

## بررسی روش های کنترل فرسایش بادی خاک و نقش آن در کاهش انتشار ریز گرد ها در مناطق خشک و نیمه خشک

دکتر مهدی حیاتی ، امید شفیعی ، شریفه خسروی

### چکیده

در بسیاری از کشورها فرسایش بادی خاک باعث تخلیه حاصلخیزی خاک می شود و در برخی از موارد زمین های حاصلخیز را به بیابان های شنی تبدیل می کند. فرسایش بادی و مشکلاتی که به همراه دارد موجب خسارات زیادی به بخش های اجتماعی، محیط زیست و سلامت جامعه می شود. یکی از پیامدهای آن که در سال های اخیر نیز شدت گرفته است گرد و غبار هایی است که بخش وسیعی از ایران را تحت تأثیر قرار می دهد. پدیده تغییر اقلیم (مانند خشکسالی های شدید و متوالی) به همراه فعالیت های انسانی و الگوهای سکونت آن ها موجب افزایش تخریب خاک، فرسایش بادی، بیابان زایی، تخریب مواد مغذی مورد نیاز گیاهان و در نتیجه تشدید طوفان های گرد و غبار می گردد؛ بنابراین ضروری است که با کاهش فرسایش بادی خاک، گام مهمی در کاهش پدیده ریز گرد ها برداشته شود. آگاهی از فرآیندهایی که موجب فرسایش بادی و تشدید آن می گردند نقش مؤثری در توسعه راهکارهای کنترلی خواهد داشت. اگر چه عملیات حفاظتی مختلف می توانند در کنترل فرسایش تأثیر زیادی داشته باشند، اما خشکسالی ها می توانند باعث کاهش بقایا شوند و بادهای فرساینده همیشه در یک جهت غالب نمی وزند؛ بنابراین مدیران باید بسیار آگاهانه و دقیق عمل کنند و هنگام برنامه ریزی برای یک سامانه کنترل فرسایش بادی، ممکن است به ترکیبی از روش های کنترل نیاز باشد.

**واژه های کلیدی:** فرسایش بادی، مالچ، خشکسالی، سلامت انسان، محیط زیست

## مقدمه

ریزگردها توده‌ای از ذرات جامد ریز غبار و گاه دود هستند که در جو پخش شده و دید افقی را محدود می‌کنند (Miller et al., ۲۰۰۸). پدیده‌های گردوغباری رخدادهای طبیعی هستند که در مناطق خشک و نیمه‌خشک رخ می‌دهند (Goudie, ۲۰۰۹). ریزگردها ناشی از فرسایش بادی می‌باشند. وزش باد سبب جدا شدن لایه سطحی زمین شده و اجزای این لایه را با خود به بخش‌هایی دیگر می‌برد. این ذرات به علت سبک بودن می‌توانند تا مدت‌ها در هوا معلق بمانند و منظره انتشار ریزگردها و به عبارتی منظره‌ای از آسمان تیره‌وتر و غبار گرفته را در طول روز به تصویر بکشند. ریزگردها طیف گسترده‌ای از مشکلات را به همراه دارند. اختلال در پرواز هواپیماها، بروز مشکلاتی در زمینه عملکرد نیروگاه‌ها و حتی ایجاد اختلال در فرآیند ارسال سیگنال‌های تلویزیونی و به خطر انداختن سلامت شهروندان و محیط‌زیست از اصلی‌ترین پیامدهای ناشی از ریزگردها می‌باشند. همچنین ریزگردها به دلیل ایجاد مانع در برابر نور خورشید ممکن است کمیت و کیفیت محصولات کشاورزی را به میزان زیادی تحت تأثیر خود قرار دهند (سپهری‌فر، ۱۳۹۴).



شکل ۱- تصویر ریزگردها بر فراز ایران و دیگر کشورهای هم‌جوار (<http://www.haadi.ir>)

## دلایل ایجاد ریزگرد

تغییرات اقلیمی موجب پدیده‌هایی از جمله خشکسالی گسترده، سیل‌های مخرب، آتش‌سوزی‌ها و همچنین گردوغبارهای پر دامنه می‌شود. کاهش میزان پراکندگی و تغییر در الگوهای پراکنش بارندگی به همراه برداشت بی‌رویه از منابع آب، خشک شدن تالاب‌ها، جنگل‌زدایی، تبدیل باغات به مناطق مسکونی، رها شدن زمین‌های کشاورزی و به‌طور کلی تغییرات گسترده کاربری اراضی بدون توجه به پتانسیل‌های سرزمین، معضلات بسیاری را در کشور ایجاد کرده است که یکی از آن‌ها پدیده

گردوغبار است. گردوغبار در بخش‌هایی از ایران به‌خصوص استان خوزستان، زندگی مردم را دچار اختلال کرده و کیفیت زندگی را در برخی از استان‌های دیگر کشور به‌شدت تحت تأثیر قرار داده است (شفیعی‌زاده و مرادی، ۱۳۹۰).

پدیده‌های گردوغباری حاصل وزش بادهای ناپایداری در الگوی سینوپتیکی می‌باشند. فراوانی ذرات گردوغبار در جو علاوه بر شدت باد و خشکی ذرات خاک به‌اندازه قطر ذرات نیز بستگی دارد. بار بستری معلق کافی، وزش بادهای شدید و ناگهانی، خشک شدن بسترهای آبی و رودخانه‌ها با دخالت انسان و یا سیکل طبیعی اقلیم، فرسایش شدید نیز از عوامل مؤثر در تشکیل پدیده گردوغبار هستند. وزش بادهای شدید بر روی بیابان‌های با خاک نرم و خشک، حرکت صعودی هوا موجب انتقال عمودی ذرات گرد و خاک معلق به ترازهای بالاتر جو می‌شود، انتقال ذرات معلق توسط جریانات سطوح فوقانی جو به نقاط دورتر از عوامل اصلی در ایجاد پدیده گردوغبار هستند. از دیگر عوامل مؤثر در تکوین و ایجاد ناپایداری سرعت باد و جریان‌های شدید لایه زیرین تروپوسفر است (Ekhtesasi and Gohari, ۲۰۱۳).

#### عوامل عمومی مؤثر بر پدیده گردوغبار (Lotfi et al., ۲۰۱۶):

- ویژگی‌های عمومی شرایط جوی و تغییر آب‌وهوا
- بارش اندک و خشکسالی
- کنترل آب‌های سطحی
- انحراف بیش‌ازحد رودخانه‌ها و منابع آب
- وضعیت زمین و تغییر کاربری اراضی
- نوع بذر و خاک
- عدم پوشش گیاهی
- میزان رطوبت خاک
- بادهای شدید در خاک‌های نرم بیابان خشک
- حرکت صعودی هوا و تعلیق عمودی ذرات گردوغبار
- نقل‌وانتقال ذرات معلق توسط جریانات لایه‌های بالایی جو به محل‌های دور

- ۱- تغییر در کاربری اراضی، تغییر در مدیریت منابع آب سطحی و زیرزمینی خصوصا در مناطق مرزی
- ۲- مدیریت منابع آب مانند احداث سد، انحراف مسیر رودخانه و برداشت بی رویه آب و عدم تأمین حقابه های محیط زیستی پایین دست
- ۳- شرایط جوی اقلیمی از جمله خشکسالی وجود زمینه های مساعد، وزش بادهای شدید روی بیابان، حرکت صعودی هوا و وجود جریان های فوقانی است. با کاهش بارندگی و به تبع آن کاهش میزان رطوبت خاک ذرات خاک پیوستگی و انسجام خود را از دست داده در نتیجه زمینه های مساعد وزش بادهای شدید روی بیابان، حرکت صعودی هوا و وجود جریان های فوقانی است.

شکل ۲- عوامل داخلی ایجاد ریزگردها (<http://www.haadi.ir>)

- ۱- ناپایداری جوی در صحراهای عربستان، عراق، کویت و سوریه
- ۲- کم بارشی شدید و خشکسالی های متوالی با شدت و وسعت بالا در منطقه
- ۳- عدم پوشش گیاهی مناسب و کاهش سریع آن و علاوه بر آن کاهش بارندگی و میزان رطوبت هوا و خاک، تخریب مناطق جنگلی و مرتعی در کشورهای منطقه، تغییرات فشار هوا و وزش باد شدید از سمت بیابان های کشورهای عراق و عربستان
- ۴- خشک شدن بیش از هشتاد درصد تالاب های هور العظیم و هورالحویزه در مرز ایران و عراق است که در طول ۴۰ سال گذشته به دلیل احداث بیش از ۳۲ سد بزرگ بر روی دو رودخانه بزرگ دجله و فرات در ترکیه و عراق
- ۵- جنگ، ایجاد نا امنی و تغییر در فرهنگ کار و زندگی مردم عراق که موجب بی توجهی به مسائل محیط زیست شده
- ۶- عدم همکاری عربستان برای مهار ریزگردها و کنترل گرد و غبار

شکل ۳- عوامل خارجی ایجاد ریزگردها (<http://www.haadi.ir>)

### فرسایش بادی

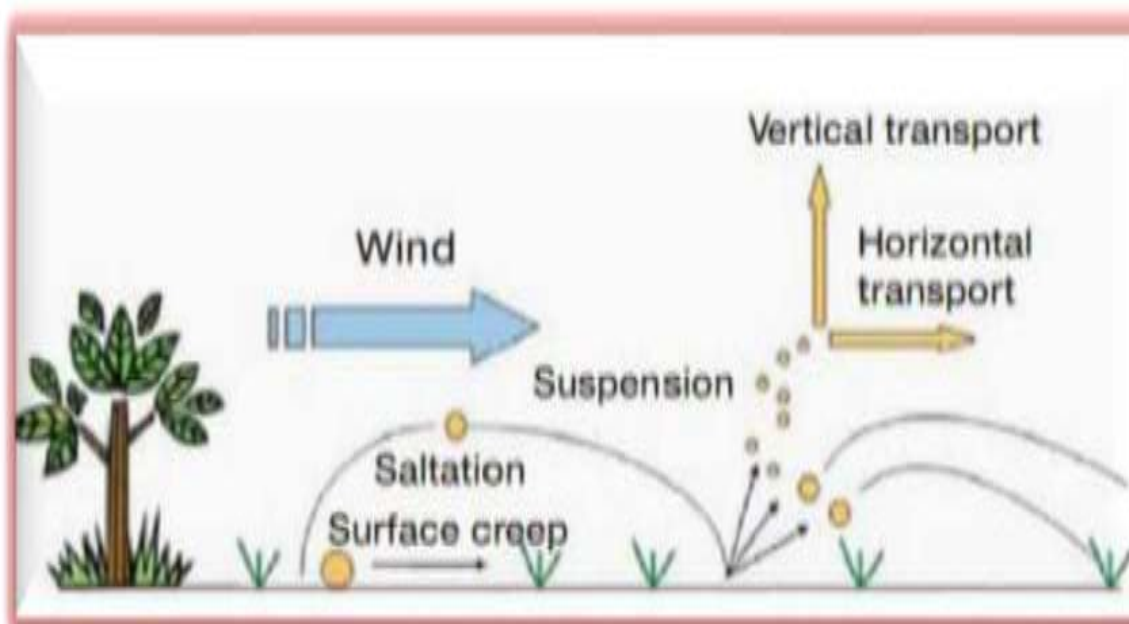
فرسایش خاک یک فرآیند طبیعی است که در اثر فعالیتهای انسانی تشدید می شود. فرسایش بادی (شکل ۴) و انتشار گردوغبار موجب تأثیرات زیادی بر سلامت انسان و فرآیندهای اساسی اکوسیستم از سطوح منطقه ای و جهانی در سرتاسر اقلیمها می شود (شفیعی زاده و مرادی، ۱۳۹۰).

زمانی که زمین به طور نامناسب مدیریت می شود، میزان فرسایش بادی تسریع می شود. در طول خشکسالی زمانی که پوشش گیاهی از بین می رود و خاک ساییده می شود، فرسایش بادی افزایش می یابد و عملیات مدیریت زمین خوب حیاتی تر می شوند. فرسایش بادی می تواند با استفاده از مدیریت زراعی و چرا حداقل شود.

فرسایش بادی می تواند کاهش یابد اگر مدیران بدانند:

- چگونه فرسایش اتفاق می افتد.
  - چه روش های کنترلی در دسترس هستند.
  - کدام یک بهترین روش کنترل برای استفاده در یک موقعیت خاص هستند.
- فرسایش بادی موجب اثرات مضر زیر می شود:
- از دست رفتن خاک
  - از دست رفتن عناصر غذایی برای گیاهان
  - سوختگی (مناطق بدون پوشش، زمین سختی که به آسانی آب جذب نمی کند)
  - کاهش نفوذ آب
  - دفن زیرساخت داخل و خارج از مزرعه

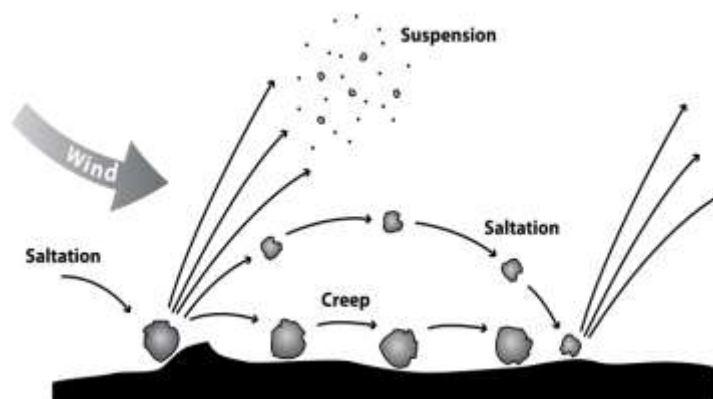
فرسایش بادی همچنین تأثیر قابل توجهی بر سلامت انسان، کاهش دید و اختلال در شبکه های برقی می شود (Leys, ۲۰۰۳).



شکل ۴- وزش باد و حرکت عمودی و افقی ریز گرد ها (<http://www.haadi.ir>)

## مکانیسم تشکیل پدیده گردوغبار

شدت فرسایش خاک توسط باد به شدت باد، میزان آب جاری، شرایط اقلیمی، خواص خاک و طول و زاویه شیب سطح بستگی دارد. خاک فرسایش یافته به وسیله باد حرکت داده می شود که برحسب اندازه ذرات، حرکت به یکی از سه طریق تعلیق (suspension)، خزیدن (creep) و جهش (saltation) هست (شکل ۵) (Wang *et al.*, ۲۰۱۵). حرکت ذرات درشت به صورت غلتیدن و ذرات متوسط به صورت جهشی هست. ذرات ریز به علت سبک بودن تا ارتفاع زیادی از سطح زمین بلند می شوند و مدت زیادی به صورت معلق در هوا باقی مانده و پس از طی مسافت طولانی فرومی نشینند. غالباً قطر ذرات کمتر از ۰/۱ است و در اثر تلاطم و جریان های دورانی مدت طولانی به صورت معلق باقی می ماند. در حرکت تعلیقی ذرات بسیار ریز خاک پس از برخاستن از زمین به سبب سبکی فوق العاده و سطح ویژه زیاد، به صورت معلق مدت ها در هوا باقی می ماند و در صورت وجود جریانات مساعد جوی، گاهی صدها یا هزاران کیلومتر مسافت را طی می کنند و تا ارتفاعی بیش از چند هزار متر از سطح زمین گسترش می یابند. در ایران پدیده ریز گرد ها ناشی از جابه جایی و حرکت ذرات ریز و بسیار تشکیل دهنده خاک ها به صورت معلق تحت تأثیر طوفان ها و جریانات هوایی است (Azizi *et al.*, ۲۰۱۲).



شکل ۵- انواع جابه جایی ذرات خاک توسط باد (Presley and Tatarko, ۲۰۰۹)

زمانی که طوفان گردوغباری اتفاق می افتد، باد قوی شروع به وزش و گردوغبار و شن شروع به بالا رفتن می کند و فشار هوا بلافاصله افزایش و دمای هوا به طور ناگهانی کاهش می یابد و به دنبال آن رطوبت نسبی نیز به میزان ۱۰ درصد افزایش می یابد. سرعت های بیش از ۷ متر بر ثانیه در ارتفاع ۱۰ متری در ایجاد شرایط طوفانی و شکل گیری گردوغبار نقش مهمی دارند. یک طوفان گردوغباری زمانی توسعه می یابد که یک سیستم کم فشار به سمت ناحیه بیابانی حرکت کند (Ekhtesasi and Gohari, ۲۰۱۳).

## ابزار بررسی و مطالعه ریزگردها

سنجش از دور یکی از ابزارهایی است که در سال‌های اخیر برای شناسایی، ردیابی و تجزیه و تحلیل طوفان گردوغبار مورد استفاده قرار می‌گیرد. برای این کار طیف وسیعی از سنجنده‌های مختلف به‌تنهایی یا به‌صورت ترکیبی استفاده می‌شود که درنهایت یک تصویر جهانی از فعالیت‌های طوفان گردوغبار می‌دهد. این تکنیک از فعالیت‌های طوفان گردوغبار که برای آن هیچ اطلاعات ایستگاه هواشناسی وجود ندارد، با ردیابی ذرات و منابع گردوغبار یک تصویر جهانی ارائه می‌دهد و اطلاعات را بر روی پارامترهایی مانند ضخامت نور و ارتفاع ذرات گردوغبار تجزیه و تحلیل می‌کند (Darvishi-Bolloorani *et al.*, ۲۰۱۳).

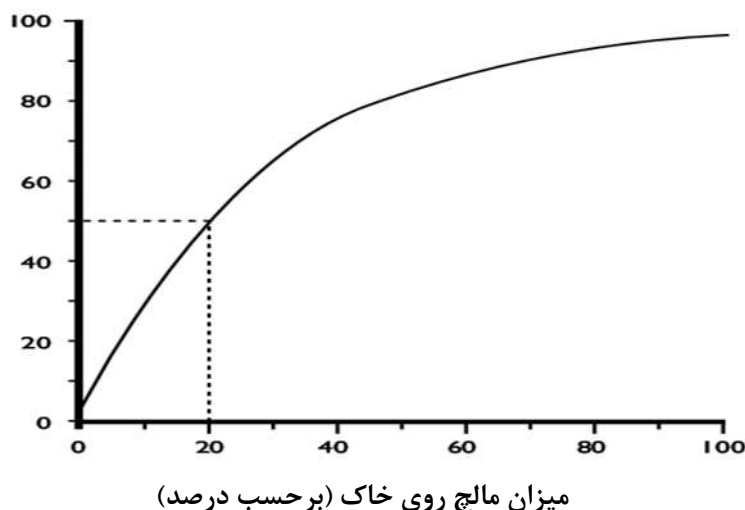
## راه‌های کاهش فرسایش بادی

فرسایش بادی می‌تواند توسط روش‌هایی که ۱- سرعت باد را در سطح خاک کاهش می‌دهند ۲- سطح خاک را تثبیت می‌کنند و ۳- ذرات خاک در حال حرکت را متوقف می‌کنند کاهش یابد. هزینه روش‌های مختلف بسیار متفاوت است. مناسب‌ترین روش برای مزارع و اراضی خاص بستگی نوع خاک، سیستم زراعی، اندازه منطقه تحت تأثیر و دسترس‌پذیری هرگونه تجهیزات خاص یا مواد موردنیاز خواهد داشت (Defra, ۲۰۰۵).

## مالچ پاشی

مالچ‌های آلی منشأ کربنی دارند. این نوع مالچ‌ها کیفیت خاک را با افزودن مواد معدنی و موردنیاز گیاهان افزایش می‌دهند. همچنین مالچ‌ها با ایجاد حفره‌هایی در خاک باعث افزایش رشد گیاهان می‌شود. زمانی که خاک حفره‌های زیادی داشته باشد، آب به‌راحتی وارد آن شده و به‌آسانی داخل خاک گردش خواهد کرد. باوجود حفره‌های زیاد در خاک، آب بیشتری توسط آن جذب شده و حفظ می‌شود. مالچ پاشی در مناطق بیابانی می‌تواند کیفیت خاک را افزایش داده و از فرسایش آن جلوگیری کند. تثبیت دما نیز یکی از اثرات مهم مالچ هست. اگر مالچ پاشی قبل از یخ زدن دانه‌ی گیاهان در زمستان انجام شود، یخ زدن دانه‌ها به تعویق افتاده و ریشه‌ها فرصت بیشتری برای رشد دارند (Kyle kenton, ۲۰۰۴). قابلیت تثبیت دمای مالچ به نوع مالچ، عمق مالچ پاشی، مدت گذشته از زمان مالچ پاشی، خصوصیات انعکاس نور و جذب دما وابسته است. مالچ پاشی تا عمق ۵ سانتی‌متر تأثیر زیادی در حفظ رطوبت نیز دارد (Allison, ۱۹۷۳).

به دلیل غلظت زیادی که دارند از خاصیت چسبندگی خوبی برخوردار بوده و لذا پس از پاشیدن آن‌ها روی تپه‌های شنی روان یا ریگ‌زارها یک سطح چسبنده یا فیلم نازکی روی خاک بر جای گذاشته که این فیلم باعث متوقف شدن این تپه‌ها و همچنین نگه‌داری رطوبت و حتی بذرهای گیاهان محلی و بومی منطقه می‌گردد.



نمودار ۱- اثر مالچ پاشی بر کاهش فرسایش خاک (غنی‌زاده و همکاران، ۱۳۹۰)

اکثر دانه‌های کشاورزی که درون خاک‌های دارای پوشش گیاهی که در دماهای بیشتر از ۳۰ درجه سانتی‌گراد قرار دارند، تأثیر بدی را می‌پذیرند و خاصیت جوانه زدن و رشد خود را از دست می‌دهند. همچنین در خاک‌هایی که روی آن‌ها پوشش گیاهی وجود ندارد، در صورتی که دمای خاک بین ۵۵ تا ۶۰ درجه سانتی‌گراد قرار گیرد، دانه‌های موجود در خاک از بین می‌روند و خاصیت خود را از دست می‌دهند. استفاده از مالچ باعث کاهش این دما شده و باعث می‌شود که دانه‌های خاک سالم بمانند. با توجه به اینکه در اکثر مناطق بیابانی ایران خاک‌ها دارای دانه‌های گیاهی می‌باشند، استفاده از مالچ بسیار مفید و کارآمد خواهد بود (غنی‌زاده و همکاران، ۱۳۹۰).

### مزایای مالچ پاشی

- مالچ پاشی نفتی موجب می‌شود ذرات خاک از هم جدا نشود و نیز اجازه نمی‌دهد، تبخیر رطوبت در خاک انجام گیرد، یعنی با استفاده از این روش قطرات باران جذب حداکثری خاک شده و تبخیر نمی‌شود، بنابراین ذرات خاک توسط باد از هم جدا نمی‌شوند.

- مالچ پاشی بر روی شن‌های روان باعث می‌شود که خاک غنی شود و جهت کاشت گیاهان آماده شود. ریشه گیاهانی که در این محیط‌ها کاشته می‌شود، رشد طولی و عرضی پیدا می‌کند.



- مالچ باعث کنترل دمای خاک می‌شود. به این صورت که در تابستان خاک را خنک نگه می‌دارد و در زمستان خاک را گرم نگه می‌دارد که این کار باعث جلوگیری از فرسایش خاک و افزایش مناطق بیابانی می‌شود.

- نیتروژن موجود در مالچ نقش مهمی را ایفا می‌کند. نیتروژن موجود در خاک کم است لذا نیتروژن موجود در مالچ می‌تواند این نیاز گیاهان را برطرف ساخته و باعث رشد بهتر و بیشتر آن شود.

- مالچ پاشی باعث می‌شود که خاک به راحتی منتقل نشود.

- در اثر گذشت زمان، مالچ تجزیه شده و مواد مغذی را به خاک اضافه می‌کند.

دلیل استفاده از مالچ نفتی این است که تأثیر سریع و آنی دارد و قابلیت استفاده از آن در زمان کوتاه و در سطح وسیع فراهم است و مهم‌تر از همه اینکه منبع تأمین این ماده در داخل کشور موجود هست و نیاز به منابع ارزی ندارد. این نوع مالچ پاشی در استان‌های سیستان و بلوچستان، هرمزگان، خوزستان، کرمان، خراسان رضوی و اصفهان انجام شده است. اثرات بسیار ارزنده‌ای در حفظ منابع زیستی و منابع طبیعی داشته است. همچنین باعث حفاظت از نیروگاه‌ها، منابع نفتی، فرودگاه‌ها، راه‌های مواصلاتی، راه آهن، بندرها و راه آهن شده است. علاوه بر آن این عمل باعث ایجاد و رشد مناطق وسیع جنگلی در مناطق بیابانی شده به حدی که باعث شده جاهایی که روزی حتی یک درخت هم نداشت به مناطق سبز تبدیل شود (غنی‌زاده و همکاران، ۱۳۹۰).

#### پیشنهاد می‌شود که:

- هم‌زمان با اجرای برنامه‌هایی به منظور تثبیت ماسه‌های روان، باید حتی‌الامکان اقداماتی نیز در جهت تعدیل طوفان‌های ماسه‌ای و همچنین جلوگیری از حرکت ماسه‌ها در منشأ صورت گیرد تا ماسه‌ها اصولاً نتوانند حرکت کنند و تپه‌های ماسه‌ای یا ماسه‌های روان را به وجود بیاورد که دائم نیاز به تثبیت کردن آن‌ها نباشد.

- استفاده از مالچ روش مناسبی برای جلوگیری از فرسایش بادی هست. بخصوص اینکه باعث رشد دانه‌های موجود در مناطق بیابانی می‌شود.

- اقدامات لازم درباره جلوگیری از فرسایش خاک و انتخاب روش و به کار بردن وسیله صحیح برای مبارزه با آن باید با مطالعات و بررسی‌های دقیق و توجه به وضع اقلیمی و جغرافیایی و حتی اجتماعی منطقه مربوطه صورت گیرد نه آنکه یک فرمول و یک دستورالعمل برای مبارزه با فرسایش بادی برای کلیه نقاط به کار برده شود.

- مالچ‌ها خصوصیات زیادی داشته که باعث می‌شود تا در جهت تثبیت شن جزء گزینه‌های اصلی باشند اما بایستی توجه نمود که مالچ‌های نفتی آثار سوء زیست‌محیطی فراوانی نیز داشته و به همین خاطر باید برآورد دقیقی از مزایا و مضرات اعمال این روش در منطقه‌ای خاص صورت گیرد و در نهایت تصمیم اساسی اتخاذ گردد (غنی‌زاده و همکاران، ۱۳۹۰).

### مالچ سنگریزه‌ای

مالچ سنگریزه‌ای دارای دو عمل مهم در کنترل فرسایش بادی است:

۱- ذرات خاک را از فرسایش محافظت می‌کند.

۲- ذرات باد آورده را به دام می‌اندازد (Yanli, ۲۰۰۳).

مطابق با آزمایش‌ها شبیه‌سازی شده به وسیله تونل بادی و مطالعات میدانی، مزرعه دارای مالچ سنگریزه‌ای می‌تواند سرعت فرسایش بادی را ۸۴ تا ۹۴ درصد نسبت به مزرعه بدون مالچ کاهش دهد و همچنین به دام‌اندازی ذرات رسوب را ۱/۶ تا ۱/۸ برابر افزایش می‌دهد (Yanli and Liu, ۲۰۰۳).

### کاشت گیاهان پوششی

ایجاد پوشش گیاهی نه تنها باعث افزایش زیبایی و ارزش زمین می‌شود بلکه فرسایش را نیز کنترل می‌کند. گیاهان پوششی یکی از بهترین روش‌های کنترل فرسایش هستند و شامل هر ماده گیاهی هست که سطح زمین را پوشش می‌دهد (Virginia Cooperative Extension, ۲۰۱۵).

هی و همکاران (He et al., ۲۰۰۷)، مناسب‌ترین روش در کاهش سرعت باد و تثبیت ماسه‌های روان را ایجاد پوشش گیاهی بر روی تپه‌های ماسه‌ای عنوان کردند. پوشش گیاهی به‌طور مؤثری حرکت ماسه‌های روان را کاهش داده و در نتیجه تحرک ماسه‌ها در سطح زمین کم شده و ماسه‌زار تثبیت می‌شود. گیاهی فرسایش بادی را بیشتر کنترل می‌کند که مقدار پوشش گیاهی زیادتری را در زمانی از سال که زمین حساس به فرسایش است تولید کند (Fryrear, ۱۹۹۵).

کاشت گیاهان پوشش دهنده سطح زمین بر روی شیب‌ها یا مناطق بدون پوشش به کنترل فرسایش و رواناب کمک می‌کند، زیرا ریشه‌های گیاهان خاک را در محل خود نگه می‌دارد. گیاهان پوششی رطوبت خاک را حفظ می‌کنند و همچنین گرما، تشعشع و گردوغبار را کاهش می‌دهند (Virginia Cooperative Extension, ۲۰۱۵).

## استفاده از مالچ‌ها و بقایای گیاهی

روش اساسی در کاهش فرسایش بادی حفاظت خاک به وسیله بقایای سطحی هست. این روش درحالی که برای تمام مناطق قابل کاربرد است، در مناطق زراعی که مشکلات کاشت و برداشت وجود ندارد نیز به طور گسترده تری پذیرفته شده است. برخی از بقایا پس از برداشت اکثر گیاهان زراعی در مزرعه به جا گذاشته می شوند، اما حتی گیاهان زراعی دارای بقایای زیاد نیز بقایای کافی برای حفاظت خاک در زمانی که فرسایش خاک بسیار شدید است تولید نمی کنند (جدول ۱) (Fryrear and Skidmore, ۱۹۸۵).

جدول ۱- مناطق برداشت شده و بقایای موجود در مزارع جو، یولاف، ذرت، سورگوم دانه ای و گندم در دشت های بزرگ در آمریکا (Skidmore et al., ۱۹۷۹)

MLRA	Barley		Oats		Corn		Sorghum		Wheat		Total area	% not protected
	Harvested area	Residues available	Harvested area	Residues available	Harvested area	Residues available	Harvested area	Residues available	Harvested area	Residues available		
	kha	t/ha	kha	t/ha	kha	t/ha	kha	t/ha	kha	t/ha	kha	
52	245.1	-0.6	25.2	-0.5	0.1	-1.2	0	-4.2	803.9	-0.4	1074.3	100
53	148.5	0	223.5	0.1	43.7	-1.9	4.1	-2.1	1478.1	-0.8	1897.9	80
54	69.8	0.4	126.8	0.4	2.5	-1.5	0	-2.3	510.1	-0.6	709.2	72
55	577.3	0.4	455.8	0.6	234.7	-1.3	17.9	-1.2	2025.5	-0.3	3311.2	69
56	464.5	1.3	239.3	1.2	82.4	0.4	0	-3.0	1150.9	0.9	1937.1	0
57	38.6	2.2	90.8	2.2	32.5	1.9	0	-1.4	65.9	1.7	227.8	0
58	64.3	0.6	24.8	0.6	2.7	1.0	0	-3.5	182.8	0.7	274.6	0
59	54.9	0.3	26.2	0.3	0.5	0.2	0	-3.9	241.5	-0.1	323.1	75
60	5.5	-0.2	6.4	0.3	4.0	1.4	0.3	-2.0	25.2	0.4	41.4	14
61	2.6	-0.3	6.4	0	0.9	-0.5	0.2	-2.1	29.7	1.2	39.8	9
62	0.2	0	0.6	0.2	0.1	-0.4	0	-2.2	0.8	0.5	1.7	6
63	9.9	0	38.6	0	5.3	-1.0	18.7	-1.8	156.1	0.5	228.6	10
64	3.9	0.1	8.3	0.1	7.0	1.3	0.5	-2.0	49.0	0.8	68.7	1
65	2.2	0.2	10.4	-0.2	99.2	2.1	2.0	-1.4	17.5	0.6	129.5	8
66	9.2	0.2	36.1	0.7	32.8	-1.2	14.9	-1.3	30.8	1.0	123.8	39
67	27.2	0	13.0	-0.4	113.7	1.9	46.0	-2.4	747.5	-0.3	947.4	85
68	4.6	0.9	0	-2.8	28.6	2.6	0.4	-1.7	74.6	-0.5	108.2	69
69	4.5	0.5	0.7	-0.3	14.5	1.9	42.7	-1.6	147.3	-0.8	209.7	91
70	0.9	-0.7	0	-3.4	4.6	0	15.2	-3.3	30.2	-1.0	50.9	100
71	1.2	0.5	5.9	0.6	318.0	2.8	23.7	-0.7	58.4	1.9	407.2	6
72	5.9	-0.4	4.5	-0.7	464.6	2.0	205.4	-1.2	1728.9	0	2409.3	9
73	1.9	0.3	7.2	0.3	144.5	2.6	285.5	-1.0	869.6	1.0	1308.7	22
74	0.6	1.0	5.5	0.6	14.5	1.3	112.6	-0.1	302.1	1.9	435.3	26
75	2.4	1.3	22.8	1.3	568.1	3.5	602.4	0.3	715.8	2.2	1911.5	0
76	4.4	1.6	11.5	1.0	29.4	0.9	190.9	0.4	200.4	2.2	436.6	0
77	12.1	0.4	4.4	-0.7	280.5	2.8	1287.3	-0.7	1144.5	-0.9	2728.8	89
78	29.9	-0.4	66.4	-0.3	1.2	2.0	297.9	-1.5	1196.3	0	1591.7	25
79	1.9	0.3	1.2	-0.3	18.8	2.8	89.9	-1.1	439.2	0.8	551.0	17
80	36.7	1.0	34.1	0.8	4.2	2.3	77.2	-0.2	1198.4	1.9	1350.6	6

† All wheat (spring, winter, durum).

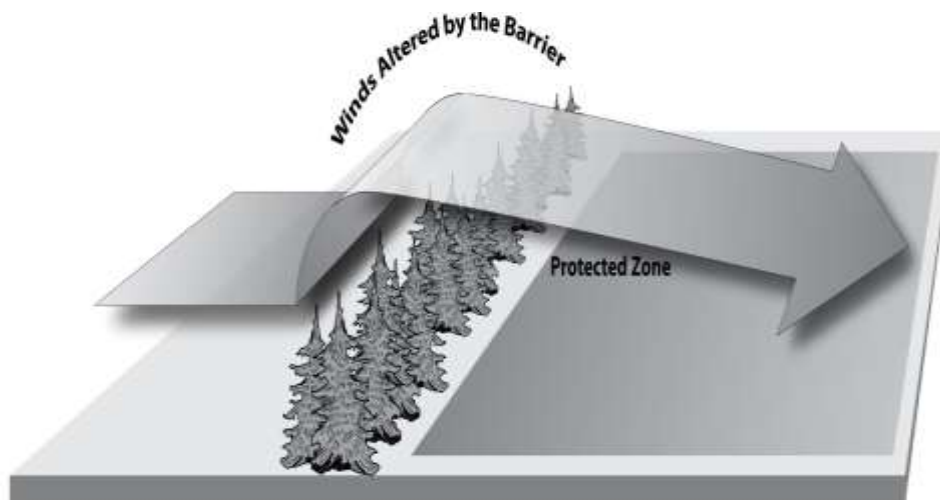
‡ T (Tolerable soil loss) =  $11.2 \text{ t ha}^{-1} \text{ yr}^{-1}$  ( $5.0 \text{ t acre}^{-1} \text{ yr}^{-1}$ ); K' (soil ridge roughness factor) = 1.0.

روش حفاظتی که بقایای گیاهان زراعی را در مزرعه نگه می دارد یک روش کاربردی برای کاهش پتانسیل فرسایش بادی هست. بقایای گیاهی ذرات روی سطح خاک را به وسیله جذب بخش بزرگی از نیروی مستقیم باد، به دام انداختن ذرات در حال

حرکت خاک و افزایش چسبندگی ذرات خاک از فرسایش حفظ می‌کند. بقایای ایستاده گیاهان زراعی در کنترل فرسایش دو برابر مؤثرتر از بقایای پخش شده می‌باشند (Presley and Tatarko, ۲۰۰۹).

## موانع

برعکس روش‌هایی که سطح خاک را در برابر نیروی باد مقاوم‌تر می‌کند، موانع اثر باد را بر سطح خاک تغییر می‌دهند. موانع به کاهش سرعت باد در سمتی از مانع که در مسیر باد است کمک می‌کند و خاک در حال حرکت را متوقف می‌کند. تحقیقات نشان می‌دهد که موانع سرعت باد را در یک فاصله حدود ۱۰ برابر ارتفاع مانع کاهش می‌دهند، در حقیقت کاهش دهنده طول مزرعه در امتداد جهت باد فرسایشی هست. باین‌وجود یک منطقه تحت حفاظت کامل هر مانعی با افزایش سرعت باد و انحراف جهت باد از حالت عمودی بر مانع کاهش می‌یابد. انواع مختلفی از موانع برای کنترل فرسایش بادی وجود دارد مانند کمربندها و بادشکن‌ها (Windbreaks and shelterbelts)، نوارهای تله در جهت باد (Crosswind trap strips)، موانع علفی (Herbaceous wind barriers)، موانع گراس چندساله (Perennial grass barriers)، گیاهان زراعی یک‌ساله (Annual crops) و موانع مصنوعی (Artificial barriers).



شکل ۶- یک بادشکن و فاصله حفاظت شده پشت آن (Presley and Tatarko, ۲۰۰۹)

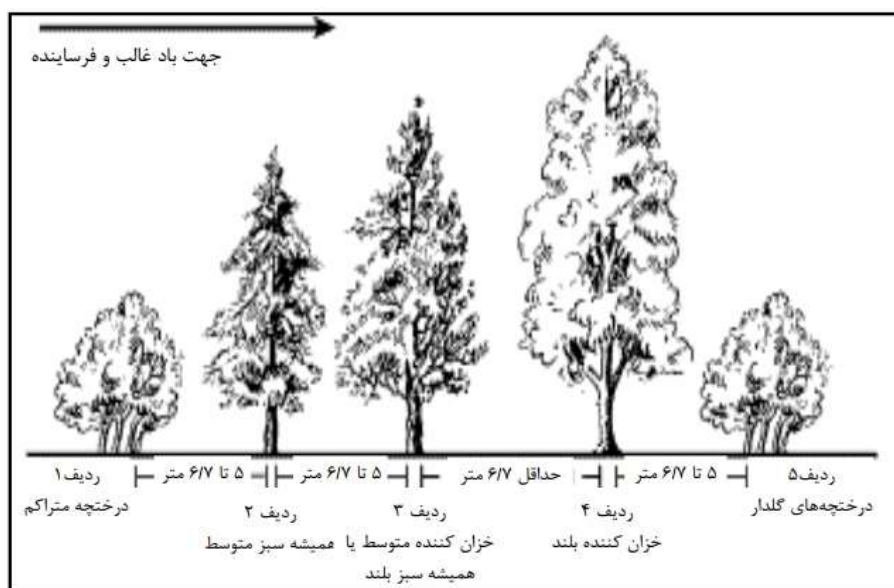
## کمربندهای محافظ یا بادشکن‌های زنده (Windbreaks and shelterbelts)

ردیف‌های تکی و چندگانه از درختان یا بوته‌های مستقر شده برای کنترل فرسایش بادی و مدیریت برف. این موانع گیاهان زراعی را حفاظت کرده، احشام را پناه می‌دهند و زیستگاهی برای دنیای وحش می‌باشند. یکی از مزایای بادشکن‌ها نسبت به دیگر روش‌های کنترل فرسایش بادی این است که آن‌ها نسبتاً دائمی هستند. در طول سال‌های خشکسالی، بادشکن‌ها ممکن

است تنها ابزار کنترل مؤثر و مقاوم در اراضی زراعی می‌باشند. امروزه تمایل به کاشت بادشکن‌های کم عرض‌تر وجود دارد. بادشکن‌های یک ردیفه در اغلب مناطق رایج‌تر هستند زیرا مساحت کمتری را اشغال می‌کنند.

نوع بادشکن نیز مهم است زیرا میزان حفاظت بستگی به شکل، عرض، ارتفاع و نفوذپذیری مانع دارد. فصول نیز بر نفوذپذیری بسیاری از گونه‌ها تأثیر گذاشته و در نتیجه سودمندی بادشکن را تحت تأثیر خود قرار می‌دهند. در طول سال‌های استقرار بادشکن، حفاظت محدود است و در صورت عدم اقدامات کنترل فرسایش، خسارت شدیدی می‌تواند به زمین و محصولات وارد شود (Presley and Tatarko, ۲۰۰۹).

کمربندها یا پرچین‌های درختی موجب حفاظت خاک تا ۲۰ برابر ارتفاع خود می‌شوند. مؤثرترین پرچین‌ها باید تا ۵۰ درصد باد را از خود عبور دهد، از بالا تا پائین به‌طور یکنواختی قابل نفوذ باشند و زاویه قائمه با بادهای خسارت‌زا داشته باشند. می‌توان اجازه داد که ارتفاع بادشکن‌ها و پرچین‌ها در مناطق آسیب‌پذیر بلندتر شود اما نباید اجازه داد که در کف آن فضاهای باز ایجاد شود (Defra, ۲۰۰۵).



شکل ۷- نحوه و فاصله قرارگیری درختان در طراحی بادشکن (<http://iana.ir>)

جدول ۲- گونه‌های توصیه‌شده جهت احداث بادشکن‌های زنده از طرف مؤسسه تحقیقات بین‌المللی محصولات نواحی نیمه‌خشک

نام فارسی	نام علمی
آتریپلکس کانسنس	<i>Atriplex canescens</i>
آکاسیا سیانوفیلا	<i>Acacia cyanophylla</i>
آکاسیا سالیسینا	<i>Acacia salicina</i>
اکالیپتوس کامالدولنسینس	<i>Eucalyptus camaldulensis</i>
زیتون	<i>Olive sp.</i>
کهور	<i>Prosopis sp.</i>
گز شاهی	<i>Tamarix aphylla</i>
کاج الدار	<i>Pinus eldarica</i>
-	<i>Casuarina</i>
انواع سرو	<i>Cupressus spp.</i>
ارغوان	<i>Celtis sliquastrum</i>
سنجد	<i>Elaeagnus angustifolia</i>
زبان گنجشک	<i>Fraxinus rotundifolia</i>
رمن (تاغ ترات)	<i>Hammada salicornica</i>
انواع تاغ‌ها	<i>Haloxilon persicum</i>
اقاقیا	<i>Robinia pseudoalau</i>
چریش	<i>Melia indica</i>

#### نوارهای تله در جهت باد (Crosswind trap strips)

این نوارها شامل پوشش‌های علفی مقاوم به فرسایش باد که در یک یا چند نوار عمود بر جهت باد غالب مستقر شده‌اند می‌باشند. از آنجاکه ذرات جهنده می‌توانند تا ۱۵ فوت عرض حمل شوند نوارهای تله باید حداقل ۱۵ فوت عرض داشته باشند و برای نوارهای پوششی کوتاه‌تر ۲۵ فوت عرض نیاز است. هدف از نوارهای تله به دام انداختن ذرات جهنده و حفاظت آن‌ها از فرسایش بادی است. این نوارها به نگهداری مکرر و پرهزینه نیاز دارند (Presley and Tatarko, ۲۰۰۹).

#### موانع علفی (Herbaceous wind barriers)

موانع گیاهی بلند غیرچوبی هستند که در نوارهای باریک یک یا دو ردیفه ایجاد می‌شوند. این موانع عمدتاً بر روی خاک‌هایی که مالچ‌های کلش و زراعت نواری به‌طور کامل فرسایش را کنترل نمی‌کنند استفاده می‌شوند (Presley and Tatarko, ۲۰۰۹).

### موانع گراسی چندساله (Perennial grass barriers)

این موانع در کنترل فرسایش بادی خاک، به دام انداختن برف و کاهش تبخیر در مناطق خشک به خوبی عمل می کنند. دیگر مزیت های این نوع از موانع استقرار راحت و هزینه کم هست (Presley and Tatarko, ۲۰۰۹).

### گیاهان زراعی یک ساله (Annual crops)

این موانع می توانند به عنوان علفی (herbaceous wind barriers) استفاده شوند، به طوری که یک گیاه زراعی حفاظت را برای گیاه زراعی دیگر فراهم می کند. سودان گراس، بذرك، سورگوم دانه ای و علوفه ای، سورگوم جارویی و جارو موانع زراعی هستند که اگر فواصل آن ها به اندازه کافی نزدیک باشد، حفاظت کافی در برابر فرسایش بادی را فراهم می کنند (Presley and Tatarko, ۲۰۰۹).

### موانع مصنوعی (Artificial barriers)

این موانع مانند نرده های برف، دیوارهای تخت، فنس های بامبو و بید، بانک های خاکی، ردیف های کلس و نی دستی ایجاد شده و دیوارهای سنگی برای کنترل فرسایش بادی استفاده شده اند اما به میزان محدود. هزینه زیادی معمولاً برای مواد و نیروی کارگری مورد نیاز برای ایجاد این موانع وجود دارد و استفاده از آن ها محدود به گیاهان زراعی گران قیمت می شود. این موانع می توانند در مناطق شنی برای کمک به فاز اولیه تثبیت استفاده شوند در حالی که گراس ها و درختان در حال استقرار می باشند (Presley and Tatarko, ۲۰۰۹).

### کاهش عرض مزارع

فرسایش بادی با افزایش طول سطح فرسایش افزایش می یابد. رابطه فاصله برای حداکثر جریان فرسایش و نوع خاک در جدول ۳ نشان داده شده است. کاهش عرض مزارع به وسیله نوارهای گیاهی (crop strip) و کمربندها و موانع گیاهی (Shelterbelts and Crop Barriers) می تواند انجام گیرد. به طور کلی نوارهای با کمتر از ۳ ردیف عرض (معمولاً حدود ۱ متر) را کمربند گیاهی گویند که شامل کمربندهای درختی می شوند و نوارهای گیاهی عریض تر از ۳ ردیف می باشند (Fryrear and Skidmore, ۱۹۸۵).

جدول ۳- میانگین فاصله برای جریان خاک به منظور رسیدن به حداکثر فرسایش و عرض نوارهای مزرعهای مورد نیاز برای کنترل فرسایش از یک باد با سرعت ۱۷ متر بر ثانیه در ۱۵ متر بالای سطح زمین که به صورت عمودی به نوارها در حال وزیدن است (Fryrear and Skidmore, ۱۹۸۵)

Soil	Distance†	Field strip‡
	m	
Sand	30	6
Loamy sand	51	8
Silty clay loam	219	25
Granulated clay	280	30
Clay loam	419	45
Sandy loam	719	76
Silty clay	811	86
Loam	1006	105
Silt loam	1289	131

### زبری سطح خاک و کلوخ‌ها

پوشش گیاهی گاهش اوقات به علت خشکسالی، عملیات زراعی یا نوع گیاه زراعی از بین می‌رود. زمانی که پوشش گیاهی ناکافی است پشته‌ها و کلوخه‌های بزرگ خاک تنها ابزار کنترل فرسایش در مناطق بزرگ هستند. زبری سطح اراضی به وسیله پشته‌ها و کلوخه‌ها می‌تواند سرعت باد کاهش دهد و خاک در حال حرکت را متوقف کند. درحالی که یک خاک کلوخه‌ای نسبت به یک سطح خاک صاف و مسطح، بخش بزرگی از انرژی باد را جذب می‌کند اما خاکی که هم کلوخه‌ای هست و هم دارای پشته است انرژی بسیار بیشتری را جذب می‌کند (Presley and Tatarko, ۲۰۰۹).

زبری سطح خاک و کلوخه‌ها به طور گسترده‌ای برای کاهش فرسایش بادی به کار می‌روند. اگرچه کلوخ‌ها موقت هستند اما در خاک‌های چسبنده می‌توانند دوباره تشکیل شوند. این روش زمانی که در ترکیب با بقایا و دیگر روش‌ها استفاده می‌شود مؤثرتر است اما برای بهینه‌سازی مزایای آن نیاز به مدیریت دقیق دارد. روابط بین بافت خاک، روش شخم، میزان تشکیل کلوخه نیاز به بررسی دارد. روش بدون خاک‌ورزی نمی‌تواند فرسایش بادی یک خاک عمیقاً شنی را که فاقد سیلت و رس هست را به طور مؤثری کاهش دهد.

علاوه بر رهاسازی کلوخه‌ها بر روی سطح خاک، زبری سطح خاک به وسیله ایجاد پشته‌ها (Soil ridges) و شیارها (furrows) نیز در کنترل فرسایش بادی مؤثر است. پشته‌های خاک به تنهایی می‌توانند فرسایش را ۵۰ تا ۹۰ درصد کاهش دهند. برای اینکه پشته‌ها به طور مؤثری عمل کنند باید دارای کلوخه‌های مقاوم به فرسایش بر سطح خود باشند (Fryrear and Skidmore, ۱۹۸۵).



پوسته‌های خاک (Soil crusts) نیز می‌توانند مقاومت سطح خاک را به نیروی باد افزایش دهند اما این اثر موقت است و نباید برای کنترل فرسایش به آن اتکا کرد. پشته‌های باد مخالف (Crosswind ridges) به وسیله خاک‌ورزی یا کاشت در جهت باد غالب فرساینده ایجاد می‌شوند. اگر بادهای فرساینده جهت فصلی یا سالانه غالبی ندارند این روش ارزش حفاظتی محدودی دارد (Presley and Tatarko, ۲۰۰۹).

### نتیجه‌گیری

فرسایش بادی یکی از مشکلات جدی در بسیاری از نقاط جهان هست و در حال گسترش و تشدید در مناطق خشک و سال-های خشکی هست. در مناطقی که خاک سست، خشک، دارای ذرات بسیار ریز و بدون پوشش یا نیمه‌لخت هست و سرعت باد از آستانه تحمل خاک فراتر است، فرسایش بادی می‌تواند مشکلات زیادی را ایجاد کند. اگرچه فرسایش بادی می‌تواند در مناطق مرطوب و نیمه مرطوب نیز اتفاق افتد، اما در مناطق نیمه‌خشک تا خشک شایع‌تر است و در دشت‌های گسترده بسیار شدید است.

یک درک صحیح از فرآیندهایی که موجب فرسایش بادی می‌شوند در توسعه راهکارهای کنترلی مؤثر هست. اگرچه عملیات حفاظتی می‌تواند در کنترل فرسایش موفق باشند، اما خشکسالی‌ها می‌توانند باعث کاهش بقایا شوند و بادهای فرساینده همیشه در یک‌جهت غالب نمی‌وزند؛ بنابراین مدیران باید آگاه و دقیق باشند و هنگام برنامه‌ریزی برای یک سامانه کنترل فرسایش بادی، ممکن است به ترکیبی از روش‌های کنترل نیاز باشد.

### منابع

- سپهری فر ص. ۱۳۹۴. ریز گرد‌ها و ابعاد گسترده پیامدهای ناشی از این پدیده. سینا. شماره ۲۸.
- شفیعی‌زاده م و مرادی ح. ۱۳۹۰. بررسی پدیده گردوغبار در استان خوزستان و عوامل مؤثر بر آن. اولین کنفرانس ملی خشکسالی و تغییر اقلیم. ۵۴۱-۵۳۴.
- غنی‌زاده م.ب.، زمانی ب؛ و اسماعیل‌نژاد ا. ۱۳۹۰. ارزیابی کارایی مالچ نفتی در کنترل فرسایش بادی و تثبیت شن‌های روان. اولین همایش ملی مباحث نوین در کشاورزی.

- Allison, F.E. (۱۹۷۳). Maintenance of soil organic matter. In soil organic matter and its role in crop production, pp. ۴۱۷-۵۱۸. Elsevier scientific publishing company, amsterdam, Netherlands.
- Azizi G., Shamsipur A.A., Miri M. and Safarrad T. ۲۰۱۲. Statistical and synoptically analysis of dust in the western half of Iran. Environmental Studies. ۳۸(۶۳): ۱۲۳-۱۳۴.
- Darvishi-Bolloorani A., Nabavi S., Azizi R. and Bahrami H. ۲۰۱۳. Characterization of dust storm sources in western Iran using a synthetic approach. Advances in Meteorology, Climatology and Atmospheric Physics Springer, Part of the series Springer Atmospheric Sciences. Pp: ۴۱۵-۴۲۰.
- Defra. ۲۰۰۵. Controlling soil erosion. Department for Environment, Food and Rural Affairs. London. [www.defra.gov.uk](http://www.defra.gov.uk).
- Ekhtesasi M. and Gohari Z. ۲۰۱۳. Determining area affected by dust storms in different wind speeds, using satellite images (case study: Sistan plain, Iran). Desert. ۱۷: ۱۹۳-۲۰۲.
- Fryrear D. W. ۱۹۹۵. Soil losses by wind erosion. Soil Science. ۵۹:۶۶۸-۶۷۲.
- Fryrear D.W. and Skidmore E.L. ۱۹۸۵. Methods for Controlling Wind Erosion. Published in R. F. Follett and B. A. Stewart. Soil Erosion and Crop Productivity. ASA-CSSA-SSSA, ۶۷۷ South Segoe Road, Madison, WI ۵۳۷۱ ۱, USA.
- Goudie A.S. ۲۰۰۹. Dust storms: recent developments. Journal of Environmental Management. ۹۰:۸۹-۹۴.
- He Z., Sh. L. and Harazono Y. ۲۰۰۷. Wind-Sandy Environment and the effects of Vegetation on Wind Breaking and Dune Fixation in Horqin Sandy Land, China.
- Kyle kenton J. ۲۰۰۴. the effects of landscaping mulch on invertebrate populations and soil characteristics, a dissertation presented in partial fulfillment of the requirements for The degree of doctor of philosophy in the graduate school of the ohio state university.
- Lays J. ۲۰۰۳. Wind erosion. Second edition. Centre for Natural Resources, NSW Department of Infrastructure, Planning and Natural Resources, Parramatta.

- Lotfi H., Zareiin Z. and Mohseninia I. ۲۰۱۶. Planning and management to prevent the entry of dust on climate. WEI International Academic Conference Proceedings. Boston, USA.
- Miller S.D., Kuciauskas A.P, Liu M., Ji Q., Reid J.S., Breed W.D., Walker A.L. and Mandoos A.A. ۲۰۰۸. Haboob dust storms of the southern Arabian Peninsula. Journal of Geophysical Research. ۱۱۳(۱۱۶):۱-۱۸.
- Presley D. and Tatarko J. ۲۰۰۹. Principles of Wind Erosion and its Control. Kansas State University Agricultural Experiment Station and Cooperative Extension Service. MF-۲۸۶۰. Skidmore E.L., Kumar M. and Larson W.E. ۱۹۷۹. Crop residue management for wind erosion control in the Great Plains. Journal of Soil Water Conservation. ۳۴(۲):۹۰-۹۴.
- Virginia Cooperative Extension. ۲۰۱۵. Reducing Erosion and Runoff. Produced by Communications and Marketing, College of Agriculture and Life Sciences, Virginia Polytechnic Institute and State University.
- Wang H., Jia X., Li K. and Li Y. ۲۰۱۵. Horizontal wind erosion flux and potential dust emission in arid and semiarid regions of China: A major source area for East Asia dust storms. Catena. ۱۳۳: ۳۷۳-۳۸۴.
- Yanli X. ۲۰۰۳. Gravel- sand mulch for soil and water conservation in the semiarid loess region of northwest China. Catena. ۵۲(۲): ۱۰۵-۱۰۷.
- Yanli X. and Liu L.Y. ۲۰۰۳. Effect of gravel mulch on aeolian dust accumulation in the semiarid region of northwest China. Soil & Tillage Research. ۷۰(۱): ۷۳-۸۱.

## **Assessment of wind erosion control methods and its role in reducing dust emissions in arid and semi-arid areas**

### **Abstract**

In many countries, wind erosion causes soil degradation and, in some cases, transforms mineral lands into desert soils. Wind erosion and the problems that it causes are causing great damage in the social, environmental and health sectors of society. One of its consequences that has been increasing in recent years is dust that affects a large part of Iran. The phenomenon of climate change (such as severe and continuous drought), along with human activities and their habitat patterns increase soil degradation, wind erosion, desertification, degradation of nutrients required by plants, and consequently intensification of dust storms. Therefore, it is essential to reduce the dust phenomenon by removing soil erosion. Awareness of a process that causes wind erosion and exacerbate it will have an effective role in developing control strategies. Although various protective measures can have a great effect on erosion control, droughts can reduce residues and erotic winds are not always in the dominant direction. Therefore, managers should be very conscious and accurate, and when planning for a system for controlling wind damage, a combination of control methods may be required.

**Keywords:** wind erosion, mulch, drought, human health, and environment.