تأثیر ابعاد حوضچه بر نیاز آبی ریحان در سیستم یکپارچه نوین گلخانه و حوضچه تبخیر آب شور

فصلنامه بوم‌شناسی گیاهان زراعی
جلد ۱۵، شماره ۳، صفحات ۲۴ – ۱۳
(پاییز ۱۳۹۸)

احمد احمدی‌نیک[۱]✉، علی رحیمی‌خوب[۱]، ساسان علی‌نیایی‌فرد[۲]

۱ گروه مهندسی آبیاری و زهکشی، پردیس ابوریحان دانشگاه تهران، تهران، ایران ahmadnik25@ut.ac.ir ✉ (مسؤول مکاتبات)

۲ گروه باغبانی، پردیس ابوریحان دانشگاه تهران، تهران، ایران

چکیده سیستم یکپارچه نوین گلخانه و حوضچه تبخیر آب شور ایده جدیدی است که امکان تولید آب شیرین و رشد محصول در مناطق خشک و نیمه‌خشک با استفاده از آب شور را فراهم می‌سازد. این سیستم یکپارچه با کنترل شرایط جوی و افزایش رطوبت نسبی هوا تا نزدیکی نقطه اشباع، نیاز آبی محصول در محیط کشت را تا حد زیادی کاهش می‌دهد. به منظور ارزیابی تأثیر ابعاد حوضچه تبخیر آب شور بر مقدار نیاز آبی محصول ریحان در محیط کشت گلخانه‌ای سیستم یکپارچه پیشنهادی، طرح پایلوت این سیستم با طول حوضچه‌های ۱، ۲ و ۳ متر در جنوب شرق تهران اجرا شد. در دو دوره کشت، متوسط روزانه نیاز آبی ریحان در محیط کشت گلخانه‌ای طرح‌های پایلوت شماره ۱، ۲ و ۳ به‌ترتیب ۲/۴، ۱/۹ و ۰/۸ میلی‌متر برآورد شد که تفاوت این مقادیر معنی‌دار بود. با توجه به این که افزایش طول حوضچه تبخیر آب شور در ساختار سیستم یکپارچه پیشنهادی، قابلیت این سیستم جهت کاهش نیاز آبی محصول را افزایش داد، بنابراین در اجرای این سیستم یکپارچه در مقیاس تجاری، کاربرد حوضچه‌هایی با طول بزرگ‌تر پیشنهاد می‌گردد.

شناسه مقاله

نوع مقاله: پژوهشی

تاریخ پژوهش: ۱۳۹۷

تاریخ دریافت: ۹۸/۰۳/۱۶

تاریخ پذیرش: ۹۸/۰۷/۰۳

واژه‌های کلیدی

- تبخیر تعرق
- کشت‌های گلخانه‌ای
- منابع آب شور
- نمک‌زدایی

این مقاله با دسترسی آزاد تحت شرایط و قوانین The Creative Commons of BY - NC - ND انتشار یافته است.

10.22034/aej.2019.1878218.1112

مقدمه با توجه به تقاضای جهانی غذا در سال ۲۰۵۰، سازمان خواروبار جهانی[1] برآورد می‌کند که مصرف آب در بخش کشاورزی می‌بایست حدود ۱۱٪ افزایش یابد.[۹] از آنجایی که منابع آب شیرین موجود به تنهایی جوابگوی نیازهای فعلی و آینده آبیاری محصولات در بسیاری از مناطق خشک و نیمه‌خشک نمی‌باشند، لزوم بکارگیری راهبردهای جدید جهت حفظ یا افزایش تولید محصولات کشاورزی آبی، از جمله استفاده از منابع آب جدید یا منابع جایگزین و اقدامات حفاظتی آب به وضوح احساس می‌گردد.[۱۶] نمک‌زدایی[2] آب شور راهکاری امیدوارکننده جهت تأمین امنیت غذایی در درازمدت، تأمین ثبات اقتصادی و اجتماعی و یک منبع آب جایگزین پایدار برای توسعه کشاورزی آبی پایدار می‌باشد.[۱۲]

در زمینه کشت‌های گلخانه‌ای، سیستم گلخانه آب شور[3] با بهره‌گیری از راهکار نمک‌زدایی و فرآیندهای مرطوب‌سازی، رطوبت‌زدایی و خنک‌سازی، امکان رشد گیاهان در مناطق خشک و همچنین تولید آب شیرین با استفاده از آب شور را فراهم می‌سازد. طرح نمونه اولیه این سیستم در مناطق خشک و نیمه‌خشک مختلفی همچون عمان، الجزایر، امارات متحده عربی، جزایر قناری اجرا و ارزیابی شده است.[۱۰،۱۱،۱۳،۱۴،۱۸،۲۲،۲۳،۲۶]

چرخه آب در سیستم گلخانه آب شور به‌گونه‌ای است که در ابتدا آب شور روی صفحات تبخیرکننده[4] ریخته شده و با عبور جریان هوا از آن، آب شور تبخیر و توده هوای مرطوب به درون گلخانه هدایت می‌گردد. جریان هوا پس از عبور از منطقه کشت محصول، به سیستم تقطیرکننده[5] منتقل می‌شود و هوای مرطوب در آن متراکم شده و ذرات بخار آب به مایع تبدیل می‌شوند.[۱۰]

گوسن و همکاران (۲۰۰۳) و *سابلانی و همکاران (۲۰۰۳)* به بررسی پارامترهای مؤثر بر فرآیند نمک‌زدایی در گلخانه آب شور پرداخته و علاوه بر توسعه مدل ترمودینامیکی بر پایه بیلان جرمی و حرارتی به این نتیجه رسیدند که ابعاد گلخانه بیشترین تأثیر را بر تولید آب و مصرف انرژی دارد.[۱۴،۲۲] *تاری و همکاران (۲۰۰۹ و ۲۰۱۳)* به شبیه‌سازی فرآیند فیزیکی تراکم هوای مرطوب در تقطیرکننده گلخانه آب شور در عمان پرداخته و با بررسی اثرات رطوبت نسبی، دما، درجه حرارت آب شور، سرعت هوای مرطوب و تابش خورشیدی بر مقدار آب شیرین تولیدی در گلخانه آب شور، مدلی ریاضی بر مبنای بیلان جرمی و حرارتی توسعه دادند.[۲۴،۲۵] *محمودی و همکاران (۲۰۰۸)* در مطالعه خود امکان استفاده از انرژی‌های ترکیبی باد و خورشیدی را در تأمین نیازهای انرژی گلخانه آب شور مورد بررسی قرار دادند. بررسی داده‌های جمع‌آوری شده در دوره بهره‌برداری گلخانه آب شور در این مطالعه تأیید نمود که از لحاظ فنی و بدون نیاز به انرژی حاصل از سوخت‌های فسیلی، امکان کاربرد انرژی‌های تجدیدپذیر در این سیستم وجود دارد.[۱۹]

محمودی و همکاران (۲۰۱۰) با مطالعه سیستم تقطیرکننده گلخانه آب شور، یک مدل ریاضی به منظور بهبود عملکرد نمک‌زدایی این سیستم معرفی نمودند.[۲۰] *یتیلمزوی و عبدولوهاب (۲۰۱۴)* مدلی تجربی بر پایه متد تابع تناسب ترکیبی جهت برآورد جریان تقطیری در گلخانه آب شور ارایه نمودند.[۲۶] *الاسمعیلی و همکاران (۲۰۱۶)* به مطالعه جنبه‌های اقتصادی سیستم گلخانه آب شور پرداخته و توصیه کردند که ارزیابی‌ها در خصوص جنبه‌های فنی این سیستم باید با بررسی‌ها اقتصادی نیز همراه باشد.[۷] *هک و همکاران (۲۰۱۷)* با یک رویکرد تحلیل چندمعیاره به ارزیابی اولویت گروه‌های ذی‌نفع برای کشت

[1] FAO
[2] desalination
[3] seawater greenhouse
[4] evaporator
[5] condenser

محصول با آب دریا توسط نمک‌زدایی پرداخته و بر نیاز به حفاظت یکپارچه زمین و دریا تأکید نمودند.[۱۵]

مینگ و همکاران (۲۰۱۷) در طرح خود به منظور مرطوب‌سازی از پاشش قطرات آب جهت تبخیر در انتهای تبخیرکننده‌ها به جای نصب توربین استفاده و بهبود رطوبت نسبی هوا و در نتیجه بهبود کارآیی سیستم نمک‌زدایی را گزارش نمودند.[۱۷] *آلوارز و همکاران (۲۰۱۷)* در مطالعه‌ای در اسپانیا به شناسایی نقاط قوت و ضعف راهکار نمک‌زدایی پرداخته و به منظور پایداری توسعه سیستم گلخانه آب شور، دغدغه‌های کلیدی مرتبط با آن را مورد بررسی قرار دادند. نتایج این مطالعه موردی نشان داد که سیستم گلخانه آب شور می‌تواند یک منبع مکمل برای رفع محدودیت‌های هیدرولوژیکی جهت تولید محصول باشد.[۸] *آکیناگا و همکاران (۲۰۱۸)* در مطالعه‌ای تولید نمک حاصل از فرآیندهای گلخانه آب شور و کشت گیاهان با ارزش را مورد بررسی قرار دادند که بر اساس نتایج این مطالعه، تولید نمک در این سیستم، بالغ بر ۵/۸ تن در هر مترمربع در سال برآورد گردید.[۶] علی‌رغم مزایای کلی سیستم گلخانه آب شور، بهره‌برداری از این سیستم با مشکلات خاصی همراه است. در این سیستم، املاح و نمک‌های موجود در آب شور پس از تبخیر، روی صفحات تبخیرکننده به جای مانده و موجب گرفتگی و مسدود شدن منافذ آن‌ها و در نتیجه از کار افتادگی، کاهش پتانسیل تبخیرکنندگی و تحمیل هزینه اضافی در دوران بهره‌برداری خواهد گردید.[۱۷]

هدف مطالعه حاضر، ارزیابی نیاز آبی گیاه در سیستم یکپارچه نوین گلخانه و حوضچه تبخیر آب شور[1] بود که طرح آن برای اولین بار در این مطالعه پایه‌ریزی و مطرح شده است. با توجه به ماهیت و نوع کارکرد این سیستم در زمینه کنترل شرایط جوی و افزایش رطوبت نسبی هوا و همچنین با توجه به خصوصیات مورفولوژیکی و فیزیولوژیکی، گیاه ریحان[2] از گیاهان رطوبت‌دوست برای این مطالعه انتخاب شد.

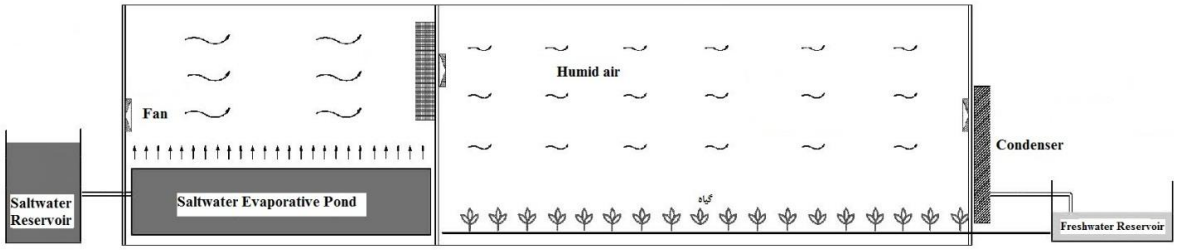
مواد و روش‌ها این مطالعه در سال ۱۳۹۷ تا ۱۳۹۸ و در محل مزرعه تحقیقاتی گروه مهندسی آبیاری و زهکشی پردیس ابوریحان دانشگاه تهران با موقعیت جغرافیایی ′۴۱ °۵۱ طول شرقی و ′۲۸ °۳۵ عرض شمالی و ارتفاع ۱۰۲۰ متری از سطح دریا با متوسط بارندگی ۲۳۰ و تبخیر ۱۳۹۰ میلی‌متر در سال که جزو مناطق اقلیمی نیمه‌خشک محسوب می‌گردد، انجام شد.

در این مطالعه از رقم کشکنی لولو[3] ریحان استفاده شد. ساختار سیستم یکپارچه نوین گلخانه و حوضچه تبخیر آب شور به‌گونه‌ای پیاده‌سازی گردید که نوع عملکرد آن هم‌راستا با سیستم گلخانه آب شور در نظر گرفته شد. این سیستم با ساختاری ساده و با بهره‌گیری از انرژی تابشی خورشید، چرخه هیدرولوژیکی آب در طبیعت را در محیطی کنترل‌شده بازسازی نموده و بسیاری از محدودیت‌های دوره بهره‌برداری سیستم گلخانه آب شور از قبیل گرفتگی صفحات تبخیرکننده، مصرف انرژی و استحصال نمک را مرتفع می‌ساخت (شکل ۱).

این سیستم دارای دو بخش اصلی، شامل محیط کشت گلخانه‌ای و حوضچه تبخیر آب شور بود که در اجرای طرح پایلوت آن، چارچوب گلخانه و حوضچه تبخیر آب شور با اسکلت فلزی احداث گردید و سطح آن‌ها توسط نایلون شفاف پوشش داده شد.

در این سیستم یکپارچه پیشنهادی، حوضچه تبخیر آب شور جایگزین صفحات تبخیرکننده در سیستم گلخانه آب شور شد

[1] Novel Integrated System of Greenhouse and Saltwater Evaporative Pond
[2] basil
[3] Keshkeni Luvelou



شکل ۱) ساختار و اجزای سیستم یکپارچه نوین گلخانه و حوضچه تبخیر آب شور

Figure 1) Structure and components of novel integrated system of greenhouse and saltwater evaporative pond

و فرآیند تبخیر آب شور در حوضچه، توسط به دام انداختن انرژی تابشی خورشید صورت پذیرفت.بر این اساس، رطوبت نسبی هوا در محفظه بالای حوضچه افزایش یافت و توده هوای مرطوب، توسط تجهیزات تهویه به محیط کشت گلخانه‌ای سیستم منتقل گردید (شکل ۱).

سه طرح پایلوت از سیستم یکپارچه پیشنهادی احداث شد که ابعاد محیط کشت گلخانه‌ای در تمامی آن‌ها، یکسان بود و طول حوضچه تبخیر آب شور در طرح‌های پایلوت شماره ۱، ۲ و ۳ به ترتیب ۱، ۲ و ۳ متر در نظر گرفته شد (جدول ۱). همچنین در تعیین ابعاد حوضچه تبخیر آب شور در ساختار طرح‌های پایلوت اجرایی از نتایج مطالعات *احمدی نیک و رحیمی خوب (۲۰۱۴a، ۲۰۱۴b، ۲۰۱۵، ۲۰۱۶a و ۲۰۱۶b)* استفاده گردید.[۱،۲،۳،۴،۵]

با توجه به ماهیت این سیستم جهت کاربرد در مناطق دارای منابع آب شور شامل آب دریا، زه‌آب کشاورزی و غیره، در این مطالعه از منبع آب شور موجود در مزرعه تحقیقاتی قزلاق پردیس ابوریحان که مشخصات کیفی آن در جدول ۲ ارایه شده است، جهت تبخیر در حوضچه استفاده گردید تا نتایج مطالعه با شرایط واقعی مطابقت داشته باشد. بر اساس طبقه‌بندی کیفی آب از سوی سازمان خواروبار جهانی، آب مورد استفاده در گروه آب‌های خیلی‌شور[1]قرار داشت.

بذر ریحان ابتدا در سینی نشاء کاشته شد و پس از جوانه‌زنی و سبز شدن، عملیات تنک‌کاری بوته‌ها طی چند مرحله صورت پذیرفت. پس از رشد اولیه محصول و چهار تا شش برگی‌شدن گیاه، نسبت به آماده‌سازی گلدان‌ها اقدام شد و بوته‌های ریحان به داخل گلدان‌ها منتقل گردید.

بستر کشت محصول در گلخانه، با خاک دارای بافت سیلتی لوم بود که با کود حیوانی، ماسه و مواد آلی با با نسبت ترکیب به‌ترتیب ۶۰، ۲۰، ۱۰ و ۱۰٪ مخلوط گردید. به منظور برنامه‌ریزی آبیاری، تعیین نقطه رطوبتی حد ظرفیت زراعی و نقطه پژمردگی خاک مذکور با دستگاه صفحات فشار ی[2] و استفاده از گیاه آفتابگردان صورت پذیرفت که مشخصات آن در جدول ۳ ارایه گردیده است.

عملیات آبیاری با تأمین کامل نیاز آبی گیاه به صورت روزانه انجام شد. همچنین به منظور تعیین تبخیر تعرق و نیاز آبی محصول به صورت روزانه از روش وزنی توسط میکرولایسیمتر[3]استفاده گردید. در طول مراحل رشد، وزن گلدان‌ها در پایان هر روز

[1] highly saline
[2] pressure plates
[3] icrolysimeter

اندازه‌گیری گردید و تأمین رطوبت خاک درون گلدان‌ها تا حد رطوبت ظرفیت زراعی مدنظر قرار گرفت، به‌گونه‌ای که زهابی از ته گلدان‌ها خارج نمی‌شد و مقدار کمبود رطوبت خاک در پایان هر روز، نسبت به حد ظرفیت زراعی در هر گلدان، به عنوان نیاز آبی محصول و مبنای برنامه‌ریزی آبیاری قرار گرفت. مشخصات کیفی آب مورد استفاده در مطالعه، جهت آبیاری محصول در جدول ۴ آورده شده است. مطابق جدول ۵ دوره پژوهشی این مطالعه شامل دو کشت محصول ریحان در محیط کشت گلخانه‌ای در طرح‌های پایلوت سیستم یکپارچه پیشنهادی بود که از زمان انتقال بوته‌ها به گلدان تا زمان برداشت محصول به طول انجامید. همچنین در طول دوره پژوهش، پایش و اندازه‌گیری پارامترها و داده‌های مورد نیاز مستخرج از بهره‌برداری طرح‌های پایلوت، شامل دما، رطوبت، تبخیر تعرق مرجع، نیاز آبی و عملکرد محصول توسط تجهیزات و دستگاه‌های دیجیتالی دقیق صورت پذیرفت که تمامی این تجهیزات، توسط مدارهای الکتریکی مورد نیاز به دستگاه‌های ثبت داده متصل شد و داده‌ها و اطلاعات اندازه‌گیری شده با توجه به اهمیت و ضرورت آن‌ها در بازه‌های زمانی لحظه‌ای، ساعتی و روزانه ثبت و ذخیره گردید.

در این مطالعه از روش آنالیز واریانس تک‌عامله جهت مقایسه میانگین گروهی داده‌های روزانه نیاز آبی گیاه استفاده شد. برای این منظور از نرم‌افزار SAS ver. 9.1 و با استفاده از روش اندازه‌گیری تکراری و آمیخته استفاده شد.

جدول ۱) مشخصات ابعادی اجزای طرح پایلوت سیستم یکپارچه نوین گلخانه و حوضچه تبخیر آب شور

Table 1) Dimensional specifications of pilot project components of novel integrated system of greenhouse and saltwater evaporative pond

Pilot project no.	saltwater evaporative pond			greenhouse media		
	length*width(m*m)	height (m)	area (m^2)	length*width(m*m)	height (m)	area (m^2)
1	1*2	3	2	4*2	3	8
2	2*2	3	4	4*2	3	8
3	3*2	3	6	4*2	3	8

جدول ۲) مشخصات کیفی آب شور مورد استفاده جهت تبخیر در حوضچه تبخیر آب شور

Table 2) Quality characteristics of saltwater used for evaporation in saltwater evaporative pond

EC (ds/m)	TDS (ppm)	pH
10.5	7150	7.48

جدول ۳) مشخصات فیزیکی و شیمیایی خاک گلدان

Table 3) Physical and chemical properties of pot soil

Soil Texture	Θfc (%)	Θpwp (%)	Θs (%)	ρb (gr/cm^3)
Silty loam	18.12	8.37	44.64	1.36

جدول ۴) مشخصات کیفی آب مورد استفاده جهت آبیاری محصول

Table 4) Water qualitative parameters used for Irrigation

EC (dS/m)	pH	Na (meq/lit)	Ca+Mg (meq/lit)	SAR
1.1	7.2	2.9	16	1.02

Table 5) Crop Calendar in Study **جدول ۵) تقویم زراعی محصول مورد مطالعه**

Cultivation	time		
	seed planting	transfer to greenhouse	harvest
First cultivation	5 August, 2018	26 August, 2018	26 September, 2019
Second cultivation	6 September, 2018	27 September, 2018	27 October, 2018

نتایج و بحث در دوره مطالعاتی و دو دوره کشت محصول متوسط دما و رطوبت نسبی هوا در فضای باز به ترتیب ۲۴ درجه سلسیوس و ۳۸٪ بود در حالی که متوسط پارامترهای مذکور در محیط کشت گلخانه‌ای در طرح پایلوت شماره ۱ به ترتیب ۲۹ درجه سلسیوس و ۷۰٪، طرح پایلوت شماره ۲ به ترتیب ۲۸ درجه سلسیوس و ۷۸٪ و طرح پایلوت شماره ۳ به ترتیب ۲۷ درجه سلسیوس و ۸۹٪ اندازه‌گیری گردید.

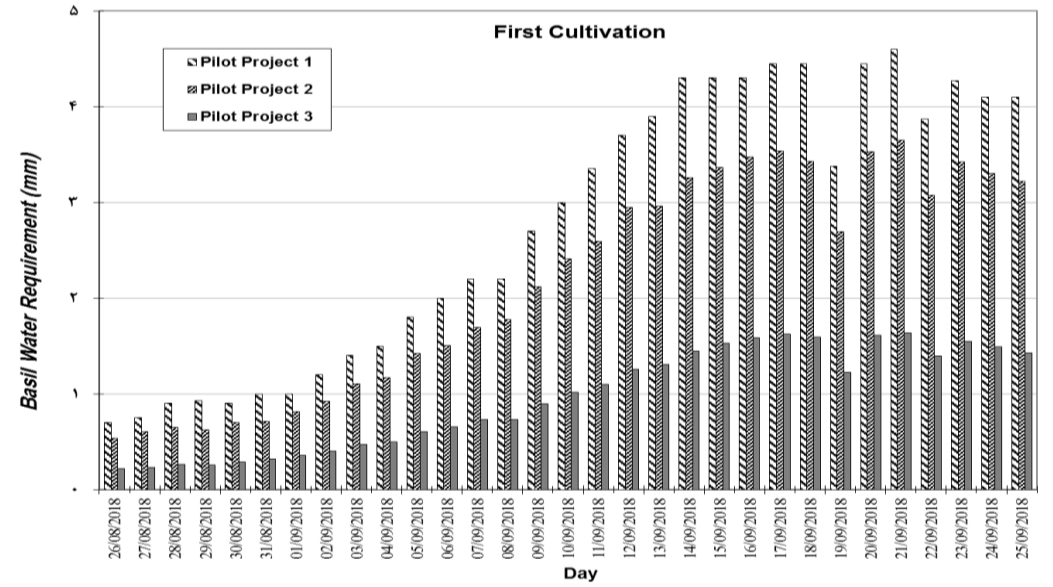
حداقل، حداکثر، متوسط و مجموع مقادیر روزانه نیاز آبی گیاه ریحان در محیط کشت گلخانه‌ای طرح‌های پایلوت اجرایی سیستم یکپارچه پیشنهادی در دوره اول و دوم کشت محصول در جدول ۶ ارایه گردیده است. در تمامی روزهای مربوط به کشت اول و دوم محصول، نیاز آبی روزانه گیاه ریحان در محیط کشت گلخانه‌ای طرح پایلوت شماره ۳ از مقادیر کمتری نسبت به طرح پایلوت شماره ۱ و ۲ برخوردار بود و در مقابل طرح پایلوت شماره ۱، بیشترین مقادیر نیاز آبی محصول در کل روزهای دو دوره کشت را به خود اختصاص داده است (شکل ۱ و ۲).

بر اساس نتایج، تغییرات مقادیر روزانه نیاز آبی گیاه ریحان در محیط کشت گلخانه‌ای طرح‌های پایلوت، از روند یکسانی پیروی می‌کند. این در حالی است که مقادیر روزانه این پارامتر با افزایش طول حوضچه تبخیر آب شور در ساختار طرح‌های پایلوت اجرایی، کاهش می‌یابد (شکل ۱ و ۲).

در مقایسه مقادیر نیاز آبی گیاه ریحان در محیط کشت گلخانه‌ای طرح‌های پایلوت، اختلاف میانگین مقادیر روزانه نیاز آبی گیاه ریحان در محیط کشت گلخانه‌ای طرح‌های پایلوت شماره ۱، ۲ و ۳ در سطح ۱٪ معنی‌دار بود. به طور کلی، با تغییر ابعاد حوضچه تبخیر آب شور در ساختار سیستم یکپارچه نوین گلخانه و حوضچه تبخیر آب شور، نیاز آبی محصول در محیط کشت گلخانه‌ای این سیستم به صورت معنی‌داری تفاوت داشت (جدول ۷).

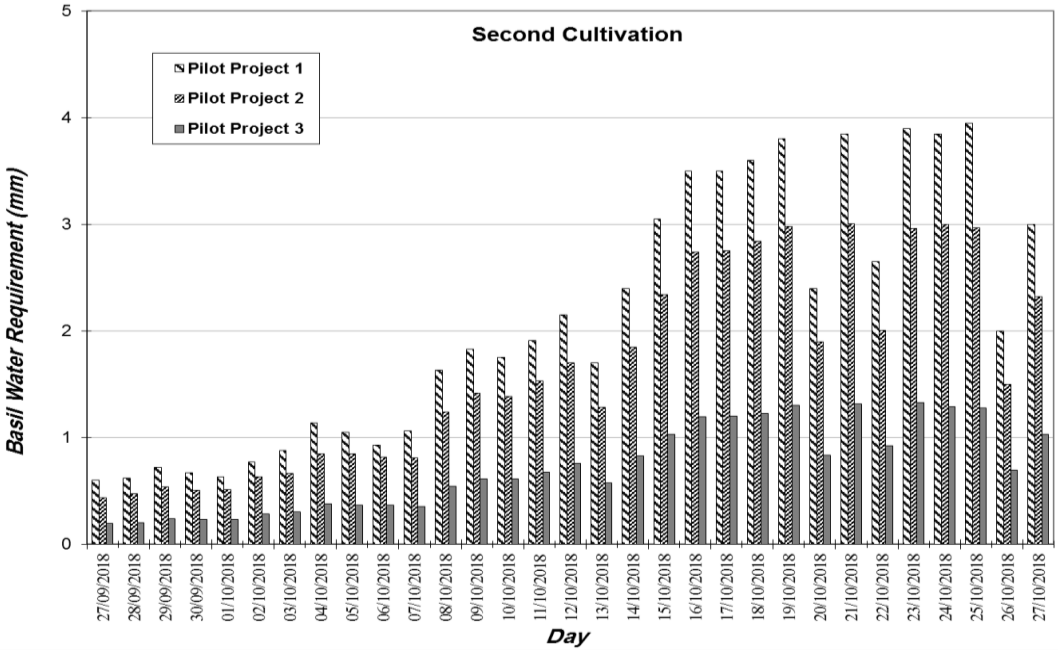
علت معنی‌دار بودن مقادیر نیاز آبی ریحان در محیط کشت گلخانه‌ای طرح‌های پایلوت سیستم یکپارچه پیشنهادی را می‌توان در متفاوت بودن شرایط جوی هوا در این محیط‌ها دانست. همانگونه که بیان گردید میانگین رطوبت نسبی هوا در دوره مطالعاتی در محیط کشت گلخانه‌ای طرح پایلوت شماره ۳ به مراتب بیشتر از مقادیر این پارامتر در طرح‌های پایلوت شماره ۲ و ۱ است. به بیانی دیگر بالابودن رطوبت نسبی هوا در محیط کشت محصول را می‌توان از تأثیرگذارترین عوامل در کاهش نیاز آبی گیاه محسوب نمود.

در مطالعات *سابلانی و همکاران (۲۰۰۳)* و *محمودی و همکاران (۲۰۰۳)* که بر روی تأثیر ابعاد گلخانه آب شور در زمینه تولید آب و مصرف انرژی انجام شد نتیجه‌گیری گردید که تغییرات ابعاد گلخانه بیشترین تأثیر را در تولید آب شیرین و مصرف انرژی دارد. در مقایسه یافته‌های مطالعه حاضر با یافته‌های مطالعات مذکور، مشاهده می‌گردد که نتایج این مطالعات هم‌خوانی داشته و تغییرات در ابعاد اجزای این سیستم‌ها از



شکل ۲) تغییرات روزانه نیاز آبی محصول ریحان در دوره کشت اول

Figure 2) Daily variations in water requirement of basil during the first cultivation



شکل ۳) تغییرات روزانه نیاز آبی محصول ریحان در دوره کشت دوم

Figure 3) Daily variations in water requirement of basil during the second cultivation

جدول ۶) مقادیر نیاز آبی محصول ریحان در محیط کشت گلخانه‌ای طرح‌های پایلوت در دو دوره کشت

Table 6) Water Requirement of Basil in the Greenhouse media of pilot Projects in two cultivation periods

Crop water requirement (mm)	first cultivation			second cultivation		
	pilot project1	pilot project2	pilot project3	pilot project	pilot project	pilot project3
Daily minimum	0.70	0.54	0.22	0.60	0.44	0.20
Daily maximum	4.60	3.65	1.63	3.95	3.01	1.33
Daily average	2.76	2.17	0.96	2.11	1.64	0.72
Total	85.70	67.21	29.73	65.49	50.81	22.41

جدول ۷) آنالیز واریانس مقادیر نیاز آبی محصول ریحان در محیط کشت گلخانه‌ای طرح‌های پایلوت

Table 7) Variance analysis of water requirement of basil in the greenhouse media of pilot projects

Treatment	Pilot Project name			MSE	P value
	Pilot Project 1	Pilot Project 2	Pilot Project 3		
Crop water requirement	2.4 a	1.9 b	0.8 c	1.06	< 0.0001

حروف مشابه در هر ستون نشان‌دهنده عدم وجود اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۱٪ با آزمون دانکن می‌باشد.

Similar letters in each column shows non- significant difference according to Duncan test at 1% level.

اثرگذاری بالایی در عملکرد آن‌ها در زمینه‌های مختلف (نیاز آبی گیاه، تولید آب شیرین و مصرف انرژی) برخوردار می‌باشد.

در این مطالعه، پیشنهاد می‌گردد با در نظر گرفتن ملاحظات اقتصادی، به منظور افزایش رطوبت نسبی هوا و کاهش مصرف آب جهت تأمین نیاز آبی محصول در سیستم یکپارچه نوین گلخانه و حوضچه تبخیر آب شور، از حوضچه‌هایی با ابعاد طولانی‌تر استفاده گردد.

نتیجه‌گیری کلی با توجه به تأثیر ابعاد حوضچه بر پارامترهای جوی هوا در طرح‌های پایلوت سیستم یکپارچه نوین گلخانه و حوضچه تبخیر آب شور، تفاوت مقادیر نیاز آبی گیاه ریحان در محیط گلخانه‌ای طرح‌های پایلوت معنی‌دار بود. در این سیستم، افزایش طول حوضچه تبخیر آب شور منجر به کاهش نیاز آبی ریحان در محیط کشت گلخانه‌ای شد. بنابراین، در اجرای تجاری این سیستم، حوضچه‌هایی با طول بزرگتر پیشنهاد می‌گردد.

References

1. Ahmadinik A, Rahimikhoob A (2014a) Evaporation model of solar stills to use in condensation irrigation system. Proceedings of the fourth National Conference on Irrigation and Drainage Networks Management. Ahwaz, Iran. [in Persian with English abstract]
2. Ahmadinik A, Rahimikhoob A (2014b) Condensation irrigation system and solar stills evaporation potential. Proceedings of the fifth National Conference on Water Resources Management. Tehran, Iran. [in Persian with English abstract]
3. Ahmadinik A, Rahimikhoob A (2015) Evaluation of modification Priestley- Taylor and Penman models radiation component to estimate evaporation from solar stills. Iranian Journal of Irrigation and Drainage 9(1): 120-130. [in Persian with English abstract]

4. Ahmadinik A, Rahimikhoob A (2016a) Evaluation of evaporation from solar stills for crop water requirement of maize in South East Tehran. Iranian Water Researches Journal 10(4): 53-61. [in Persian with English abstract]
5. Ahmadinik A, Rahimikhoob A (2016b) Analysis of parameters affecting on the potential of solar stills evaporation. Journal of Water and Soil Conservation 22(5): 203-217. [in Persian with English abstract]
6. Akinaga T, Generalis SC, Paton C, Igobo ON, Davies PA (2018) Brine utilisation for cooling and salt production in wind-driven seawater greenhouses: Design and modelling. Desalination 426: 135-154.
7. Al-Ismaili AM, Jayasuriya H (2016) Seawater greenhouse in Oman: A sustainable technique for freshwater conservation and production. Journal of Renewable and Sustainable Energy Reviews 54: 653-664.
8. Alvarez VM, Ortega MJG, Gorriz BM, Garci MSA, Valero JFM (2017) The use of desalinated seawater for crop irrigation in the Segura River Basin (south-eastern Spain). Desalination 422: 153-164.
9. Anonymous (2009) Global agriculture towards 2050 "How to feed the world in 2050: High-level expert forum on". Food and Agriculture Organization, Rome.
10. Davies PA, Paton C (2004) The Seawater Greenhouse and the Watermaker Condenser. Proceedings of the third International Conference on Heat Powered Cycles. Larnaca, Cyprus.
11. Davies PA, Paton C (2005) The Seawater Greenhouse in the United Arab Emirates: Thermal modelling and evaluation of design options. Desalination 173(2): 103-111.
12. Feitelson E, Rosenthal G (2012) Desalination, space and power: The ramifications of Israel's changing water geography. Geoforum 43(2): 272-284.
13. Goosen MFA, Sablani SS, Al-Hinai H, Paton C, Shayya WH (2001) Humidification-dehumidification desalination: Seawater greenhouse development. Proceedings of the IDA World Congress on Desalination and Water Reuse. Manama, Bahrain.
14. Goosen MFA, Sablani SS, Paton C, Perret J, Al-Nuaimi A, Haffar I, Al-Hinai H, Shayya WH (2003) Solar energy desalination for arid coastal regions: development of a humidification–dehumidification seawater greenhouse. Solar Energy 75(5): 413-419.
15. Heck N, Paytan A, Potts DC, Haddad B, Petersen KL (2017) Management priorities for seawater desalination plants in a marine protected area: A multi-criteria analysis. Marine Policy 86: 64-71.
16. Levidow L, Zaccaria D, Maia R, Vivas E, Todorovic M, Scardigno A (2014) Improving water-efficient irrigation: Prospects and difficulties of innovative practices. Journal of Agricultural Water Management 146:84-94.
17. Ming T, Gong T, de Richter RK, Cai C, Sherif SA (2017) Numerical analysis of seawater desalination based on a solar chimney power plant. Applied Energy 208: 1258-1273.
18. Mahmoudi H, Abdul-Wahab S, Goosen MFA, Ouaged A, Sablani SS, Spahis N (2007) Wind energy systems adapted to the seawater greenhouse desalination unit designed for arid coastal countries. Journal of Revue des Energies Renouvelables 10(1): 19 -30.
19. Mahmoudi H, Abdul-Wahab SA, Goosen MFA, Sablani SS, Perret J, Ouagued A, Spahis N (2008) Weather data and analysis of hybrid photovoltaic-wind power generation systems adapted to a seawater greenhouse desalination unit designed for arid coastal countries. Desalination 222(1-3): 119-127.
20. Mahmoudi H, Spahis N, Abdul-Wahab SA, Sablani SS, Goosen MFA (2010) Improving the performance of a seawater greenhouse desalination system by assessment of simulation models for different condensers. Renewable and Sustainable Energy Reviews 14(8): 2182-2188.
21. Omidbaigi R (1997) Approaches to Production and Processing of Medicinal Plants. Tarrahane-e Nashr Publication: Tehran, Iran. [in Persian]
22. Sablani SS, Goosen MFA, Paton C, Shayya WH, Al-Hinai H (2003) Simulation of fresh water production using a humidification–dehumidification seawater greenhouse. Desalination 159(3): 283-288.
23. Seppanen MM (2000) Characterization of freezing tolerance in *Solanum commersonii* (Dun.) with special reference to the relationship between freezing and oxidative stress. PhD Thesis, Department of Plant Production, University of Helsinki, Helsinki, Finland.
24. Tahri T, Abdul-Wahab SA, Bettahar A, Douani M, Al-Hinai H, Al-Mulla Y (2009) Simulation of the condenser of the seawater greenhouse:Part I: Theoretical development. Journal of Thermal Analysis and Calorimetry 96(1): 35-42.
25. Tahri T, Douani M, Abdul-Wahab SA, Amoura M, Bettahar A (2013) Simulation of the vapor mixture condensation in the condenser of seawater greenhouse using two models. Desalination 317: 152-159.
26. Yetilmezsoy K, Abdul-Wahab SA (2014) A composite desirability function-based modeling approach in predicting mass condensate flux of condenser in seawater greenhouse. Desalination 344: 171-180.

Effect of pond dimensions on water requirement of basil in novel integrated system of greenhouse and saltwater evaporation pond

Agroecology Journal
Vol. 15, No. 3 (13- 22)
(autumn 2019)

Ahmad Ahmadinik[1], Ali Rahimikhoob[1], Sasan Aliniaeifard[2]
1 Department of Irrigation and Drainage Engineering, Aboureihan Campus, University of Tehran, Tehran, Iran
✉ ahmadnik25@ut.ac.ir **(corresponding author)**
2 Department of Horticulture, Aboureihan Campus, University of Tehran, Tehran, Iran

Received: 06 June 2019 **Accepted:** 25 September 2019

Abstract Novel integrated system of greenhouse and saltwater evaporation pond is a recently developed idea to provide the possibility of producing freshwater and crop growth in arid and semi-arid areas using saltwater. The system greatly reduces the water requirement of the crop in cultivating environment controlling atmospheric conditions and increasing relative humidity to saturation point. To evaluate the effect of saltwater evaporation pond dimensions on basil water requirements in greenhouse condition of the proposed system, a pilot project was done using pond dimensions of 1, 2, and 3 meter in southeast of Tehran. The average daily requirements of the basil in pilot projects of numbers 1, 2, and 3 in two cultivation periods were measured as 2.4, 1.9, and 0.8 mm, respectively which were significantly different. Increasing the length of saltwater evaporation pond in the system improved system capability to reduce crop water requirement. Therefore, implementation of larger ponds is recommended in commercial scale of this integrated system.

Keywords
- desalination
- evapotranspiration
- greenhouse cultivation
- saltwater resources

This open-access article is distributed under the terms of the Creative Commons-BY-NC-ND which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original author and source are credited.

10.22034/aej.2019.1878218.1112