مکانیسم پیدایش ذرات معلق هنگام فرسایش بادی

سیدناصر میرزامصطفی، ال جی هگن، ال آر استون، ای ال اسکیدمور[۱]

فرسایش بادی باعث ایجاد ذرات معلق در هوا می‌شود که این امر سبب از بین رفتن کیفیت خاک، کاهش دید در جاده‌ها و فرودگاه‌ها، آلودگی هوا، غذا، و آب آشامیدنی می‌گردد.

همچنین ذرات معلقی که قطر ایرودینامیکی آنها کمتر از ۱۰ میکرون باشد (PM_{10}) باعث بیماری تنفسی می‌شوند. برخی مطالعات (Hagen et al., 1996; Cahil et al., 1996) نشان داده‌اند که فرسایش بادی قادر است مقادیر قابل توجهی PM_{10} تولید کند. از اینرو جهت پیش‌بینی آسیب‌های درون مرزی و برون مرزی فرسایش بادی، کمیت وکیفیت تولید ذرات معلق نیز می‌بایست مطالعه گردد. اگرچه در پیرامون نحوه انتقال و نشست ذرات معلق مطالعات بسیاری انجام شده است، اما منشاء پیدایش و مقادیر تولید آنها کمتر مورد توجه قرار گرفته است. در این مطالعه، سه منشاء اصلی ایجاد ذرات معلق توسط فرسایش بادی مشخص گردید که عبارتند از :

۱- خاکدانه‌های آزاد کوچکتر از ۰/۱ میلیمتر که هنگام فرسایش بادی مستقیماً در جریان هوا قرار می‌گیرند (Emission)،

۲- سائیدگی خاکدانه‌های غیر متحرک و سله (Abrasion) توسط ذرات جهشی،

۳- متلاشی شدن ذرات جهشی هنگام برخورد با سطح زمین.

جهت پیش‌بینی درصد خاکدانه‌های آزاد کوچکتر از ۰/۱ میلیمتر یازده خاک زراعی ایالت کانزاس آمریکا به مدت چهارسال در فصل‌های بهار و پائیز نمونه‌برداری شد و توزیع اندازه خاکدانه‌های آنها ترسیم گردید. سپس توسط توزیع لاگ - نرمال چهار پارامتری، چهار پارامتر آنها یعنی کوچکترین اندازه خاکدانه، بزرگترین اندازه خاکدانه، میانگین قطر هندسی، و انحراف معیار هندسی آنها تعیین گردید.

سرانجام توسط چهار پارامتر مذکور، درصد خاکدانه‌های آزاد کوچکتر از ۰/۱ میلیمتر هر خاک مشخص شده و رابطه‌ای بین بافت خاک و درصد ذرات معلق آزاد خاک (r^2 = ۰/۸۷) تعیین گردید.

به منظور بررسی پیدایش ذرات معلق توسط سائیدگی خاکدانه‌ها، چهارنوع خاک زراعی با بافتهای گوناگون نمونه‌برداری شدند و خاکدانه‌هائی که قطر آنها بین ۱۵ تا ۲۵ میلیمتر بود جدا گردید. سپس خاکدانه‌های جدا شده در تونل باد قرار داده شد و آزمایش سائیدگی توسط ذرات جهشی شنی بر روی

---

[۱]. به ترتیب استادیار بخش خاکشناسی دانشگاه شیراز، استاد بخش خاکشناسی دانشگاه ایالتی کانزاس، اساتید مرکز تحقیقات فرسایش بادی وابسته به وزارت کشاورزی آمریکا

آنها انجام گرفت. همچنین ذرات معلق حاصل از سائیدگی خاکدانه‌ها توسط نمونه‌بردارهای مخصوصی اندازه‌گیری گردید.

به منظور بررسی پیدایش ذرات معلق توسط متلاشی شدن ذرات جهشی در اثر برخورد آنها با سطح زمین، چهار نوع خاک با بافتهای مختلف نمونه‌برداری گردید. سپس خاکدانه‌هائی که قطر آنها ۰/۴۲-۰/۱۵ و ۰/۸۴-۰/۴۲ میلیمتر بودند جدا گشته و مجموعاً به مسافت ۳۰۰ متر در تونل باد با سرعت باد ۱۵ عبور داده شدند. خاکدانه‌ها پس از برخورد با سطح تونل باد متلاشی شده و ایجاد ذرات معلق کردند که ذرات معلق تولید شده توسط نمونه‌بردارهای مخصوصی اندازه‌گیری شدند. پس از انجام آزمایش، ضرائب شکنندگی ذرات جهشی محاسبه و رابطه آنها با درصد رس خاکها تعیین گردید.

در این مطالعه با استفاده از قانون بقاء ماده و دیگر مبانی فیزیکی، معادلاتی به منظور پیش‌بینی ذرات معلق حاصل از فرسایش بادی توسط هریک از منابع یاد شده ارائه گردید. البته این روش که منشاء ذرات معلق را به صورت جداگانه بررسی می‌کند نسبت به روشهای دیگری که منشاء ذرات معلق را بصورت کلی و کلان نگاه می‌کنند برتری دارد و معادلات بدست آمده می‌تواند در مدلهای فرسایش بادی که پیش‌بینی آنها بر پایه علم فیزیک استوار است مورد استفاده قرار گیرد.

در ابتدای طول زمین، جائی که ظرفیت انتقال ذرات جهشی (Saltation transport capacity) بسیار بیشتر از Saltation discharge می‌باشد، برخاست مستقیم (Emission) ذرات معلق آزاد مهمترین منبع ذرات معلق می‌باشد. با بررسی توزیع اندازه خاکدانه‌های خاکهای مورد نظر، درصد ذرات معلق رسوبات بادی ۱۶ تا ۶۹ درصد برآورد گردید که این مقدار حداقل درصد ذرات معلق هنگام فرسایش را تشکیل می‌دهد، زیرا منابع دیگر ذرات معلق (سائیدگی خاکدانه‌ها و متلاشی شدن ذرات جهشی) هم می‌تواند این مقدار را افزایش دهد.

نتایج آزمایش‌هائی که در تونل باد انجام شد نشان داد که هنگام فرسایش بادی، خاکدانه‌های بزرگی که در سطح خاک در معرض سائیدگی قرار دارند به مراتب ضعیف‌تر و ناپایدارتر از خاکدانه‌هائی هستند که بصورت جهشی در سطح خاک حرکت می‌کنند و ضریب سائیدگی آنها حدوداً ۹ برابر بیشتر از ضریب شکنندگی خاکدانه‌های جهشی می‌باشد. از اینرو پیدایش ذرات معلق ناشی از سائیدگی خاکدانه‌ها به مراتب بیشتر از متلاشی شدن ذرات جهشی می‌باشد. در زمینهائی که دارای ۳۰ تا ۴۰ درصد خاکدانه‌های غیرمتحرک هستند، پیدایش ذرات معلق توسط سائیدگی خاکدانه‌ها به مراتب بیشتر از پیدایش ذرات معلق توسط متلاشی شدن ذرات جهشی می‌باشد.

نتایج آزمایش‌های تونل باد همچنین نشان داد که ضریب ثابت شکنندگی خاکدانه‌های جهشی می‌تواند در تخمین زدن پیدایش ذرات معلق ناشی از شکنندگی ذرات جهشی مورد استفاده قرار گیرد. در زمین‌هائی که قسمت بیشتر آنها پوشیده از سنگ و یا از خاکدانه‌های جهشی است، شکنندگی ذرات جهشی می‌تواند منبع اصلی ذرات معلق باشد. هنگام متلاشی شدن ذرات جهشی در تونل باد، سیلت در

خاکهای درشت بافت به مراتب بیشتر از خاکهای ریزبافت کاهش پیدا کرد. از اینرو می‌توان نتیجه گرفت که هنگام فرسایش بادی کیفیت خاکهای درشت بافت سریعتر از خاکهای ریز بافت کاهش پیدا می‌کند.

در خاتمه، پیدایش ذرات معلق از سه منبع یاد شده بستگی به خصوصیت زمین از جمله طول آن در جهت باد داد. در ابتدای طول زمین، منبع اصلی ذرات معلق، خاکدانه‌های آزاد کوچکتر از ۰/۱ میلیمتر می‌باشند و با افزایش طول زمین، متلاشی شدن خاکدانه‌های جهشی مهمترین منبع ذرات معلق می‌باشند. همچنین وجود خاکدانه‌های بزرگ غیرمتحرک که در معرض سائیدگی قرار دارند می‌توانند در افزایش ذرات معلق هم مؤثر باشند.