Archive of SID

Original Paper

http://dx.doi.org/10.22093/wwj.2019.169339.2834

Journal of Water and Wastewater, Vol. 31, No.3, pp: 43-50

Reducing Evaporation of Standing Waters by Fresh and Non-Living Duckweed Covering

Z. Soltani[1], A. Khani[2], K. Mahanpoor[3], A. Marjani[4]

1. PhD Student of Applied Chemistry, Faculty of Basic Sciences, Arak Branch, Islamic Azad University, Arak, Iran
2. Assist. Prof., Dept. of Chemistry and Chemical Engineering, Miyaneh Branch, Islamic Azad University, Miyaneh, Iran
(Corresponding Author) a.khani59@yahoo.com
3. Assist. Prof., Faculty of Basic Sciences, Arak Branch, Islamic Azad University, Arak, Iran
4. Assoc. Prof., Faculty of Basic Sciences, Arak Branch, Islamic Azad University, Arak, Iran

(Received Feb. 22, 2019 Accepted July 24, 2019)

To cite this article:
Soltani, Z., Khani, A., Mahanpoor, 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: 10.22093/wwj.2019.169339.2834 (In Persian)

Abstract

The extremely high rate of evaporation from water surfaces greatly reduces optimal utilization of water reservoirs. One of the biggest problems of water in dams in Iran is the huge amount of water loss through evaporation due to high evaporation rate. In this study, the efficiency of duckweed (Lemna gibba L.) as an environmentally friendly cover on water in reducing water evaporation has been investigated. For this purpose, a pilot system was designed that consisted of two glassy ponds. One pond as duckweed culture medium filled with raw water of the dam without the addition of any duckweed nutrients (plant pond), and another pond filled with raw water of the dam without duckweed (unplanted pond). Duckweed (Lemna gibba L.) was purchased from a typical aquarium market, and it was then cultured and used for batch experiments. The raw water of Aydoghmush dam (Miyaneh, Iran) was used for culture medium. The walls of the ponds were covered to prevent light from entering except at the top and the tow fluorescent lamps (36 W, Pars Co.) as artificial light at the top of each pond were also located (simulating natural climatic conditions). Temperature was maintained at 25 °C, and 14 hours of photoperiod was applied to duckweed. Both ponds were also equipped with an aeration system installed at the bottom of the pond. One of the aquariums as a growth medium and plant covering (planted aquarium) and the other without duckweed as unplanted aquarium were selected (both aquariums were filled with the raw water of the dam without the addition of any

www.SID.ir

Archive of SID
doi.org/10.22093/wwj.2019.169339.2834

duckweed nutrients). For one month, every 24 hours, the amount of water evaporation was measured using the amount of change of water height in the ponds. The effect of plant covering, aeration and comparison of fresh and non-living duckweed covering on reducing surface water evaporation were studied. The effect of plant covering on reducing surface water evaporation in open air (outside) was also investigated. The results showed that the rate of evaporation in the plant pond is lower than unplanted pond. The content of evaporation in the plant and unplanted ponds is 23.75 and 32.60%, respectively. So, plant growth and creating coverage on the water's surface can be effective in reducing the surface evaporation of water storages such as dams. The effect of aeration on reduction of evaporation was also investigated. The results indicated that aeration enhanced growth rate of the plant and consequently, reduced the water evaporation. This can be due to the following main reasons: 1) increasing the growth rate of the plant and the formation of more plant covering on the surface of the water; 2) the formation of turbulent flow in the surface layer of water and the replacement of water molecules with those molecules that have the potential to escape from the surface of the water. The results also showed that non-living duckweed can be used as a cover on water to reduce water evaporation, and in the open air, by creating plant covering on the surface of the water, 23.53% of the surface water evaporation can be prevented. By comparing the results obtained in the laboratory and in the open air, it is evident that the evaporation rate in both plant and unplanted aquariums is higher than in the laboratory environment, which can be due to exposure to sunlight and wind.

Keywords: Duckweed, Evaporation, Cover, Dam Water.

www.SID.ir

Archive of SID

http://dx.doi.org/10.22093/wwj.2019.169339.2834

مجله آب و فاضلاب، دوره ۳۱، شماره ۳، صفحه: ۵۰-۴۳

کاهش تبخیر سطحی آب‌های ساکن به‌وسیله پوشش زنده و غیر زنده گیاه عدسک آبی

زهرا سلطانی[۱]، علی خانی[۲]، کاظم مهانپور[۳]، اعظم مرجانی[۴]

۱- دانشجوی دکترای تخصصی شیمی کاربردی، دانشکده علوم پایه، واحد اراک، دانشگاه آزاد اسلامی، اراک، ایران
۲- استادیار، گروه شیمی و مهندسی شیمی، واحد میانه، دانشگاه آزاد اسلامی، میانه، ایران
(نویسنده مسئول) a.khani59@ yahoo.com
۳- استادیار، دانشکده علوم پایه، واحد اراک، دانشگاه آزاد اسلامی، اراک، ایران
۴- دانشیار، دانشکده علوم پایه، واحد اراک، دانشگاه آزاد اسلامی، اراک، ایران

(دریافت ۹۷/۱۲/۳ پذیرش ۹۸/۵/۲)

برای ارجاع به این مقاله به صورت زیر اقدام بفرمایید:
سلطانی، ز.، خانی، ع.، مهانپور، ک.، مرجانی، ا. ۱۳۹۹، " کاهش تبخیر سطحی آب‌های ساکن به‌وسیله پوشش زنده و غیر زنده گیاه عدسک آبی "
مجله آب و فاضلاب، ۳۱(۳)، ۵۰-۴۳. **Doi: 10.22093/wwj.2019.169339.2834**

چکیده

میزان زیاد تبخیر از سطح آب، باعث کاهش قابل توجه استفاده بهینه از مخازن آب می‌شود. یکی از بزرگ‌ترین مشکلات آب سدها در ایران، از دست رفتن مقدار زیادی از آب از طریق تبخیر سطحی، به‌علت بالا بودن سرعت تبخیر است. در این پژوهش، کارایی گیاه عدسک آبی به‌عنوان یک پوشش دوستدار محیط‌زیست روی آب در کاهش تبخیر سطحی آب مورد بررسی قرار گرفت. برای این منظور، یک سیستم پایلوت طراحی شد که شامل دو حوضچه شیشه‌ای (آکواریوم) بود. یک حوضچه (حوضچه گیاهی) به‌عنوان آکواریوم کشت گیاه و ایجاد پوشش گیاهی از آب سد بدون هیچ‌گونه افزودنی از مواد مغذی گیاهی پر شد و یک حوضچه دیگر (حوضچه غیر گیاهی) از آب سد بدون گیاه پر شد. دیواره آکواریوم‌ها با ورق آلومینیومی پوشانده شد تا نور فقط از بالای آکواریوم به آن تابیده شود. دو لامپ فلورسنت به‌عنوان منبع نور در بالای هر حوضچه قرار گرفت. دمای اتاق در ۲۵ درجه سلسیوس ثابت و مدت زمان نوردهی در طول یک شبانه‌روز، روی ۱۴ ساعت تنظیم شد و به‌مدت یک ماه، هر ۲۴ ساعت میزان تبخیر آب با استفاده از مقدار تغییر ارتفاع آب در حوضچه‌ها اندازه‌گیری شد و اثر پوشش گیاهی، هوادهی و مقایسه پوشش زنده و غیرزنده عدسک آبی بررسی شد. نتایج نشان داد که میزان تبخیر در حوضچه گیاهی کمتر از حوضچه غیر گیاهی است. میزان تبخیر در حوضچه گیاهی و غیر گیاهی به‌ترتیب برابر با ۲۳/۷۵ و ۳۲/۶۰ درصد بود. همچنین اثر هوادهی بر کاهش تبخیر بررسی شد. هوادهی، رشد عدسک آبی را افزایش و میزان تبخیر را کاهش داد. همچنین نتایج نشان داد که عدسک آبی غیر زنده می‌تواند به‌عنوان پوشش روی آب برای کاهش تبخیر استفاده شود. مقایسه نتایج به‌دست آمده در محیط آزمایشگاه و هوای آزاد نشان داد که میزان تبخیر در هر دو آکواریوم گیاهی و غیر گیاهی در هوای آزاد نسبت به محیط آزمایشگاه بیشتر است.

واژه‌های کلیدی: عدسک آبی، تبخیرسطحی، پوشش، آب سد

www.SID.ir

dx.doi.org/10.22093/wwj.2019.169339.2834
Archive of SID

۱- مقدمه

یکی از راهکارهای ذخیره آب و جلوگیری از هدررفت آن، ایجاد سد در مناطق مختلف است. به همین منظور، در دنیا، تا اواخر قرن بیستم، تقریباً ۴۵ هزار سد بزرگ (یعنی سدهایی با بیش از ۱۵ متر ارتفاع) با سطح کل مخزن حدود ۵۰۰ هزار کیلومتر مربع، به‌طور عمده برای آبیاری، نیروگاه‌های برق‌آبی و تأمین آب آشامیدنی بهره‌برداری شده است (Soltani et al., 2018).

اما مشکل اساسی که در دریاچه‌های حاصل از ایجاد سد وجود دارد، تبخیر سطحی آب و کاهش و هدررفت چشمگیر آب ذخیره شده است. در واقع، تبخیر یکی از فرایندهای مهم و تأثیرگذار در چرخه آب است. تبخیر سبب از بین رفتن بیش از نیمی از نزولات جوی در مناطق خشک می‌شود (Yazdani et al., 2010).

در مناطق مختلف جهان سالانه میلیاردها متر مکعب آب از سطح مخازن و دریاچه‌های سدها تبخیر می‌شود. همچنین تغییرات آب و هوایی کره زمین سبب افزایش تبخیر آب سدها شده است، به‌طوری که این پدیده گاهی می‌تواند بیش از ۴۰ درصد از حجم آب ذخیره شده در یک سد را کاهش دهد.

به همین دلیل پژوهشگران همواره به دنبال روش‌های مبارزه با این پدیده هستند. تاکنون روش‌های مختلفی در راستای کاهش تبخیر از مخازن آبی پیشنهاد شده است که از مهم‌ترین آنها می‌توان به دو دسته روش‌های شیمیایی و فیزیکی اشاره کرد (Mohammed, 2010).

روش‌های شیمیایی شامل استفاده از منولایرها است که به‌صورت یک لایه نازک در سطح آب قرار می‌گیرد و در شرایط ایده آل تا ۶۰ درصد مانع از تلفات تبخیر می‌شود (Barnes, 1993).

روش‌های فیزیکی شامل استفاده از بادشکن‌های زنده و غیر زنده، استفاده از پوشش‌های معلّق و پوشش‌های شناور با چگالی کمتر از آب از قبیل بتن‌های سبک پرلیتی، پلی‌استایرن‌ها و ورق‌های پلاستیکی است که کارایی هر یک از آن‌ها تحت تأثیر عوامل مختلف، متفاوت است.

روش‌های دیگری مانند ذخیره آب در مخازن سر پوشیده، توسعه مخازن آب زیرزمینی، انتخاب و طراحی سد در محلی که دریاچه در آنجا حجم مناسب و کمترین سطح را داشته باشد، نیز بررسی شده است(Craig et al., 2005).

در پژوهشی برای کاهش میزان تبخیر آب از مواد تک‌لایه استفاده شده است. تک‌لایه‌ها، الکل‌های سنگین نظیر هگزادکانول و اکتادکانول هستند که به‌صورت فیلمی به ضخامت یک ملکول در مرز دو فاز مانند هوا/آب تشکیل می‌شوند.

در این پژوهش، کارایی تک‌لایه‌ها در کاهش میزان تبخیر سطحی از آب مخزن‌های بزرگ ارزیابی شد و نتایج آن نشان داد که این مواد برای جلوگیری از میزان تبخیر آب مؤثر هستند (Barnes, 2008).

در پژوهش دیگری اثر پوشش‌های سایه‌انداز در کاهش تبخیر بررسی شد که نتایج نشان داد پوشش‌های سایه‌انداز از جنس پلی‌اتیلن به‌صورت تک‌لایه و دولایه، میزان تبخیر را به‌ترتیب ۷۵ و ۸۳ درصد کاهش می‌دهند (Álvarez et al., 2006).

پژوهش دیگری روی استفاده از ورقه‌های فومی دایره‌ای شکل برای کاهش تبخیر دریاچه ناصر در مصر انجام شد. مطابق نتایج آزمایشگاهی، با پوشاندن ۸۲/۷ درصد از سطح، کاهش تبخیری معادل ۷۴ درصد به دست آمد (Hassan et al., 2007).

تاکنون گزارشی مبنی بر بررسی کارایی پوشش گیاه عدسک آبی[1] روی آب‌های ساکن در کاهش میزان تبخیر آب گزارش نشده است. در واقع استفاده از یک پوشش گیاهی علاوه بر اینکه روی کیفیت آب اثر منفی نمی‌گذارد و یک پوشش دوستدار محیط‌زیست است، در مواردی با جذب آلاینده‌هایی نظیر نیترات، اثر مطلوبی بر کیفیت آب دارد (El-Kheir et al., 2007).

از طرفی بعد از چند هفته که عمر آن به پایان می‌رسد، دوباره می‌تواند به‌عنوان پوشش و جاذب مناسب عمل نماید و در آخر به‌عنوان خوراک سرشار از پروتئین برای دام و طیور و حتی غذای انسانی مورد استفاده قرار گیرد (Lasfar et al., 2007, Soltani et al., 2018, Appenroth et al., 2017).

هدف اصلی از این پژوهش کاهش تبخیر از سطح آب‌های ساکن مانند آب دریاچه سد آیدوغموش واقع در شهرستان میانه با به‌کارگیری پوشش زنده و غیر زنده گیاه عدسک آبی در مقیاس آزمایشگاهی است.

۲- مواد و روش‌ها

گیاه عدسک آبی از بازار آکواریوم واقع در شهر میانه خریداری شد

[1] Lemna gibba L.

www.SID.ir

Archive of SID

و سپس برای آزمایش‌های مورد استفاده، کشت داده شد (Soltani et al., 2018). شکل ۱ عدسک آبی زنده و غیر زنده استفاده شده را نشان می‌دهد.

در این پژوهش آب سد آیدوغموش برای محیط کشت استفاده شد. سد آیدوغموش یک سد خاکی است که در جنوب غربی شهر میانه واقع شده است. میانگین مقدار برخی از پارامترهای فیزیکی و شیمیایی آب سد آیدوغموش در جدول ۱ آمده است (Soltani et al., 2018). تمام آزمایش‌ها سه مرتبه تکرار شدند (σ^2 <۰/۰۰۲).

برای بررسی اثر پوشش گیاهی روی کاهش میزان تبخیر آب، دو حوضچه شیشه‌ای آکواریوم هم اندازه، با اندازه ۴۰ در ۶۰ در ۴۰ (ارتفاع) سانتی‌متر طراحی شد و دیواره آکواریوم‌ها با ورق آلومینیومی پوشانده شد تا نور فقط از بالای آکواریوم به آن تابیده شود (شکل ۲). به‌منظور شبیه‌سازی نور آفتاب، دو لامپ فلورسنت ۳۶ وات، شرکت پارس به‌عنوان منبع نور در بالای هر حوضچه قرار گرفت. دمای اتاق در ۲۵ درجه سلسیوس ثابت و مدت زمان نوردهی در طول یک شبانه روز، روی ۱۴ ساعت تنظیم شد. همچنین هر دو حوضچه به یک سیستم هوادهی نصب شده در انتهای حوضچه مجهز شدند. یکی از آکواریوم‌ها به‌عنوان محیط رشد و پوشش گیاهی عدسک آبی (آکواریوم گیاهی) و دیگری بدون حضور عدسک آبی به‌عنوان آکواریوم غیر گیاهی انتخاب شد. هر دو آکواریوم از آب سد آیدوغموش بدون هیچ مواد مغذی افزودنی پر شدند. به‌مدت یک ماه هر ۲۴ ساعت میزان تبخیر آب با استفاده از مقدار تغییر ارتفاع آب در حوضچه‌ها اندازه‌گیری شد.

Fig. 1. Fresh plant (left), and non-living duckweed (right)

شکل ۱- گیاه زنده (سمت چپ) و غیر زنده عدسک آبی (سمت راست)

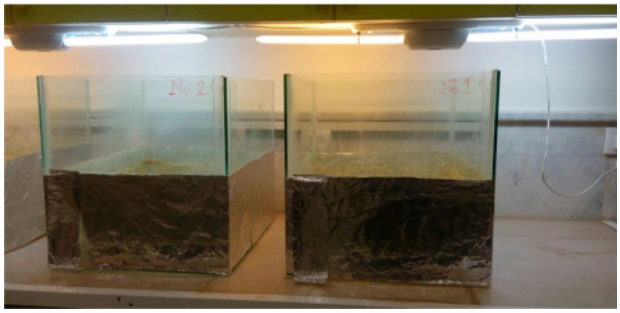

Fig. 2. The system of plant covering duckweed over water surface

شکل ۲- سیستم رشد و ایجاد پوشش گیاهی عدسک آبی روی آب

۳- نتایج و بحث

۳-۱- اثر پوشش گیاهی در کاهش میزان تبخیر سطحی آب

به آکواریوم‌های گیاهی و غیر گیاهی ۴۸ لیتر آب سد اضافه شد (تا ارتفاع ۲۰ سانتی‌متر) و به آکواریوم گیاهی حدود ۱۵۰ گرم عدسک آبی خیس اضافه شد تا سطح آن کامل پوشانده شود. سپس لامپ و پمپ هوادهی روشن شد و هر ۲۴ ساعت یک بار به‌مدت یک ماه تغییر ارتفاع آب اندازه‌گیری شد. نتایج به‌دست آمده در شکل ۳ نشان داده شده است.

همانطور که مشخص است سرعت فرایند تبخیر سطحی در آکواریوم گیاهی نسبت به غیر گیاهی کمتر است به‌طوری که میزان

جدول ۱- برخی مشخصات فیزیکی و شیمیایی آب سد آیدوغموش میانه (نمونه‌برداری از آب سد از تیرماه تا شهریورماه سال ۱۳۹۶)

Table 1. Physicochemical properties of Aydoghmush dam water (water sampling period: July 2017–Sep. 2017)

Row	Sampling date	Nitrate (mg/L)	Nitrite (mg/L)	Phosphate (mg/L)	Opacity (NTU)	DO (mg/L)	BOD (mg/L)	COD (mg/L)	pH
1	July	1.522	0.011	0.015	15.0	9.8	2.5	6.9	7.4
2	August	1.426	0.011	0.014	15.1	9.1	2.0	6.2	7.7
3	September	1.468	0.011	0.014	14.4	8.8	2.1	6.4	7.7
Mean		1.472	0.011	0.011	14.8	9.2	2.2	6.5	7.6

www.SID.ir

Archive of SID
dx.doi.org/10.22093/wwj.2019.169339.2834

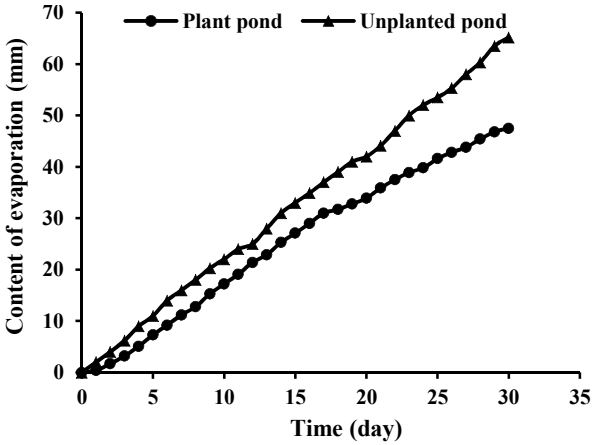

Fig. 3. Effect of plant covering on reducing water evaporation in laboratory conditions

شکل ۳- اثر پوشش گیاهی در کاهش میزان تبخیر سطحی آب در شرایط آزمایشگاهی

تبخیر آب در آکواریوم گیاهی و غیر گیاهی به‌ترتیب برابر ۲۳/۷۵ و ۳۲/۶۰ درصد است. نتایج نشان داد در شرایط آزمایشگاهی با ایجاد پوشش عدسک آبی در طول یک ماه ۲۷/۱۵ درصد از تبخیر سطحی آب جلوگیری می‌شود. همچنین با توجه به نمودار، مشخص است که روند تبخیر در آکواریوم غیر گیاهی تقریباً به‌صورت خطی است ولی در آکواریوم گیاهی از روز ۱۷ ام به بعد شیب خط کاهش پیدا کرده است که به‌دلیل پایان یافتن عمر عدسک آبی است و از این لحظه به بعد، فرایند تعریق و از دست دادن آب به‌وسیله خود گیاه متوقف شده است.

۳-۲- اثر هوادهی در کاهش میزان تبخیر سطحی آب

برای این هدف دو آکواریوم گیاهی یکی با هوادهی ۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر و دیگری بدون هوادهی، بررسی شد. همانطور که شکل ۴ نشان می‌دهد میزان تبخیر سطحی در آکواریوم هوادهی شده، به‌مراتب کمتر است. زمانی که هوادهی انجام شد،

تبخیر سطحی به اندازه ۱۳/۷۹ درصد کاهش یافت. در واقع هوادهی به دو دلیل عمده زیر می‌تواند در این پدیده اثر مطلوب داشته باشد: ۱) افزایش نرخ رشد گیاه عدسک آبی و تشکیل پوشش بیشتر روی سطح آب (Kamal et al., 2004)، ۲) ایجاد جریان آشفته در لایه سطحی آب و جایگزین کردن ملکول‌های آب با آن دسته از ملکول‌هایی که پتانسیل فرار از سطح آب را دارد.

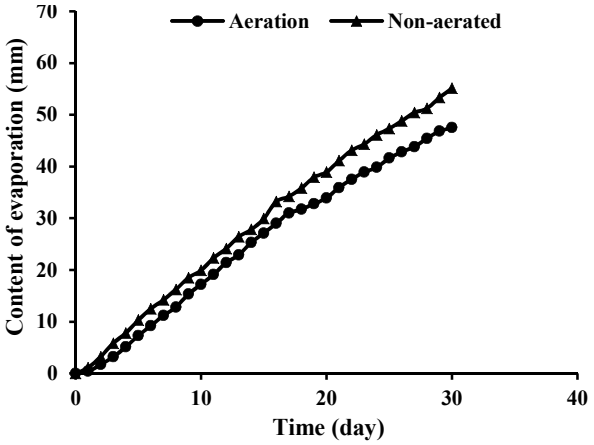

Fig. 4. Aeration effect on reducing water evaporation

شکل ۴- اثر هوادهی در کاهش میزان تبخیر سطحی آب

(Kumari and Tripathi, 2014) علاوه بر این، با انجام هوادهی به‌علت اینکه سرعت رشد گیاه عدسک آبی افزایش می‌یابد، در ادامه کیفیت آب هم بهبود پیدا می‌کند (Soltani et al., 2018).

۳-۳- مقایسه پوشش زنده و غیر زنده گیاهی در کاهش میزان تبخیر سطحی آب

طبق نتایج به‌دست آمده، رشد گیاه بعد از حدود ۲ هفته در شرایط آزمایشگاهی متوقف شد (Soltani et al., 2018). گیاه غیر زنده، علاوه بر کاربردهای دیگر مانند غذای انسانی و خوراک حیوانات، می‌تواند به‌عنوان پوشش گیاهی غیر زنده روی آب نیز استفاده شود. بنابراین آزمایش دیگری برای مقایسه کارایی گیاه عدسک آبی زنده و غیر زنده در دو آکواریوم مجزا انجام شد (شکل ۵). به یک آکواریوم حدود ۱۵۰ گرم عدسک آبی خیس و به دیگری ۵۰ گرم عدسک آبی غیر زنده که در آون در دمای ۹۰ درجه سلسیوس به‌مدت یک ساعت خشک شده بود، اضافه شد تا سطح آب آکواریوم‌ها کامل پوشانده شود.

نتایج نشان داد میزان تبخیر آب در آکواریوم گیاهی زنده و غیر زنده به‌ترتیب برابر با ۲۳/۷۵ و ۲۵/۱۵ درصد است. با توجه به نمودار شکل ۴، مشاهده می‌شود که تا حدود دو هفته کارایی گیاه زنده و غیر زنده در جلوگیری از تبخیر سطحی آب تقریباً برابر است و بعد از این مدت تا انتهای روز سی‌ام، اختلاف گیاه زنده با غیر زنده در جلوگیری از تبخیر سطحی، تنها حدود ۵/۵۷ درصد است.

www.SID.ir

Archive of SID

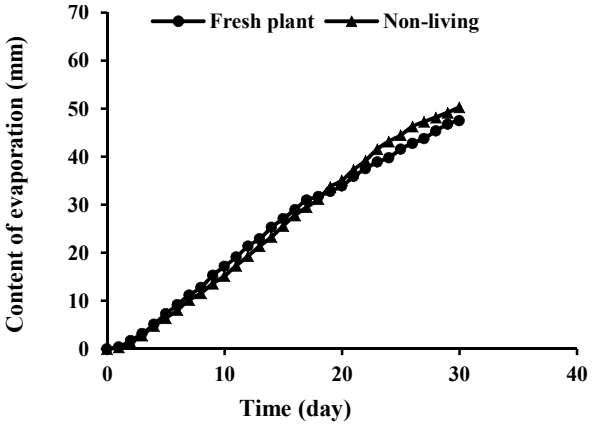

Fig. 5. Comparison of fresh and non-living plant covering in reducing water evaporation

شکل ۵- مقایسه پوشش زنده و غیر زنده گیاهی در کاهش میزان تبخیر سطحی آب

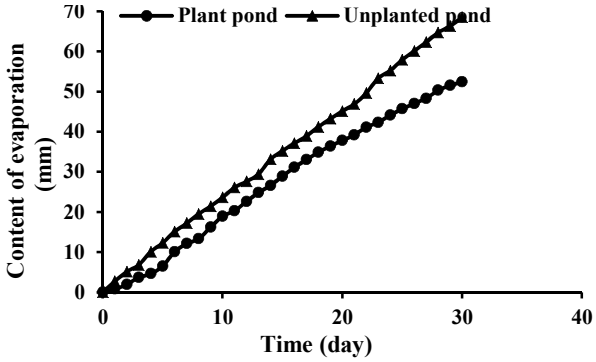

Fig. 6. Effect of plant covering on reducing water evaporation in open air condition

شکل ۶- اثر پوشش گیاهی در کاهش میزان تبخیر سطحی آب در هوای آزاد

۳-۴- اثر پوشش گیاهی در کاهش میزان تبخیر سطحی آب در هوای آزاد

آزمایش دیگری در هوای آزاد (زیر آفتاب) و در محوطه دانشکده کشاورزی دانشگاه آزاد اسلامی واحد میانه واقع در فاصله ۲۵ کیلومتری سد آیدوغموش انجام شد. به آکواریوم‌های گیاهی و غیر گیاهی ۴۸ لیتر آب سد اضافه شد و به آکواریوم گیاهی حدود ۱۵۰ گرم عدسک آبی خیس اضافه شد تا سطح آن کامل پوشانده شود. متوسط دمای هوا در شبانه روز، رطوبت نسبی و سرعت باد در طول آزمایش به‌ترتیب برابر با ۲۳ درجه سلسیوس، ۲۸ درصد و ۱۹ کیلومتر در ساعت بود. قابل ذکر است که در طول سی روز آزمایش، سه روز، هوا تقریباً نیمه ابری تا تمام ابری بود. نتایج به‌دست آمده در شکل ۶ نشان می‌دهد که میزان تبخیر آب در آکواریوم گیاهی و غیر گیاهی در هوای آزاد به‌ترتیب برابر ۲۶/۲۰ و ۳۴/۲۵ درصد است. در واقع با ایجاد پوشش گیاهی روی سطح آب می‌توان ۲۳/۵۰ درصد از تبخیر سطحی آب جلوگیری کرد. با مقایسه نتایج به‌دست آمده در محیط آزمایشگاه و هوای آزاد مشخص می‌شود که میزان تبخیر در هر دو آکواریوم گیاهی و غیر گیاهی در هوای آزاد نسبت به محیط آزمایشگاه بیشتر بود که به‌دلیل تابش مستقیم آفتاب و وزش باد است.

۴- نتیجه‌گیری

نتایج کلی که از این پژوهش به‌دست آمد به‌صورت زیر است:

- رشد و ایجاد پوشش گیاهی عدسک آبی می‌تواند در کاهش تبخیر سطحی آب از آب‌های ساکن نظیر آب سدها مؤثر باشد.
- بعد از پایان یافتن عمر گیاه عدسک آبی، گیاه غیر زنده نیز می‌تواند به‌عنوان پوشش دوستدار محیط‌زیست روی سطح آب برای کاهش تبخیر سطحی استفاده شود.
- سرعت فرایند تبخیر سطحی در آکواریوم گیاهی نسبت به غیر گیاهی کمتر بود، به‌طوری که میزان تبخیر آب در آکواریوم گیاهی و غیر گیاهی به‌ترتیب برابر با ۲۳/۷۵ و ۳۲/۶۰ درصد حاصل شد.
- میزان تبخیر سطحی در آکواریوم هوادهی شده، به‌مراتب کمتر بود. در واقع زمانی که هوادهی انجام شد، تبخیر سطحی به اندازه ۱۳/۷۹ درصد کاهش یافت.
- تا حدود دو هفته کارایی گیاه زنده و غیر زنده در جلوگیری از تبخیر سطحی آب تقریباً برابر بود و بعد از این مدت تا انتهای روز سی‌ام، اختلاف گیاه زنده با غیر زنده در جلوگیری از تبخیر سطحی، تنها حدود ۵/۵۷ درصد بود.
- با ایجاد پوشش گیاهی روی سطح آب، در هوای آزاد می‌توان ۲۳/۵۰ درصد از تبخیر سطحی آب جلوگیری کرد.

۵- قدردانی

نویسندگان بر خود لازم می‌دانند از دانشگاه آزاد اسلامی واحد اراک و واحد میانه به‌خاطر حمایت‌های مادی و معنوی‌شان در به سرانجام رسیدن این پایان نامه دکترای تخصصی صمیمانه تشکر و قدردانی نمایند.

www.SID.ir

Archive of SID

References

Álvarez, V. M., Baille, A., Martínez, J. M. M. & Real, M. M. G. 2006. Effect of black polyethylene shade covers on the evaporation rate of agricultural reservoirs. *Spanish Journal of Agricultural Research*, 4**,** 280-288.

Appenroth, K.-J., Sree, K. S., Böhm, V., Hammann, S., Vetter, W., Leiterer, M., et al. 2017. Nutritional value of duckweeds (Lemnaceae) as human food. *Food Chemistry*, 217**,** 266-273.

Barnes, G. 1993. Optimum conditions for evaporation control by monolayers. *Journal of Hydrology*, 145**,** 165-173.

Barnes, G. T. 2008. The potential for monolayers to reduce the evaporation of water from large water storages. *Agricultural Water Management*, 95**,** 339-353.

Craig, I., Schmidt, E., Green, A. & Scobie, M. 2005. Controlling evaporation from on-farm storages. *Irrigation Australia 2005: Irrigation Association of Australia National Conference and Exhibition: Restoring the Balance*. Irrigation Australia Ltd., Townsville.

El-Kheir, W. A., Ismail, G., El-Nour, F. A., Tawfik, T. & Hammad, D. 2007. Assessment of the efficiency of duckweed (Lemna gibba) in wastewater treatment. *International Journal of Agriculture and Biology*, 9(5)**,** 681-687.

Hassan, R. M., Hekal, N. T. & Mansor, N. M. 2007. Evaporation reduction from Lake Naser using new environmentally safe techniques. *Eleventh International Water Technology Conference*, IWTC11, Sharm El-Sheikh, Citeseer**,** 179-194.

Kamal, M., Ghaly, A., Mahmoud, N. & Cote, R. 2004. Phytoaccumulation of heavy metals by aquatic plants. *Environment International*, 29**,** 1029-1039.

Kumari, M. & Tripathi, B. 2014. Effect of aeration and mixed culture of Eichhornia crassipes and Salvinia natans on removal of wastewater pollutants. *Ecological Engineering*, 62**,** 48-53.

Lasfar, S., Monette, F., Millette, L. & Azzouz, A. 2007. Intrinsic growth rate: a new approach to evaluate the effects of temperature, photoperiod and phosphorus–nitrogen concentrations on duckweed growth under controlled eutrophication. *Water Research*, 41**,** 2333-2340.

Mohammed, I. 2010. Reduction of evaporation from water surfaces-preliminary assessment for Riyadh region, Kingdom of Saudi Arabia. *Research Journal of Soil and Water Management*, 1**,** 5-9.

Soltani, Z., Khani, A., Mahanpour, K. & Marjani, A. 2018. Assessment of duckweed (Lemna gibba L.) growth on dam water surface as green cost-effective process to improving water quality. *Desalination and Water Treatment*, 118**,** 79-86.

Yazdani, V., Ghahreman, B. & Davari, K., 2010. Determination of the best experimental estimation of evaporation from a free surface in amol rice farming based on sensitivity analysis, and comparison with artificial neural networ results. *Iran Water Research*, 4(7)**,** 47-58. (In Persian)

www.SID.ir