



## مقدمه

# مروری بر کارایی و اثرات مالچ‌پاشی در تثبیت ماسه‌های روان با تأکید بر مالچ نفتی

محمد خسروشاهی \*

بالا، چنین نتایج مثبتی را برای تثبیت ماسه‌های روان به بار آورد، وجود نداشته و ندارد. اگرچه ممکن است در آینده، مواد جدیدی ساخته شوند (مهدوی و آهنین، ۱۳۹۶).

## سابقه کاربرد مالچ نفتی برای تثبیت ماسه‌های روان

برای نخستین بار در سال ۱۸۹۰، از مواد نفتی برای تثبیت خاک و ماسه‌های روان در مسیر راه‌آهن آسیایی روسیه استفاده شد، در همین سال، آزمایشی برای تثبیت ماسه‌های روان با استفاده از قیر، در بیابان ریتک قره‌قوم انجام شد (رهبر و درویش، ۱۳۸۴). بعد از جنگ جهانی دوم نیز، برنامه‌های اجرایی تثبیت خاک و ماسه‌های روان،

توسط مالچ‌های نفتی اجرا

شد و نتایج عینی نشان داد، با

استفاده از فراورده‌های نفتی،

می‌توان پهنه‌ها و تپه‌های

ماسه‌ای متحرک را تثبیت کرد.

به‌دنبال دستیابی به این نتایج،

استفاده از مالچ‌های نفتی در

مسیرهای راه‌آهن، تأسیسات

صنعتی، فرودگاه‌ها و راه‌های

مواصلاتی و حتی روستاها

و شهرهایی که از طرف

ماسه‌های روان در معرض

تهدید قرار داشتند، آغاز شد و

اقدامات گسترده‌ای برای عملیات مالچ‌پاشی با استفاده از مواد نفتی

در کشورهای چون شوروی سابق، الجزایر، تونس، امارات،

مراکش، لیبی و استرالیا انجام شد که نتایج رضایت‌بخشی را در پی

داشت (رضایی، ۱۳۸۸).

در ایران نیز از سال ۱۳۴۴، استفاده از مالچ‌های نفتی برای تثبیت

ماسه‌های روان، آغاز شد. در اوایل سال ۱۳۴۴، شرکت ملی

نفت ایران، مأمور شد تا مسئله کاربرد فراورده‌های نفتی را طی

یک عملیات پیشاهنگ پژوهشی و با هدف مقابله با فرسایش

بیشتر مطالعات و فعالیت‌های اجرایی مرتبط با تثبیت ماسه‌های روان در ایران و جهان، مبتنی بر تثبیت موقت آنها برای استقرار پایه‌های گیاهی بوده است.

بررسی سابقه تثبیت ماسه‌های روان در ایران، که از اوایل دهه ۴۰

شروع شد، حاکی از آن است که استفاده از بادشکن‌های غیرزنده (که

بیشتر سرشاخه‌های گیاهی بوده است)، به جز مواردی محدود، به دلیل

کمبود مواد اولیه در مناطق خشک و گرانی هزینه اجرا، کمتر مورد

اقبال واقع شده است. از این رو، گزینه دوم یعنی «ایجاد پوشش روی

خاک» با عنوان «مالچ یا خاک‌پوش»، آن هم از نوع نفتی، بیشتر مورد

توجه قرار گرفته است.

در این مورد، محققان زیادی

در دنیا روی مسئله تثبیت

ماسه‌های روان مطالعه و تحقیق

کرده‌اند که بیشتر این مطالعات،

مبتنی بر تثبیت موقت ماسه‌های

روان برای استقرار گیاه و مواد

مورد استفاده برای تثبیت نیز

متعدد بوده است. مالچ‌های

نفتی، مالچ‌های گیاهی و

معذنی، مثال‌هایی از این نوع

مواد هستند.

از آنجایی که ایران، از جمله

کشورهای غنی از مواد نفتی

بوده و مالچ مورد استفاده برای تثبیت ماسه‌های روان نیز ارزان و

فراوان در دسترس بوده است، سازمان‌های اجرایی مقابله با فرسایش

بادی، در گذشته بیشتر از این ماده استفاده کرده‌اند، البته در سال‌های

اخیر، با مسائل و مشکلات زیادی برای کاربرد این ماده روبه‌رو

بوده‌اند، به طوری که برخی، مالچ‌پاشی نفتی را خیانت قلمداد کرده

اند (کردوانی، ۱۳۹۵) و برخی دیگر، با اطمینان کامل بر این

باورند که تاکنون، هیچ فناوری و ماده‌ای که قادر باشد، در

بدترین شرایط آب‌وهوایی و بارندگی اندک و سرعت عمل



شکل ۱- جنگل کاری کهور روی تپه‌های ماسه‌ای مالچ‌پاشی شده خوزستان، منطقه کرخه، سال ۱۳۹۰

\* - استاد پژوهش، بخش تحقیقات بیابان، مؤسسه تحقیقات جنگلها و مراتع کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران، پست الکترونیک: khosromk@yahoo.com



بادی با حفظ خاصیت چسبندگی، نفوذپذیری نزولات جوی، همچنین عایق تبخیر سطح الارضی و رطوبت شن‌های روان، در عرصه‌ای به مساحت حدود ۹۰۰ هکتار بررسی به منظور انجام یک عمل پیشاهنگ پژوهشی کند. این عرصه در منطقه بوئین‌زهرا و غرب اشتهارد، که بر اثر ماسه‌های روان، جاده آسفالتی و تأسیسات کشاورزی، همچنین روستاهای فتح‌آباد، مرادتپه و کلاه‌دره در معرض آسیب بودند، واقع شده بود. در این مرحله، تیم اجرایی با وسایل موجود آن زمان مانند سطل، آب‌پاش و سمپاش‌های دستی شروع به کار کرد. چون هدف اصلی، استقرار پوشش گیاهی روی ماسه‌ها بود، بنابراین، با استفاده از بذره‌های بومی منطقه و نهال‌های تاغ و اسکنبیل که از تولیدکنندگان محلی قم، ساوه و کرج تهیه می‌شد، نهال‌کاری و بذرپاشی انجام شد (سازمان جنگل‌ها، مراتع و آبخیزداری کشور، ۱۳۸۵).

با مشاهده آثار مثبت کاربرد مالچ نفتی از جنبه‌های موردنظر، این برنامه با همکاری شرکت ملی نفت ایران، در عرصه‌های مشابه خوزستان نیز پیاده شد. در سال ۱۳۴۵، تیم عملیات مالچ‌پاشی در منطقه ایستگاه حمید در کیلومتر ۳۵ جاده اهواز- خرمشهر (که ماسه‌های روان، خط راه‌آهن را به مخاطره انداخته بود) و منطقه البروايه در کیلومتر ۲۵ (که جاده آسفالتی اهواز به اندیمشک را تهدید می‌کرد)، با تجهیزات بیشتر و بهتر، شروع به کار کرد و در سال‌های بعد، ضمن دست یافتن به فرمولاسیون بهتر و باکیفیت‌تر، از لحاظ ماشین‌آلات هم تجهیزات قدرتمندتری تدارک دیده شد و مخازن کارآمدتری، تولید و ساخته شد.

در مجموع، تا سال ۱۳۵۶ بخش وسیعی از مناطق حمید، گمبوعه، الباجی، بروایه، حالف، نظامیه، مشرحات، فولی‌آباد و غرب رودخانه کرخه مالچ‌پاشی شد (مهدوی و آهنین، ۱۳۹۶) که آثار آن به‌صورت بی‌شبه‌های انبوه بعد از تمامی این سال‌ها، هنوز باقی است (شکل ۱).

در سایر استان‌ها نیز کم‌وبیش فعالیت‌های استفاده از مالچ نفتی در دست انجام و توسعه بود، از جمله در حفظ و حراست از پایگاه‌های نظامی و فرودگاه بوشهر، بندرعباس، پایگاه جاسک، سیرجان، اصفهان که موجب ایجاد مشکلات ناوبری برای پروازها شده بود، همچنین در حفاظت چاه‌ها و خطوط لوله‌های نفت در خانگیران سرخس برای شرکت گاز ایران، عملیات اجرایی مالچ‌پاشی با نتایج مثبت انجام شد.

در این زمان و به دنبال توسعه این فعالیت‌ها و دریافت نتایج بسیار رضایت‌بخش در زمینه احیای پوشش گیاهی مناطق بیابانی، خبر این پیشرفت‌های ملی در بعد بین‌المللی هم انعکاس یافت و در سال ۱۳۵۴ در کنفرانس بین‌المللی بیابان‌زدایی در ناپروبی کنیا، این طرح به‌عنوان طرح برتر بین‌المللی در زمینه تثبیت شن و

کنترل بیابان‌زایی معرفی و تأیید شد، به‌صورتی که مجله معتبر National Geography شماره اکتبر ۱۹۷۹ خود را به این امر اختصاص داد و این طرح به نام برنند ایران، ثبت جهانی شد (مهدوی و آهنین، ۱۳۹۶).

این فعالیت‌ها، بعد از انقلاب اسلامی، البته با حجمی کمتر، کماکان ادامه داشته و دارد. به‌طور کلی، در طول حدود نیم قرن که از آغاز فعالیت‌های مالچ‌نفتی در ایران می‌گذرد، حدود ۳۰۰ هزار هکتار عملیات مالچ‌پاشی انجام شده است (سازمان برنامه و بودجه، ۱۳۹۸).

در مورد تحقیقات انجام‌شده مرتبط با مالچ نفتی و فرسایش بادی در ایران، طرحی با عنوان «تحقیق در تثبیت تپه‌های ریگ روان به روش مکانیکی و شیمیایی در خوزستان و توجیه اقتصادی هر یک از آنها»، قدیمی‌ترین تحقیقی است که تقریباً هم‌زمان با شروع کارهای اجرایی مالچ نفتی در خوزستان انجام شده است. این طرح توسط مؤسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع کشور، در منطقه الباجی اهواز، طی سال‌های ۱۳۴۷ تا ۱۳۵۰ و در سطح ۳۵ هکتار با مسئولیت اجرایی اسماعیل اوتادالعجم و محمدجعفر ملکوتی و یک کارشناس ژاپنی به‌نام بی‌مایا س.پ. انجام و نتایج آن در نشریه شماره ۱۴ مؤسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع کشور چاپ شد، کارایی دو تیمار اصلی بادشکن در الگوهای مختلف و قیرپاشی برای تثبیت ماسه و استقرار گیاه در طرح یادشده بررسی شد. نتایج سه سال تکرار آزمایش نشان داد، کشت بذره‌های اسکنبیل و آکاسیا در هر دو تیمار اصلی قیرپاشی و بادشکن، نتیجه مطلوبی نداشته، ولی قلمه‌های گز شاهی در هر دو تیمار، از موفقیت کافی برخوردار بوده است. همچنین، مؤثرترین و گران‌ترین الگوی بادشکن، الگوی شطرنجی ۵\*۵ متر با ارتفاع یک متر و ارزان‌ترین الگو، بادشکن موازی به فاصله ۷ متر با ارتفاع نیم متر بوده است. علاوه‌براین، هزینه قیرپاشی، ۲۲ درصد بیشتر از هزینه ارزان‌ترین الگوی بادشکن بوده است (اخوان، ۱۳۸۰). با توجه به این موارد، محققان یادشده به این نتیجه رسیدند که انتخاب روش‌های مکانیکی و شیمیایی تثبیت ماسه‌های روان، به موقعیت محل، امکانات موجود، فوریت امر و وضع اقتصادی روستانشینان محل موردنظر بستگی دارد.

طرح تحقیقاتی مشابهی نیز با عنوان «بررسی مناسب‌ترین و اقتصادی‌ترین روش تثبیت (مکانیکی یا شیمیایی) در تپه‌های شنی مرتفع برای استقرار پوشش گیاهی»، با مسئولیت اجرایی حسن روحی‌پور در سال ۶۳-۱۳۶۱ در منطقه مارون در شرق اهواز انجام و گزارش مقدماتی آن در سال ۱۳۶۷ منتشر شد. در این طرح تحقیقاتی، شش تیمار شامل مالچ‌پاشی کامل در تمام سطح تپه، مالچ‌پاشی روی شیب ملایم تپه تا دو سوم ارتفاع، مالچ‌پاشی نواری به عرض چهار متر و فاصله بین دو نوار دو متر در تمام سطح تپه، تیمار مالچ‌پاشی نواری

در شیب ملایم تا دو سوم ارتفاع تپه، تیمار احداث بادشکن نی به فواصل پنج متری موازی با ارتفاع یک متر در تمام سطح تپه و تیمار ششم، تیمار شاهد (بدون مالچ پاشی و بدون احداث بادشکن) بوده است. نتایج نشان داده است، تیمارهای احداث بادشکن و مالچ پاشی نواری، از نظر خواص تثبیت‌کنندگی بر سایر تیمارها ارجحیت دارد. از آنجایی که احداث بادشکن، از نظر اقتصادی هزینه بسیار زیادی داشته و در مقابل، مالچ پاشی کامل و مالچ پاشی نواری دارای هزینه کمتری بوده است، برای تثبیت تپه‌های ماسه‌ای مرتفع، مالچ پاشی نواری و مالچ پاشی کامل در سرتاسر تپه، به دلیل کاربرد سریع و ارزان بودن در سطح گسترده و اجرایی توصیه شده است (اخوان، ۱۳۸۰). همچنین، چون میانگین درصد موفقیت کهور در بیشتر تیمارها، به هم نزدیک بوده و حتی در تیمارهایی که برای نهال گز مؤثر نبوده، کهور درصد موفقیت بیشتری داشته، توصیه شده است، در سطوح اجرایی، درصد زیادی از تپه‌ها به جای گز، به کشت کهور اختصاص داده شود.

از جمله سوابق تحقیقاتی موجود در مؤسسه تحقیقات جنگلها و مراتع کشور در زمان‌های دورتر، می‌توان به طرح دیگری با عنوان «مقایسه روش‌های تثبیت بیولوژیک بندریگ کاشان از نظر استقرار پوشش گیاهی، رشد و هزینه آن با استفاده از مالچ و بدون مالچ» اشاره کرد که در سال‌های ۷۰-۱۳۶۷ با مسئولیت اجرایی حسین لقمان انجام شده است. با هدف مقایسه موفقیت و هزینه عملیات تثبیت بیولوژیک شن در شرایط استفاده از مالچ قبری و بدون آن و دو روش نهال‌کاری و بذرکاری برای شش گونه گیاهی، ۴۰ هکتار از اراضی تپه‌های شنی مرتفع موسوم به ریگ‌بلند در منطقه کاشان از زمستان ۱۳۶۷ زیر پوشش این طرح قرار گرفت. نتایج نهایی این طرح که از زمستان سال ۱۳۶۸ تا پایان فصل رویش سال ۱۳۷۳ به مدت پنج سال پیگیری شد، نشان داد، موفقیت گونه‌های کاشته شده در تیمار قبری پاشی با ایجاد حوضچه آبگیر، دو برابر شاهد (بدون قیر پاشی) است. همچنین، از نظر روش کاشت، موفقیت نهال‌کاری، بیش از سه برابر موفقیت در روش بذرکاری بوده است (اخوان، ۱۳۸۰).

طرح‌های دیگری نیز توسط محققان مؤسسه تحقیقات جنگلها و مراتع کشور در دهه ۱۳۴۰ و ۱۳۵۰ با استفاده از مالچ‌های نفتی با اهداف دیگری و جدای از تثبیت ماسه‌های روان انجام شد که در این نوشته به آنها اشاره نشده است. در دو دهه اخیر و هم‌زمان با تشدید پدیده گرد و غبار، اظهار نظرهای گوناگونی در مجامع مختلف پیرامون مزایا و معایب مالچ نفتی منتشر و منجر به ایجاد بحث‌های زیادی در مورد جایگزینی مالچ نفتی شد. به طوری که شرکت‌ها و

نهادهای زیادی، ادعای تولید موادی برای تثبیت ماسه‌های روان و گرد و غبار کردند. این موضوع، سبب تشکیل کارگروهی خاص برای بررسی انواع خاک‌پوش‌ها، در کمیته ملی گرد و غبار سازمان حفاظت محیط‌زیست شد که همچنان از چند سال گذشته تا حال، به بررسی این موضوع پرداخته و می‌پردازد.

### بررسی‌های جایگزین مالچ نفتی

پژوهشگران و کارشناسان زیادی در زمینه حفاظت خاک و تثبیت ماسه‌های روان، به دنبال جایگزین مناسب و مؤثری برای مالچ‌های نفتی بوده‌اند که علاوه بر پایداری و دوام، آثار مخربی بر محیط‌زیست نداشته باشد. با این هدف، پژوهش‌هایی برای تثبیت ماسه‌های روان با استفاده از انواع خاک‌پوش‌های معدنی، شیمیایی و بیولوژیک، به عنوان جایگزین مالچ‌های نفتی در ایران انجام شده است. گذشته از بررسی‌هایی که در قالب پایان‌نامه‌های دانشجویی در این مورد انجام شده است، برخی از مراکز و مؤسسات پژوهشی نیز در مورد جایگزینی مالچ نفتی، یا مقایسه آثار انواع خاک‌پوش‌های مورد استفاده در تثبیت ماسه‌های روان تحقیقاتی انجام داده‌اند. البته پیش‌تر نیز بررسی‌هایی برای جایگزینی مالچ نفتی با مواد پلیمری از سال ۱۹۵۹ در روسیه آغاز شده بود که در این مورد، پلیمرهای مختلفی نظیر اوره فرمالدئید، لاتکس پلی‌وینیل استات و پلی‌اکریل‌امید و موارد مشابه دیگری برای تثبیت ماسه‌های روان استفاده شده‌اند. همچنین، کشورهای مختلفی مانند چین، آمریکا، استرالیا و روسیه از برخی مواد پلیمری برای تثبیت ماسه‌های روان استفاده کرده‌اند (رضایی، ۱۳۸۸). در ایران برخی از پژوهش‌های مرتبط با مالچ که طی دو دهه اخیر انجام شده، به شرح زیر است.

اثر استفاده از مواد جذب‌کننده رطوبت و مالچ‌های غیرنفتی با مالچ نفتی، بر جوانه‌زنی گیاهان و تثبیت ماسه‌های روان در یک طرح پژوهشی مقایسه شده و نتایج به دست آمده نشان داده است، استفاده از مالچ نفتی در سطح احتمال یک درصد، دارای اثر مثبت معنی‌دار بوده است و بر سایر روش‌ها ارجحیت دارد. علت این امر، مقاومت مالچ نفتی در مقابل بادهای منطقه است که جابه‌جایی بذور را به کمیته می‌رساند (فرح‌پور و همکاران، ۱۳۸۴).

همچنین، دو نوع مالچ نفتی و پلی‌لاتیس، برای مقایسه کارایی آنها در تثبیت ماسه‌های روان در منطقه آران و بیدگل، بررسی شده و نتایج نشان داده است، ماده پلی‌لاتیس حدود دو ماه در مقابل بادهای منطقه مقاومت کرده ولی بعد از آن، پوشش ایجاد شده، تخریب شده است. بنابراین، تأثیر معنی‌داری در کنترل فرسایش بادی نداشته است ولی مالچ نفتی کاملاً در مقابل بادهای منطقه مقاومت کرده و درصد استقرار نهال و قلمه، به طور قابل ملاحظه‌ای در تیمار مالچ نفتی، بالاتر از بقیه تیمارها بوده است که علت آن را می‌توان به تثبیت بهتر عرصه توسط مالچ نفتی نسبت داد (رضایی، ۱۳۸۸).

اثر ماده پلیمری پلی‌وینیل استات در کنترل میزان فرسایش بادی، به صورت آزمایشگاهی در تونل باد بررسی و نتایج آن با نمونه‌های تیمار شده با آب مقایسه شد. نتایج حاصل از آزمایش‌های فرسایش

در تونل باد در شرایط باد با سرعت ۲۶ متر بر ثانیه، نشان داد اختلاف معنی‌داری بین میزان فرسایش بادی نمونه‌های خاک تیمار شده با ماده پلیمری و نمونه‌های تیمار شده با آب، وجود داشته و افزودن ماده پلیمری پلی‌وینیل استات به میزان ۲۵ گرم در مترمربع، نسبت به نمونه‌های تیمار شده با آب، میزان فرسایش بادی را در نمونه‌های ماسه بادی به صفر و در خاک با بافت متوسط و سنگین، حداقل ۹۰ درصد کاهش داده است (موحدان و همکاران، ۱۳۹۰).

در پژوهش دیگری، تأثیر مالچ رسی - آهکی بر تثبیت ماسه‌های روان بررسی شد و نتایج نشان داد، با افزایش نسبت رس، شاخص‌های مقاومت فشاری، مقاومت به ضربه و سایش، به‌طور نسبی افزایش می‌یابد و از بین تیمارها، نسبت ۲۰۰ گرم رس و ۱۰ گرم آهک در یک لیتر آب در مالچ ترکیبی رسی - آهکی، می‌تواند به‌عنوان مناسب‌ترین تیمار برای تثبیت موقت ماسه‌های روان تا زمان استقرار نهال‌ها توصیه شود (حضرئی و زارع‌رلانی، ۱۳۹۲).

کارایی چند نوع مالچ شیمیایی، بیولوژیکی و معدنی برای تثبیت تپه‌های ماسه‌ای بررسی و آزمایش شد. مالچ بیولوژیکی شامل چسب سریشوم و صمغ گیاهی، مالچ شیمیایی شامل ترکیبات اوره فرمالدئید و مالچ معدنی از ترکیب سیمان سیاه و سیمان سفید و مواد افزودنی دیگر بوده و در نهایت پارامترهای فیزیکی مؤثر در پایداری هر کدام بررسی و مقایسه شده است (اختصاصی و حضرئی، ۱۳۹۴). نتایج نشان داد، مالچ‌های معدنی مورد استفاده شامل مواد ترکیبی با سیمان سیاه و سیمان سفید، از کارایی و پایداری بیشتری برخوردار هستند و می‌توانند نه تنها مقاومت فیزیکی خاک را در مقابل نیروهای فشاری افزایش دهند، بلکه مقاومت برشی خاک را نیز افزایش می‌دهند. ضمن اینکه در مقابل فرسایش و انحلال، مقاوم هستند و پایداری آنها تا بیش از پنج سال ادامه خواهد داشت.

در بررسی آزمایشگاهی شش نوع مالچ غیر نفتی، ویژگی مواد و مقاومت آنها در سرعت‌های مختلف باد، توسط تونل باد، همچنین واکنش آنها نسبت به نفوذ آب در آزمایشگاه شبیه‌ساز باران در محل مؤسسه تحقیقات جنگلها و مراتع کشور انجام شده است (خسروشاهی و همکاران، ۱۳۹۴). نتایج به‌دست آمده در رابطه با قابلیت نفوذ آب به خاک، نشان داد، بین مالچ‌های مختلف نسبت به شاهد از نظر نفوذ آب، اختلاف معنی‌داری وجود ندارد. همچنین، میزان بادرفت نمونه‌ها در تونل باد تا سرعت ۲۶ متر بر ثانیه، بررسی شد و نتایج نشان داد، هیچ‌گونه برداشت ماسه در نمونه‌های مورد بررسی مشاهده نشده است، به‌جز یک نوع مالچ RB که در سرعت ۱۶ متر بر ثانیه، هفت کیلوگرم در مدت پنج دقیقه از ماسه سینی آزمایش به ابعاد ۵۰\*۳۰ و عمق پنج سانتی‌متر برداشت شد. در فاز میدانی، کارایی مالچ‌هایی که در فاز آزمایشگاهی، مناسب تشخیص داده شده بودند، در تپه‌های ماسه‌ای حاشیه نوار ریگ‌بلند کاشان در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار آزمایش شدند. نتایج نشان داد، از بین مالچ‌های مورد استفاده، مالچ پلیمری در شرایط طبیعی تپه‌های ماسه‌ای کاشان، استحکام لازم را نداشتند و پس از گذشت یک ماه از پاشیدن توسط باد تخریب

شدند. در مرحله بعد، مالچ پتاس از استحکام کمی برخوردار بود و پس از گذشت دو ماه، شواهد فرسایش و بادبردگی روی آن ظاهر شد. دو نوع مالچ (پایا و رایکا)، از نظر استحکام و مقاومت، شرایط به‌نسبت مناسب‌تری نسبت به بقیه مالچ‌ها داشتند ولی آنها نیز پس از چند ماه دچار فرسایش شدند. بررسی آماری دمای خاک نیز نشان داد، تیمارهای تحت مالچ، تفاوت دمایی چندانی نسبت به تیمار شاهد ندارند. علت عدم تغییر دما در تیمارهای مختلف، می‌تواند مربوط به رنگ روشن مالچ‌های یاد شده و قدرت جذب پایین گرما باشد. همچنین، تأثیر شش نوع مالچ شیمیایی اشاره شده بر استقرار و زنده‌مانی نهال اسکنیبل و تاغ بررسی شده است (ابطحی و خسروشاهی، ۱۳۹۵). نتایج تحقیقات حاکی از آن بود که در روش بذرکاری، گلدان‌های با پوشش مالچ پایا و سیمانی، همچنین مالچ پلیمری درصد زنده‌مانی بیشتری نسبت به بقیه مالچ‌ها داشتند.

در طرح تحقیقاتی دیگری، ارزیابی کارایی نوعی خاک‌پوش (مالچ) با نام نوکلئوس ام ۱۹ برای تثبیت ماسه‌های روان و آثار احتمالی آن روی خاک و گیاه بررسی شده است (خسروشاهی و همکاران، ۱۳۹۸). نتایج بررسی‌های آزمایشگاهی و گلخانه‌ای نشان داد، مالچ یاد شده از جنبه نفوذپذیری آب، تأثیر معنی‌داری بر کاهش نفوذپذیری ندارد و از نظر چسبندگی و مقاومت در مقابل بادهای با سرعت بالا (۲۰ متر بر ثانیه در تونل باد)، به‌خوبی ماسه‌ها را تثبیت می‌کند و هیچ‌گونه برداشتی از ماسه‌های مالچ‌پاشی شده مشاهده نمی‌شود. همچنین در بررسی گلخانه‌ای، مالچ یاد شده، هیچ‌گونه اثر منفی بر جوانه‌زنی بذر و رشد نهال ندارد و از نظر شاخص‌های سلامتی در گیاه با عرصه مالچ‌پاشی به‌طور دقیق، مانند خاک شاهد (بدون مالچ) عمل می‌کند. در فاز میدانی نیز کاربرد این ماده از نظر میزان تثبیت‌کنندگی و قدرت مقاومت در مقابل بادهای منطقه، همچنین تغییرات رطوبت و حرارت در مقایسه با شاهد (بدون مالچ) در شرایط طبیعی و در تپه‌های ماسه‌ای فعال دشت سگری استان اصفهان انجام شد. نتایج این قسمت از کار نشان داد، مالچ مورد استفاده به مدت یک سال از زمان پاشیدن، تپه ماسه‌ای را به‌خوبی تثبیت کرده است، به‌طوری‌که هیچ تغییری روی تپه ماسه‌ای ایجاد نشد، در حالی‌که تپه شاهد در این مدت و در محل‌های پیکه‌کوبی از حداقل ۰/۷۵ تا حداکثر ۲/۵ متر جابه‌جایی داشت. پس از گذشت بازه زمانی یک ساله، ترک‌های ریزی در عرصه مالچ‌پاشی، مشاهده شد و به مرور زمان بر مقدار و عمق ترک‌ها افزوده شد. اگرچه این ترک‌ها باعث پوسته‌پوسته شدن و فرسودگی به‌صورت لکه‌ای و پراکنده در سطح عرصه مالچ‌پاشی شد، تا زمان خاتمه طرح (۱۸ ماه)، جابه‌جایی و تغییر مکانی در تپه ماسه‌ای مالچ‌پاشی مشاهده نشد. این خاک‌پوش، از کشور کانادا توسط شرکتی خصوصی به ایران وارد شده بود که برای ادامه کار، واردات آن میسر نشد.

### تناقضات گفتاری و نوشتاری درباره اثرات مالچ نفتی

درباره اثرات مثبت و منفی مالچ نفتی، تاکنون اظهارنظرهای متفاوتی شده است، حتی پژوهش‌هایی که در این مورد انجام شده، نتایج متفاوت و گاهی متناقض ارائه داده‌اند. به‌عنوان مثال، در برخی از

پژوهش‌ها، آلودگی آب و خاک، یکی از آثار نامطلوب مالچ نفتی بیان شده است. زیرا این ماده از فراورده‌های سنگین نفتی تشکیل شده و ممکن است با ورود به منابع آبی، باعث آلوده شدن آب توسط عناصر سنگین و هیدروکربن‌ها شود. در همین رابطه، پژوهشی برای بررسی تأثیر عناصر سنگین و هیدروکربن‌ها روی منابع آب انجام شده است و نمونه‌هایی از مالچ نفتی در بازه‌های زمانی مختلف ۵، ۲۰ و ۵۰ سال از ماسه‌زارهای حمیدیه استان خوزستان، همچنین نمونه‌ای از مالچ نفتی پالایشگاه آبادان در شرایط آزمایشگاهی با شبیه‌سازی شرایط طبیعی و زمان ماندگاری ۲۴ ساعت در تماس با آب بررسی شد (صالحی مورکانی و همکاران، ۱۴۰۱). نتایج حاصل از اندازه‌گیری میزان هیدروکربن‌ها در این مطالعه نشان داد، مالچ نفتی باعث افزایش هیدروکربن‌هایی مانند Felorene، Phenanthrene، Benzo[k]Fluoranthene، Chrysene، Fluoranten Diben-Pyrene و zo(a,h)Anthracene، Bbenzo[b]Fluoranthene Indeno شده است که در برخی از آنها مانند (1,2,3-) Indeno و Dibenzo(a,h)Anthracene Pyrene با گذشت زمان به دلیل از بین رفتن خاصیت مالچ مقدار آنها کاهش یافته است. از دیگر سو، افزودن مالچ به خاک مقدار Benzo(a,g,h,i)Perylene و Benzo[a]Pyrene را نسبت به منطقه شاهد کاهش داده است که دلیل این امر وجود تعداد حلقه بیشتر در ساختار این هیدروکربن‌ها و حلالیت کمتر در آب است. نتایج کلی این پژوهش نشان داد، میزان آلاینده‌های آب از نظر عناصر سنگین به غیر از عنصر بر، که مقدار آلاینده‌های آن نسبت به حد مجاز افزایش داشته است (که این افزایش نیز مربوط به جنس خاک منطقه است)، مالچ نفتی تأثیر بسزایی در افزایش آلودگی منابع آب از نظر عناصر سنگین نداشته است. اگرچه افزودن هر ماده شیمیایی، باعث آلاینده‌های آب و خاک می‌شود، میزان آلاینده‌های سنگین منطقه مالچ‌پاشی شده در حد مجاز استاندارد سازمان حفاظت محیط زیست کشور است. یعنی میزان هیدروکربن‌های بررسی شده در تیمارهای مورد بررسی، کمتر از حد مجاز آنها بوده است. از جمله، آثار نامطلوب دیگری که در مورد مالچ‌پاشی گفته می‌شود، تأثیر آن روی گیاهان موجود، یا نهال‌های تازه کشت شده است که با ایجاد دمای بیشتر در لایه‌روی خاک، موجب کاهش درصد سبز شدن جوانه‌ها می‌شود و تأثیر منفی روی بافت‌های زنده گیاهان دارد. حتی برخی بر این باورند که مالچ‌پاشی در فصل زمستان و گاهی اوایل بهار و قبل از باز شدن جوانه‌ها سبب تشکیل لایه‌ای از مالچ، روی جوانه‌ها می‌شود و به جوانه‌های در حال باز شدن آسیب وارد می‌کند و در بسیاری از موارد، موجب خشک‌شدگی آنها، یا تأخیر در شکوفایی درختچه‌ها و بوته‌ها می‌شود (رضایی، ۱۳۸۸).

در تناقض با نتایج این پژوهش‌ها، نتایج تحقیق دیگری پیرامون تأثیر مالچ نفتی بر شاخص‌های تنوع، غنا و یکنواختی ماکروفون خاک و پوشش گیاهی در شهرستان جاسک استان هرمزگان نشان داد، شاخص‌های تنوع گیاهی در منطقه مالچ‌پاشی شده در فصل بهار، ۱۵ برابر منطقه شاهد است، که بیانگر بیشتر بودن گونه‌های نادر ماکروفون خاک منطقه مالچ‌پاشی شده نسبت به منطقه شاهد است. نتایج تأثیر

مالچ نفتی بر شاخص‌های غنا و تنوع زیستی پوشش گیاهی در دو منطقه مالچ‌پاشی شده و شاهد نیز بیانگر یکسان بودن تنوع پوشش گیاهی پس از گذشت ۱۰ تا ۱۴ سال از زمان مالچ‌پاشی در مناطق مورد مطالعه بوده است (جعفری و همکاران، ۱۳۹۶).

Akbarnia (۲۰۰۹) اثر مالچ نفتی را بر خاک، در سه استان خوزستان، کرمان و سیستان و در بهنه‌های مختلف اقلیمی مطالعه و بررسی کرد. نتایج این تحقیق نشان داد، میزان (Hydrocarbon) PAH (Benzo (a) Pyrene) BaP در مالچ نفتی و نمونه خاک زیر لایه مالچ، کمتر از حد مجاز استانداردهای ملی است. این مؤلفه، در عمق پنج سانتی‌متری حتی پس از چندین سال به ۱/۴ میزان اولیه کاهش یافته است. از نظر او، می‌توان مالچ نفتی و خاک‌های آلوده به مالچ نفتی را به‌عنوان مواد ایمن در نظر گرفت. اظهار نظرهای متناقض درباره مالچ نفتی در بیشتر پژوهش‌های انجام شده روی پارامترهای خاک و آب و پوشش گیاهی دیده می‌شود.

همان‌طور که گفته شد، مالچ‌های نفتی در کنار آثار سودمند از نظر تثبیت ماسه‌های روان، آثار زیانباری مانند ضریب جذب حرارتی بالا، آلودگی محیط‌زیست، مشکلات در رشد و نمو گیاهان، تهدید سفره‌های آب زیرزمینی و نیز تهدید سلامتی انسان و جانوران دارند (جعفری و همکاران، ۱۳۹۶). نتایج پژوهش دیگری نشان داد، مالچ نفتی، باعث کاهش تنوع پوشش گیاهی می‌شود، در حالی که پژوهشی دیگر نشان داده، مالچ نفتی ضمن نداشتن اثر سوء بر گیاهان، موجب بازگشت طبیعی گونه‌های بومی و بهبود وضعیت پوشش گیاهی و خاک می‌شود (غلامی طبعی و همکاران، ۱۳۹۰). همچنین، نتایج پژوهش Kowsar (۱۹۶۸) نشان داد، استفاده از مالچ نفتی، دما و رژیم آب یک خاک را تغییر می‌دهد. در این تحقیق، خاک پوشیده‌شده با مالچ، در زمانی که دمای خاک به حداکثر مقدار خود رسید، حدود پنج درجه سانتی‌گراد گرم‌تر از خاک لخت بود. در حالی که در زمان‌های دیگر، اختلاف دمای بین خاک مالچ‌پاشی شده و خاک لخت کمتر بود. خاک لخت، به سرعت آب را در چهار سانتی‌متر بالایی از دست داد، خاک پوشانده‌شده با مالچ، آب را در یک سانتی‌متر بالایی خاک از دست داد، اما در اعماق زیر این ناحیه آب به دست آورد. این افزایش آب، در منطقه‌ای که به‌طور معمول نهال‌ها قرار می‌گیرند، مشاهده شد. این وضعیت نشان می‌دهد، اثر مفید مالچ نفتی بر جوانه‌زنی و رشد گیاهچه، باید به بهبود شرایط آب، خاک، همچنین، شرایط دمایی خاک نسبت داده شود.

### جمع‌بندی و استنتاج نظر کارشناسان

الف) برخی از کارشناسان و پیشکسوتانی که به‌طور تخصصی در تثبیت ماسه‌های روان با مالچ‌های نفتی فعالیت کرده‌اند، با صراحت، به کارایی خوب مالچ نفتی و نداشتن عوارض چشمگیر آن اشاره کرده‌اند. آنها، اظهار نظر درباره خصوصیت و ویژگی مالچ نفتی، مشخصات و مختصات، مزیت و انتقاد از آن را در حیطه وظایف کارشناسان نفت و کسانی می‌دانند که در این طرح‌ها کار



شکل ۲- عرصه ماسه‌ای تثبیت شده با مالچ نفتی و گیاهان کاشته شده پس از چهار سال، ابوزیدآباد کاشان، ۱۳۹۲

انجام شده در سال‌های اخیر، نظر متفاوتی با نظرات گذشته خود داشته باشند. به هر حال، ذکر این نکته لازم است، هدف و همت اصلی دست‌اندرکاران، در گذشته، تثبیت ماسه‌های روان برای مقابله با خطرات بالقوه فرسایش بادی و تثبیت ماسه‌ها بوده است تا نقاط حساس و آسیب‌پذیر از گزند این پدیده خطرناک، حفظ شوند، از این جهت، کمتر به مسائل محیط‌زیستی پرداخته شده است.

ب) آنچه از نتایج بیشتر پژوهش‌های انجام شده دریافت می‌شود، این است که وضعیت پوشش گیاهی در بسیاری از عرصه‌های مالچ‌پاشی شده، همگی حکایت از شرایط بهتر آنها از نظر کمی و کیفی دارد، ولی باید توجه داشت، بهبود وضعیت پوشش گیاهی این عرصه‌ها تنها به اثر مالچ مربوط نیست، زیرا این وضعیت، متأثر از تغییر مجموعه شرایطی است که در مناطق مالچ‌پاشی شده، به وجود می‌آید. بخشی از این تغییرات، ناشی از تأثیر مستقیم مالچ‌پاشی بر سایر عوامل مؤثر بر رشد پوشش گیاهی و بخشی دیگر به سبب انجام فعالیت‌هایی مانند قرق مناطق، بذرکاری، بذرپاشی، نهال‌کاری در عرصه‌های مالچ‌پاشی است (سازمان جنگل‌ها، مراتع و آبخیزداری کشور، ۱۳۹۵). مالچ‌پاشی، می‌تواند سبب تثبیت خاک بستر گیاهان و مانع از فرسایش آن شود و در نتیجه بذرها و گیاهان بومی موجود در عرصه‌های طبیعی، امکان استقرار و ماندگاری بهتر و بیشتری خواهند داشت (شکل ۲ و ۳).

ج) در توجیه کاربرد مالچ تأکید می‌شود، هدف از کاربرد آن ایجاد فرصتی است تا گیاهان یا بذرهای کاشته شده در عرصه‌های مالچ‌پاشی، مهلت لازم برای استقرار در بستر را پیدا کنند و با تأثیر آنها در جلوگیری از حرکت ماسه‌ها، امکان تثبیت دائمی آنها فراهم

کرده‌اند، با آن آشنایی دارند، در شرایط کویبری زیسته‌اند، مالچ پاشیده‌اند، نهال کاشته‌اند و رویش آنها را مشاهده کرده‌اند. چراکه آنها اثر محیط‌زیستی مالچ را بررسی کرده و به نکته مخربی برنخورده‌اند. به طوری که هیچ‌یک از کارکنان درگذشته و زنده طرح مالچ نفتی، به بیماری صعب‌العلاجی که ناشی از مالچ باشد، مبتلا نشده‌اند. حتی در اظهارنظرها، تا جایی پیش رفته‌اند که گفته‌اند «اگر کسی بدون اطلاع کافی از مسئله و بدون وقوف از کم و کیف آن و ارائه شواهد علمی و مستند، اظهارنظر کرده باشد، چنین اظهارنظری از درجه اعتبار ساقط است» (مهدوی و آهنین، ۱۳۹۶). البته به این نکته نیز اشاره کرده‌اند که با توجه به اینکه نفت دائمی نیست، امیدوارند روزی ماده‌ای ارزان‌تر، سهل‌الوصول‌تر، سودمندتر و دارای بالاترین اثر بیولوژیک و ارگانیک، جایگزین مالچ نفتی شود، ولی تاکنون چنین اتفاقی نیفتاده است. از طرفی، اگر به این موضوع از زاویه دیگری پرداخته شود، چه بسا نظرات متفاوتی در رد این اظهارنظرها بیان شده است. زیرا امروزه، علوم، ابزار، سنج‌ها و روش‌های دقیق تحقیقاتی، به اندازه کافی پیشرفت کرده و می‌تواند به جزئیاتی پردازد که در گذشته‌های دورتر امکان آن وجود نداشته است. گذشته از آن، ممکن است پیشکسوتانی که سال‌ها پیش با مالچ نفتی کار کرده، دوران خدمت آنها خاتمه یافته و بازنشسته شده‌اند، حتی اگر در قید حیات باشند، فرصت کافی برای پرداختن به مطالعه پژوهش‌های جدید و مرتبط نداشته‌اند، شاید حتی برخی از آنها که در گذشته به مالچ‌پاشی توصیه کرده‌اند، هم‌اکنون با شناخت بیشتر مزایا و معایب مالچ نفتی از طریق پژوهش‌های



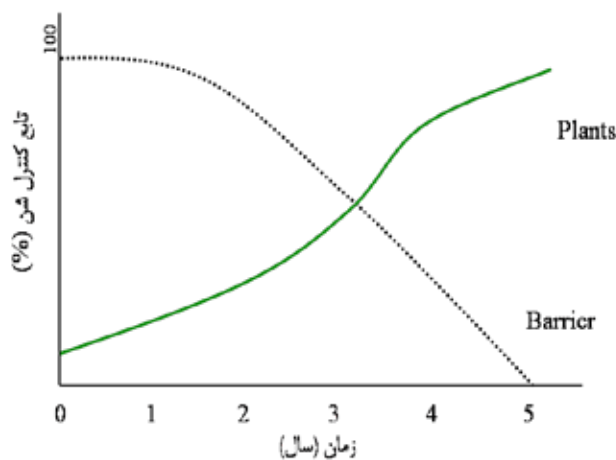
شکل ۳- نمای دیگر از عرصه ماسه‌ای فرسایش‌یافته شاهد و گیاهان کاشته شده پس از چهار سال، ابوزیدآباد کاشان، ۱۳۹۲



شکل ۵- فرسایش بادی شدید و درآمدن ریشه‌های تاغ از خاک، ابوزیدآباد کاشان، سال ۱۳۹۲

(عباسی و درویش، ۱۳۹۸)، که سبب صدمه به تأسیسات و ابنیه و سایر مناطق حساس دیگر می‌شود و نیز، امکان تثبیت آنها با روش‌های مرسوم دیگر میسر نیست، می‌تواند تأثیرات خود را در عرصه بر جای بگذارد. در هر صورت مالچ‌پاشی در تپه‌های ماسه‌ای نیمه‌فعال و غیرفعال، هدر دادن منابع مالی خواهد بود و اینگونه مناطق نباید مالچ‌پاشی شوند.

د) اصولاً روش‌های مکانیکی و مالچ‌پاشی، برای کنترل ماسه‌های روان، از نظر کوتاه بودن دوام و هزینه بالای آن برای توسعه در مقیاس وسیع با معایبی همراه است. همان طور که پیش‌ازاین گفته شد، عمر مفید روش‌های مکانیکی و خاک‌پوش‌ها برای



شکل ۴- نمودار دوام روش‌های مکانیکی- شیمیایی و بیولوژیک در تثبیت ماسه‌های روان در طول زمان

شود. بنابراین، یکی از معیارهای انتخاب عرصه‌های مالچ‌پاشی، امکان‌پذیری استقرار گیاهان کاشته‌شده روی آن است چراکه عمر مفید آنها ۳ تا ۵ سال برآورد شده است، هرچند در برخی مناطق، کارایی تثبیت آنها بیشتر از این مدت نیز بوده است. از این رو، مالچ‌پاشی یا کاربرد مالچ‌های نفتی در مناطقی توجیه‌پذیر است که به دلیل وجود عوامل نامساعد طبیعی، مانند شور بودن ماسه‌ها و بسنده نبودن بارندگی و بادهای شدید، تثبیت شن توسط گیاهان به تنهایی میسر نباشد (رهبر و درویش، ۱۳۸۴) در این صورت، مالچ‌پاشی تنها با رعایت ضوابط فنی و نگاه سیستمی در نظام اکولوژی عرصه و به‌ویژه در محل‌هایی مانند تپه‌های ماسه‌ای فعال



تثبیت و عرصه‌های نهال‌کاری شده را حفاظت کنند و وقتی که موانع و خاک‌پوش‌ها عمرشان به سرآید، نهال‌ها، یا درختان می‌توانند جایگزین آنها شوند. انتظار بر این است که طی مدت زمان تثبیت فیزیکی ماسه‌ها (تحت تأثیر عمل مالچ)، کارهای بیولوژیک (کاشت نهال، قلمه، بذرکاری، بذرپاشی و...) انجام شده، موارد یادشده در عرصه ماسه‌ها مستقر شده و اثر تثبیت‌کنندگی دائمی آنها (به سبب تأثیر در تقلیل سرعت باد) جایگزین اثر مالچ شود. این روش، به‌عنوان یک روش مؤثر و ضروری برای کنترل بیابان‌زایی در مناطق خشک چین استفاده شده است.

ها) در سال‌های اخیر، مواد شیمیایی و طبیعی متفاوتی به‌عنوان خاک‌پوش برای تثبیت ماسه‌های روان و گرد و غبار معرفی شده‌اند، اما با وجود تمام مزیت‌های یادشده برای آنها، هنوز خاک‌پوشی که بتواند از جنبه‌های تثبیت و ماندگاری در عرصه و در سطح وسیع، جایگزین مناسبی برای مالچ نفتی محسوب شود، معرفی نشده است. کمیته ملی گرد و غبار سازمان حفاظت محیط‌زیست که مسئولیت بررسی انواع مالچ‌ها را طی چند سال گذشته بر عهده داشته و بررسی‌های زیادی را از طریق نهادهای زیرمجموعه کارگروه مالچ این کمیته برای انواع معرفی‌شده از طرف شرکت‌ها،

جلوگیری از حرکت ماسه‌های روان، به‌طور معمول سه تا پنج سال پیش‌بینی می‌شود و پس از آن، از کارایی آنها کاسته می‌شود. از طرفی، در بسیاری از موارد، کارایی روش‌های مکانیکی یا بیولوژیکی، به تنهایی در مناطق بیابانی با بادهای فرسایش‌زا رضایت‌بخش نیست. تحقیقات نشان داده است، روش‌های مکانیکی و خاک‌پوش‌ها، در سال‌های اول احداث، کارایی چشمگیری در تثبیت ماسه‌های روان دارند ولی به مرور زمان، تا پنج سال بعد، کارایی خود را از دست می‌دهند. از طرف دیگر، روش‌های بیولوژیکی در سال‌های ابتدایی، کارایی چندانی ندارند ولی به مرور زمان تا پنج سال پس از کاشت گیاه، کارایی آنها به سطح مطلوب می‌رسد (شکل ۴)، البته اگر از گزند بادهای فرسایش‌زا و خالی شدن اطراف ریشه، مصون بمانند (شکل ۵). بنابراین، برای کاشتن و نگهداشتن گونه‌های مختلف گیاهی روی تپه‌های ماسه‌ای فعال، باید از روش‌های حمایتی (مکانیکی یا شیمیایی) و بیولوژیکی، به‌صورت هم‌زمان استفاده شود، به‌ویژه، در پنج سال اول، این دو روش، به‌صورت مکمل یکدیگر می‌توانند برای کنترل فرسایش بادی به کار گرفته شوند. در این روش، موانع و شرایط ایجادشده قبل از نهال‌کاری، می‌توانند حرکت ماسه را



شکل ۶- مالچ‌پاشی در مناطق دارای پوشش گیاهی پراکنده و فاقد تپه‌های ماسه‌ای فعال



یا سایر نهادهای مرتبط انجام داده است، تاکنون دو نوع خاک پوش را که در سطوح آزمایشگاهی کارایی خود را نشان داده‌اند، برای بررسی‌های عرصه‌ای و در پایلوت‌های بزرگ‌تر در سال ۱۴۰۱، به بخش اجرا معرفی کرده است. در هر صورت، در این مورد باید گفت، ماده‌ای می‌تواند در امر تثبیت ماسه‌های روان مورد استفاده مفید قرار گیرد که دارای شرایط حداقلی زیر باشد:

- خصوصیات سلامت از نظر محیط‌زیست،
- نفوذپذیری نسبت به آب و بارندگی،
- انعطاف‌پذیری و چسبندگی خوب،
- قابلیت انحلال در آب، به طوری که قابل مصرف توسط دستگاه‌های محلول‌پاش باشد،
- مقاوم در مقابل شست‌وشو توسط آب باران بعد از مصرف آن،
- غیر زیان‌آور بودن برای گیاهان سبز،
- دارای منافذ کافی برای تبادل هوا و گاز، به طوری که مصرف آن برای گیاهان و تهویه خاک مسئله‌ساز نباشد.

در حقیقت، انواعی از مالچ‌ها می‌توانند برای تثبیت ماسه‌های روان در مناطق خشک کشور استفاده شوند که علاوه بر داشتن شرایط یادشده در بالا، بتوانند حداقل برای دو تا سه سال بعد از مصرف، از حرکت ماسه‌های روان، جلوگیری، در مقابل عوامل محیطی مخرب، مقاومت و سطح خاک را تثبیت کنند.

ز) یک موضوع مورد انتقاد که در بیشتر موارد دیده می‌شود، تعیین محل مناطق مالچ‌پاشی است. دیده شده است، مناطقی که تا حدودی پوشش گیاهی دارند، یا تپه‌های ماسه‌ای فعالی ندارند، مالچ‌پاشی می‌شوند و این کار سبب آسیب رساندن به همان پوشش گیاهی اندک شده است (شکل ۶). به تجربه ثابت شده است، راهکار بهتر و مناسب‌تر برای تثبیت اینگونه مناطق، در صورت وجود بارندگی کافی (حدود ۲۰۰-۱۵۰ میلی‌متر)، قرق دو یا سه ساله است. در این صورت، پوشش این مناطق، بهتر می‌شود و مشکل بر طرف، یا کمتر خواهد شد.

ح) در پایان باید گفت، بر خلاف پژوهش‌های موردی و پراکنده سال‌های اخیر درباره اثرات مالچ نفتی بر محیط‌زیست و منابع طبیعی، به نظر می‌رسد باید تحقیق کاملی از جنبه‌های مختلف و در مناطق متفاوت توسط یک نهاد پژوهشی معتبر، روی مالچ نفتی انجام شود و یک بار برای همیشه، تکلیف این ماده بر حرف و حدیث روشن شود.

## منابع

- ابطحی، م. و خسروشاهی، م.، ۱۳۹۵. تأثیر شش مالچ شیمیایی و معدنی بر استقرار و زنده‌مانی گیاهان اسکنبیل و تاغ. دانش آب و خاک، (۱)۲۶: ۲۹ تا ۴۶.
- اختصاصی، م.ر. و حضیرئی، ف.ا.، ۱۳۹۴. بررسی تأثیر مالچ سیمانی بر تثبیت ماسه‌های روان. مرتع و آبخیزداری، (۴)۶۸: ۷۳۹-۷۵۰.
- اخوان، ج.، ۱۳۸۰. مالچ و مالچ‌پاشی در ایران. دفتر تثبیت شن و بیابان‌زدایی سازمان جنگل‌ها و مراتع کشور، تهران، ۲۰ صفحه.
- جعفری، ف.، کرتولی‌نژاد، د.، امیری، م. و شایان‌مهر، م.، ۱۳۹۶. تأثیر درازمدت مالچ نفتی بر شاخص‌های تنوع زیستی ماکروفون خاک و پوشش گیاهی در منطقه

جاسک. خشکبوم، (۱)۷: ۲۷-۳۸.

خسروشاهی، م.، بانج‌شفیعی، ش. و حیدری مورچه‌خورتی، ف.، ۱۳۹۸. ارزیابی کارایی مالچ نوکلئوس ام ۱۹ در تثبیت گرد و غبار و ماسه‌های روان در مناطق بیابانی ایران. گزارش نهایی طرح پژوهشی. مؤسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع کشور، تهران، ۵۷ صفحه.

خسروشاهی، م.، روحی‌پور، ح. و ابطحی، م.، ۱۳۹۴. بررسی کارایی مالچ‌های شیمیایی به منظور جایگزینی مالچ نفتی در تثبیت ماسه‌های روان. گزارش نهایی طرح پژوهشی. مؤسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع کشور، تهران، ۱۶۰ صفحه.

حضیرئی، ف.ا. و زارع‌ارنایی، م.، ۱۳۹۲. بررسی تأثیر مالچ رسی-آهکی بر تثبیت ماسه‌های روان. آب و خاک، (۲)۲۷: ۳۸۰-۳۷۳.

رضایی، س.ع.، ۱۳۸۸. مقایسه تأثیر پلیمر پلی لاتیس و مالچ نفتی در جوانه‌زنی بذر و استقرار گیاه به منظور تثبیت بیولوژیک تپه‌های شنی. تحقیقات مرتع و بیابان ایران، (۱)۱۶: ۱۳۶-۱۲۴.

رهر، ا.، و درویش، م.، ۱۳۸۴. مروری بر تحقیقات در زمینه خاک‌پوش‌های نفتی. تحقیقات مرتع و بیابان ایران، (۱)۱۲: ۷۲-۶۳.

سازمان برنامه و بودجه، ۱۳۹۸. دستورالعمل فنی ارزیابی کارایی تثبیت‌کننده‌های خاک (مالچ). ضابطه شماره ۷۸۳، ۱۳۹۰ صفحه.

سازمان جنگل‌ها، مراتع و آبخیزداری کشور، ۱۳۸۵. ضوابط، استانداردها و معیارهای فنی استفاده از مالچ نفتی. ۱۶۹ صفحه.

صالحی مورکانی، م.، زارع، س.، ممینی، م.، قوهستانی، م.، احمدآلی، خ. و خلیلی‌مقدم، ب.، ۱۴۰۱. بررسی تأثیر مالچ‌پاشی با مواد نفتی بر کیفیت آب. مرتع و آبخیزداری، (۲)۷۵: ۲۱۱-۱۹۷.

عباسی، ح.ر. و درویش، م.، ۱۳۹۸. مالچ‌پاشی در خوزستان، آری یا نه؟. نشریه طبیعت ایران، (۵)۴: ۱۲-۷.

غلامی‌طیسی، ج.، جعفری، م.، آذرینوند، ح. و سرپرست، م.، ۱۳۹۰. بررسی تأثیر مالچ‌پاشی نفتی بر پوشش گیاهی و خاک ماسه‌زارها (صمدآباد سرخس). مدیریت بیابان، ۴: ۵۰-۴۳.

فرامر، ف.، خلیلی‌مقدم، ب.، شهبازی، ا. و رهنما، م.، ۱۳۹۴. مقایسه کارایی انواع مالچ سازگار با طبیعت در تثبیت ماسه‌های روان اهواز. پژوهش‌های خاک (علوم آب و خاک)، (۴)۲۹: ۴۷۳-۴۶۳.

فرح‌پور، م.، غیور، ف.، شرباف، ح. و یوسف‌زاده، ع.، ۱۳۸۴. مقایسه اثر استفاده از مواد جذب‌کننده رطوبت و مالچ‌های غیرنفتی بر جوانه‌زنی گیاهان و تثبیت شن‌های روان. تحقیقات مرتع و بیابان ایران، (۲)۱۲: ۱۳۴-۱۲۱.

کردوانی، ب.، ۱۳۹۵. مالچ‌پاشی راهکاری خجالت‌آور و سرطان‌زا برای مهار ریزگردها. روزنامه تسنیم، ۳ اسفند ۱۳۹۵ (مصاحبه).

مهدوی، م. و آهنین، غ.، ۱۳۹۶. ماسه‌های روان، فناوری مالچ نفتی و پیامدهای آن. طبیعت ایران، (۶)۲: ۸۲-۷۴.

موحدان، م.، عباسی، ن. و کرامتی، م.، ۱۳۹۰. بررسی آزمایشگاهی تأثیر پلیمر پلی وینیل استات بر کنترل فرسایش بادی خاک‌ها. آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی)، (۳)۲۵: ۶۱۶-۶۰۶.

Akbarnia, H., 2009. The evaluation of contaminated soil by petroleum mulch in combating desertification. DESERT, 14: 127-132.

Kowsar, A., 1968. Effects of petroleum mulch on soil water content and soil temperature. A thesis submitted to Oregon State University in partial fulfillment of the requirements for the degree of Master of Science, Oregon, United State, 115p.