



مالچ پاشی در خوزستان، آری یا نه؟

حمیدرضا عباسی^۱ و محمد درویش^۱

پیشگفتار

چندی است که موضوع مالچ پاشی نفتی در خوزستان و کشور، مورد بحث متخصصان محیط زیست قرار گرفته است، گروهی بر این باورند که آثار و پیامدهای منفی آن بیشتر از نتایج مثبت است و به دلایلی انجام این کار را لازم نمی دانند. در مقابل برخی از صاحب نظران حوزه بیابان معتقدند مالچ پاشی به همراه تثبیت بیولوژیک یکی از روش های موفقیت آمیز تثبیت ماسه های روان است. نظرات کدام گروه به واقعیت نزدیک تر است؟ رویه معقول علمی در این مبحث چیست؟ نوشتار پیش رو تلاش کرده تا موضوع چالش انگیز مالچ پاشی را بر اساس آخرین یافته های پژوهشی به بحث گذارد. پیش از ورود به موضوع به طور خلاصه مفاهیم پایه و تاریخچه گذرایی از مالچ پاشی در کشور ارائه می شود. لازم به ذکر است موضوع این نوشتار، به دلیل گستردگی مصرف، تنها بر مالچ نفتی (نه خاک پوش های دیگر) متمرکز است.

در حال حاضر در خصوص مالچ پاشی رسوبات بادی دو دیدگاه متفاوت وجود دارد. بسیاری از متخصصان محیط زیست معتقدند که استفاده از خاک پوش های نفتی، روشی گران و غیر ضروری است، به طوری که در کوتاه مدت و در اغلب مناطق بیابانی، آثار منفی آن بر تاب آوری بوم سازگانها به مراتب بیشتر از منافع احتمالی اش است. پخش مواد

نفتی سبب خسارت به موجودات زنده گیاهی و جانوری منطقه، افزایش دمای سطحی خاک، کاهش نفوذ پذیری آب در خاک و در نتیجه افزایش هدررفت آب در اثر تبخیر سطحی خواهد شد. روش شایسته تر در مناطق دارای پتانسیل تولید، مدیریت چرا و ایجاد محدودیت برای ورود دام است. این گروه معتقدند تنها در موارد نادری که سرعت باد زیاد و بیم آسیب به سکونتگاه انسانی، یا

تأسیسات زیربنایی وجود دارد و در صورت عدم وجود پوشش گیاهی، می توان به استفاده از مالچ نفتی در مقیاس کوچک تن داد. در مقابل، گروهی دیگر از متخصصان بیابان معتقدند تثبیت ماسه های روان با استفاده از تکنیک مالچ پاشی و کشت بیولوژیک، یکی از کارآمدترین روش ها در سطح بین المللی شناخته شده است تا آنجایی که اطلس بین المللی بیابانزایی (Anonymous, 1992) نیز آن را به عنوان یک روش ایرانی معرفی کرده است. آنها معتقدند که هدف اصلی مالچ پاشی تثبیت موقت ماسه های روان در چند سال اول عملیات تثبیت برای استقرار پوشش گیاهی پایا است که باعث احیای بوم سازگان می شود و استفاده از این روش را باعث نجات بسیاری از روستاهای کشور از خطر مدفون شدن در زیر ماسه می دانند. آنها به نتایج کاربردی این روش در شهرهای حاشیه ریگزارهای فعال کشور مانند کرمان، سبزوار، ریگان، شاه رخت و غیره اشاره می کنند و

بهره برداری کشاورزی از ماسه زارها را در پناه تثبیت ریگزارها یک نمونه موفق می دانند. این گروه معتقدند ارزش واقعی استفاده از مالچ پاشی را روستانشینانی می دانند که اراضی کشاورزی آنها مورد تعرض ماسه های روان بوده و هم اکنون در پناه آن در حال بهره برداری هستند. افزون بر این، آنها از افزایش پایداری خاک، حفظ رطوبت، کاهش فرسایش و گرد و غبار، کاهش تبخیر و تعرق، افزایش کیفیت بهداشتی، کاهش بیماری های تنفسی و چشمی و محافظت از ریشه گیاهان در مقابل بادبردگی به عنوان دیگر پیامدهای مثبت این روش یاد می کنند.

از سوی دیگر، بیش از یک دهه از تهیه دستورالعمل «ضوابط، استانداردها و معیارهای فنی استفاده از مالچ نفتی» توسط سازمان جنگل ها، مراتع و آبخیزداری کشور می گذرد (بی نام، ۱۳۸۶). این دستورالعمل بیشتر بر

گروهی از متخصصان بیابان معتقدند تثبیت ماسه های روان با استفاده از تکنیک مالچ پاشی و کشت بیولوژیک، یکی از کارآمدترین روش ها در سطح بین المللی شناخته شده است تا آنجایی که اطلس بین المللی بیابانزایی نیز آن را به عنوان یک روش ایرانی معرفی کرده است.

^۱ - مربی پژوهشی، بخش تحقیقات بیابان، مؤسسه تحقیقات جنگلها و مراتع کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران
پست الکترونیک: hamidabbasi9999@gmail.com



بخش فنی استفاده از مالچ و نحوه آماده‌سازی آن تأکید دارد و ضوابط انتخاب عرصه مالچ‌پاشی در آن نامشخص است. با توجه به یافته‌های جدید پژوهشی، این دستورالعمل نیاز به یک بازنگری اساسی با تمرکز ویژه بر فعالیت رسوبات بادی و فاکتورهای محیطی در سطح منطقه‌ای و محلی برای مکان‌یابی مناطق حساس در ریگزارهای کشور دارد. در حال حاضر، انتخاب کانون‌های بحرانی فرسایش بادی کشور تنها براساس آسیب‌رسانی پدیده فرسایش بادی به کانون‌های جمعیتی و ساختارهای زیربنایی تعریف شده‌اند، درحالی‌که با توجه به تغییرات اقلیمی و فعالیت‌های انسانی، پدیده ریزگردها در کشور شدت گرفته است و تثبیت ماسه‌های روان تولیدکننده ریزگرد، اهمیت یافته است.

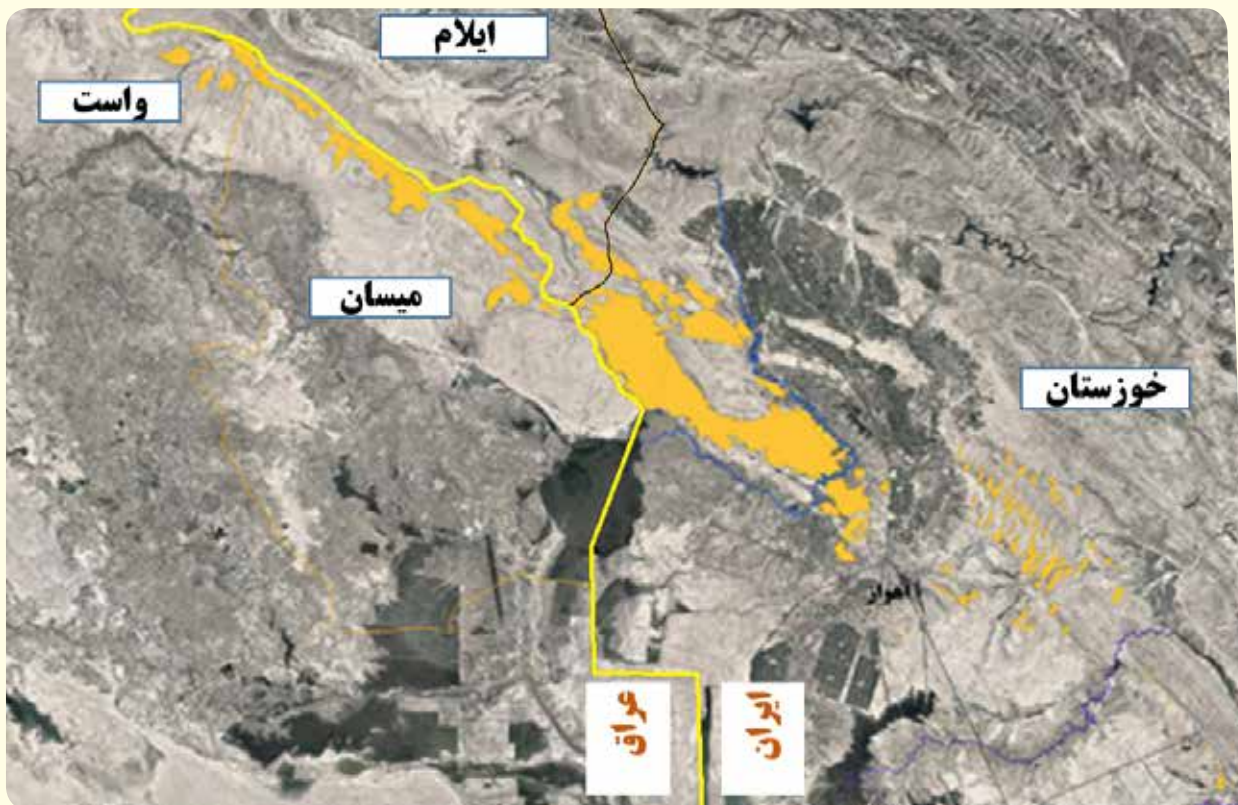
تعاریف و تاریخچه مالچ‌پاشی

واژه خاک‌پوش یا مالچ (Mulch) به مواد، یا اجسامی گفته می‌شود که سطح رویی خاک را می‌پوشانند تا آن را از عوامل فرسایشی آب و باد حفظ کنند، یا موجب بهبود کیفیت خاک شوند. از نظر جنس مواد تشکیل‌دهنده، مالچ‌ها به دو دسته آلی و معدنی و هر کدام به دو دسته فیزیکی و شیمیایی تقسیم می‌شوند. مالچ‌های آلی فیزیکی مانند چپیس چوب، کاه، کلش، بقایای مواد آلی و گیاهی که ضمن پوشش سطح خاک و پس از پوسیدگی به صورت کمپوست، موجب بهبود کیفیت خاک می‌شوند. مقیاس مورد استفاده این نوع مالچ‌ها در حد باغ و باغچه است و استفاده از آن در سطح گسترده امکان‌پذیر نیست. مالچ‌های آلی شیمیایی به دو دسته مالچ‌های نفتی و غیرنفتی مانند انواع قیرها، پلی‌اتیلین، پلیمرها و غیره تقسیم می‌شوند. اگرچه کشور ایران در سال‌های اخیر و هم‌زمان با توسعه صنایع پتروشیمی، شاهد رشد چشمگیر این دسته از مالچ‌ها بوده، ولی راه درازی برای استانداردسازی در پیش است. نتایج پژوهش‌ها در کشور نشان داده است بیشتر مالچ‌های

جدید با ترکیبات مختلف آلی نتوانسته‌اند نتایج رضایت‌بخشی در شرایط سخت بیابانی داشته باشند، به طوری‌که بیشتر آنها در ماه‌های ابتدایی آزمایش در مقابل تابش آفتاب و وزش باد از بین می‌روند. دسته دوم یعنی مالچ‌های معدنی فیزیکی مانند سنگ‌ریزه، سنگ‌فرش، سیمان، رس و مالچ‌های معدنی شیمیایی مانند گچ، آهک و نمک‌های مختلف از دیرباز به منظور بهبود کیفیت خاک‌ها مورد توجه بوده‌اند. در برخی موارد از ترکیب مالچ‌های مختلف مانند استفاده از کاه و رس (کاهگل) برای تثبیت ماسه‌های روان در سیستان به منظور بهبود کیفیت آنها استفاده شده است. مالچ نفتی که آخرین ماده حاصل از تصفیه نفت خام در برج تقطیر پالایشگاه‌های نفت است یک ماده هیدروکربنی با بوی نفت سوخته، تیره رنگ و متشکل از ترکیبات مختلف آروماتیک است. این ماده با آب، مخلوط و پس از گرم کردن با ابزاری به نام جت

مناطق خشک معتقدند اگر اکوسیستم تپه‌های ماسه بادی حداقل بیش از ۸۰-۵۰ بارندگی دریافت کنند و میزان انرژی باد کمتر از کلاس شدید باشد، این اکوسیستم‌ها در صورت حفاظت و قرق، به صورت طبیعی و با استقرار پوشش گیاهی پایا، تثبیت می‌شوند و نیازی به عملیات دیگری ندارند.

اسکی و توسط بولدوزر وینچ‌دار بر تپه‌های ماسه بادی کشیده و از طریق نازلی به نام لنسر یا گان پاشیده می‌شود (شکل ۱)، این ماده به صورت لایه نازکی موجبات چسبندگی ذرات ماسه و مقاومت در مقابل باد را فراهم می‌کند (بی‌نام، ۱۳۸۶). اگرچه اولین تجارب تثبیت خاک و ماسه با استفاده از ترکیبات قیر در راه‌آهن روسیه در سال ۱۸۹۰ کلید خورد (بی‌نام، ۱۳۸۶) ولی به منظور حفظ رطوبت در بخش کشاورزی دارای سابقه دیرینی است (بی‌نام، ۱۳۴۶). استفاده از مالچ نفتی همراه با کشت بیولوژیک با هدف تثبیت ماسه‌های روان بیش از نیم قرن است که در کشور سابقه دارد. اولین عملیات مالچ‌پاشی در شهریور ۱۳۴۴ در استان خراسان (یحیی‌آباد سبزوار) توسط اداره مرتع (بی‌نام، ۱۳۵۳) و البراویه خوزستان توسط اداره جنگلبانی وقت شروع شد و سپس به دنبال نتایج موفقیت‌آمیز، بلافاصله در سال بعد در استان‌های کرمان و سیستان و بلوچستان نیز گسترش یافت (بی‌نام، ۱۳۴۶). کارایی این روش به قدری بالا بود (هست) که هیچ روش دیگری نتوانست جایگزین آن شود و دیری نگذشت که به تمام کانون‌های بحرانی بیابانی گسترش یافت. از دلایل دیگر استفاده روزافزون آن، عدم وجود مصرف‌کننده برای مالچ نفتی در آن زمان بود و این ماده به وفور و بدون هزینه در اختیار سازمان جنگل‌ها، مراتع و آبخیزداری کشور قرار می‌گرفت. به دنبال آن ایستگاه‌های تثبیت شن در سطح کشور گسترش چشمگیری یافتند و نقطه عطفی در تثبیت ماسه‌های روان کشور



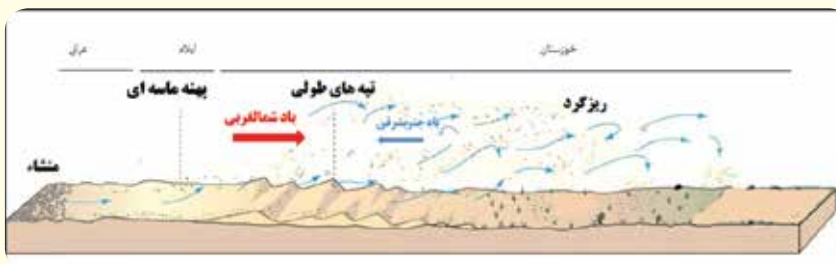
شکل ۲- پراکنش ریگزارهای خوزستان در استان‌های خوزستان و ایلام ایران و میسان و واست عراق

شمال غربی- جنوب شرقی از استان واست عراق شروع و در استان‌های ویسان عراق، ایلام و خوزستان گسترش یافته است. به دلیل تغییر مرز استان‌های ایلام و خوزستان در طول زمان، ارقام متفاوتی از سطح استانی این رسوبات در گذشته گزارش شده است. بسته به موقعیت محلی، این ریگزار دارای نام‌های دیگری مانند ریگ کرخه (غربی و شرقی) و ریگ العماره نیز است (شکل ۲). منشأ این رسوبات هورهای استان واست عراق، آبرفت خشکه‌رودهای کبیرکوه ایلام (واقع در داخل عراق) و دشت‌های رسوبی و سیلابی خوزستان و ایلام است که بادهای شمال غربی- غربی و جنوب- جنوب شرقی موجب تشکیل و فرم‌دهی این ریگزار شده است. مساحت کل ریگزار در چهار استان واست، ویسان، ایلام و خوزستان برابر ۳۳۶۱۲۵ هکتار است که ۶۸ درصد آن در استان خوزستان (۲۲۷۳۷۷ هکتار)، ۱۰ درصد در ایلام (۳۴۱۲۰ هکتار) و ۲۲ درصد (۷۴۶۲۳ هکتار) در عراق گسترش یافته

به ثبت رسید. پس از آن بود که کشورهای حاشیه خلیج فارس و دیگر کشورهای نفت‌خیز نیز از این تکنیک ایرانی برای تثبیت ماسه روان خود بهره جستند.

کاهش آمار تعداد بیماری‌های چشمی (عفونت‌های ناشی از گرد و غبار در هوا) شهرها و روستاهای حاشیه ریگزارهای کشور مانند کرمان، سبزوار، شوش، ریگان، زیرکوه قاین و سرخس در دهه‌های ۵۰ و ۶۰، ملاک خوبی برای ارزیابی موفقیت این روش است. ورود ماسه روان به جاده‌های اصلی استان خوزستان پس از توفان و آسیب دیدن صدها نفر در تصادفات ناشی از آن، یکی از مشکلات اساسی در دهه‌های گذشته بود که مالچ‌پاشی و جنگل‌کاری آنها را ایمن کرد.

در ادامه و برای درک بهتر از ضرورت استفاده یا عدم استفاده از مالچ نفتی در استان خوزستان، ضروری است ویژگی‌های ریگزارهای خوزستان، بادهای فرساینده و از همه مهم‌تر فعالیت تپه‌های ماسه‌ای که ارتباط مستقیمی با مالچ‌پاشی دارد، به طور خلاصه بررسی و مطرح شود، براین اساس می‌توان استفاده یا عدم استفاده از مالچ نفتی را ارزیابی کرد.



شکل ۳- شماتیک برش طولی ریگزارهای خوزستان

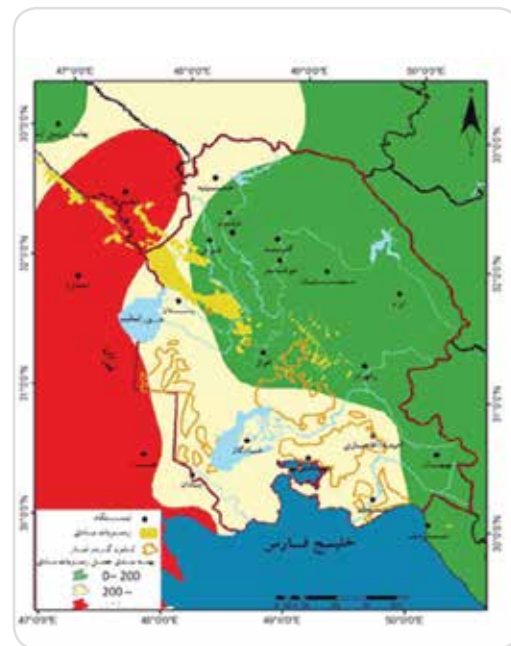
ریگزارهای خوزستان

پراکنش رسوبات ماسه بادی یا ریگزارهای استان خوزستان در امتداد

است (Abbasi, 2012).

از منظر ریخت‌شناسی ریگزارهای خوزستان دارای سه نوع تپه ماسه بادی هستند: تپه‌های ماسه‌ای، تپه‌های طولی و تپه‌های گیرافتاده در توپوگرافی. بیشترین سطح ریگزار خوزستان شامل تپه‌های ماسه‌ای است که بیشتر در عراق، ایلام و حدفاصل بین مرز ایلام و خوزستان شکل گرفته‌اند، این تپه‌ها نقش بیشتری در تولید ریزگرد بازی می‌کنند. به عبارت دیگر، ذرات بادرفت جدا شده از منشأ، به صورت خزشی و پرشی به وسیله باد حرکت کرده و تپه ماسه‌ای را به وجود می‌آورند، سپس با تجمع بیشتر، رفته‌رفته تپه‌های طولی واقع در میش‌داغ و غرب کرخه شکل می‌گیرند (شکل ۳).

Lee و همکاران (۲۰۱۲) در بررسی کانون‌های ریزگرد در غرب کالیفرنیا و شرق نیومکزیکو نشان دادند که تپه‌های ماسه‌ای بیشترین میزان تولید ریزگرد را در میان سطوح اراضی داشته‌اند. در واقع این اراضی چون بلافاصله پس از منشأ شکل می‌گیرند و همواره از نظر اندازه ذرات حاوی رس و سیلت بیشتری نسبت به دیگر اشکال رسوبات بادی هستند، یکی از منابع تولید ریزگرد به شمار می‌آیند، هر چند این ویژگی می‌تواند در مناطق مختلف متغیر باشد. بیشتر تپه‌های ماسه بادی در شرق کرخه به واسطه گیرافتادن در پای ناهمواری‌های شمال شرقی استان در حدفاصل بین هندیجان- امیدیه- اهواز شکل گرفته‌اند. دو نوع تپه ماسه بادی طولی و گیرافتاده در توپوگرافی به دلیل کم بودن میزان سیلت و رس (Abbasi, 2012) نقش بسیار کمی در تولید ریزگرد دارند.



شکل ۴- پهنه‌بندی انرژی باد در استان خوزستان، ایلام و لبه غربی مرز عراق در ارتباط با ریگزارها و کانون‌های ریزگرد

بادهای فرساینده خوزستان

بررسی رژیم بادی در استان خوزستان حاکی از فراوانی زیاد بادهای شمال غربی، غربی، جنوبی و جنوب شرقی است که بسته به موقعیت مکانی میزان آن متغیر است. نتایج تحلیل فراوانی‌ها بیانگر حاکمیت باد شمال غربی - غربی به عنوان باد غالب و بادهای جنوب تا جنوب شرقی به عنوان باد نایب در بیشتر سطح استان است. فراوانی باد شمال غربی بین ۱۸ تا ۴۵ درصد در حدفاصل بین کوت عراق (ابتدای ریگ) تا اهواز متغیر است و باد غربی نیز از ۲۰ تا ۲۳ درصد در این دو موقعیت تغییر می‌کند. این در حالی است که فراوانی باد جنوب- جنوب شرقی به عنوان دومین باد فرساینده خوزستان بین ۱۰ تا ۱۵ درصد در ایستگاه‌های اهواز، بستان، هندیجان، ماهشهر و امیدیه متغیر است که بیشتر در دو فصل پاییز و زمستان حاکمیت بیشتری به ویژه در جنوب استان دارد. وزش این باد در فصل شرجی به دلیل دارا بودن رطوبت بالا سبب تولید ریزگرد نمی‌شود ولی در صورت وزش در فصول سرد سال که همراه با خشک‌سالی باشد، فرساینده و تأثیرگذار است. در مجموع برآیند حمل ماسه حاصل از بادهای با جهت‌های مختلف در ریگ خوزستان به سوی شمال شرقی است. این بدان معنی است که وزش بادهایی که توان حمل ماسه را دارند رسوبات بادی را در نهایت به سوی شمال شرقی می‌رانند.

میزان انرژی باد در حمل ماسه نقش اساسی دارد. برای تعیین میزان انرژی بادهای فرساینده از شاخصی به نام پتانسیل حمل ماسه (DP) (Sand Drift Potential) استفاده می‌شود. این شاخص با استفاده از روش فرایبرگر-دین (Fryberger & Dean, 1979) و با استفاده از سرعت بادهای بالاتر از آستانه حرکت ماسه (برحسب نات) محاسبه می‌شود. با کمک این شاخص، مناطق به سه کلاس با انرژی زیاد ($DP > 400$)، انرژی متوسط ($DP = 200-400$) و انرژی کم ($DP < 200$) برحسب واحد وکتوری (v.u) تقسیم‌بندی می‌شوند. نتایج به دست آمده از محاسبه پتانسیل حمل ماسه در خوزستان، ایلام و عراق نشان داد که میزان انرژی بادهای فرساینده در ایستگاه‌های هواشناسی بصره و العماره عراق و ایستگاه آبخوان موسیان در استان ایلام در لبه مرز غربی خوزستان دارای کلاس انرژی زیاد (محدوده قرمز رنگ نقشه در شکل ۴)، ایستگاه‌های شوشتر، بستان، امیدیه، ماهشهر، هندیجان، شادگان و آبادان دارای کلاس انرژی متوسط (محدوده کرم رنگ) و ایستگاه‌های اهواز، دزفول و شوش دارای کلاس انرژی کم (محدوده سبز رنگ) هستند.

چهار ماه فروردین، اردیبهشت، خرداد و تیر در مجموع دارای بیشترین میزان پتانسیل حمل ماسه در طول سال هستند. این موضوع نشان‌دهنده حرکت بیشتر ماسه‌های روان در این چهار ماه نسبت به سایر ماه‌های سال است. به دنبال آن، چهار ماه مرداد، شهریور، بهمن و اسفند نیز از اهمیت قابل توجهی در حرکت ماسه‌های روان برخوردار است.

فعالیت رسوبات بادی خوزستان

ضرورت تثبیت رسوبات بادی ارتباط مستقیمی با میزان فعالیت تپه‌های ماسه بادی دارد و فعالیت تپه‌های ماسه بادی ارتباط مستقیمی

و قسمت‌های داخلی ریگ غیرفعال است. تپه‌های ماسه بادی در نزدیکی اهواز، شوشتر و شوش به دلیل پایین بودن انرژی باد تنها در رأس تپه فعال هستند و بدنه این تپه‌ها ثابت و بدون تحرک است. بخش‌های جنوب شرقی ریگ که به صورت گیرافنده در ارتفاعات از حدفاصل بین هندیجان، امیدیه، گیزانیه قرار دارند، نیز نیمه‌فعال هستند. جزئیات مدل اصلاح شده لنکستر برای ایستگاه‌های مورد بررسی در شکل ۵ نشان داده شده است.

مالچ‌پاشی، آری یا خیر؟

براساس نتایج به دست آمده از درجه فعالیت تپه‌های ماسه بادی خوزستان، می‌توان دریافت که آیا ریگزراهای خوزستان نیاز به مالچ‌پاشی دارند یا خیر؟ اصولاً کجا را باید مالچ‌پاشی کرد؟ رویه علمی استفاده از این تکنیک تثبیت چگونه باید باشد؟ نتایج به دست آمده به شرح زیر است:

- بی‌شک ریگزراها یکی از منابع تولیدکننده ریزگرد هستند (Bullard et al., 2007) و ضرورت تثبیت آنها با استفاده از مالچ‌پاشی و کشت بیولوژیک در مناطق کاملاً فعال امری ضروریست ولی نیازی نیست که مناطق نیمه‌فعال و غیرفعال مالچ‌پاشی شوند.
- رسوبات ماسه بادی فعال در ریگ خوزستان تنها بخش کوچکی از مناطق غربی خوزستان و بیشتر شامل ریگزراهای استان ایلام و عراق می‌شوند. این محدوده دارای انرژی باد زیاد ($DP > 400$ v.u) است و بیشتر از پهنه‌های ماسه‌ای تشکیل شده‌اند که به سبب نزدیکی به منشأ، از ذرات ریز (سیلت و رس) بیشتری برخوردارند و ریزگرد بیشتری تولید می‌کنند. باد شمال غربی - غربی ریزگرد این قسمت‌ها را درست روی شهرهای اهواز، بستان، حمیدیه و سوسنگرد می‌ریزد.

بی‌شک ریگزراها یکی از منابع تولیدکننده ریزگرد هستند و ضرورت تثبیت آنها با استفاده از مالچ‌پاشی و کشت بیولوژیک در مناطق کاملاً فعال امری ضروریست ولی نیازی نیست که مناطق نیمه‌فعال و غیرفعال مالچ‌پاشی شوند.

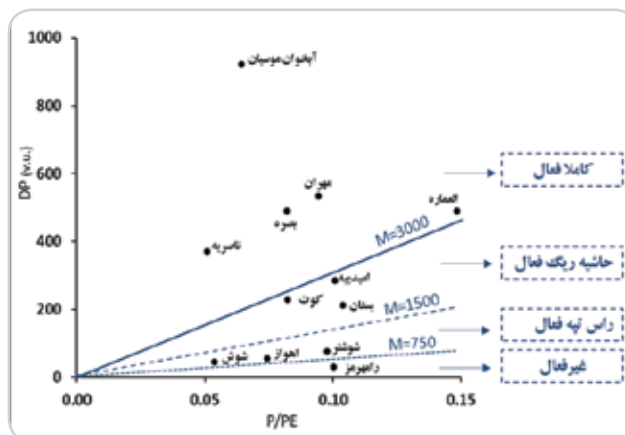
- کاشت گیاهان بدون استفاده از

خاک‌پوش روی تپه‌های فعال با انرژی

باد زیاد به دلیل حرکت ماسه، یا ایجاد چال باد و بیرون افتادن ریشه گیاهان، میسر نیست.

- تجارب میدانی نشان داده است، رسوبات بادی کاملاً فعال و روان، معمولاً فاقد حیات گیاهی و جانوری هستند. اگر تپه‌های ماسه بادی از سوی جانداران به عنوان آشیان اکولوژیک انتخاب شده است، در آن محدوده رسوبات، غیرفعال و انرژی باد کم بوده است، زیرا جانوران بسیار آگاهانه عمل می‌کنند و در رسوبات فعال آشیانه نمی‌سازند.

- در محدوده رسوبات بادی نیمه‌فعال (حاشیه ریگ فعال و قسمت‌های داخلی غیرفعال) که در حدفاصل بین شمال غربی بستان تا سوسنگرد گسترش یافته است، با توجه به انرژی متوسط باد، نیازی به مالچ‌پاشی گسترده نیست. همچنین مقدار بارندگی کافی روی ریگزراهای خوزستان (حدود 200 mm) و قرق، موجب رشد گیاهان پایای بومی شده و ریگزرا به خودی خود



شکل ۵- درجه فعالیت رسوبات ماسه بادی در ایستگاه‌های هواشناسی اطراف ریگزراهای خوزستان

با پوشش گیاهی و میزان انرژی باد دارند. حضور پوشش گیاهی در یک اکوسیستم وابسته به شرایط خشکی است که براساس نسبت بین بارندگی و تبخیر و تعرق بیان می‌شود. به طور کلی، اکولوژیست‌های مناطق خشک معتقدند اگر اکوسیستم تپه‌های ماسه بادی حداقل بیش از $P < 50-80$ mm (بسته به شرایط بیابانی) بارندگی دریافت

کنند (Tsoar, 2005; Yizhaq et al., 2009; Danin, 2012)

و میزان انرژی باد براساس DP کمتر از ۴۰۰ (v.u) باشد، این اکوسیستم‌ها در صورت حفاظت و قرق، به صورت طبیعی و با استقرار پوشش گیاهی پایا تثبیت می‌شوند و نیازی به عملیات دیگری ندارند. از این اصل برای تهیه مدل‌های فعالیت تپه‌های ماسه بادی استفاده شده است.

مدل‌های مختلفی برای تعیین درجه فعالیت رسوبات ماسه بادی تهیه و ارائه شده است که با استفاده از پارامترهای اقلیمی،

تپه‌های ماسه بادی را به سه دسته فعال، نیمه‌فعال و غیرفعال تقسیم می‌کنند. به طور مثال مدل اصلاح شده لنکستر (Lancaster, 1997) با استفاده از پارامترهای درصد بادهای بالاتر از آستانه حمل ماسه (حدود ۱۲ نات)، بارندگی (میلی‌متر) و تبخیر و تعرق پتانسیل (روش تورنت ویت)، رسوبات بادی را به چهار دسته تپه‌های کاملاً فعال، فعال در حاشیه ریگ و غیرفعال در قسمت‌های داخلی، فعال فقط در رأس تپه و بدنه ثابت و غیرفعال تقسیم‌بندی کرده است.

نتایج مدل اصلاح شده لنکستر که با استفاده از انرژی باد براساس پتانسیل حمل ماسه و شاخص خشکی (P/PE) برای برخی از ایستگاه‌های هواشناسی استان‌های خوزستان، ایلام و عراق محاسبه شده است (شکل ۴) نشان داد که ریگ خوزستان در بخش‌های عراق، ایلام و لبه غربی مرز خوزستان با ایلام و عراق کاملاً فعال است (Abbasi et al., 2019). این ریگ در حدفاصل بین بستان تا شمال غربی سوسنگرد (منطقه میش‌داغ) تنها در حاشیه ریگ فعال است

تثبیت خواهد شد. تنها در صورت وجود ساختارهای زیربنایی مهم مانند جاده‌های دسترسی، منابع آبی، یا اراضی کشاورزی، یا مزاحمت بیش از حد تولید ریزگرد برای کانون‌های جمعیتی، جهت تسریع در فرایند تثبیت، مالچ‌پاشی باید به صورت محدود و در دامنه رو به باد تپه‌ها و تنها در دو سوم ارتفاع تپه همراه با کشت بیولوژیک انجام شود.

• محدوده تپه‌های غیرفعال، یا با رئوس فعال که در حدفاصل بین شمال غربی اهواز، ملاتانی تا رامهرمز، در غرب و شرق رود کرخه قرار دارند، نیازی به مالچ‌پاشی ندارند. این محدوده دارای انرژی باد و پتانسیل حمل ماسه کم است. در این محدوده، مرفولوژی تپه‌ها از نوع طولی، پهنه‌های ماسه‌ای و گیرافتاده در توپوگرافی است. بیشتر عملیات تثبیت در دهه‌های گذشته در این محدوده تمرکز داشته است.

• اندک مجتمع‌های ماسه بادی در پای ارتفاعات شرقی غیزانیه، امیدیه و هندیجان در توپوگرافی زمین گیرافتاده‌اند و فعالیت کمی دارند. این مناطق دارای میزان متوسطی از انرژی باد و پتانسیل حمل ماسه هستند. به تازگی برخی از این رسوبات بادی مالچ‌پاشی شده‌اند.

• پتانسیل رویشی سایت‌های مختلف رسوبات بادی با یکدیگر متفاوت است، به‌طورمثال امکان رویش گیاه روی تپه‌های ماسه بادی مستقر بر شوره‌زار، دشت سیلابی یا بستر سنگلاخی یکسان نیست و ضرورت استفاده از مالچ در این سایت‌ها نیز متفاوت است. ارزیابی امکان رویش گیاه بایستی توسط کارشناسان ذی‌صلاح و همراه با بازدیدهای میدانی و نتایج آزمایشگاهی صورت گیرد.

• در مجموع می‌توان گفت به دلیل عدم حمایت از مطالعات و پژوهش‌های علمی قوی، مکان‌یابی مالچ‌پاشی در استان خوزستان به‌طور صحیح انجام نشده است. چنانچه از دیدگاه فعالیت ماسه‌های روان، قطعاتی که در گذشته مالچ‌پاشی شده‌اند مورد ارزیابی قرار گیرند اولویت‌بندی انتخاب عرصه، بزرگ‌ترین نقیصه این فعالیت تثبیتی بوده است. از این رو باید بازنگری ضوابط و معیارهای مالچ‌پاشی با استفاده از نتایج آخرین دستاوردهای پژوهشی در سطح بین‌المللی و ملی انجام شود تا اطلاعات مناسب در اختیار مدیران محلی قرار گیرد.

• با توجه به موضوع تغییر اقلیم و سناریوهای مختلف پیش‌رو در خصوص گلخانه داغ، به احتمال زیاد افزایش دما، افزایش خشکی محیط و بالا رفتن تبخیر و تعرق را به همراه دارد. این امر در پوشش گیاهی موجود روی رسوبات بادی از یک سو و سامانه‌های گردش عمومی جو و میزان انرژی باد از سوی دیگر تغییرات چشمگیری خواهد داشت (Thomas *et al.*, 2005). به همین سبب حتی در خوش‌بینانه‌ترین حالت، افزایش پدیده ریزگرد و تشدید فعالیت تپه‌های ماسه روان در آینده دور از انتظار نیست، بنابراین ضروری است تا برنامه‌ریزان ملی و منطقه‌ای برای این امر آمادگی بیشتری پیدا کنند.

منابع طبیعی، سازمان جنگلها و مراتع کشور، اداره حفاظت خاک، سرچنگلداری کل خراسان، ۱۴ صفحه

بی‌نام، ۱۳۸۶. ضوابط مالچ‌پاشی سازمان جنگلها و مراتع. انتشارات سازمان جنگلها و مراتع کشور، ۱۶۹ صفحه.

عباسی، ح. ر.، ۱۳۹۱. تعیین اشکال ناهمواری‌ها و خصوصیات فیزیکی شیمیایی و مینرالوژیکی شنزارهای کشور، گزارش نهایی طرح پژوهشی، مؤسسه تحقیقات جنگلها و مراتع کشور، تهران، ۴۱۹ صفحه.

Abbasi, H. R., Opp, C., Groll, M., Rohipour, H. and Gohardoust, A., 2019. Assessment of the Distribution and Activity of Dunes in Iran based on Mobility Indices and Ground Data. *Aeolian research Journal*, <https://doi.org/10.1016/j.aeolia.2019.07.005>.

Anonymous, 1992. *World Atlas of Desertification*, UNEP, 182p.

Bullard, J. E., McTainsh, G. H. and Pudmenzky, C., 2007. Factors affecting the nature and rate of dust production from natural dune sands. *Sedimentology*, 54(1): 169–182.

Danin, A., 2012. *Plants of desert dunes*. Springer Science and Business Media, 177p.

Fryberger, S. G. and Dean, G., 1979. Dune forms and wind regime: 137–169. In: McKee, E. D., 1979. *A study of global sand seas*. US Government Printing Office Washington, Professional paper, 1052 p.

Lancaster, N., 1997. Response of aeolian geomorphic systems to minor climate change: examples from the southern Californian deserts. *Geomorphology*, 19: 333–347.

Lee, J. A., Baddock, M. C., Mbuh, M. J. and Gill, T. E., 2012. Geomorphic and land cover characteristics of aeolian dust sources in West Texas and eastern New Mexico, USA. *Aeolian Research*, 3(4): 459–466.

Thomas, D. S. G., Knight, M. and Wiggs, G. F. S., 2005. Remobilization of southern African desert dune systems by twenty-first century global warming. *Nature*, 435 (7046): 1218–1221.

Tsoar, H., 2005. Sand dunes mobility and stability in relation to climate. *Physica A: Statistical Mechanics and Its Applications*, 357(1): 50–56.

Yizhaq, H., Ashkenazy, Y. and Tsoar, H., 2009. Sand dune dynamics and climate change: A modeling approach. *Journal of Geophysical Research: Earth Surface*, 114 (1): 1–11.

منابع

بی‌نام، ۱۳۴۶. چکیده گزارشات و مطالعات اولیه در مورد استفاده از فرآورده‌های نفتی در امور کشاورزی و تثبیت تپه‌های ماسه‌ای، انتشارات شرکت ملی پخش فرآورده‌های نفتی ایران، ۲۴۶ صفحه.

بی‌نام، ۱۳۵۳. اطلاعاتی در مورد تثبیت شن استان خراسان. وزارت کشاورزی و