داده و موجب صرفه‌جویی ۳۰۰ میلیون گالن آب (معادل ۱۱۳۴۰۰۰ مترمکعب) در سال می‌شوند که آب موردنیاز ۸۱۰۰ انسان در سال است (Howard, 2015). در آزمایشی برای یک دوره ۱۹ ماهه استفاده از لایه‌های شناور پلی‌اتیلنی با پوشش حدود ۷۵ درصد از سطح آب، کاهش ۶۶ درصدی تبخیر مشاهده شد، البته در پایان دوره سطح پلی‌اتیلنی تقریباً از بین رفته و ترک و شکاف‌هایی روی سطح آن مشاهده شد که این خرابی کیفیت را می‌توان با پرتوهای خورشیدی در ارتباط دانست. در آزمایش‌های دیگر با پوشش ۹۸ درصد سطح مخزن به وسیله یک لایه پلی‌استر جامد، کاهش تبخیری در حدود ۸۲ درصد در پایان دوره مشاهده شد (Khan and Issac, 1990). در آزمایشی با استفاده از پوشش‌های پلاستیکی از جنس پلی‌اتیلن برای کاهش تبخیر مشخص شد که با استفاده درست از این پوشش، بیش از ۹۵ درصد تبخیر کاهش می‌یابد (Craig *et al*., 2005). در آزمایشی دیگر با استفاده از پوشش‌های پلی‌اتیلنی تک لایه به رنگ‌های سفید، سیاه، سبز و آبی و پوشش‌های پلی‌اتیلنی دولایه به رنگ‌های سفید و سیاه و همچنین پوشش تک لایه آلومینیومی نتایج نشان داد که میزان کاهش تبخیر روزانه از ۵۰ درصد برای پوشش آلومینیومی تا ۸۰ درصد برای پوشش‌های پلی‌اتیلنی با رنگ‌های مختلف متغیر است. بیشترین میزان کاهش تبخیر مربوط به پوشش پلی‌اتیلنی دولایه با رنگ سیاه به میزان ۸۳ درصد بدست آمد (Martinez-Alvarez *et al*., 2006). در آزمایشی دیگر در جنوب اسپانیا با استفاده از پوشش پلی‌اتیلنی دولایه سیاه رنگ به صورت معلق سایبانی در بالای سطح آب نسبت به سطح بدون پوشش، کاهش تلفات تبخیر تا ۸۵ درصد گزارش شد (Gallego-Elvira *et al*., 2011). در پژوهشی دیگر در شرایط آزمایشگاهی از روش فیزیکی (پلی‌استایرن و آب مغناطیس) بر روی سطح تشتک‌های تبخیر به

Archive of SID
www.SID.ir

منظور بررسی کاهش تبخیر از سطح آب استفاده شد. نتایج نشان می‌دهد با استفاده از پلی‌استیرن با ضخامت ۱/۵ سانتی‌متر، ۳۰ تا ۵۰ درصد میزان تبخیر کاهش یافت. افزایش ضخامت تا ۵ سانتی‌متر تأثیر زیادی در روند کاهش تبخیر ندارد، بنابراین به لحاظ اقتصادی استفاده از ضخامت کم‌تر باصرفه‌تر است. با پوشش ۸۰ درصد سطح آب با پلی‌استایرن مقدار تبخیر به طور قابل توجهی کاهش یافت، اما در این تیمار رشد جلبک وجود دارد، بنابراین استفاده ازپوشش‌های ۴۰ و ۶۰ درصد سطح آب به لحاظ اقتصادی و اثرات زیستی و کیفیتی آب دارای توجیه می‌باشد (Piri *et al*., 2011).

تجزیه و تحلیل اقتصادی یک ابزار مفید برای نمایش ارزش اقتصادی پوشش‌های مختلف برای کاهش تبخیر می‌باشد. زمانی می‌توان از این پوشش‌ها استفاده کرد که ارزش آب ذخیره شده بیش از هزینه ذخیره آب باشد (Yao *et al*., 2010). تصمیم‌گیری برای استفاده از این پوشش‌ها برای کاهش تبخیر بر روی مخازن آبیاری، به پتانسیل تلفات تبخیر، ویژگی‌های مخزن، کارایی پوشش، قیمت آب، فیلتراسیون مورد نیاز، شوری آب، یارانه‌های دولتی و هزینه‌های نصب، بهره‌برداری و نگهداری این پوشش‌ها بستگی دارد. ارزش سرمایه‌گذاری برای این پوشش‌ها با افزایش قیمت آب ذخیره شده در شرایط کمبود منابع آب و کیفیت نامطلوب این منابع افزایش می‌یابد (Martinez-Alvarez *et al*., 2009). بنابراین برآورد هزینه اجرایی روش‌های مختلف کنترل تبخیر باید به‌دقت صورت گیرد تا در صورت دارا بودن توجیه اقتصادی از آن روش استفاده کرد.

نتایج بررسی اقتصادی سرمایه‌گذاری بر روی پوشش‌های معلق سایبانی در حوضه رودخانه سگورا در جنوب شرقی اسپانیا نشان داد که ارزش سرمایه‌گذاری برای این پوشش‌ها با افزایش ذخیره آب در شرایط کمبود منابع آب و کیفیت نامطلوب آب افزایش می‌یابد. نصب این پوشش‌ها زمانی اقتصادی است که در دسترس بودن آب یک عامل تعیین کننده در تولید محصول باشد و قیمت آب ذخیره شده برابر سود خالص محصول باشد (Martinez-Alvarez *et al*., 2009). میزان تبخیر سالانه در حوضه رودخانه کارون ۱۸۲۴ میلیمتر اندازه‌گیری شده است که به طور مستقیم سالانه چندین میلیارد مترمکعب آب از کل سطح مخزن این سد تبخیر می‌شود. با بررسی اجرای طرح پیشنهادی توپ-سایه بر روی دریاچه پشت سد کارون ۳ به وسعت ۴۸ کیلومتر مربع مشخص شد که قرار گرفتن توپ سایه روی دریاچه پشت سد به مقدار قابل ملاحظه‌ای از تبخیر جلوگیری خواهد کرد. برای اجرای این طرح پیشنهادی بر روی دریاچه پشت سد مقدار زیادی توپ لازم است که بر اساس محاسبات انجام شده برای اجرای این طرح ۷۶۴۳۳۱۲۱۰۵۰۰ ریال بودجه نیاز است که هزینه زیادی است، اما برای تصمیم-گیری در مورد اینکه آیا این طرح توجیه اقتصادی دارد یا خیر؟ لازم است ارزش ریالی واقعی یک مترمربع از این پوشش به درستی محاسبه گردد. همچنین از نظر زیست محیطی پوشش‌ها بایستی ارزیابی شوند. برای مثال، در سدها و مخازن بزرگ به دلیل رنگ تیره توپ، زندگی آبزیان ممکن است به خطر بیفتد (Farzin and Alizadeh Samani, 2015). در پژوهش Martinez-Alvarez *et al*, 2006 با استفاده از پوشش‌های پلی‌اتیلنی تک لایه و دو لایه و همچنین پوشش تک لایه آلومینیومی بر روی تشت تبخیر کلاس A به منظور بررسی اثرات این نوع پوشش‌ها در کاهش تبخیر مشخص شد که ضریب کاهش تبخیر بدست آمده برای تشت‌ها قابل تعمیم به مخازن آبیاری است. اجرای این پوشش‌ها برای مخازن آبیاری کشاورزی در مقایسه با تشت تبخیر کلاس A، نیازمند سازه‌های مقاوم و گران قیمتی می‌باشند. هزینه اولیه این پوشش‌ها زیاد می‌باشد اما هزینه تعمیر و نگهداری آنها به جز در شرایط غیر عادی (باد شدید) ناچیز می‌باشد. در شرایطی که ذخیره آب باعث افزایش سطح زیر کشت شود، سود اقتصادی سالانه حدود ۱/۵ یورو خواهد بود که چیزی در حدود دو برابر هزینه سالانه (۰/۶۷۲ یورو) برای احداث این پوشش‌ها خواهد بود. این نتایج نشان می‌دهد که در شرایط کمبود آب در اسپانیا، پوشش سایه می‌تواند یک گزینه واقع‌بینانه برای افزایش بهره‌وری مصرف آب کشاورزی باشد.

Yao *et al*. (2010) با ارزیابی عملکرد پوشش‌های معلق و شناور به منظور کاهش تبخیر از مخازن ذخیره آب در استرالیا به این نتیجه رسیدند که این پوشش‌ها نسبتاً گران هستند و هزینه اولیه نسبتاً زیادی دارند، با این وجود واقعیت این است که توانایی این پوشش‌های برای کاهش تبخیر آب قابل توجه است. برای مثال قیمت هر مترمربع پوشش چندقسمتی ۱۸/۷ دلار می‌باشد که اگر برای پوشش کامل سد با سطح ۳۱/۲ کیلومتر-مربع استفاده شود هزینه‌ای در حدود ۵۸/۳ میلیون دلار در سال خواهد داشت با فرض اینکه عمر مفید آن ۱۰ سال باشد.

پلی‌استرهای شناور و پلی‌اتیلن از دیگر مواد شناور اقتصادی‌تر می‌باشند. قیمت اولیه پلی‌استر از هر نوع ماده پلی-اتیلن دیگر بیشتر می‌باشد ولی به علت طول عمر زیاد و نیز راندمان بالای کاهش تبخیر برتری نسبی نسبت به مواد دیگر پوششی دارد. صفحات پلی‌اتیلن نمی‌تواند روی سطح آب به صورت شناور باقی بماند و به پایه‌هایی برای نگه‌داری در روی سطح آب احتیاج دارد که در طراحی و نیز برآورد هزینه‌ها باید در نظر گرفته شود. طبق نتایج آزمایش‌های Khan and Issac

Archive of SID
www.SID.ir

(1990) سایه‌اندازی روی سطح آب با صفحات پلی‌اتیلن کمترین قیمت را برای نگهداری آب دارد ولی این صفحات فقط برای دو سال مفید می‌باشند. علی‌رغم این که این ماده دارای عمر ماندگاری کمی می‌باشد ولی به خاطر دارا بودن ضریب کاهش تبخیر بالا و نیز قیمت اولیه کم از نظر اقتصادی مناسب می‌باشد.

با وجود اطلاعات تئوری فراوان در زمینه‌ی تبخیر و چگونگی کنترل آن، اما هنوز کارهای عملی کمی به ویژه در ایران در زمینه‌ی کنترل تبخیر صورت گرفته است، بنابراین باید در استفاده از راه‌های نوین برای کاهش تبخیر در کشور و به خصوص در مناطق خشک و نیمه‌خشک اقدامات اساسی انجام داده شود. یکی از این اقدامات جلوگیری از تبخیر از روی سطوح استخرهای ذخیره آب کشاورزی با استفاده از پوشش‌های شناور می‌باشد که استفاده از این پوشش‌ها در مقیاس کوچک به منظور بررسی بازده‌ی آنها برای اقلیم کشور ضروری است. درنتیجه به دلیل تغییر اقلیم و اثراتی که می‌تواند بر روی منابع آب داشته باشد لازم است تا عملکرد این نوع پوشش‌ها برای جلوگیری از تبخیر مورد بررسی قرار گیرد. هدف این تحقیق بررسی بازده پوشش‌های شناور پلی‌کربنات، پلی‌استایرن و پلی‌استایرن با پوشش آلومینیومی بر روی مخازن آب ایجاد شده در داخل زمین در مزرعه آموزشی دانشگاه صنعتی اصفهان در یک بازه زمانی ۱۲ ماهه بود.

مواد و روش‌ها

این پژوهش در مزرعه آموزشی دانشگاه صنعتی اصفهان با طول جغرافیایی ۵۱ درجه و ۳۱ دقیقه شرقی و عرض جغرافیایی ۳۲ درجه و ۴۳ دقیقه شمالی انجام شد. ابتدا زمین محوطه با بلدوزر تسطیح گردید و محل حفر گودال‌ها با نقشه‌برداری و با گچ‌ریزی مشخص و سپس گودال‌های مورد نظر حفر گردید. در این پژوهش ۱۲ مخزن آب پلاستیکی در داخل زمین قرار گرفت. برای پوشش‌دار کردن مخازن از پوشش‌های شناور پلی‌کربنات با ضخامت ۱ سانتی‌متر، پلی‌استایرن با ضخامت ۲ سانتی‌متر و پلی‌استایرن با ضخامت ۲ سانتی‌متر با روکش آلومینیومی با پوشش ۹۰ درصد سطح آب به منظور بررسی کارایی آن‌ها در کاهش تبخیر استفاده شد (شکل ۱). ورق‌های پلی کربنات در رنگ‌ها و ضخامت‌های مختلف تولید و عرضه می‌گردند. ازجمله خصوصیات مهم این پوشش وزن کم، سازگار با انواع آب و هوا، استحکام زیاد و مقاومت حرارتی زیاد می‌باشد. از جمله کاربرد-های ورق پلی‌کربنات استفاده به عنوان پوشش استخر و گلخانه-ها و غیره می‌باشد. پلی‌استایرن یکی از بهترین عایق‌های حرارتی و رطوبتی می‌باشد. این محصول در ضخامت‌های مختلف تولید می‌شود و دارای کاربردهای متنوعی است. این پوشش جذب آب بسیار کمی دارد و وزن این محصول کم است. هر پوشش دارای سه تکرار بود و سه مخزن بدون پوشش نیز به عنوان شاهد در نظر گرفته شد. در جدول (۱) قیمت هر مترمربع از این پوشش-ها ارائه شده است. همچنین مشخصات مخازن پلاستیکی در جدول (۲) ارائه شده است. جمع‌آوری داده از ۱ آذرماه ۹۳ تا ۳۱ آبان ماه ۹۴ انجام شد. داده‌های مربوط به تلفات تبخیر از این مخازن (تغییر در عمق آب) به صورت مستقیم با خط‌کش-های نصب شده در داخل مخازن به صورت روزانه برای مخازن پوشش‌دار و شاهد بدون پوشش اندازه‌گیری شد و سپس میانگین سه تکرار به عنوان تبخیر روزانه برای هر پوشش و شاهد ثبت شد. در شکل (۲) جایگذاری مخازن در داخل زمین نشان داده شده است.

در این پژوهش با در نظر گرفتن طرح در قالب بلوک کامل تصادفی با چهار تیمار (۳ نوع پوشش و ۱ شاهد) و سه تکرار برای هر تیمار، آنالیز آماری به کمک نرم‌افزار SAS انجام شد و مقایسه میانگین آن‌ها در سطح ۱ درصد و با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن انجام شد.

جدول ۱- قیمت هر مترمربع پوشش بر حسب ریال

نوع پوشش	پلی استایرن	پلی استایرن +آلومینیوم	پلی کربنات
قیمت هر مترمربع پوشش (ریال)	۸۰،۰۰۰	۹۰،۰۰۰	۱۷۰،۰۰۰

جدول ۲- مشخصات مخازن دایره‌ای شکل

عمق (متر)	قطر (متر)	سطح مقطع (مترمربع)	حجم (لیتر)
۰/۹۸	۰/۹۸	۰/۷۵۴	۷۳۹

در جدول (۳) خلاصه‌ای از پارامترهای هواشناسی در طول مدت داده‌برداری ارائه شده است. بر اساس روش دومارتن (Alizadeh, 2011)، اقلیم منطقه مورد مطالعه، خشک با میانگین دمای سالانه ۱۶/۶ درجه سانتی‌گراد و میانگین بارش سالانه ۱۲۵ میلیمتر است.

جدول ۳- پارامترهای هواشناسی ایستگاه سینوپتیک اصفهان در دوره داده‌برداری

داده‌های هواشناسی	میانگین
کمینه دمای روزانه (درجه سانتی‌گراد)	۵/۹۰
بیشینه دمای روزانه (درجه سانتی‌گراد)	۳۰/۱
سرعت باد (متر بر ثانیه)	۳/۹
رطوبت نسبی (درصد)	۳۳
مجموع تبخیر سالانه (میلیمتر)	۲۳۸۴/۱

Archive of SID

www.SID.ir

شکل ۱- پوشش‌های شناور به ترتیب از راست به چپ پلی‌کربنات، پلی‌استایرن و پلی‌استایرن با روکش آلومینیوم

شکل ۲- جایگذاری مخازن در مزرعه دانشگاه صنعتی اصفهان

نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس پوشش‌ها به منظور کاهش تبخیر در جدول (۴) نشان داده شده است. همچنین نتایج بدست آمده از آزمون مقایسه میانگین دانکن برای بررسی تأثیر تیمارهای مختلف (سه نوع پوشش) بر کاهش تبخیر در ماه‌های مختلف در جدول (۵) ارائه شده است.

جدول ۴- تجزیه واریانس برای بررسی تغییرات تبخیر تحت تأثیر پوشش مخازن در ماه‌های مختلف

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات										
		آذر۹۳	دی۹۳	بهمن۹۳	اسفند۹۳	فروردین۹۴	اردیبهشت۹۴	خرداد۹۴	تیر۹۴	مرداد۹۴	شهریور۹۴	مهر۹۴	آبان۹۴
تکرار	۲	۰/۰۴۵۷	۰/۰۱۲	۰/۰۵۹	۰/۰۴۴	۰/۰۵۶	۰/۰۵۹	۰/۰۴۱	۰/۷۵۰	۰/۰۱۳	۰/۰۲۳	۰/۰۰۳	۰/۰۱۷
تیمار	۳	۱/۲۰۸**	۲/۹۵۴**	۴/۳۱۴**	۶/۷۳۸**	۹/۳۲۵**	۲۵/۷۸۲**	۵۰/۱۸۲**	۷۹/۵۱۰**	۴۷/۴۳۵**	۲۴/۴۵۰**	۱۵/۵۸۸**	۱۴/۷۹۳**
خطا	۶	۰/۰۳۷	۰/۰۱۵	۰/۰۷۲	۰/۰۱۳	۰/۰۶۰	۰/۰۴۷	۰/۰۳۳	۰/۶۵۶	۰/۰۱۸	۰/۰۱۲	۰/۰۰۴	۰/۰۱۱
ضریب تغییرات		۱۴/۲۵	۹/۱۱	۱۳/۶۹	۵/۹۷	۱۰/۰۵	۷/۴۷	۴/۲۰	۱۵/۲۱	۲/۹۳	۳/۴۳	۲/۱۱	۴/۱۱

** معنی‌دار در سطح ۱٪ ($P<0/01$).

جدول۵- مقایسه میانگین تبخیر روزانه (میلیمتر در روز) در تیمارهای مختلف با آزمون دانکن

نوع پوشش	ماه‌های داده برداری											
	آذر۹۳	دی۹۳	بهمن۹۳	اسفند۹۳	فروردین۹۴	اردیبهشت۹۴	خرداد۹۴	تیر۹۴	مرداد۹۴	شهریور۹۴	مهر۹۴	آبان۹۴
پلی استایرن	۰/۶۹^{b}	۰/۳۷^{d}	۰/۷۹^{c}	۰/۶۴^{d}	۰/۹۱^{d}	۱/۱۳^{c}	۱/۷۷^{c}	۲/۳۳^{b}	۲/۲۹^{c}	۱/۴۱^{d}	۱/۱۹^{d}	۱/۰۷^{d}
پلی استایرن با روکش آلومینیوم	۰/۷۱^{b}	۰/۸۲^{c}	۰/۷۴^{c}	۱/۲۵^{c}	۱/۶۰^{c}	۱/۲۳^{c}	۱/۹۹^{c}	۲/۸۷^{b}	۲/۴۴^{c}	۱/۸۵^{c}	۱/۸۲^{c}	۱/۵۸^{c}
پلی کربنات	۱/۰۴^{b}	۱/۴۶^{b}	۱/۵۷^{b}	۱/۶۵^{b}	۲/۳۱^{b}	۲/۰۱^{b}	۳/۰۹^{b}	۳/۰۶^{b}	۲/۹۹^{b}	۲/۲۲^{b}	۲/۱۶^{b}	۱/۸۶^{b}
شاهد (بدون پوشش)	۲/۰۴^{a}	۲/۶۶^{a}	۳/۳۱^{a}	۴/۰۶^{a}	۴/۹۴^{a}	۷/۲۷^{a}	۱۰/۳۸^{a}	۱۳/۰۳^{a}	۱۰/۵۰^{a}	۷/۵۰^{a}	۶/۲۱^{a}	۵/۹۰^{a}

میانگین‌های با حرف مشابه در هر ستون اختلاف معنی‌داری با هم ندارند ($P<0/01$).

نتایج این پژوهش نشان داد که استفاده از هر سه پوشش ذکر شده تأثیر مثبتی بر کاهش تبخیر از سطح آزاد آب دارد. بر اساس نتایج تجزیه واریانس داده‌ها که در جدول (۴) آورده شده است، مشخص گردید که بین تیمارهای مختلف به لحاظ تغییرات تبخیر آب اختلاف معنی‌داری در سطح معنی‌داری ۱ درصد وجود دارد ($P<0/01$). مقادیر ضریب تغییرات ارائه شده در

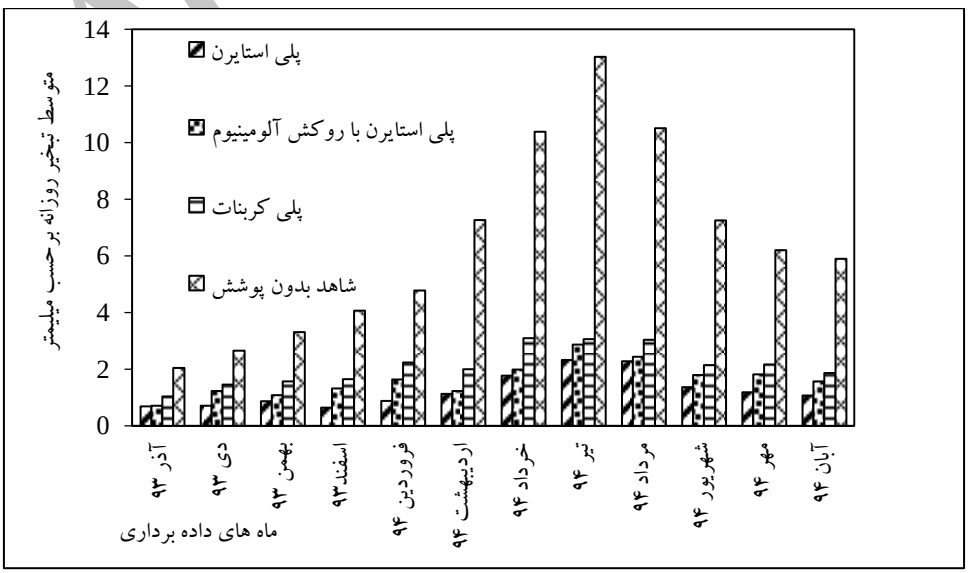
Archive of SID
www.SID.ir

این جدول در همه ماه‌ها کمتر از ۳۰ است. توجه به اینکه در کارهای مزرعه‌ای ضریب تغییرات کمتر از ۳۰ مناسب است، طرح در قالب بلوک کامل تصادفی قابل قبول است. نتایج بدست آمده از مقایسه میانگین تأثیر تبخیر در تیمارهای مختلف در جدول (۵) نشان می‌دهد که تیمارها در گروه‌های مختلف آماری قرار گرفته‌اند. تیمار شاهد بیشترین مقدار تبخیر را به خود اختصاص داده است و تفاوت معنی‌داری با سایر تیمارها دارد. میزان کاهش تبخیر در همه تیمارها نسبت به تیمار شاهد معنی‌دار است و تیمار پوشش پلی‌استایرن در گروه کم‌ترین مقدار قرار دارد. در تیرماه ۹۴ بیشترین تبخیر اتفاق افتاد که بر اساس آزمون مقایسه میانگین دانکن، بین سه پوشش اختلاف معنی‌دار وجود ندارد. نتایج این پژوهش با نتایج محققان دیگر که بیانگر کاهش تبخیر از سطح آب با استفاده از پوشش پلی‌استایرن است مطابقت دارد. تیمار پلی‌استیرن با درصد پوشش ۸۰ درصد کم‌ترین مقدار را از خود نشان داد (Piri *et al*., 2011).

در جدول (۶) درصد کاهش تبخیر پوشش‌ها نسبت به شاهد در هر ماه و میانگین کاهش سالانه تبخیر بر حسب میلیمتر بر روز ارائه شده است. همچنین در شکل (۳) متوسط تبخیر روزانه از هر پوشش و شاهد نشان داده شده است.

جدول ۶- درصد کاهش تبخیر پوشش‌ها نسبت به شاهد و میانگین کاهش سالانه تبخیر بر حسب میلیمتر بر روز

ماه	پلی استایرن	پلی استایرن با روکش آلومینیوم	پلی کربنات
آذر ۹۳	۶۹/۱۰	۶۴/۹۳	۴۸/۹۴
دی ۹۳	۷۴/۷۷	۵۳/۵۲	۴۵/۱۴
بهمن ۹۳	۷۷/۹۹	۶۷/۱۱	۵۲/۳۴
اسفند ۹۳	۸۴/۸۷	۶۷/۴۸	۵۹/۲۹
فروردین ۹۴	۸۳/۹۸	۶۵/۸۲	۵۳/۲۶
اردیبهشت ۹۴	۸۵/۶۰	۸۲/۹۹	۷۲/۴۹
خرداد ۹۴	۸۳/۷۷	۸۰/۸۵	۷۰/۱۹
تیر ۹۴	۸۲/۷۲	۷۷/۹۷	۷۶/۴۹
مرداد ۹۴	۷۹/۱۸	۷۶/۷۹	۷۱/۰۷
شهریور ۹۴	۸۲/۲۹	۷۵/۲۶	۷۰/۳۷
مهر ۹۴	۸۱/۹۰	۷۰/۶۶	۶۵/۱۲
آبان ۹۴	۸۲/۴۲	۷۳/۲۶	۶۸/۳۶
میانگین کاهش سالانه تبخیر (mm/day)	۵/۲۵	۴/۸۵	۴/۳۸



شکل ۳- متوسط تبخیر روزانه از مخازن پوشش‌دار و مخزن شاهد

Archive of SID

www.SID.ir

با توجه به نتایج ارائه شده در جدول (۶)، بیشترین درصد کاهش تبخیر برای پوشش پلی‌کربنات ۷۶/۴۹ درصد در تیرماه، برای پوشش پلی‌استایرن ۸۵/۶۰ درصد و برای پوشش پلی‌استایرن با روکش آلومینیوم ۸۲/۹۹ درصد در اردیبهشت‌ماه بود. میانگین کاهش تبخیر برای پوشش پلی‌استایرن، پلی‌استایرن با روکش آلومینیوم و پلی‌کربنات به ترتیب ۵/۲۵ ۴/۸۵ و ۴/۳۸ میلیمتر در روز بدست آمد که بیشترین میزان کاهش روزانه تبخیر مربوط به پوشش پلی‌استارین است. این اعداد نشان‌دهنده عملکرد خوب هر سه پوشش در کاهش تبخیر از سطح آزاد آب می‌باشد. با توجه به شکل (۳) شاهد روند افزایشی میزان تبخیر از ابتدای دوره تا تیرماه و پس از آن روند کاهشی میزان تبخیر می‌باشیم که این روند افزایشی و کاهشی می‌تواند ناشی از تغییر پارامترهای هواشناسی (دما، سرعت باد و رطوبت نسبی) در طول مدت داده‌برداری باشد. ماگزیمم مقدار تبخیر روزانه از مخزن شاهد ۱۳/۰۳ میلیمتر و از مخازن با پوشش پلی‌کربنات، پلی‌استایرن و پلی‌استایرن با روکش‌آلومینیوم به ترتیب ۳/۰۶، ۲/۳۳ و ۲/۸۷ میلیمتر در تیرماه بود. در شکل (۳) نیز عملکرد خوب هر سه پوشش در کاهش تبخیر نشان داده شده است. شایان ذکر است پوشش پلی‌استایرن نسبت به دو پوشش دیگر عملکرد بهتری در کاهش تبخیر از سطح آزاد آب نشان داد. اگرچه با پوشش ۹۰ درصد سطح مخازن آب، مقدار تبخیر به طور قابل توجهی کاهش یافت اما به دلیل رشد جلبک در پشت پوشش‌ها، استفاده از پوشش‌ها با درصد پوشش کمتر به دلیل مسائل اقتصادی، زیستی و کیفیت آب قابل توجیه است.

نتایج حاصل از این پژوهش با نتایج محققان دیگر مبنی بر عملکرد خوب پوشش‌های مختلف در کاهش تبخیر از سطح آزاد آب مطابقت دارد. در پژوهش محققان در شرایط آزمایشگاهی با استفاده از پلی‌استایرن با ضخامت ۱/۵ سانتی‌متر ۳۰ تا ۵۵ درصد از مقدار تبخیر کاسته شد. همچنین به دلیل رشد جلبک با پوشش ۸۰ درصد سطح آب، استفاده از پوشش‌های با ۴۰ و ۶۰ درصد پوشش سطح آب قابل توصیه می‌باشد (Piri *et al*., 2011). در پژوهشی دیگر میزان کاهش تبخیر با استفاده از قطعات یونولیت از سطح آب تشت با پوشش ۹۰ درصدی سطح آب نسبت به تشت بدون پوشش، ۵۱/۶ درصد بدست آمد که نشان دهنده مناسب بودن این نوع پوشش برای جلوگیری از هدر رفت آب کشاورزی می‌باشد (Moradi Mazraehno *et al*., 2013). نتایج محققان دیگر با استفاده از پوشش‌های پلی‌اتیلنی تک لایه و دو لایه و همچنین پوشش تک لایه آلومینیومی بر روی تشت تبخیر کلاس A نشان داد که میزان کاهش تبخیر روزانه از ۵۰ درصد برای پوشش آلومینیومی تا ۸۰ درصد برای پوشش‌های پلی‌اتیلنی با رنگ‌های مختلف متغیر است (Martinez-Alvarez *et al*., 2006). از نظر دوام پوشش‌ها، در پایان دوره داده‌برداری در روی سطح پلی‌استایرنی آثار تخریب جزئی مشاهده شد که این خرابی کیفیت را می‌توان با پرتوهای خورشیدی در ارتباط دانست. این میزان خرابی در پوشش پلی استایرنی بیشتر مشاهده گردید. لازم به ذکر است که در پایان دوره پوشش پلی‌کربنات نسبت به دو پوشش دیگر دوام خوبی را از خود نشان داد.

ارزیابی اقتصادی

در این قسمت به بررسی سودمندی سرمایه‌گذاری بر روی این نوع پوشش‌ها برای استخرهای ذخیره آب به منظور کاهش تبخیر پرداخته شده است. در این تحقیق مجموع تبخیر سالانه از مخزن شاهد در طول مدت داده‌برداری ۲۳۷۶ میلیمتر اندازه گیری شد. در جدول (۷) مقادیر ذخیره آب، از سطح مخازن پوشش‌دار در طول مدت داده‌برداری نسبت به مخزن شاهد (آذر ۹۳ تا آبان ۹۴) برحسب میلیمتر ارائه شده است.

جدول ۷- مقادیر ذخیره آب از سطح مخازن پوشش‌دار نسبت به مخزن شاهد برحسب میلیمتر

نوع پوشش	پلی استایرن	پلی‌استایرن + آلومینیوم	پلی کربنات
آب ذخیره شده (میلیمتر)	۱۹۱۷/۴۸	۱۷۷۲/۳۳	۱۵۹۹/۹۳

بیشترین میزان ذخیره آب مربوط به پوشش پلی‌استایرن بود. نتایج پژوهش محققان در کاهش تبخیر با استفاده از پوشش‌های پلی‌اتیلنی تک لایه و دو لایه و پوشش تک لایه آلومینیومی بر روی تشت تبخیر کلاس A نشان داد که ضریب کاهش تبخیر بدست آمده برای تشت‌ها قابل تعمیم برای مخازن آبیاری هستند (Martinez-Alvarez *et al*., 2006). بنابراین با تعمیم نتایج حاصل از این پژوهش در کاهش تبخیر از سطح آب (سه پوشش ذکر شده در بالا) به استخرهای با سطوح بزرگ می‌توان در مورد هزینه اجرای این پوشش‌ها در سطوح بزرگ تصمیم‌گیری کرد.

با توجه به قیمت هر مترمربع این پوشش‌ها که در جدول (۲) ارائه شده است، قیمت تمام شده این پوشش‌ها برای پوشش ۹۰ درصد سطح آب در استخرهای ذخیره آب بزرگ نسبتاً زیاد می‌باشد. با توجه به رشد جلبک در تیمارها بهتر است تیمارهای با درصد پوشش کمتر برای استخرهای ذخیره آب بزرگ استفاده گردد تا هم هزینه این پوشش‌ها کمتر گردد و هم به لحاظ زیستی و کیفیت آب، رشد جلبک در این استخرها صورت نگیرد.

Archive of SID
www.SID.ir

با توجه به کمبود آب در سال‌های اخیر، لزوم اجرای پوشش‌دار کردن مخازن برای استخرهای ذخیره آب کشاورزی خصوصاً در مورد کشت محصولات با ارزش اقتصادی زیاد و همچنین مخازن تأمین آب شرب می‌تواند قابل پذیرش باشد و باید هزینه‌های اجرای این پوشش‌ها بر روی سطوح بزرگ، بهره‌برداری و نگه‌داری از آن‌ها، مدت زمان دوام هر یک از پوشش‌ها به درستی محاسبه شود تا بتوان در مورد اجرای این نوع پوشش‌ها تصمیم درستی اتخاذ کرد. نتایج تحقیقات محققان در استفاده از پوشش‌های مختلف به منظور کاهش تبخیر به شرح زیر می‌باشد.

در پژوهشی در استان یزد، میزان تبخیر سالیانه از مجموع سطوح استخرهای ذخیره آب (۱۰۰۰۰ مترمربع) در بخش عقدا، حدود ۴۰۸۰۰ مترمکعب در سال به دست آمد. با اجرای پوشش ساده یونولیتی و ضریب کاهش تبخیر ۵۱/۶ درصدی حاصل از تشت‌ها می‌توان از تبخیر سالانه ۲۱۰۰۰ مترمکعب آب جلوگیری کرد. با محاسبات انجام شده در خصوص کاهش تبخیر در این منطقه مشخص شد که به ازای هر هکتار استخر ذخیره آب کشاورزی با پوشش ۹۰ درصد سطح آب با یونولیت می‌توان ۱۵۹۰۰۰۰۰۰ ریال صرفه‌جویی کرد (Moradi Mazraehno *et al*., 2013). در پژوهشی دیگر مشخص شد هزینه اولیه استفاده از پوشش‌های پلی‌اتیلنی و آلومینیومی برای مخازن آبیاری کشاورزی زیاد می‌باشد، اما هزینه تعمیر و نگهداری آنها ناچیز است. در شرایطی که ذخیره آب باعث افزایش سطح زیر کشت محصولات شود، سود اقتصادی سالانه حدود دو برابر هزینه سالانه احداث این پوشش‌ها خواهد بود. بنابراین در شرایط کمبود آب در اسپانیا، پوشش می‌تواند گزینه مناسبی برای افزایش بهره‌وری مصرف آب کشاورزی باشد (Martinez-Alvarez *et al*., 2006). در پژوه Farzin and Alizadeh Samani (2015) با بررسی اجرای طرح توپ-سایه بر روی دریاچه پشت سد کارون ۳ مشخص شد که برای اجرای این پوشش رقمی برابر ۷۶۴۳۳۱۲۱۰۵۰۰ ریال نیاز است. بنابراین در مورد اجرای این پوشش باید ارزش ریالی یک مترمربع از این پوشش و مسائل زیستی ناشی از رنگ سیاه پوشش و خطر برای زندگی آبزیان را بررسی نمود.

نتیجه‌گیری

بررسی عملکرد سه نوع پوشش نشان داد که پوشش پلی‌استایرن برای کاهش تبخیر از سطح آزاد آب نسبت به دو پوشش دیگر مناسب‌تر است. بعد از پوشش پلی‌استایرن، پوشش پلی‌استایرن با روکش آلومینیوم عملکرد بهتری را از خود نشان داد و پوشش پلی‌کربنات نسبت به این دو پوشش در مرتبه بعدی قرار گرفت. با استفاده از این نوع پوشش‌ها می‌توان تا ۸۶ درصد میزان تبخیر را کاهش داد. در مدت استفاده از پوشش پلی استایرن و پلی استایرن با روکش آلومینیومی با پوشش حدود ۹۰ درصد سطح آب، کاهش ۵۳ تا ۸۶ درصدی تبخیر مشاهده شد. پوشش پلی‌استایرن نسبت به پوشش پلی‌کربنات هزینه کمتری داشت، اما در پایان دوره پوشش پلی‌کربنات نسبت به دو پوشش دیگر دوام بهتری را از خود نشان داد. اگرچه با پوشش ۹۰ درصد سطح مخازن آب مقدار تبخیر به طور قابل توجهی کاهش یافت، اما به دلیل رشد جلبک در پوشش‌ها پیشنهاد می‌شود پوشش‌ها با درصد پوشش کمتر به منظور کاهش تبخیر مورد بررسی قرار گیرد. همچنین لازم است اثر ضخامت پوشش‌ها بر کاهش تبخیر و تاثیر آن‌ها بر دوام پوشش‌ها مورد بررسی قرار گیرد. به طور کلی در مورد اینکه اجرای این طرح برای استخرهای ذخیره آب بزرگ توجیه اقتصادی دارد یا خیر؟ لازم است هزینه‌های اجرای این پوشش‌ها بر روی سطوح بزرگ، بهره‌برداری و نگه‌داری از آن‌ها، مدت زمان دوام هر یک از پوشش‌ها و ارزش ریالی واقعی یک مترمربع به درستی محاسبه شود تا بتوان در مورد اجرای این نوع پوشش‌ها تصمیم درستی اتخاذ کرد. بنابراین لازم است در استفاده از روش‌های نوین (پوشش‌های شناور) برای کاهش تبخیر در کشور، به خصوص در مناطق خشک و نیمه‌خشک اقدامات اساسی انجام شود که یکی از این اقدامات جلوگیری از تبخیر از روی سطوح مخازن آب و استخرهای ذخیره آب کشاورزی می‌باشد.

سپاسگزاری

بدینوسیله از حمایت تدارکاتی و مالی دانشگاه صنعتی اصفهان، سازمان جهاد کشاورزی استان اصفهان و بویژه کارشناسان مدیریت آب و خاک جهاد کشاورزی استان اصفهان تشکر و قدردانی می‌شود.

REFERENCES

Alizadeh, A. (2011) *Principles of Applied Hydrology (2*8th ed.). Mashhad: Ferdowsi University of Mashhad.

Bengoechea, J.M., Perez, J., Perez-Parra, J.and Lopez, J. G. (1991). Evaluacion de las perdidas de agua de Riegoen el Campo de Dalias, Almeria. In: *Symposium sobre el agua en Andalucıa.* Co rdoba, Spain.

Craig, I., Green, A., Scobie, M. and Schmidt, E. (2005). *Controlling Evaporation Loss from Water Storages*. Report 1000580/1, National Centre for Engineering in Agriculture, Toowoomba, 207 p.

Archive of SID
www.SID.ir

Daneshkarasteh, P., Tajrishi, M., Mirlatifi, M. and Saghafian, B. (2006). The necessity of revision of evaporation estimation models from free water level in arid regions with regional oasis effect: a case study in Chahnimeh reservoir. *Journal of Agricultural Engineering Research*, 5, 37-58. (In Farsi)

Farzin, S. and Alizadeh Samani, F. (2015). Shadow Ball, measures to reduce water evaporation dam reservoirs. In: Proceedings of *3th International Congress on Civil Engineering, Architecture and Urban Development*, 29-31 Dec., Shahid Beheshti University, Tehran, Iran. (In Farsi)

Gallego-Elvira, B., Baill. A., Martin-Gorriz, B., Maestre-Valero, J. F. and Martinez-Alvarez, V. (2011). Energy balance and evaporation loss of an irrigation reservoir equipped with a suspended cover in a semiarid climate in south eastern of Spain. *Journal of Hydrological Processes*, 25, 1694-1703.

Guerra, L.C., Watson, P. G. and Bhuiyan, S. I. (1990). Hydrological analysis of farm reservoirs in rained rice areas. *Journal of Agricultural Water Management*. 17, 351-366.

Hashemi Garm Dareh, E., and Eslamian, S.S. (2006). Using covers for reducing evaporation from reservoir. In: Presented at *The 2th conference of Soil and Water Resources Management*, 22-23 Feb., University of Kerman Bahonar Kerman, Iran. (In Farsi)

Helfer, F., Lemckert, Ch. and Zhang, H. (2012). Impacts of climate change on temperature and evaporation from a large reservoir in Australia. *Journal of Hydrology*, 475, 365-378.

Howard, B. C. (2015). *Why Did L.A. Drop 96 Million 'Shade Balls' into Its Water?* Retrieved August 12, 2015, National Geographic from *http://news.nationalgeographic.com/2015/08/150812-shade-balls-los-angeles-California-drought-water-environment/*

Hudson, N.W. (1987). *Soil and Water Conservation in Semiarid Regions*. FAO Land and Water Conservation Service, Rome, 256 pp.

Khan, M. A. and V. C. Issac. (1990). Evaporation reduction in stock tanks for increasing water supplies. *Journal of Hydrology*, 119, 21–29.

Linsley, R.K., Kohler, M.A. and Paulhus, J.L., (1982). *Hydrology for Engineers* (3th ed.). McGraw-Hill, New York.

Martinez-Alvarez, V., Baille, A., Molina-Martinez, J. M. and Gonzalez-Real, M. M. (2006). Efficiency of shading materials in reducing evaporation from free water surfaces. *Journal of Water Resources Management*, 84(3), 229-239.

Martinez-Alvarez, V., Gonzales-Real, M.M., Baille, A., Valero, J.F.M., Elvira, B.G., (2008). Regional assessment of evaporation from agricultural irrigation reservoirs in a semiarid climate. *Journal of Agricultural Water Management*, 95, 1056–1066.

Martinez Alvarez, V., Calatrava Leyva, J., Maestre, J. F., and Martin Gorriz, B. (2009). Economic assessment of shade-cloth covers for agricultural irrigation reservoirs in a semi-arid climate. *Journal of. Agricultural Water Management*, 96, 1351- 1359

Martinez-Granados D., Maestre-Valero, J. F., Calatrava. J. and Martínez-Alvarez, V. (2011). The economic impact of water evaporation losses from water reservoirs in the Segura basin, SE Spain. 2011. *Journal of Water Resources Management*, 25, 3153-75.

Moradi Mazraehno, H. R., Talebi, M, S. and Hasanzadeh, M. (2013). Assessment of evaporation reduction from agricultural water reservoirs using Ionolite cover (case study of Agda Region-Yazd). In: Proceedings of *1st National Conference on the Application of Modern Science and Technology in Agriculture and Natural Resources.*, 15 Mar., Islamic Azad University of Meybod, Yazd, Iran. (In Farsi)

Mugabe, F.T., Hodnett, M. G. and Senzanje, A. (2003). Opportunities for increasing productive water use from dam water: A case study from semi-arid Zimbabwe. *Journal of Agricultural Water Management*. 62, 149-163.

Piri, M., Hesam, M., Dehghani, M. M. and Meftah Halaghi, M. (2011). Experimental study on the effect of physical and chemical approach in reducing the evaporation from water surface. *Journal of Water and Soil Conservation*, 17(4). (In Farsi)

Stanhill, G. (2002). Is the Class-A evaporation pan still the most practical and accurate meteorological method for determining irrigation water requirements? *Journal of Agricultural and Forest Meteorology*, 112, 233–236

Wurbs, A. R. and Ayala, A.R. (2014). Reservoir evaporation in Texas, USA. *Journal of Hydrology*, 510, 1-9.

Yao X., Zhang, H. Lemckert, C., Brook, A., and Schouten, P. (2010). Evaporation Reduction by Suspended and Floating Covers: Overview, Modelling and Efficiency. *Urban Water Security Research Alliance.Technical Report* (No 28).

Archive of SID

www.SID.ir