2023, Vol.9, No.4, Pages 89 to 96
Journal of Water and Sustainable Development

سال نهم، شماره ٤، ١٤٠١، صفحات ٨٩ تا ٩٦
نشریه آب و توسعه پایدار

Article Type: Technical paper

نوع مقاله: فنی و ترویجی

Investigating the Effect of Absorbent Parameters, Electrical Conductivity, and Water Depth in Solar Water Extraction Tanks (Distillers) for Distillation Irrigation in Greenhouse

Z. Hamid[1], S. Boroomand Nasab[2], A. Soltani Mohammadi[3*]

1, 2, 3 - MSc Student, Professor and Associate Professor, Faculty of Water and Environmental Engineering, Shahid Chamran University of Ahvaz, Ahvaz, Iran.

*(Corresponding Author Email: a.soltani@scu.ac.ir)

Received: 02-05-2022 Revised: 27-09-2022
Accepted: 05-11-2022 Available Online: 11-03-2022

بررسی اثر پارامترهای جاذب، هدایت الکتریکی و عمق آب در مخازن استحصال آب (تقطیرگر) خورشیدی به منظور آبیاری تقطیری در گلخانه

زینب حمید[1]، سعید برومند نسب[2]، امیر سلطانی محمدی[3*]

۱، ۲ و ۳- به ترتیب دانشجوی کارشناسی‌ارشد آبیاری و زهکشی، استاد و دانشیار، دانشکده مهندسی آب و محیط زیست، دانشگاه شهید چمران اهواز، ایران.

*(نویسنده مسئول، E-Mail: a.soltani@scu.ac.ir)

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۰۲/۱۲ تاریخ بازنگری: ۱۴۰۱/۰۷/۰۵
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۰۸/۱٤ تاریخ انتشار: ۱۴۰۱/۱۲/۲۰

Abstract

One of the effective methods in the development of water desalination is the use of solar energy, which uses the main principles of water evaporation and distillation. Brine water enters the pan of the machine, and is then heated and evaporated by sunlight, additives and even some microbes that are separated from the water molecules during evaporation and remain in the pan. The production of pure water and no need for conventional energy sources are the advantages of this method. In this research, the effect of polyethylene absorbents with a thickness of one centimeter, and black glass on the bottom of the tanks; The depth and electrical conductivity of water were evaluated based on the volume changes of distilled water. For this purpose, in August 2018, in the Faculty of Water and Environmental Engineering of Shahid Chamran University of Ahvaz, four solar still tanks were installed in two directions, north-south and south-north, on the roof of the distillery irrigation greenhouse. Experiments were conducted in three weeks with four treatments. (1- Tanks without polyethylene absorbent, and the water depth in them is two centimeters; 2- Tanks with polyethylene absorbent, and the water depth in them is two centimeters; 3- Tanks containing polyethylene absorbent and the water depth in them is two and four centimeters, north to south; each repetition in one week) the electrical conductivity in the tanks was 10 and 20 dS/m. The results showed that in north-south reservoirs, increasing the depth of saline water from 2 to 4 cm increased the amount of water production by 65%; Also, in this direction, tanks containing water with higher electrical conductivity caused an increase in the amount of distilled water production up to 5%, in the south-north tanks in the first week of measurement, the amount of production in a tank with electrical conductivity of 10 dS/m (tank number two) It was more than 2 liters. Finally, due to the stability of other factors involved, the difference in the total volume of produced water between the presence and absence of polyethylene absorbent in the North-South reservoirs is 22%, and for the South-North reservoirs, this difference reached 84%. The optimal conditions for water production were the presence of polyethylene absorbent, and greater water depth.

Keywords: Distillation Irrigation, Solar Energy, Water Extraction, Polyethylene Absorbent.

چکیده

از روش‌های مؤثر در توسعه آب‌شیرین‌کن‌ها، استفاده از انرژی خورشیدی است که از قواعد اصلی تبخیر و تقطیر آب استفاده می‌کنند. آب‌شور وارد تشتک دستگاه می‌شود و سپس توسط تابش نور خورشید گرم و تبخیرشده، مواد اضافه و حتی برخی از میکروب‌ها، حین تبخیر از مولکول‌های آب جداشده و در تشتک باقی می‌مانند. تولید آب خالص وعدم نیاز به منابع انرژی متداول از مزایای این روش است. در این تحقیق اثر جاذب‌های پلی‌اتیلن با ضخامت یک سانتی‌متر و شیشه سیاه‌رنگ کف مخازن؛ عمق و هدایت الکتریکی آب، بر تغییرات حجم آب تقطیری ارزیابی شد. بدین منظور در مرداد ماه سال ۱۳۹۸در دانشکده مهندسی آب و محیط‌زیست دانشگاه شهید چمران اهواز، چهار مخزن تقطیرگر خورشیدی، در دو جهت شمالی- جنوبی و جنوبی- شمالی بر بام گلخانه آبیاری تقطیری نصب شدند. آزمایش‌ها در مدت سه هفته، با چهار تیمار بررسی شدند (۱- مخازن بدون جاذب پلی‌اتیلن و عمق آب در آن‌ها دو سانتی‌متر ؛ ۲- مخازن با جاذب پلی‌اتیلن و عمق آب در آن‌ها دو سانتی‌متر؛ ۳- مخازن حاوی جاذب پلی‌اتیلن و عمق آب در آن‌ها دو و چهار سانتی‌متر، در جهت شمالی- جنوبی؛ هر تکرار در یک هفته). هدایت الکتریکی در مخازن، ۱۰ و ۲۰ dS/m بود. نتایج نشان داد در مخازن جهت شمالی- جنوبی، افزایش عمق آب شور از ۲ به ۴ سانتی‌متر، سبب افزایش میزان تولید آب تا ۶۵٪ شد؛ همچنین در این جهت مخازن حاوی آب با هدایت الکتریکی بیشتر، سبب افزایش در میزان تولید آب تقطیری تا ۵٪ شدند، در مخازن جنوبی- شمالی در هفته اول اندازه‌گیری، میزان تولید در مخزنی با هدایت الکتریکی dS/m ۱۰(مخزن شماره دو) تا ۲ لیتر بیشتر بود. درنهایت با توجه به ثابت بودن سایر عوامل دخیل، اختلاف حجم کل آب تولیدی بین دو حالت وجود و عدم وجود جاذب پلی‌اتیلن در مخازن شمالی- جنوبی، ۲۲٪ به‌دست‌آمد و برای مخازن جنوبی- شمالی، این اختلاف به ۸۴٪ رسید. شرایط بهینه برای تولید آب، وجود جاذب پلی اتیلن و عمق آب بیشتر بود.

واژه‌های کلیدی: آبیاری تقطیری، انرژی خورشیدی، استحصال آب، جاذب پلی‌اتیلن.

HomePage: https://jwsd.um.ac.ir

How to cite this article: Hamid Z., Boroomand Nasab S. and Soltani Mohammadi A. 2023. Investigating the Effect of Absorbent Parameters, Electrical Conductivity, and Water Depth in Solar Water Extraction Tanks (Distillers) for Distillation Irrigation in Greenhouse. Journal of Water and Sustainable Development, 9(4): 89-96. doi: http://dx.doi.org/10.22067/jwsd.v9i4.2205.1141

مقدمه

با شروع انقلاب سبز[1] در سال ۱۹۶۰، استفاده وسیع از کود، توسعه آبیاری و معرفی محصولات با عملکرد بیشتر، قحطی جهانی را در سال‌های اخیر رفع کرد. از طرفی، پیش‌بینی می‌شود با توجه به افزایش جمعیت و محدودیت منابع آب در سال ۲۰۲۵، بسیاری از کشورها با کمبود آب مواجه باشند و رقابت برای آب شیرین افزایش یابد (یوسفی و برومندنسب، ۱۳۹۴). استفاده از آب‌های باکیفیت پایین‌تر، از قبیل آب‌شور و یا لب‌شور و یا هرزآب‌ها در آبیاری، باعث کاهش شدید عملکرد محصول و عوارض دیگر در خاک خواهد شد. بنابراین، یک راه مناسب برای تولید آب شیرین، استفاده از آب‌شور و نمک‌زدایی آن است. یکی از راهکارهای پیش‌رو استفاده مجدد از آب‌های شور و لب‌شور است تا علاوه بر کاهش میزان پساب، آب حاصل شده در بخش کشاورزی و شرب نیز استفاده گردد. در این میان انرژی خورشید، با توجه به اینکه انرژی کاملاً پاك و عاری از هرگونه آلودگی بوده و به‌عنوان منبع انرژی کاملاً ارزان شناخته‌شده است، اهمیت بیشتری پیدا می‌کند.

آب‌شیرین‌کن‌های خورشیدی از قواعد اصلی تبخیر و تقطیر آب استفاده می‌کنند. آب‌شور و غیرقابل آشامیدن، وارد تشتک دستگاه می‌شود و سپس توسط تابش نور خورشید گرم و تبخیر می‌شود. مواد اضافه و حتی برخی از میکروب‌ها، حین تبخیر از مولکول‌های آب جداشده و در تشتک باقی می‌مانند. به‌عبارت‌دیگر، مولکول‌های آب عاری از آلودگی به‌صورت بخار، رو به بالا حرکت می‌کنند. ازآنجاکه این سیستم توسط شیشه، پلاستیک یا غیره بسته‌شده است، بخارآب، راهی به بیرون از سیستم ندارد و روی سطح سرپوش تقطیر می‌شود. سرپوش مذکور شیب‌دار است و با شیب خود، قطرات آب حاصل از تقطیر را به سمت خروجی سیستم هدایت می‌کند. برای جذب حداکثر انرژی خورشید و کاهش اتلاف حرارتی در آب‌شیرین‌کن‌های خورشیدی باید نکات زیر را مدنظر داشت: ۱- سرپوش پلاستیکی یا شیشه‌ای آب‌شیرین‌کن باید نور خورشید را به‌خوبی عبور دهد. ۲- از تشکیل بلورهای نمک در دستگاه باید جلوگیری شود. ۳- فاصله بین آب‌های تشتک و سرپوش آب‌شیرین‌کن باید به حداقل برسد. ۴- تشتک آب‌شور باید تیره‌رنگ باشد تا انرژی خورشید را بهتر جذب کند. ۵- آب‌شیرین‌کن نباید با فضای خارج ارتباط داشته باشد و محیط آن باید کاملاً بسته باشد. آبیاری تقطیری[2] (DI) از روش‌های آبیاری است که برای آبیاری گیاهان با استفاده از آب‌های شور و نامتعارف ارائه‌شده است. این روش با استفاده از ترکیب تقطیر خورشیدی و آبیاری قطره‌ای بر آن است که هم‌زمان آب را نمک‌زدایی کرده و آن‌ها را با ردیف‌های گیاهی مورد استفاده قرار دهد. در این روش از یک ابزار ساده که عمدتاً از ورقه‌های پلاستیکی است، استفاده می‌شود. در آبیاری تقطیری، گیاهان بافاصله بسیار زیادی از هم کشت می‌شوند و در بین آن‌ها جویچه‌های تبخیری قرار می‌گیرد. در جویچه‌ها به‌منظور جذب بیشتر انرژی خورشیدی، کف آن‌ها با پلاستیک سیاه‌رنگ پوشش داده می‌شود. از مطالعات پیشین می‌توان به طور کلی به نتایج زیر پی برد:

- عمق آب‌شور موجود در سیستم‌های تقطیرگر باید به حداقل ممکن برسد تا حرارت دریافتی از خورشید، سریعاً آب‌شور را به دمای بالا با نرخ تبخیر بالاتر برساند.
- علاوه بر پارامترهای اقلیمی و فیزیک سیستم‌های تقطیرگر خورشیدی، حضور جاذب در کف مخزن نیز ازجمله عوامل مؤثر در تغییر و افزایش میزان آب تقطیری است.
- در مطالعات پیشین با افزایش میزان هدایت الکتریکی آب؛ میزان تولید نیز کاهش می‌یافت (Akash و همکاران، ۲۰۰۰).

در مناطقی همانند خوزستان به دلیل پتانسیل بالای انرژی خورشیدی، می‌توان از آن برای استحصال آب شیرین از آب‌های نامتعارف استفاده کرد. آب‌های نامتعارف می‌تواند شامل زه‌آب‌ها، پساب‌های فاضلاب و یا حتی آب‌های شور و هر نوع آبی که برای استفاده معینی، نامناسب است، باشد. برای جذب حداکثر انرژی خورشید و کاهش اتلاف حرارتی در آب‌شیرین‌کن‌های خورشیدی، باید نکاتی ازجمله این که سرپوش پلاستیکی یا شیشه‌ای آب‌شیرین‌کن باید نور خورشید را به‌خوبی عبور دهد؛ از تشکیل بلورهای نمک در دستگاه باید جلوگیری شود؛ فاصله بین آب‌های تشتک و سرپوش آب‌شیرین‌کن باید به حداقل برسد؛ تشتک آب‌شور باید تیره‌رنگ باشد تا انرژی خورشید را بهتر جذب کند؛ و آب‌شیرین‌کن نباید با فضای خارج ارتباط داشته باشد و محیط آن باید کاملاً بسته باشد؛ را در نظر داشت (بهزادمهر و همکاران، ۱۳۹۶).

آب بهداشتی حاصل از تقطیر تولیدشده توسط آب‌شیرین‌کن‌ها، دارای مزه نیست؛ اما آب مقطر حاصل از دستگاه‌های دیگر، ازآنجاکه حاصل از جوشش می‌باشند، چنین نیستند. پدیده جوشش آب، باعث کاهش pH آب می‌شود. آب‌شیرین‌کن خورشیدی از تبخیر و تقطیر طبیعی استفاده می‌کند، همان پدیده‌ای که موجب باران می‌گردد؛ لذا تغییر pH در آب استحصالی آن‌ها رخ نمی‌دهد و آب تولیدی برای آشامیدن و پخت غذا بسیار مناسب است. دستگاه‌های آب‌شیرین‌کن خورشیدی، بلافاصله بعد از نصب، قابل بهره‌برداری هستند و موادی نظیر نمک‌ها، عوامل بیماری‌زا، میکرو ارگانیزم‌ها و... را از آب حذف می‌نمایند (بهزادمهر و همکاران، ۱۳۹۶). طراحی و اندازه ابعاد یک تقطیرگر خورشیدی به آب شیرین موردنیاز، بستگی دارد. برای تولید مقدار زیاد آب شیرین، تقطیرگرهای خورشیدی می‌توانند به‌صورت ترکیب سری و یا موازی به یکدیگر به‌صورت مناسب متصل شوند.

تاکنون اثر پارامترهای اقلیمی و خصوصیات فیزیکی مخازن بر میزان آب استحصال یافته، بررسی شده است. Akash و همکاران (۱۹۹۸)، آزمایش‌هایی روی جاذب‌های مختلف برای استحصال بیشتر آب انجام دادند. نتایج نشان داد که بهره‌وری آب مقطر ۳۸ درصد در هنگام استفاده از جاذب مایع لاستیک سیاه، ۴۵ درصد برای جوهرسیاه و ۶۰ درصد برای جذب رنگ سیاه افزایش‌یافته است (Akash و همکاران، ۱۹۹۸). Akash و همکاران (۲۰۰۰)، در اردن با استفاده از سیستم خورشیدی با زاویه‌های مختلف شیب سقف تقطیرگر شامل ۱۵، ۲۵، ۳۵، ۴۵ و ۵۵ درجه، تحقیقی انجام دادند. زاویه شیب بهینه برای تولید آب در ماه May، ۳۵ درجه بود. به‌منظور بررسی تأثیر هدایت الکتریکی در میزان تولید آب، در مخازن از آب‌شور استفاده شد؛ تولید آب مقطر با افزایش هدایت الکتریکی کاهش یافت، تأثیر عمق آب نیز موردبررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد با افزایش عمق آب، میزان تولید آب در یک رابطهٔ تا حدودی خطی، کاهش‌یافته است. Tiwari و Tiwari (۲۰۰۶)، در تحقیقی، تلاش کرده‌اند تا اثر عمق آب بر ضریب انتقال جرم تبخیر شده برای یک سیستم تقطیر خورشیدی تک‌شیب را در شرایط آب‌وهوایی تابستانی بررسی کنند. آزمایش‌ها در یک شیب جنوبی، با ۳۰ درجه شیب پوشش چگالشی در شرایط آب‌وهوایی تابستانی به مدت ۲۴ ساعت در پنج روز مختلف و برای پنج عمق مختلف آب از ۴ تا ۱۸ سانتی‌متر انجام‌شده است. هدف تحقیق، بررسی تغییرات رفتاری در ضرایب انتقال حرارت داخلی با توجه به عمق آب در سیستم تقطیر خورشیدی بود و نتیجه گرفته شد که ضرایب انتقال گرما به عمق آب بستگی دارد. همچنین مشاهده شد، که تقطیر شبانه در مورد اعماق آب بالاتر به دلیل کاهش دمای محیط و انرژی ذخیره‌شده در داخل، قابل‌توجه است (Anil Kr. Tiwari و G.N. Tiwari، ۲۰۰۶). Hansen و همکاران، مدل‌سازی و تجزیه‌وتحلیل سامانه تقطیرگر خورشیدی را با مواد مختلف فیبر، روی پنل‌های مختلف موردمطالعه قراردادند. بر اساس تجزیه‌وتحلیل آن‌ها، جاذب پشم گوسفندمرجانی، تولید آب بیشتری دارد که حداکثر تولید آب ۴/۲۸ لیتر در روز بوده است (Hansen و همکاران، ۲۰۱۵). Abhay و همکاران، آزمایش‌ها را در اعماق دو تا ده سانتی‌متری انجام دادند و به عنوان جاذب برای جذب نور خورشید، کف مخازن آب‌شور را سیاه و سفید کردند. نتایج نشان داد که دمای آب موجود در مخازن آب‌شور با افزایش عمق کاهش می‌یابد؛ با افزایش عمق میزان استحصال آب کم می‌شود؛ میزان آب تولیدی شبانه با افزایش عمق آب مخزن، افزایش می‌یابد. مقادیر نظری و تجربی درصد خروجی تقطیر تجمعی شبانه در عمق ده سانتی‌متری به ترتیب ۸۶ و ۷۵ درصد بالاتر از عمق آب دو سانتی‌متر است؛ کارایی روزانه با افزایش عمق کاهش می‌یابد و عمق بهینه دو سانتی‌متر است (Abhay و همکاران، ۲۰۱۶).

به دلیل فراوان بودن انرژی خورشیدی و آب‌های سطحی شور و لب‌شور فراوان و باکیفیت پایین در خوزستان؛ در این تحقیق، استفاده از انرژی خورشیدی با هدف نمک زدایی و استحصال آب شیرین بررسی می‌شود. ضمناً استحصال آب با مخازن آب شیرین کن خورشیدی به منظور آبیاری تقطیری در محیط گلخانه در شرایط آب‌وهوایی شهر اهواز، در چهار مخزن مختلف در شرایط متفاوت مورد مقایسه قرار گرفت تا شرایط بهینه (تولید آب بیشتر) را پیشنهاد دهد.

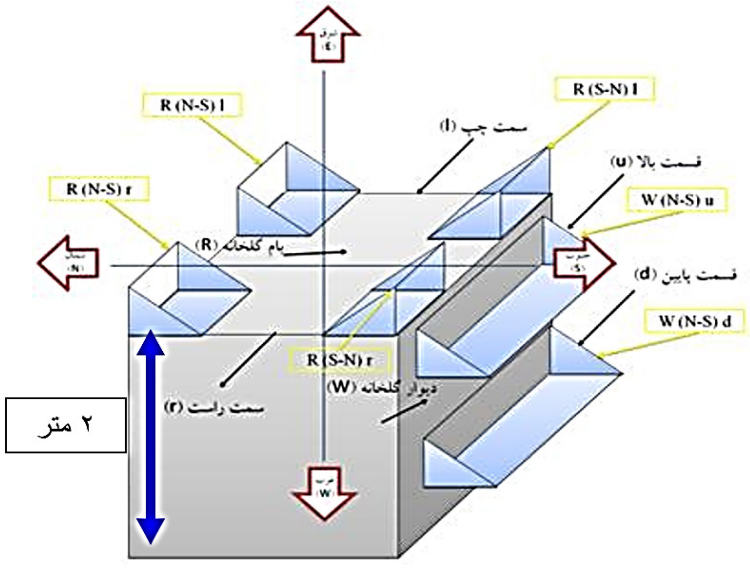
مواد و روش‌ها

پژوهش حاضر با هدف بررسی تأثیر جاذب پلی‌اتیلن با ضخامت یک سانتی‌متر؛ شیشه سیاه‌رنگ کف مخازن به عنوان جاذب؛ تأثیر عمق و هدایت الکتریکی آب در مخازن بر میزان تولید آب شیرین به روش تقطیری، در سال ۱۳۹۸ در دانشکده مهندسی آب و محیط‌زیست دانشگاه شهید چمران اهواز انجام شد. بدین منظور چهار مخزن گوه‌ای شکل با سقف‌های شیب‌دار به‌عنوان سیستم تقطیرگر که بر پشت‌بام گلخانه تحقیقاتی نصب شده بود، استفاده شدند. گلخانه دارای مساحت ۱۶ مترمربع و ارتفاع ۲ متر از سطح بستر است. جهت پوشش بام در فضای بین مخازن، ورق پلی کربنات سدیم کارگذاری شده است، که با توجه به انعطاف‌پذیری این ورق‌ها، دسترسی به مخازن تقطیرگر، اندازه‌گیری‌ها و نیز استحصال آب، سهل‌تر می‌شود. سیستم آب‌شیرین‌کن، شامل چهار مخزن تقطیرگر واقع بر پشت‌بام گلخانه است که شکل (۱)، نمایی از آن را نشان می‌دهد. طول و عرض کف مخازن آب‌شور معادل یک متر و ارتفاع حدود ۱/۲ متر در نظر گرفته‌شده است و پوشش سقف آن‌ها نیز با زاویه ۳۷ درجه، نصب‌شده است. جهت شیب سقف مخازن شمارهٔ یک و سه به‌صورت شمالی- جنوبی است و مخزن‌های شمارهٔ دو و چهار نیز با شیب سقف جنوبی- شمالی، ساخته‌شده است. به‌منظور سهولت فرآیند داده‌برداری و بررسی نتایج، مخازن چهارگانه شماره‌گذاری شده که نحوه چیدمان مخازن در شکل‌های (۱) و (۲) ارائه شده است.

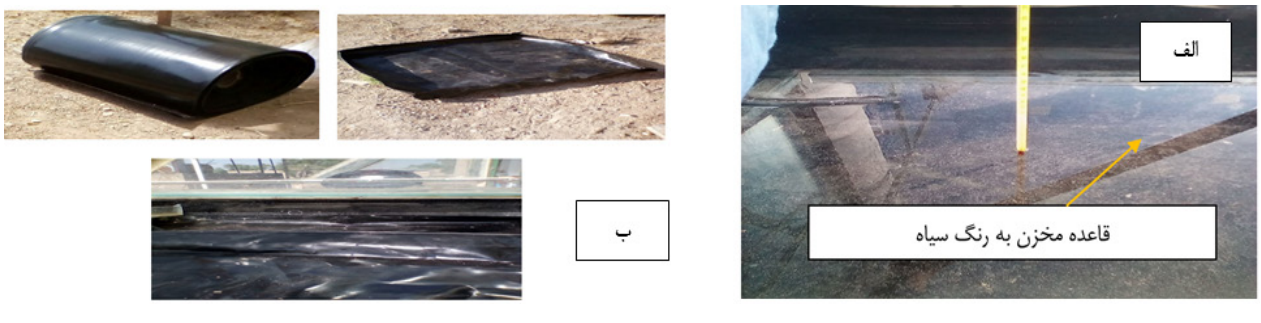
قابل ذکر است، که هر مخزن از یک مکعب مستطیل در قاعده مخزن و یک هرم با وجه جانبی به شکل مثلث قائم‌الزاویه (شکل ۲)، ساخته شده است. به‌منظور افزایش جذب انرژی تابشی خورشید، در وجوه مکعب از شیشه‌های سیاه‌رنگ استفاده‌شده و شیشه‌های وجوه هرم نیز بی‌رنگ است. از توصیه‌های مطالعات قبلی در جهت افزایش تولید آب شیرین، استفاده از جاذب در کف مخزن به‌منظور افزایش جذب انرژی خورشیدی است. در مطالعه حاضر نیز برای کف مخازن دو نوع جاذب در دو دوره استفاده شد و در زمینهٔ تولید آب برای هرکدام از جاذب‌ها بررسی

ها انجام شد. جاذب‌ها شامل، جاذب پلی‌اتیلن با ضخامت یک سانتی‌متر و استفاده از رنگ سیاه، برای شیشه کف مخزن (قاعده مخزن) که محل قرارگیری آب است، به‌منظور جذب بیشتر انرژی خورشیدی، استفاده و بررسی کردند (شکل ۳).

شکل ۱- نمایی از دستگاه تقطیرگر خورشیدی (مخازن آب‌شور)



شکل ۲- شماتیک مکان و جهت قرارگیری تقطیرگرهای خورشیدی گلخانه تقطیری بر روی بام و دیواره جنوبی گلخانه



شکل ۳- نمایی از جاذب‌های استفاده‌شده (الف) استفاده از رنگ سیاه؛ (ب) استفاده از جاذب پلی‌اتیلن

تهیه آب‌شور با حجم لازم و هدایت الکتریکی مشخص از دیگر نکات مهم اجرای آزمایش به شمار می‌رود. ازآنجاکه شوری آب‌ها، محدودهٔ تغییرات قابل‌توجهی دارد، مطالعهٔ حاضر در نظر داشته تا میزان حداکثر و حد واسط شوری را لحاظ نماید. ازاین‌رو آزمایش‌ها با دو شوری ۱۰ و ۲۰ دسی زیمنس بر متر انجام‌شده است. به‌منظور تأمین حجم لازم آب‌شور و عمق موردنیاز در کف مخازن، محلول حاصل ترکیب و در ظرف‌هایی به ظرفیت معین که حاوی آب شهری بود، نمک تصفیه اضافه شد و هدایت الکتریکی محلول حاصل تا رسیدن به هدایت الکتریکی موردنظر، با استفاده از دستگاه هدایت‌سنج اندازه‌گیری شد.

دریچهٔ تعبیه‌شده روی وجوه مثلثی مخازن، امکان افزودن آب‌شور به مخزن و رساندن عمق آب به ارتفاع موردنیاز را فراهم می‌نمود (شکل ۱). سقف مخزن، نقش صفحه تقطیر را ایفا می‌کند. آب شیرین تولیدشده به‌صورت روزانه در ساعت مشخصی استحصال می‌شد. این آب درون کانال‌های جمع‌آوری آب تولیدی که درون مخزن قرار داشت، به سمت شیر خروجی مخزن هدایت می‌شد. حجم آب تولیدی با بازنمودن شیر برداشت، با استفاده از ظروف مدرج اندازه‌گیری می‌شد. شوری آب تولیدی به روش تقطیری نیز به کمک دستگاه هدایت سنج انجام می‌گرفت.

ذکر این نکته لازم است که تزریق آب‌شور به مخازن، ساعت ۸ صبح انجام می‌گرفت. طی روز به دلیل تأثیر عوامل اقلیمی و محیطی از قبیل دما، تابش خورشید، سرعت باد و رطوبت، تبخیر روی می‌دهد؛ پس از ۲۴ ساعت، عمق قرائت می‌شد. در این مدت، سطح آب‌شور درون مخزن به دلیل تبخیر کاهش می‌یابد؛ بنابراین میزان آب‌شور کسر شده تا رسیدن عمق آب کف مخزن به مقدار ارتفاع موردنظر اضافه می‌شد. آب استحصال‌شده در ساعت ۹ صبح که تقطیر در آن زمان به حداکثر مقدار خود رسیده و بعدازآن زمان به دلیل افزایش دما، میزان تبخیر از تقطیر بیشتر می‌شود، اندازه‌گیری شد.

آزمایش‌ها طی سه هفته انجام شد. در هفته اول جاذب پلی‌اتیلن در کف مخازن قرار داده شد و باوجود جاذب، میزان آب تولیدی در چهار مخزن بررسی شد؛ در هفته دوم کف مخازن به رنگ سیاه درآمدند و میزان استحصال آب از مخازن اندازه‌گیری شد. در دو هفته اول، در همه دستگاه‌های تقطیر خورشیدی (مخازن) شرایط به این‌گونه بود که عمق آب‌شور موجود در مخازن ۲ سانتی‌متر بوده است، مخازن شماره یک و دو حاوی آب با هدایت الکتریکی ۱۰ dS/m بودند و مخازن شماره سه و چهار حاوی هدایت الکتریکی ۲۰ dS/m بودند. با انجام بررسی‌ها و برآورد بهترین جاذب و مخزن در زمینهٔ تولید آب، در هفته سوم، عمق آب بررسی شد. برای بررسی عمق آب، با توجه به بررسی‌های دو هفتهٔ اول، بهترین جهت، شوری و جاذب برای تولید بیشتر آب شیرین، انتخاب شدند؛ در هفته سوم اندازه‌گیری در مخازن شماره یک و سه که در بهترین جهت قرار داشتند، به‌منظور تعیین عمق بهینه برای تولید بیشتر آب شیرین با شرایط زیر بررسی شدند.

هدف از به‌کارگیری دو عمق مختلف، برآورد عمق بهینه در مخازن برای تولید بیشتر آب شیرین بود. مخازن شماره یک و سه تفاوت زیادی ازلحاظ رطوبت، دمای آب، دمای شیشه‌ها و برداشت آب و... باهم نداشتند، بنابراین برای رسیدن به نتایج مطلوب این مخازن با دو عمق مختلف برای ارائه نتایج استفاده شدند. مابقی شرایط اعمالی، بهترین شرایط برداشت‌شده از آزمایش‌های دو هفته قبل بود. عمق آب‌شور استفاده شده در مخزن شماره یک، دو سانتی‌متر و در مخزن شماره سه چهار سانتی‌متر بود. هدایت الکتریکی استفاده‌شده در مخازن ۲۰ dS/m و کف مخازن، جاذب پلی‌اتیلن باضخامت یک سانتی‌متر قرار گرفت.

ازآنجاکه پارامترهای اقلیمی محیط مخزن نیز بر فرآیند تبخیر اثرگذار است، اطلاعات متوسط روزانه دمای هوا، درصد رطوبت هوا و سرعت باد، در روزهای انجام آزمایش‌ها جمع‌آوری گردید. مقایسه میزان آب تولیدشده ناشی از عملکرد تقطیرگرهای خورشیدی در شرایط وجود و عدم وجود جاذب پلی‌اتیلن، عمق و شوری آب بکار رفته، برمبنای محاسبه درصد اختلاف حجم آب تولیدی صورت گرفته است. بدین منظور، حجم آب تولیدی هر مخزن در هر تیمار اندازه‌گیری شد. سپس حجم کل آب استحصالی از چهار مخزن در هر تیمار بدست آمد و بعد درصد اختلاف این مقادیر اندازه‌گیری شد. لازم به ذکر است که آزمایش‌ها در فصل تابستان و در ماه مرداد انجام شد.

نتایج و بحث

ازآنجایی‌که عوامل محیطی در هر دورهٔ آزمایش باید یکسان باشند تا بتوان از تأثیر آن‌ها صرف‌نظر کرد و تحلیل‌های موردنظر را انجام داد؛ در ابتدا تغییرات دما و رطوبت نسبی، بارندگی و سرعت باد در هر هفته بررسی و در جدول (۱) ارائه شده است.

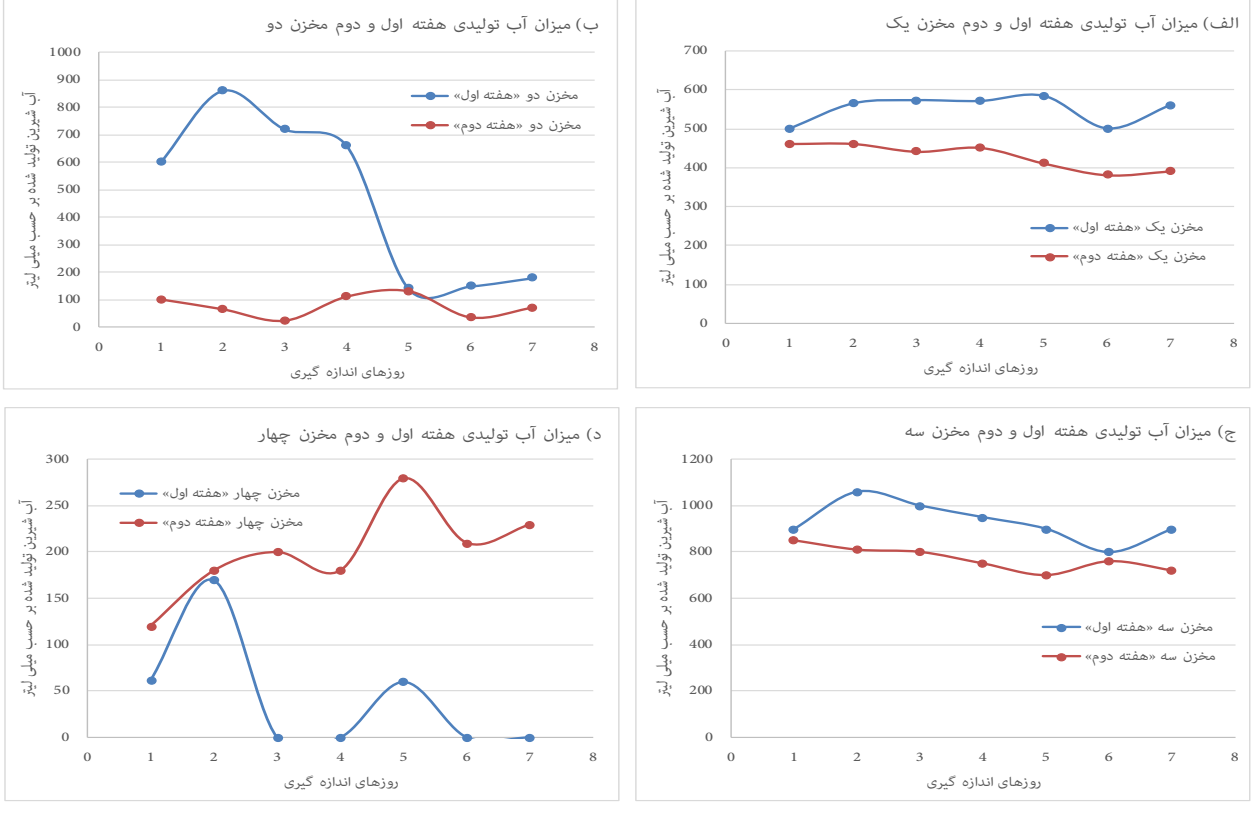
جدول ۱- تغییرات شرایط اقلیمی در هفته اول و دوم

پارامترهای هواشناسی / مقایسه هفته‌ها	دمای متوسط (°C)	متوسط سرعت باد (km/h)	درصد رطوبت متوسط	بارندگی (mm)
هفته اول و هفته دوم	بازه تغییرات (۳۱/۳ تا ۳۵/۶)	بازه تغییرات (۶/۹ تا ۷/۲)	بازه تغییرات (۴۰ تا ۴۱)	عدم بارندگی

در شکل (۴)، مجموع آب تولیدی از مخازن در شرایط ثابت: عمق آب‌شور موجود در مخازن ۲ سانتی‌متر، مخازن شماره یک و دو حاوی آب‌شور با هدایت الکتریکی ۱۰ dS/m و مخازن شماره سه و چهار حاوی هدایت الکتریکی ۲۰ dS/m مورد بررسی قرار گرفتند. شرایط متغیر حاکم بر آزمایش شامل تغییر در نوع جاذب بود که در هفته اول برای جذب بیشتر انرژی خورشیدی، کف مخازن، جاذب پلی‌اتیلن مشکی باضخامت یک سانتی‌متر قرار داشت و در هفته دوم کف مخازن گلخانه، مشکی رنگ شدند. استحصال آب در شرایط ذکرشده مورد بررسی قرار گرفت. در جدول (۲)، درصد اختلاف تولید آب، در هفته اول و دوم مشاهده می‌شود. نتایج نشان داد، وجود جاذب پلی‌اتیلن در کف مخازن، اثر بهتری را در تولید آب می‌گذارد، ولی این نتیجه در مخزن شماره چهار، اثر معکوس داشت. اندازه‌گیری‌ها نشان داد که دما و رطوبت در داخل مخزن شماره چهار نسبت به بقیه مخازن کمتر است. نحوه قرارگیری مخزن شماره ۴، پشت به جهت تابش آفتاب و در اکثر ساعات روز سایه بر آن حاکم بود در نتیجه نسبت به بقیه مخازن، دارای دما و رطوبت کمتری بود. مخزن شماره چهار کمترین تولید را نسبت به بقیه مخازن داشت. در مخزن شماره چهار در اکثر ساعات، قطرات آب حاصل از تبخیر روی سقف سیستم تقطیرگر بودند، ولی به دلیل فاصله زیاد شیشه تقطیرگر تا کانال جمع‌آوری آب شیرین درون سیستم تقطیرگر و همچنین فاصله سطح آزاد آب‌شور درون مخزن تا سقف سیستم تقطیرگر، قطرات آب فرصت به هم پیوستن و سنگین شدن و جمع‌آوری در کانال را نداشته و مجدداً تبخیر می‌شدند؛ زمانی که کف مخزن جاذب پلی‌اتیلن نباشد، دمای آب و رطوبت و دمای مخزن کمتر است، درنتیجه قطرات آب فرصت به هم پیوستن و جمع شدن در کانال رادارند؛ درنتیجه تولید آب شیرین بیشتر می‌گردد. این نتیجه در مخزن شماره چهار که شرایط متفاوت و تفاوت محسوسی در تولید نسبت به مخازن دیگر داشت، استنباط شد.

جدول ۲- درصد اختلاف تولید آب شیرین در هفته اول و دوم

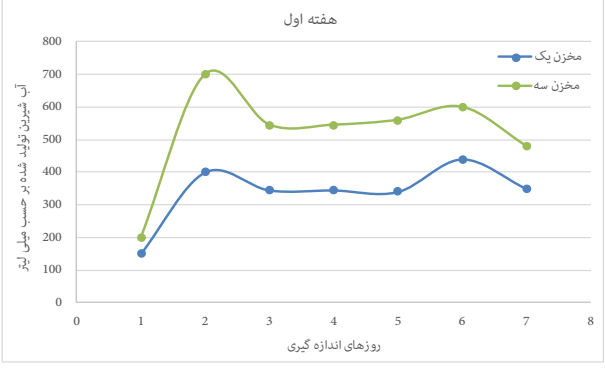
مخازن / هفته‌ها	مخزن شماره یک	مخزن شماره دو	مخزن شماره سه	مخزن شماره چهار
هفته اول و دوم	۲۲/۳	۸۴	۱۷/۲	-۷۹/۲



شکل ۴- میزان آب تولید شده در شرایط وجود جاذب پلی‌اتیلن «هفته اول» و شیشه رنگ‌شده کف مخزن «هفته دوم»؛ (الف)، مخزن شماره یک؛ (ب)، مخزن شماره دو؛ (ج)، مخزن شماره سه؛ (د)، مخزن شماره چهار

• بررسی میزان آب تولیدی در تقطیرگرهای خورشیدی، در اعماق مختلف

با مشاهده شکل (۵)، در همه روزها میزان آب تولیدی در مخزن شماره سه، بیشتر از مخزن شماره یک بود؛ میزان اختلاف در تولید، قابل‌ملاحظه بود. با توجه به ازمایشات طی دو هفته، میزان تولید در مخزن شماره سه ۱۲۶۰ میلی‌لیتر بیشتر از مخزن شماره یک بود. در نتیجه در شرایط اعمال‌شده در مخازن، میزان آب استحصالی در هفته آخر آزمایش نشان داد که زمانی که عمق آب بیشتر باشد، میزان تولید آب نیز بیشتر خواهد بود. در شکل (۵)، مشاهده می‌شود که هر چه عمق آب‌شور کمتر گردد، میزان آب استحصالی هم به‌مراتب کاهش می‌یابد؛ زیرا در این حالت فاصله بین سطح آزاد آب و شیشه تقطیرگر، زیاد است. هر چه این فاصله کمتر شود، قطرات تبخیر شدهٔ آب، مسافت کمتری را طی نموده تا تقطیر شوند، بنابراین میزان آب استحصالی نسبت به زمانی که عمق آب کمتر است، بیشتر می‌شود. افزایش شیب تقطیرگر و فاصله زیاد بین سطح آزاد آب و شیشه تقطیرگر سبب شده قطرات جمع شده بر روی شیشه تقطیرگر (سقف مخازن) انرژی کافی برای انجام عملیات تقطیر و جمع شدن در کانال جمع‌آوری آب شیرین را نداشته باشند، و قبل از انجام این فرایند انرژی لازم برای تبخیر مجدد را از انرژی خورشیدی دریافت کرده و مجدداً تبخیر شده و وارد چرخه تبخیر و تقطیر می‌گردند. درزمانی که انرژی خورشیدی دریافت شده از سیستم افزایش یابد، تقطیر معمولاً رخ نمی‌دهد و در این بازه زمانی عمل تبخیر بیشتر است و زمانی که انرژی خورشیدی دریافتی کمتر شود، تقطیر صورت می‌گیرد. در عمق ۲ سانتی متر با توجه به زیاد بودن فاصله بین سطح آزاد آب و سقف تقطیرگر، انرژی استحصالی قطرات آب برای تقطیر، کم است و درنتیجه عمل تبخیر از تقطیر بیشتر می‌گردد. حال‌آنکه در شرایط عمق ۴ سانتی‌متر، فاصله کم بین سطح آزاد آب و سقف تقطیرگر سبب شده انرژی دریافتی برای انجام تقطیر مناسب بوده و نسبت به فاصله زیاد بین سطح آزاد آب و سقف تقطیرگر، میزان تولید بیشتر گردد. لازم به ذکر است که این افزایش عمق تا بی‌نهایت نبوده و تا سطح مشخصی افزایش عمق سبب تولید بیشتر می‌گردد (Al-Hinai و همکاران، ۲۰۰۲). این نتیجه را می‌توان به مخزن شماره چهار که در جهت جنوبی - شمالی قرار دارد، تعمیم داد و دلیل تولید کم این مخزن را توجیه کرد. همچنین می‌توان این نتیجه را گرفت که اثر عمق در مخازن جنوبی - شمالی، اثر بیشتری نسبت به مخازن شمالی - جنوبی داشته است.



شکل ۵- میزان آب تولیدی در عمق‌های دو سانتی‌متر (مخزن یک) و چهار سانتی‌متر (مخزن سه) آب

در جدول (۳) مقایسه اثر پارامترهای بررسی‌شده با تحقیقات گذشته مشاهده می‌شود.

جدول ۳- مقایسه اثر پارامترهای بررسی‌شده با تحقیقات گذشته

محققین	سال بررسی	نوع پارامتر بررسی شده	اثر پارامترها
Abhay و همکاران	۲۰۱۶	کف مخزن به رنگ سیاه درآمد	افزایش تولید آب
Abhay و همکاران	۲۰۱۶	عمق آب در مخزن دو تا ده سانتی‌متر	افزایش تولید آب در عمق کمتر
Al-Hinai و همکاران	۲۰۰۲	جاذب پشم گوسفند مرجانی	افزایش تولید آب
Akash و همکاران	۱۹۹۸	هدایت الکتریکی مختلف در مخازن	با افزایش هدایت الکتریکی میزان تولید آب کاهش یافت
تحقیق حاضر	۱۳۹۸	عمق آب در مخزن دو و چهار سانتی‌متر	افزایش تولید آب در عمق چهار سانتی‌متر
تحقیق حاضر	۱۳۹۸	جاذب پلی‌اتیلن	افزایش تولید آب
تحقیق حاضر	۱۳۹۸	هدایت الکتریکی مختلف در مخازن	با افزایش هدایت الکتریکی، میزان تولید آب افزایش یافت

نتیجه‌گیری

مطالعه حاضر باهدف بررسی اثر جاذب، شوری و عمق آب در مخازن بر میزان آب شیرین تولیدی در گلخانه به روش آبیاری تقطیری انجام شد. خلاصه نتایج به شرح زیر است:

۱- در مخازن با شیب پوشش شمالی - جنوبی طی دو دورهٔ اندازه‌گیری، میزان تولید آب در مخزنی با هدایت الکتریکی ۲۰ dS/m (مخزن شماره سه) تا ۳ لیتر (۵ درصد) بیشتر بود، درحالی‌که در مخازن با شیب پوشش جنوبی - شمالی در هفته اول اندازه‌گیری میزان تولید در مخزنی با هدایت الکتریکی ۱۰ dS/m (مخزن شماره دو) تا ۲لیتر بیشتر بود.

۲- با افزایش عمق آب در مخازن از ۲ به ۴ سانتی‌متر و ثابت بودن مابقی پارامترها؛ افزایش میزان تولید تا ۶۵ درصد، در مخازن با جهت شمالی- جنوبی مشاهده شد.

۳- جاذب پلی‌اتیلن در مقایسه با شیشه رنگ‌شده کف مخزن و ثابت بودن مابقی پارامترها، سبب افزایش میزان تولید آب تا ۲۲ درصد شد، ولی در مخزن شماره چهار سبب کاهش میزان تولید آب تا ۷۹ درصد شد. اختلاف درصد تولید آب در مقایسه عملکرد جاذب‌ها در مخازن با شیب پوشش جنوبی - شمالی بیشتر بود.

۴- آب تولیدی ازلحاظ کیفیت، آب مقطر بوده و می‌توان در بحث ترکیب آب از آن برای شرب و همچنین کشاورزی استفاده نمود.

به منظور تولید آب بیشتر، وجود جاذب پلی‌اتیلن به عنوان بهترین جاذب در شرایط تحقیقاتی حاضر محسوب شد. همچنین افزایش عمق آب در مخازن سبب بهبود در میزان تولید آب خواهد شد؛ هدایت الکتریکی بیشتر نیز در تولید بیشتر آب تأثیر مثبتی داشت.

سپاسگزاری

بدین وسیله از حمایت مالی معاونت پژوهش و فناوری دانشگاه شهید چمران اهواز در قالب پژوهانه (GN:SCU.WI۱۴۰۰,۲۷۳) برای تأمین هزینه‌های پژوهش تشکر و قدردانی می‌گردد.

پی‌نوشت

1-Green revolution

2-Distillation Irrigation

منابع

بهزادمهر، ا.، فرساد، س. و اکاتی، و. ۱۳۹۶. آب‌شیرین‌کن‌های خورشیدی. انتشارات آوای قلم. ۱۳۵ صفحه.

یوسفی، ب. و برومند نسب، س. ۱۳۹۴. شوری‌زدایی با استفاده از سیستم آبیاری چگالشی (مطالعه موردی :مزرعه تحقیقاتی دانشگاه شهید چمران اهواز). فصلنامه علمی - پژوهشی آب و فاضلاب، ۲۶(۳): ۱۲۷- ۱۳۳.

Abhay P. U., Paul J., Jayaprakash R., Kumar S., and Denkenberger D. 2016. Augmentation of distillate yield in “V”-type inclined wick solar still with cotton gauze cooling under regenerative effect. Cogent Engineering, 3(1): 1202476.

Akash B. A., Mohsen M. S. and Nayfeh W. 2000. Waleed Nayfeh, Experimental study of the basin type solar still under local climate conditions. Energy Conversion and Management, 41(9): 883-890. DOI:10.1016/S0196-8904(99)00158-2.

Akash B. A., Mohsen M. S., Osta O. and Elayan Y. 1998. Experimental evaluation of a single-basin solar still using different absorbing materials. Renewable Energy, 14(1–4): 307–310.

Al-Hinai H., Al-Nassari M.S. and Jubran B.A. 2002. Effect of Climatic, Design and Operational Parameters on the Yield of a Simple Solar Still. Energy Conversion and Management, 43(13): 1639–1650.

Hansen R. S., Narayanan C. S. and Murugavel K. K. 2015. Performance analysis on inclined solar still with different new wick materials and wire mesh. Desalination, 358: 1–8.

Rosegrant M.W., CAI X. and Cline S.A. 2002. World water and food to 2025: Dealing with scarcity. International Food policy Research Institute (IFPRI). Washington, DC, USA. ISSN Number: 0896296466.

Tiwari A.K. and Tiwari G.N. 2006. Effect of water depths on heat and mass transfer in a passive solar still: in summer climatic Condition, Desalination, 195(1-3): 78-94.