

## بارش اسیدی

دکتر ترانه شارد- سعید محمدزاده هاوسنی  
گروه هیدروژنوشیمی - سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور



به هر نوع بارشی که میزان pH آن بر اثر افزایش یون هیدروژن کمتر از ۵/۶ باشد، بارش اسیدی گفته می‌شود. با این که دی اکسید سولفور مهم‌ترین گازی است که منجر به اسیدی شدن بارش می‌گردد؛ ولی بارش اسیدی عمدتاً ناشی از واکنش آب با دی اکسید سولفور (SO<sub>2</sub>)، اکسیدهای نیتروژن (NOx) و آمونیاک (NH<sub>3</sub>) است. به همین دلیل اسیدهای عمده در باران اسیدی، شامل اسید سولفوریک، اسید نیتریک و یون آمونیوم است. به طور کلی بارش اسیدی دارای نتایج زیاتباری بر روی گونه‌های مختلف همچون آبی، گیاهان، بناهای ساختمانی و ... است.

### تاریخچه

اگر چه باران اسیدی در سال ۱۸۵۳ کشف شد، اما اواخر دهه ۱۹۶۰ بود که دانشمندان به طور گسترده‌ای به مطالعه این پدیده پرداختند. این اسید بود که در سال ۱۸۷۲ واژه باران اسیدی را برای اولین بار مطرح کرد. او بر این بود که ترکیب شیمیایی باران تحت تاثیر عواملی چون جهت وزش باد، شدت بارندگی و توزیع آن، آلاینده‌های مختلف و ... قرار می‌گیرد. این مخلوق متوجه اسید سولفوریک در باران شد و عنوان کرد که این امر، برای موجودات زنده و اشیاء واقع در سطح زمین خطرناک است. موتا و میلو در سال ۱۹۸۷ عنوان داشتند که دی‌اکسید کربن، دی‌اکسید سولفور و اکسیدهای نیتروژن عوامل اصلی تعیین کننده میزان اسیدی بودن آب باران هستند. به همین منظور برای کاهش میزان دی اکسید سولفور و اکسیدهای نیتروژن آزاد شده به جو از سال‌های ۱۹۷۰ به بعد تلاش‌های زیادی صورت پذیرفته است.

### • بارش طبیعی

معمولاً تریولات جوی کمی اسیدی هستند، به طوری که pH بارش طبیعی حدود ۵/۶ است. علت این میزان pH نیز واکنش آب با دی‌اکسید کربن موجود در هواست که تشکیل اسیدی ضعیف تحت عنوان اسید کربنیک می‌دهد.



این اسید نیز در آب یونیزه شده و تشکیل یون‌های بی کربنات و هیدرونیوم را در غلظت‌های پایین می‌دهد.



### • بارش قلیایی

در برخی مواقع، pH آب بارش حتی در جوهای بسیار آلوده هم در میزان

۵/۶ باقی می‌ماند که این مسئله را می‌توان به حضور ترکیبات قلیایی در کنار ترکیبات اسیدی موجود نسبت داد. حال چنانچه میزان ترکیبات قلیایی به شدت افزایش یابد، pH باران به بیش از ۷ نیز می‌رسد. در این صورت به جای بارش اسیدی، بارش قلیایی را خواهیم داشت.

### • ترسیب اسیدی

آلاینده‌های موجود در جو به دو صورت به سطح زمین برمی‌گردند:

#### - ترسیب خشک

در مناطقی که هوا خشک است مواد شیمیایی اسیدی به صورت گازها و ذرات اسیدی به طور مستقیم در اثر نیروی گرانش بر روی زمین رسوب کرده و به سطح زمین، ساختمان‌ها، خودروها و درختان می‌چسبند. حدود نیمی از اسیدته جو از این طریق به زمین باز می‌گردد.

#### - ترسیب تر

اگر مواد شیمیایی موجود در جو به کمک باد به سمت مناطقی که هوای مرطوب دارند آورده شوند، این مواد اسیدی می‌توانند پس از ترکیب با رطوبت جوی به صورت بارش باران، برف، تگرگ، مه و شبنم به سطح زمین بازگردند که به آن بارش اسیدی گفته می‌شود.

### • میزان تاثیر بارش اسیدی

به طور کلی میزان تاثیر بارش اسیدی در یک منطقه به میزان اسیدی بودن بارش، ترکیب شیمیایی خاک و ظرفیت خنثی‌سازی خاک و صخره سنگی که در زیر لایه سطحی زمین آن منطقه واقع است، نوع گونه‌ها و گیاهان موجود در منطقه و همین طور به نوع بارش بستگی دارد، به طوری که مناطقی که در زیر لایه سطحی خود گرانیات یا کوارتز دارند، بیشتر تحت



ریز بخار آب تبدیل به  $NH_4^+$  موجب اسیدی شدن باران می‌گردد.

**• پیامدهای بارش اسیدی**

- از بین رفتن بناها و آثار تاریخی مخصوصا ساختمان‌هایی که از سنگ مرمر یا آهک ساخته شده‌اند
- خوردگی فلزات و سازه های فلزی
- از بین رفتن رنگ خودروها
- فرسودگی بدنه خودروها، هواپیما
- از بین رفتن گونه های آبی
- از بین رفتن جانوران ضعیف
- تاثیر منفی بر سلامتی انسان و ایجاد بیماری‌های مختلف در انسان
- کاهش حاصلخیزی خاک و وارد کردن مواد سمی به خاک
- نابودی گیاهان و درختان و کاهش مقاومت آنها

**• کاهش میزان ترسیب اسیدی و آسیب‌های مربوطه**

- به طور کلی هدف این است که میزان آزاد شدن دی اکسید سولفور و اکسیدهای نیتروژن که از علت‌های اصلی بارش اسیدی یا به بیان کلی ترسیب اسیدی هستند، کاهش یابد. موضوعی که دارای اهمیت است این است که ترسیب اسیدی باید کاهش یابد تا به طور یکپارچه از زیستگاه‌های طبیعی و همین طور از سازه‌های ساخت بشر محافظت شود. در این رابطه چندین روش وجود دارد که مابراستند:
- استفاده از زغال‌هایی با سولفور کم
- استفاده از ابزاری است که به طور شیمیایی دی اکسید سولفور را از گازهای خروجی دودکش‌ها حذف کند
- تغییر سوخت مصرفی نیروگاه‌های برقی، برای مثال استفاده از گاز طبیعی به جای زغال
- عدم استفاده از سوخت‌های فسیلی در نیروگاه‌های برقی
- بهره‌مندی از ابزاری که به طور شیمیایی اکسیدهای نیتروژن را از اکزوز ماشین‌ها حذف کند
- استفاده از منابع انرژی جایگزین از جمله انرژی هسته‌ای، انرژی بادی، انرژی بادی، انرژی ژئوترمال و انرژی خورشیدی
- استفاده از انرژی‌های جایگزین از جمله گاز طبیعی، باتری‌ها و سلول‌های سوختی
- خنثی کردن اسیدته خاک‌ها و... از طریق اضافه کردن آهک

تاثیر قرار می‌گیرند؛ زیرا خاک وابسته به آنها، ظرفیت کمی برای خنثی کردن اسید دارد. چنانچه صخره سنگی در زیر لایه سطحی زمین از نوع سنگ آهک یا کچ باشد، اسید به طور موثر خنثی می‌شود؛ زیرا کربنات کلسیم به صورت باز عمل کرده و با اسید وارد واکنش می‌شود. از طرف دیگر قدرت اسیدی در مه و شبنم بیش از باران است؛ زیرا در مه و شبنم آبی که موجب رقیق شدن اسید شود، کمتر است.

**• منشأ الاینده‌های مؤثر در ایجاد بارش‌های اسیدی**

به طور کلی فرایندهایی که باعث آلودگی جو و در ادامه آن موجب بارش اسیدی می‌شوند، به دو دسته فرایندهای طبیعی و انسانی تقسیم می‌گردند. مهم‌ترین فرایند طبیعی که باعث آزاد شدن گازهایی برای بارش اسیدی می‌شوند، فعالیت‌های آتشفشانی است. مهم‌ترین فرایندهای انسانی نیز که باعث آزاد شدن این گازها در جو می‌گردد، فعالیت‌های صنعتی مختلف و مصرف سوخت‌های فسیلی است.

**- منابع تولید دی اکسید سولفور ( $SO_2$ )**

به طور کلی در مقیاس جهانی، منبع عمده تولید  $SO_2$  ناشی از فعالیت‌های انسانی از جمله احتراق سوخت‌های فسیلی است. از طرف دیگر اغلب کانی‌های موجود در طبیعت به صورت سولفید یافت می‌شوند، به همین دلیل هنگام استخراج و تبدیل آنها به فلز آزاد مقاری  $SO_2$  در هوا آزاد می‌شود. با وجود این فرایندهای طبیعی از قبیل فعالیت آتشفشان‌ها و همچنین اکسایش گازهای گوگرد حاصل از تجزیه گیاهان نیز نقش گسترده‌ای را در آزاد شدن  $SO_2$  بازی می‌کند. دی اکسید سولفور تولید شده در اثر ترکیب با ذرات ریز بخار آب به  $H_2SO_4$  تبدیل می‌گردد و در اثر کاهش دما در قسمت‌های بالای جو به صورت بارش اسیدی به زمین بر می‌گردد.

**- منابع تولید اکسیدهای نیتروژن ( $NOx$ )**

در هنگام رعد و برق در اثر ترکیب اکسیژن و نیتروژن میزان کمی اکسید نیتروژن در هوا وجود دارد و مقاری هم اکسید نیتروژن از منابع زمینی از جمله فعالیت باتری‌ها در خاک حاصل می‌شود؛ اما اکسید های نیتروژنی که به عنوان آلاینده محسوب می‌شوند، از احتراق سوخت‌های فسیلی و آتش سوزی جنگل‌ها ناشی می‌شود. اکسیدهای نیتروژن تولید شده در اثر ترکیب با ذرات ریز بخار آب به  $HNO_3$  تبدیل می‌شود و در اثر کاهش دما در قسمت‌های بالای جو به صورت بارش اسیدی به زمین بر می‌گردد.

**- منابع تولید آمونیاک ( $NH_3$ )**

تولید آن بیشتر ناشی از فعالیت‌های انسانی از قبیل استفاده از کودهای شیمیایی مربوطه است. این یون پس از ورود به جو و در اثر ترکیب با ذرات

