

بسم الله الرحمن الرحيم

دانشگاه صنعتی شریف  
دانشکده مهندسی انرژی

موضوع پروژه:

کم نور شدن جهانی  
(Global dimming)

نویسندگان:

ریحانه قنبری

reihaneh.ghanbari@energy.sharif.edu

پیمان ملایی

Peyman.mollaei@energy.sharif.edu

## چکیده

استفاده روزافزون از سوخت‌های فسیلی و آلودگی ناشی از آن باعث ایجاد ذرات معلق در هوا می‌گردد که آبروسل نام دارند. آبروسل‌ها با ورود به جو باعث اثر کم نور شدن جهانی می‌شوند. این ذرات با جذب و یا منعکس نمودن پرتوهای ورودی از خورشید به سمت زمین باعث می‌شوند که انرژی کمتری از طرف خورشید به سطح زمین برسد. این پدیده اثرات مختلف زیست محیطی نظیر اختلال در چرخه آبی، کاهش تبخیر، تاثیر بر فوتوسنتز گیاهان، تغییرات اقلیمی و... بر روی کره‌ی زمین اثر می‌گذارد.

## فهرست مطالب

مقدمه.....	۳
Global dimming چیست؟.....	۳
اثرات global dimming.....	۱۳
چالش گرمایش جهانی و کم نور شدن جهانی.....	۱۸
مروری بر کم شدن نور و روشن شدن جهانی.....	۶
کمیات تاثیرگذار مستقل.....	۷
راهکارهای لازم جهت مقابله با global dimming.....	۲۰
مراجع.....	۲۰

## مقدمه

خورشید اصلی ترین منبع نور و گرما برای کره ی زمین است که به واسطه ی ورود پرتوهای نور از سمت خورشید به زمین این انرژی تامین می گردد. در سال ۱۹۸۵ یک دانشمند انگلیسی به نام جان استنهییل متوجه شد که میزان پرتوهای نور ورودی به زمین از سال ۱۹۵۰ تا ۱۹۸۵ در حدود ۲۲ درصد کاهش یافته است. این کاهش نور ورودی به سطح زمین در نقاط مختلف کره ی زمین متفاوت بود. در نقاط پرجمعیت تر که فعالیت های صنعتی و آلودگی هوا بیشتر است میزان کاهش نور ورودی نیز بیشتر گزارش شده. کاهش نور ورودی به کره ی زمین می تواند باعث ایجاد تغییرات در آب و هوا و تغییر اقلیم شود. در ادامه به توضیح بیشتر درخصوص این پدیده، عوامل ایجاد و اثرات آن خواهیم پرداخت.

## Global dimming چیست؟

به کاهش تدریجی پرتوهای نور دریافتی از سمت خورشید به زمین **global dimming** یا کم نور شدن جهانی می گویند. این پدیده به علت افزایش آبروسل ها در جو ایجاد می شود.

آبروسل ها ذرات مایع و جامد معلق در گاز هستند. اندازه ی این ذرات از  $0.0001$  تا  $10$  میکرومتر است. آبروسل ها در دسته بندی های مختلفی قرار می گیرند:

- سولفات ها
- کربن سیاه
- کربن آلی
- گرد و غبار
- نمک دریا

این ذرات ممکن است به طور طبیعی تولید شوند و یا بر اثر فعالیت های انسانی به وجود بیایند. از نمونه های طبیعی آبروسل ها، می توان به مه غلیظ و گازهای خروجی از آتشفشان ها اشاره کرد. اسپری ها، گازهای خروجی از کارخانه ها و دود خروجی از اگزوز ماشین ها از نمونه های آبروسل ساخته شده توسط انسان ها هستند.

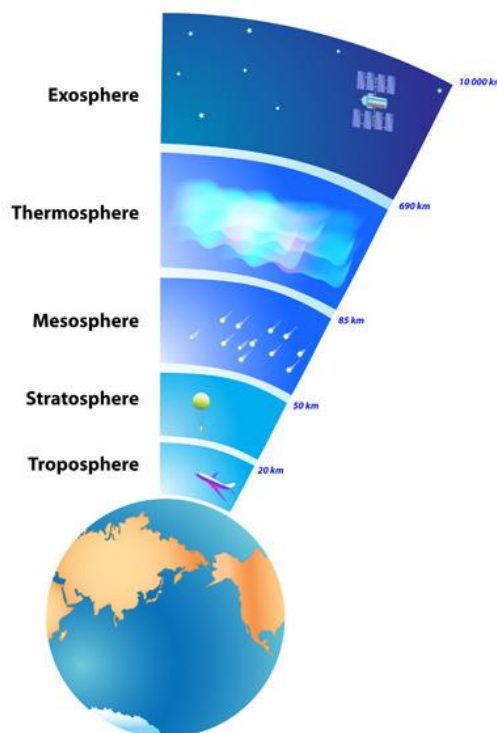


گازهای خروجی از آتشفشان نمونه آبروسل‌های طبیعی و اسپری نمونه‌ای از آبروسل ساخته شده توسط انسان است

آبروسل‌هایی که عمدتاً ناشی از فعالیت‌های انسانی نظیر سوزاندن سوخت‌های فسیلی، آلودگی ناشی از کارخانه‌ها، دود خارج شده از آگزوها و آتش سوزی هستند؛ با ورود به جو باعث می‌شوند که میزان نوری که از سمت خورشید به زمین می‌رسد کاهش یابد. این ذرات با جذب نور خورشید و یا بازتاب آن به سمت خارج از کره‌ی زمین باعث کاهش پرتوهای ورودی به سطح زمین می‌شوند.

آبروسل‌های طبیعی مانند گازهای خروجی از آتشفشان‌ها به همین ترتیب به خنک شدن زمین کمک می‌کنند اما آنچه این فرایند را به یک پدیده‌ی مخاطره‌آمیز تبدیل کرده افزایش آبروسل‌ها به واسطه‌ی فعالیت‌های انسانی است.

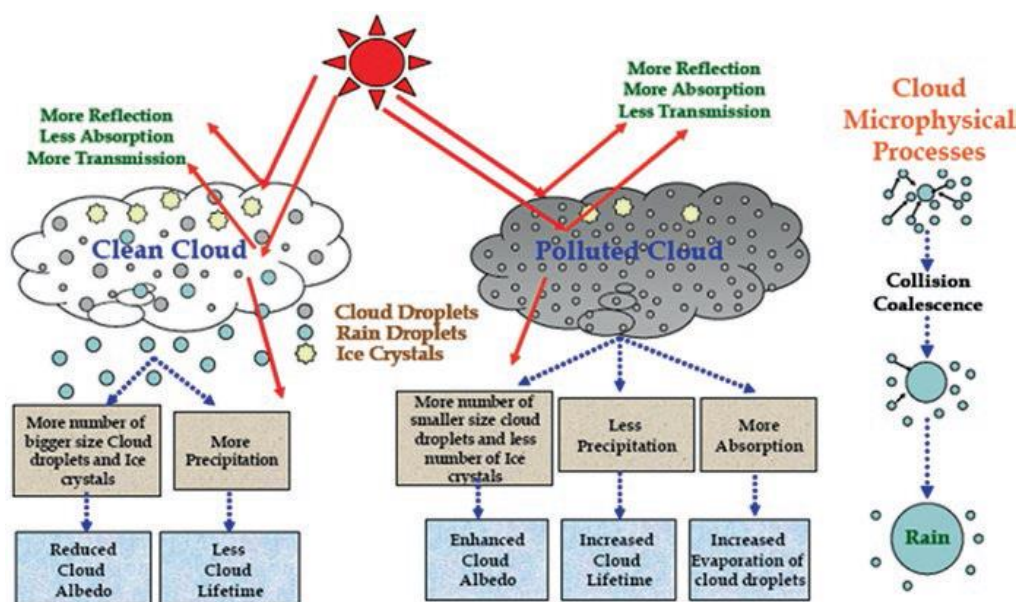
این ذرات که در لایه‌ی تروموسفر قرار می‌گیرند به دو طریق باعث کاهش پرتوهای ورودی به زمین می‌شوند.



لایه‌های مختلف جو

- خود ذرات به عنوان مانعی عمل کرده و باعث می‌شوند تا پرتوهای نور ورودی به این ذرات برخورد کرده و به سمت خارج از زمین بازتاب شوند و یا توسط این ذرات جذب گردند. برای مثال سولفات‌ها عمدتاً تشعشعات خورشیدی را پراکنده می‌کنند و باعث خنک شدن سیستم زمین-اتمسفر می‌شوند. ذرات معلق کربن دار (کربن سیاه و آلی) تابش خورشید را جذب و پراکنده می‌کنند. وجود ذرات معلق کربن سیاه منجر به جذب تابش خورشیدی می‌شود که باعث کاهش تابش خورشیدی به سطح می‌شود. در عین حال، این ذرات معلق در هوا تابش خورشیدی به سمت بالا را که از پایین منعکس می‌شود جذب می‌کنند و تابش خورشیدی منعکس شده به فضا را کاهش می‌دهند. بنابراین، اثر ذرات کربن سیاه معلق در هوا با اثر خنک‌کنندگی سایر ذرات معلق در هوا در بالای جو متفاوت است.

- آبروسل‌ها می‌توانند به شکل غیرمستقیم نیز اثرگذارند. برای تشکیل ابر، ذرات اولیه‌ای به عنوان هسته نیاز است تا قطرات آب اطراف آن‌ها تشکیل شده و نهایتاً ابر ایجاد شود. این ذرات آبروسل در جو به عنوان هسته اولیه عمل کرده و باعث تولید ابرهایی می‌شوند که اصطلاحاً ابر قهوه‌ای نام دارند. متراکم‌تر و سنگین‌تر بودن این ابرها باعث می‌شود که بازتاب نور از آن‌ها نسبت به ابرهای معمولی بیشتر شود. شکل زیر تفاوت ابرهای آلوده و تمیز را نشان می‌دهد. ابرهای قهوه‌ای نسبت به ابرهای عادی باران‌زایی کمتری نیز دارند.



تفاوت ابر تمیز و ابر آلوده

ذرات آبروسل موجود در جو تابش خورشیدی منعکس شده در بالای جو را حدود ۳ وات متر مربع در سطح جهان افزایش می دهند. باتوجه به آنکه انتشار جهانی سولفات‌ها، مواد آلی و کربن سیاه بیشتر از منابع طبیعی است فعالیت‌های انسانی می‌توانند به طور قابل توجهی آب و هوای منطقه‌ای و جهانی را تغییر دهند.

### مروری بر کم‌شدن نور و روشن‌شدن جهانی:

شواهد متعددی وجود دارد که نشان می‌دهد میزان تابش خورشیدی که به سطح زمین می‌رسد در طول سال‌ها ثابت نیست و تغییرات ده‌ساله قابل توجهی را تجربه می‌کند مطالعات مختلفی که سوابق بلندمدت اندازه‌گیری تشعشعات سطحی را اندازه‌گیری می‌کند، کاهشی گسترده در تابش سطحی خورشیدی را بین دهه‌های ۱۹۵۰ و ۱۹۸۰ نشان می‌دهد (کم‌شدن نور جهانی) و بهبود نسبی این روند را اخیراً در بسیاری از مکان‌ها نشان می‌دهد. هم‌چنین شواهدی برای "درخشندگی زودهنگام" در دهه‌ی اول قرن بیستم وجود دارد. این تغییرات در جهت مشاهدات بلندمدت مستقل از تابش آفتاب، محدوده دمای روزانه، تبخیر آب‌های سطحی هستند و با تخمین‌های ماهواره‌ای که به وجود این تغییرات و مقیاس بزرگتر آن‌ها اعتبار می‌بخشد نیز همسو هستند. منشا این تغییرات در اتمسفر زمین است و نه در خارج از اتمسفر و به واسطه‌ی خورشید، این تغییرات نه تنها در مناطق دارای پوشش ابری بلکه در جوهای عاری از ابر نیز مشاهده می‌شوند که نشان‌دهنده مداخلات انسانی در طبیعت از طریق تغییرات در انتشار آبروسل‌ها به دلیل تحولات اقتصادی و آلودگی هوا می‌باشد. اهمیت نسبی آبروسل‌ها، ابرها و فعل و انفعالات ابر-آبروسل بسته به منطقه و سطح آلودگی می‌تواند متفاوت باشد. به طور برجسته‌ای پیامدهایی در کم شدن و روشن شدن برای تغییرات آب و هوایی وجود دارد که بر روی گرمای جهانی، اجزا و شدت چرخه‌ی آب، چرخه کربن و یخچال‌های قطبی در میان سایر عناصر آب و هوایی ممکن است تاثیر بگذارد.

### شواهد نشان دهنده ی کم شدن نور | درخشندگی جهانی:

- (۱) شواهد مستقیم مشاهدات سطحی: با اندازه گیری تابش سطحی خورشید در طول موج ۰,۳ و ۰,۴ در سطح زمین که از اوایل قرن بیستم در ایستگاه‌های سنجش تابشی شروع شده است.
- (۲) مطالعات اولیه: این مطالعات که مشاهده گسترده‌ای را در تغییرات تابش خورشیدی مشاهده کردند در اواخر دهه ۱۹۸۰ و اوایل دهه ۱۹۹۰ ظاهر شد و اولین شواهدی را نشان می‌داد که تابش خورشیدی در سطح زمین در طول زمان ثابت نبوده است، در حالی که تا پیش از این مطالعات تغییرات ده ساله مورد توجه بود و به طور خاص، تنها کاهشی کلی در تابش خورشیدی سطحی از دهه ۱۹۵۰ مشاهده شده بود. اکثریت قریب به اتفاق مطالعات در دوره های ۱۹۶۰ تا ۱۹۹۰، کاهش روند تابش خورشیدی را در

مناطق مختلف گزارش کرده اند. پس از روند کاهشی تا دهه ۱۹۹۰ سپس شاهد روشن شدن در دهه ۱۹۹۰ تا ۲۰۰۰ وجود دارد که مجدد نشانه هایی از کاهش در دهه اول ۲۰۰۰ مشاهده گردید.

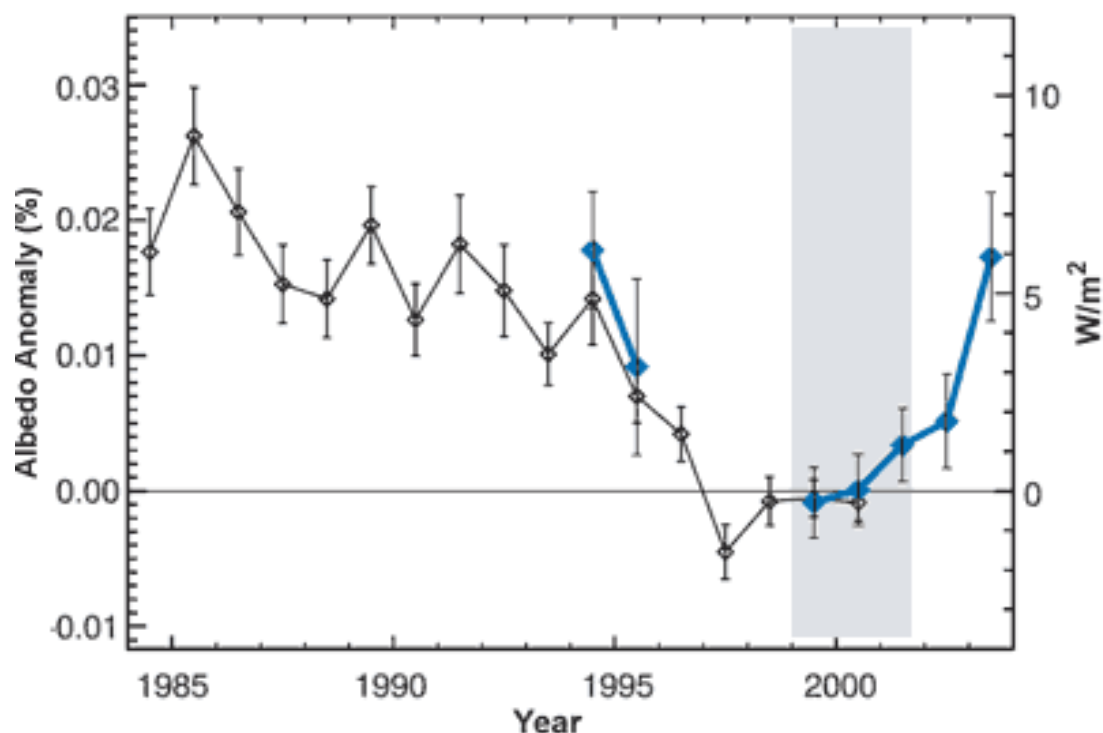
هرچند عللی در راستای این تیرگی و روشن شدن بیان شده است اما اتفاق نظری در مورد علل جهانی آن وجود ندارد. ابرها و ذرات معلق به عنوان مهم ترین فاکتورها به ویژه در توزیع جهانی تیرگی و درخشندگی پیشنهاد می شوند. پیشرفت سریع رصدهای ماهواره ای در سه دهه اخیر و حصول اطمینان از بازیابی پارامترهای سطحی و گوناگونی جوی، امکان دید جهانی از پدیده و تشخیص علل آن را فراهم می کند که هر دو در راستای فهم بهتر درخشندگی و تیرگی جهانی و نقش آن در تغییرات آب و هوایی ضروری هستند.

### کمیات تاثیرگذار مستقل:

تعدادی کمیات قابل اندازه گیری مستقل نیز وجود دارند که تا حدودی اطلاعاتی را در مورد این تغییرات با دوره های ده ساله ارائه می دهد که از جمله ی آنها می توان به تبخیر سطحی آب ها و مشاهدات سپیدایی سیاره ای اشاره کرد. سپیدایی به معنای درصد بازتاب نور از سطح یک جسم است.

(۱) سپیدایی:

تغییرات در سپیدایی زمین میزان جذب انرژی خورشیدی را در هر اقلیم تعیین کرده و بنابراین یک تخمین مرتبه اول از تغییرات در تابش خورشیدی سطحی ارائه می دهد. یک محدودیت در تغییر سپیدایی این است که تنها تغییر در تابش خورشیدی سطحی را از تغییرات در پراکندگی نور به فضا می توان تعیین کرد، اما این تغییر در سپیدایی ناشی از جذب در اتمسفر نیست. برخلاف تابش سطحی خورشیدی، سپیدایی را می توان به صورت مستقیم به واسطه ی ماهواره ها اندازه گیری نمود. مشاهدات نشان می دهد که در دوران تاریک شدن جهانی نرخ سپیدایی روندی افزایشی داشته و سپس در دوران درخشندگی در حال کاهش بوده است.

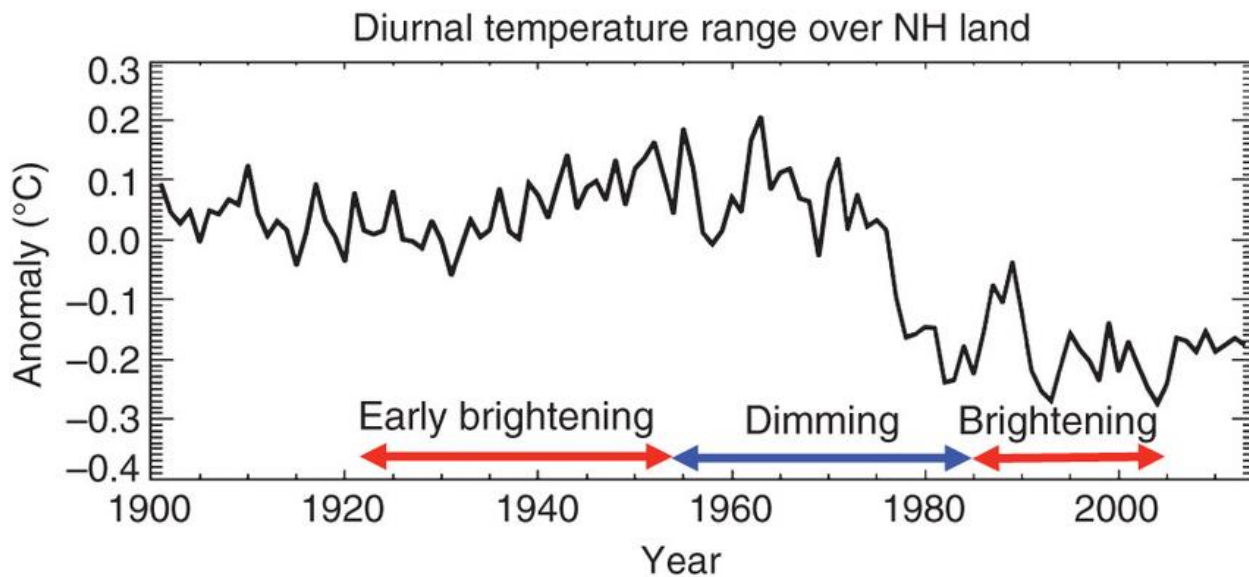


نموار سپیدایی بر حسب سال

## ۲) محدوده دمای روزانه:

تفاوت بین حداقل و حداکثر دمای روزانه ۲ متر بالاتر از سطح زمین به عنوان یک چشم‌انداز خوب جهت بررسی تابش خورشیدی سطحی است. بررسی محدوده دمای روزانه اجازه می‌دهد که تأثیرات تابشی و حرارتی خورشید را از هم متمایز کرده و بررسی نماییم. با توجه به اینکه شار خورشیدی تنها در روز وجود دارد بنابراین بر پیشینه دمای روزانه تأثیر بیشتری از کمینه دمای روزانه می‌گذارد. از سوی دیگر حداقل دمای شبانه به طور عمده به واسطه‌ی مبادلات تابشی حرارتی مدیریت می‌شود. با تفريق پیشینه و کمینه دمای روزانه و حذف اثرات حرارتی موجب می‌شود تا تأثیرات دمایی خورشیدی به عنوان یک عامل اصلی در نظر گرفته شود. مطالعات زیادی همبستگی بالایی از سوابق مشاهده شده را در تابش خورشیدی سطحی و محدوده دمای روزانه نشان می‌دهند. بطوریکه در دوران کم نور شدن جهانی محدوده دمای روزانه شروع به کم شدن نموده و در زمان روشن شدن جهانی این اختلاف کمی افزایش یافته است.

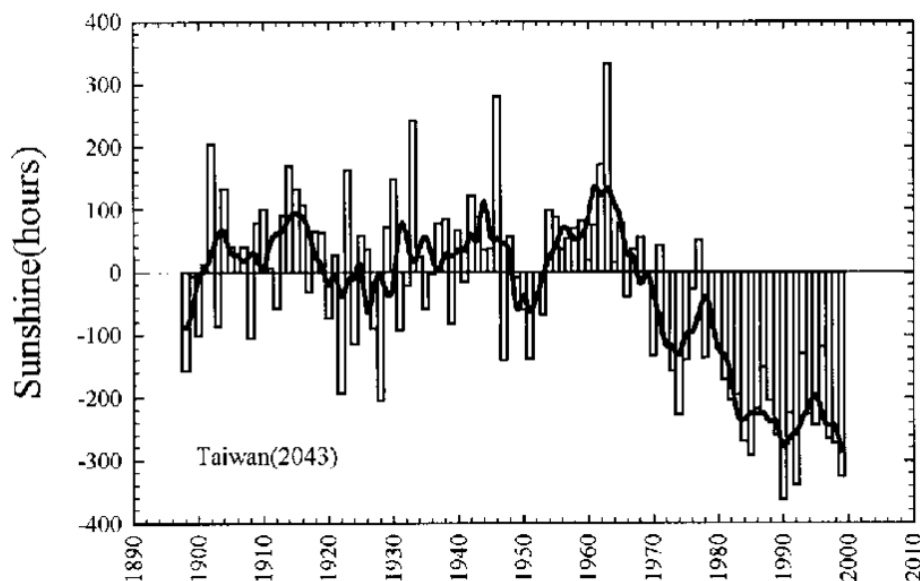




نمودار محدوده دمای روزانه بر حسب سال

۳) مدت زمان تابش آفتاب:

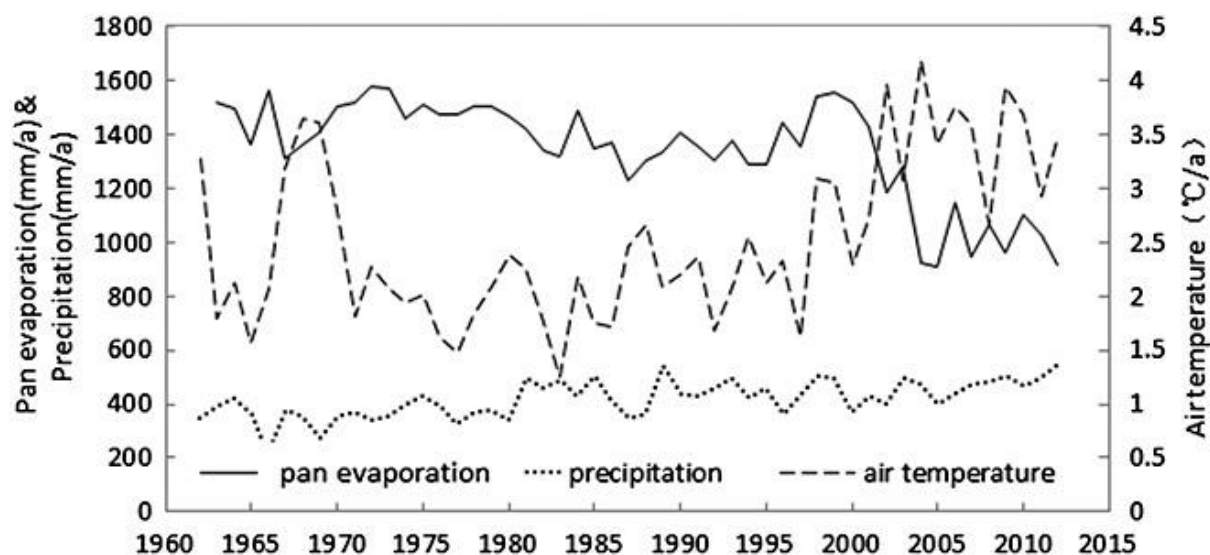
مدت زمان تابش آفتاب به مقدار زمانی گفته می‌شود که قرص خورشید بالای افق بوده و به صورت مستقیم تابش کند نه توسط ابر، مه و یا غبار پوشیده شده باشد. ضبط‌کننده‌های افتابی از قدیمی‌ترین و قوی‌ترین انواع دستگاه‌های اندازه‌گیری تشعشعات هستند. آن‌ها در طول زمان یک روز تابش خورشیدی سطحی را از زمان رسیدن به یک شدت کافی و فراتر از آن اندازه‌گیری می‌کنند. اندازه‌گیری مدت تابش خورشیدی از اواخر قرن نوزدهم در یک طیف گسترده شروع شد. مشاهدات نشان داده است که در دوران کم شدن نور مدت زمان تابش آفتاب روندی کاهشی داشته است و در دوران روشن شدن جهانی این روند رو به بهبودی رفته است.



مدت زمان تابش خورشیدی بر حسب سال

۴) تبخیر سطحی :

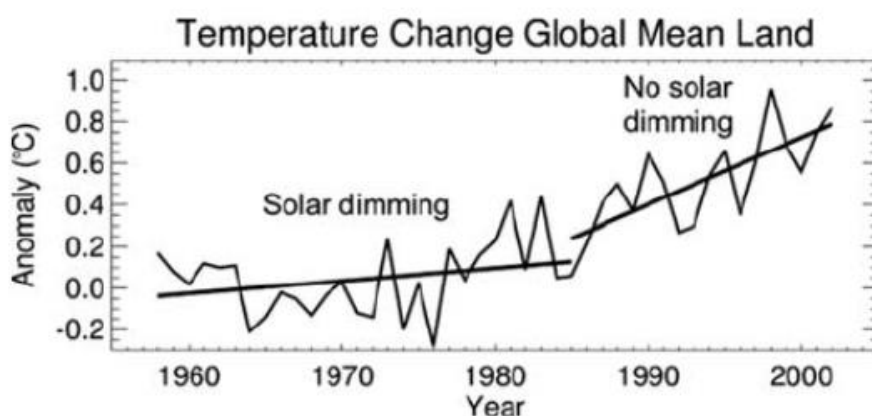
تابش خورشیدی سطحی، محرک اصلی تبخیر در محیط‌های محدود انرژی است که به شدت با آن همبستگی دارد. سوابق مشاهده شده از اندازه‌گیری‌ها حاکی از آن است که تابع سطح تبخیر توزیعی در سراسر جهان در دوران کم نور شدن جهانی روندی کاهشی داشته و در دوران درخشندگی اولیه در سال‌های ۱۹۳۰ و ۱۹۴۰ و اواخر قرن بیستم نیز رو به افزایش بوده است.



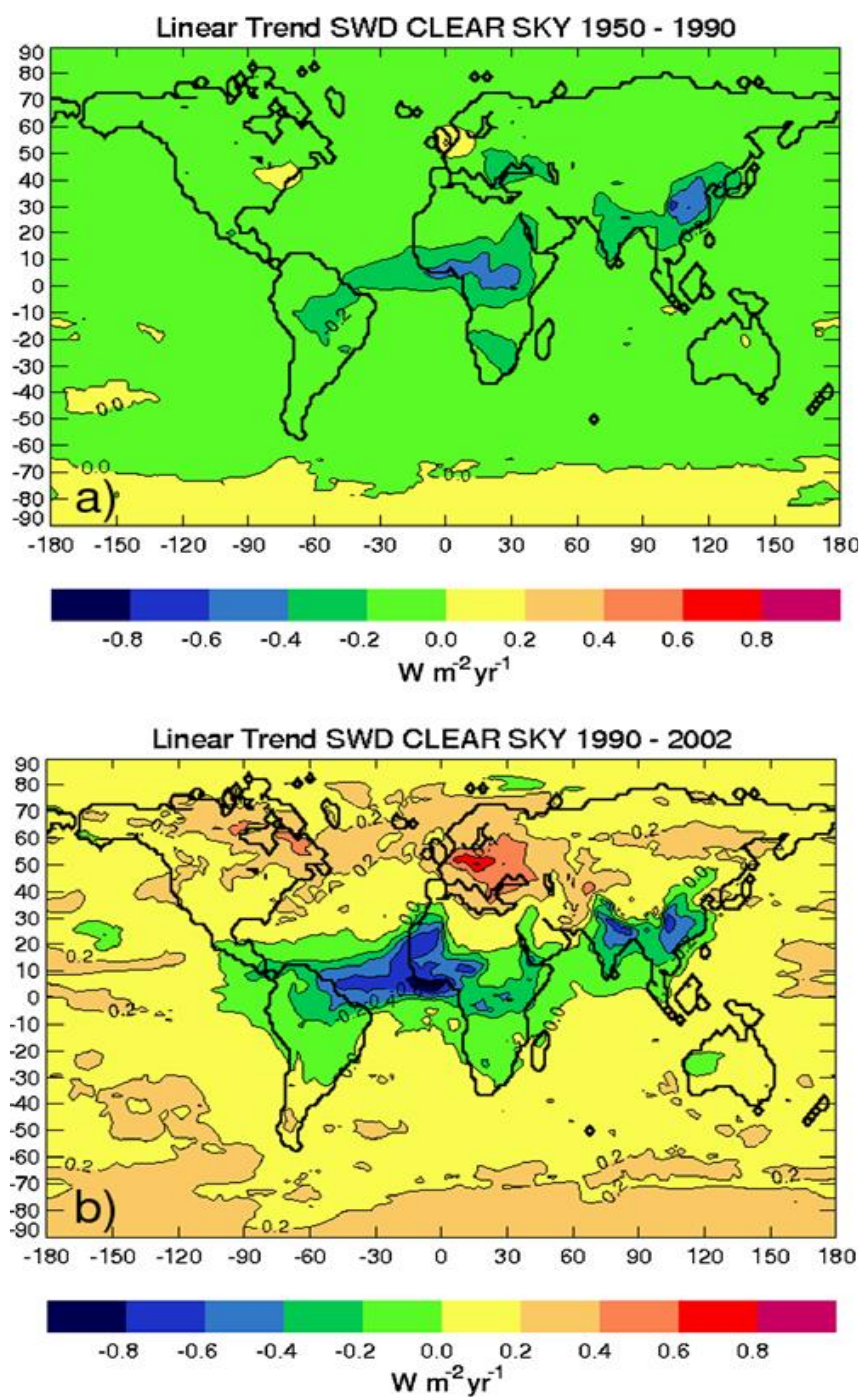
نمودار تبخیر سطحی بر حسب سال

به طور کلی بر اساس مدل های آب و هوایی و اقلیمی و داده های اندازه گیری شده میزان توزیع تابش سطحی خورشید در نقاط مختلف جهان طی دوره های کم نور شدن و درخشش مجدد به صورت زیر نشان داده شده است .

به طور کلی تغییرات دمایی را اگر از سال ۱۹۵۰ تا ۲۰۰۰ بررسی کنیم در سال های کم نور شدن جهانی افزایش دما متوسط است در حالی که در دو دهه گذشته دوره ی درخشندگی بوده است، افزایش دما شدت بیشتری یافته است.



۲۰



روندهای خطی شبیه سازی شده در تابش خورشیدی سطحی تحت شرایط بدون ابر (الف) "تیرگی جهانی دوره ۱۹۵۰-۱۹۹۰ و (ب) دوره "درخشش" ۱۹۹۰-۲۰۰۲"

## اثرات global dimming

کم نور شدن جهانی نیز مانند هر پدیده‌ی دیگری که در روند طبیعی محیط زیست اختلال ایجاد می‌کند اثراتی را به همراه خواهد داشت. در ادامه این اثرات را بررسی خواهیم کرد.

### ۱ - پیامدهای احتمالی در حوزه‌ی کشاورزی:

کشاورزی به عنوان هنر تبدیل انرژی خورشیدی به سوخت برای مصرف انسان شناخته می‌شود که نقشی اصلی در فرایندهای تولید غذا و فیبر دارد. چنان‌که با کاهش سطح تابش خورشیدی میزان محصولات کشاورزی کاهش یافته و مشکلاتی را در عرصه‌ی تولید غذا ایجاد می‌کند.

### ۲ - تابش خورشیدی و فرایندهای گیاهی:

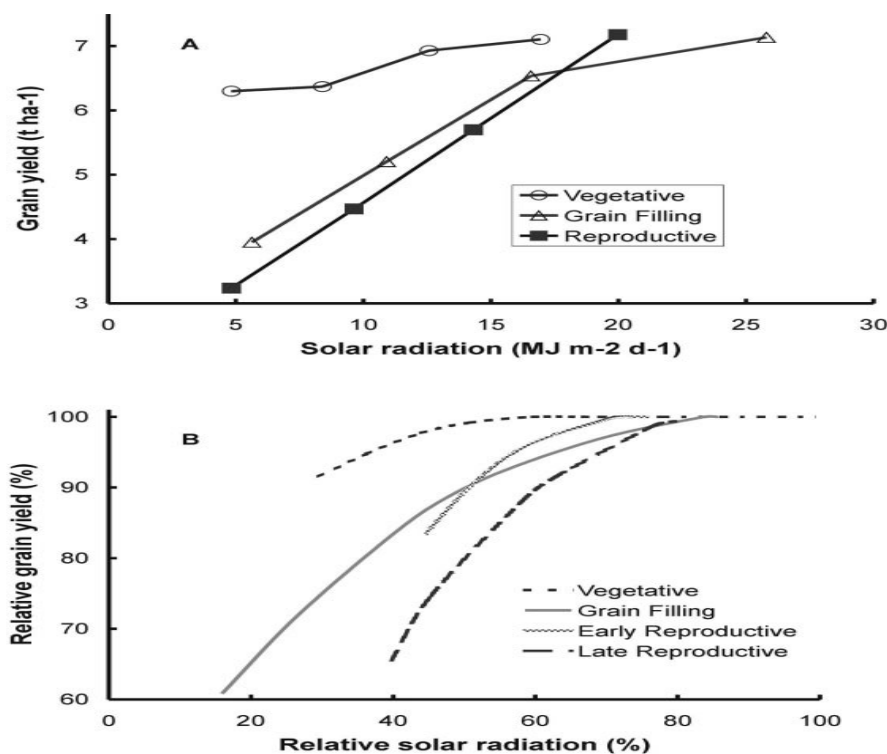
کلید بهره‌وری در گیاهان فتوسنتز است، فرآیندی که در آن انرژی خورشیدی به صورت کربوهیدرات‌ها و محصولات ثانویه در گیاه ذخیره می‌شود. به طور کلی پذیرفته شده است که در تابش بالای خورشید، غلظت بالای CO<sub>2</sub> عامل اصلی محدودیت در فتوسنتز است، اما زمانی که تابش خورشیدی به حدود ۳۰ درصد کاهش یابد، فتوسنتز به خوبی انجام شده و تنها در نور کامل خورشید، محدودیت در فتوسنتز ایجاد می‌شود، ممکن است این گونه به نظر برسد که گیاهان نسبت به تغییرات تشعشعات نوری زیاد حساس نیستند، اما سایبان‌های گیاه معمولاً از چندین لایه برگ تشکیل شده است که به صورت تصاعدی از لایه‌ای به لایه‌ی دیگر کاهش می‌یابد، بنابراین با کم شدن تابش خورشیدی شاهد کاهش در بهره‌وری گیاهان خواهیم بود. با این حال این واقعیت وجود دارد که در موقعیت‌ها و زمان‌های مختلف برگ‌ها در معرض سطوح نوری کم و زیاد قرار می‌گیرند که به گیاهان انعطاف‌پذیری ژنتیکی و توانایی قابل توجهی می‌دهد که موجب سازگاری گیاه در رژیم‌های نوری مختلف را از طریق تغییر در خواص داخلی و خارجی برگ‌ها می‌شود. علاوه بر این، در بسیاری از مواقع فعالیت گیاه به واسطه‌ی در دسترس بودن آب و خاک و یا به علت توانایی گیاه در انتقال آب به برگ‌های فعال محدود می‌شود. بدین ترتیب زمانی که برخی از گیاهان در معرض نور زیاد قرار می‌گیرند (یعنی بار حرارتی تابشی بالا)، موجب کاهش هدایت گازی در برگ‌های گیاه می‌شود. کاهش در بار حرارتی تابشی می‌تواند باعث افزایش هدایت گازی برگ و فتوسنتز شود. به طور کلی، مطالعات نظری و تجربی نشان می‌دهد که در بسیاری از اقلیم‌ها کاهش اندک در تابش مستقیم در صورتی که همراه با افزایش در کسری از تشعشعات منتشرشده باشد باعث افزایش قابل توجهی در فتوسنتز خواهد شد.

استفاده گسترده از مدل‌های مبتنی بر فرآیند برای شبیه‌سازی عملکرد محصول و از دست دادن آب که در آن تابش جهانی نقش ویژه‌ای به عنوان ورودی اولیه دارد ممکن است نشان دهد که محاسبه اثرات کاهش تابش جهانی بر تولید محصولات کشاورزی و نیاز به آب یک کار بی‌اهمیت خواهد بود. اما به دلایلی که در زیر آورده شده است اینطور نیست. توجیه استفاده از کلمه‌ی ممکن در عنوان این بخش، این اخطار را نیز برای

رویکردهای تجربی و آماری جهت تخمین پیامدهای کشاورزی کاهش تابش نور به همراه دارد. جریان فرایندهای شکل‌گیری عملکرد و ویژگی‌های تاثیرگذار آن‌ها به طور اجتناب‌ناپذیری ساده‌شده است و برای شبیه‌سازی مدل محصول اتخاذ شده است. به طور کلی مدل‌های شبیه‌سازی شده به سختی می‌توانند مبنای قابل اعتمادی جهت تخمین پیامدهای کشاورزی ناشی از تغییرات جهانی تابش در آینده را مهیا کنند. از جمله اثرات غیر مستقیمی همچون رقابت آفات در اقلیم‌های مختلف که در مدل‌های تابشی ساده انگاری شده است می‌تواند در رشد و توسعه محصولات زراعی به اندازه اثرات مستقیم مهم باشد. همچنین به دلیل نحوه ی کشت محصولات که ممکن است در کاورهای پلاستیکی یا روکش‌دار و یا خانه‌های شیشه‌ای پرورش داده‌شوند همگی می‌تواند به طور قابل توجهی بر مقدار کاهش تابش تاثیرگذار باشد.

محدویت در مدل‌های شبیه‌سازی شده را به طور خاص می‌توان در پیامدهای کشاورزی ناشی از کم شدن جهانی تابش نور مشاهده کرد، در یک مطالعه‌ای که انجام شد علت کاهش تابش مشاهده شده، آلودگی هوا به صورت غبار در منطقه‌ای از چین مدل شده بود که تاثیر بسزایی بر بازده محصولات گندم و برنج در چین را شامل می‌شد. مدل تخمین‌زده‌شده به طور قابل توجهی کوچکتر از مقادیر مشاهده‌شده بود.

تابش جهانی به عنوان یکی از مهم ترین پارامترهای دم و بازدم گیاهان و به تبع آن تغییر در غلظت کربن دی اکسید اتمسفر است. بنابراین با تغییر در غلظت کربن دی اکسید در جو شاهد تغییرات نسبی در دمای هوا نیز خواهیم بود که ناشی از اثر گازهای گلخانه در جو می‌باشد.



تاثیر تابش خورشید بر عملکرد محصولات زراعی

مشاهدات نشان می‌دهد که ۱۰ تا ۲۰ درصد کاهش در تابش خورشیدی که به سطح زمین می‌رسد، در صورتی که با دیگر عوامل موثر در تغییرات آب و هوایی همراه نشود، احتمالاً تأثیری جزئی بر عملکرد محصولات زراعی و بهره‌وری گیاهان دارد. مطالعات تجربی نشان می‌دهد در هر زمان و مکانی که بهره‌وری محصولات به واسطه‌ی آب محدود شود و شرایط آب و هوایی مرطوب تر باشد کاهش و افزایش بار حرارتی بر روی گیاهان که منتج از تغییرات در تابش خورشیدی است یا تأثیر گذار نیست یا با کاهش بهره‌وری کمی همراه است. علت این را میتوان ظرفیت گرمایی بالای آب و حفظ دمای مناسب محیطی در اطراف گیاه دانست که تأثیر اندکی از تغییرات در تابش خورشیدی می‌پذیرد. تعادل در آب محصولات و تبخیر و تعرق آن‌ها بر خلاف بهره‌وری محصول ارتباط نزدیکی با تابش خورشیدی دارد بنابراین با کاهش تابش خورشیدی تبخیر و تعریق گیاهان کاهش یافته و اگر نواحی پرورش گیاهان مرطوب باشد تأثیرات تغییر تابشی کمتر است و تأثیر کاهش بهره‌وری محصولات در نواحی خشک به مراتب بیشتر است.

### ۳- تغییرات آب و هوایی:

در نتیجه کم شدن تابش جهانی، آب در نیمکره شمالی سردتر می‌شود. این امر منجر به تبخیر آهسته و تولید قطرات آب بسیار کمتر از حد معمول می‌شود. در نتیجه کاهش بارش باران به این مناطق کره زمین، موجب خشکسالی و قحطی می‌شود. پیامدهای غم‌انگیز این اتفاق زندگی فلاکت بار، مختل شدن زندگی دریایی و مرگ و میر ناشی از گرسنگی است. وجود آلاینده‌های انسانی اضافه شده به جو در کشورهای توسعه یافته موجب ایجاد باران‌های اسیدی نیز شده که توسط ذرات معلق در ابرها ایجاد می‌شود. آئروسول‌های گوگرد نیز که عاملی در جهت کم شدن تابش جهانی می‌باشد، وقتی استنشاق شود می‌تواند باعث بیماری‌های مختلف تنفسی در انسان شود.

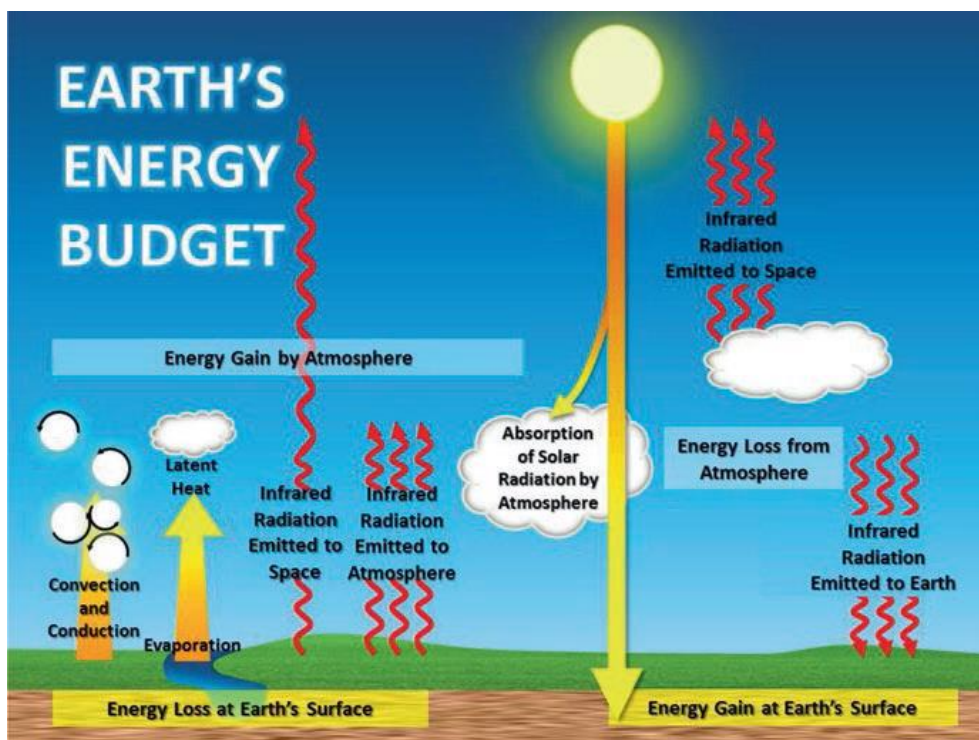
#### الف) خشکسالی در جنوب صحرای آفریقا:

ثابت شده است که خشکسالی و قحطی که هزاران نفر را در صحرای جنوب آفریقا در دهه ۱۹۷۰ کشته است، عمدتاً به دلیل کم شدن تابش جهانی بوده است. در این خشکسالی عمیق، ابتدا کشاورزان منطقه را به دلیل تخریب زمین و بیابان زایی مقصر دانستند، اما این ایده از آن زمان رد شد و کم شدن تابش جهانی به عنوان علت اصلی شناخته شد.

#### ب) تغییر در دمای کلی زمین:

در نتیجه کم شدن تابش جهانی که انرژی و گرمای خورشیدی را منعکس می‌کند که برای سطح سیاره در نظر گرفته شده بود، دمای کلی در خشکی کاهش می‌یابد. کاهش نور جهانی به این معنی است که پوششی در جو وجود دارد که از رسیدن تمام گرمای خورشید به زمین جلوگیری می‌کند. این امر منجر به روزهای سردتر و تغییر کلی در دمای جهانی می‌شود.





توازن انرژی بر سطح زمین

## ۴- تاثیرات بر روی گیاهان:

گیاهان برای فتوسنتز به نور وابسته هستند. کاهش نور خورشید یا تابش خورشید بر فتوسنتز گیاهان تأثیر منفی می‌گذارد. در این فرآیند، گیاهان سبز از انرژی نور استفاده می‌کنند و آب، دی اکسید کربن و مواد معدنی را به اکسیژن و ترکیبات آلی غنی از انرژی تبدیل می‌کند. انسان‌ها برای بقا به اکسیژن متکی هستند، و همین‌طور سایر حیوانات و همچنین آب‌ها.

## ۵ - گرمایش جهانی:

سه عامل مختلف در تعیین دما در سطح زمین وجود دارد:

(۱) مقدار نور دریافتی خورشید

(۲) مقدار انرژی خورشیدی منعکس شده و جذب شده.

(۳) میزان انرژی ذخیره شده توسط جو

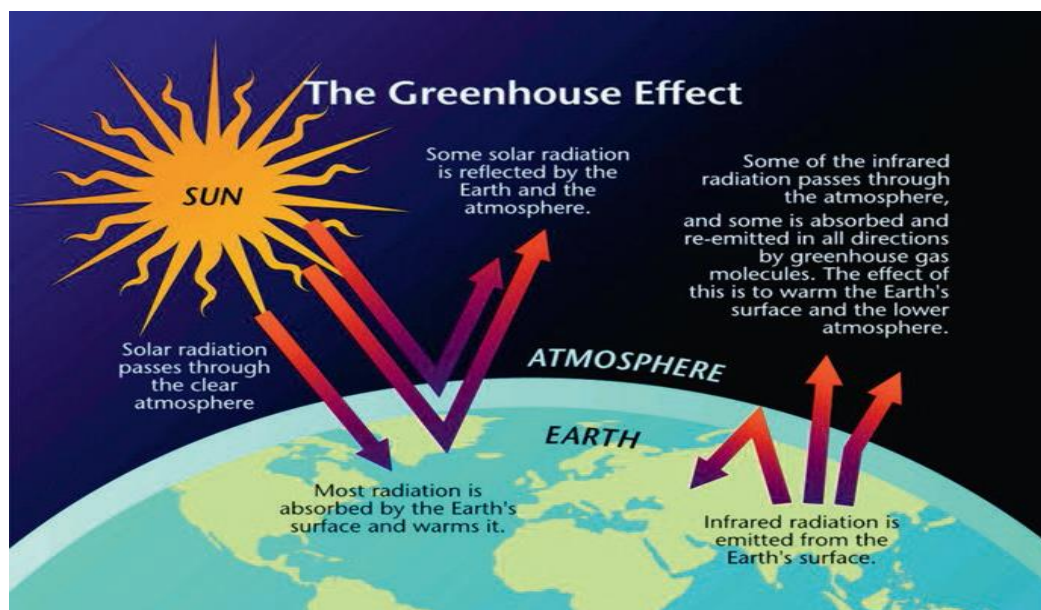
جو زمین همواره در حال جذب نور خورشید با طول موج کوتاه انرژی و سپس تابش در طول موج بلندتر فرو سرخ است. در پدیده‌ی گرم‌شدن زمین گازهای گلخانه‌ای در واقع برای گرم‌نگه‌داشتن زمین مورد نیاز هستند.



بدون اثر گلخانه‌ای، آب روی سطح زمین یخ زده می‌شود. وجود گازهایی همچون کربن دی‌اکسید، متان و اکسیدهای نیتروژن عاملی بر گرم نگه داشتن زمین است که در صورت افزایش بیش از حالت طبیعی غلظت گازهای مذکور در اثر فعالیت‌های انسانی همچون سوزاندن سوخت‌های فسیلی و جنگل زدایی و حتی طبیعی همچون فوران‌های آتش‌فشانی، گرمای بیشتری در جو زمین به دام افتاده و موجب افزایش دما در سطح زمین می‌شوند. هر چند اعتقاد بر این است که با کاهش تابش جهانی در تقابل با گرم شدن زمین است. اما اگر به این پدیده را با علل ایجاد شدن آن در نظر بگیریم، می‌تواند بر خلاف واقع باعث گرمایش جهانی باشد. در صورت عدم تلاش برای کاهش انتشار ذرات معلق در جو که عاملی بر کاهش تابش جهانی است، اثر گلخانه‌ای ناشی از این رویداد موجب افزایش گرمایش جهانی حتی به بیش از دو برابر شده و زمین را غیر قابل سکونت می‌کند، از سوی دیگر، اگر با پاکسازی موادی که باعث گرم شدن کره زمین می‌شود، با گرمایش زمین مبارزه کنیم، باعث درخشندگی جهانی شده که با توجه به آسیب‌هایی که به جو وارد می‌شود، ممکن است برای همه ما فاجعه بار باشد. برای جلوگیری از چنین پارادوکسی، مهم است که انتشار ذرات معلق و گازهای گلخانه‌ای به طور همزمان کاهش یابد و پدیده‌ها متعادل شوند. به علاوه میتوان از جمله تاثیرات مخرب ایجاد امواج گرما را آتش سوزی های فراوان در مناطق مختلف عنوان کرد. سوخت های فسیلی که عاملی بر تولید گازهای گلخانه‌ای می‌باشد و گرم شدن زمین را در پی دارد موجب انتشار الاینده‌هایی می‌شود که به مرور کم شدن تابش خورشیدی را موجب می‌شوند.

از جمله اثرات گرمایش جهانی که نتیجه‌ای از کم شدن تابش جهانی نیز می‌باشد به شرح زیر است:

- از آنجایی که مقدار گازهای گلخانه‌ای دو برابر می‌شود، ۱٫۵ الی ۶ درجه سانتیگراد افزایش میانگین دمای جهانی را موجب می‌شود.
- افزایش چشمگیر سطح دریاها و ذوب شدن یخچال‌های طبیعی به دلیل افزایش دمای زمین به طور جدی تری بر کشورهای جزیره‌ای و همچنین افزایش فرسایش سواحل در سراسر جهان تاثیر می‌گذارد.
- تعداد یخچال‌های طبیعی در حال عقب نشینی در بسیاری از مناطق جهان شتاب می‌گیرد.
- گرم شدن زمین منجر به تغییرات قابل توجهی در میزان بارندگی و رطوبت خاک می‌شود.
- فعالیت‌های کشاورزی و منابع غذایی جهان به شدت تحت تأثیر عوامل اقلیمی است.
- گرم شدن کره زمین بر تنوع، میزان و توزیع مخاطرات طبیعی مختلف تاثیر می‌گذارد.
- گسترش تدریجی مناطق بیابانی.



اثر گلخانه‌ای در زمین

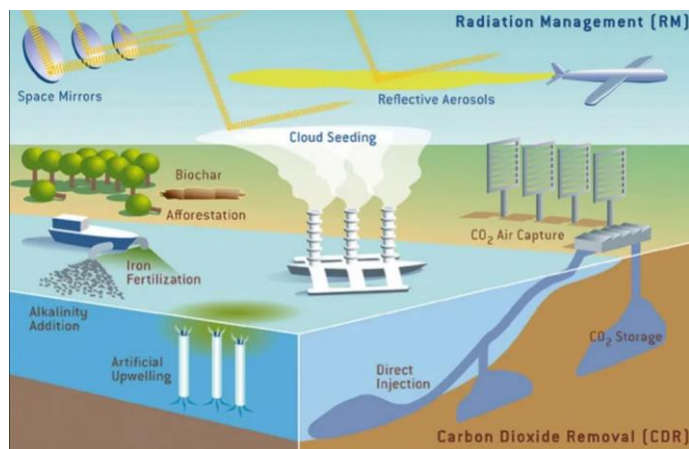
### چالش گرمایش جهانی و کم نور شدن جهانی

در سال‌های اخیر با افزایش جمعیت کره‌ی زمین، رشد فعالیت‌های صنعتی و افزایش آلودگی هوا دو پدیده‌ی گرمایش جهانی و کم نور شدن جهانی به عنوان دو عامل موثر در تغییر شرایط کره‌ی زمین مورد توجه قرار گرفته‌اند.

در پدیده‌ی گرمایش جهانی دمای کره‌ی زمین به علت وجود گازهای گلخانه‌ای افزایش می‌یابد. این گازها یک لایه در جو ایجاد کرده و مانند پوششی عمل می‌کنند که گرما درون کره‌ی زمین محفوظ بماند. از طرفی در پدیده کم نور شدن جهانی ذراتی که در جو قرار دارند باعث کاهش ورود پرتوهای نور و افزایش سرما می‌شوند. گرمایش جهانی باعث افزایش دمای کره‌ی زمین شده و کم نور شدن جهانی شدت پرتوهای ورودی به زمین را کاهش می‌دهد. این دو پدیده در کنار یکدیگر می‌توانند باعث تغییرات شدیدی در آب و هوای کره‌ی زمین شود. با وجود آنکه این دو پدیده خلاف یکدیگر عمل می‌کنند، یعنی یکی باعث افزایش دمای کره‌ی زمین شده و دیگری منجر به کاهش دما می‌شود اما هر دو می‌توانند پدیده‌های مخربی برای کره‌ی زمین باشند و الزاما خنثی کننده‌ی اثرات یکدیگر نیستند بلکه به واسطه‌ی اثرات جانبی هر یک نظیر باران‌های اسیدی، اثرات مخرب بر سلامتی، بالا آمدن سطح آب دریاها و اثراتی که بر تغییر اقلیم می‌گذارند، هر دو پدیده باید کنترل شوند.

مهندسی زمین (Geoengineering) یکی از شیوه‌های کنترل وضعیت و جلوگیری از تغییرات اقلیم است تا به حال روش‌های مختلفی نظیر مدیریت تابش خورشید، حذف کربن دی‌اکسید، تغییر در آب و هوا با تشکیل مصنوعی ابر شناسایی شده‌اند که عمدتاً در تلاش برای کنترل پدیده گرمایش جهانی

هستند و راه‌های کاهش کم نور شدن جهانی استفاده کمتر از سوخت‌های فسیلی و روی آوردن به انرژی‌های پاک لحاظ شده است.



نمونه‌ای از راه‌های مهندسی زمین

به طور کلی و خلاصه می‌توان نتایج ناشی از کم شدن تابش جهانی را در موارد زیر خلاصه نمود:

- انرژی کمتر خورشیدی سرعت فتوسنتز را محدود می‌کند.
- پنهان کردن اثرات گرمایش جهانی.
- ماهیت شیمیایی ابرها تغییر خواهد کرد.
- باعث قحطی و خشکسالی می‌شود.
- تشکیل باران اسیدی.
- آلاینده‌ها می‌توانند باعث نقص مادرزادی (تولد)، سرفه، عطسه، خارش گلو، آسیب ریه و سایر بیماری‌های تنفسی شوند.
- به دلیل فرآیند کم شدن تابش جهانی، آب در برخی مناطق سرد شده و باعث بارندگی کمتر شده است. این امر منجر به محصولات بد یا خشکسالی برای مدت طولانی در بسیاری از بخش‌های زمین شده است.
- کاهش نور جهانی همچنین منجر به باران اسیدی، مه دود و بیماری‌های تنفسی در انسان می‌شود.

## راهکارهای لازم جهت مقابله با global dimming

- کاهش وابستگی صنایع به سوخت های فسیلی و حرکت به سمت فناوری های انرژی های پاک
- وضع مقررات سختگیرانه برای صنایع جهت جلوگیری از انتشار گازهای گلخانه ای و ذرات معلق از کارخانه ها به میزان قابل قبول
- برنامه های آگاهی در مورد کم شدن تابش جهانی و هشدار جهانی
- حفاظت از منابع طبیعی.

### مراجع :

1. Gallo, K. P., Easterling, D. R., & Peterson, T. C. (1996). The influence of land use/land cover  
a. on climatological values of the diurnal temperature range. *Journal of climate*, 2941-2944.
2. Geophysical Research Abstracts  
a. Vol. 19, EGU2017-1420-3, 2017  
b. EGU General Assembly 2017  
c. Author(s) 2017. CC Attribution 3.0 License.
3. Kaiser, D. P. (2000), Decreasing cloudiness over China: An updated analysis  
a. examining additional variables, *Geophys. Res. Lett.*, 27, 2193 – 2196,
4. Stanhill, G., & Cohen, S. (2001). Global dimming: a review of the evidence for a widespread and significant reduction in global radiation with discussion of its probable causes and possible agricultural consequences. *Agricultural and forest meteorology*, 107(4), 255-278.
5. Thakur M. (2018) Global Dimming and Global Warming: Dangerous Alliance. In: Jindal T. (eds) *Paradigms in Pollution Prevention*. SpringerBriefs in Environmental Science. Springer, Cham. [https://doi.org/10.1007/978-3-319-58415-7\\_5](https://doi.org/10.1007/978-3-319-58415-7_5)
6. JOURNAL OF GEOPHYSICAL RESEARCH, VOL. 114, D00D16, doi:10.1029/2008JD011470, 2009
7. Wild, M., Ohmura, A., & Makowski, K. (2007). Impact of global dimming and brightening on global warming. *Geophysical Research Letters*, 34(4).