پژوهش در علوم باغبانی
Journal of Reserch in Horticultural Science
جلد۲، شماره۲، پاییز و زمستان ۱۴۰۲ (ص۳۰۶-۲۹۵) Vol. 2, No.2 Autumn and Winter 2023-2024 (295-306)
تارنمای مجله: https://rhsj.areeo.ac.ir مقاله علمی پژوهشی 10.22092/rhsj.2024.365833.1097

پتانسیل تولید آب از مه به منظور آبیاری تکمیلی باغ‌های فندق (*Corylus avellana* L.) در اشکورات شهرستان رودسر

کورش کمالی[1*]، داود جوادی مجدد[1]، میرمسعود خیرخواه زرکش[2]

۱- استادیار، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان گیلان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، رشت، ایران
۲- دانشیار، پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۳/۵ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۵/۸

چکیده

مناطق کوهستانی اشکورات شهرستان رودسر در استان گیلان با بیش از ۱۲۰۰۰ هکتار باغ‌های فندق، به عنوان قطب توسعه فندق کشور محسوب می‌شوند. احداث سامانه‌های سطوح آبگیر باران توسط فندق‌کاران و مدیریت آب سبز، نقش موثری در تامین آب مورد نیاز باغ‌های فندق این مناطق دارد. وجود «مه» نیز پتانسیلی را برای این مناطق فراهم آورده، به‌گونه‌ای که تولید آب از آن می‌تواند مکمّل سایر روش‌ها برای جبران کم‌آبی باشد. دستیابی به منابع آبی جدید و رفع کمبود آب با هزینه‌های نگهداری اندک و بدون تکیه بر مصرف انرژی، نوآوری این پژوهش است. در این پژوهش امکان‌سنجی استفاده از مه در تامین آب مورد نیاز باغ‌های فندق با استقرار شش سامانه عمودی پرده‌ای جمع‌آوری آب از مه بررسی شده است. نتایج این پژوهش با ثبت ۷۶ واقعه مه‌آلود در یک‌سال، عملکرد سامانه‌های جمع‌آوری آب از مه را ۶/۵ لیتر در مترمربع در روز نشان داد. میانگین آب جمع‌آوری شده برای هر مترمربع از جمع‌کننده‌ها ۴۹۲ لیتر در سال بدست آمد. بیشترین میزان آب جمع‌آوری شده در ماه‌های اردیبهشت و مرداد و کمترین آن مربوط به ماه‌های بهمن و دی بود. همچنین میزان آب جمع‌آوری‌شده از هر سامانه یک‌مترمربعی طی دو فصل بهار و تابستان، ۳۵۲ لیتر بود. این میزان آب تولیدی می‌تواند با اجرای ۲۰۰ مترمربع سامانه به همراه رخداد بارش موثر باران در شش‌ماهه اول سال، نیاز آبی درختان فندق را در سنین مختلف یک تا ۱۵ ساله تامین نماید. لذا با توجه به پتانسیل فراوان مه در این مناطق و نیاز باغداران، تولید آب از مه، گام مهمی در تامین آب با کیفیت مناسب برای آبیاری تکمیلی باغ‌های فندق خواهد بود.

واژگان کلیدی: اشکورات، رطوبت هوا، سامانه جمع‌کننده مه، فندق، نیاز آبی.

The potential of water production from fog for supplementary irrigation of hazelnut orchards (*Corylus avellana* L.) in Eshkevarat of Roudsar city

Kourosh Kamali [1*], Davood Javadi Mojaddad [1], Mir Masoud khirkhah Zarkesh [2]

1-Assistant professor, Guilan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization, Rasht, Iran
2-Associate Professor, Soil Conservation and Watershed Management Research Institute, Agricultural Research, Education and Extension Organization, Tehran, Iran

Rceived: May 2024 Accepted: July 2024

Abstract

The mountainous areas of Eshkevarat, Roudsar city, Guilan Province, with more than 12,000 hectares of hazelnut orchards, are considered as the hub of hazelnut development in the country. The construction of rain catchment surface systems by hazelnut growers and green water management plays an effective role in supplying the water needed by hazelnut orchards in these areas. The presence of “fog” also provides potential for these areas, so that water production from it can complement other methods to compensate for water scarcity. Finding new water sources and solving water shortage with low maintenance costs and without relying on energy consumption is the innovation of this research. In this research, the feasibility of using fog to supply the water needed by hazelnut orchards with the establishment of six vertical systems to collect water from fog has been investigated. The results of this research, by registering 76 foggy events in one year, showed the performance of fog water collection systems to be 6.5 (L m^{-2} day^{-1}). The average water collected per square meter from the collectors was 492 (L y^{-1}). The highest amount of water collected was in the months of May and August and the lowest was in the months of February and January. Also, the amount of water collected from each one square meter system during the two seasons of spring and summer was 352 liters. This amount of produced water can supply the water needs of hazelnut trees at different ages of one to 15 years with the implementation of 200 m2 of the system along with the occurrence of effective rain in the first six months of the year. Therefore, considering the abundant potential of fog in these areas and the needs of gardeners, water production from fog will be an important step in providing water with suitable quality for supplemental irrigation of hazelnut gardens.

Keywords: Eshkevarat, Air humidity, Fog Collector, Hazelnut, Water Requirement.

*نویسنده مسئول: kamali_kourosh@yahoo.com

۱-مقدمه

فندق (*Corylus avellana* L.) گیاهی است تک پایه از خانواده بتولاسه[1] (Furlow, 1997)، که در شرایط اکولوژیک حاکم در شمال کشور توانسته است سطح نسبتاً وسیعی از اراضی را زیر پوشش قرار دهد. استان گیلان عمده‌ترین استان تولیدکننده فندق در کشور است؛ بطوری که ۹۰ درصد از زمین‌های تحت کشت فندق و ۸۵ درصد تولید فندق کشور در این استان قرار دارد (جدول ۱). از ۱۹۰۲۴ هکتار سطح زیر کشت فندق استان، بیش از ۷۰ درصد در شهرستان رودسر و از ۲۳۳۶۲ تن تولید فندق استان، بیش از ۷۷ درصد به این شهرستان تعلق دارد (معاونت اقتصادی و برنامه‌ریزی سازمان جهاد کشاورزی گیلان، ۱۳۹۸). وجود رطوبت کافی یکی از عوامل ضروری برای کشت فندق است. در مناطق کوهستانی اشکورات رودسر که به عنوان قطب توسعه فندق کشور شناخته می‌شوند، تامین آب مورد نیاز به منظور آبیاری تکمیلی باغ‌ها و مزارع در ماه‌های بحرانی با بهره‌گیری از موهبت خدادادی مه، استفاده از منابع و انرژی‌های موجود در طبیعت برای سازگاری با کم‌آبی و افزایش توان تاب‌آوری ساکنان و بهره‌برداران این مناطق در سازگاری با بحران کم‌آبی، ضرورت و اهمیت اجرای پژوهش را دوچندان می‌کند.

آبیاری تکمیلی به مفهوم مصرف مقدار محدودی آب در گیاه زراعی در زمان نبود بارندگی است تا آب کافی برای رشد گیاه به منظور افزایش و ثبات عملکرد فراهم شود. به طور متوسط نیاز آبی سالانه محصول فندق[2] ۶۰۰۰ تا ۸۰۰۰ مترمکعب در هکتار است؛ که با توجه به سن درختان، نوع رقم و شرایط آب و هوایی منطقه تعیین می‌شود. هدایت الکتریکی آب آبیاری ۲/۲ میلی‌موس بر سانتی‌متر و دامنه مطلوب اسیدیته آب آبیاری ۷/۵-۶/۵ می‌باشد (معاونت برنامه‌ریزی و نظارت راهبردی رئیس جمهور، ۱۳۸۸). تعداد دفعات آبیاری هر ۷-۱۰ روز یک‌بار در محدوده سایه‌انداز درخت فندق انجام می‌شود. زمان آبیاری نیز از اواسط اردیبهشت تا اواخر شهریورماه می‌باشد (معاونت باغبانی، ۱۳۹۴). در صورتی که میزان بارندگی مناطق توسعه فندق ۷۰۰-۶۰۰ میلی‌متر با پراکنش مناسب در فصول گرم باشد می‌توان به کشت دیم فندق اقدام نمود. در مناطقی که میزان بارندگی کم و پراکنش آن نامناسب است آبیاری تکمیلی درختان فندق در ماه‌های خرداد، تیر و مرداد ضروری است. این میزان آب می‌بایست از طریق نزولات جوی و آبیاری تکمیلی تامین گردد.

در بسیاری از مناطق کوهستانی و مرتفع اشکورات به دلیل ویژگی‌های فیزیوگرافی و توپوگرافی امکان دسترسی به منابع آب زیرزمینی و آب سطحی رودخانه‌ها و یا چشمه‌های طبیعی فراهم نیست. در این راستا باغداران خلاق و تیزهوش این مناطق از تمام ظرفیت‌های محیطی موجود از جمله ایجاد میکروکچمنت در پای درختان فندق و احداث جوی‌تراز به منظور کاشت درختان فندق بر روی خطوط تراز بهره می‌برند (کمالی، ۱۴۰۱؛ کمالی و همکاران، ۱۳۹۹).

در کنار روش‌های متعدد بهره‌گیری از آب باران، یکی از راهکارهای همزیستی با کم آبی، تلاش به‌منظور دستیابی به منابع آبی جدید است. یکی از جنبه‌های چرخه آب در طبیعت که معمولاً نادیده گرفته می‌شود، مه[3] بوده که بخش قابل توجهی از هیدرولوژی مناطق کوهستانی را تشکیل می‌دهد. دستیابی به آب و رفع کمبود آن با هزینه‌های نگهداری کم و بدون تکیه بر مصرف انرژی در مناطقی که رویداد مه شایع است، از اهمیت بالایی برخوردار است (Qadir *et al.*, 2018). وجود مه، پتانسیلی را

1- Betulaceae
2- Hazelnut
3- Fog

جدول ۱- سطح زیر کشت، میزان تولید و عملکرد فندق شهرستان‌های استان گیلان در سال ۱۳۹۸

شهرستان	مجموع سطح زیرکشت (هکتار)	سطح زیرکشت (هکتار)		میزان تولید (تن)		عملکرد (کیلوگرم)	
	(هکتار)	آبی	دیم	آبی	دیم	آبی	دیم
رودسر	۱۲۸۸۸	۷۶۰۵	۵۲۸۳	۱۲۸۰۲	۵۲۹۷	۱۸۰۹	۱۰۳۰
املش	۱۸۳۰	۱۰۹۸	۷۳۲	۱۶۲۰	۸۴۷	۱۵۰۰	۱۲۳۶
سیاهکل	۳۲۲۵	۲۷۶۰	۴۶۵	۱۸۰۰	۱۳۶	۸۸۸	۴۱۲
سایر شهرستان‌ها	۱۰۸۱	۴۷۱	۶۱۰	۴۵۰	۴۱۱	۹۶۰	۶۹۸
استان	۱۹۰۲۴	۱۱۹۳۴	۷۰۹۰	۱۶۶۷۲	۶۶۹۱	۱۵۶۵	۹۹۱

ماخذ: معاونت اقتصادی و برنامه‌ریزی سازمان جهاد کشاورزی گیلان، ۱۳۹۸

برای مناطق کوهستانی اشکورات فراهم آورده است، به‌گونه‌ای که تولید آب از آن می‌تواند مکمل سایر روش‌ها برای جبران کم آبی در این مناطق باشد.

روش‌های جمع‌آوری آب از مه نسبتاً ساده و شامل استفاده از تورهای مشبک متصل به یک قاب محکم است. با عبور مه از تورهای مشبک، قطرات مه بر روی توده رسوب و تجمع کرده و در نهایت از تورهای مشبک به داخل ناودان‌هایی که به مخزن جمع‌آوری هدایت می‌شود، جاری می‌گردد. هنگامی‌که قطرات آب موجود در مه به توری برخورد می‌کنند، موجب تراکم و انباشته شدن روی هم می‌شوند، در نهایت جریان نازکی از آب توسط نیروی گرانشی از تورهای مشبک به داخل ناودان‌هایی که به مخزن جمع‌آوری هدایت می‌شود، جاری می‌گردد. استفاده از جمع‌کننده‌های سه بعدی و عمودی شکل پرده‌ای در بهبود کارایی و افزایش عملکرد آن‌ها در جمع‌آوری حجم قابل توجهی از آب تاثیر بسزایی دارد. زیرا ساخت آن‌ها به مراتب راحت‌تر بوده و می‌توان با هر تعداد لایه، این جمع‌کننده‌ها را ساخت. جمع‌کننده‌های چند لایه به‌طور قابل توجهی راندمان جمع‌آوری مه را افزایش می‌دهند (Lummerich and Tiedemann, 2010).

بررسی پروژه‌های اجرا شده در کشورهای مختلف مبین جمع‌آوری حجم قابل توجهی آب از این روش می‌باشد. متوسط عملکرد برداشت آب از مه بر حسب (لیتر/مترمربع/روز) در شیلی ۳، نامیبیا ۲/۴، عربستان ۴، آفریقای جنوبی ۴/۶، نپال ۶/۸، پرو ۹، عمان ۲۰، جزایر قناری ۹/۵ و مراکش ۷/۱ لیتر/مترمربع/روز است (Domen *et al.*, 2014). موسوی (Mousavi, 2008) نیز عملکرد سامانه‌های جمع‌کننده آب از مه را در ارتفاعات کوهستانی شمال شرق کشور در استان خراسان شمالی، بین ۰/۵ تا ۳/۳ لیتر در مترمربع در روز گزارش کرده است. رحیمی (Rahimi, 2012) با بررسی ۱۱۵ ایستگاه سینوپتیک هواشناسی کشور ایران در بازه زمانی ۴۰ ساله (۱۹۶۰ تا ۲۰۰۵) بر قابلیت تولید آب از مه تاکید نموده است. در کشور ایران آستارا با ۲۲۰ روز و جزیره کیش با ۲۱۳ روز همراه با مه، بیشترین طول فصل مه را دارا می‌باشند.

ایده تولید آب[1] از رطوبت موجود در هوا از قرن‌ها پیش و شاید از آغاز زراعت و کشاورزی، ذهن بشر را به خود مشغول کرده است. بومیان فلسطین در اطراف تاکستان‌های خود دیوارهای کندویی دایره‌ای شکل می‌ساختند که این دیواره‌ها موجبات استحصال شبنم و مه را در تاکستان فراهم می‌کرد (Nelson, 2003). در جزایر قناری نیز آب جمع‌آوری شده از شاخ و برگ درختان، برای سال‌ها تنها منبع آب برای

1- Water harvesting

انسان‌ها و حیوانات به کار می‌رفت (Schemenauer and Cereceda, 1994). معمولاً کاربردهای آبِ مه عمدتاً شامل رفع نیازهای شرب و احیای مناطق جنگلی است. دلیل استفاده محدود از آب مه برای کاربردهای کشاورزی، تقاضای نسبتاً زیاد آب در بخش کشاورزی است. با این وجود می توان از آب مه برای آبیاری تکمیلی اراضی و باغ‌های دیم استفاده نمود. استرلا و همکاران (Estrela *et al.,* 2009) از آب جمع‌آوری شده توسط یک جمع‌کننده مه بزرگ برای بازسازی یک منطقه جنگلی در کوه‌های والنسیا (اسپانیا) استفاده کردند. عملکرد جمع‌آوری آب توسط این سامانه بزرگ، ۳/۳ لیتر در متر مربع در روز بود. نتایج این بررسی نشان داد که آبیاری بخشی از نهال‌های واکاری شده برای احیای جنگل با آب مه، موجب افزایش میزان بقا و عملکرد گونه‌های کاشته شده می‌شود.

نتایج پژوهش هارب و همکاران (Harb *et al.,* 2016) در بررسی استفاده از آب جمع‌آوری شده از دو جمع‌کننده آب مه برای آبیاری قطره‌ای بادام زمینی در مصر، نشان داد که عملکرد این محصول با میزان آب جمع‌آوری شده از سامانه دولایه‌ای نسبت به سامانه تک‌لایه مش پروپیلن، متفاوت است. کاریا و همکاران (Carrera-Villacres *et al.,* 2017) از سیستم جمع‌آوری آب مه برای تامین بخشی از نیاز آبی محصولات کشاورزی اکوادور (به ویژه ذرت) استفاده نمودند. در این پژوهش، عملکرد سامانه‌های جمع‌آوری آب مه ۵ تا ۲۰ لیتر در متر مربع برای روزهای مختلف سال گزارش شد؛ که این میزان آب جمع‌آوری شده قادر به تامین حدود ۵ درصد نیاز آبی محصولات کشاورزی منطقه بود.

در کشور عمان که در مجاورت دریای عمان واقع شده است؛ با نصب دستگاه‌های بزرگ جمع‌آوری مه، پروژه تولید آب از رطوبت هوا در منطقه ظفار که ارتفاعی حدود ۹۰۰ الی ۱۰۰۰ متر دارد به مرحله اجرا گذاشته شد. نتایج حاصل از این پروژه نشان داد که برای یک دوره سه ماهه مقدار آب به دست آمده حدود ۳۰ لیتر در روز بوده است (Abdul-Wahab and Lea, 2008). برای مثال از دو درخت زیتون کوچک مجاور هم در ناحیه ظفار در عمان بطور متوسط مقدار آب حاصله برابر ۸۶۰ لیتر در روز بطور متوسط برای یک دوره ۷۹ روزه در سال ۱۹۸۹ و ۵۸۰ لیتر در روز در یک دوره زمانی ۸۳ روزه در سال ۱۹۹۰ بصورت قطره چکیده شد. این درختان در یک محیط بادی قرار گرفته بودند و به صورت تقریباً ثابتی در مه و باران قرار داشتند.

پتانسیل برداشت آب مه و استفاده از آن در آبیاری تکمیلی محصولات دیم (گندم زمستانه) در منطقه آبی‌بیگلو، اردبیل توسط کانونی و کوهان (Kanooni and Kohan, 2023) مورد بررسی قرار گرفت. نتایج این بررسی نشان داد که میانگین روزانه آب جمع‌شده از مه (۳/۶ لیتر در متر مربع در روز) می‌تواند در دوره مورد مطالعه برای نیاز آبی گندم مورد استفاده قرار گیرد. در دو سناریوی آبیاری تکمیلی با ۳۰ و ۶۰ میلی‌متر آب جمع‌آوری شده، با استفاده از مدل AquaCrop در شرایط خشک و نرمال، ۲۶ و ۳۴ درصد کمبود آب برای کشاورزی گندم توسط آب مه تأمین شد که منجر به افزایش عملکرد محصول به ترتیب ۰/۶ و ۱/۷ تن در هکتار گردید.

در منطقه اشکورات شهرستان رودسر نیز وجود مناطقی با بیش از ۵۰ روز مه‌آلودگی فرصت مناسبی برای جمع‌آوری آن برای مصارف باغداری فراهم آورده است. این نوشتار به دنبال پاسخ به این پرسش است که آیا تولید آب از مه در منطقه اشکورات شهرستان رودسر، می‌تواند پاسخگوی تامین بخشی از نیاز آبی درختان فندق و آبیاری تکمیلی آن در ماه‌های بحرانی باشد؟ در مجموع می‌توان گفت با توجه به

پتانسیل فراوان مه و رطوبت در برخی مناطق جهان به ویژه در مناطق شمالی ایران و نیاز جوامع محلی به آن، تولید آب از این منبع، گامی مهم در تامین آبِ با کیفیت مناسب برای نیازهای آبیاری و سایر مصارف می‌باشد. دستیابی به منابع آبی جدید و رفع کمبود آب با هزینه‌های نگهداری اندک و بدون تکیه بر مصرف انرژی به منظور آبیاری تکمیلی باغ‌های فندق و افزایش توان تاب‌آوری بهره‌برداران منطقه کوهستانی اشکورات شهرستان رودسر در سازگاری با بحران کم آبی، نوآوری و هدف این پژوهش است.

۲-مواد و روش‌ها

۲-۱-منطقه اجرای پژوهش

اشکور، یک منطقه کوهستانی و ییلاقی است که در امتداد رشته کوه البرز واقع شده است. عمده مناطق فندق‌کاری استان در ارتفاعات اشکورات شهرستان رودسر واقع شده بطوری‌که بیش از ۱۲هزار هکتار از سطح زیرکشت فندق در این مناطق می‌باشد. این منطقه، درصد بالایی از نیاز ایران به فندق را تامین می‌کند و از این نظر، مقام اول را در کشور داراست. محل اجرای این پروژه در روستای ویشکی از توابع بخش رحیم‌آباد شهرستان رودسر در استان گیلان واقع شده است (جدول ۲). شکل (۱) نمایی از منطقه مورد پژوهش را در کشور ایران، استان گیلان و شهرستان رودسر و شکل (۲) گستره باغ‌های فندق را در روستای ویشکی نشان می‌دهد.

۲-۲- محل‌های مناسب نصب سامانه‌های جمع‌آوری مه

بهترین روش برای انتخاب مکان‌های مستعد تولید آب از مه استفاده از نقشه‌ها و داده‌های هواشناسی است، که با استخراج تعداد روزهای ابرناکی در منطقه

جدول ۲- موقعیت جغرافیایی منطقه اجرای پروژه در بخش رحیم‌آباد، شهرستان رودسر، استان گیلان

نام روستا	دهستان	ارتفاع از سطح دریا (m)	طول جغرافیایی (UTM)	عرض جغرافیایی (UTM)
ویشکی	اشکور علیا	۱۷۲۰	۴۴۰۴۳۱	۴۰۶۷۵۰۸

شکل ۱- نمایی از منطقه اجرای پژوهش در کشور ایران، استان گیلان و شهرستان رودسر

شکل ۲- نمایی از روستای ویشکی در محاصره باغ‌های فندق (عکس: عبداله کیوانی)

مورد مطالعه بتوان محل استقرار سامانه‌های جمع‌آوری رطوبت هوا را تعیین نمود. آگاهی از جهت و سرعت باد غالب نیز در موفقیت طرح تاثیر به سزایی دارد.

بررسی اطلاعات ایستگاه هواشناسی سینوپتیک دیلمان در منطقه کوهستانی استان گیلان و در مجاورت منطقه پژوهش نشان داد مقادیر پارامترهای حداقل، حداکثر و میانگین درجه حرارت به ترتیب ۶/۸، ۱۶/۷ و ۱۱/۷ درجه سانتی‌گراد، حداکثر بارش ۲۴ ساعته یا حداکثر بارندگی در یک روز ۵۱ میلی‌متر، تعداد ساعات آفتابی ۵/۸ ساعت در روز، میانگین سرعت وزش باد ۲/۴ (متر بر ثانیه) و حداقل، حداکثر و معدل رطوبت نسبی نیز به ترتیب ۴۹/۱، ۷۹/۸ و ۶۳/۷ درصد می‌باشد. بررسی میانگین میزان رطوبت نسبی در این ایستگاه (بیش از ۶۰درصد)، نشان دهنده بالابودن این پارامتر در مناطق مرتفع کوهستانی از جمله منطقه مورد پژوهش در اشکورات است.

در مجموع برای انتخاب محل اجرای پروژه می‌بایست به الزامات فنی و اجتماعی محل استقرار سامانه‌ها توجه نمود. الزامات فنی شامل فراوانی وقوع مه و وجود مناطقی با بیش از ۵۰ روز مه‌آلودگی در سال، وجود توپوگرافی مناسب و دسترسی به منطقه، وجود محیط بادخیز و آگاهی از جهت و سرعت باد در مناطق نصب سامانه‌ها می‌باشد. الزامات اجتماعی نیز شامل نیاز مردم منطقه به آب برای مصارف کشاورزی، توجه به مالکیت اراضی محل نصب سامانه‌ها (اجرای پروژه در اراضی مستثنیات اشخاص) و مشارکت ذینفعان و بهره‌برداران محلی در اجرای پروژه و حفاظت از تجهیزات و سامانه‌های نصب شده است. ابعاد سامانه‌های جمع‌کننده مه در این پژوهش ۱×۱ متر با جنس توری فلزی یا پلی‌پروپیلن با قطر منافذ یک میلی‌متر است. این سامانه‌ها یک متر از سطح زمین ارتفاع داشته و در چاله‌ای به عمق ۳۰ سانتی‌متر مستقر شده‌اند. شکل (۳) سامانه‌های نصب شده به منظور جمع‌آوری آب از مه را در یک باغ فندق، مطابق الزامات عنوان شده نشان می‌دهد.

شکل ۳- سامانه‌های نصب شده به منظور جمع‌آوری آب از مه در باغ فندق

لازم به ذکر است با تعبیه مخازن جمع‌آوری آب، حجم آب ذخیره شده در هر یک از جمع‌کننده‌ها با بشر مدرج اندازه‌گیری شدند. دیده‌بانی در ساعات مشخصی از روز انجام و در صورت رخداد مه، میزان آب جمع‌آوری شده در مخزن اندازه‌گیری شد. به‌منظور تحلیل نتایج در طول دوره پایش یکساله، حجم آب جمع‌آوری شده در هر واقعه مه‌آلود با ذکر تعداد ساعات مه، ثبت و کار مقایسه آنها انجام شد.

۳-نتایج و بحث

۳-۱- بررسی تعداد روزهای مه‌آلود و میزان آب جمع‌آوری شده

در این پژوهش به منظور تولید آب از مه از سامانه‌های جمع‌کننده عمودی پرده‌ای به دلیل هزینه کم‌تر و سهولت ساخت استفاده شد. موسوی بایگی و شعبان‌زاده (۱۳۸۷) نیز جمع‌کننده پرده‌ای را به دلیل کاربرد بهتر و راحت‌تر و هزینه ساخت بسیار کمتر در مقایسه با جمع‌کننده‌های مخروطی، توصیه نمودند. جدول ۳ مقدار کل آب جمع‌آوری شده برای هر مترمربع از جمع‌کننده‌ها را در طول دوره پایش یک‌ساله نشان می‌دهد. بررسی این جدول با ثبت ۷۶ واقعه مه‌آلودگی نشان می‌دهد جمع‌کننده آب مه به طور میانگین ۴۹۲ لیتر در مترمربع در سال، آب از مه تولید نموده است. مطابق این جدول بیشترین میزان آب جمع‌آوری شده (لیتر در مترمربع) در ماه‌های اردیبهشت و مرداد و کمترین میزان آب جمع‌آوری شده نیز مربوط به ماه‌های بهمن و دی بوده است.

همچنین متوسط عملکرد جمع‌کنندها در طول وقایع مه‌آلود بر حسب (لیتر/مترمربع/روز) محاسبه شد. جدول ۳ و شکل ۴ نشان می‌دهد که حداکثر مقدار برداشت ماهانه از جمع‌کننده‌ها در مردادماه با ۱۴/۹ (لیتر/ مترمربع/ روز) و حداقل آن به میزان ۱/۵ (لیتر/ مترمربع/ روز) در بهمن‌ماه بوده است. همچنین بررسی داده‌ها نشان می‌هد مجموع آب جمع‌آوری شده در ماه‌های بحرانی تیر و مرداد ۱۶۶ (لیتر/ مترمربع) است. فصل تابستان و بهار به ترتیب با ۱۹۱/۶ و ۱۶۰/۲ (لیتر/ مترمربع) بیشترین میزان تولید آب از مه را داشتند. زمان آبیاری درختان فندق نیز از اواسط اردیبهشت تا اوایل شهریورماه می‌باشد (حسین‌آوا و همکاران، ۱۳۹۴). این انطباق زمانی نیاز آبیاری و این میزان آب تولید شده از مه در این ماه‌ها، امیدواری به توسعه این شیوه به منظور جبران کمبود آب در ماه‌های بحرانی و سازگاری با کم آبی در این منطقه را دوچندان می‌کند. لازم به ذکر است در فصل زمستان به دلیل شرایط جوی، سرمای شدید، یخبندان و بارش برف سنگین امکان زیادی برای تولید آب از مه وجود ندارد. ضمن آنکه در این ایام درختان فندق نیز به آبیاری نیاز ندارند.

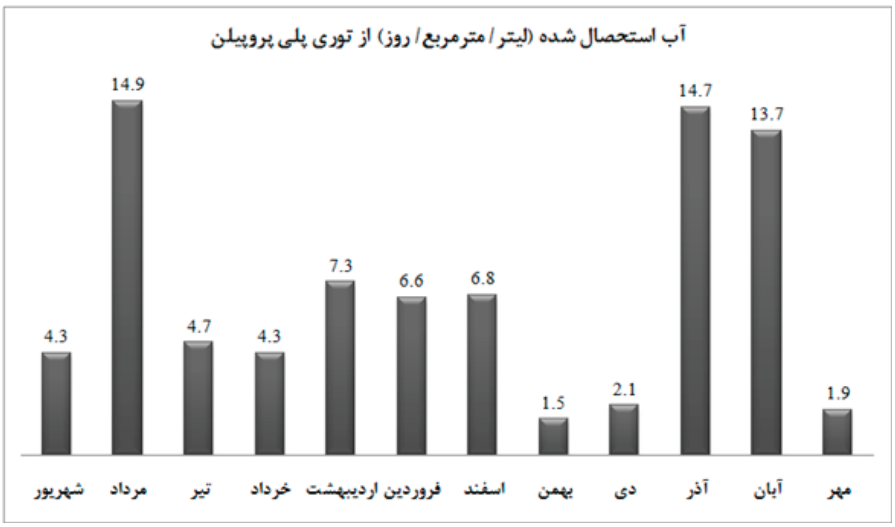
۳-۲- تامین نیاز آبی درختان فندق

میزان نیاز آبی در هر نوبت آبیاری با توجه به سن درختان فندق، حجم تاج پوشش، گستردگی ریشه و ظرفیت نگهداری خاک برای هر درخت تعیین می‌شود (معاونت باغبانی، ۱۳۹۴). چنانچه میزان آب آبیاری مورد نیاز برای هر درخت فندق ۱۵ساله در هر نوبت آبیاری ۵۲ لیتر فرض شود و دور آبیاری نیز هفتگی منظور گردد، حجم آب آبیاری مورد نیاز برای هر درخت در شش‌ماهه اول سال، ۱۲۴۸ لیتر خواهد بود. لذا با احتساب ۴۰۰ اصله درخت در هر هکتار، میزان آب مورد نیاز حدود ۴۹۹ مترمکعب در هکتار بوده؛ که بخش عمده‌ای از آن توسط بارش باران (میانگین بارش شش‌ماهه اول سال، بیش از ۱۴۰ میلی‌متر) و با مدیریت آب سبز و بخشی دیگر توسط آب تولید شده از مه تامین می‌گردد (جدول ۴). لازم به ذکر است با احتساب جمع‌آوری ۳۵۲ لیتر آب از هر متر مربع سامانه تولید آب از مه در شش‌ماهه اول سال (جدول ۳) و با فرض اجرای ۲۰۰ مترمربع سامانه، بیش

جدول ۳- پتانسیل تولید آب از مه در منطقه مورد مطالعه طی یک‌سال

فصل	پاییز			زمستان			بهار			تابستان			مجموع
ماه	مهر	آبان	آذر	دی	بهمن	اسفند	فروردین	اردیبهشت	خرداد	تیر	مرداد	شهریور	
تعداد واقعه مه‌آلود (مورد)	۹	۵	۱	۵	۲	۴	۴	۱۶	۴	۱۳	۷	۶	۷۶
جمع تعداد واقعه در هر فصل		۱۵			۱۱			۲۴			۲۶		
مقدار کل آب جمع‌آوری شده (لیتر/مترمربع)	۱۷/۰	۶۸/۳	۱۴/۷	۱۰/۳	۳/۰	۲۷/۰	۲۶/۵	۱۱۶/۵	۱۷/۲	۶۱/۴	۱۰۴/۵	۲۵/۷	۴۹۲
مجموع میزان آب جمع‌آوری شده در هر فصل		۱۰۰			۴۰/۳			۱۶۰/۲			۱۹۱/۶		
متوسط عملکرد جمع‌کننده (لیتر/مترمربع/روز)	۱/۹	۱۳/۷	۱۴/۷	۲/۱	۱/۵	۶/۸	۶/۶	۷/۳	۴/۳	۴/۷	۱۴/۹	۴/۳	۶/۵
		۶/۷			۳/۷			۶/۷			۷/۴		

*متوسط عملکرد در طول وقایع (ساعات) مه‌آلود



شکل ٤- میانگین آب تولیدی از سامانه جمع‌کننده پرده‌ای پلی‌پروپیلن (لیتر/ مترمربع/ روز)

از ۷۰ مترمکعب آب تولید خواهد شد. بنابراین نصب توری‌های جمع‌کننده مه در محیط یک باغ فندق با در نظر گرفتن الزامات آن، کمک شایانی به تامین منابع آبی خواهد نمود. مابقی آب مورد نیاز برای آبیاری تکمیلی، از سایر روش‌های تولید آب باران، از جمله کنترل تبخیر از سطح خاک، انجام عملیات به‌باغی، جمع‌آوری آب از سطوح آبگیر کوچک مقیاس روزمینی و انتقال آن به مخازن طراحی شده میسر خواهد شد.

مطابق جدول (۴)، این میزان آب تولیدی توسط مه به همراه بارش موثر این منطقه می‌تواند ۱۰۰ درصد نیاز آبی درختان فندق یک تا ۱۰ ساله، ۹۸ درصد نیاز آبی درختان فندق ۱۰ تا ۱۵ ساله و ۷۲ درصد نیاز آبی درختان فندق بالاتر از ۱۵ سال را تامین نماید. در بررسی امکان استفاده از مه برای احیاء جنگل‌های سوخته در منطقه والنسیا اسپانیا با بارش اندک، نرخ سالانه جمع‌آوری آب مه برابر ۳/۳ لیتر در مترمربع در روز بوده و با آبیاری به‌موقع و استفاده از کمپوست، شرایط احیای جنگل در منطقه فراهم شده است. در این منطقه از آب استحصالی مه برای آبیاری قطره‌ای

نهال‌های موجود استفاده شد (Estrela *et al.*, 2009). همچنین در منطقه گالت اکوادور که دارای چالش اساسی برای تامین آب شرب و کشاورزی است، پروژه‌ای با هدف جمع‌آوری آب از مه برای کمک به رفع نیاز آبی جوامع ساکن در منطقه و برآورد نیاز آبی محصولات کشاورزی (عمدتاً ذرت) به اجرا درآمد. میانگین آب جمع‌شده در سال ۲۰۱۵-۲۰۱۴ بین ۵ تا ۱۰ لیتر در مترمربع در روز در طول کل سال و حدود ۲۰ لیتر در متر مربع روز در طول فصل بارش بود. نتایج نشان داد که سامانه جمع‌آوری مه می‌تواند حدود ۵ درصد از نیاز آبی محصولات کشاورزی منطقه را تامین کند (Carrera-Villacres *et al.*, 2017).

جدول ٤- نیاز آبی درختان فندق در سنین مختلف در هر نوبت آبیاری

سن درخت فندق	سال اول تا دوم	سال دوم تا پنجم	سال پنجم تا دهم	سال دهم تا پانزدهم	بالاتر از ۱۵ سال
میزان آبیاری (لیتر در هر درخت)[الف]	۱۰-۵	۲۰-۱۵	۴۰-۳۰	۶۰-۴۵	۷۰
میانگین آب مورد نیاز (لیتر در هر درخت)	۷	۱۷	۳۵	۵۲	۷۰
نیاز آب آبیاری برای شش‌ماهه اول سال با دور آبیاری هفتگی (لیتر)	۱۶۸	۴۰۸	۸۴۰	۱۲۴۸	۱۶۸۰
نیاز آبی با احتساب ۴۰۰ اصله درخت در هکتار (لیتر)	۶۷۲۰۰	۱۶۳۲۰۰	۳۳۶۰۰۰	۴۹۹۲۰۰	۶۷۲۰۰۰
تامین آب با اجرای ۲۰۰ مترمربع سامانه تولید آب از مه [ب]	۷۰۴۰۰	۷۰۴۰۰	۷۰۴۰۰	۷۰۴۰۰	۷۰۴۰۰
٪۳۰ بارش موثر[ج] (لیتر در هکتار)	۴۲۰۰۰۰	۴۲۰۰۰۰	۴۲۰۰۰۰	۴۲۰۰۰۰	۴۲۰۰۰۰
مجموع بارش موثر و مه (لیتر)	۴۹۰۴۰۰	۴۹۰۴۰۰	۴۹۰۴۰۰	۴۹۰۴۰۰	۴۹۰۴۰۰
تراز نیاز آبی (لیتر در هکتار)	+۴۲۳۲۰۰	+۳۲۷۲۰۰	+۱۵۴۴۰۰	-۸۸۰۰	-۱۸۱۶۰۰[د]
درصد تامین نیاز آبی توسط باران و مه	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۹۸	۷۲

الف- معاونت امور باغبانی، دفتر امور میوه‌های سردسیری و خشک، ۱۳۹۴
ب- در شش‌ماه اول سال به ازای هر مترمربع سامانه جمع‌آوری مه، ۳۵۲ لیتر آب تولید می‌شود.
ج- میانگین بارندگی شش ماهه اول سال مطابق آمار درازمدت ایستگاه سینوپتیک دیلمان (۱۴۰۲-۱۳۸۶)، بیش از ۱۴۰ میلی‌متر است.
د- با کنترل تبخیر و مجموعه عملیات به‌باغی می‌بایست به جبران کمبود نیاز آبی کمک نمود.

٤- نتیجه‌گیری کلی

در این پژوهش از سامانه جمع‌کننده پرده‌ای به ابعاد ۱×۱ متر استفاده شد. با دیده‌بانی و پایش مستمر سالانه، در سال اول اجرای پروژه ۷۶ روز (واقعه) ثبت شد. مقدار کل آب جمع‌آوری شده برای هر مترمربع از جمع‌کننده‌ها ۴۹۲ لیتر در سال بدست آمد. بیشترین میزان آب جمع‌آوری شده در ماه‌های اردیبهشت و مرداد و کمترین آن مربوط به ماه‌های بهمن و دی بود.

نتیجه این بررسی نشان داد با مدیریت آب سبز و تولید آب از مه می‌توان نیاز آبیاری تکمیلی باغ‌های فندق را با در نظر گرفتن الزامات آن، تامین نمود. کنترل تبخیر از سطح خاک و انجام عملیات به‌باغی به تامین رطوبت خاک در محدوده توسعه ریشه‌های فندق کمک شایانی خواهد نمود. برداشت آب از مه می‌تواند به دلیل هزینه اندک اجرا و نگهداری، به عنوان یک گزینه پایدار در تامین بخشی از نیاز آبی مناطق مستعد، مورد توجه برنامه‌ریزان قرار گیرد. لذا پیشنهاد می‌شود توسعه سامانه‌های جمع‌آوری آب از مه در مناطق مستعد استان گیلان و کشور، به دلیل تاثیر مثبت در بهبود کیفیت زندگی و تامین منابع آبی مطمئن مورد توجه قرار گیرد.

تضاد و تعارض منافع- نویسندگان هر گونه تعارض و تضاد منافع اعم از تجاری و غیر تجاری و شخصی را که در ارتباط مستقیم یا غیرمستقیم با اثر منتشرشده است رد می‌نمایند.

تشکر و قدردانی- این مقاله بخشی از نتایج پروژه تحقیقاتی خاتمه یافته با کد ۹۹۰۷۰۴-۰۲۹-۲۹-۵۸-۲ می‌باشد. نگارندگان مقاله سپاس‌گزاری خود را از سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان گیلان و همکاری ارزشمند بهره‌برداران ساکن در منطقه اشکورات شهرستان رودسر اعلام می‌دارند.

منابع

کمالی، ک.، جوادی، د.، پورقاسم، ا.، و ب. کریمی. (۱۳۹۹). بررسی نقش سامانه‌های سطوح آبگیر باران در توسعه باغ‌های فندق در اراضی شیب دار، مجله سامانه‌های سطوح آبگیر باران، دوره هشتم، جلد ۲۵، ص: ۱۳-۱.

کمالی، ک. (۱۴۰۱). شیوه‌های ذخیره نزولات و افزایش رطوبت خاک در باغ‌های دیم فندق، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی گیلان، انتشارات: پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری، ۳۹ صفحه.

معاونت امور باغبانی. (۱۳۹۴). دستورالعمل کاشت، داشت و برداشت بادام، گردو و فندق، دفتر امور میوه‌های سردسیری و خشک، ۷۳صفحه.

معاونت برنامه‌ریزی و نظارت راهبردی رییس جمهور. (۱۳۸۸). دستورالعمل احداث باغ در اراضی شیب‌دار، نشریه شماره ۵۱۰، ۲۰۸صفحه.

موسوی بایگی، م. و س. شعبان‌زاده. (۱۳۸۷). طراحی و ساخت وسیله‌ای برای استحصال آب از مه و ابرهای قله‌ای، مجله علوم و صنایع کشاورزی، ویژه آب و خاک، (۱) ۲۲.

Abdul-Wahab, S.A., and Lea, V. (2008). Reviewing Fog Water Collection Worldwide and in Oman. Inter. J. Environ. Stud. 65: 3. 485-498.

Carrera-Villacres, D. V., Robalino, I. C., Rodriguez, F. F., Sandoval, W. R., Hidalgo, D. L., Toulkeridis, T. (2017). An innovative fog catcher system applied in the Andean communities of Ecuador. Transaction ASABE 60 (6), 1917–1923. http://doi.org/10.13031/trans.12368.

Domen, J., Stringfellow, W., Camarillo, M., and Gulati, S. (2014). Fog water as an alternative and sustainable water resource, Clean Techn Environ Policy; 16: 235–249.

Estrela, M. J., Valiente, J. A., Corell, D., Fuentes, D., Valdecantos, A. (2009). Prospective use of collected fog water in the restoration of degraded burned areas under dry Mediterranean conditions. Agricultural and Forest Meteorology 149 (11), 1896–1906.

Estrela, M. J., Valiente, J. A., Corell, D., Fuentes, D., & Valdecantos, A. (2009). Prospective use of collected fog water in the restoration of degraded burned areas under dry Mediterranean conditions. Agricultural and forest meteorology, 149(11), 1896-1906. doi: 10.1016/j.agrformet.2009.06.016

Harb,O.M., Salem,M. S. H.,Abdel Hay, G. H., Makled, K. H. M. (2016). Fogwater collection for agriculture use (Peanut irrigation) under semi-arid region conditions in North Coast of Egypt. Advances in Crop Science and Technology 4, 219. https://doi.org/10.4172/2329-8863.1000219.

Kanooni, A., and kohan, M.R. (2023). Fog water harvesting potential and its use in supplementary irrigation of rainfed crops (winter wheat) in Abi-beyglu, Ardabil (Iran), Water Supply, (1). doi: 10.2166/ws.2023.217

Lummerich, A., and Tiedemann, K. (2010). Fog water harvesting on the verge of economic competitiveness, Erdkunde 65(3).

Mousavi-baygi, M. (2008). The implementation of fog water collection systems in Northeast of Iran. International Journal of Pure and Applied Physics. V 4: 13–21.

Nelson, R. A. (2003). Air Wells, Fog Fences & Dew Ponds. Methods for Recovery of Atmospheric Humidity. Available from: http://www.rexresearch.com/airwells/airwells.htm.

Qadir M, Jiménez GC, Farnum RL, Dodson LL, Smakhtin V. (2018). Fog water collection: challenges beyond technology. Water, 10:372.

Rahimi, M. (2012). Analyzing the Temporal and Spatial Variation of Fog Days in Iran. Pure and Applied Geophysics. Volume 169, Issue 5-6, pp 1165-1172.

Schemenauer, R. S., Cereceda, P. (1994). Fog collection's role in water planning for developing countries. In: Natural Resources Forum. (Vol. 18, No. 2, pp. 91–100). Blackwell Publishing Ltd, Oxford, UK.

Furlow, J.J. (1997). Betulaceae Gray. Birch Family. in Flora of North America Editorial Committee (ed) Flora of North America North of Mexico 3 507–538, Oxford University Press, New York.