Research Paper

Print ISSN: 2251-7480
Online ISSN: 2251-7400

Journal of
Water and Soil Resources Conservation (WSRCJ)

Web site:
https://wsrcj.srbiau.ac.ir

Email:
iauwsrcj@srbiau.ac.ir
iauwsrcj@gmail.com

Vol. 12
No. 4 (48)
Summer 2023

Received:
2022-11-22

Accepted:
2023-01-20

Pages: 113-125

Evaluation of Using Physical Floating Covers in Reducing Evaporation Loses from Small-Reservoirs Water Surface in Arid and Semi-arid Regions

Fatemeh Hoshmandzadeh[1], Mohammad reza Yazdani[2*] and Seid Farhad Mousavi[3]

1) PhD Candidate, Desert Management and Control, Faculty of Desert Studies, Semnan University, Semnan, Iran.
2) Associate Professor, Faculty of Desert Studies, Semnan University, Semnan, Iran.
3) Professor, Faculty of Civil Engineering, Semnan University, Semnan, Iran.
*Corresponding author email: m_yazdani@semnan.ac.ir

Abstract:
Background and Aim: The lack of water resources in arid and semi-arid regions like our country and the high volume of water losses through evaporation have made the importance of appropriate and practical methods to reduce evaporation from water reservoirs to be more and more clear day by day. Water is one of the most essential human needs. Evaporation is one of the climatic phenomenon in lakes and open space water loss. Different types of decreasing evaporation varied according to regional and economic conditions and environmental issues. On the other hand, in Iran the research conducted regarding reducing and controlling evaporation from water reservoirs is limited. Therefore, the current research is carried out with the aim of using new, economic, and appropriate to climatic conditions and accessible methods to reduce evaporation from water reservoirs, especially agricultural water reservoirs, in the Semnan region.
Method: The efficiency of 6 physical covers (white plastic balls, empty bottles, bottles filled with straw and stubble, green canopy net with 50% density, green canopy net with 80% density, and white canopy net with 50% density), after preparation on the sunken Colorado evaporation pans, is evaluated in four periods of about 30 days in fall 2018 and winter of 2019 and spring and summer of 2021. Measuring the amount of evaporation from pans during 4 periods of approximately 30 days in different seasons of the year. Measurements are done daily at 10:30 in autumn and winter and at 9:30 in spring and summer. It should be noted that the water temperature is also measured using an alcohol thermometer at the same time as the water level reading.
Results: Based on the results of measurements, the rate of evaporation from the treatments of white plastic balls, empty bottles, bottles containing straw and stubble, green canopy net with 50% density, green canopy net with 80% density, canopy net White with a density of 50% and the control is equal to 259, 320, 213, 277, 369, 283 and 754 mm, respectively in four periods, which clearly shows a significant reduction in the evaporation of the applying six covers to the amount of 66, 58, 72, 63, 52 and 61 percent compared to the control treatment.
Conclusion: In general, according to the efficiency of all the treatments in this research and the application of these covers, taking into account the economic, social conditions and the feasibility of implementation, in order to reduce evaporation from open water reservoirs, especially agricultural water storage pools, it is evaluated as efficient and suitable. Generally, among the methods used, the most efficient related to the bottle filled with straw and stubble, followed by plastic ball treatments and green canopy netting with a density of 80 are evaluated as the most appropriate methods.
Keywords: water loss, plastic ball, Colorado evaporation pan, canopy net, Semnan

10.30495/wsrcj.2023.70572.11333

مقاله پژوهشی

ارزیابی استفاده از پوشش‌های فیزیکی در کاهش تبخیر از سطح مخازن کوچک آب در مناطق خشک و نیمه‌خشک

فاطمه هوشمندزاده[1]، محمدرضا یزدانی[2]* و سید فرهاد موسوی[3]

۱) دانشجوی دکتری مدیریت و کنترل بیابان، دانشکده کویرشناسی، دانشگاه سمنان، سمنان، ایران.
۲) دانشیار دانشکده کویر شناسی، دانشگاه سمنان، سمنان، ایران.
۳) استاد دانشکده عمران، دانشگاه سمنان، سمنان، ایران.
* ایمیل نویسنده مسئول: m_yazdani@semnan.ac.ir

شاپا چاپی: ۷۴۸۰-۲۲۵۱
شاپا الکترونیکی: ۷۴۰۰-۲۲۵۰

نشریه حفاظت منابع آب و خاک

آدرس تارنما:
https://wsrcj.srbiau.ac.ir

پست الکترونیک:
iauwsrcj@srbiau.ac.ir
iauwsrcj@gmail.com

سال دوازدهم
شماره چهار (۴۸)
تابستان ۱۴۰۲

تاریخ دریافت:
۱۴۰۱/۰۹/۰۱

تاریخ پذیرش:
۱۴۰۱/۱۰/۳۰

صفحات: ۱۲۵-۱۱۳

چکیده:

زمینه و هدف: کمبود منابع آب در مناطق خشک و نیمه‌خشک مانند کشور ما و حجم بالای تلفات آب از طریق تبخیر موجب شده است تا اهمیت روش‌های مناسب و کاربردی به منظور کاهش تبخیر از مخازن آب، روز به روز بیش از پیش مشخص گردد. آب از جمله ضروری‌ترین نیازهای بشر است. تبخیر یکی از مهم‌ترین پدیده‌های اقلیمی در اتلاف آب دریاچه‌ها و مخازن روباز محسوب می‌گردد. روش‌های کاهش تبخیر با توجه به شرایط منطقه‌ای، توجیه اقتصادی و مسائل زیست‌محیطی، متفاوتند. از طرفی، پژوهش‌های انجام شده در کشور ایران در زمینه کاهش و کنترل تبخیر از مخازن آب محدود است. لذا، پژوهش حاضر با هدف استفاده از روش‌های جدید، اقتصادی، متناسب با شرایط اقلیمی و قابل دسترس برای کاهش تبخیر از مخازن آب، و به‌خصوص مخازن آب کشاورزی، در منطقه سمنان انجام شد.

روش پژوهش: در این پژوهش، کارایی شش پوشش فیزیکی (توپ‌های پلاستیکی سفید، بطری‌های خالی، بطری‌های پر از کاه و کلش، توری سایبان سبز با تراکم ۵۰٪، توری سایبان سبز با تراکم ۸۰٪ و توری سایبان سفید با تراکم ۵۰٪) بعد از آماده-سازی روی تشت‌های تبخیر کلرادو، برای چهار دوره تقریباً ۳۰ روزه در فصول پائیز و زمستان ۱۳۹۸ و بهار و تابستان ۱۴۰۰، ارزیابی شد. اندازه‌گیری‌ها به صورت روزانه، در ساعت ۱۰:۳۰ در شش ماهه اول سال ۱۳۹۸ و ساعت ۹:۳۰ در شش ماهه دوم سال ۱۴۰۰ انجام شد. لازم به ذکر است که دمای آب نیز با استفاده از دماسنج الکلی هم‌زمان با قرائت سطح آب اندازه‌گیری شد.

یافته‌ها: بر اساس نتایج اندازه‌گیری‌ها، میزان تبخیر از تیمارهای توپ‌های پلاستیکی سفید، بطری‌های خالی، بطری‌های حاوی کاه و کلش، توری سایبان سبز با تراکم ۵۰٪، توری سایبان سبز با تراکم ۸۰٪، توری سایبان سفید با تراکم ۵۰٪ و شاهد به‌ترتیب برابر با ۲۵۹، ۳۲۰، ۲۱۳، ۲۷۷، ۳۶۹، ۲۸۳ و ۷۵۴ میلی‌متر در چهار دوره مورد بررسی بود که به وضوح کاهش چشم‌گیر تبخیر پوشش‌های ششگانه به مقدار ۶۶، ۵۸، ۷۲، ۶۳، ۵۲ و ۶۱ درصد نسبت به تیمار شاهد را نشان می‌دهد.

نتایج: به طور کلی، با توجه به کارایی تمامی تیمارهای این پژوهش و کاربرد این پوشش‌ها با در نظر گرفتن شرایط اقتصادی، اجتماعی و امکان‌پذیر بودن اجرا، به منظور کاهش تبخیر از مخازن روباز آب، به‌خصوص استخرهای ذخیره آب کشاورزی، کارآمد و مناسب ارزیابی می‌شود. به‌طورکلی از بین روش‌های مورد استفاده بیشترین کارایی مربوطه به بطری پر شده با کاه و کلش و پس از آن نیز تیمارهای توپ پلاستیکی و توری سایبان سبز با تراکم ۸۰ مناسبترین روش‌ها ارزیابی شدند.

کلید واژه‌ها: تلفات آب، توپ پلاستیکی، تشت تبخیر کلرادو، توری سایبان، سمنان

10.30495/wsrcj.2023.70572.11333

مقدمه

با توجه به محدودیت منابع طبیعی کره زمین و از طرفی رشد پیوسته جمعیت، بشر به دنبال روشهای مناسب و پایدار استفاده از این منابع بوده است. آب از جمله ضروری‌ترین نیازهای بشر است. محدودیت‌های زمانی و مکانی و حجم بسیار محدود آب شیرین و قابل بهره‌برداری باعث شده است مدیریت و برنامه‌ریزی آن ضرورت بیش‌تری نسبت به گذشته پیدا کند (Piri et al., 2011). کشور ایران در منطقه‌ای خشک و نیمه‌خشک، با نزولات جوی اندک واقع شده است. میانگین بارندگی سالانه این کشور حدود ۲۵۰ میلی‌متر است؛ در حالی که میزان سالانه متوسط بارندگی در سطح خشکی‌های کل کره زمین تقریباً ۸۶۰ میلی‌متر تخمین زده شده است. لذا بارندگی در ایران از یک سوم متوسط میزان بارندگی در سطح دنیا کمتر است (Alizadeh, 2014). یکی از راهکارهای ذخیره آب و جلوگیری از هدررفت آن، ایجاد مخازن ذخیره و سد در مناطق مختلف است. به همین منظور، در دنیا تا اواخر قرن بیستم تقریباً ۴۵ هزار سد بزرگ (بیش از ۱۵ متر ارتفاع) با سطح کل مخزن حدود ۵۰۰ هزار کیلومتر مربع، به طور عمده برای آبیاری، نیروگاه‌های برق‌آبی و تأمین آب آشامیدنی بهره‌برداری شده است (Soltani et al., 2020). تبخیر از سطوح آب، زمین، خاک، دریاچه‌ها و مخازن آب، یکی از فرآیندهای بسیار مهم و حیاتی در هواشناسی و هیدرولوژی است. هر ساله، میلیون‌ها متر مکعب آب شیرین از مخازن سدها که با هزینه زیادی جمع‌آوری شده، تبخیر می‌شود و از دست می رود و املاح بر جای مانده از حجم آب تبخیر شده، کیفیت آب را کاهش می‌دهد (Ejlali, 2004). پژوهش‌های صورت گرفته به طور واضح نشان می‌دهند 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 ذخیره شده در مخازن آب، با کاهش تلفات تبخیر از سطح آزاد آب حاصل می‌شود (Stanhill, 2002). مطالعه تبخیر و در پی آن تراز سطح آب اهمیت فراوانی در زمینه ارزش‌های اکولوژیک دریاچه، کشاورزی، مدیریت منابع آب و بسیاری از مسائل دیگر دارد و بدین منظور مدل‌های مختلف تجربی، نیمه‌تجربی و هوشمند توسعه یافته‌اند. با توجه به تأثیرگذاری عوامل مختلف متغیر بر تبخیر می‌توان سیستم تغییرات تبخیر را به عنوان یک سیستم دینامیک مطرح نمود. پیش‌بینی پدیده‌های هیدرولوژیک یکی از موارد اساسی در طراحی و مطالعات مربوط به منابع آب به شمار می‌آید که می‌تواند کمک شایانی در برنامه‌ریزی، بهره‌برداری و مدیریت کمی و کیفی این منابع باشد (Farzin et al., 2017).

مریم تبخیر یکی از مهم‌ترین پدیده‌های اقلیمی در اتلاف آب دریاچه‌ها و مخازن روباز محسوب می‌شود. در شرایط فعلی که بسیاری از کشورها درگیر بحران شدید آب هستند، بسیاری از توجهات معطوف به صرفه‌جویی در مصرف آب و ارائه راهکارها و روش‌های نوین در سیستم‌های آبیاری مبنی بر کاهش مصرف آب است (Afkhami et al., 2017). روش‌های کاهش تبخیر از سطوح آب روباز به روش‌های فیزیکی، شیمیایی، بیولوژیک و مکانیکی (ساختاری و ساختمانی) تقسیم می‌شوند (Craig ea al., 2005). روش‌های فیزیکی شامل استفاده از بادشکن‌های زنده و غیرزنده، پوشش‌های شناور با چگالی کمتر از آب از قبیل بتن‌های سبک پرلیتی، پلی‌استایرن‌ها و ورق‌های پلاستیکی است که کارایی هر کدام از آنها تحت تأثیر عوامل مختلف متفاوت است (Soltani et al., 2020). با استفاده از تشت تبخیر به‌عنوان روشی که هزینه زیادی ندارد می‌توان به طور مستقیم میزان تبخیر را اندازه‌گیری نمود و همچنین نتایج حاصل از آن قابل تعمیم به تبخیر از سطوح دریاچه، مخازن ذخیره آب و تبخیر و تعرق در کشاورزی است (Irmak et al., 2002). در بخش ذیل نتایج پژوهش‌های انجام شده در زمینه کاهش تبخیر از مخازن ذخیره آب نشان داده شده است.

رنجبر و همکاران (۱۳۸۹)، با استفاده از صفحات شناور بتن سبک پرلیتی که چگالی آن کمتر از آب بود گزینه‌ای مناسب به منظور کاهش تبخیر از سطح آب معرفی کردند. مرادی مزرعه نو و همکاران (۱۳۹۲)، در پژوهشی در منطقه عقدا شهرستان اردکان با پوشش‌های یونولیتی با سطح پوشش ۹۰ درصد مورد بررسی قرار دادند، نتایج این پژوهش نشان‌دهنده مناسب بودن این پوشش برای جلوگیری از هدر رفت آب کشاورزی می‌باشد و پوشش مذکور نسبت به تشت بدون پوشش، کاهش ۵۱/۶ درصدی داشت. عابدی کوپایی و همکاران (۱۳۹۳)، سه نوع پوشش پلی‌کربنات، پلی‌استایرن و پلی‌استایرن با روکش آلومینیوم را برای کاهش تبخیر از مخازن آب به‌کار بردند. مخازن بررسی شده دارای قطر ۰/۹۸ و عمق ۰/۹۸ متر بود. پوشش پلی‌استایرن، با ۵۵ تا ۷۴ درصد کاهش تبخیر، در مقایسه با سایر پوشش‌های بررسی شده، از عملکرد بهتری برخوردار بود. هاشمی گرمدره و اسلامیان (۱۳۹۳)، با استفاده از مواد پوششی از جنس پلی‌اتیلن برای کاهش تبخیر از سطح آب‌های آزاد را مورد بررسی قرار دادند. کاربرد صفحات پلی‌اتیلنی تبخیر را تا حدود ۹۱ درصد، مواد پلی‌استر تا حدود ۸۲ درصد و صفحات آلومینیومی تا ۳۷/۵ درصد کاهش دادند.

افخمی و همکاران (۱۳۹۸)، پوشش فیزیکی شناور فومتالات که حاصل تزریق صنعتی پلی‌استایرن در قالب‌های پر شده با بطری دلستر بود، بر روی حوضچه‌های تحقیقاتی در مجاور سد رسوبگیر مس سرچشمه به‌منظور ارزیابی کاهش

تبخیر قرار داده و کاهش تبخیر آن به میزان حداکثر ۹۱/۳۳ درصد و حداقل ۸۹ درصد برآورد گردید. افخمی و همکاران (۱۳۹۸)، سه نوع توپ شامل تک‌روزنه و چندروزنه پلی‌اتیلنی و توپ‌های ریز از جنس پروپیلن را جهت بررسی کاهش تبخیر به مدت یک ماه مورد بررسی قرار دادند. نتایج نشان داد که این توپ‌ها به ترتیب ۶۵، ۵۱/۷ و ۳۸/۸ درصد تبخیر را کاهش دادند. مظاهری و عابدی کوپایی (۱۳۹۸)، در پژوهشی پوشش‌های از جنس پلی‌استایرن، پلی‌استایرن با روکش آلومینیوم و پلی‌کربنات مورد استفاده قرار گرفت مقدار کاهش تبخیر برای این سه ماده به ترتیب ۸۳، ۷۶/۵ و ۸۵/۶ درصد بود که مقادیر قابل توجهی است و بهترین عملکرد را پوشش پلی‌استایرن داشت. صفری و همکاران (۱۳۹۸)، سنگدانه‌های طبیعی با پوشش اپوکسی را جهت کاهش تبخیر مورد استفاده قرار دادند. این پژوهش که در استان خراسان رضوی انجام گرفت از مواد و مصالح موجود در منطقه استفاده شد و هزینه‌های آن کمتر از سایر پوشش‌های مرسوم بود. استفاده از این پوشش روی استخرهای مورد آزمایش باعث کاهش تبخیر به میزان ۷۷ درصد شده است. افخمی و همکاران (۱۳۹۹)، پوشش شناور یونوبتن را مورد استفاده قرار دادند و نتایج نشان داد که کارایی پوشش شناور یونوبتن تقریباً ۸۹/۱ درصد بود. قزوینیان (۱۳۹۹)، در پژوهشی از پوشش پلی‌استایرن به منظور کاهش تبخیر استفاده کرد. یافته‌ها نشان داد که این ماده عملکرد مناسبی در کاهش تبخیر دارد و این ورقه‌ها توانستند تبخیر را حدود ۴۴ درصد کاهش دهند.

در خصوص پژوهش های خارجی می توان به این موارد اشاره نمود. خان و ایساک[۱] (۱۹۹۰)، با به کار گیری لایه‌های پلی‌اتیلنی نتایج نشان دادند که تبخیر ۶۶ درصد کاهش یافته است. از معایب این آزمایش، از بین رفتن سطح پلی‌اتیلن و به وجود آمدن ترک و شکاف در لایه‌ها است که می‌توان علت آن را تابش نور خورشید بر سطح این لایه‌ها دانست. مارتینز آلوارز[۲] و همکاران (۲۰۰۶)، در پژوهشی با استفاده از پوشش‌های سایه انداز پلی‌اتیلنی به بررسی کاهش تبخیر پرداختند، بر اساس نتایج، پوشش‌های سایه‌انداز پلی‌اتیلنی به صورت تک لایه و دو لایه، میزان تبخیر را به ترتیب ۷۵ و ۸۳ درصد کاهش دادند. حسون[۳] و همکاران (۲۰۰۷)، ورقه‌های فوم دایره‌ای شکل جهت کاهش تبخیر از آب دریاچه ناصر در مصر را مورد بررسی قرار دادند. نتایج نشان داد که با پوشاندن ۸۲/۵ درصد از سطح آب، ۷۴ درصد کاهش تبخیر حاصل می‌شود. در پژوهشی الحسون[۵۴] و همکاران (۲۰۰۹)، جهت کاهش تبخیر از سطح مخازن با استفاده از درخت نخل پوششی تهیه نموده و در دو استخر آزمایشی، یکی را به صورت کامل و دیگری نصف پوشش داده شد. نتایج به‌ترتیب کاهشی برابر با ۶۳ و ۲۳ درصد نشان داد. مارتینز[۶] گراندوس (۲۰۱۱)، در پژوهشی اثرات پوشش پارچه‌ای سایه‌انداز معلق در کاهش تبخیر از مخازن آب کشاورزی به مدت دو سال مورد بررسی قرار داد. نتایج نشان داد که علاوه بر کاهش تبخیر، اجازه ذخیره‌سازی ۹۰ درصد بارندگی را می‌دهد. لذا باعث افزایش کیفیت آب، کاهش رشد جلبک‌ها، گرد و غبار و شوری آب ذخیره شده می‌شود .

علم[۷] و همکاران (۲۰۱۳)، از ساقه و برگ نخل به عنوان پوشش سایه‌ای برای کاهش تبخیر و بهبود کارایی ذخیره‌سازی آب استفاده کردند. پوششی یک لایه و دولایه روی تشت تبخیر کلاس A سبب کاهش ۴۷ الی ۵۷ درصدی تبخیر گردید. عباس عباس داوود[۸] و همکاران (۲۰۱۴) در پژوهشی از سطل‌های پلی‌اتیلنی با چگالی‌های مختلف به عنوان پوشش جهت کاهش تبخیر استفاده شد. نتیجه این پژوهش نشان داد که با کاهش تراکم پلی‌اتیلن، زمان تبخیر افزایش یافته و در نتیجه دما و میزان تبخیر کاهش می‌یابند. به‌طوری که پلی‌اتیلن هایی با چگالی ۸۰۰ کیلوگرم بر متر مکعب، با کارایی ۵۷ درصد، بیشترین مقدار کاهش تبخیر را در پی داشتند. سیمون[۹] و همکاران (۲۰۱۵)، استفاده از بطری‌های نوشیدنی از جنس پلی‌اتیلن به دو شکل خالی و پر شده با خاک بررسی کردند و کاهش تبخیری برابر با ۴۰ درصد مشاهده شد. لازم به ذکر است که پرشدن بطری تأثیری بر میزان کاهش تبخیر نداشت.

الزبیایی[۱۰] و همکاران (۲۰۱۷) در پژوهشی از پوشش ساده و شطرنجی برگ خرما جهت کاهش تبخیراز سطح آب استفاده کردند. نتایج نشان داد که پوشش شطرنجی، کاهش تبخیری به میزان ۷۶ درصد و پوشش ساده، کاهش تبخیری به میزان ۲۰ الی ۲۴ درصد را می‌دهند. مانوسو (۲۰۲۱) در یک پژوهش، کاهش تبخیر با استفاده از لایه‌های نازک VO_2 و V_2O_5 را بررسی نمودند. نتایج این پژوهش نشان‌دهنده ۴۵-۴۰ درصد کاهش تبخیر نسبت به شاهد بود. شالبی[۱۱] و همکاران (۲۰۲۱)، در پژوهشی اثر پوشش‌های توپ سفید، توپ سیاه، توپ چند رنگ و ورقه‌های فوم و رشد جلبک را بر تبخیر از تشت تبخیر کلاس A به مدت سه هفته در مصر بررسی کردند. نتایج نشاد داد که پوشش‌های مذکور از ۲۷ تا ۹۶ درصد موجب کاهش تبخیر شدند و پوشش توپ سفید به‌عنوان بهترین پوشش معرفی شد.

با توجه به مطالعات فوق‌الذکر در زمینه کاهش تبخیر، می توان گفت عوامل جوی در هر منطقه تأثیر متفاوتی بر نرخ تبخیر از مخازن آب دارند. در عین حال، روش‌های کاهش تبخیر با توجه به شرایط منطقه‌ای، توجیه اقتصادی، امکان‌پذیر بودن اجرا و مسائل زیست‌محیطی، متفاوتند. از جمله پوشش‌های فیزیکی استفاده شده در کاهش تبخیر، می‌توان به موادی مانند پلی‌استایرن، پلی‌اتیلن، صفحات یونولیت، پلی‌کربنات، موم، تخته‌های چوب، پرلیت، برگ و ساقه نخل و توپ‌های سایه‌انداز اشاره کرد. لذا باتوجه به اهمیت محدودیت

منابع آب در مناطق خشک و نیمه‌خشک و هدررفت آب از طریق تبخیر از مخازن ذخیره آب در این مناطق، استفاده از روش‌های مناسب، کاربردی و مقرون به صرفه جهت کاهش تبخیر ضروری به نظر می‌رسد. از طرفی، تحقیقات انجام شده در کشور ایران در زمینه کاهش و کنترل تبخیر از مخازن آب محدود است. لذا، پژوهش حاضر با هدف استفاده از روش‌های جدید، کم هزینه، متناسب با شرایط اقلیمی و قابل دسترس برای کاهش تبخیر از مخازن آب، و بخصوص مخازن آب کشاورزی، در منطقه سمنان انجام شد.

مواد و روش‌ها

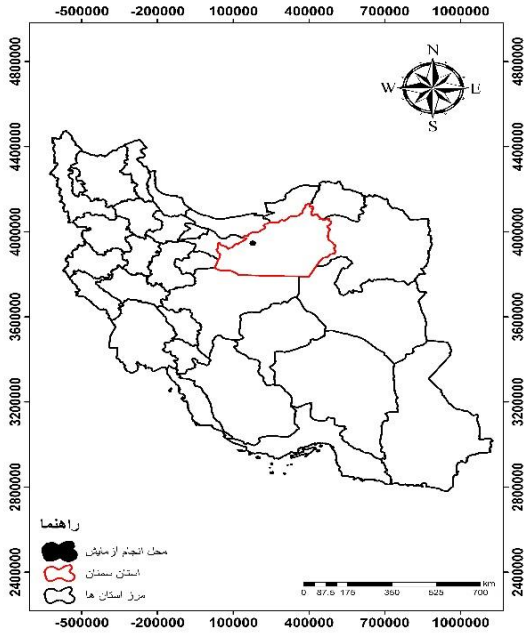
۱- منطقه مورد مطالعه

محل انجام پژوهش، بخش شمال دانشکده مهندسی عمران دانشگاه سمنان در شهر سمنان که دارای مختصات جغرافیایی به طول '۲۶ °۵۳ شرقی، عرض '۳۶ °۳۵ شمالی است و در ارتفاع ۱۱۴۹ متر از سطح دریا واقع شده است (شکل ۱). شهر سمنان دارای بارندگی سالانه ۱۴۰ میلی‌متر و دمای میانگین سالانه ۱۷/۷ درجه سلسیوس است. تغییرات ماهانه دما در استان سمنان زیاد است و بیشترین و کمترین دما به ترتیب مربوط به ماه‌های تیر و دی می‌باشد. آب‌وهوای شهر سمنان در تابستان گرم و در زمستان نسبتاً سرد است. متوسط حجم بارش سالانه در استان سمنان ۱۱/۵ میلیارد متر مکعب برآورد شده که ۹/۲ میلیارد متر مکعب آن (حدود ۸۰ درصد) مستقیماً از طریق تبخیر از دسترس خارج می‌شود و در نتیجه به منابع آب زیرزمینی نفوذ نکرده و در تعادل‌بخشی نیز مؤثر نیست، که جزو مشکلات منابع آب استان سمنان است. اقلیم استان سمنان برطبق روش‌های طبقه‌بندی کوپن و دومارتن شامل دو نوع تنوع اقلیمی گرم و خشک و نیمه‌خشک و گرم و خشک و نیمه‌خشک و سرد است (Kamyabi and mesgariyan, 2014).

۲- مواد و روش‌ها

پژوهش حاضر به منظور بررسی اثر پوشش‌های مختلف فیزیکی بر کاهش تبخیر از مخازن روباز آب در محوطه باز دانشگاه سمنان، با استفاده از ۲۱ تشت تبخیر کلرادو از جنس ورق گالوانیزه با ابعاد ۹۲×۹۲ و ارتفاع ۴۶ سانتی‌متر که در داخل زمین جای‌گذاری شده بودند، انجام شد.

ضریب تشتک کلرادو بین۰/۷ تا ۰/۸۲متغیر بوده و متوسطی برابر ۰/۸ دارد. تیمارهای این پژوهش شامل توپ‌های پلاستیکی سفید، بطری‌های سفید خالی، بطری‌های پر شده با کاه و کلش، توری سایبان سبز با تراکم ۵۰ درصد، توری سایبان سبز با تراکم ۸۰ درصد، توری سایبان سفید با تراکم ۵۰ درصد، هر کدام با ۳ تکرار در ۱۸ تشت تبخیر و ۳ تیمار کنترل (بدون پوشش) بودند. برخی از این پوشش‌ها در شکل ۲ نشان داده شده‌اند. اندازه‌گیری میزان تبخیر از تشت‌ها طی ۴ دوره تقریباً ۳۰ روزه در فصول مختلف سال (در فصل پاییز ۱۳۹۸ از ۳ آبان تا ۲ آذر، در فصل زمستان ۱۳۹۸ از ۲۲ بهمن تا ۲۱ اسفند، در فصل بهار ۱۴۰۰ از ۲۰ اردیبهشت تا ۲۰ خرداد و در فصل تابستان ۱۴۰۰ از ۱ تیرماه تا ۳۱ تیرماه) به صورت روزانه، در ساعت ۱۰:۳۰ در شش ماهه اول سال ۱۳۹۸ و ساعت ۹:۳۰ در شش ماهه دوم سال۱۴۰۰ انجام شد. لازم به ذکر است که دمای آب نیز با استفاده از دماسنج الکلی هم‌زمان با قرائت سطح آب اندازه‌گیری شد. اندازه‌گیری تبخیر در سال ۱۳۹۹ به دلیل پاندمی کرونا انجام نشد.



شکل ۱. محل انجام آزمایش در سیستم مختصات جغرافیایی (GIS) و Google Earth

شکل ۲. برخی پوشش‌های مورد استفاده (توپ‌های پلاستیکی سفید، توری سایبان سبز و توری سایبان سفید) در تشت‌های تبخیر

۳- آنالیز آماری

در این پژوهش، با در نظر گرفتن طرح بلوک‌های کامل تصادفی با ۷ تیمار (شش نوع پوشش و یک شاهد) در سه تکرار برای هر تیمار، آنالیز آماری به کمک نرم‌افزار SPSS انجام شد و مقایسه میانگین‌ها در سطح ۱ درصد خطا و با استفاده از آزمون چنددامنه‌ای دانکن صورت گرفت (مأخذ: نگارندگان).

نتایج و بحث

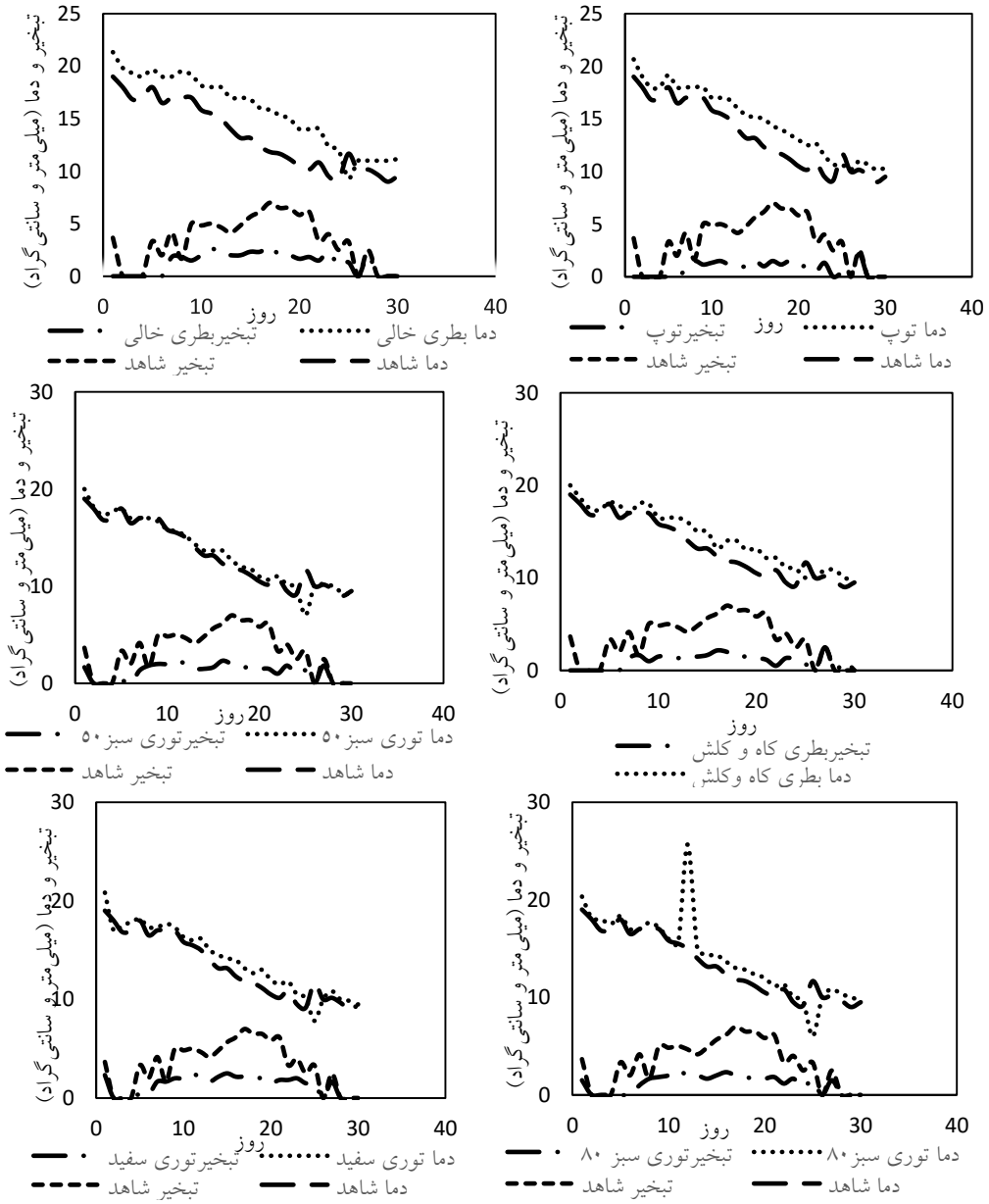
۱- آنالیز نتایج دوره پائیز

مطابق نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها که در سطح اطمینان ۹۹٪ انجام شد، تفاوت دو به دوی تیمارهای مورد استفاده با تیمار شاهد نشان داد که میانگین میزان کاهش تبخیر داده‌ها در سطح یک درصد معنی‌دار است. جدول ۳، نتایج را برای دوره ۳۰ روزه پائیز ۱۳۹۸ نشان می‌دهد.

جدول ۱. نتایج آزمون دانکن و تحلیل واریانس به منظور کاهش تبخیر در پاییز ۱۳۹۹

تیمار	تفاوت میانگین	خطای استاندارد	معنی داری	حد پایین	حد بالا
شاهد	۲/۳۳	۰/۲۵	۰/۰۰۰	۳	۴
توپ‌های پلاستیکی	۰/۶۳	۰/۰۷	۰/۰۰۰	۰/۵	۰/۸
بطری‌های خالی	۱/۰۲	۰/۱	۰/۰۰۰	۱/۰۲	۱/۴۵
بطری‌های پر از کاه و کلش	۰/۷۴	۰/۰۸	۰/۰۰۰	۰/۶۸	۰/۹۹
توری سبز ۵۰٪	۰/۸۷	۰/۰۹	۰/۰۰۰	۰/۸۸	۱/۲۴
توری سبز ۸۰٪	۰/۹۳	۰/۰۹	۰/۰۰۰	۰/۹	۱/۳۱
توری سفید ۵۰٪	۰/۹۳	۰/۰۹	۰/۰۰۰	۱/۰۵	۱/۴۴

در شکل ۳، روند فرآیند تبخیر از تشت‌ها در یک ماه پائیز ۱۳۹۸ در تیمارهای آزمایش ارائه شده است. همانطور که ملاحظه می‌شود، تمامی تیمارها کاهش تبخیر چشم‌گیری را نسبت به تیمار شاهد نشان دادند. این مقادیر کاهش تبخیر در تیمارهای توپ‌های پلاستیکی سفید، بطری‌های خالی، بطری‌های کاه و کلش، توری سایبان سبز با تراکم ۵۰ ٪، توری سایبان سبز با تراکم ۸۰٪ و توری سایبان سفید با تراکم ۵۰ ٪ به‌ترتیب ۷۸/۳، ۶۲، ۷۱، ۶۵/۲، ۶۵ و ۵۹/۵ درصد بود. کاهش تبخیر بیش از ۶۰ درصدی اکثر تیمارها نشان‌دهنده کارایی خوب پوشش‌های مذکور است. لازم به ذکر است که از بین تیمارهای مذکور، تیمار توپ‌های پلاستیکی سفید بیشترین کاهش تبخیر را نسبت به شاهد نشان داد و بین تیمارهای سایبان سبز با تراکم ۵۰ ٪ و ۸۰ ٪ با تیمار کنترل تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد. یافته‌های پژوهش حاضر با نتایج سیمون [۱۲] و همکاران (۲۰۱۵) که بطری‌های نوشیدنی به دو صورت خالی و پر شده با خاک مورد بررسی قرار دادند و کاهش تبخیر چشم‌گیری داشتند مطابق است اما عدم تاثیر پر شدن بطری با خاک بر کاهش تبخیر و ملاحظه کاهش تبخیر بیشتر با پر شدن بطری با کاه و کلش در پژوهش حاضر منطبق نمی‌باشد.



شکل ۱. روند کاهش تبخیر در تیمارهای آزمایش در دوره پائیز ۱۳۹۸

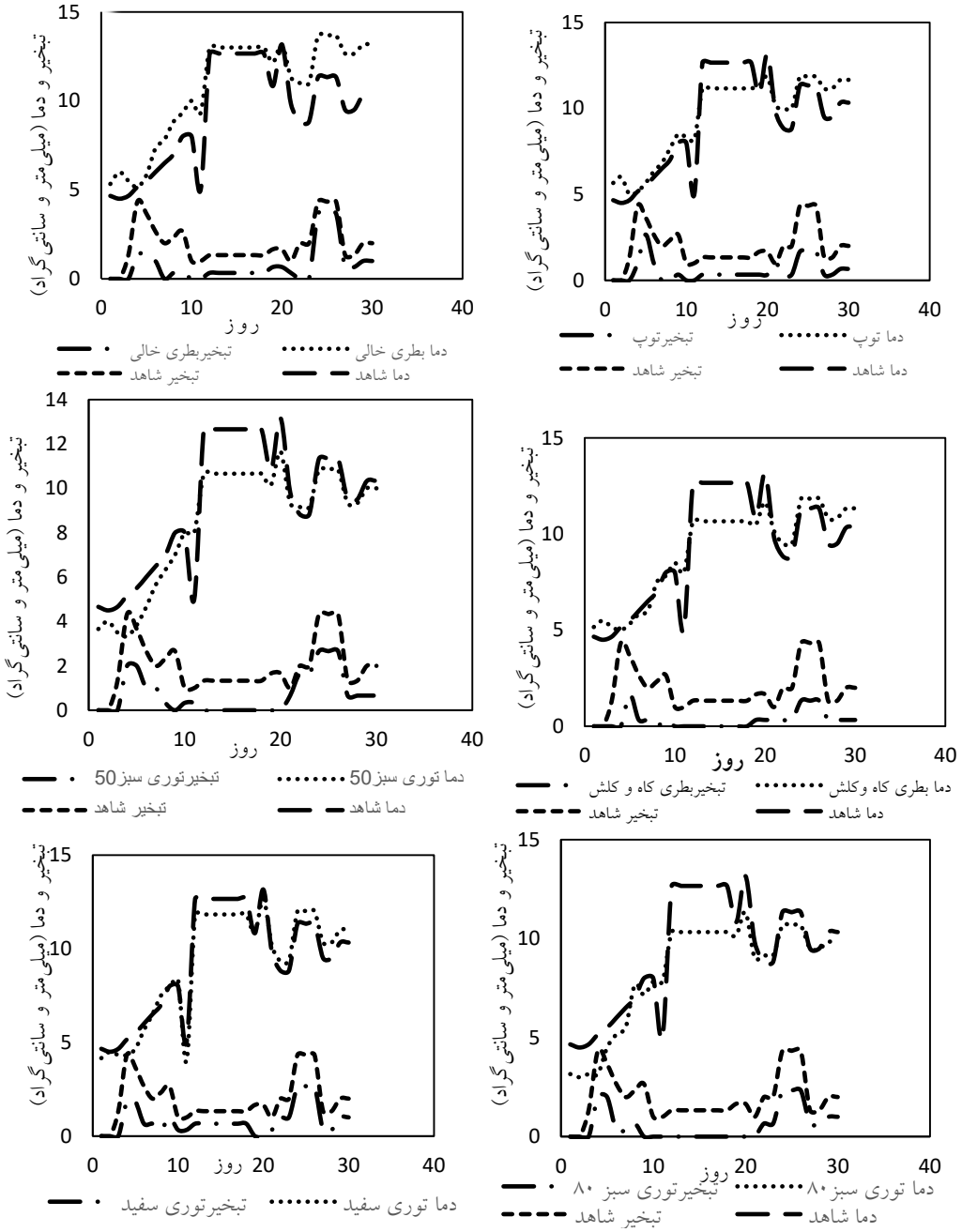
۲- آنالیز نتایج دوره زمستان

نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها در یک ماه زمستان ۱۳۹۸، که در سطح اطمینان ۹۹ ٪ انجام شده، در جدول ۴ ارائه شده است. تفاوت دو به دوی تیمارهای مورد استفاده با تیمار شاهد نشان داد که میانگین میزان کاهش تبخیر داده‌ها در سطح یک درصد معنی‌دار است.

در ۳۰ روز زمستان ۱۳۹۸، همه تیمارهای مورد بررسی شامل توپ‌های پلاستیکی سفید، بطری‌های خالی، بطری‌های کاه و کلش، توری سایبان سبز با تراکم ۵۰ ٪، توری سایبان سبز با تراکم ۸۰ ٪ و توری سایبان سفید با تراکم ۵۰ ٪، کاهش تبخیر را نسبت به تیمار شاهد نشان دادند (شکل ۴)، که به ترتیب ۷۱/۵، ۶۱/۳، ۸۳/۵، ۶۳ ۷۱ و ۵۸ درصد بود. در این دوره ۳۰ روزه، تیمار بطری‌های کاه و کلش بهترین عملکرد را از لحاظ کاهش تبخیر داشت.

جدول ۲. نتایج آزمون دانکن و تحلیل واریانس میزان کاهش تبخیر از تشت در دوره زمستان ۱۳۹۸

تیمار	تفاوت میانگین	خطای استاندارد	معنی داری	حد پایین	حد بالا
شاهد	۱/۲۲	۱/۲۸	۰/۰۰۰	۱/۷	۲/۲
توپ‌های پلاستیکی	۰/۹۳	۰/۰۹	۰/۰۰۰	۰/۵	۰/۹
بطری‌های خالی	۱/۰۴	۰/۱۱	۰/۰۰۰	۰/۶	۱/۰۳
بطری‌های پر از کاه و کلش	۰/۵۶	/۵۹	۰/۰۰۰	۰/۲۳	۰/۴۷
توری سبز ۵۰٪	۰/۸۸	۰/۰۹	۰/۰۰۰	۰/۴	۰/۸
توری سبز ۸۰٪	۰/۸	۰/۰۸	۰/۰۰۰	۰/۳۲	۰/۶۵
توری سفید ۵۰٪	۱/۰۹	۰/۱۱	۰/۰۰۰	۰/۵۶	۱/۰۲



شکل ۴. روند کاهش تبخیر در تیمارهای آزمایش در دوره زمستان ۱۳۹۸

۳- آنالیز نتایج دوره بهار

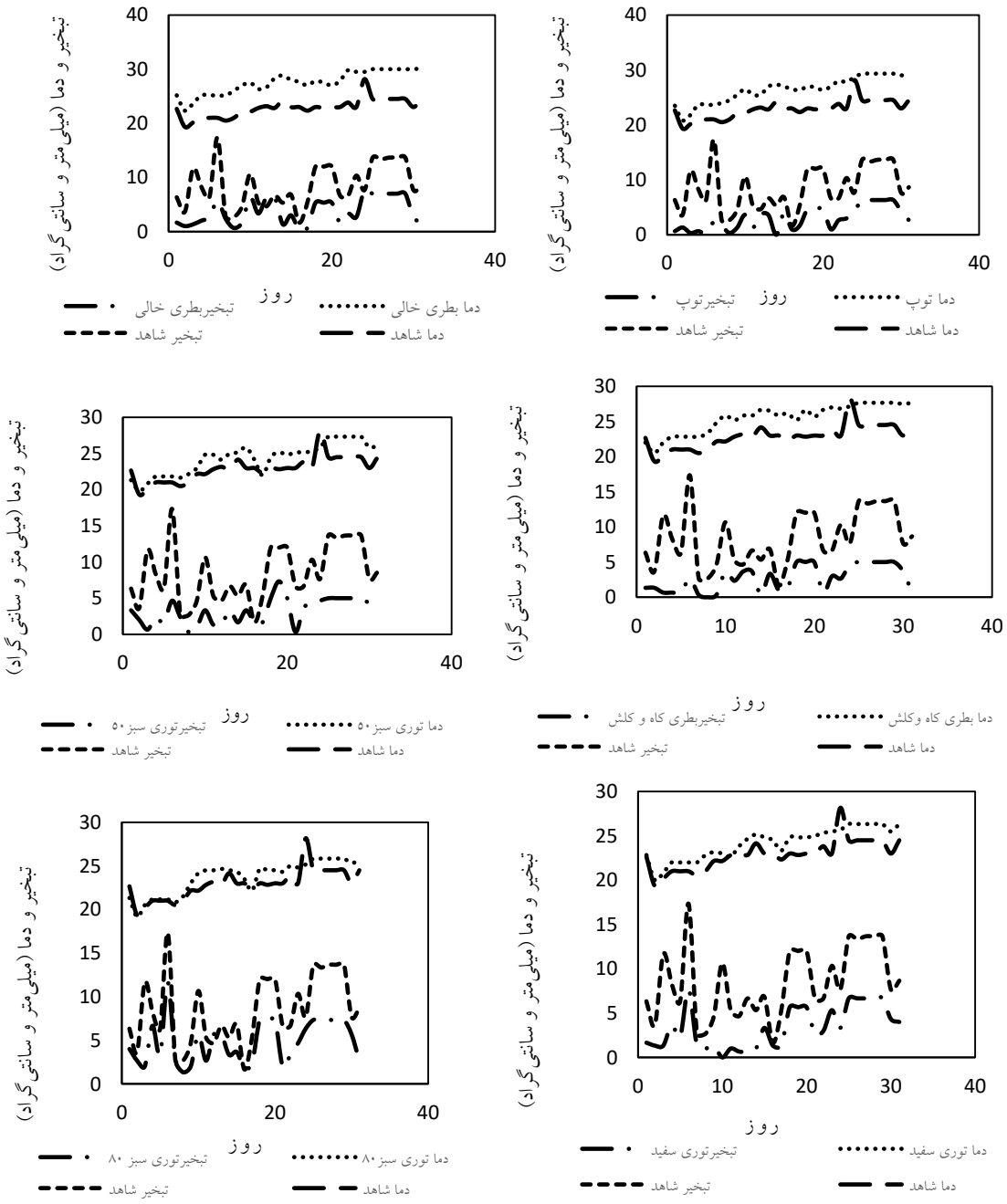
جدول ۳. نتایج آزمون دانکن و تحلیل واریانس میزان کاهش تبخیر از تشت در دوره بهار ۱۴۰۰

تیمار	تفاوت میانگین	خطای استاندارد	معنی داری	حد پایین	حد بالا
شاهد	۳/۹۴	۰/۴	۰/۰۰۰	۷/۴۹	۹/۰۹
توپ‌های پلاستیکی	۲/۰۹	۰/۲۱	۰/۰۰۰	۲/۴۷	۳/۳۱
بطری‌های خالی	۲/۴	۰/۲۴	۰/۰۰۰	۳/۱۱	۴/۰۹
بطری‌های پر از کاه و کلش	۱/۸۶	۰/۱۹	۰/۰۰۰	۲/۱۶	۲/۹۱
توری سبز ۵۰٪	۱/۸۳	۰/۱۹	۰/۰۰۰	۲/۸۴	۳/۵۸
توری سبز ۸۰٪	۲/۴۷	۰/۲۵	۰/۰۰۰	۴/۱	۵/۱
توری سفید ۵۰٪	۲/۳۰	۰/۲۳	۰/۰۰۰	۲/۸۲	۳/۷۶

بر طبق نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها که در سطح اطمینان ۹۹ ٪ انجام شد، تفاوت دو به دوی تیمارهای آزمایش با تیمار شاهد نشان داد که میانگین میزان کاهش تبخیر داده‌ها در سطح یک درصد معنی‌دار می‌باشد (جدول ۵).

همانگونه که در شکل ۵ ملاحظه می‌شود، روند کاهش تبخیر در دوره بهار در تیمارهای مورد استفاده شامل توپ‌های پلاستیکی سفید، بطری‌های خالی، بطری‌های پر از کاه و کلش، توری سایبان سبز با تراکم ۵۰ ٪، توری سایبان سبز با تراکم ۸۰ ٪ و توری سایبان سفید با تراکم ۵۰ ٪ در مقایسه با تیمار شاهد کاملاً مشهود است و به ترتیب مقادیر ۶۵/۲ ،۵۶ ،۶۹/۲ ،۶۱/۵ ،۴۳/۵ و ۶۰ درصد را شامل می‌شود. قابل ذکر است که در این دوره، پوشش‌های مورد استفاده

کارایی کمتری نسبت به دوره‌های پائیز و زمستان نشان دادند. تیمار بطری‌های پر از کاه و کلش در این دوره آزمایش نیز بیشترین کارایی را در کاهش تبخیر داشت. یافته‌های این پژوهش نتایج حاصل از پژوهش مارتینز[۱۳] و همکاران (۲۰۱۱) که به مدت ۲ سال اثرات پوشش پارچه‌های سایه انداز معلق را بر کاهش تبخیر مورد بررسی قرار داده و کاهش تبخیر قابل ملاحظه‌ای مشاهده نمودند مطابق است. از دیگر مزایای تیمار مورد بررسی این می‌باشد که علاوه بر کاهش تبخیر اجازه قابلیت ذخیره‌سازی آب باران را دارا است.



شکل ۵. روند کاهش تبخیر پوشش‌های مورد استفاده در دوره بهار ۱۴۰۰

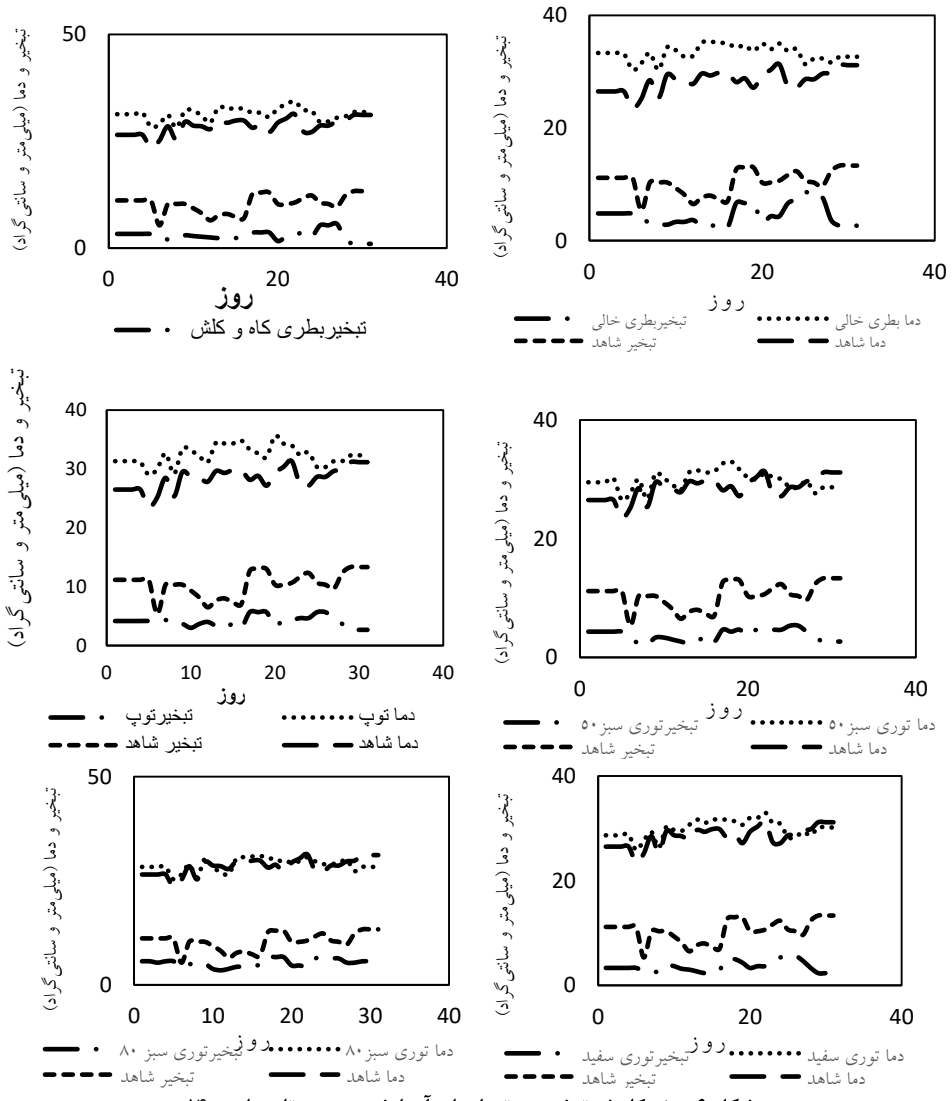
۴- آنالیز نتایج دوره تابستان

نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها (جدول ۶) که در سطح اطمینان ۹۹ ٪ انجام شد. تفاوت دو به دوی تیمارهای مورد استفاده با تیمار شاهد نشان داده شد و میانگین میزان کاهش تبخیر داده‌ها در سطح یک درصد معنی‌دار است.

جدول ۴. نتایج آزمون دانکن و تحلیل واریانس میزان کاهش تبخیر از تشت در دوره تابستان ۱۴۰۰

تیمار	تفاوت میانگین	خطای استاندارد	معنی داری	حد پایین	حد بالا
شاهد	۲/۱۷	۰/۲۲	۰/۰۰۰	۱۰	۱۰/۹
توپ‌های پلاستیکی	۰/۹۹	۰/۱	۰/۰۰۰	۳/۸۶	۴/۲۷
بطری‌های خالی	۱/۸۹	۰/۱۹	۰/۰۰۰	۴/۱۱	۴/۸۹
بطری‌های پر از کاه و کلش	۱/۱۹	۰/۱۲	۰/۰۰۰	۲/۶۸	۳/۱۸
توری سبز ۵۰٪	۱/۰۴	۰/۱	۰/۰۰۰	۳/۵۲	۳/۹۵
توری سبز ۸۰٪	۱/۰۱	۰/۱	۰/۰۰۰	۵/۰۵	۵/۴۷
توری سفید ۵۰٪	۱/۰۹	۰/۱۱	۰/۰۰۰	۳/۳	۳/۷

بر طبق نتایج شکل ۶، کاهش تبخیر در دوره یک ماهه فصل تابستان ۱۴۰۰ نیز کاهش تبخیر در همه تیمارهای مورد بررسی شامل توپ‌های پلاستیکی سفید، بطری‌های خالی، بطری‌های پر از کاه و کلش، توری سایبان سبز با تراکم ۵۰ ٪، توری سایبان سبز با تراکم ۸۰ ٪ و توری سایبان سفید با تراکم ۵۰ ٪ نسبت به شاهد اتفاق افتاد که به ترتیب مقادیر ۶۱، ۵۷، ۷۲، ۶۴/۳، ۴۹/۵۷ و ۶۶/۱ درصد را شامل شد. در دوره مذکور نیز تیمار بطری‌های پر از کاه و کلش بیشترین و تیمار توری سایبان سبز با تراکم ۸۰ ٪ کمترین عملکرد را در کاهش تبخیر نشان دادند. شالبی و همکاران (۲۰۲۱) در پژوهشی، اثر پوشش های توپ سفید، توپ سیاه، توپ چند رنگ و ورقه‌های فوم و رشد جلبک بر تبخیر از تشت تبخیر کلاس A به مدت سه هفته در مصر مورد بررسی قرار دادند. نتایج نشاد داد که پوشش‌های مذکور از ۲۷ تا ۹۶ درصد موجب کاهش تبخیر شدند و پوشش توپ سفید به عنوان بهترین پوشش معرفی شد.

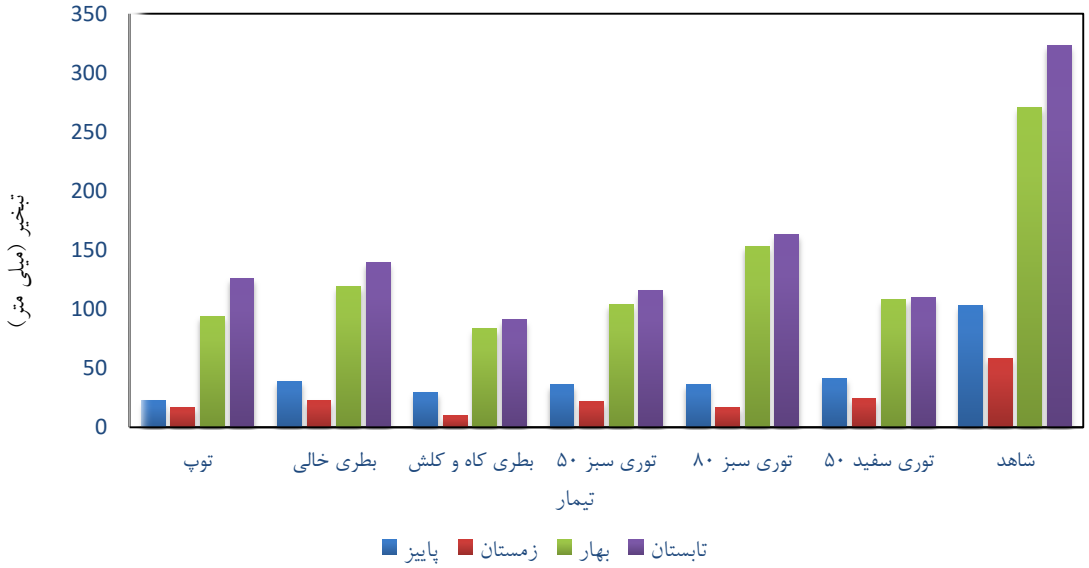


شکل ۶. روند کاهش تبخیر در تیمارهای آزمایش در دوره تابستان ۱۴۰۰

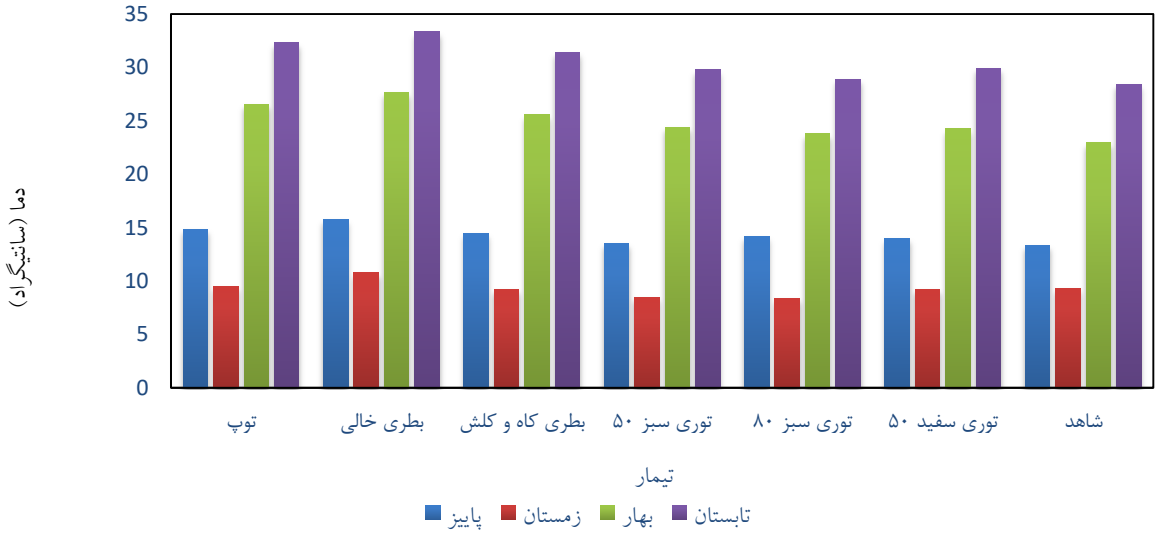
۵- آنالیز تغییرات دمای آب و تبخیر تجمعی

تغییرات دمای سطح آب در تیمارهای مورد بررسی و شاهد در شکل ۷ رسم شده است. همانگونه که ملاحظه می‌شود، دمای سطح آب تیمار شاهد در دوره‌های مختلف اندازه‌گیری، در ترازی پایین‌تر نسبت به تیمارهای اندازه‌گیری قرار گرفته است. کمتر بودن دما در تشت شاهد، نشان می‌دهد که با وجود تابش بیشتر اشعه آفتاب بر سطح آب تشت شاهد نسبت به تیمارهای با پوشش مختلف، عدم وجود مانع بر سطح این حوضچه منجر می‌شود تا باد با عبور از سطح آب به تشدید فرآیند تبخیر سطحی کمک کرده و با جدا شدن مولکول‌ها از سطح آب دما در محدوده نزدیک به سطح کاهش یابد. در مناطق خشک و نیمه‌خشک، تا ۵۰ ٪ از آب مخازن ذخیره در اثر تبخیر تلف می‌شود.

شکل ۸ روند کاهش تبخیر در تیمارهای مورد بررسی و دوره‌های مختلف سال نسبت به شاهد را نشان می‌دهد. در تمام تیمارها، ترتیب دما از زیاد به کم عبارتست از تابستان، بهار، پائیز و زمستان. ضمناً، تیمار بطری‌های پر از کاه کلش کمترین مقدار مجموع تبخیر از تشت و تیمار توری سبز با ۸۰ ٪ تراکم بیشترین مقدار مجموع تبخیر از تشت را نسبت به سایر تیمارهای آزمایش داشته است.



شکل ۷. میانگین دمای سطحی آب در تشت‌های آزمایش در دوره‌های مورد بررسی



شکل ۸. میزان کلی تبخیر از تشت‌های آزمایش در چهار دوره مورد بررسی

نتیجه‌گیری

بر اساس نتایج به‌دست آمده، به طور کلی، تیمارهای توپ‌های پلاستیکی سفید، بطری‌های خالی، بطری‌های پر از کاه و کلش، توری سایبان سبز با تراکم ۵۰ ٪، توری سایبان سبز با تراکم ۸۰ ٪ و توری سایبان سفید با تراکم ۵۰ ٪ و شاهد به‌ترتیب مجموع تبخیری برابر با ۲۵۹، ۳۲۰، ۲۱۳، ۲۷۷، ۳۶۹، ۲۸۳ و ۷۵۴ میلی‌متر در چهار دوره مورد بررسی داشتند، که کاهش ۶۶، ۵۸، ۷۲، ۶۳، ۵۲ و ۶۱ درصدی نسبت به شاهد است که اختلافات مقادیر اندازه‌گیری شده بدلیل تفاوت‌های در روش‌های مورد استفاده از قبیل تفاوت در رنگ، نوع، جنس، تراکم و ... مواد مورد استفاده است. این مقادیر کاهش تبخیر در تیمارها به ترتیب با صرف هزینه‌ای معادل ۴۰۰، ۱۰۰، ۲۵۰، ۲۸۰ و ۲۵۰ هزار ریال به ازای هر متر مربع پوشش امکان‌پذیر می‌باشد که با در نظر گرفتن مقدار کاهش هدررفت آب در سطوح وسیع، اهمیت منابع آبی و بحران آب در کشور حائز اهمیت و قابل اجرا می‌باشد. همچنین قابل ذکر است که تأمین مصالح مورد استفاده در این پژوهش به سهولت انجام می‌گیرد. هر چند که تمامی تیمارهای مورد بررسی عملکرد مناسبی در کاهش تبخیر داشتند ولی تیمارهای بطری‌های پر از کاه و کلش و توپ بیشترین کارایی را در کاهش تبخیر نشان دادند. با استفاده از پوشش‌های مذکور، به‌ترتیب ۴۹۵، ۴۳۴، ۵۴۱، ۴۷۷، ۳۸۵ و ۴۷۱ میلی‌متر آب ذخیره شد که این مقادیر در استخرها و سایر منابع آب بزرگ بسیار چشم‌گیر است. با توجه به مزایای قیمت ارزان، قابلیت دسترسی، دوام، صرفه اقتصادی و حجم آب ذخیره شده، استفاده از پوشش‌های فیزیکی مذکور جهت کاهش تلفات آب از طریق تبخیر کاملاً توصیه می‌شود. جمع‌آوری و استفاده از بطری‌های پلاستیکی از طریق فرآیند تفکیک زباله و استفاده بصورت رایگان، استفاده از توری‌های سایبان با هزینه‌های کم و قابل دسترس بودن در مقایسه با سایر روش‌های فیزیکی از قبیل پلی‌اتیلن، پلی‌استایرن و... و همچنین روش‌های شیمیایی بسیار مقرون به صرفه‌تر است.

پژوهش حاضر بدلیل مواجه شده با پاندمی کرونا مدتی با تاخیر انجام گرفت. پیشنهاد می شود در تحقیقات آتی از مواد ضایعاتی کارخانجات صنعتی و کشاورزی برای بررسی نقش آنها در کاهش تبخیر از سطوح آبی استفاده شود. همچنین انجام آزمایشات در استخرهای کوچک نیز پیشنهاد می گردد.

Reference:

Afkhami, H., Malekinezhad, H., Esmailzadeh E., & Aziziyan A. (2017). Designing and construction of foamthalate physical coverage using polymeric waste for evaporation reduction from acidic effluents. Journal of Environment and Water Engineering, 1(3), 54-65.[in Persian]

Abedi Kopaei, J., Mazaheri, A., Serafrazi, R., Gershasbi, D., & Eshaghi, Gh. (2014). Reducing evaporation from farm water storage tanks as a scientific solution to preserve water resources in arid and semi-arid areas of Iran. First National Congress of Irrigation and Drainage of Iran, Ferdowsi University of Mashhad. [in Persian]

Afkhami, H., Ekhtesasi, M., & Esmailzadeh, E. (2019). Evaluating the performance of Unoconcrete floating cover to reduce evaporation from open water resources. Iranian Journal of Watershed Management Science, 13(44), 48-51. http://doi: jwmsei.ir/article-1-695-fa.html. [in Persian]

Afkhami, H., Malekinezhad, H., & Esmailzadeh, E. (2018). Effect of floating balls on evaporation reduction from open water resources (case study: Tailing dam of Sarcheshmeh copper mine) Kerman. Arid Biome Scientific and Research Journal, 8(1), 59-73. http://doi: dx.doi.org/10.29252/aridbiom.8.1.59. [in Persian]

Abass Dawood, Kh., Lafta Rashid, F., & Hashim, A. (2013). Reduce evaporation losses from water reservoirs. International Journal of Energy and Environmental Research, 1(1), 23-29.

Alam, Sh., & Alshaikh, 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. https://doi.org/10.1016/j.jksues.2012.01.003.

Al-Hassoun, S., Ahmed Mohammed, Th., & Nurdin, J. (2009). Evaporation reduction from impounding reservoirs in arid areas using palm leaves. Journal of Engineering and Applied Sciences, 4, 247-250. http://doi= ieasci.2009.2470250.

Alizadeh, A. (2014). Principles of applied hydrology. 28th edition, Imam Reza University Press. [In Persian]

Barnes, G. T. (1993). Optimum conditions for evaporation control by monolayer. Journal of Hydrology, 145, 165-173. [In Persian]

Craig, I. P. (2005). Loss of storage water due to evaporation A literature review. NCEA Publication, University of Southern Queensland, Australia. 1-75.

Ghazvinian, H. R. (2020). Field study of the effect of different physical coatings on reducing evaporation from the surface of water reservoirs. [Master Thesis, Faculty of Civil Engineering, Semnan University]. [In Persian]

Elsebaie, E. H., Fouli, H., & 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. https://doi.org/10.1007/s12205-017-0539-4.

Emadi, A., Zamanzad ghavidel, S., Fazeli, S., Zareie, S., & Rashid-Niaghi, A. (2022). Modeling of monthly evaporation using single and hybrid-wavelet data- driven methods in basins of Iran with climate variety. Iranian Journal of Irrigation and Water Engineering, 12(48), 354-373. [in Persian]

Ejlali, F. 2004. Climates and weather Explained. Payame Noor Publication.University, 306p.

Farzin, S., Hajiabadi, R., Ahmadi, M. H. (2017). Application of chaos theory and artificial neural networks to evaluate evaporation from lakes water surface. Journal of Water and Soil, 30(1), 61-74.

Irmak, S., Haman, D.Z., & Jones, J. W. (2002). Evaluation of Class A pan coefficients for estimating reference evapotranspiration in humid location. Journal of Irrigation and Drainage Engineering, 128(3), 153-159. https://doi.org/10.1061/(ASCE)0733.

Hashemi Garmdare, S. A., & Islamian, S. (2014). Use of coating materials to reduce evaporation from open water surface. The second national conference on watershed management and water and soil resources management, Bahner Kerman University.

Khan, M. A., & Issac, V. C. (1990). Evaporation reduction in stock tanks for increasing water supplies. Journal of Hydrology, 119(1-4), 21-29. https://doi.org/10.1016/0022-1694(90)90031-R.

Kamyabi, S., Mesgariyan, H. 2013. Evaluation of the effect of climate on architecture in different urban areas in Semnan province. The Second International Congress of Structure, Architecture and Urban Development.

Manousou, D., Gardelis, S., Calamiotou, M., & Syskarkis, E. (2021). VO_2 thin films fabricated by reduction of thermal evaporated V_2O_5 under N_2 flow. Materials Letters, 299, 1-4. https://doi.org/10.1016/j.matlet.2021.130086.

Mazaheri, E., & Abdei Koupai, J. (2017). Reduction of evaporation from water reservoirs using floating covers in isfahan. Journal of Water and Soil Research in Iran, 49(3), 597-605.doi:10.22059/ijswr.2017.233481.667681. [in Persian]

Moradimazraeno, h. R., Talebi, M. p., & Hassanzadeh, M. (2013). Evaluation of reduction of evaporation from agricultural water storage ponds using unilith cover (case study: Aqda region). The first National Conference on the Application of Modern Science and Technology in Agriculture and Natural Resources. [In Persian]

Martinez Alvarez, V., Bille, A., Molina Martinez, J. M., & Gonzalez Real M. M. (2006). Effects black polyethylene shade covers on the evaporation rate of agricultural reservoirs. Spanish Journal of Agricultural Research, 4(4), 280-288. doi:10.5424/sjar/2006044-205.

Martinez-Grandos, D., Maestre–Valero, J. F., Calatrava, J., & Martinez-Alvarez, V. (2011). The economic impact of water evaporation losses from water reservoirs in the Segura Basin SE Spain. Journal of Water Resources Management, 25, 3153-3175.

Piri, M., Hesam, M., Dehghani, A. A., & Meftah H. (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), 141-154. [in Persian]

Ranjbar, E., Mahdovian, A., & Maknoun, R. (2013). Investigating the possibility of using perlite light concrete floating plates to reduce the evaporation of reservoirs of dams. The First International Conference and the 3rd on Dams and Hydropower Plants, Tehran. [in Persian]

Shalaby, M. M., Nassar, I. N., & Abdalla, A. M. (2021). Evaporation suppression from open water surface using various floating covers with consideration of water ecology. Journal of Hydrology, 598, 126482. doi:10.1016/j.jhydrol.2021.126482.

Soltani, Z., Khani, A., Mahanpour, K., & Marjani, A. (2020). Reducing Evaporation of standing waters by fresh and Non-Living duckweed covering. Journal of Water and Wastewater, 31(3), 43-50 Doi:org/10.22093/wwj.2019.169339.2834. [in Persian]

Safari, S., Abbasi, A., & Hafizi Moghadis, N. (2019). Technical and economic evaluation of using natural aggregates to reduce water evaporation. 12th National Congress of Civil Engineering, Sahand University of Technology, Tabriz. [in Persian]

Simon, K., Shanbhag, R., & Slocum A. H. (2015). Reducing evaporation water losses from irrigation ponds through the reuse of polyethylene terephthalate bottles. Journal of Irrigation and Drainage Engineering, 142(2), 06015005. https://doi.org/10.1061/(ASCE)IR.1943.

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.

یادداشت ها

[1] *Khan and Issac*
[2] *Martinz Grandos*
[3] *Hassoun*
[4] *Al-Hassoun*
[5] *Elsebaie*
[6] *Martinez Alvarez*
[7] *Alam*
[8] *Abass Dawood*
[9] *Simon*
[10] *Elsebaie*
[11] *Shalby*
[12] *Simon*
[13] *Martinez*