همه با هم
جهاد کشاورزی
۱۳۷۹

سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی
موسسه آموزش و ترویج

استحصال آب از مه در مناطق کوهستانی

مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی
استان گیلان

۱۴۰۵

۱۷۵۴ نشریه ترویجی

بسم الله الرحمن الرحیم

استحصال آب از مه

در مناطق کوهستانی

نویسنده:

کورش کمالی

۱۴۰۵

عنوان: استحصال آب از مه در مناطق کوهستانی

نویسنده: کورش کمالی

مدیر داخلی: فتح‌اله بهرامی

ویراستار ترویجی: سیدرضا اسحاقی

تهیه شده در: معاونت آموزش و ترویج کشاورزی، دفتر شبکه دانش و رسانه‌های ترویجی

ناشر: نشر آموزش کشاورزی

طراح و گرافیست: فتح‌اله بهرامی

شمارگان: محدود

نوبت چاپ: اول، ۱۴۰۵

مسئولیت درستی مطالب با نویسنده است.

شماره ثبت در مرکز فن‌آوری اطلاعات و اطلاع‌رسانی کشاورزی ۶۹۲۴۶ به تاریخ ۱۴۰۵/۰۲/۱۳ است.

نشانی: تهران، خیابان آزادی، بین نواب و رودکی، پلاک ۲۰۵، معاونت آموزش و ترویج کشاورزی

تلفن: ۶۶۴۳۰۴۶۵ | تلفکس: ۶۶۴۳۰۴۶۴ | کد پستی: ۱۴۵۷۸۹۶۶۸۱

مخاطبان نشریه

* آبخیزنشینان مناطق کوهستانی.
* کشاورزان و باغداران.
* کارشناسان و مروجان پهنه‌های تولیدی.

اهداف آموزشی و ترویجی

* شما پس از مطالعه این نشریه با بهره‌گیری از "مه" برای تامین آب در مناطق کوهستانی آشنا می‌شوید.

فهرست

عنوان ..... صفحه

مقدمه ۸
شیوه‌های ذخیره نزولات در مناطق کوهستانی ۹
مه چیست؟ ۱۲
شبنم چیست؟ ۱۲
استحصال آب از مه ۱۳
پیشینه استفاده از مه ۱۴
روش‌های جمع‌آوری آب از مه ۱۶
ساخت و کارگذاری یک سامانه جمع‌کننده مه ۲۰
انتخاب محل اجرا و مکان‌یابی نصب سامانه‌های جمع‌کننده ۲۳
سطح نفوذ اجرای پروژه استحصال آب از مه ۲۴
سرمایه‌گذاری برای احداث سامانه استحصال آب از مه ۲۵
اهمیت اقتصادی-اجتماعی استحصال آب از مه ۲۸
توصیه‌های فنی و ترویجی ۲۸
الزامات فنی برداشت آب مه ۲۸
الزامات اجتماعی برداشت آب مه ۲۹

مقدمه

منابع آب به سه منشاء کلی آبهای سطحی، زیرزمینی و بارشهای جوی تقسیم می‌شوند. ریزش‌های مستقیم جوی به صورت باران، برف، مه و شبنم منبع اصلی تولید آب هستند. به‌ندرت به این موضوع توجه می‌شود که در دنیا مخازن طبیعی آب زیادی به شکل بخار آب وجود دارد. زیرا با افزایش جمعیت جهان و تقاضا برای آب شیرین، منابع آبی جدید مورد نیاز است. یکی از جنبه‌های چرخه آب در طبیعت که معمولاً نادیده گرفته می‌شود، مه و رطوبت هواست 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.

مه متشکل از میلیون‌ها قطره‌ی آب است. 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 توری‌ها تجمع کرده و در نهایت از تورهای مشبک به داخل ناودان‌هایی که به مخزن جمع‌آوری هدایت می‌شود، جاری می‌گردد. در مواردی که شرایط جوی مساعد باشد، برداشت مه با توجه به نیازهای انسان و اکوسیستم منطقه دارای منافع اقتصادی زیادی است. بررسی پروژه‌های اجرا شده در کشورهای مختلف مبین جمع‌آوری حجم قابل توجهی آب از این روش است. این فعالیت‌ها با رشد خوبی در کشورهای مختلف جهان در حال انجام است. با توجه به پتانسیل فراوان مه در مناطق کوهستانی ایران، استحصال آب از این منبع، گامی مهم در تامین آبِ با کیفیت مناسب برای نیازهای آشامیدنی، آبیاری و سایر مصارف است.

شیوه‌های ذخیره نزولات در مناطق کوهستانی

در بسیاری از مناطق کوهستانی کشور از جمله ارتفاعات منطقه اشکور شهرستان رودسر به‌دلیل ویژگی‌های فیزیوگرافی و توپوگرافی امکان دسترسی به منابع آب زیرزمینی و آب سطحی رودخانه‌ها و یا چشمه‌های طبیعی فراهم نیست. در این راستا ساکنان خلاق و تیزهوش این مناطق از تمام ظرفیت‌های محیطی موجود از جمله سامانه‌های استحصال آب باران به منظور تامین آب مورد نیاز برای مصارف خانگی، شرب و آبیاری باغات و مزارع خود بهره می‌برند. سامانه‌های استحصال آب باران نقش موثری در بهبود وضعیت معیشتی روستاییان و آبخیزنشینان این منطقه و تامین آب مورد نیاز آنان دارد. استحصال آب باران از پشت بام (شکل ۱)، احداث پشته‌های هلالی در باغات (شکل ۲)، کاشت درختان بر روی خطوط تراز (شکل ۳)، جمع‌آوری آب باران از سطوح کوچک آبگیر (شکل ۴)، احداث استخر ذخیره آب در باغ‌های فندق (شکل ۵) و ... نمونه‌هایی از این موارد است.

شکل ۱- استحصال آب باران از سقف شیروانی ساختمان در روستای کوهستانی سراورسو- اشکور رودسر

شکل ۲- ایجاد چاله در سایه‌انداز درختان فندق، در بهبود بهره‌وری آب و ذخیره رطوبت در خاک موثر است. عمق چاله حدود ۲۰-۱۵ سانتی‌متر و قطر چاله متناسب با سن و تعداد پایه یا تنه درخت فندق، بین دو تا چهار متر متغیر است.

شکل ۳- احداث باغ فندق در اراضی شیب‌دار بر روی جوی‌های تراز

شکل ۴- جمع‌آوری آب باران از سطح کوچک آبگیر و ذخیره آن در مخزن

شکل ۵- استخر ذخیره آب در باغ‌های فندق

در کنار روش‌های متعدد بهره‌گیری از سامانه‌های استحصال آب باران، یکی از راهکارهای همزیستی با کم آبی در این مناطق، استفاده بهینه از منابع آبی موجود و نیز تلاش در جهت دستیابی به منابع آبی جدید است. وجود مه، پتانسیلی را برای مناطق کوهستانی اشکور فراهم آورده است، به‌گونه‌ای که استحصال آب از مه می‌تواند مکمّل سایر روش‌ها برای جبران کم آبی در این مناطق باشد.

مه چیست؟

مه همان ابری است که نزدیک به سطح زمین ظاهر می‌شود. به‌طور کلی زمانی که سه شرط اصلی رطوبت بالا، سرما و هسته‌های جاذب رطوبت در مجاورت سطح زمین فراهم شود، مه ایجاد می‌شود. مه بر روی میدان دید تاثیر می‌گذارد (شکل ۶).

شکل ۶- دورنمایی از وجود مه در مناطق کوهستانی اشکورات

شبنم چیست؟

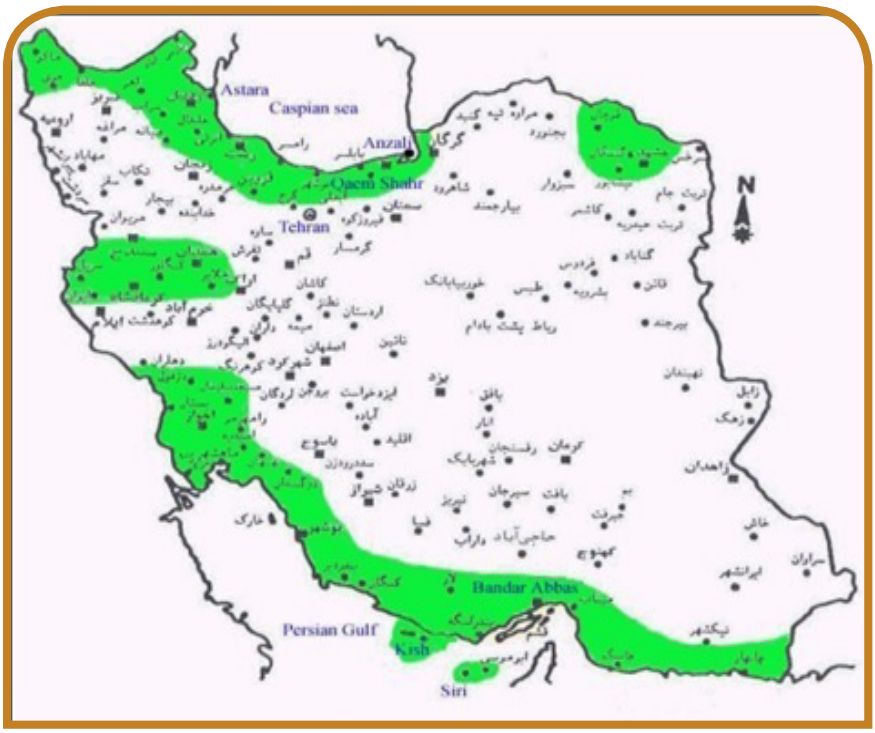
هوای پیرامون ما دارای مقداری بخار آب است که به آن رطوبت گفته می‌شود. هوای گرم در مقایسه با هوای سرد رطوبت بیشتری دارد. در طول شب، وقتی بخار آب موجود در هوای گرم با سطح سرد اجسامی مانند برگ

گیاهان، سنگ‌ها و غیره برخورد می‌کند، به صورت قطرات ریز آب متراکم می‌شود (شکل ۷). این قطرات ریز آب، همان شبنم هستند. قطرات شبنم در اثر متراکم شدن بخار آب موجود در هوا به وجود می‌آیند. شبنم بر روی میدان دید تاثیری ندارد.

شکل ۷- نمایی از شبنم تشکیل شده بر روی گیاهان

استحصال آب از مه

وجود مناطقی با بیش از ۵۰ روز مه‌آلودگی، فرصت مناسبی را برای جمع‌آوری و استحصال آب برای مصارف مختلف فراهم می‌آورد (شکل ۸). شیوه استحصال آب از مه، یکی از راه‌های تامین آب به‌ویژه برای ساکنان مناطق کوهستانی است.



شکل ۸- پتانسیل استحصال رطوبت هوا در کشور
(مناطق با بیش از ۵۰ روز مه آلودگی در سال با رنگ سبز مشخص شده است.)

❋ **نکته:** برداشت مه زمانی مفید است که سایر منابع تامین‌کننده آب در منطقه کم بوده و نیاز مردم به آن احساس شود.

پیشینه استفاده از مه

ایده استحصال آب از رطوبت موجود در هوا از قرن‌ها پیش و شاید از آغاز زراعت و کشاورزی، ذهن بشر را به خود مشغول کرده است. مشاهده گیاهانی که به طور طبیعی، رطوبت هوا را به صورت شبنم بر روی برگ‌های خود ظاهر می‌کردند و یا در زمان مه‌های غلیظ، باریکه‌ای از جریان آب بر روی تنه آنها قابل مشاهده بود، امکان‌پذیری تهیه آب از مه و هوای مرطوب را در اذهان قوت

می‌بخشید. بومیان فلسطین در اطراف تاکستان‌های خود دیوارهای کندویی دایره‌ای شکل می‌ساختند که این دیواره‌ها موجبات استحصال شبنم و مه را در تاکستان فراهم می‌کرد. در جزایر قناری واقع در جنوبی‌ترین منطقه اسپانیا، آب جمع‌آوری شده از شاخ و برگ درختان، برای سال‌ها تنها منبع آب برای انسان‌ها و حیوانات به کار می‌رفت. سوسک‌های بیابانی نامیب مطابق شکل (۹) با جمع‌آوری آب مه در منطقه‌ای با بارندگی سالانه ۱۲ میلی‌متر نیاز بدن خود را به آب تامین می کنند. از گذشته‌های دور زارعین در مناطق مه‌خیز ایران در زمین‌های خود جوی و پشته‌ها را برای استفاده حداکثر از شبنم، عمود بر حرکت مه احداث می‌کردند.

شکل ۹- جذب مه توسط سوسک در صحرای نامیب

هم اکنون استفاده از سیستم‌های استحصال مه و رطوبت هوا با رشد خوبی در کشورهای مختلف جهان نظیر مراکش، پرو، عمان، یمن، هائیتی، شیلی، آفریقای جنوبی، نامیبیا، اکوادور، گواتمالا، اریتره، نپال، جزایر قناری و کانادا در حال انجام است. به‌عنوان مثال در سال ۱۹۹۲ با بکار بردن سیستم استحصال

آب از مه، در دامنه کوهستانی سواحل مرکزی شمال کشور شیلی روزانه بطور متوسط ۱۱ هزار لیتر آب تولید شد. در این پروژه که به عنوان بزرگ‌ترین پروژه استحصال آب از رطوبت هوا اجرا شده است؛ ۵۰ جمع‌کننده بزرگ رطوبت هوا که هر یک شامل یک لایه مضاعف از شبکه الیاف پلی‌پروپیلن به سطح ۴۸ مترمربع بوده است نصب شده‌اند.

امکان‌سنجی استحصال آب از مه و ابرهای قله‌ای در ارتفاعات کوهستانی استان‌های خراسان رضوی، گیلان، خراسان شمالی و سمنان مورد بررسی قرار گرفته است. نتایج حاصله نشان داد که آب استحصالی از جمع‌کننده‌های مه به طور متوسط می‌تواند تا ۶ لیتر در متر مربع در روز برسد. ذکر این نکته ضروری است که فرآیند استحصال آب از مه و رطوبت هوا یک منبع جایگزین برای تهیه آب شرب و یا آبیاری باغات و مزارع نیست، لیکن می‌تواند مکمّل بسیار مناسبی برای جبران کمبودها باشد. رونق کشاورزی و باغبانی در مقیاس کوچک و بهبود شرایط زندگی از اثرات مثبت سامانه جمع‌آوری مه است.

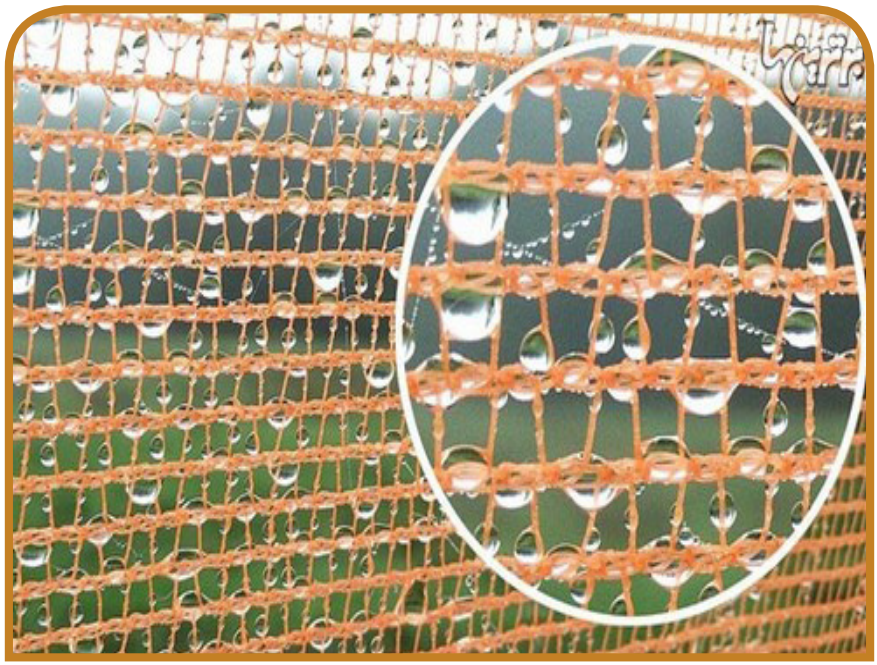
❋ **نکته:** با توجه به پتانسیل فراوان مه و رطوبت هوا در برخی مناطق جهان و کشور ایران و نیاز جوامع محلی به آن، استحصال آب از این منبع، گام مهمی در تامین آبِ با کیفیت مناسب برای نیازهای آشامیدنی، آبیاری تکمیلی و سایر مصارف است.

روش‌های جمع‌آوری آب از مه

روش‌های جمع‌آوری آب از مه نسبتاً ساده و شامل استفاده از تورهای مشبک متصل به یک قاب محکم است. برای برداشت آب از مه باید قطرک‌های ریزی که قابلیت بارش ندارند به تله بیفتند. این کار به شیوه‌های مختلف از جمله استفاده از تورهای مشبک و به‌هنگام عبور مه از آنها میسر است (شکل ۱۰).

معمولاً قطرات باران دارای قطر ۰/۴ تا ۵ میلی‌متر بوده و محدوده سرعت

سقوط آنها ۲ تا ۹ متر برثانیه است. اما قطر قطرات مه، ۱ تا ۴۰ میکرومتر است که به دلیل اندازه کوچک خود سرعت سقوط بسیار کمی دارند (۱ تا ۵ سانتی‌متر بر ثانیه). سرعت سقوط قطرک‌های مه به قدری پائین هست که حتی در بادهای خیلی آرام، قطرک‌ها تقریباً به صورت افقی جابجا می‌شوند. به این ترتیب، با نصب جمع‌کننده می‌توان به راحتی قطرک‌های مه را جمع‌آوری کرد. مه متشکل از میلیون‌ها قطره‌ی آب است. با عبور مه از تورهای مشبک، قطرک‌های مه بر روی آن تجمع کرده و در نهایت از تورهای مشبک به داخل ناودان‌هایی که به مخزن جمع‌آوری هدایت می‌شود، جاری می‌گردند (شکل ۱۱). بدیهی است در مناطقی با رطوبت بالا، تبخیر آب بسیار ناچیز بوده و اجسام نیز گرمای کمتری نسبت به مناطق خشک دارند.



شکل ۱۰- نمایی از تراکم و انباشته شدن مه و ایجاد جریان نازک آب در سامانه توری جمع‌کننده مه

شکل ۱۱- نمایی از تراکم و انباشته شدن مه و ایجاد جریان نازک آب و هدایت آن به سمت ناودان و مخزن

طراحی و ساخت جمع‌کننده‌های مه به اشکال گوناگون انجام می‌شود. شکل‌های ۱۲ و ۱۳ جمع‌کننده‌های مخروطی تک‌جداره، مخروطی دوجداره، مخروطی چندجداره، مکعبی، ستاره‌ای و پرده‌ای تک جداره و دو جداره را به عنوان نمونه‌هایی از سامانه‌های جمع‌کننده آب از مه در تپه‌های ساحلی حومه لیما در کشور پرو نشان می‌دهد. در این میان ساخت جمع‌کننده‌های عمودی شکل پرده‌ای، به مراتب راحت‌تر است. معمولاً جمع‌کننده‌های توری در شرایط رطوبت نسبی بالا کارآمد بوده و بازدهی در محدوده ۳ تا ۶ لیتر بر مترمربع در روز دارند؛ لیکن اگرچه این جمع‌کننده‌ها سیستم‌های ساده و ارزانی هستند، اما خرابی زودرس در اثر رخداد باد و طوفان ممکن است در طول عمر مفید آنها موثر بوده که نیاز به جایگزینی فوری دارند.

شکل ۱۲- طراحی و ساخت انواع سامانه‌های جمع‌کننده مه

شکل ۱۳- ساخت اشکال دیگری از سامانه‌های جمع‌کننده مه

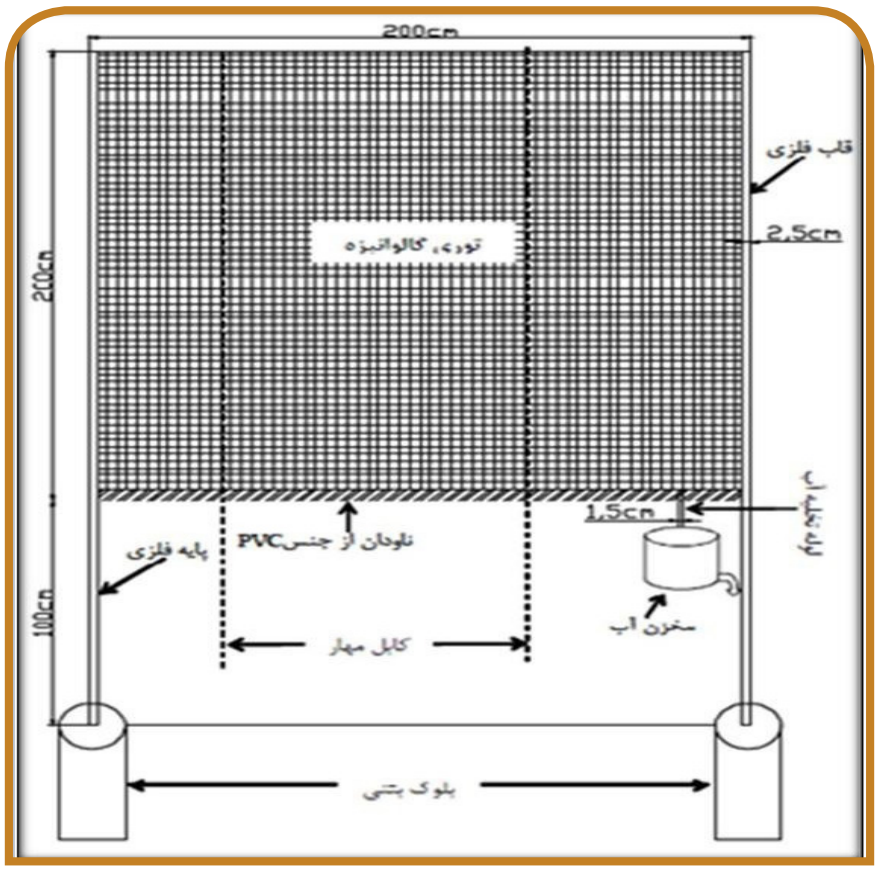
ساخت و کارگذاری یک سامانه جمع‌کننده مه

به منظور طراحی و ساخت سامانه‌های جمع‌کننده پرده‌ای توری از نوع فلزی و یا توری پلی‌پروپیلن و انتقال و ذخیره آب، ادوات مورد نیاز شامل لوله گالوانیزه، توری فلزی، توری پلی‌پروپیلن و ناودان از جنس PVC است. جمع‌کننده‌های مه بزرگ می‌توانند از نظر اندازه ابعاد مختلفی داشته باشند که به دلیل شرایط آیرودینامیک معمولاً مستطیل شکل ساخته می‌شوند (شکل ۱۴).

نحوه ساخت: یک سامانه جمع‌کننده مه به صورت ساده عبارت است از یک تور با منافذ ریز و وسایلی که آن را در یک حالت قائم پا برجا نگه می‌دارند. جمع کننده شامل دو تیر قائم است که در چاله‌ای در سطح زمین قرار گرفته و با سنگ یا سیمان ثابت شده‌اند. تور در بین این دو تیر قائم نصب شده است (شکل ۱۴). جنس تور معمولاً به صورت فلزی از نوع گالوانیزه و یا توری پلاستیکی از نوع پلی‌پروپیلن با قطر یک میلی‌متر است. تغییر در فاصله مش، اندازه و ترشوندگی الیاف موجود در مشبک‌ها، بر میزان آب قابل جمع‌آوری تأثیر می‌گذارد. بطوری که تغییر الیاف توری نیز باعث بهبود عملکرد مش‌ها می‌شود. البته همه توری‌های کارآمد، در محدوده معینی از مش $1\,mm \leq h \leq 2\,mm$ قرار داشته، بطوری‌که استفاده از توری پروپیلن و یا پلی‌اتیلن در گرفتن مه کارآمد، با دوام کافی در برابر باد، خورشید، تابش اشعه ماوراء بنفش و باران بوده و می‌تواند به سرعت آب را تخلیه کند. در ادامه کار طراحی و به منظور هدایت آب جمع‌آوری شده از توری‌ها به مخزن، از زیر کابل پائین متصل به زیر تور، یک ناودان از جنس PVC نیاز است. لوله‌هایی نیز برای انتقال آب از ناودان به مخزن یا منبع آب در انتهای این جمع‌کننده نصب می‌شود. شکل‌های (۱۵ و ۱۶) نیز سامانه‌های نصب شده به منظور

جمع‌آوری آب از مه در مناطق کوهستانی استان گیلان را نشان می‌دهد.

* **نکته:** معمولاً جمع‌کننده‌های عمودی پرده‌ای به دلیل کاربرد بهتر و راحت‌تر و هزینه ساخت بسیار کمتر در مقایسه با سایر جمع‌کننده‌ها توصیه می‌شوند.



شکل ۱۴- نمای شماتیک از سامانه جمع‌آوری کننده پرده‌ای فلزی به ابعاد ۲*۲

شکل ۱۵- نمایی از استقرار سامانه‌های جمع‌آوری‌کننده آب از مه (منطقه اشکور- استان گیلان)

شکل ۱۶- سامانه‌های نصب شده به منظور جمع‌آوری آب از مه (منطقه اشکور- استان گیلان)

انتخاب محل اجرا و مکان‌یابی نصب سامانه‌های جمع‌کننده

بهترین روش برای انتخاب مکان‌های مستعد استحصال آب از مه استفاده از نقشه‌ها و داده‌های هواشناسی است، که با استخراج از تعداد روزهای ابرناکی در منطقه مورد مطالعه بتوان محل استقرار سامانه‌های جمع‌آوری رطوبت هوا را تعیین نمود. همچنین بررسی مقادیر پارامترهای درجه حرارت، بارش، میانگین سرعت وزش باد و درصد رطوبت نسبی ضروری است. آگاهی از جهت باد غالب نیز در موفقیت طرح تاثیر به سزایی دارد. علاوه بر استفاده از داده‌های هواشناسی، بهره‌گیری از دانش بومی، تجربیات کشاورزان و بهره‌برداران پیشرو منطقه و مورد توجه قرار دادن مشاهدات آنها، کمک شایانی به استقرار مناسب سامانه‌ها نمود.

*** الزامات فنی انتخاب محل اجرا:**

فراوانی وقوع مه و وجود مناطقی با بیش از ۵۰ روز مه آلودگی در سال، توجه به سرعت و جهت باد، محتوای رطوبتی مه، خصوصیات توپوگرافی و دسترسی به منطقه از جمله الزامات فنی انتخاب محل‌های نصب سامانه‌های جمع‌کننده آب از مه 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 و شرب، توجه به مالکیت اراضی محل نصب سامانه‌ها (اجرای پروژه در اراضی مستثنیات اشخاص) و مشارکت ذینفعان و بهره‌برداران محلی در اجرای پروژه، دیده‌بانی و حفاظت از تجهیزات و سامانه‌های نصب شده است.

❋ الزامات اجتماعی انتخاب محل اجرا:

نیاز مردم منطقه به آب برای مصارف کشاورزی و شرب، مالکیت اراضی محل نصب سامانه‌ها و اجرای پروژه در اراضی مستثنیات، مشارکت ذینفعان و بهره‌برداران محلی در اجرای پروژه به منظور حفاظت از تجهیزات نصب شده از الزامات اجتماعی انتخاب محل‌های نصب سامانه‌های جمع‌کننده آب از مه است.

سطح نفوذ اجرای پروژه استحصال آب از مه

دستیابی به آب و رفع کمبود آن با هزینه‌های کم و بدون تکیه بر مصرف انرژی در مناطقی که رویداد مه شایع است، از اهمیت بالایی برخوردار است. شکل (۱۷) ابتکار و الگوبرداری یک باغدار پیشرو از نتایج پژوهش‌های انجام شده در مناطق کوهستانی اشکورات شهرستان رودسر در خصوص استحصال آب از مه را برای آبیاری تکمیلی باغات گردو نشان می‌دهد. با توجه به پتانسیل فراوان مه در مناطق کوهستانی، استحصال آب از این سرمایه محیطی، گام مهمی در تامین آب با کیفیت مناسب برای نیازهای آشامیدنی، آبیاری و سایر مصارف است. بهره‌گیری از این فناوری به منظور توسعه باغات در اراضی شیبدار، ایجاد پوشش دائمی گیاهی و توسعه گیاهان دارویی و تامین آب وحوش و دام در مناطق مستعد، پتانسیل بالقوه‌ای را فراهم آورده است. این فناوری با تامین بخشی از نیاز آبی محصولات زراعی، باغی و دامی آبخیزنشینان و عشایر کوچ‌رو، به رفاه اجتماعی، کاهش هزینه‌های جاری و عمرانی کشور و افزایش توان تاب‌آوری ساکنین مناطق مستعد منجر خواهد شد. لازم به ذکر است در مناطق کوهستانی استان‌های خراسان رضوی، خراسان شمالی، مازندران، سمنان، اردبیل، آذربایجان شرقی استعداد استحصال آب از مه وجود دارد.

شکل ۱۷- ابتکار باغدار پیشرو در استحصال مه به منظور تامین رطوبت خاک و آبیاری تکمیلی باغات گردو

سرمایه‌گذاری برای احداث سامانه استحصال آب از مه

به‌منظور آشناشدن مخاطبین این اثر با میزان و نحوه محاسبه سرمایه‌گذاری اولیه، برای اجرای یک پروژه فرضی حدود ۵۰ متر مربعی (شامل ۸ شبکه توری ۶ مترمربعی)، هزینه مواد اولیه برای ساخت و استقرار یک سامانه جمع‌کننده پرده‌ای شش مترمربعی مطابق با قیمت‌های سال ۱۴۰۴ در جدول (۱) آمده است. جدول (۲) نیز هزینه ساخت هشت سامانه شش مترمربعی (جمعاً ۴۸ مترمربع) به همراه مخزن ذخیره و سایر هزینه‌های پیش‌بینی نشده در طول دوره بهره‌برداری را نشان می‌دهد.

با تحلیل نتایج و بررسی هزینه به منفعت هر یک از جمع‌کننده‌ها، راهکارهای مدیریتی به منظور توسعه این روش به عنوان یک منبع آبی کوچک در مناطق کوهستانی اشکورات قابل توصیه خواهد بود. مجموع

هزینه مواد اولیه، لوازم، تجهیزات، طراحی، ساخت و استقرار هشت سامانه شش مترمربعی (جمعاً ۴۸ مترمربع) از نوع پرده‌ای فلزی معادل ۴۱۱۹۰۰۰۰۰ ریال سرمایه‌گذاری اولیه است (جداول ۱ و ۲). این سرمایه‌گذاری در سال اول اجرای طرح انجام و سالیان متمادی (حداقل ده سال) از آن بهره‌برداری خواهد شد. داده‌های اندازه‌گیری شده طی یک سال مطابق پژوهش کمالی و همکاران (۱۴۰۲) نشان داد که به‌طور میانگین جمع‌کننده‌های فلزی ۲۶۱ لیتر در هر مترمربع سامانه، آب جمع‌آوری می‌نمایند. در منطقه کوهستانی مورد پژوهش، قیمت خرید هر لیتر آب برای آبیاری باغات به‌طور میانگین ۴۰۰۰ ریال است. مصاحبه با باغداران مناطق کوهستانی اشکور نشان داد که ساکنان این مناطق برای آبیاری باغات خود در ماه‌های بحرانی تیر و مرداد، برای هر تانکر آب آبیاری هزار لیتری، مبلغی بین ۴/۰۰۰/۰۰۰ تا ۶/۰۰۰/۰۰۰ ریال هزینه می‌نمایند. لذا میزان عایدی طی ۱۰ سال با افزایش ۱۰ درصدی مبلغ آب‌بهاء، برای جمع‌کننده‌های ۴۸ مترمربعی توری فلزی ۷۹۸۶۵۰۰۰۰ ریال محاسبه شد. بدین ترتیب با احتساب هزینه ۴۱۱۹۰۰۰۰۰ ریالی برای احداث سامانه ۴۸ مترمربعی، نسبت فایده به هزینه در این پروژه ۱/۹ به‌دست آمد. لازم به ذکر است ارائه راهکارهای مدیریتی و توصیه‌های ترویجی متناسب با شرایط منطقه و محل احداث، امکان استقرار سامانه‌های ارزان قیمت را برای بهره‌برداران این مناطق فراهم خواهد نمود.

جدول ۱. هزینه مواد اولیه برای ساخت و استقرار یک سامانه جمع‌کننده پرده‌ای شش مترمربعی در سال ۱۴۰۴

لوازم و تجهیزات	مقدار مورد نیاز	قیمت واحد (ریال)	جمع کل (ریال)
لوله قوطی گالوانیزه	۲۵ کیلوگرم	۵۵۰۰۰۰	۱۳۷۵۰۰۰۰
توری فلزی	شش مترمربع	۱۷۵۰۰۰۰	۱۰۵۰۰۰۰۰
ناودان PVC	سه متر	۳۰۰۰۰۰	۹۰۰۰۰۰۰
زانو و چسب پولیکا	یک عدد	۵۰۰۰۰۰	۵۰۰۰۰۰
سیمان	۲۰ کیلوگرم	۴۰۰۰۰	۸۰۰۰۰۰
شن و ماسه	۴۰ کیلوگرم	۴۰۰۰۰	۱۶۰۰۰۰۰
دستمزد ساخت و انتقال	-		۱۶۵۰۰۰۰۰
مجموع هزینه (ریال)	-		۵۲۶۵۰۰۰۰

جدول ۲. هزینه ساخت هشت سامانه جمع‌کننده پرده‌ای شش مترمربعی در سال ۱۴۰۴

لوازم و تجهیزات	مقدار مورد نیاز	قیمت واحد (ریال)	جمع کل (ریال)
هزینه ساخت سامانه شش مترمربعی	شش عدد	۵۲۶۵۰۰۰۰	۳۱۵۹۰۰۰۰۰
مخزن ذخیره (۵۰۰۰ لیتری)	یک عدد	۵۴۰۰۰۰۰۰	۵۴۰۰۰۰۰۰
هزینه‌های پیش‌بینی نشده (همچون بازسازی سامانه‌ها ناشی از وزش باد و طوفان)			۴۲۰۰۰۰۰۰
مجموع هزینه (ریال)			۴۱۱۹۰۰۰۰۰

اهمیت اقتصادی–اجتماعی استحصال آب از مه

اثرات اقتصادی و اجتماعی اجرای جمع‌کننده‌های آب از مه در مناطق مستعد را می‌توان در موارد زیر خلاصه نمود:

- بهره‌گیری از ظرفیت محیطی مه به منظور تبدیل آن به آب قابل دسترس؛
- فراهم نمودن شرایط مناسب استفاده از منابع و انرژی‌های موجود در طبیعت به منظور استفاده چند منظوره در مناطق مستعد و محروم مناطق کوهستانی؛
- برداشت آب از مه به دلیل هزینه اندک اجرا و نگهداری، گزینه‌ای پایدار در تامین بخشی از نیاز آبی مناطق مستعد و محروم؛
- مشارکت جوامع محلی با ارائه راهکارهای ترویجی مناسب؛
- استقرار ارزان سامانه‌های جمع‌کننده آب از مه برای بهره‌مندی ساکنان مناطق مستعد و محروم مناطق کوهستانی.

توصیه‌های فنی و ترویجی

در مناطق کوهستانی مستعد و دارای مه، ایجاد سامانه‌های جمع‌آوری آب باران متناسب با شرایط خاص هر منطقه، با هدف کاهش تنش آبی انجام می‌گیرد. در اجرای پروژه‌های استحصال آب از مه در مناطق کوهستانی کشور لازم است به نکات فنی و اجتماعی زیر توجه ویژه شود.

الزامات فنی برداشت آب مه

- فراوانی وقوع مه و وجود مناطقی با بیش از ۵۰ روز مه آلودگی در سال
- آگاهی از جهت و سرعت باد
- محتوای رطوبتی مه
- خصوصیات توپوگرافی
- دسترسی مناسب به منطقه اجرا

الزامات اجتماعی برداشت آب مه

- نیاز مردم منطقه به آب برای مصارف کشاورزی و شرب
- مالکیت اراضی محل نصب سامانه‌های جمع‌آوری مه
- اجرای پروژه در اراضی مستثنیات
- مشارکت ذینفعان و بهره‌برداران محلی در اجرای پروژه به منظور دیده‌بانی و حفاظت از تجهیزات و سامانه‌های نصب شده

طراحی و ساخت سامانه‌های جمع‌کننده مه نیز باید به صورتی انجام شود که در عین سادگی و هزینه کم، عملاً امکان استقرار و بهره‌برداری از آن وجود داشته باشد. بنابراین ارائه راهکارهای مدیریتی و ترویجی مناسب به منظور استقرار سامانه‌های ارزان قیمت برای بهره‌مندی بهره‌برداران این مناطق از این ظرفیت محیطی می‌تواند راهکار مناسبی برای مقابله با بحران کم‌آبی منطقه باشد.

برداشت مه زمانی مفید است که سایر منابع تامین‌کننده آب در منطقه کم بوده و نیاز مردم به آن احساس شود. لازم به ذکر است برداشت آب از مه به دلیل هزینه اندک اجرا و نگهداری، در کنار سایر روش‌های استحصال آب باران می‌تواند به عنوان یک گزینه پایدار در تامین بخشی از نیاز آبی مناطق مستعد کوهستانی، مورد توجه قرار گیرد.

❋ **نکته:** گسترش سامانه‌های جمع‌آوری آب از مه در مناطق مستعد نیازمند مشارکت جوامع محلی، توانمندسازی افراد، حمایت دولت و مشارکت فعال نهادهای محلی به عنوان محرک‌های کلیدی برای توسعه این سامانه‌ها در تامین پایدار آب شیرین است.

نشر آموزش کشاورزی