

بِسْمِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

«میرآب»

بازخوانی نقش درخت در چرخه آب

ایمان ذکا و تمدن

۱۱

بخش نخست: مقدمات

تمام جانداران به طور غریزی به دنبال حفظ بقاء خود و نوع خود هستند، اما از بین تمام موجودات تنها یک موجود است که با زیست خود علاوه بر بقاء خود حیات دیگر موجودات را نیز تامین می‌نماید: درخت. اگر نگاهی به مجموعه کارهایی که یک درخت انجام می‌دهد نگاهی بیاندازید متوجه خواهید شد که او به گونه‌ای خلق شده تا بتواند کلیددار حفظ کیفیت حیات برای تمام اکوسیستم‌های موجود در چرخه حیات باشد.^۱ فرقی نمی‌کند درختی تک افتاده در افق بیابانی باشد یا انبوهی از درختان جنگلی. درخت در جای‌جای چرخه حیات ریشه دوانده و شاخه‌های پرمهرش را بر سر تمام موجودات کره زمین گسترده است. تمام راه‌ها در اکوسیستم‌های ریز و درشت در هستی، یا به درخت ختم می‌شود یا از آن عبور می‌کند. در اینجا به دنبال آن هستیم که کلیدی‌ترین نقشی که درخت در امروز و آینده بشریت ایفاء می‌کند را بررسی کنیم: «میرآبی»

درباره درگیری‌های آینده بشریت شنیده‌اید که جنگ‌های آینده نه بر سر نفت یا مرزهای کشورها که بر سر حیاتی‌ترین مسئله بقاء انسان است: آب. شاید امروزه که دسترسی به آب برای شما به راحتی باز کردن شیر آب است تصور آن که انسان‌ها بر سر آب با هم دعوا کنند غریب به نظر برسد اما باید به اطلاع‌تان برسانم زمره‌های جنگی که از آن صحبت می‌کنیم مدت‌هاست آغاز شده است. برای درک این نکته راه دوری نمی‌خواهد بروید؛ کشاورزی که امروز از حق آبه منطقه خود محروم شده است را می‌توان از کشته‌های این جنگ به حساب آورد. در عرصه بین الملل هم اشاره‌ای به تنش‌های جدی که در همین چند سال اخیر بین کشورهایی چون ایران و افغانستان یا ترکیه و عراق^۲ بر سر تقسیم حق آبه‌های دو کشور پدید آمده است کافی به نظر می‌رسد. اما با منع کردن همسایه و به راه انداختن جنگ برای تصاحب آب بیشتر تنها معضلات جدیدی به لیست دور و دراز مشکلات تمدن مدرن اضافه کرده‌ایم و مرهمی بر زخم انسان نخواهد بود. تنها راه حل دائمی و البته مسالمت آمیز برای حل معضلات فردا و پس فردای آب، کاشت درخت و سرسبز نمودن زمین است.

با خود می‌گویید این که نشد راه حل! مگر کاشت درخت به مصرف بیشتر آب دامن نمی‌زند؟! یا کشورهایمانند ایران که سالیانیست با خشک‌سالی دست به گریبان‌اند مگر می‌توانند تقدیر دیگری جز زندگی‌ای خشک و کویری داشته و حتی خیال سرسبز شدن ایران به سرشان بزنند؟ بله! با مطالعات و آزمایشاتی که به تازگی صورت گرفته و با در کنار هم قرار دادن این نتایج، به این نکته دست پیدا می‌کنیم که درخت مانند یک میهمان مبارک است که رزق خود را نیز به همراه خواهد آورد. به علاوه هرچه تعداد گیاهان بیشتری در واحه، باغ یا جنگل خود داشته باشید، اکوسیستمی که گرداگرد درختان تشکیل می‌شود بهتر با هم هماهنگ می‌شوند تا از منابع طبیعی مانند آب حداکثر استفاده را ببرند. در واقع یک گیاه به تنهایی، یا یک باغ کوچک، مشکل بیشتری برای زنده ماندن خواهد داشت، زیرا به تنهایی کار می‌کند. به یاد داشته باشید گیاهان، بیشتر دوست دارند به صورت گروهی کار کنند پس آن‌ها را تنها نکارید! درک این نکته نیازمند مقدماتی است.

در ابتدا باید بگویم تصور ما از این که روزی آب تمام خواهد شد نادرست است. آبی که امروز روی زمین وجود دارد به همان اندازه‌ایست که از ابتدای خلقت وجود داشته است. منابع آبی زمین به لطف چرخه آب همواره در حال جا به جایی و تغییر شکل است. چیزی شبیه «پایستگی انرژی». پس در حقیقت مسئله امروز ما بر سر تمام شدن آب نیست؛ بلکه موضوع بر سر این است که چگونه این منابع را مدیریت کنیم.

تجربیات انسانی در حوزه مدیریت آب تا به امروز با شکست‌های عمیقی مواجه شده است. ما سدهایی ساخته‌ایم که با حبس کردن آب در میان کوه‌ها، باعث از دست رفتن حجم عظیمی از آن به وسیله تبخیر می‌شویم. مقدار این هدر رفت آن قدر هست که دولت‌ها را مجبور به تن دادن به راه‌هایی با هزینه‌های گزاف برای ایجاد سایه بر روی سطح آب کرده باشد.^۳ سیلاب‌ها، طوفان‌ها، بارش‌های بی‌سابقه‌ای که موجب فرسایش شدید خاک شده، خشکسالی‌های بی‌انتهای از بین رفتن کشاورزی‌ها تنها بخش کوچکی از ثمراتی است که بر هم زدن چرخه آب به همراه آورده است.

بر اساس پژوهش حاضر راه حل مدیریت کم‌هزینه و بی‌خطر آب توجه به نقش درخت در این چرخه و بازگرداندن نقش فراموش شده «میرآب»ی به درخت است. درخت با قرار گرفتن در مرکز در هم تنیده چرخه‌های طبیعت، به تنهایی قادر است تا در کنار مدیریت آب و جلوگیری از هدررفت آب، جلوی فرسایش خاک را گرفته و پآکی را نیز برای هوا به ارمغان آورد. درخت برای این کار امکانات زیادی دارد. از تعدیل دما و ایجاد سایه بان به وسیله شاخ و برگ و حفظ رطوبت آب در خاک گرفته تا شارژ کردن سفره‌های زیرزمینی و حتی پمپاژ رطوبت به مناطق خشک. ما هر کدام از این بخش‌ها را به طور تخصصی بررسی می‌کنیم تا راه حل ارائه شده روشن‌تر شود. به این منظور ابتدا مقدماتی را باید عرض کنم تا در پایان بتوان این کلاف سر در گم را به درخت ختم به خیر کنیم.

مقدمه اول: تعادل دما

بالا رفتن سطح دریاها، آتش‌سوزی‌های جنگل‌ها، گرمای بی‌سابقه در فصول گرم و به تازگی کشته دادن به خاطر گرمادگی در اقصی نقاط زمین و... زنگ خطر را درباره زیاد شدن دمای زمین به صدا درآورده است. برای ما انسان‌های عصر حاضر تغییرات دمایی به راحتی قابل مشاهده است. کافی است به عقب نشینی یخ‌ها نگاه کنیم که چگونه از گرما پا پس می‌کشند. ما در حال تجربه سریع‌ترین نرخ عقب نشینی یخبندان در تاریخ ثبت شده هستیم!^۴ اما گرمای زمین از کجا می‌آید و چرا این روزها گرما به خطری جدی تبدیل شده است؟ این سوالی است که پاسخ آن نقش درخت را روشن می‌کند.

خورشید برای اینکه سیاره ما را گرم کند باید راه دور و درازی را از هم‌جوشی هسته‌ای تا روی پوست شما طی کند. خورشید که از این زاویه مانند یک نیروگاه عظیم عمل می‌کند، به واسطه هم‌جوشی هسته‌ای^۵ هیدروژن درونش و تبدیل هیدروژن به هلیوم، انرژی زیادی را تولید می‌کند که باعث می‌شود مقدار زیادی "تابش الکترومغناطیسی"^۶ از خود ساطع کند.

این تشعشعات که بیشتر به صورت نور مرئی آزاد می‌شوند علت اصلی گرمابخشی آفتاب است.^۷ با برخورد اشعه خورشید با اتمسفر زمین، ابتدا لایه اوزون اشعه‌های مضر - مانند اشعه ماوراء بنفش که آسیب‌های جدی به پوست و چشم وارد می‌کند - را منعکس کرده و به فضا باز می‌گردند.^۸ از آنجا که جو زمین بی‌رنگ است و امکان جذب بیش از اندازه گرما را ندارند، مولکول‌های موجود در اتمسفر چیزی حدود ۵۴ درصد از انرژی خورشید را هنگام ورود جذب می‌کنند و این گرما را در سراسر سیاره پخش می‌کنند.^۹ اتمسفر زمین همچنین انرژی منعکس شده را از سطح سیاره را به دام می‌اندازند و مانع هدررفت گرما می‌شوند. پس اتمسفر زمین یکی از ستون‌های تعادل دما در زمین است و همان‌طور که از گرم شدن بیش از حد زمین جلوگیری می‌کنند، از سرد شدن بیش از حد سیاره نیز جلوگیری می‌کنند. برای مثال در کره ماه که اتمسفر محافظی ندارد، دما می‌تواند از ۱۲۱ درجه سانتیگراد زیر نور و منفی ۱۵۷ درجه سانتیگراد در سایه متغیر باشد!^{۱۰} اگر زمین به طور مداوم انرژی خورشیدی را بدون هیچ راهی برای از دست دادن انرژی، دریافت می‌کرد به طور مداوم گرم‌تر می‌شد. ولی زمین از طریق بازتاب تشعشعات الکترومغناطیسی به وسیله جو، گرما را به فضا بازمی‌تاباند و از گرم شدن بیش از حد سیاره جلوگیری می‌کند.

مقدار گرمایی که در این فرآیند بازتاب می‌شود به نوع گازهای موجود در جو وابسته است. برخی از گازها گرما را به جای اینکه بازتاب دهند به خود جذب می‌کنند. به همین دلیل باعث اختلال در تابش مجدد تشعشعات می‌شوند. در صورتی که نظم و مقدار این تابش و بازتاب تغییر کند، تغییرات زیست‌محیطی گسترده‌ای در تمام زمین اتفاق می‌افتد. یکی از خطرناک‌ترین این گازها دی‌اکسید کربن است.

«اثر گلخانه‌ای» یا دی‌اکسید کربن چطور

شما را خواهد کشت؟!

با افزایش غلظت دی‌اکسید کربن موجود در اتمسفر، تحمل گرمایی زمین تغییر می‌کند و انرژی بیشتری در جو زندانی می‌شود و گرمای کمتری به فضا باز می‌گردد؛ پدیده‌ای که به عنوان "اثر گلخانه‌ای شناخته" می‌شود. در واقع کربن موجود در لایه‌های بالایی زمین با جذب گرما به خود و سپس انتقال آن به زمین مثل شعله بالایی فر عمل می‌کنند. هنگامی که این ترکیبات تابش مادون قرمز از سطح را جذب می‌کنند، جو گرم می‌شود. انرژی منعکس شده به سمت زمین، سطح را بیشتر گرم می‌کند و باعث می‌شود زمین تشعشعات مادون قرمز بیشتری ساطع کند. این چرخه‌ای ایجاد می‌کند که زمین را به سمت گرم‌تر شدن سوق می‌دهد.^{۱۱}

مقدمه دوم: چرخه آب - آب بی قرار

گام ۱: تبخیر

چرخه آب با تبخیر آغاز می شود. آب انرژی گرمایی خورشید را جذب می کند و به بخار تبدیل می شود. اجسام آبی مانند اقیانوس ها، دریاها، دریاچه ها و بدنه رودخانه ها منبع اصلی تبخیر هستند. آب به خاطر یکی از ویژگی هایش به نام "گرمای ویژه" ۱۲ همان کاری را در طبیعت می کند که در بدن شما هم به آن مشغول است. ظرفیت گرمایی بالای آب اجازه می دهد تا دمای داخلی بدن تنظیم شود. به طور دقیق، آب باید ۴۱۸۴ ژول گرما (۱ کیلو کالری) جذب کند تا دمای یک کیلوگرم آب ۱ درجه سانتیگراد افزایش یابد. ۱۳ برای مثال در حین برف بازی یا پیاده روی زیر آفتاب تابستانی دمای بدن شما هرگز به پای شدت دمای بیرونی نمی رسد. همانطور که یکی از کارهای سیستم جریان خون در بدن شما، علاوه بر رساندن مواد مغذی به سلول ها، متعادل نگاه داشتن دمای بدن است، چرخه آب هم باعث تعادل دما در زمین می شود. در واقع با عبور خون از دل اعضای که دمای بیشتری تولید کرده اند، آب موجود در خون، حرارت را به خود جذب کرده و در هنگام گذر از زیر پوست یا اعضای که خنک ترند این گرما را آزاد می کند.

همین مسئله باعث شده تا آب به عنصری غیرقابل جایگزینی برای خنک کنندگی ماشین آلات در صنعت هم تبدیل شود. همین یک قلم را در نظر بیاورید: آتشفشان هایی که زیر سطح آب دریاها و اقیانوس ها هستند بسیار بیشتر از سطح زمین است. می توانید تصور کنید اگر تنها چند ساعت آبی نباشد که جلوی ورود گرما و مواد مذاب آتشفشان ها به زمین را بگیرد، چقدر دما بالاتر می رود؟! گرمای ویژه آب وقتی که تغییر قیافه می دهد و به بخار یا یخ تبدیل می شود وضوح بیشتری دارد. آب برای تبخیر از محیط پیرامون اش گرما را جذب می کند و در هنگامی که قرار است متراکم شده و مجدداً به مایع تبدیل شود نیز گرما آزاد می کند. ۱۴ به همین خاطر دمای یک منطقه نیز به چرخه آب بستگی دارد.

گردش ترموهالین

یکی دیگر از تاثیراتی که چرخه آب بر دما می گذارد جذب حرارت خورشید به سطح خود و پخش کردن آن است. وقتی در یک روز گرم در برابر آفتاب باشید بدن شما هم همین فرآیند را انجام می دهد: گرمایی که از سطح پوست دریافت می کند را به درون بدن می برد. جایی که آفتابی در کار نیست تا با خنک کردن آن، بتواند به وظایف خود در تعدیل دمای بدن عمل کند. در دریاها هم کار به همین شکل است: درست است که سطح دریاها غالباً آرام است اما در دلشان طوفانی برپاست؛ به طوری که دریا یک لحظه آرام و قرار ندارد. سطح وسیع آب های زمین، حرارت خورشید را به خود جذب کرده و با جریان هایی که در دریاها به

واسطه گرم شدن روی آن و بادها شکل گرفته است، مانع بالا رفتن دما می شود. قسمتی از گردش آب در اقیانوس ها به دلیل نسبت دقیقی است که بین آب شور و شیرین و حرارت وجود دارد. در این گردش، آب به خاطر تفاوت دما و اختلاف چگالی آب های شور و شیرین در مقیاس جهانی به حرکت درمی آید. سرعت این گردش که نامش "دماشوری" (ترموهالین) است در حدود یک سانتی متر در ثانیه است. تخمین زده می شود هر گردش آب در این چرخه، حدود یک قرن به طول می انجامد؛ اما علیرغم کندی سرعت آب، این گردش تا بستر دریا ادامه می یابد و جریاناتی را پدید می آورد که اقیانوس جهانی را در بر می گیرند. ۱۵ آب در اقیانوس اطلس شمالی پایین می رود و به سمت جنوب آفریقا حرکت می کند. در اقیانوس هند و بیشتر در اقیانوس آرام بالا می رود، سپس به سطح نزدیک شده و راهی اقیانوس اطلس می شود تا دوباره در اقیانوس اطلس شمالی پایین رفته و چرخه دوباره و دوباره از نو شروع شود. ترموهالین در تعادل دمای آب های دریاها و - با آنچه ذکر شد - جلوگیری از بالا رفتن دمای تمام کره زمین نقش اساسی دارد. ۱۶ وظیفه دقیق درخت در این پروسه را پس از ذکر سفره های زیر زمینی بازگو خواهیم کرد.

گام ۲: تراکم

در ارتفاعات بالا بخارات آب به دلیل دمای پایین و فشار بالا هوا، به ذرات بسیار ریز یخ یا قطرات آب تبدیل می شود. با نزدیک شدن این ذرات به یکدیگر، ابرها و مه ها را در آسمان تشکیل می شوند.

گام ۳: تصعید

به غیر از تبخیر، تصعید نیز به بخار آب در هوا کمک می کند. ۱۷ تصعید زمانی شتاب می گیرد که دما کم یا فشار زیاد باشد. صفحات یخی قطب شمال و قطب جنوب و کلاهک های یخی روی کوه ها بیشترین بخار آب تصعیدی را در هوا آزاد می کنند.

گام ۴: بارش

سپس ابرها (بخارهای متراکم شده) به دلیل باد یا تغییر دما به صورت بارش می ریزند. در ارتفاعات بالا دما پایین است و از این رو قطرات انرژی گرمایی خود را از دست می دهند. با رسیدن پای قطرات به زمین هر کدام راهی منزلی می شوند که باید بروند مگر اینکه ما راهشان را منحرف کنیم. از این مرحله به بعد کار درخت به عنوان میرآب آغاز می شود و مدیریت آب را به عهده می گیرد.

گام ۵: تعرق

پس از باران مقداری از آن جذب خاک شده و وارد فرآیند تعرق می شود. تعرق فرآیندی شبیه تبخیر است که در آن آب توسط گیاهان به بخار تبدیل می شود. ریشه گیاهان آب را جذب می کند و آن را به سمت برگ ها می راند که برای فتوسنتز استفاده می

پیوستن چشمه‌ها و رودها به یکدیگر عازم دریا می‌شوند تا دوباره سوار گردونه آب شوند.

مقدمه سوم: زیست درخت

اگر نگاهی به ساختار عناصر تشکیل دهنده چوب نگاهی بیان‌نازیم به خوبی متوجه این نکته خواهیم شد که غذای اصلی درختان را کربن تشکیل می‌دهد. سلولز $(C_6, H_{10}, O_5) N$ جزء اصلی دیواره سلولی درختان بوده و ۵۰ تا ۸۰ درصد از چوب را تشکیل داده است. مواد تشکیل دهنده چوب درختان از این قرار است:

- ۱) ۵۰ درصد کربن
- ۲) ۴۲ درصد اکسیژن
- ۳) ۶ درصد هیدروژن
- ۴) ۱ درصد نیتروژن
- ۵) ۱ درصد مواد معدنی

به طور خلاصه درختان در فرآیندی شیمیایی آب و اکسیژن و کربن را گرفته و به وسیله فتوسنتز، کربن را به گلوکز و غذای خود تبدیل کرده و آب و اکسیژن را دوباره به هوا باز می‌گرداند.

مراحل فتوسنتز:

۱. گیاهان آب و مواد معدنی را از طریق ریشه خود جذب می‌کنند تا شیره بسازند.

۲. هنگامی که آب از طریق ریشه به داخل مکیده می‌شود، وارد نوعی لوله گیاهی در پوسته داخلی درخت می‌شود که آب را به بالای درخت می‌برد. شیره از طریق درخت به برگ‌ها می‌رسد. برگ‌ها CO_2 و نور را جذب می‌کنند.^{۱۹} برگ گیاهان دارای روزنه‌های ریزی به نام «استوما» هستند که غالباً در زیر برگ‌ها وجود دارند^{۲۰} و از طریق آن‌ها هوا را برای فیلتر کردن کربن به درون خود جذب می‌کنند.

۳. برگ‌ها از کلروفیل و انرژی خورشید برای تبدیل CO_2 و آب به گلوکز استفاده می‌کنند و به دلیل گرمای ویژه آب، برگ‌ها حرارت زیادی را باید برای این فرآیند جذب کنند.^{۲۱}

۴. اکسیژن و آب آزاد می‌شود و گلوکز درخت را تغذیه می‌کند که توسط شیره به سراسر گیاه منتقل می‌شود. با از دست دادن آب در برگ‌ها، فشار آب در سایبان بالایی کاهش می‌یابد که با کمک اختلاف فشار هیدرواستاتیک باعث می‌شود آب دوباره از ریشه به سمت برگ‌ها بالا برود و این مراحل دوباره تکرار شوند.^{۲۲} نود درصد آب درخت در نهایت پراکنده شده و از روزنه‌های برگ آزاد می‌شود.^{۲۳}

برای اینکه متوجه شوید یک درخت چه اندازه کربن را در خود جای داده است درختی ۱۰۰۰ کیلوگرمی با رطوبت ۱۰۰ درصد را تصور کنید. اکنون می‌دانیم که این درخت ۵۰۰ کیلوگرم آب و ۵۰۰ کیلوگرم جرم خشک است. و می‌دانیم که ۴۷.۵ درصد از

شود. آب اضافی از طریق " اسمز "ها (روزنه‌های بسیار ریز برگ‌ها) به صورت بخار آب از برگ‌ها خارج می‌شود. این مرحله را در مقدمه بعد زیر ذره‌بین خواهیم گذاشت.

گام ۶: روان آب

آبی که نتواند در زمین نفوذ کند به شکل روان آب روی زمین جاری می‌شود تا دوباره راهی برای بازگشت به چرخه پیدا کند. با برخورد قطرات آب با زمین و عبور از سطح زمین، خاک سطحی - حاصلخیزترین و قیمتی‌ترین بخش خاک - و مواد معدنی را همراه با خود به حرکت درمی‌آورد. هر سال نهرها حدود ۱۷ میلیارد تن مواد فرسایش یافته را از خشکی به اقیانوس‌ها، دریاها یا دریاچه‌ها منتقل می‌کنند.^{۱۸} در صورتی که روان آب‌ها یکدیگر را پیدا کنند و به هم پیوندند سیل‌هایی را پدید خواهند آورد که هیچ چیزی در برابر آن قدرت ایستادگی ندارد.

آنچه این چرخه را مخصوصاً در محیط‌های شهری با اختلال گسترده مواجه می‌نماید فرس شدن زمین با پوشش‌هایی است که اجازه نفوذ آب در زمین را نداده و باعث ایجاد روان آب و سیلاب می‌شوند. در ابعاد وسیع‌تر چوب لای چرخه آب در تمام طبیعت زیست‌کره می‌گذارد.

گام ۷: نفوذ

آب اگر بتواند قدری بر روی خاک درنگ کند، رفته‌رفته جذب خاک شده و وارد زمین می‌شود تا بر سر سفره‌های زیرزمینی بنشیند. با عبور آب از دل خاک‌های فشرده لایه‌های پایین‌تر، املاح و شوری آن فیلتر می‌شود تا چیزی که پس از گذر از تنگناها به سفره‌ها می‌رسد آبی خالص و زلال باشد. یعنی آبی که قابلیت استفاده توسط موجودات زنده را داشته باشد.

انسان مدرن جنگی را از تمام جهات بر علیه آب آغاز کرده است: بهره برداری انسان از آب‌های سطحی که در صنعت، آشامیدن و کشت استفاده می‌شود باعث از دست رفتن سریع ذخائر آب شده. بشر مدرن با ایجاد شهرها و مناطقی که آب را از سفره‌های زیرزمینی دریغ می‌کنند راه تأمین آب زلال و صاف سفره‌ها را بست. علاوه بر این‌ها انسان معاصر با اختراعات جدیدش دندان‌ها را برای تهاجم جدیدی تیز کرده است: جنگ را از سطح زمین به صدها متر پایین‌تر هم کشانده و به سفره‌هایی که روز به روز در حال کوچک‌تر شدن‌اند هم هجوم برده و سفره کریمانه آب‌های زیرزمینی را از نعمت آب می‌روید.

به وظیفه درخت در قبال فرسایش و نفوذ دادن آب، در فصل معماری خاک می‌پردازم.

گام ۸: بازگشت به دریا

سفره‌های زیرزمینی که در بخش‌هایی از خود با زمین هم سطح باشند آب خود را به شکل چشمه‌ها و آبگیرها بروز می‌دهند و با

آن جرم خشک، کربن است. این یعنی ۲۳۷.۵ کیلوگرم کربن. به لطف نسبت جرم مولی، می‌توانیم CO₂ را تجزیه کنیم و متوجه شویم که برای ایجاد ۱ کیلوگرم کربن در درخت به ۳.۶۷ کیلوگرم کربن دی‌اکسید نیاز است.^{۲۴}

بخش دوم: نقش درخت در کاهش

دما و مدیریت آب

وظایفی که درخت در قبال چرخه آب انجام می‌دهد را نباید منحصر به مصرف آب و تبخیر آن کرد. درخت به عنوان موجودی که حافظ حیات بر روی زمین است با سرک کشیدن به تمام حوزه‌های چرخه حیات دستی به سر و روی آن خواهد کشید و از روز قبل بهترش خواهد کرد. باور کنید یا نه حتی یک درخت هم در جلوگیری از سقوط حیات در زمین به خوبی مؤثر است. پس از مقدماتی که ذکر شد به معجزات روزمره‌ای که درخت برای انسان انجام می‌دهد می‌پردازم.

کاهش و تعدیل دما

تمام تغییرات اقلیمی ریشه در تغییرات دما دارند. زیرا به زبان ساده، تغییرات آب و هوایی چرخه طبیعت که به دست انسان‌ها مختل شده را تشدید می‌کند: به دلیل گرمایش بالا، آب از خشکی و دریا تبخیر می‌شود و در نهایت به صورت باران و برف به زمین بازمی‌گردد. با افزایش دمای هوا، آب بیشتری به هوا تبخیر می‌شود و هوای گرم‌تر می‌تواند بخار آب بیشتری را در خود نگه داشته و سپس به صورت باران و برف پایین بفرستد. چیزی که مشکلات بزرگی مانند سیل و طوفان‌های شدید در سراسر جهان پدید آورده است. درست در همان زمان که برخی از مناطق با طوفان‌های قوی‌تر مواجه می‌شوند، برخی دیگر به خاطر بی‌نظمی ایجاد شده در چرخه، هوای خشک و حتی خشکسالی بیشتری را تجربه می‌کنند.^{۲۵} چرا که با افزایش دما، تبخیر افزایش می‌یابد و خاک خشک می‌شود. خشکی خاک رفته‌رفته باعث از دست رفتن پوشش گیاهی مناطقی خشک می‌شود و حتی هنگامی که باران می‌آید مقدار زیادی آب از زمین سخت و خشک - که دیگر توان جذب آب را ندارد - به رودخانه‌ها و نهرها می‌ریزد و باز خاک خشک می‌ماند. علاوه بر این به دلیل دماهای گرم‌تر، بیشتر بارش‌ها به صورت باران خواهد بارید نه برف. در بخش‌هایی از نیمکره شمالی ورود زودهنگام شرایط بهاره، قله‌هایی که با ذوب آرام آرام برف‌هایشان آب را در تابستان تامین می‌کردند، سریع‌تر ذوب می‌شوند و در زمستان و اوایل بهار وارد جریان رودخانه‌ها می‌شود. نتیجه؟ تبخیر بیشتر از خاک و افزایش خطر خشکسالی و تشدید اثرات تغییرات اقلیمی.^{۲۶} درست است که با خواندن سیر فساد و دگرگونی‌هایی که به وجود آمده لرزه بر ادم‌تان می‌افتد و شاید کار را از دست رفته به حساب بیاورید اما باید توجه داشت با

اقدامات گروه‌های دلسوز و بسیج مردمی و آغاز درخت‌کاری و ایجاد مجدد پوشش گیاهی با همین زمین‌های کوچک و دست‌های خالی هم قادر خواهید بود چرخه حیات را نجات داده و آب رفته را به جوی بازگردانید.

اولین هدفی که باید برای نجات دادن چرخه حیات دنبال کرد کاهش دمای کره زمین است تا با حرکت به سوی آب و هوایی بهتر منابع آب با تبخیرهای نا به جا از دست نرفته و بارش‌ها به روال طبیعی خود بازگردند. توافق‌نامه محیط‌زیستی پاریس هدف اصلی خود را "تقویت واکنش جهانی به تهدید تغییرات آب و هوایی از طریق کاهش دمای جهانی تا ۲ درجه سانتی‌گراد در این قرن" قرار داده است.^{۲۷} با بررسی‌های صورت گرفته که در ادامه از نظر خواهید گذراند بهترین، پایدارترین و ارزان‌ترین روش کاهش دمای زمین، حفظ و احیای منابع آب کاشت درختان متنوع و بومی در جای جای جهان است.^{۲۸}

دی‌اکسید کربن: خوراک درخت

درختان با جذب و ذخیره کردن دی‌اکسید کربن بزرگ‌ترین بار در کاهش دمای زمین را به دوش می‌کشند. درخت، به دلیل ساختار چوبش - که گفتم بیش از نیمی از آن را کربن تشکیل داده است - مشتری پر و پا قرص کربن‌اند. آن‌ها بزرگ‌ترین مصرف‌کننده کربن در زمین و به نوعی می‌شود گفت تبدیل‌کننده دی‌اکسید کربن از گاز به جامد(تنه و بدنه خود) هستند. با مصرف کربن توسط درخت، گنبد کربنی جو رنگ می‌بازد و جدای از هوای پاک، دمای زمین رو به کاهش می‌رود.

درخت: سپر بالای امواج

درخت در دو سطح دما را کاهش دهد: محلی و جهانی. درختان با زیست خود نوعی ریزاقلیم در محیط پیرامونی خود ایجاد می‌کنند که باعث خنک‌تر شدن اطراف خود خواهد شد. اما این تغییر مثبت در همان محدوده باقی نخواهد ماند. زیرا به دلیل یکپارچگی چرخه حیات، هر تغییری - هر چند بسیار کوچک - باعث تحول در تمام زیست‌بوم زمین هم خواهد شد. همواره رقابت نفس‌گیری بین آب و آفتاب در جریان است. آفتاب با حرارتی که تولید می‌کند به دنبال آخرین مولکول آب است تا آن را دوباره به چرخه طبیعت بازگرداند و انسان در تلاش است تا قبل از گریختن آب و تبخیر کامل آن، بیشترین استفاده را از آن برده باشد. به همین دلیل مسئله‌ای که از دیرباز ذهن بشر را به خود مشغول داشته پیدا کردن راهی برای بهره برداری بیشتر از این گنج بی‌قرار بوده است. امروزه با بی‌توجهی چند قرن اخیر انسان به حراست از طبیعت، زمین گرم‌تر شده و اشعه‌های خورشید نیز تبدیل به سلاح‌های برنده‌تری شده‌اند. با استفاده روزافزون و نادرست از منابع آب شیرین این چالش رنگ و بوی تهدیدآمیزی

به خود گرفته و باعث شده است تا حفظ و بهره‌برداری صحیح از آب بیش از پیش در مرکز توجه قرار بگیرد.

درخت از راه‌های مختلفی باعث کاهش دما می‌شود: در وهله اول با باز کردن شاخ و برگ‌اش در مقابل اشعه‌های خورشید مانع رسیدن تشعشعات الکترومغناطیسی - که از این به بعد برای سهولت آن را آفتاب می‌نامیم - و گرما به سطح خاک می‌شوند. باید بگوییم در حقیقت درخت و اطرافش تافته جدا بافته است!

درختان در زیر تاج شاخ و برگ خود در مقایسه با اتمسفر بیرونی محیطی جداگانه ایجاد می‌کنند که نتیجهٔ مجموع عملکردهای فیزیکی و فیزیولوژیکی درخت است^{۳۹}. چیزی که با ورود به جنگل‌های انبوه به وضوح قابل حس است. با وارد شدن در دل جنگلی انبوه گویی وارد اقلیم دیگری می‌شوید: رطوبت و دمای هوا با مرز جنگل و چند متر بالاتر از تاج جنگل اصلاً قابل مقایسه نیست.

آزمایشاتی که طی یک دهه و در بیش از ۶۰ منطقه صورت گرفته نشان داده است سطوح سایه دار ۲۰ تا ۴۵ درجه فارنهایت (۱۱ تا ۲۵ درجه سانتیگراد) خنک‌تر از سطوح بدون سایه‌اند.^{۳۰} تبخیر و تعرق، به تنهایی یا در ترکیب با سایه، می‌تواند به کاهش دمای هوا در اوج تابستان تا ۲ الی ۹ درجه فارنهایت (۱ تا ۵ درجه سانتی‌گراد) کمک کند.^{۳۱} درختان و پوشش گیاهی زمانی که در مکان‌های حساب‌شده اطراف ساختمان‌ها یا برای سایه‌اندازی پیاده‌روها در پارکینگ‌ها و خیابان‌ها کاشته می‌شوند، با جلوگیری از تابش آفتاب به عنوان یک استراتژی کاهش مصرف انرژی تا ۳۵ درصد مفید هستند. تا حدی که در برخی مناطق آزمایش شده، نیاز به وسایل سرمایشی در تابستان کاملاً بر طرف شده بود!^{۳۲} - چرا که به گفتهٔ دپارتمان انرژی آمریکا، درختان می‌توانند دمای هوای اطراف را تا ۶ درجه فارنهایت کاهش دهد.^{۳۳} البته از آنجا که هوای خنک به سمت پایین متمایل است، دمای هوا در زیر درختان می‌تواند تا ۲۵ درجه خنک‌تر باشد.^{۳۴}

محققان در پژوهش دیگری که سیزده سال به طول انجامید و دمای هوا را در علفزار، زمین خشک و ۱۲ منطقهٔ درختکاری شده اندازه گرفتند دریافتند که میانگین دمای هوا در محل‌های بدون درخت - به طور میانگین - ۳۵.۴۵ درجهٔ سانتیگراد در مناطق درخت‌کاری شده ۳۰.۷۷ درجه سانتیگراد بود. همچنین دمای خاک در ۳ سانتی‌متر زیر سطح خاکی که زیر سایبان درخت‌ها بود ۳.۲۸ تا ۸.۰۷ درجه سانتیگراد نسبت به هوا کاهش نشان داد.^{۳۵} مطالعهٔ دیگری بر روی ۱۹ گونه از گیاهان و درختان با شاخ و برگ متفاوت و سنین مختلف نشان داد که سایه‌اندازی درختان با کاهش دما از ۲ تا ۵ درجهٔ سانتی‌گراد می‌تواند تبخیر آب از سطح خاک را به طور چشمگیری کاهش دهد.^{۳۶} جلوگیری از تبخیر به وسیلهٔ سایه اندازی مختص جنگل‌ها و باغ‌های وسیع نیست؛

سایه‌اندازی حتی اگر به صورت متناوب و با شاخ و برگ‌های جوان و نازک نیز اتفاق بیوفتد مانع تبخیر آب خواهد شد. درک این موضوع با آنچه دربارهٔ فرآیند تبخیر گفتیم روشن می‌شود: وقتی آب و رطوبت در معرض تابش یا باد قرار می‌گیرند با افزایش حرکت مولکول‌های آب، روند تبخیر آغاز می‌شود و در صورتی که مانعی جلوی تابش را نگیرد حرکت مولکول‌های آب اوج گرفته و در صورت ادامه یافتن آب به کلی از خاک و هوا رخت برمی‌بندد. سایهٔ متناوب مانع از رسیدن دما به آستانه‌ای می‌شود که مولکول‌ها فرار را بر قرار ترجیح دهند.^{۳۷}

پمپاژ رطوبت توسط درختان (پمپ بیوتیک)

یکی دیگر از شگفتی‌هایی که به تازگی کشف شده و جامعهٔ علمی و زیست محیطی را با تغییر زاویه نگاه جدی مواجه کرده است عملیات پمپاژ رطوبت توسط درختان است.^{۳۸} این نظریه به زبان ساده در صدد بیان این نکته است که رطوبت جوئی تولید شده توسط جنگل‌ها فقط در حوضهٔ آبریز محلی خودشان باقی نمی‌ماند؛ و در واقع بیشترش به وسیلهٔ باد به سائر مناطق، کشورها یا حتی قاره‌های دیگر منتقل می‌شود و با مکشی که به خاطر جنگل صورت می‌گیرد دوباره هوای مرطوب و ابر به سمت مناطق درختکاری شده کشیده می‌شود.^{۳۹} قسمتی از فشار هوا به دلیل رطوبت موجود در آن است. به این صورت که هرچه رطوبت هوا بیشتر باشد، میزان فشار هم بالاتر است به دلیل اینکه رطوبت، از هوای معمولی سنگین‌تر است طبعاً تمایل دارد پایین‌تر قرار بگیرد. پس هر چه به زمین نزدیک‌تر باشیم رطوبت و در نتیجه فشار هوا بیشتر خواهد بود. اختلاف موجود در رطوبت و فشار هوا از طرفی و از طرف دیگر تغییر دما در ارتفاع بالاتر (موسوم به آهنگ کاهش یا لیس ریت) باعث می‌شود به خاطر «جریان همرفتی»^{۴۰} جریان قوی‌ای از هوا به وجود آید. همچنین در ارتفاع بالاتر با تبدیل گاز یا رطوبت به آب یا مایع، میزان فشار هوا به طور جدی کاهش می‌یابد. به خاطر این‌که هنگامی که رطوبت به شکل گاز است فضای بیشتری می‌طلبد اما با فشرده و متراکم شدن، جا برای هوای جدید باز می‌شود. خلاء ایجاد شده در لایه‌های بالایی اتمسفر که پس از تبدیل گاز به مایع به وجود آمده است باید دوباره پر شود. این مرحلهٔ نخست برای تشکیل چرخهٔ هوایی عجیبی است که پدید خواهد آمد. در مرحلهٔ بعد از آن جا که لایه‌های پایین‌تر هر چه در چنجه داشته‌اند را برای تعدیل فشار در لایه‌های بالای اتمسفر به بالا فرستاده‌اند، حالا خودشان با فشار پایینی دست به گریبان‌اند که هر چه سریع‌تر باید جبران و تعدیل شود. به همین منظور طبیعت برای رفع فوری خلاء پدید آمده، به تبخیر رو می‌آورد.

فشار پایینی که در نزدیکی سطح زمین توسط جنگل ایجاد شده است بستر مناسبی برای تبخیر هر چه سریع‌تر مهیا می‌کند تا این

چرخه لنگ نماند. ابرهای حاصل از این فرآیند به وسیله باد به حرکت درآمده و گاهی حتی می‌توانند تا میانه قاره‌های خشک را از برکت باران لبریز کنند. این پدیده در مناطق باران‌زایی مثل سواحل شدت و سرعت بیشتری دارد. مسئله عجیبی که وجود دارد این است که این چرخه پمپاژ رطوبت تا جایی که جنگل امتداد داشته باشد قابل ادامه یافتن است. به عبارتی با شناخت دقیق‌تر این مکانیسم قادر خواهیم بود تا با کاشت حساب‌شده درختان حتی مناطق خشک را بدون ترس از کمبود آب یا خشکسالی احیاء کنیم.

درخت و بافتن ابر

در مقیاس وسیع‌تر یکی از روش‌هایی که درختان باعث جلوگیری از بالا رفتن حرارت سیاره می‌شوند ابر از طریق افزایش رطوبت هواس. آزمایشات اخیر نشان داده است که درختان نقش اصلی را در تولید رطوبت جوی ایفاء می‌کنند. بیش از ۷۰ درصد رطوبت جوی تولید شده در مناطق خشک - برخلاف آنچه در گذشته تصور می‌شد که از دریاچه‌ها یا رودخانه‌ها و... باشد - از گیاهان ناشی می‌شود.^{۴۱} باران تنها زمانی می‌تواند بیارد که آب موجود در لایه‌های بالای اتمسفر به صورت قطرات متراکمی تبدیل شود. در حین فرآیند تعریق (بازگشت بخار به جو) درختان آب را خالص باز نمی‌گردانند. گرده گیاهان، میکروارگانیسم‌ها و ذرات ریز بیولوژیکی‌ای به نام «بیوائروسول» (هواپخش‌های طبیعی - ذرات طبیعی ریز) را به بخار اضافه کرده است. این ذرات ریز مانند یک تور باعث گرد هم آمدن قطرات آب می‌شوند و بارش باران را تسهیل می‌کنند.^{۴۲} کاری که در صورت از بین رفتن درختان با صرف هزینه‌های بسیار باید به صورت مصنوعی انجام شود. تاثیر وجود ابر بر دمای یک ناحیه تا حدی است که آزمایشات نشان داده است همانطور که الگوهای ابر در مناطق تغییر می‌یابد، دما نیز در سراسر جهان تغییر می‌کند.^{۴۳}

درخت بادشکن

در کنار تابش آفتاب، علت دیگری که تبخیر آب از سطح دریاها و دریاچه‌ها و همچنین سطوح مختلف از جمله خاک را سرعت می‌بخشد برخورد باد است. با وزش باد رطوبت موجود در هوا به حرکت درآمده و با خشک شدن هوا بستر برای تبخیر مجدد فراهم می‌شود. به علاوه اینکه با برخورد باد با سطح آب یا خاک، مولکول‌های سطحی با باد همسفر شده و از محیط فعلی خود جدا می‌شوند. این مسئله باعث فرسایش خاک و تبخیر سریع آب از محیط می‌شود.^{۴۴}

درختان اگر به صورت گروهی و متراکم (مانند باغ یا جنگل) در محیطی وجود داشته باشند دست به دست هم داده و با ارتفاعی که به باد می‌دهد مانع برخورد مستقیم باد با سطح شده و در برابر

هجوم باد سدی ایجاد می‌کنند تا جلوی غارت آب و فرسایش خاک توسط باد را بگیرند.^{۴۵} یکی از راه‌هایی که دانشمندان برای کاهش حجم عظیم آب تبخیر شده از سطح سدها ارائه کرده‌اند کاشت درختان در اطراف دریاچه سد است. این کار می‌تواند ۱۵ تا ۲۰ درصد تبخیر آب را کاهش دهد.^{۴۶}

درخت یا کولر آبی؟

راه دیگری که درخت برای خنک کردن هوا پیدا کرده است عبور دادن هوای گرم از روزنه‌های خود و برخورد آن با آب موجود در گیاه در طول فتوسنتز است. گیاهان از این نظر درست مانند یک کولر آبی عمل می‌کنند. درواقع به همین دلیل است که هوای اطراف و زیر گیاهان تا حدودی خنک‌تر از منطقه بدون درخت است.^{۴۷}

آب، ذخایر و هدر رفت

در کنار فعالیت‌هایی که درخت برای کاهش دمای هوا انجام می‌دهد و به طور غیرمستقیم بر حفظ آب در زمین و رطوبت در هوا اثر می‌گذارد، مجموعه کارهایی هم برای حفظ مستقیم منابع آبی انجام می‌دهد. درختان آب را جذب، ذخیره و فیلتر می‌کنند. کل آب موجود در کره زمین ۱۳۸۶ میلیون کیلومتر مکعب است که در سه لایه اتمسفر (بالای زمین)، بیوسفر یا زیست‌کره (روی زمین)، لیتوسفر یا سنگ‌کره (زیرزمین) دیده می‌شود. آب شیرینی که بتواند مورد استفاده موجودات زنده قرار گیرد تنها ۳ درصد از منابع آبی است که بیش از دو سوم آن در یخچال‌های قطبی به صورت منجمد برای روز مبادا ذخیره شده و مابقی در داخل زمین یافت می‌شوند. منابع آب شیرین هرچند با چرخیدن چرخه آب قابل تجدیدند اما به دلایل گوناگون از جمله مدیریت نادرست آب توسط انسان، تبخیر بیش از حد بر اثر گرمایش زمین و... این چرخه از تأمین کافی آب شیرین بازمانده و زنگ هشدار را برای انسان به صدا در آورده است.

گیاهان با توجه به مکانیسم‌های درونی و توانایی‌های سازگاری آن‌ها، یک ضرورت واقعی در حفظ آب هستند و نقش حیاتی در چرخه آب زمین دارند. در واقع به دلیل نیاز گیاه به آب، آنها برخی سازگاری‌های ساختاری برای جلوگیری از کم‌آبی کامل و در امان ماندن از تأثیرات خشکسالی دارند. این بدان معنی است که درختان فقط مصرف‌کننده آب نیستند بلکه به نوعی تأمین‌کننده و نگهدارنده آن هم هستند. بسیاری از گیاهان در محیط‌هایی زندگی می‌کنند که کمبود آب دارد. به عنوان مثال شما گیاهان را در مناطق خشک، زمین‌های متروک یا حتی در محیطی که آب یخ زده است می‌بینید.

این بدان معنی است که گیاهان باید حداکثر تلاش خود را بر حفظ و جذب آب متمرکز کنند چرا که آب در این مناطق گوهر کمیابی به شمار می‌رود. تغییر نگاه ما به چگونگی حفظ و مصرف

آب درختان معادلات تان را درباره درخت به هم خواهد ریخت؛ به گونه‌ای که قائل می‌شوید نه تنها کاشت درختان بیشتر، موجب جلوگیری از هدر رفتن آب خواهد شد، بلکه علت خشکی و خشک‌سالی را هم در عدم کاشت درخت و از بین رفتن پوشش گیاهی جست‌وجو خواهید نمود.

نفوذ آب‌های سرگردان

شرط اصلی در پر شدن سفره‌های زیرزمینی که منبع اصلی آب شیرین‌اند نفوذ پیدا کردن آب در زمین است و نفوذ آب در وهله نخست به وجود تخلخل (سوراخ و روزنه) کافی در خاک سطحی برای نفوذ بارندگی بستگی دارد. هنگامی که تخلخل خاک سطحی برای پذیرش بارندگی بسیار کم باشد یا تخلخل زیر خاک آنقدر کم باشد که اجازه نفوذ آب باران را ندهد، نفوذ محدود می‌شود و آب باران به عنوان روان‌آب از دست می‌رود.^{۴۸}

درخت: معمار خاک

اگرچه ما به طور کلی خاک و غنای آن را بر حسب اجزای جامد آن یعنی شن، سیلت، رس و مواد آلی در نظر می‌گیریم، اما در اصل، فضاهای بین این ذرات هم به اندازه خود ذرات جامد اهمیت دارند. به این دلیل که این سوراخ‌ها سینه‌ها فضاهایی هستند که تمام کنش‌ها در آن اتفاق می‌افتد. مانند یک خانه که در آن همه فعالیت‌های مهم در اتاق‌ها روی می‌دهد نه در دیوارها و کف. پس در حقیقت این معماری خاک است که مهم است. فضاهای منافذ در یک خاک با توجه به نوع خاک و نحوه مدیریت آن متفاوت است. خاک‌های زیر پوشش گیاهی طبیعی به دلیل فعالیت بیولوژیکی بالای خود گیاه و ریشه‌هایش و عدم مداخلات بشری، عموماً تخلخل بالایی دارند و در مقایسه با اکثر خاک‌هایی که برای محصولات کشاورزی یا چرا استفاده می‌شوند از کیفیت فیزیکی برتری برخوردارند.

اثرات حفاظتی درختان برای خاک و آب، نه به دلیل وجود خود درختان، بلکه به دلیل وجود بستر برگ‌ها، شاخه‌های ریخته شده و موجوداتی است که در پناه درخت و زیر آن زندگی می‌کنند. شاخ و برگ درختان جلوی برخورد شدید قطرات باران به خاک را گرفته و قسمتی از آب را در این مرحله جذب می‌کنند. برگ‌ها، شاخه‌ها، کنده‌های کف جنگل، مواد مغذی و رسوبات را قبل از رسیدن به خاک و سپس سفره‌های زیرزمینی به خود می‌گیرند و مهاجرت آب به کف جنگل را کند می‌کنند و در نتیجه اجازه می‌دهند زمین با حوصله بیشتری به جذب آب بپردازد. ریشه‌ها درحین اینکه قسمتی از آبی که بر زمین ریخته را برای فتوسنتز و رشد گیاه به او می‌دهند، با رشد دائمی‌شان در زیر خاک روزه‌های ریزی ایجاد می‌کنند که از تراکم بیش از حد خاک مانع

می‌شود و زمینه را برای حرکت و نفوذ آب در خاک آماده می‌کند. مقداری از این آب به نهرها و دریاچه‌ها می‌رسد و از آنجا می‌تواند به سفر خود تا شیر آب شما ادامه دهد.^{۴۹}

درخت علاوه بر حفظ خاک، ظرفیت نگهداری آب را به حداکثر می‌رساند و آن‌ها را قادر می‌سازد تا برای مدت طولانی‌تری در برابر خشکسالی مقاومت کنند.^{۵۰} طی آزمایشاتی که در بورکینافاسو به عنوان یکی از خشک‌ترین مناطق زمین صورت گرفت مشاهده شد که کاشت درخت در واحه‌های بیابانی باعث شارژ مجدد سفره‌های زیرزمینی هم می‌شود. با توجه به این نکته باید بگوییم آبخیزداری بدون در نظر گرفتن معماری خاک توسط درختان، مانند کاشت بذر در زمین سفت بدون شخم است! فلذا باید علاوه بر امور متداول در آبخیزداری با کاشت درختان، خاک را برای جذب حداکثر آب آماده کرد.

توسعه سطوح سخت مانند خیابان، خانه و پیاده رو در شهر نیز به اختلال سفره‌های زیرزمینی دامن زده است. چرا که سطوحی که به آب اجازه نفوذ در زمین را نمی‌دهند نهایتاً تبخیر بیشتری را به جای حفظ آب در خاک به همراه می‌آورد. خاک‌های متراکم منجر به روان شدن زیاد آب و باران می‌شوند و آب چون نمی‌تواند به لایه‌های زیرین نفوذ کند نمی‌تواند زمین را به خوبی اشباع کند.^{۵۱} مسئله‌ای که توجه جدی انسان‌ها برای کاشت بیشتر درخت در محیط‌های شهری و به وجود آوردن باغ‌ها، واحه‌ها و کمربند‌های سبز در اطراف شهرها را می‌طلبد.

سلامت باشید

۱۳ قال الصادق عليه السلام: «... خُلِقَ لَهُ الشَّجَرُ فَكُلَّفَ غَرْسَهَا وَ سَقْيَهَا وَ أَلْقِيَامَ عَلَيْهَا...» خداوند درخت را برای انسان خلق نمود و وظیفه کاشت، آبیاری، به پا داشتن آن را تکلیف انسان قرار داده است. بحار الأنوار - ج ۳ - ص ۸۶

^{۱۲}<https://sharghdaily.com/fa/tiny/news-۸۵۰۷۹۵>

همچنین درباره تنش آبی بین ایران و ترکیه به این لینک مراجعه کنید.

^{۱۳} تلاش برای کاهش تبخیر از مخازن آب در دهه ۱۹۶۰ با استفاده از فیلم های مولکولی تک لایه به عنوان یک مانع نفوذ ناپذیر برای سطح آب آغاز شد. عمده فعالیت های بشری در راستای کاهش تبخیر حجم بالای آب در سدها و مخازن در ایجاد لایه ای بر سطح آب (چه به صورت سابیان، چه به صورت به آب انداختن صفحه های پلاستیکی یا پوشاندن سطح آب با «تک لایه ها» بوده است.

^{۱۴} عقب نشینی یخچالی فرآیندی است که در آن یخچال ها سریع تر از آن که یخ هایشان با بارش جایگزین شود، ذوب می شوند. عقب نشینی یخچالان مقدار آب شیرین موجود بر روی زمین را محدود می کند. برای مطالعه بیشتر به مستند «تعقیب یخ» و این لینک مراجعه کنید:

<https://education.nationalgeographic.org/resource/hydrologic-cycle>

^{۱۵} تبدیل عناصر سبک به عناصر سنگین تر به وسیله پیوند خوردن اتم هایشان به یکدیگر.

^{۱۶} گرم کردن امواج الکترومغناطیسی را در ماکروفرها نیز می توانید حس کنید. خورشید در سرتاسر طیف الکترومغناطیسی تابش می کند. از پرتوهای X و پرتوهای کیهانی گرفته تا موج های رادیویی به طول موج هایی تا ۱۵ m و بیشتر. اما چون سطح آن ۶۰۰۰ سانتیگراد است، بیشتر انرژی آن در طول موج های نسبتاً کوتاه فرابنفش، مرئی و فروسرخ است. علاوه بر این، پرتوهای فروسرخ خورشید نیز برای ما منبع گرما بشمار می آید.

^{۱۷}http://wiki.avastarco.com/index.php?title=%D۸%AA%D۸%AV%D۸%A۸%D۸%B۴_%D۸%AV%D۹%۸۴%DA%A۹%D۸%AA%D۸%B۱%D۹%۸۸%D۹%۸۵%D۸%BA%D۹%۸۶%D۸%AV%D۸%B۷%DB%۸C%D۸%B۳%DB%۸C

^{۱۸}<https://weather.gov/jetstream/heat#:~:text=The%۲۰sun's%۲۰radiation%۲۰strikes%۲۰the,air%۲۰rises%۲۰into%۲۰the%۲۰atmosphere.>

^{۱۹}<https://sciencing.com/earth-receive-heat-sun-۴۵۶۶۶۴۴.html>

^{۲۰}<https://earthhow.com/solar-radiation-electromagnetic/>

^{۲۱}<https://sciencing.com/earth-receive-heat-sun-۴۵۶۶۶۴۴.html>

^{۲۲} گرمای ویژه مقدار گرمایی است که چیزی برای افزایش یک درجه سانتیگراد دما لازم است. آب بالاترین ظرفیت گرمایی ویژه را در بین هر مایعی دارد. مقاومت در برابر تغییرات ناگهانی دما، آب را به یک زیستگاه عالی تبدیل می کند و به ارگانسیم ها اجازه می دهد بدون تجربه نوسانات دمایی زیاد زنده بمانند. در واقع به همین علت است که تشنه شده و آب می نوشیم.

^{۱۳} برای مقایسه، فقط ۳۸۵ ژول گرما لازم است تا ۱ کیلوگرم مس را به ۱ درجه سانتیگراد برساند:

<https://usgs.gov/special-topics/water-science-school/science/specific-heat-capacity-and-water>

^{۱۴}<https://education.nationalgeographic.org/resource/hydrologic-cycle>

^{۱۵}<https://cgie.org.ir/fa/article/۲۴۰۳۹۵/%D۸%AV%D۹%۸۲%DB%۸C%D۸%AV%D۹%۸۶%D۹%۸۸%D۸%B۳?entryviewid=۲۵۹۴۷۷>

^{۱۶}<https://science.nasa.gov/earth-science/oceanography/ocean-earth-system/ocean-water-cycle#:~:text=Water%۲۰evaporates%۲۰from%۲۰the%۲۰surface,carbon%۲۰dioxide%۲۰and%۲۰other%۲۰gases>

^{۱۷} تصعید فرآیندی است که در آن یخ مستقیماً بدون تبدیل به آب مایع به بخار آب تبدیل می شود و کندتر از تبخیر است.

^{۱۸}<https://eolss.net/sample-chapters/c۰۱/E۴-۰۶-۰۲-۰۶.pdf>

^{۱۹}<https://gardeningknowhow.com/ornamental/trees/how-do-trees-drink.htm>

^{۲۰}<https://eco-intelligent.com/۲۰۲۰/۰۵/۲۳/why-is-it-cooler-around-trees>

^{۲۱} به عبارتی برای تبخیر ۱ گرم آب ۵۹۰ کالری انرژی لازم است و برای یک کیلو گرم به ۵۹۰۰۰۰ کالری (۵۹۰ کیلو کالری) نیازمندیم. یک درخت صمغ بزرگ که در طول تابستان در سیدنی رشد می کند، روزانه تا ۲۰۰ لیتر بخار ترشح می کند. انرژی مورد نیاز برای تبخیر ۲۰۰ لیتر ۱۱۸۰۰۰ کالری است. درختان بسته به اندازه تاج پوشش و مساحت برگ هایشان می ۰ لیتر آب در روز از دست بدهند. به عنوان مثال، بید نقره ای (Salix nigra) یا صنوبر سفید (Populus alba) با اندازه سابیان ۹۰۰ فوت مربع (۸۳۶ متر مربع) می تواند تا ۸۲ لیتر آب در روز را از طریق تعرق از دست بدهد:

<https://transpirationbyted.wordpress.com/۲۰۱۱/۰۵/۱۳/cool-trees>

^{۲۲}<https://gardeningknowhow.com/ornamental/trees/how-do-trees-drink.htm>

^{۲۳}<https://treehugger.com/process-of-using-water-by-trees-۱۳۴۳۵۰۵>

^{۲۴}<https://ecotree.green/en/how-much-co۲-does-a-tree-absorb#:~:text=A%۲۰tree%۲۰absorbs%۲۰approximately%۲۰۲۰۵kg%۲۰of%۲۰CO۲%۲۰per%۲۰year&text=It's%۲۰based%۲۰on%۲۰the%۲۰estimate,a%۲۰whole%۲۰host%۲۰of%۲۰factors>

^{۲۵} شاخص شدت خشکسالی پالم، که معیاری برای سنجش رطوبت خاک با استفاده از اندازه‌گیری‌های بارندگی و تخمین‌های تقریبی تغییرات تبخیر است، نشان داده است که از سال ۱۹۰۰ تا ۲۰۰۲، منطقه ساحل آفریقا شرایط خشکسالی سخت‌تری را تجربه کرده است. همین شاخص همچنین نشان دهنده روند معکوس در جنوب آمریکای جنوبی و جنوب مرکزی ایالات متحده است:

<https://earthobservatory.nasa.gov/features/Water/page۳.php>

^{۲۶}<https://climaterealityproject.org/blog/climate-change-impacting-water-cycle>

^{۲۷}<https://unfccc.int/most-requested/key-aspects-of-the-paris-agreement>

^{۲۸} روزنامه گاردین:

<https://theguardian.com/environment/۲۰۱۹/jul/۰۴/planting-billions-trees-best-tackle-climate-crisis-scientists-canopy-emissions>

خبرگزاری CNN:

<https://edition.cnn.com/۲۰۱۹/۰۴/۱۷/world/trillion-trees-climate-change-intl-scn/index.htm>

^{۲۹}https://researchgate.net/publication/۳۲۷۳۱۷۴۲۱_Comparative_Study_of_Transpiration_in_Cooling_Effect_of_Tree_Species_in_the_Atmosphere

^{۳۰}<https://epa.gov/heatislands/using-trees-and-vegetation-reduce-heat-island>

^{۳۱} همان‌طور که گفتیم توافق‌نامه جهانی پاریس به دنبال کاهش دما تا ۲ درجه سانتی‌گراد بود!

^{۳۲} Huang, J., H. Akbari, and H. Taha. ۱۹۹۰. The Wind-Shielding and Shading Effects of Trees on Residential Heating and Cooling Requirements. ASHRAE Winter Meeting, American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers. Atlanta, Georgia.

^{۳۳}<https://energy.gov/energysaver/landscaping-shade>

^{۳۴}<https://blog.davey.com/why-are-shade-trees-important-the-benefits/>

^{۳۵}<https://journals.ashs.org/configurable/content/journals/۰۰۲fhortsci/۰۰۲f۰۵/۰۰۲f۱/۰۰۲farticle-p۸۳.xml?t:ac=journals%۲۴۰۰۲fhortsci%۲۴۰۰۲f۰۵%۲۴۰۰۲f۱%۲۴۰۰۲farticle-p۸۳.xml&t:ac=journals%۲۴۰۰۲fhortsci%۲۴۰۰۲f۰۵%۲۴۰۰۲f۱%۲۴۰۰۲farticle-p۸۳.xml>

^{۳۶}https://researchgate.net/publication/۳۰۳۹۲۴۵۰۲_Effect_of_Plant_Shading_and_Water_Consumption_on_Heat_Reduction_of_Ambient_Air

^{۳۷}<https://education.nationalgeographic.org/resource/evaporation>

^{۳۸}<https://acp.copernicus.org/articles/۲۰۱۳/۱۰۳۹/۱۳/>

^{۳۹}<https://forestsnews.cifor.org/۴۹۰۱۰/linking-trees-and-water?fnl=>

^{۴۰} هوا دائماً از جایی که فشار بیشتر است به جایی که فشار کمتر است جریان می‌یابد.

^{۴۱}<https://forestsnews.cifor.org/۴۹۰۱۰/linking-trees-and-water?fnl=>

^{۴۲} Cindy E. Morris, Franz Conen, J. Alex Huffman, Vaughan Phillips, Ulrich Pöschl, David C. Sands - Bioprecipitation: a feedback cycle linking Earth history, ecosystem dynamics and land use through biological ice nucleators in the atmosphere - Global Change Biology - Volume ۲۰, Issue ۲ p. ۳۴۱-۳۵۱

<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/۱۰.۱۱۱۱/gcb.۱۲۴۴۷>

^{۴۳}<https://education.seattlepi.com/causes-evaporation-condensation-۴۶۴۵.html>

^{۴۴}<https://agupubs.onlinelibrary.wiley.com/doi/۱۰.۱۰۰۲/۲۰۱۳WR۰۱۳۹۵۲>

^{۴۵}<https://agupubs.onlinelibrary.wiley.com/doi/۱۰.۱۰۲۹/۲۰۱۹JG۰۰۵۵۴۳>

^{۴۶} M.R. Hipsey, M. Sivapalan, T.P. Clement, J. Environ. Fluid Mech ۴, ۷۹-۱۰۶ (۲۰۰۴)
<https://agupubs.onlinelibrary.wiley.com/doi/pdf/۱۰.۱۰۲۹/۲۰۰۲WR۰۰۱۷۸۴>

^{۴۷} در مقدمات توضیح داده شد.

^{۴۸}<https://fao.org/۳/y۴۶۹۰e/y۴۶۹۰e۰۹.htm>

^{۴۹}<https://nationalforests.org/blog/earth-month-watersheds>

^{۵۰}<https://fao.org/۳/y۴۶۹۰e/y۴۶۹۰e۰۷.htm#bm۰۷.۴.۳>

^{۵۱}<https://cmtrees.com/water-important-plants/>