فرشته قاسم زاده
دانشکدهٔ علوم، دانشگاه فردوسی مشهد

بارش اسیدی و اثرات اکولوژیکی آن

Fereshteh Gassem Zadeh
Ferdowsi University of Mashhad

Acid Rains and Their Ecological concequences

Acid rain is the outcome of industrialization, and it has geographically been Spreading around the world. Many researches have been done in the area. These types of rain influences the ecosystems in many different ways.More acid rains are coming down now because Americans, Canadians, and many European countries are burning many times more fossil fuels than they did 20-25 years ago.

With the increase in the number of factories, transportation vehicles, and the consumption of fossil fuels in large cities such as Tehran, Mashad, and Essfahan, we are witnessing more acid rains in Iran too.

مقدمه :

بارش اسیدی، یکی از عوارض زندگی صنعتی است که از نظر جغرافیایی در سالهای اخیر گسترش وسیعی پیدا کرده ومورد توجه بسیاری از محققین قرار گرفته است. این بارشها اثرات قابل توجهی بر اکوسیستمهای مختلف کره زمین دارند.

بارش اسیدی به دلیل انتشار مواد آلوده صنعتی مانند اکسیدهای گوگرد، ازت

و گاز هیدرژن کلراید، که در نتیجه سوختن مواد فسیلی حاصل می شوند، تشکیل می شود. میزان این بارشها در طول ۲۰ تا ۲۵ سال گذشته در آمریکا، کانادا و بیشتر کشورهای اروپایی چندین برابر شده است (Canter : ۱۹۸۶). مصرف مقادیر زیاد مواد فسیلی بوسیله انبوه وسائل نقلیه و کارخانه ها منجر به پیدایش این گونه بارشها شده است.

در کشور جمهوری اسلامی ایران نیز با توجه به ازدیاد وسایل نقلیه، کارخانه ها و افزایش در مصرف مواد سوختی فسیلی می توان شاهد وجود آلودگیهای وسیع و در حال افزایش در هوای شهرهای بزرگ مانند تهران، مشهد و اصفهان و غیره بود. بارش باران سیاه در تهران و مشاهده هوای آلوده مشهد از ارتفاعات وکیل آباد و مقایسه آن با هوای شهر مشهد در سالهای گذشته این گفته را تأییدمی کند. تجاوزعراق به کویت باعث رهاشدن نفت به آبهای خلیج فارس و مآلاً آتش سوزی چاههای نفت این کشورهاگردید. این امرموجب آزادشدن وپخش مقادیر معتنابهی موادآلوده درفضا شد، که مسلماً درتشدیدبارشهای اسیدی درمنطقه بسیارموثر بوده است. در این مقاله سعی شده است اطلاعات کلی راجع به باران اسیدی، منشاءآن، اثرات اکولوژیکی وکنترل این نوع بارشهادراختیارخوانندگان قرار گیرد.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

بارش اسیدی چیست؟

واژه باران اسیدی اولین مرتبه توسط یک شیمیدان انگلیسی به نام رابرت آگوس اسمیت (Robert Agus Smith) در سال ۱۸۵۲ عنوان شد. وی اصطلاح «باران اسیدی» را برای بارانی که در منطقه پردود و آلوده منچستر، در انگلستان، بارید، به کار برد.

باران یا برف یا هرگونه بارش دیگری که دارای PH کمتر از ۵/۶ باشد به عنوان بارش اسیدی شناخته می شود. (Babich and Davis : ۱۹۸۰) این باران که حاوی So_2 و No_2 واسید کلرئیدریک می باشد و می تواند در هوا به اسید سولفوریک واسیدنیتریک تبدیل شود. این موادآلوده ممکن است چندین روز در اتمسفر باقی بمانند و در طول این

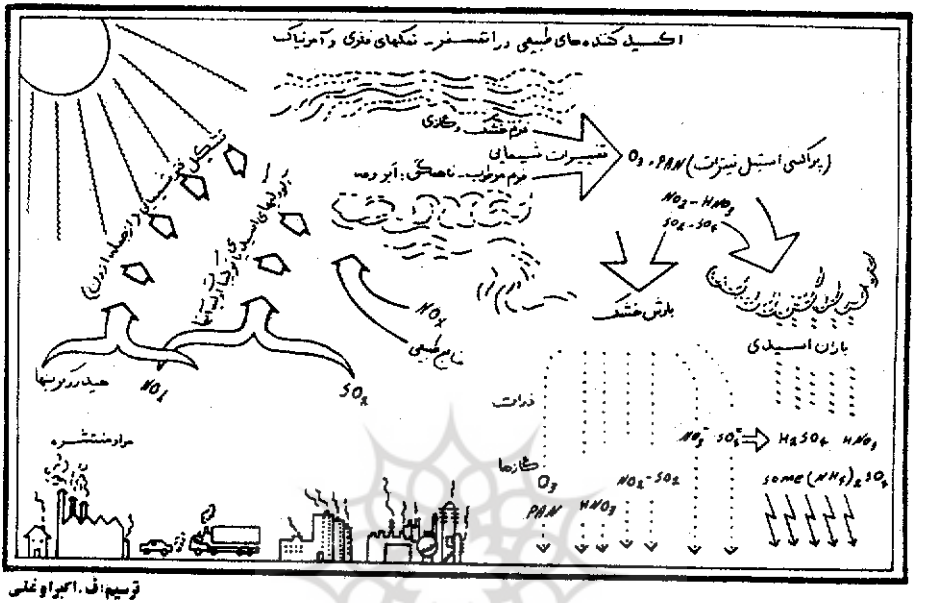
مدت توسط بادحتی به نواحی دوردست منتقل شوند. ریزش این مواد آلوده کننده ازهوا به سطح کره زمین موجب تغییرات اکولوژیکی مهمی دراکوسیستمهای مختلف می شود.

علاوه بر ترکیبات گوگردی و ازته، مقادیر متفاوتی از فلزات سنگین مانند سرب، کادمیوم، روی و وانادیوم در بارش اسیدی وجود دارد. این عناصر در مناطق پرباران و نزدیک به مراکز صنعتی به مقدار زیادتری یافت می شوند و به دلیل اثرات سمی آنها بر انسان و سایر موجودات زنده، بررسی آنها در اکوسیستمهای مختلف حائز اهمیت است.

بارش اسیدی عمدةً از انتشار مواد آلوده کننده از واحدهای صنعتی و اتومبیلها که حاوی اکسیدهای گوگرد، ازت و گاز هیدروژن کلراید می باشد، حاصل می شود (Babich and Davis: ۱۹۸۰). (شکل شماره ۱).

به طور کلی، به دلیل صنعتی بودن نیمه شرقی آمریکا و بخش غربی اروپا بارش اسیدی در این مناطق مشکلات فراوانی را به وجود آورده است. در دهه ۱۹۷۰ درختان نواحی کوهستانی در جنگل سیاه آلمان غربی علایمی از این بارش اسیدی را نشان داد به این صورت که برگ درختها زرد شد وریخت ورشدگیاهان نیز کند شد. در دهه ۱۹۸۰ علائم مشابهی در جنگلهای کوههای آپالاش آمریکا مشاهده شد. تا سال ۱۹۸۲ تقریباً ۸۰٪درختان «مونت میچل» درکارولینای شمالی در آمریکا دچار برگ ریزی و ۷٪ آنها خشک شدند (Steger and Bowermaster: ۱۹۹۰). بنابراین محققین به این نتیجه رسیدند که از بین رفتن بخشی از رودخانه ها، دریاچه ها و مرگ جنگلها بایستی در نتیجه ترکیبات شیمیایی باشد که توسط انسان به هوا وارد می شود.

در اواخر قرن گذشته در اروپا میزان So_2 منتشر شده معادل با ۱۰ میلیون تن گوگرددر سال بوده است. این رقم تاسال ۱۹۵۰ تقریباثابت باقی ماند ولیکن باافزایش سوخت موادفسیلی، انتشار So_2 به۲۵ میلیون تن گوگرددرسال تغییرکردکه در آینده روبه افزایش خواهد بود(National Sewedish Environmental Board: ۱۹۸۳).



ترسیم: ف. اکبراوغلی

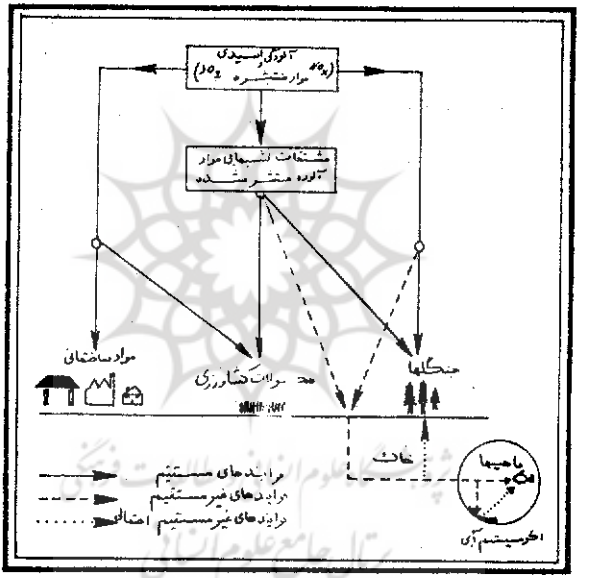
اکسیدهای ازت و گوگرد و سایر مواد آلوده در هوا می‌تواند توسط باد به قسمتهای بالای اتمسفر انتقال یابند. این آلودگیها در هوا می‌توانند بطور مستقیم (بارش خشک، dry deposition) و یا همراه با باران و برف (بارش مرطوب، Wet dep-osition) به سطح کره زمین منتقل شوند. (شکل ۱ و ۲).

انتقال این آلودگیها به سطح کره زمین به غلظت مواد آلوده، اثر عوامل جوی نزدیک سطح زمین (شدت باد، درجه اشباع بخار آب در هوا، درجه حرارت و غیره) و همچنین خصوصیات سطح دریافت کننده آلودگی (برای مثال باز و بسته بودن روزنه ها در سطح برگها که می‌تواند در تأثیر گاز So_2 و اوزن بر روی گیاه موثر باشد) وابسته است.

۷۰ درصد از So_2 موجود در هوا بر اثر سوخت ذغال در کارخانه های مولد برق تولید می‌شود. این کارخانه ها در هر سال ۱۰۰ میلیون تن گاز را وارد هوا می‌کنند. چنانچه کارخانه ها دارای دودکشهای بلندی باشند، مواد آلوده خارج شده از آنها

توسط باد می‌تواند به مسافتهای طولانی منتقل شود و بر روی جنگلها و دریاچه‌ها فرو ریزد. مقدار گاز So_2 تولید شده بر اثر سوخت ذغال در برخی کارخانه‌های بزرگ در هر سال برابر با مقدار گاز So_2 منتشر شده توسط آتشفشان مانت سنت‌هلن (Mt. Saint Helens) در سال ۱۹۸۰ می‌باشد (Steger Bower master :1990).

این آلودگیها براحتی قابل رؤیت نیستند و لیکن در نزدیکی شهرهای صنعتی این مواد آلوده می‌توانند تشکیل ابرهای تیره‌ای را دهند که برای مدت مدیدی در هوا باقی می‌مانند و ممکن است هزاران کیلومتر را طی کنند.



توسیم: فرحناز اکبراوغلی

تقریباً نیمی از اکسید ازت(No_2)موجود در هوا بر اثر افزایش تعداد اتومبیلها در سراسر دنیا حاصل شده است و مابقی نتیجه سوخت مواد فسیلی در کارخانه‌ها می‌باشد. امروز استفاده از متانول و یا گاز طبیعی برای اتومبیلها جهت کاهش اکسید ازت در هوا بسیار مورد توجه قرار گرفته است.

حوادث طبیعی، مانند آتش‌سوزی در جنگلها، آتشفشان، تخریب میکروبی و رعدو برق می‌تواند، درهر سال مقدار ۷۵ تا ۱۰۰ میلیون تن اکسید ازت در هوا وارد کند. ولیکن دلیل اصلی افزایش اکسیدازت درهوا دررابطه بافعالیتهای انسانی است

و طبیعت نقش کمتری را در این خصوص ایفا می‌کند.

نور خورشید، رطوبت بعضی اکسیدها و کاتالیزورها ممکن است بر روی آلودگیهای موجود در هوا اثر کرده و ترکیبات جدیدی را بوجود آورند که شاید بعضی از این ترکیبات و اثرات آنها در اکوسیستم هنوز بطور کامل شناخته نشده باشد. این آلودگیها پس از طی مسافتی همراه با برف، باران، مه، تگرگ و یا شبنم به زمین برمی‌گردند. این بارش می‌تواند تا ۳۰٪ بیشتر از بارشهای معمولی اسیدی باشد (Stager & Bower master: ۱۹۹۰)

اثرات بارشهای اسیدی بر محیط زیست

زندگی بشر باعث تغییرات بسیار زیادی بر روی آب و هوا و ترکیبات شیمیایی موجود در جو کره زمین شده است این تغییرات، موجودات زنده و محیط زیست آنها را تحت تأثیر قرار داده است. بارش اسیدی می‌تواند بطور مستقیم و یا غیر مستقیم بر محیط اثر گذارد و موجب تغییراتی در اکوسیستمها شود. این تأثیرات در زیر مورد بحث وبررسی قرار می‌گیرد (شکل ۳).

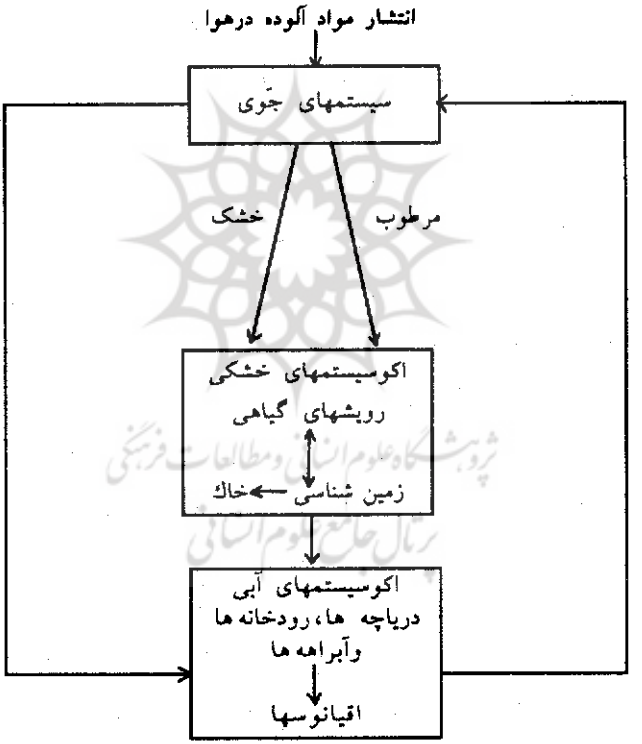
الف ـ اثر بارش اسیدی بر اکوسیستم خشکی:

ریزش مستقیم مواد آلوده کننده بر روی برگها، ساقه گیاهان و یا اثرات مستقیم این آلودگیها توسط خاك می‌تواند موجب اختلال در رویش گیاهی، مرگ درختان، کندی رشد و در نتیجه کاهش تولید (به ویژه در جنگل) گردد. تخریب جنگلها در اثر بارش اسیدی و یا جایگزینی آنها توسط یک گونه خاص می‌تواند تغییرات اکولوژیکی فراوانی را به بار آورد.

صدمات وارده توسط بارش اسیدی در جنگلهای اروپای مرکزی حدود یک

میلیون هکتار گزارش شده است که به دلیل اثرات مستقیم مواد آلوده کننده گازی و ذرات سمی معلق در هوا و فقر خاك (بر اثر از دست دادن برخی از مواد غذایی) بوده است (Environmental Resources Limited : ۱۹۸۳) .

درختان کاج و سرو در مقایسه با درختان برگریز در برابر بارش اسیدی حساس ترند، گرچه در برخی از گزارشها می توان اثرات این بارشها را بر روی درختان برگریز نیز مشاهده نمود و لیکن وسعت تأثیر آن بر روی درختان کاج و سرو بمراتب بیشتر می باشد (Environmental Resources Limited : ۱۹۸۳) .



اثرات طولانی مدت این بارشها را می توان بر روی درختان کاج و سرو در آلمان غربی، هلند، فرانسه، سواحل شرقی آمریکا وهمچنین کانادامشاهده کرد .

بایستی توجه داشت بارش اسیدی یکی از دلایل کاهش جنگلهاست . عوامل

دیگری نیز وجود دارند که باعث از بین رفتن جنگلها می شوند، در سالهای اخیر شاهد کاهش جنگلهای منطقه غرب آمریکا، آلاسکا، انگلستان و جنگلهای شمال شرقی آمریکا هستیم. گفتنی است بارشهای اسیدی در شرق آمریکا و کانادا چهار برابر بارشهای اسیدی در غرب آمریکا است. دلیل کاهش جنگلهای غرب آمریکا تغییرات آب و هوایی حادث شده در چند سال گذشته در این مناطق می باشد (Auclair: ۱۹۹۱).

بارش اسیدی بصورت خشک و مرطوب خود می تواند برمحصولات کشاورزی موثر باشد. همانطوری که قبلاً اشاره گردید، ریزش خشک عبارت از انتقال مواد آلوده به صورت گاز، بخار و ذرات معلق و ریزش مرطوب عبارت از انتقال آلودگیها توسط هر نوع بارندگی به سطح زمین. اثرات وارده توسط بارشهای اسیدی بر رویش گیاهی منطقه و از جمله محصولات کشاورزی به مدت زمان انتشار، گونه محصول، غلظت و نسبت هر یک از مواد آلوده کننده در هوا، مرحله رشد فیزیولوژیکی محصول، حساسیت گیاهان و تغییرات فیزیکی و شیمیایی محیط وابسته است (Torn et al: ۱۹۸۷). بارش اسیدی ممکن است بر رشد، تولید مثل، کیفیت و تولید محصولات کشاورزی نیز اثر گذارد (Heek et al: ۱۹۸۴). Krupa و Legge (۱۹۹۰) معتقدند که تأثیر بارش اسیدی در خاکهای کشاورزی، که معمولاً دارای خاصیت بازی هستند، ناچیز می باشد. آنها معتقدند که زیان حاصله از مصرف کودهای شیمیایی که مآلاً خاك را اسیدی می کنند بمراتب بیش از بارشهای اسیدی است.

بطور کلی، گاز اوزن، So_2، پراکسی استیل نیترات (PAN) و اسید فلوئیدریک برای گیاهان، سمی تلقی می شوند (فیتوتاکسیکPhytotoxic) و اثر آنها بر گیاهان از گاز No_2 بیشتر است. با این که گاز اوزن اسیدی نمی باشد و لیکن جزء مواد آلوده کننده در بارشهای اسیدی محسوب می گردد، و نباید اثر آن را بر رویش گیاهی منطقه، از جمله محصولات کشاورزی، نادیده گرفت. اوزن و پراکسی استیل نیترات از اکسیداسیون اکسید ازت در برابر نور خورشید حاصل

می شوند. کاهش اسیدیته در اتمسفر و سطح زمین باعث افزایش طول عمر اوزن می گردد. اوزن می تواند یا از طریق روزنه ها وارد برگ شود و یا از طریق غشاء سلول عبور و بر روی گیاه اثر گذارد. بایستی توجه داشت که اوزن با غلظت زیادو همراه با سایر آلودگیهای گازی(So_2) اثرات فوری بر گیاهان دارد (Breymeyer & Cowling: ۱۹۹۰).

Manning و Krupa (۱۹۸۸) در تحقیقات خود نشان دادند که اوزن مهمترین گاز سمی است که در اکثر مناطق بر روی گیاهان اثر می گذارد و باعث اختلال در رشد و کاهش تولید و نیز افزایش حساسیت در گیاهان می شود.

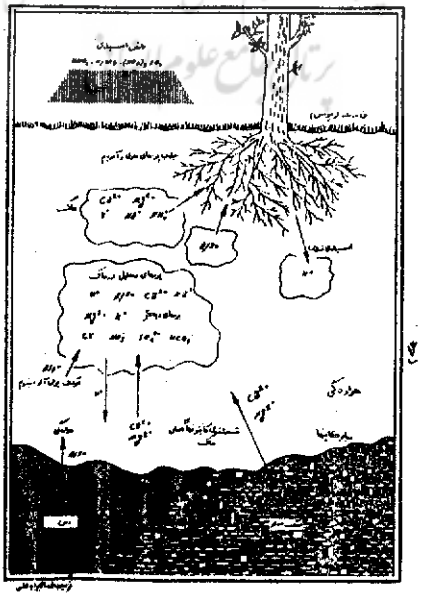
اسیدکربنیک موجود در باران، اسیدکربنیک حاصل از تنفس میکرواورگانیسم ها و ریشه گیاهان، اسیدهای حاصل از تخریب مواد آلی بویژه باقیمانده های گیاهی (اسید هیومیک)، نیتریفیکاسیون و اسید سولفوریک حاصل از اکسیداسیون سولفید آهن می توانند فرمهای طبیعی اسیدی در خاك را بوجود آورند. اسیدی شدن خاك توسط بشر می تواند از راه بارشهای اسیدی و کودهای ازته انجام گیرد که بمراتب قویتر از شکلهای طبیعی اسیدی (اسیدهیومیک، اسیدکربنیک و غیره) است. بارش اسیدی پس از نفوذ در خاك می تواند موجب اسیدی شدن خاك شود و فرآیند طبیعی هوازدگی را تسریع بخشد که در نتیجه باعث از دست رفتن مواد غذایی خاك می گردد. همچنین جابجایی عناصر کمیاب توسط بارشهای اسیدی افزایش می یابدکه این خودسبب آلودگی موادغذایی وآبهای زیرزمینی می شود.

خاکهایی که به مقادیر زیادی ترکیبات کلسیم و یا سایر ترکیبات کربناته را دارا هستند، نسبت به بارش اسیدی حساس نیستند، زیرا خاصیت بازی کربناتها باعث می شود تا تغییرات PH در خاك تقریباً ثابت باقی بماند. Norton (۱۹۷۵) تخمین زده است که چند صدسال طول خواهد کشید تا بارشهای اسیدی بتوانند اثرات قابل توجهی برروی سنگهای آهکی داشته باشند. درخاکهای غیرآهکی، بافت خاك و مقدار موادآلی برروی درجه اسیدی شدن خاك اثرات بسزایی دارند.

بارش اسیدی می تواند بر عناصر کمیاب مخصوصاً فلزات سنگین اثر گذارد، و باعث افزایش جابجایی یون آلومینیوم در خاك گردد. یون آلومینیوم مانند یونهای کلسیم، منیزیم و پتاسیم می تواند توسط اسیدهای قوی جابجا شود، بطوری که H^+ بجای آلومینیوم قرار گرفته و آلومینیوم در خاك محلول می گردد که برای گیاهان و ماهیها سمی است. بنابراین، این فرآیند که تحت تأثیر اسیدها و بارانهای اسیدی می تواند انجام گیرد از نظر اکولوژیکی اهمیت بسیاری دارد (شکل ۴).

مکانیسم حرکت یون کادمیوم درخاك به PH خاك وابسته می باشد. کادمیوم نیز سمی است ومی تواندرزنجیره غذایی تجمع یابد. مطالعات انجام شده نشان می دهد که در PH تقریبا ۴ تا ۵ یون کادمیوم دو ظرفیتی می تواند با یون ئیدروژن جابجا شود وباعث سمی شدن خاك گردد(Environmental Resources Limited : ۱۹۸۳)

بارش اسیدی می تواند باعث از بین رفتن، «گلسنگ» ها گردد که خود در روند رشد موجودات زنده اهمیت زیادی دارند. این بارش موجب کاهش تنوع موجودات زنده در اکوسیستم می گردد و در نتیجه سبب افزایش حساسیت این اکوسیستمها نسبت به تغییرات محیطی می شود که آنها خود موجب تغییرات اکولوژیکی بسیاری خواهند شد. بنابراین بارشهای اسیدی می توانند بر فون و فلور خشکی اثرات بسیاری داشته باشند.



ب ـ اثر بارشهای اسیدی بر آبهای سطحی :

بارش اسیدی می تواند اثرات اکولوژیکی قابل رؤیت و غیرقابل رؤیتی بر اکوسیستم آبهای سطحی داشته باشد که خود منجر به تغییراتی در فون و فلور آبهای سطحی می گردد. مطالعات انجام شده بر روی دریاچه ها و رودخانه های آمریکا، در نیمه دوم دهه ۱۹۶۰، نشان داده است که بالا رفتن میزان اسید آبهای سطحی همراه با بارش باران اسیدی بوده است (Turk : ۱۹۸۳).

هر موجود زنده نسبت به تغییرات PH، دارای محدوده بردباری خاصی است. بنابراین، کاهش PH در آب می تواند بر روی موجوداتی که به این تغییرات حساس ترند مؤثر افتد و موجب از بین رفتن و کاهش در تنوع آنها شود.

بارش اسیدی، بدلیل PH اسیدی و وجود فرمهای مختلف یونی و موادغذایی موجود در آن، می تواند بر موجودات تجزیه کننده، فیتوپلانکتونها، زئوپلانکتون ها، موجودات کف زی و ماهیهای موجود در آبها و دوزیستان ها اثر گذارد. برای مثال، Melack (۱۹۸۹) در قسمتی از مطالعات خود بر روی دریاچه Emerald در کالیفرنیا به ناپدید شدن قورباغه پا زرد (Rana Muscosa) و جایگزینی آن توسط قورباغه درختی (Hyla Regilla) اشاره می کند، زیرا که قورباغه پازرد نسبت به PH اسیدی حساسیت زیادی دارد و به علت اسیدی شدن آب این دریاچه از بین رفته است.

PH اسیدی همراه با اثر سمی یون آلومینیوم محلول در آب می تواند باعث از بین رفتن ماهیها شود. برای مثال می توان به تغییر جهت ماهیها در دریاچه های جنوب نروژ اشاره کرد. در مطالعاتی که روی ۵۰۰۰ دریاچه در منطقه ای به وسعت ۲۸۰۰۰ کیلومترمربع در جنوب نروژ انجام گرفته است، ماهیهای ۱۷۵۰ دریاچه از بین رفته و ۹۰۰ دریاچه دیگر نیز بطور جدی در معرض خطر قرار داشتند. از سال ۱۹۷۰ این دریاچه ها تحت تأثیربارشهای اسیدی قرارگرفته است که اگراین وضع به همین منوال ادامه یابد درآینده ماهیهای بیشتری دراین دریاچه ها نابود خواهند شد (National Swedish Environment protection Beard : ۱۹۸۳).

همچنین PH اسیدی همراه با افزایش یون کلسیم در آب، منجر به افزایش تولید موکوس در سطح آبشش ماهیها می شود که می تواند تعادل بین اسید و باز را در خون ماهی بهمزده و به این ترتیب باعث مرگ آنها گردد (Melack : ۱۹۸۸).

در آبهای اسیدی، تخریب و تجزیه به کندی صورت می گیرد که در نتیجه چرخه مواد غذایی در آبها بخوبی تکوین نمی یابد و باعث تخریب اکوسیستمها می شود. علاوه بر این تغییرات، در چنین شرایطی، به جای باکتریهای تجزیه کننده، قارچها عمل تجزیه را انجام می دهند.

بطور کلی، در آبهای غیر اسیدی که از نظر مواد غذایی فقیراند (Oligotroph) می توان بجای جلبکهای قهوه ای- طلایی، دیاتومه ها و جلبکهای سبز را مشاهده نمود. در چنین آبهایی، کاهش اسیدیته آب بر تعداد گونه های موجود در آن اثر می کند وسبب کاهش آنها می شود. وتاژك داران (از گروه دوتاژکی ها dinoflagellata) و جلبک سبز آبی جایگزین جلبکهای قبلی می گردد (Conway and Davey : ۱۹۸۱).

ج - اثر بارش اسیدی بر انسان:

همچنان که قبلاً خاطرنشان کردیم بارش اسیدی می تواند بطور مستقیم و یا غیر مستقیم در زندگی بشر اثر گذارد. بارش خشک مواد اسیدی برای سلامتی انسان مضر است و بر دستگاههای مختلف بدن از جمله دستگاه تنفسی اثرمی گذارد و موجب بیماری برونشیت مزمن و سرطان ریه می شود (Timbrell : ۱۹۸۹). بعلاوه، این آلودگیها در خاك به محصولات کشاورزی و جنگلها زیان می رساند و موجب از دست رفتن مواد غذایی خاك می شوند. فقیرشدن خاك به اقتصاد کشاورزی لطمه وارد می آورد. این امر خود موجب تشدید حرکت کشاورزان به شهرهامی شود.

افزایش فلزات سنگین در آبهای آشامیدنی باعث بدمزه شدن آب می گردد و از نظر سلامتی برای آدمی مضر می باشد. مخصوصاً در مناطقی که از آبهای زیرزمینی برای آشامیدن استفاده می شود، بارش اسیدی می تواند موجب انتقال

بسیاری از فلزات سمی از خاك به آبهای زیرزمینی و در نتیجه، به انسان شود که خود برای سلامتی انسان بسیار مضر است. برای مثال، در سال ۱۹۸۰، افزایش مقدار مس در آب آشامیدنی در کشور سوئد موجب اسهال کودکان گردید (National Swedish Environment Protection Beard: ۱۹۸۳). وجود جیوه و کادمیوم در آبها و تراکم زیستی آنها در زنجیره غذایی که دارای اثرات سمی می باشند موجب تجمع این فلزات در بدن موجودات زنده مختلف از جمله انسان می گردد. تجمع کادمیوم در کلیه صدمه زیادی به این عضو حساس وارد می کند (Timbrell: ۱۹۸۹).

لازم به ذکر است که تشکیل ترکیبات مختلف فلزی کاملاً به PH وابسته است و معمولاً در PH های اسیدی این ترکیبات به سادگی تشکیل می شود. برای مثال جیوه می تواند با فرم متیل مرکوری (اتم کربن به اتم جیوه متصل شده و ترکیب آلی می سازد) براحتی وارد سیستمهای بیولوژیکی گردد. غلظت کم متیل مرکوری بر روی ماهیها تقریباً بی تأثیر است، و لیکن تجمع زیاد آن در بدن ماهیها می تواند باعث انتقال آن به موجودات تغذیه کننده از ماهیها، از جمله انسان، شود. این ترکیب بر روی سیستم عصبی انسان اثر می گذارد. با مطالعاتی که انجام شده است، تشکیل متیل مرکوری در PH اسیدی به اثبات رسیده است (Raloff: ۱۹۹۱).

د ـ اثر بارش اسیدی بر ساختمانها:

مواد آلوده کننده اسیدی، به فرم خشک و یا مرطوب، می تواند بر ساختمانها اثر گذارد و موجب از بین رفتن مصالح ساختمانی شود. اثر بارش خشک در منطقه می تواند انتشار مواد آلوده کننده را تسریع بخشد. ساختمانهایی که از ماسه سنگ با سیمان آهکی، سنگ آهک و یا سنگ مرمر تشکیل شده اند بیشتر تحت تأثیر بارش اسیدی قرار می گیرند. همچنین بارش اسیدی بر مواد فلزی در ساختمانها اثر می کند. تحقیقات انجام شده، نشان می دهد که خوردگی فلزات در مناطق

شـــهـــری توسـط مـــواد آلوده حـــاوی So_2 سـریعـتـر از مناطـق روسـتـایی است (Environmental Resources Limited : ۱۹۸۳). درجـه حرارت، میـزان رطوبت، شـدت باد و مـقـدار بارندگی از فـاکـتـورهایی هستند کـه در مـیـزان خـوردگی سنگهـا مـوثرند. بطور کلی بارش اسـیـدی در فرسـایش سـاخـتـمـانهـا اثرات مخـربی بر جـای می گذارد. در بسیاری از مـوارد علاوه بر ضررهای اقتصادی، زیانهـای فرهنگی نیز به بار می آورند. برای مـثـال، می توان از اثرات بارشـهـای اسـیـدی بر سـاخـتـمـانهـای تاریخی در ونیـز، لندن، پاریس، آلمان غربی، مـوزه تاریخ طبیـعی در شیکـاگو و در بسیاری ساختمانهای باارزش تاریخی دیگر دنیا نام برد. بایستی توجه داشت که مواد آلوده در هوا، عـلاوه بر تخـریب سـاخـتـمـانهـا می تواند از طـریق هوا داخل مـوزه ها گردند و بر آثـار هنری از قبیل مـجسـمه های فلزی و رنگ تابلوها آسـیب وارد کنند و خسارتهـای هنگفتی به بار آورند. (Salmon &Etal : ۱۹۹۰).

در کشـور ما نیز کـه بناهای تاریخی و باارزش فراوان است هـمـواره این خطر وجود دارد که آلودگیهای مزبور صدمات جبران ناپذیری به آنها وارد کنند که تعمیر و بازسازی آنها مستلزم صرف هزینه زیادی است.

چگونه می توان باران اسیدی را کنترل کرد؟

با توجه به اثرات اکولوژیکی و تخریبی بارشهای اسیدی در محیط زیست، لازم است حـتی الامکان از تشکیـل چنین بارشـهـای اسـیـدی جلوگـیـری شـود. خوشبختانه امروزه با تحقیقات فراوانی که در این زمینه انجام شده است، اطلاعات زیادی در مورد علل بـارشهای اسیدی و اثرات آن بدست آمده کـه می توان با استفاده از آنها بـارش اسیدی را تا اندازه ای کنترل کرد. این کنترل می تواند شامـل، کاهش در تولید مواد آلوده کننده و حـفاظت از محیط زیست باشد. برای مـثال، کاهش So_2 منتشـر شده در هوا می تواند از طریق استفـاده از مواد سوختی با گـوگرد کمتـر انجام

گیرد. این عمل با جذب So_2 توسط محلولهای قلیایی می تواند انجام پذیرد. همچنین با استفاده از مبدل کاتالیزوری(Catalytic Converters) می توان موجب کاهش مونواکسیدکربن، هیدروکربن ها و اکسیدهای ازت آزاد شده از اگزوز ماشینها گردید. این کار در آمریکا تجربه شده است و از سال ۱۹۷۰ تا ۱۹۸۳، ۹۰٪ کاهش در مونواکسیدکربن و هیدروکربن با ۷۵٪ کاهش در اکسیدهای ازت آزاد شده از اگزوز ماشینها دیده می شود (Timbrell : ۱۹۸۹). اضافه کردن سنگ آهک و دولومیت به دریاچه های اسیدی می تواند به عنوان عامل پاك کننده محیط قلمداد گردد. این عمل در چندین دریاچه در سوئد و نروژ آزمایش شده است و ماهیها در چنین دریاچه هایی دوباره ظاهر شده اند (Environmental Resources Limited : ۱۹۸۳).

لازم به ذکر است که منابع طبیعی جزء سرمایه های خدادادی به شمار می روند و امانتی است که خداوند در اختیار بشر قرارداده است، بنابراین در کشور ما نیز باید سعی شود از این ودیعه الهی بخوبی استفاده شود تا آیندگان نیز از آن بهره مند شوند. برای حفظ اکوسیستمهای مختلف، در این زمینه بایستی تحقیقات کافی در ایران انجام گیرد تا حتی الامکان بتوان به طرق مختلف مانع از بارش اسیدی گردید و از تخریب اکوسیستم از طریق این بلیه ممانعت کرد.

منابع

1. Auclair, A. N. D., H. C. Martin and walke S. L. / 1991/ A case study of Forest Decline in western Canada and Adjacent United States : Water, Air, Soil Pollution V. 53 No. 1 - 2, p.13 - 31.

2. Babich, H. and D. L. David, 1980, Acid precipitation - part 1 - causes and consequences: Environment, V. 22, No. 4,P. 6 - 13 and 40-41.

3. Breymeyer, A. I., E. B. Cowling, 1990, Ecological Risks: National Academy press, 415 p.

4. Canter, L. W. 1986, Acid Rain and deposition: Lewis Publishers inc., 370p.

5. Conway, H. L. and C. B., 1981 Ecological effects of Acid precipitation on primary Producers: Brookhaven National Labratory, Upton, New York.

6. Environmental Resources Limited, 1983, Acid Rain: Graham & Trotman Limited, 159p.

7. Heck, W. W., U. Blum, W. F. Bass, R. A. Reinert, A. S. Heagle, R. A. linthrust, prespective of air pollution Research on Plants: p. 173 - 249 in Reviews in Environmental Toxicity, E. Hodgson, Elsevier.

8. Krupa, S. V. , A. H. Legge, 1990, Acidic deposition: Sulfur and Nitrogen Oxides: Lewis Publishers, 659 p.

Krupa, S. V. Manning, W.J. 1988. Atmospheric Ozone: Formation and effects on Vegetation: Environmental pollution V. 50, No. 1, p. 101 - 137.

9. Melack, J., M. 1989. Chemical and Biological charactristics of Emerald lake and the streams in its watershed and the responses of the lake and streams to Acidic Deposition: Final Report ARB -R - 89 - 410 p.

10. National Swedish Environment protection Beard., 1983, Ecological effects of Acid Deposition: Report and Background Papers Stockholm conference on the Acidification of the Environment, 340 p.

11. Raloff, J., 1991, Mercurial Risks from Acid's Region: Science News, V. 39, No. 10, p. 152 - 156.

12. Salmon, L., G., W. W. Nazaroff, M., P., Ligocki, 1990, Nitric acid Concentration, in Southern California Museums: Environmental Science & Technology, V. 24, No. 7, p. 1004 - 1012.

13. Steger, W. ,J., Bower master, 1990, Saving the earth, Alford A., knoff, New York, 306 p.

14. Timbrell, J. A., 1989, Introduction to Toxicology: Taylor & Francis LTD, 155 p.

15. Torn, M. S. Degrange, J. E., and Shinn, J. H./ 1987, The Effects of Acidic Deposition on Alberta Agriculture: Lawrence Livermore National Labratory, Livermore California ADR - P - B - 08 - 87. 160, P.

16. Turk, J. T. 1983, Evaluation of Trend in the acitity of Precipitation and the related Acidification of Surface water in North America: Geological survey water supply Papper No: 2249. U. S. Geological Survey, Washington, D. C.