امکان‌سنجی تأمین آب از رطوبت هوا در استان بوشهر

غلامرضا راهی* [۱]، عبدالنبی عبده کلاه چی [۲]، علی احمدی [۳]، فاطمه توکلی راد [۴]

[۱] مربی پژوهشی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی بوشهر ghrahi@gmail.com

[۲] استادیار پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری

[۳] کارشناس آبخیزداری مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی بوشهر

[۴] کارشناس ارشد اداره کل منابع طبیعی و آبخیزداری استان بوشهر

چکیده

افزایش رو به رشد تلفات منابع آب‌وخاک موجود در عرصه حوزه‌های آبخیز در چند دهه اخیر در اثر بهره‌برداری غیراصولی از منابع شدت فزاینده‌ای یافته ا ست. از آنجائی که بخش مهمی از آبخیزهای ساحلی دارای شرایط اقلیمی گرم و مرطوب (حدود ۷۰ در صد) می‌باشند و کمبود منابع آبی نیز عامل مهمی در تشدید مشکلات موجود در آن‌ها است. دراین‌ارتباط عدم برخورداری از روش‌های علمی و عملی ساکنین آبخیزها در مدیریت بهینه و بهره‌برداری مناسب از ریزش‌های جوی و همچنین رطوبت موجود در هوا نظیر مه و شبنم و آگاهی از ا صول علمی حاکم بر تغییر و تبدیل پارامترهای یاد شده، از عوامل ا صلی در سیر فرایند کاهش د ستر سی به منابع آب در حوزه‌های آبخیز به شمار می‌رود. فر ضیه ا سا سی در این پروژه،امکان سنجی ا ستفاده از رطوبت موجود در هوا در تأمین آب موردنیاز بهره‌برداران رو ستایی و تلفیق آن با د ستگاه‌های سطوح آبگیر باران به‌منظور ا ستفاده در م صارف مختلفی نظیر تو سعه باغات دیم در مناطق خشک و با حداقل بارش سالانه و یا م صارف شرب رو ستایی ا ست. هدف از این تحقیق فراهم نمودن شرایط منا سب ا ستفاده از منابع و انرژی‌های موجود در طبیعت به‌منظور تبدیل رطوبت هوا به آب قابل‌د سترس به‌منظور ا ستفاده چندمنظوره در مناطق شهری و رو ستایی ا ست. در این پژوهش از د ستگاه تبدیل رطوبت هوا به آب ساخت ک شور کانادا ا ستفاده شد. در حقیقت نحوه عملکرد این دستگاه بدین گونه است که رطوبت هوا را از طریق یک پالایه به درون خود می‌کشد و سپس با در اختیار داشتن یک قطعه خنک‌کننده می‌تواند رطوبت موجود در هوا را به قطرات آب تبدیل کند. بر اساس اندازه‌گیری انجام‌شده این دستگاه به‌طور متوسط در شرایط آب‌وهوایی شهر بوشهر توانایی تولید روزانه ۱۵ تا ۳۰ لیتر آب را دارا هست.

کلید واژگان: رطوبت هوا، امکان‌سنجی، آب، استان بوشهر.

مقدمه

با پیشرفت و توسعه زندگی بشر خصوصاً در چند دهه اخیر، تحولاتی عظیم و بنیادین در نوع زندگی بشر و نحوه نگرش به طبیعت و جهان هستی ایجاد گردیده است. این موضوع با تأثیرگذاری بر الگوی رفتاری انسان‌ها، موجبات بروز وضعیت‌های جدیدی را در محیط طبیعی آن‌ها فراهم نموده است که آسیب‌های زیست‌محیطی در سطح ملی، منطقه‌ای و جهانی از پیامدهای مهم آن به شمار می‌رود. از جمله عوامل مؤثر در بروز خسارات زیست‌محیطی را می‌توان به افزایش رو به رشد جمعیت و نیاز روزافزون به جایگزینی و توسعه منابع جدید غذائی اشاره نمود. بر این اساس کاهش روند سریع تخریب منابع و فراهم نمودن زمینه‌های مناسب جهت دستیابی به توسعه پایدار، مستلزم ارائه الگوهای علمی و عملی مبتنی بر فرهنگ آبخیزنشینان است. در این راستا استفاده از فناوری‌های نوین و سامانه‌های سطوح آبگیر باران به‌منظور تأمین آب موردنیاز جوامع شهری و روستایی به‌عنوان یک راه‌کار اساسی موردتوجه قرارگرفته است.

بررسی‌های انجام شده نشان می‌دهد که حجم سالانه ریزش‌های جوی در ایران حدود ۴۱۳ میلیارد مترمکعب برآورد شده است. از این مقدار، ۳۵ میلیارد مترمکعب به‌صورت طبیعی سفره‌های آب زیرزمینی را تغذیه می‌نماید. از مقدار، باقی‌مانده حدود ۳۳ میلیارد مترمکعب آب نیز برای مصارف مختلف و با استفاده از شیوه‌های متنوع ازجمله سدهای بزرگ، استحصال شده. اینک چنانچه هدر رفت ۲۸۴ میلیارد مترمکعب از متوسط بارندگی‌های سالانه برای تبخیر و تعرق به‌وسیله گیاهان همراه با تبخیر مستقیم از خاک و امثال آن در نظر گرفته شود، از مجموع ۴۱۳ میلیارد مترمکعب آب دریافتی در کشور، رقمی معادل ۶۱ میلیارد مترمکعب در سال به‌صورت سیلاب‌ها و رواناب‌های مخرب از دسترس خارج می‌شود. (۲)

هرچند ارقام مذکور بسیار خوش‌بینانه برآورد شده‌اند، اما با پذیرش هدر رفت ۶۱ میلیارد مترمکعب آب (مجله آب و توسعه، ۱۳۶۸) و ۲ میلیارد تن خاک، (کد خبر ۵۲۵۴۹۵ آفتاب ۱۳۹۷) غیرقابل‌جایگزینی، می‌توان به عمق فاجعه جبران‌ناپذیر در کشور پی برد. در شرایط فعلی از مجموع ۹۵ میلیارد مترمکعب آب استحصالی سالانه در ایران، بیش از ۸۷ میلیارد مترمکعب در بخش کشاورزی استفاده می‌شود که خود دارای راندمانی معادل ۳۰ درصد است.

نظر به اینکه استفاده از نزولات آسمانی در کشور دارای پیشینه تاریخی بوده و ریشه در فرهنگ این مرزوبوم دارد. بر این اساس با توجه به تغییرات ایجادشده در اکوسیستم و محیط‌زیست عرصه‌های طبیعی که عمدتاً ناشی از بهره‌برداری غیراصولی از منابع آب‌وخاک طی چند دهه گذشته است، لزوم بازنگری و بهینه سازی روش‌های تأمین آب از رطوبت هوا و نزولات جوی را ضروری ساخته است. اهمیت این موضوع با توجه به گستره وسیع مناطق خشک و نیمه‌خشک، مناطق بیابانی و کویرها در کشور که عمدتاً با کمبود آب روبرو بوده و عملاً ۹۰٪ درصد از وسعت ۱۶۵ میلیون هکتاری کشور را تحت پوشش‌دارند، به هنگامی ظاهر می‌گردد که ملاحظه می‌شود جمعیت و قطب‌های کشاورزی و دامداری کشور نیز در این‌گونه مناطق متمرکزشده‌اند. از سوی دیگر، آمار موجود حاکی از آن است که مقادیر قابل‌توجهی از نیازهای غذایی کشور در ۶ میلیون هکتار از دیمزارها و ۹ میلیون هکتار از مراتع تأمین می‌گردد. مقادیر ناچیز بارندگی توأم با پراکنش نامناسب آن موجب گشته است که در چنین مناطقی کمبود آب مانع اصلی توسعه قلمداد شود و به دلیل ریزش باران‌های با شدت زیاد، ضمن تشدید فرسایش و کاهش حاصلخیزی خاک، موجب از دست رفتن منابع آبی قابل‌توجهی در حوزه‌های آبخیز گردد.

در همین ارتباط سازمان خواربار و کشاورزی ملل متحد (فائو) اعلام کرد: کمبود آب‌لوله‌کشی و بهداشتی ممکن است به دومین بحران جهانی منجر شود (کد خبر ۳۴۲۱۶ بازتاب ۱۳۸۷). به گزارش شبکه خبر به نقل از پایگاه اطلاع‌رسانی خبرگزاری‌ها رئیس توسعه و اداره آب سازمان خواربار و کشاورزی ملل متحد در گزارشی اعلام کرد: تنش‌های جهانی درباره موضوع آب افزایش‌یافته است به‌اندازه‌ای که کمبود آب‌لوله‌کشی ممکن است به دومین بحران جهانی تبدیل شود. بر اساس این گزارش، در حال حاضر بیش از ۲ میلیارد نفر در جهان به سرویس‌های بهداشتی دسترسی ندارند و یک میلیارد نفر آب تمیز در اختیار ندارند و یک میلیارد نفر نیز در مناطقی که با کمبود آب مواجه هستند، زندگی می‌کنند. بنا بر تحقیقات جدید انجام‌شده، نیاز پایان‌ناپذیر ایران برای آب، در حالی هنوز باقی است که منابع و حفره‌های زیرزمینی این کشور، بسیار سریع‌تر ازآنچه قابل جبران باشد، در حال خشک شدن است؛ این امر باعث نشست بخش عظیمی از زمین‌ها و ترک برداشتن ساختمان‌ها در ایران شده است.

پژوهش انجام‌شده توسط زندی رحمان (۱۳۹۲) در مناطق جنوبی ایران در طی دوره‌ی آماری ۱۰ ساله (۲۰۰۵-۱۹۹۶) در دوره گرم سال که نیاز بیشتری به آب وجود دارد، مناطق جنوبی کشورمان از بندرعباس تا چابهار استعداد بالقوه زیادی جهت استحصال مه دارند.

تحقیق انجام‌شده توسط محمودی همایون و همکاران(۱۳۹۵)در خصوص امکان‌سنجی تأمین آب از رطوبت هوا در جنوب سیستان به نشان داد که رطوبت نسبی بالای ۷۰ درصد در بیشتر ایام سال و وزش باد مداوم شرایط مناسبی جهت استحصال آب از رطوبت هوا در منطقه وجود دارد.

مواد و روش‌ها

به‌منظور اجرای تحقیق بعد از بررسی اولیه، دستگاه در شهر بوشهر در بیرون ساختمان مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی نصب گردید. این دستگاه که طراحی آن در کانادا صورت گرفته ابتدا رطوبت هوا را به درون خود کشیده و پس از عبور دادن آن از طریق کویل‌های کندانسور به آب تبدیل شده، سپس در مخزن دستگاه جمع‌آوری می‌گردد (نوع معمولی دستگاه بین ۲۰ تا ۲۴ لیتر در روز توان تولید آب دارد) هم‌زمان با نصب دستگاه آماربرداری آغاز گردید و تا آذر ۹۲ ادامه یافت. آماربرداری تا یک سال ادامه یافت وهم زمان پارامترهای اقلیمی نیز بررسی گردید و در پایان آمار ثبت‌شده مورد تجزیه‌وتحلیل قرار گرفت. **معیار طراحی در مرحله نخست به دست آوردن دستگاهی برای تولید آب با کمترین میزان انرژی با بیشترین امکان بومی‌سازی و سپس استفاده از سامانه‌های نیمه‌صنعتی بوده است.**شکل‌های (۱ و ۲) موقعیت استان بوشهر و آماربرداری روزانه را نشان می‌دهد.

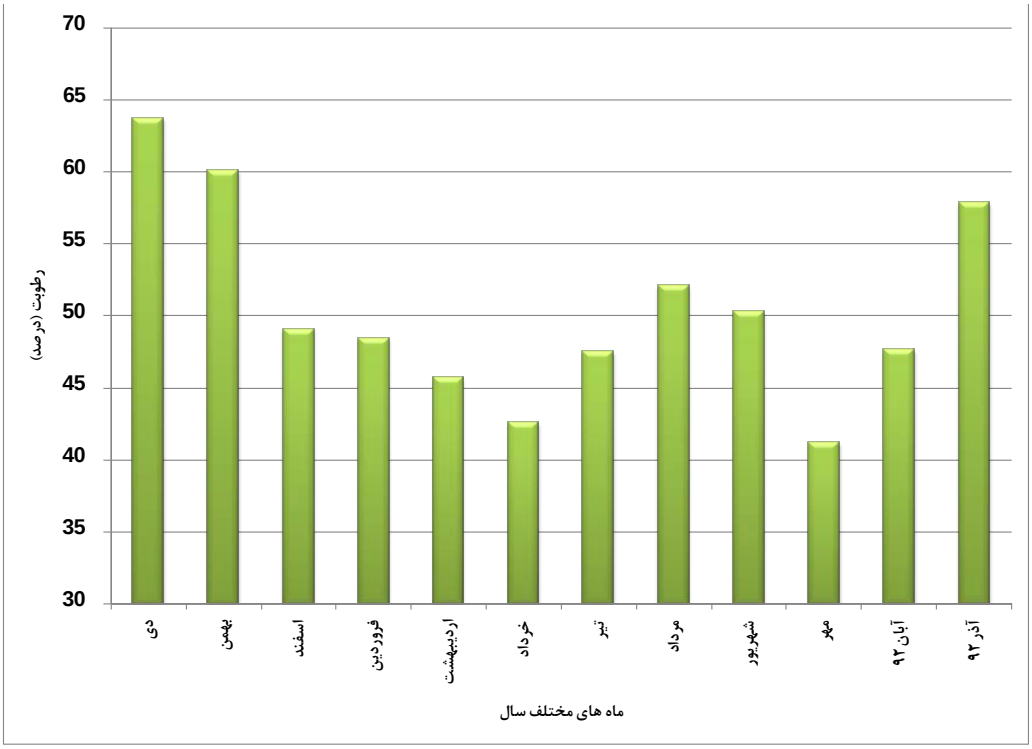
شکل۱-موقعیت استان بوشهر و محل تحقیق

بحث و نتیجه‌گیری

دستگاه مورداستفاده دارای حداکثر توان تولید حدود ۳۰ لیتر در ۲۴ ساعت است که در شرایط مناسب دما و رطوبت (دما ۳۰ درجه و رطوبت ۹۰ درصد) است.(شکل۲)

شکل ۲- نحوه اندازه‌گیری آب تولیدشده بر اساس لیتر در ساعت در طول شبانه‌روز

بر اساس آب تولیدشده در سال‌های آماربرداری (آذر ۱۳۹۱ تا آذر ۱۳۹۲) در ۲۲ بهمن سال ۹۱ حداکثر میزان آب تولیدی از دستگاه به میزان ۱/۷۵ لیتر در ساعت به دست آمد که در این زمان میزان دما ۲۴ درجه سانتی‌گراد و میزان رطوبت ۴۹ درصد ثبت شده ا ست. از طرف دیگر اردیبهشت ۱۳۹۲ با میانگین ۰/۷۳ لیتر در ساعت و میانگین دمای ۳۱/۹۲ درجه سانتی‌گراد و ۴۵/۷۳ درصد رطوبت رده دوم میزان تولید را به خود اختصاص داد. این در حالی است که مرداد با میانگین تولید ۰/۲۸ لیتر در ساعت کمترین میزان تولید آب با میانگین دمای ۳۷/۰۸ درجه سانتی‌گراد و رطوبت ۵۲/۱۲ درصد را نشان داده است.

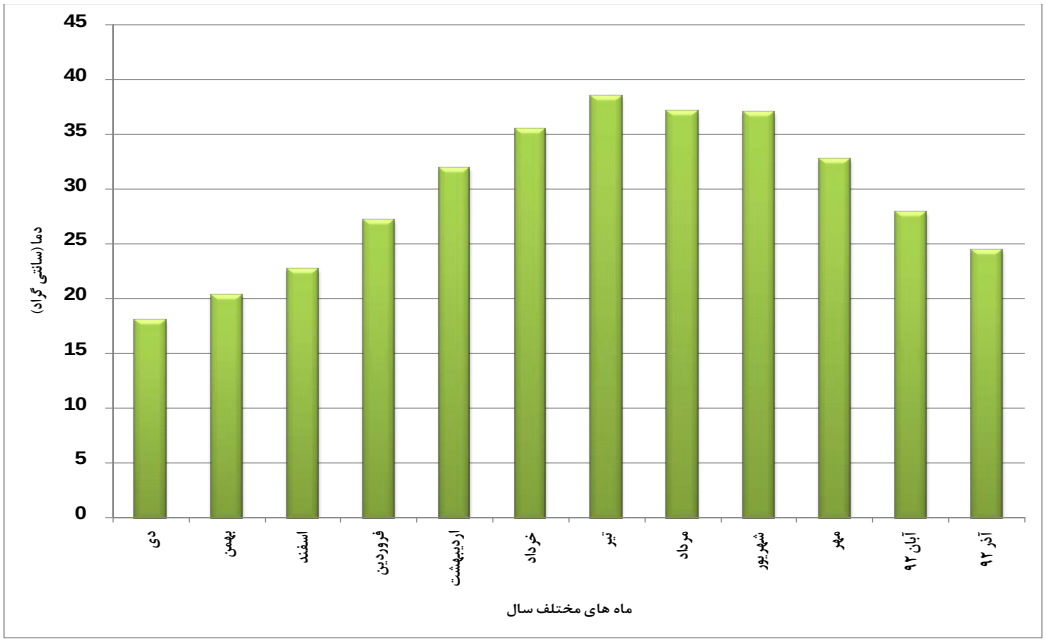


شکل ۳- نمودار آب استحصال‌شده از دستگاه در ماه‌های مختلف سال (برحسب لیتر در ساعت)

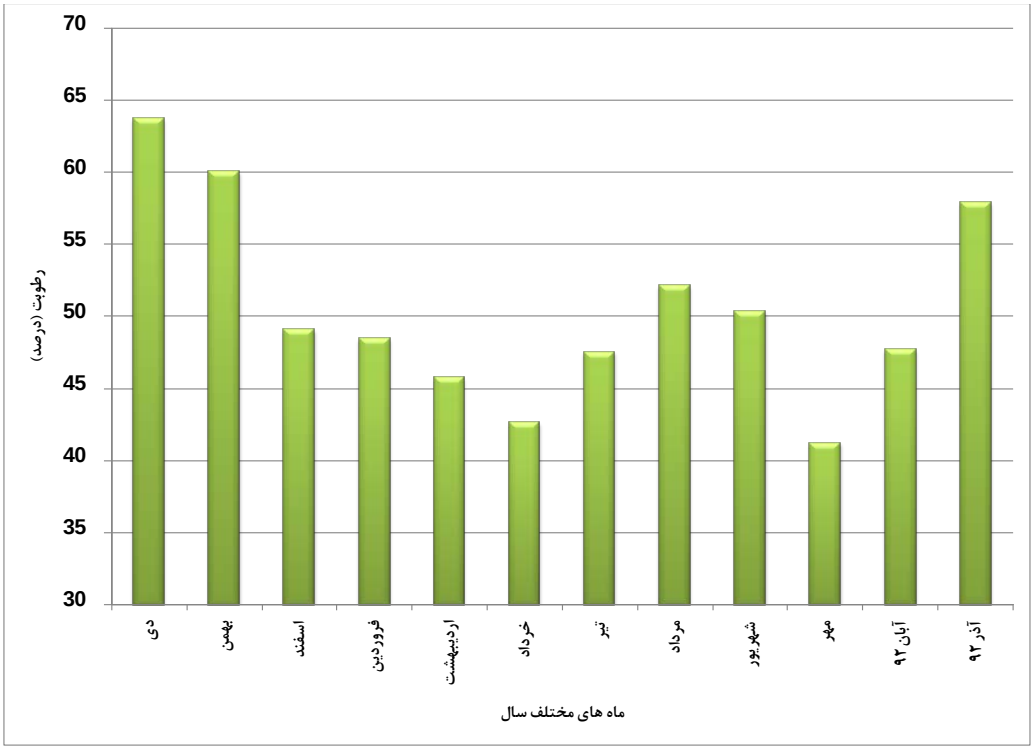
جدول ۱- میزان تولید آب برحسب لیتر در ساعت در ماه‌های مختلف سال

تغییرات ماهیانه آب تولیدی و دما و رطوبت نسبی در طول آماری (آذر ۱۳۹۱ تا آذر ۱۳۹۲)			
ماه‌ها	آب (لیتر در ساعت)	دما (سانتی گراد)	رطوبت (درصد)
دی	۰/۶۷	۱۸/۰۱	۶۳/۷۷
بهمن	۰/۶۲	۲۰/۳۲	۶۰/۰۴
اسفند	۰/۶۶	۲۲/۶۷	۴۹/۰۳
فروردین	۰/۶۹	۲۷/۱۷	۴۸/۴۸
اردیبهشت	۰/۷۳	۳۱/۹۲	۴۵/۷۳
خرداد	۰/۷۲	۳۵/۵۱	۴۲/۶۲
تیر	۰/۴۶	۳۸/۵۲	۴۷/۴۸
مرداد	۰/۲۸	۳۷/۰۸	۵۲/۱۲
شهریور	۰/۳۲	۳۷/۰۲	۵۰/۳۵
مهر	۰/۴۶	۳۲/۷	۴۱/۱۸
آبان ۹۲	۰/۴۷	۲۷/۸۴	۴۷/۶۴
آذر ۹۲	۰/۴۸	۲۴/۴۳	۵۷/۹۲

بر اساس آمار ثبت‌شده، میزان آب استحصال‌شده در طول سال ثابت نبوده و با توجه به دمای هوا، رطوبت نسبی و سایر عوامل مؤثر تغییر می‌کند. بر این اساس در دماهای بالاتر از ۲۵ درجه و رطوبت‌های پایین‌تر از ۳۵ درصد، میزان آب استحصال‌شده کمتر خواهد شد. البته وزش باد نیز باعث جابه‌جایی رطوبت شده و از میزان تولید آب کاسته خواهد شد؛ بنابراین تولید رطوبت در ساعات شبانه‌روز بستگی به شرایط رطوبتی و دمایی و وزش باد دارد.



شکل ۴- تغییرات دما برحسب درجه سانتی گراد در ماه‌های مختلف سال (برحسب درصد)



شکل ۵- تغییرات رطوبت هوا برحسب درصد در ماه‌های مختلف سال

جدول ۲- تغییرات فصلی آب استحصال‌شده از دستگاه

فصل	مقدار آب (لیتر در ساعت)
زمستان	۰/۶۵
بهار	۰/۷۱
تابستان	۰/۳۶
پاییز	۰/۵۳

شکل ۶- تغییرات ماهانه آب استحصال‌شده در طول دوره آماربرداری (برحسب لیتر در ساعت)

نتایج

آمار ثبت‌شده نشان می‌دهد که با نصب دستگاه مذبور در شرایط آب‌وهوایی شهر بوشهر به‌طور متوسط می‌توان ۰/۵۶ لیتر در ساعت آب استحصال نمود. حداکثر آب استحصال شده ۱/۷۲ لیتر در ساعت در ۲۲ بهمن سال ۱۳۹۲ به دست آمد. این آمار بر اساس میانگین تولید آب از دستگاه در طول یک سال محاسبه‌شده است.

کارایی این دستگاه بیشتر در مناطقی است که رطوبت نسبی بالاتر از ۳۵ درصد است؛ و در دماهای پایین‌تر از ۲۸ درجه سانتی‌گراد کارایی بیشتری دارد.

بر اساس اطلاعات دستگاه حداکثر آب تولیدی با دمای ۲۸ درجه سانتی‌گراد و رطوبت نسبی ۹۰ درصد ۲۴ لیتر در ساعت است.

بر اساس آمار هواشناسی میانگین سالانه آب موجود در یک مترمکعب هوای بوشهر، کنگان و دیلم به ترتیب ۱۶/۶، ۹/۸ و ۱۴/۹ گرم در طول دوره آماری بوده است؛ که با تحقیقات زندی در سال ۱۳۹۲ در جنوب ایران مطابقت دارد.

در حالت کلی در تمامی مناطق استان بوشهر حداقل می‌توان ۱۲ درصد آب موجود در هوا را به ازای پنج درجه سردشدگی استحصال نمود. با تحقیقات محمودی جنوب سیستان هم خوانی دارد (۱۰)

مقدار آب موجود در هوا در ماه‌های سرد سال دی و بهمن برای بعضی ایستگاه‌ها حداقل بوده و باگذشت زمان به سمت ماه‌های گرم‌تر افزایش می‌یابد، به‌طوری‌که در ماه شهریور به حداکثر مقدار خود می‌رسد.

با وجود اینکه در ماه‌های تابستان مقدار رطوبت بیشتری در هوا وجود دارد ولی به دلیل عامل محدودکننده دما نسبت به فصل‌های دیگر آب کمتری تولید می‌شود.
مقدار متوسط آب به‌دست‌آمده در ماه‌های مرداد و شهریور ۱۰/۷ و ۹/۱ لیتر و در ماه‌های مهر و آبان ۷/۸ و ۶/۱ لیتر در ۲۴ ساعت از شبانه‌روز در سال ۱۳۹۰ بوده است. (۱)
نتایج آزمایش کیفی آب نشان‌دهنده آن است که آب استحصال‌شده به دلیل کمبود عناصر در ترکیبات خود آب سبکی به شمار آمده و کیفیتی مشابه آب مقطر و دارای PH نزدیک به بازی و با سختی کل بسیار پایین بوده است.
قیمت تمام‌شده آب شرب قابل‌مصرف از سیستم استحصال اعم از هزینه تجهیزات و ساخت و افزودنی عناصر لازم برای هر لیتر ۳۵۰ ریال محاسبه‌شده است. که در مقایسه باقیمت آب‌لوله‌کشی ۳۳/۱ ریال گران ولی با آب‌معدنی ۳۰۰۰ ریال (سال ۹۰) بسیار اقتصادی است.
با توجه به نتایج اندازه‌گیری از سامانه‌های آزمایش‌شده، سیستم آب استحصال از رطوبت هوا را پس از اضافه کردن املاح جهت آب شرب (نه مصارف بهداشتی) قابل‌استفاده برای منطقه موردمطالعه اعلام می‌دارد (۱).
نتایج حاصله از این طرح استفاده از سامانه‌های مشابه برای تولید آب از رطوبت هوا را در مناطق ساحلی استان بوشهر تائید می‌کند.

پیشنهادها

– با توجه به کمبود آب شرب و کشاورزی در استان بوشهر و تأمین ۹۵ درصد آر آب استان از استان‌های هم‌جوار، استحصال آب از رطوبت هوا می‌تواند تا حدودی جبران‌کننده این کمبودها باشد.
– تمامی مناطقی از استان که در معرض رطوبت ساحلی قرار دارند، با داشتن هوای مرطوب در شش ماه از سال می‌توانند مکان‌های مناسبی برای اجرای طرح دستگاه‌های استحصال باشند.
– مقدار آب موجود در هوا در ماه‌های سرد مثل دی و بهمن حداقل بوده و با گرم شدن هوا مقدار آن افزایش می‌یابد و بیشترین مقدار آن در شهریورماه است.

منابع

- اسفندیار نژاد، امیر، ۱۳۹۱. امکان‌سنجی و آمایش سیستم استحصال آب از رطوبت هوا در مناطق ساحلی استان بوشهر، یازدهمین اجلاس هیدرولیک ایران، دانشگاه ارومیه.
- راهی، غلامر ضا،۱۳۹۰. گزارش نهایی طرح تحقیقاتی برر سی ویژگی‌های سواحل استان بوشهر، مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان بوشهر، پژوهشکده آبخیزداری
- روغنی محمد، ۱۳۸۴. گزارش نهایی طرح تحقیقاتی بهینه سازی سیستم‌های سطوح آبگیر (منتشرنشده)، مرکز تحقیقات حفاظت خاک و آبخیزداری.
- زندی رحمان، ۱۳۹۲. استحصال آب از مه با استفاده از انرژی خورشیدی (روش مخزن سرما) اولین همایش انرژی‌های نو و پاک
- خبرگزاری دانشجویان ایران (ایسنا)، ۱۳۸۸. ساخت دستگاه تولید آب از رطوبت هوا.
- شاهینی غلامرضا، ۱۳۸۲. گزارش سالیانه طرح تحقیقاتی بهینه‌سازی سیستم‌های سطوح آبگیر از طریق افزایش ماندگاری رطوبت در پروفیل خاک در استان گلستان.
- سایت اداره کل هواشناسی استان بوشهر http://www.bushehermet.ir
- شعاعی ضیاءالدین، ۱۳۸۲. سیستم‌های سطوح آبگیر باران به‌منظور توسعه پایدار منابع زیست‌محیطی، شورای پژوهش‌های علمی کشور.
- مصطفی‌زاده، بهروز. موسوی، فرهاد. شریف، محمدحسین، ۱۳۷۷. پیشروی جبهه رطوبتی از منبع نقطه‌ای در سطوح شیب‌دار، مجله علوم کشاورزی و منابع طبیعی.
- محمودی، پیمان. خواجه امیری خالدی، چکاوک. سالاری فنودی، محمدر ضا، ۱۳۹۵. مطالعه امکان سنجی تأمین آب از رطوبت هوا در جنوب استان سیستان و بلوچستان نشریه پژوهش‌های حفاظت آب‌وخاک جلد بیست و سوم، شماره دوم، سال ۱۳۹۵
- کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران، ۱۳۷۵. دستورالعمل‌های کم آبیاری. نشریه شماره ۲.

- کمیته تحقیقات آب، سازمان آب منطقه‌ای استان بوشهر،۱۳۹۱. مطالعات امکان سنجی و آزمایش سیستم استحصال آب از رطوبت هوا در مناطق ساحلی بوشهر، منتشرنشده.
- Lalljee B.& S. Facknath. 1999. Water Harvesting and Alternate Sources of Water for Agriculture". PROSI Magazine - September 1999 - N° 368 – Agriculture
- haxson. F. & R. Barber. 2003."Optimizing Soil Moisture for Plant Production" FAO, Consultants Land and Plant Nutrition Management Service.
- Hudson, N.W. (1987). Soil and water conservation in semi-arid areas. FAO Soils Bulletin No. 57.
- Hudson N. 1987. Soil and water conservation in semi-arid areas". FAO,Soil Resources, Management and Conservation Service
- Critchley W. and K. Siegert 1991. Water harvesting" FAO, A Manual for the Design and Construction of Water Harvesting Schemes for Plant Production.