

جمهوری اسلامی ایران
سازمان برنامه و بودجه کشور

دستورالعمل فنی ارزیابی کارایی تثبیت کننده‌های خاک (مالچ)

ضابطه شماره ۷۸۳

آخرین ویرایش: ۱۳۹۸-۰۷-۰۶

سازمان حفاظت محیط زیست کشور
معاونت محیط زیست انسانی
ستاد ملی مقابله با پدیده گرد و غبار
Nsds.center@doe.ir

سازمان برنامه و بودجه کشور
معاونت فنی، امور زیربنایی و تولیدی
امور نظام فنی اجرایی، مشاورین و پیمانکاران
Nezamfanni.ir

شماره: ۹۸/۴۴۹۲۶۵	بخشنامه به دستگاه‌های اجرایی، مهندسان مشاور و پیمانکاران
تاریخ: ۱۳۹۸/۰۸/۱۴	
موضوع: دستورالعمل فنی ارزیابی کارایی تثبیت کننده‌های خاک (مالچ)	
در چارچوب ماده (۳۴) قانون احکام دائمی برنامه‌های توسعه کشور موضوع نظام فنی و اجرایی یکپارچه، ماده (۲۳) قانون برنامه و بودجه و مواد (۶) و (۷) آیین‌نامه استانداردهای اجرایی طرح‌های عمرانی، به پیوست ضابطه شماره ۷۸۳ امور نظام فنی اجرایی، مشاورین و پیمانکاران با عنوان «دستورالعمل فنی ارزیابی کارایی تثبیت کننده‌های خاک (مالچ)» که متن آن به تصویب کارگروه تثبیت کننده‌های خاک ستاد ملی مقابله با پدیده گرد و غبار رسیده است از نوع گروه سوم ابلاغ می‌شود. رعایت مفاد این ضابطه در صورت نداشتن ضوابط بهتر، از تاریخ ۱۳۹۹/۰۱/۰۱ الزامی است. امور نظام فنی اجرایی، مشاورین و پیمانکاران این سازمان دریافت کننده نظرات و پیشنهادهاى اصلاحی در مورد مفاد این ضابطه بوده و اصلاحات لازم را اعلام خواهد کرد.  محمد باقر نوبخت	

اصلاح مدارک فنی

خواننده گرامی:

امور نظام فنی اجرایی، مشاورین و پیمانکاران معاونت فنی، امور زیربنایی و تولیدی سازمان برنامه و بودجه کشور، با استفاده از نظر کارشناسان برجسته مبادرت به تهیه این ضابطه کرده و آن را برای استفاده به جامعه ی مهندسی کشور عرضه نموده است. با وجود تلاش فراوان، این اثر مصون از ایرادهایی نظیر غلط های مفهومی، فنی، ابهام، ابهام و اشکالات موضوعی نیست.

از این رو، از شما خواننده گرامی صمیمانه تقاضا دارد در صورت مشاهده هرگونه ایراد و اشکال فنی مراتب را به صورت زیر گزارش فرمایید:

- ۱- در سامانه مدیریت دانش اسناد فنی و اجرایی (سما) ثبت نام فرمایید: sama.nezamfanni.ir
- ۲- پس از ورود به سامانه سما و برای تماس احتمالی، نشانی خود را در بخش پروفایل کاربری تکمیل فرمایید.
- ۳- به بخش نظرخواهی این ضابطه مراجعه فرمایید.
- ۴- شماره بند و صفحه موضوع مورد نظر را مشخص کنید.
- ۵- ایراد مورد نظر را بصورت خلاصه بیان دارید.
- ۶- در صورت امکان متن اصلاح شده را برای جایگزینی ارسال کنید.

کارشناسان این امور نظرهای دریافتی را به دقت مطالعه نموده و اقدام مقتضی را معمول خواهند داشت. پیشاپیش از همکاری و دقت نظر جنابعالی قدردانی می شود.

نشانی برای مکاتبه: تهران، میدان بهارستان، خیابان صفی علی شاه - مرکز تلفن ۳۳۲۷۱
سازمان برنامه و بودجه کشور، امور نظام فنی اجرایی، مشاورین و پیمانکاران.
Email: nezamfanni@mporg.ir web: nezamfanni.ir

پیشگفتار

به منظور تبیین سیاست‌گذاری و ارائه راهکارهای اجرایی در سطح ملی و منطقه‌ای و نظارت و پیگیری اجرای برنامه‌های کوتاه‌مدت و بلندمدت برای کاربرد تثبیت‌کننده‌های خاک (مالچ)، و ایجاد هماهنگی بین سازمان‌ها و دستگاه‌ها دولتی و خصوصی برای هماهنگی ملی، مدیریت و مقابله با آثار زیان‌بار پدیده گردوغبار در کشور و ایجاد زمینه همکاری‌های منطقه‌ای، ستاد مقابله با پدیده گردوغبار تصمیم به تدوین دستورالعمل فنی ارزیابی کارایی تثبیت‌کننده‌های خاک (مالچ) نمود. در راستای ارزیابی کارایی تثبیت‌کننده‌های خاک (مالچ) در کشور مجموعه موارد مهمی از نیازسنجی، تاریخچه کاربرد، شاخص‌های ارزیابی، ضوابط ارزیابی، معیارهای آزمایشگاهی و درنهایت مجموعه فرم‌های ارزیابی کارایی تثبیت‌کننده‌های خاک در این ضابطه جمع‌آوری شده است.

این مجموعه فعالیت‌ها باید با دقت و مطابق ضوابط و معیارهای مربوطه به اجرا درآیند و نظارت شوند و مورد کنترل و ارزیابی‌های منطقی قرار بگیرند. لذا در اجرای فعالیت‌های تثبیت گردوغبار لازم است ضمن توجه فنی و اقتصادی به لحاظ کیفیت، منطبق بر دستورالعمل‌ها و ضوابط علمی مربوطه باشند تا کارایی مورد انتظار در دوره‌ی طرح تأمین گردد. ستاد ملی مقابله با پدیده گردوغبار تهیه «دستورالعمل فنی ارزیابی کارایی تثبیت‌کننده‌های خاک (مالچ)» را با هماهنگی امور نظام فنی اجرایی، مشاورین و پیمانکاران سازمان برنامه و بودجه کشور در دستور کار قرار داد و پس از تهیه، آن را برای تایید و ابلاغ به عوامل ذینفع نظام فنی و اجرایی کشور به این معاونت ارسال نمود که پس از بررسی، براساس نظام فنی اجرایی یکپارچه، موضوع ماده ۳۴ قانون احکام دائمی برنامه‌های توسعه کشور، ماده ۲۳ قانون برنامه و بودجه و آیین‌نامه استانداردهای اجرایی مصوب هیات محترم وزیران تصویب و ابلاغ گردید.

در راستای تکمیل و پربار شدن این ضابطه از کارشناسان محترم درخواست می‌شود موارد اصلاحی را به امور نظام فنی اجرایی، مشاورین و پیمانکاران سازمان برنامه و بودجه کشور ارسال کنند. کارشناسان سازمان پیشنهادهای دریافت شده را بررسی کرده و در صورت نیاز به اصلاح در متن ضابطه، با همفکری نمایندگان جامعه فنی کشور و کارشناسان مجرب این حوزه، نسبت به تهیه متن اصلاحی، اقدام و از طریق پایگاه اطلاع‌رسانی نظام فنی و اجرایی کشور برای بهره‌برداری عموم، اعلام خواهند کرد.

حمیدرضا عدل

معاون فنی، امور زیربنایی و تولیدی

پاییز ۱۳۹۸

عنوان ضابطه « دستورالعمل فنی ارزیابی کارایی تثبیت‌کننده‌های خاک (مالچ) »

[ضابطه شماره ۷۸۳]

مجری: سازمان حفاظت محیط‌زیست

اعضای گروه تهیه‌کننده:

دکترای بیابان‌زدایی	مشاور رئیس سازمان و دبیر ستاد ملی مقابله با پدیده گردوغبار	علی محمد طهماسبی بیرگانی
دکترای بیابان‌زدایی	عضو هیئت علمی، دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران	سلمان زارع
دکترای آلودگی محیط‌زیست	کارشناس ارشد ستاد ملی مقابله با پدیده گرد و غبار	زینب رفیعی

اعضای گروه داوری فنی پروژه:

دکترای خاکشناسی	حمیدرضا عظیم‌زاده
دکترای اکولوژی	اصغر مصلح آرانی
کارشناس ارشد مدیریت مناطق بیابانی	بابک ربیعی‌فر

اعضای گروه مدیریت اجرای پروژه:

دکترای مهندسی محیط‌زیست	معاون محیط‌زیست انسانی	محمد مسعود تجربشی
دکترای بیابان‌زدایی	مشاور رئیس سازمان و دبیر ستاد ملی مقابله با پدیده گردوغبار	علی محمد طهماسبی بیرگانی

اعضای گروه هدایت و راهبری پروژه (سازمان برنامه و بودجه کشور):

معاون امور نظام فنی اجرایی، مشاورین و پیمانکاران	علیرضا توتونچی
رییس گروه امور نظام فنی اجرایی، مشاورین و پیمانکاران	فرزانه آقارمضانعلی
کارشناس امور نظام فنی اجرایی، مشاورین و پیمانکاران	سید وحیدالدین رضوانی

فهرست مطالب

عنوان	صفحه
فصل اول - کلیات	
۱-۱- مقدمه.....	۵
۲-۱- تاریخچه.....	۷
۱-۲-۱- تاریخچه تثبیت ماسه‌های روان و استفاده از مالچ‌های نفتی در جهان و ایران.....	۷
۲-۲-۱- تاریخچه مالچ‌های غیرنفتی.....	۹
۳-۱- مقررات مرتبط.....	۱۰
۴-۱- بررسی منابع.....	۱۲
۵-۱- هدف.....	۱۶
فصل دوم - ساختار بررسی مواد تثبیت‌کننده خاک (مالچ)	
۱-۲- ساختار اجرایی.....	۱۹
۲-۲- کارگروه تثبیت‌کننده‌های خاک (مالچ).....	۱۹
۳-۲- گردش کار بررسی مواد تثبیت‌کننده خاک.....	۱۹
فصل سوم - خوداظهاری (سطح اول)	
۱-۳- بررسی شاخص‌های سطح یک و اظهارنظر کارگروه.....	۲۵
فصل چهارم - بررسی‌های آزمایشگاهی محیط‌زیستی (بخش یک از سطح دوم)	
۱-۴- روند بررسی.....	۳۱
۲-۴- معیارها و شاخص‌های مرتبط با بررسی‌های آزمایشگاهی محیط‌زیستی (بخش اول از سطح دوم).....	۳۳
۱-۲-۴- معیار خصوصیات مالچ.....	۳۴
۲-۲-۴- معیار پوشش گیاهی.....	۴۳
۳-۲-۴- معیار مقاومت به تنش حرارتی و برودتی.....	۴۴
۴-۲-۴- معیار فون میکروبی خاک.....	۴۵
۵-۲-۴- معیار سمیت بر سلول‌های انسانی.....	۴۶
۶-۲-۴- معیار شدت تجزیه‌پذیری.....	۴۷
۷-۲-۴- معیار تابش ماورا بنفش.....	۴۸

- ۴-۳- نحوه نمونه برداری، شرایط و مدت نگهداری معیارها و شاخص های مواد تثبیت کننده زیستی..... ۴۹
- ۴-۳-۱- معیار تعیین جنس، گونه و سویه باکتری..... ۵۱
- ۴-۳-۲- معیار شوری..... ۵۱
- ۴-۳-۳- معیار اسیدیته..... ۵۱
- ۴-۳-۴- معیار ویژگی های شیمیایی..... ۵۱
- ۴-۳-۵- معیار ارزیابی خطر..... ۵۲
- ۴-۳-۶- معیار فون میکروبی خاک..... ۵۴
- ۴-۳-۷- معیار تعیین قدرت آنزیمی..... ۵۴
- ۴-۳-۸- معیار پوشش گیاهی..... ۵۵
- ۴-۳-۹- معیار مقاومت به تنش حرارتی و برودتی..... ۵۵
- ۴-۴- نتیجه گیری و اعلام وضعیت ماده تثبیت کننده خاک در بخش اول سطح آزمایشگاهی..... ۵۵

فصل پنجم- بررسی های آزمایشگاهی تکمیلی (بخش دو از سطح دوم)

- ۵-۱- روند بررسی..... ۷۱
- ۵-۱-۱- معیارها و شاخص های مرتبط با بررسی های آزمایشگاهی تکمیلی (بخش دو از سطح دوم)..... ۶۲
- ۵-۱-۱-۱- معیار (خواص مکانیکی)..... ۶۲
- ۵-۱-۱-۲- معیار تأثیر بر ویژگی های خاک..... ۷۰
- ۵-۱-۱-۳- معیار ضریب نفوذ مؤثر عمقی در خاک..... ۷۳
- ۵-۱-۱-۴- معیار نفوذ پذیری نسبت به آب..... ۷۴
- ۵-۱-۱-۵- معیار تثبیت خاک در مقابل فرسایش بادی..... ۷۵
- ۵-۱-۱-۶- معیار تثبیت خاک در مقابل فرسایش آبی..... ۷۶
- ۵-۱-۱-۷- معیار رطوبت و نگهداشت آب در خاک..... ۷۸
- ۵-۱-۱-۸- معیار تأثیر بر درجه حرارت خاک..... ۷۹
- ۵-۱-۱-۹- معیار تأثیر بر ویژگی های آب..... ۸۰
- ۵-۱-۲- نتیجه گیری و اعلام وضعیت ماده تثبیت کننده خاک در بخش دوم سطح آزمایشگاهی..... ۸۳

فصل ششم- بررسی های میدانی (سطح سوم)

- ۶-۱- روند بررسی..... ۸۷
- ۶-۱-۱- تشریح معیارها و شاخص ها..... ۸۹

- ۶-۱-۱-۲- معیار تثبیت خاک در مقابل فرسایش بادی..... ۹۰
- ۶-۱-۱-۳- معیار رطوبت و نگهداشت آب در خاک..... ۹۲
- ۶-۱-۱-۴- معیار تأثیر بر درجه حرارت خاک..... ۹۳
- ۶-۱-۱-۵- معیار استحکام..... ۹۴
- ۶-۱-۱-۶- معیار تأثیر بر ویژگی‌های خاک..... ۹۸
- ۶-۱-۱-۷- معیار پوشش گیاهی..... ۱۰۱
- ۶-۱-۲- نتیجه‌گیری و اعلام وضعیت ماده تثبیت‌کننده خاک در بخش دوم سطح آزمایشگاهی..... ۱۰۶

پیوست ۱- ضوابط و نحوه نظارت بر آزمایشگاه‌های مرتبط با بررسی مواد تثبیت‌کننده خاک

- پ.۱-۱- کلیات..... ۱۱۱
- پ.۲-۱- نحوه ارزیابی آزمایشگاه‌های ذی صلاح..... ۱۱۱
- پ.۳-۱- شرایط نمونه‌برداری و تحویل نمونه‌های تثبیت‌کننده..... ۱۱۲
- پ.۴-۱- اندازه‌گیری پارامترها..... ۱۱۶
- پ.۵-۱- ارائه گزارش نتایج..... ۱۱۷

پیوست ۲- نحوه صدور گواهی مواد تثبیت‌کننده خاک

- پ.۲-۱- دامنه کاربرد و مراجع تأییدکننده گواهی..... ۱۲۱
- پ.۲-۲- مدت اعتبار، تمدید اعتبار و لغو اعتبار گواهی..... ۱۲۱
- پ.۳-۳- مدارک موردنیاز برای صدور گواهی..... ۱۲۲

پیوست ۳- فرم‌های مواد تثبیت‌کننده خاک

- منابع مورد استفاده..... ۱۳۶

بیش از نیم قرن از کاربرد مالچ‌های نفتی به منظور مقابله با حرکت ماسه‌های روان به منظور جلوگیری از خسارت ناشی از فرسایش بادی به منابع زیستی و اقتصادی کشور می‌گذرد. در اواخر دهه‌ی چهل هجری خورشیدی، برای اولین بار ماسه‌های روان منطقه بوئین‌زهر با استفاده از مالچ نفتی تثبیت گردید. از آن زمان تاکنون، در بسیاری از مناطق بیابانی ایران این عملیات که از ابتکارات کارشناسان شرکت ملی نفت ایران می‌باشد، اجرا گردیده و در حال حاضر نیز ادامه دارد. در این مدت با توجه به وضع موجود کشور، استفاده از مالچ نفتی برای مقابله با حرکت تپه‌ها و پهنه‌های ماسه‌ای دارای فرازوفرودهایی بوده؛ اما هیچ‌گاه این استفاده متوقف نشده است.

در ابتدا این مواد از سوی دولت به صورت رایگان در اختیار دستگاه اجرایی قرار داده می‌شد؛ ولی در برخی سال‌ها این مواد از شرکت پالایش و پخش فراورده‌های نفتی خریداری گردید. این امر و همچنین مطرح شدن آثار منفی احتمالی این مواد بر روی محیط‌زیست سبب شد تا جایگزینی این مواد توسط سازمان حفاظت محیط‌زیست؛ مراکز تحقیقاتی، دانشگاهی؛ سازمان جنگل‌ها، مراتع و آبخیزداری کشور و معاونت علمی و فناوری ریاست جمهوری مورد پیگیری قرار گیرد.

با توجه به افزایش وقوع گردوغبارهای غیرمعمول با منشأهای داخلی و خارجی از اواسط دهه‌ی هشتاد، استفاده از مواد تثبیت‌کننده خاک به منظور مقابله با این پدیده نوظهور بر سر زبان‌ها افتاد. بدین ترتیب، انواع مالچ‌های غیرنفتی که سازگاری با محیط‌زیست را نیز یدک می‌کشیدند از سوی اشخاص حقیقی و حقوقی به دستگاه‌های متولی پیشنهاد گردید؛ بدون اینکه هیچ‌گونه ارزیابی درباره اثرات استفاده از این مواد در قالب دستورالعمل‌ها و ضوابط مشخص صورت پذیرد. در مدت بیش از ده سال، این مواد به صورت آزمایشگاهی و بعضاً اجرا در سطح محدود (پایلوت)، مورد ارزیابی قرار گرفته لیکن به دلیل نبود برنامه مدون برای بررسی و ارزیابی کارایی تثبیت‌کننده‌های ابداعی در قالب یک دستورالعمل مشخص، استفاده از این مواد به نتیجه نرسید.

در سال ۱۳۹۷، ستاد ملی مقابله با پدیده گردوغبار با همکاری نه دستگاه اجرایی عضو آیین‌نامه آمادگی و مقابله با پدیده گردوغبار، نسبت به ارزیابی کارایی مالچ‌های پیشنهادی افراد حقیقی و حقوقی اقدام نمود که در این بین و به منظور تدوین دستورالعمل فنی ارزیابی کارایی تثبیت‌کننده‌های خاک، از کلیه تجربیات قبلی دستگاه‌های آموزشی، پژوهشی و اجرایی نیز استفاده بعمل آورد. امید است این دستورالعمل فنی، زمینه بهره‌گیری هرچه بیشتر از مواد تثبیت‌کننده خاک یا مالچ‌های سازگار با محیط‌زیست را برای مقابله با فرسایش بادی و گردوغبار در کشور فراهم نماید.

در پایان، از جناب آقای دکتر عیسی کلانتری معاون محترم رئیس‌جمهور و ریاست سازمان حفاظت محیط‌زیست و همچنین جناب آقای دکتر مسعود تجریشی معاون محترم محیط‌زیست انسانی که با حمایت‌ها و رهنمودهای ارزشمند خود زمینه تهیه دستورالعمل حاضر را فراهم نمودند کمال سپاسگزاری را دارم.

علی محمد طهماسبی بیرگانی

مشاور رئیس سازمان حفاظت محیط زیست

و دبیر ستاد ملی مقابله با پدیده گردوغبار

فصل ۱

کلیات

۱-۱- مقدمه

تخریب سرزمین در مناطق خشک به دلیل تأثیر بر امنیت غذایی و کیفیت محیط زیست، به عنوان یکی از معضلات اساسی محیط زیستی در قرن ۲۱ مطرح می‌باشد (MEA, ۲۰۰۵) که این امر می‌تواند در آینده بر جوامع بشری فشار وارد نماید (Lal, ۲۰۰۱). طبق برآوردهای کنوانسیون بین‌المللی مقابله با بیابان‌زایی سازمان ملل متحد، یک‌چهارم اراضی جهان که دربرگیرنده یک‌پنجم جمعیت جهان می‌باشد، تحت تأثیر پدیده بیابان‌زایی می‌باشند (UNCOD, ۱۹۹۷)؛ لذا مقابله با بیابان‌زایی برای کاهش فقر جهانی و همچنین تعدیل کاهش تنوع زیستی و تغییرات اقلیمی انسان‌ساز بسیار ضروری است (MEA, ۲۰۰۵).

فرسایش تشدید بیابان‌زایی به وسیله آب و باد در مناطق خشک یکی از دلایل اصلی بیابان‌زایی قلمداد می‌شود (Lal, ۲۰۰۱). فرسایش یک فرآیند ژئومورفیک طبیعی است که به‌طور پیوسته در سطح زمین اتفاق می‌افتد و تشدید آن از طریق دخالت‌های انسانی می‌تواند اثرات مخربی بر کیفیت خاک و محیط زیست داشته باشد. در طی دو میلیون سال پیش تاکنون فلات ایران که در اثر تحولات کوهزایی در دوران سوم زمین‌شناسی شکل امروزی خود را گرفت، تحت تأثیر فرسایش بادی و آبی بوده است. حدود نیمی از مساحت ایران را نهشته‌های دوران چهارم زمین‌شناسی تشکیل داده است که به دلیل جوانی هنوز سست بوده و کاملاً سخت نشده‌اند. جنوب آسیا یکی از مناطقی در دنیا است که فرسایش آبی و بادی در آن یکی از معضلات اساسی است (Lal, ۲۰۰۱). بیش از ۳۵ درصد اراضی دنیا دارای اقلیم خشک است که در این اراضی حدود ۱۷ درصد جمعیت دنیا ساکن هستند (مروتی شریف‌آباد، ۱۳۸۰)، از این‌رو، می‌توان گفت در مقیاس جهانی شاید اهمیت و خطر فرسایش بادی کمتر از فرسایش آبی نباشد.

فرسایش بادی یکی از جنبه‌های مهم تخریب اراضی در مناطق خشک و نیمه‌خشک محسوب می‌شود (Coppinger و همکاران، ۱۹۹۱)، به‌طوری‌که حدود یک‌ششم مساحت اراضی دنیا را تحت تأثیر خود قرار داده است (Skidmore, ۲۰۰۰). در سطح جهانی، حدود ۵۴۹ میلیون هکتار در اثر فرسایش بادی مورد تخریب قرار گرفته (Subramaniam و Chinappa, ۲۰۰۲) که ۲۹۶ میلیون هکتار آن دارای فرسایش بادی شدید می‌باشد (Lal, ۲۰۰۳). این در حالی است که این پدیده یکی از عوامل اصلی محدودکننده حاصلخیزی خاک در بسیاری از نقاط جهان از جمله ایران می‌باشد (Zhao و همکاران، ۲۰۰۶)، در چند دهه اخیر، فرسایش بادی به دلیل استفاده نامناسب از سرزمین روندی صعودی داشته که باعث خسارت به منابع زیستی و اقتصادی شده است (طهماسبی بیرگانی، ۱۳۹۲). بنابراین چالشی جدی در برابر تولید پایدار و مدیریت اراضی کشاورزی محسوب می‌شود.

از کل مساحت کانون‌های بحرانی فرسایش بادی ۵۷۵۲۲۹۳ هکتار (۷۵/۳ درصد) جزء مناطق برداشت، ۴۱۳۰۲۳ هکتار (۵/۴ درصد) جزء منطقه حمل و ۱۴۷۴۳۰۲ هکتار (۱۹/۳ درصد) مابقی جزء منطقه رسوب‌گذاری می‌باشد (طهماسبی بیرگانی، ۱۳۹۲). حدود شش درصد از سطح خشکی‌های کره زمین از نهشته‌های بادی پوشیده شده است و حدود ۹۷ درصد این نهشته‌ها در پهنه‌های ماسه‌ای مناطق خشک کره زمین دیده می‌شوند (Tsoar و Pye, ۲۰۰۹).

ماسه‌های بادی و تپه‌های ماسه‌ای روان خطر بزرگی برای کشاورزی، جاده‌ها، راه‌آهن‌ها و راه‌های مواصلاتی در بسیاری از مناطق کره زمین به شمار می‌آیند. اثرات منفی ماسه‌های بادی و تپه‌های متحرک شامل فرسایش خاک، تخریب محصولات کشاورزی و آثار هنری، مسدود کردن جاده‌ها و کانال‌ها و راه‌آهن، پُر کردن چاه‌ها و مخازن سدها و مدفون کردن ساختمان‌ها و تأسیسات صنعتی است.

غبارخیزی از اراضی تحت تأثیر فرسایش بادی تأثیرات مخرب کوتاه‌مدت، میان‌مدت و طولانی‌مدتی را بر جای می‌گذارد. ذرات بسیار ریزی که قادرند تا ارتفاع ۶ km صعود و تا مسافت ۶۰۰۰ km کیلومتر به‌وسیله جریان باد حمل شوند، گستره وسیعی از ایران را در سال‌های اخیر تحت تأثیر خود قرار داده‌اند. گردوغبار اتمسفری مانع از نفوذ نور خورشید و کاهش تولیدات کشاورزی به میزان ۳۰-۵ درصد می‌شود. از دیگر آثار منفی اقتصادی-اجتماعی گردوغبار می‌توان به اختلال در سیستم‌های ابزار دقیق، گرم شدن الکتروموتورها و آسیب به توربین‌ها در صنایع، افزایش تعداد روزهای تعطیل، مهاجرت، افزایش سوانح به دلیل کاهش دید افقی، لغو پروازها، افت قیمت زمین، افزایش نیاز به مصرف انرژی و آب، افزایش نیاز به پاک‌سازی، تعمیرات و نگهداری و ... اشاره کرد.

به دلیل مشکلات ایجادشده در اثر حرکت تپه‌های ماسه‌ای و رخداد گردوغبار و اثرات نامطلوب آن بر شهرها، روستاها، مناطق مسکونی، کارخانه‌های صنعتی، خطوط ارتباطی، اراضی زراعی، شبکه‌های آبیاری و زهکشی و ... تثبیت خاک در اراضی تخریب یافته و مقابله با حرکت تپه‌های ماسه‌ای از اهمیت ویژه‌ای برخوردار می‌باشد (Fadhil, ۲۰۰۲). ازجمله اقدامات مهمی که از چندین دهه قبل در زمینه کنترل فرسایش بادی و تثبیت ماسه‌های روان در کشور صورت گرفته است، می‌توان به مالچ‌پاشی اشاره کرد. استفاده از پوشش‌های حفاظتی (مالچ) در سطح خاک از قدیم در کشاورزی معمول بوده و انگیزه اصلی از انجام این عمل، پوشاندن خاک و افزایش باروری آن بوده است. برای این منظور عمدتاً از ضایعات محصولات کشاورزی، فضولات حیوانی، شاخ و برگ گیاهان و یا حتی مواد ساخته‌شده صنعتی همچون کاغذ، پشم‌شیشه و ورقه‌های نازک فلزی استفاده به‌عمل می‌آمده است. این مواد نه‌تنها سطح خاک را در مقابل عوامل مختلفی همچون باد و باران محافظت می‌نماید، بلکه با ایجاد سله و یا مانعی در مقابل حرکت هوا بر روی زمین، باعث کاهش تبخیر و در نتیجه حفظ رطوبت خاک و جلوگیری از تغییرات ناگهانی درجه حرارت شده که عمدتاً در پیش‌رس نمودن گیاه، کاهش مصرف آب گیاهان، جوانه زدن گیاه، کاهش اثرات سوء تشکیل سله در خاک، حفاظت خاک از فرسایش بادی و آبی و ... مصرف دارد.

مالچ در اصلاح خاک‌های فقیر و زمین‌های در حال فرسایش و همچنین حفاظت آبخیزها و ممانعت از ورود ماسه به آبگیر سدها و حفاظت از جاده‌ها، راه‌آهن، فرودگاه‌ها، مراتع، قنوت، تأسیسات نظامی، روستاها و شهرهایی که مورد هجوم ماسه‌های روان هستند، نقش ارزنده و مفیدی داشته و با کاربرد آن می‌توان از بروز خسارات جبران‌ناپذیر، جلوگیری نمود. بنابر آنچه گفته شد، استفاده از خاک‌پوش‌ها به‌منظور حفاظت از خاک و جلوگیری از خسارت به منابع زیستی و اقتصادی تحت تأثیر گردوغبار امری ضروری بوده و در این بین، لازم است مواد سازگار با محیط‌زیست را برای این منظور به کار گرفت.

۱-۲- تاریخچه

۱-۲-۱- تثبیت ماسه‌های روان و استفاده از مالچ‌های نفتی در جهان و ایران

کوشش‌های انجام گرفته در نقاط مختلف دنیا برای محدود کردن صدمات ناشی از ماسه‌های بادی، تاریخچه‌ای طولانی دارد. سابقه استفاده از مالچ^۱ یا خاک‌پوش به قدمت کشاورزی می‌رسد (Jacks و همکاران، ۱۹۹۵). در زمان‌های قدیم، یونانیان باستان و چینی‌ها سنگ‌ریزه و خرده‌سنگ‌ها را برای حفظ آب روی سطح خاک پخش می‌کردند (Armbrust، ۱۹۹۹). از قرون وسطی تاکنون، کاشت گونه‌های گیاهی بر روی تپه‌های ساحلی در اروپا رایج بوده است و از ابتدای قرن شانزدهم، استفاده از حصار یا پرچین ماسه برای توقف ماسه‌های بادآورده شروع شده است. در طی اواخر قرن هجدهم، مهندسين فرانسوی روش‌های کامل‌تری برای تثبیت ماسه‌های روان در منطقه Gascomy ارائه کردند. در ایالات متحده با تثبیت ماسه‌های سواحل ماساچوست در ابتدای قرن هجدهم، این کار آغاز شد و سپس مورد استفاده گسترده قرار گرفت. در Yalley Nile و بخش‌هایی از شمال چین، هزاران سال است که روش‌هایی برای مهار ماسه‌های روان در جریان است.

در اتحاد جماهیر شوروی سابق، نخستین اقدام برای تثبیت ماسه به وسیله مواد نفتی در سال ۱۸۹۰ در مسیر راه آهن آسیائی روسیه انجام شد (تلوری، ۱۳۶۳). در همین سال، مؤسسه اگروفیزیک پیتربورگ (لنینگراد)، آزمایشی برای تثبیت ماسه‌های روان با استفاده از امولسیون قیر در رپتک (Repetek) واقع در بیابان قره‌قوم انجام داد. باین حال، اولین گزارش‌های پژوهشی راجع به نتایج کاربردی پوشش‌های نفتی در سطح خاک از سال ۱۹۳۵ در مجلات علمی و از سال ۱۹۴۱ در منابع آمریکایی گزارش شد (درویش، ۱۳۷۹).

کار تثبیت ماسه‌های روان از طریق پوشاندن آن‌ها به وسیله امولسیون از قیرهای طبیعی در شوروی سابق ادامه پیدا کرد. در این روش، قیر رقیق شده با آب روی ماسه‌ها پاشیده شده و تا عمق ۵-۷ سانتیمتر نفوذ نموده و پس از تبخیر آب، قیر طبیعی موجب ایجاد نیروی چسبندگی بین ذرات ماسه گردیده و آن‌ها را تثبیت می‌نمود.

در سال ۱۹۶۱، کشور لیبی با روش پاشیدن مازاد مواد نفتی، توانست تپه‌های ماسه‌ای را تثبیت نماید. به طوری که این کشور در بین سال‌های ۱۹۶۳ و ۱۹۶۶ حدود ۷۵۰ هکتار زمین بایر و ماسه‌زار و تا سال ۱۹۶۸ حدود ۳۰۰۰ هکتار عرصه را تثبیت نمود. در سال ۱۹۶۵، در کشور الجزایر نیز آزمایش‌هایی جهت حفاظت جاده‌ها بعمل آمد که نتایج آن بسیار مفید بود. بدین جهت سطح عمل در اکثر دنیا که مواجه با مشکل فرسایش بادی بودند روز به روز توسعه یافت.

۲- مالچ کلمه‌ای انگلیسی و به معنای پوشش است. مالچ نفتی شبیه قیرهای امولسیونه است که با مواد دیگر مخلوط و به صورت قابل استفاده در می‌آید. شرکت‌های سازنده مانند شرکت شل و اسو ترکیبات متفاوتی را برای این منظور پیشنهاد و برای هر یک نام و مشخصاتی را تعیین نموده‌اند. از آنجایی که این مواد عمدتاً برای پوشش خاک به کار می‌رود، برخی از کارشناسان امر از این مواد تحت عنوان «خاک‌پوش» نام می‌برند.

در پنج دهه اخیر، در ایران نیز به دلیل رشد اقتصادی و توسعه مناطق شهری، مقابله با فرسایش بادی به‌ویژه تثبیت ماسه‌های روان در اولویت قرار گرفته است. به این منظور، فعالیت‌های گسترده‌ای در کشور ایران انجام شده است. این فعالیت‌ها از طریق اقدامات بیولوژیک مانند نهال‌کاری، بذرکاری و بذرپاشی و سایر اقدامات فیزیکوشیمیایی مانند احداث بادشکن و یا مالچ‌پاشی با استفاده از مواد نفتی انجام شده است.

در سال ۱۳۳۷ با تشکیل اولین کمیته حفاظت آب‌و خاک در تشکیلات وزارت کشاورزی و با هدف بررسی علل و عوامل فرسایش بادی و آبی در کشور، اقداماتی در زمینه تثبیت ماسه‌های روان آغاز و پیگیری این موضوع به واحد حفاظت سازمان جنگل‌بانی محول گردید. واحد مذکور در سال ۱۳۳۸ جهت مقابله با فرسایش بادی در سطحی معادل ۴۰ هکتار از تپه‌های ماسه‌ای منطقه الباجی اهواز، برنامه مطالعاتی و تحقیقاتی خود را آغاز کرد (طهماسبی بیرگانی، ۱۳۹۲). پس از گذشت شش سال و کسب نتایج مثبت از تحقیقات انجام شده، عملیات اجرایی در سال ۱۳۴۴ در سطحی برابر ۱۰۰ هکتار از ماسه‌زارهای خراسان (حارث‌آباد سبزوار) در چارچوب اصلاح مراتع بیابانی ادامه یافت. در سال ۱۳۴۹ با کسب نتایج ارزشمند از فعالیت‌های انجام‌شده، برنامه تثبیت ماسه‌های روان و بیابان‌زدایی در ۱۰ استان و سپس در سال ۱۳۵۰ در ۱۲ استان و در حال حاضر در بیش از ۲۲ استان کشور اجرا می‌گردد. در ابتدا، نقاط و یا کانون‌های بحرانی که مراکز اقتصادی، مواصلاتی، نظامی و... را تهدید می‌نمود، مورد شناسایی قرار گرفته و سپس عملیات اجرایی آغاز می‌گردید. شیوه‌های به کار گرفته شده در ابتدای عملیات تثبیت ماسه‌های روان احداث بادشکن‌های غیرزنده بود که متعاقب آن و به دلیل کارایی موقت آن‌ها، روش‌های مؤثرتر و پایدارتری نظیر مالچ‌پاشی^۱ مدنظر قرار گرفت.

با توجه به اهمیت نتایج حاصله از مازاد مواد نفتی، کشور ایران از سال ۱۳۴۶ (۱۹۶۷ میلادی) استفاده از مازاد مواد نفتی را که به نام مالچ معرفی شده بود، به‌صورت آزمایشی آغاز نمود و طرح‌های مفیدی در این مورد پیشنهاد و عملی گردید. در این راستا، عده‌ای از متخصصین شرکت ملی نفت ایران پایه‌گذار برنامه‌های مالچ‌پاشی (به‌طور آزمایشی) بر روی تپه‌های ماسه‌ای فتح‌آباد بوئین‌زهره از طریق پاشش مالچ با آب‌پاش بودند. از سال ۱۳۴۹ پس از موفقیت طرح آزمایشی در ایستگاه حمیدیه (بین جاده اهواز- خرمشهر)، از اسکی چرخ‌دار و تراکتور با گنجایش حدود سه تا چهار تن برای پاشش مالچ در سطوح وسیع‌تر استفاده گردید که این اسکی با دو چرخ و در طی سال‌های بعد به‌صورت چهارچرخ و با گنجایش پنج تا شش تن تکمیل گردید.

از سال ۱۳۵۰، به دلیل این که اسکی چرخ‌دار قادر به حرکت در تپه‌های ماسه‌ای تقریباً مرتفع نبود، متخصصین اقدام به طراحی و ساخت «اسکی بدون چرخ» با ظرفیت ۱۰ تا ۱۲ تن نمودند که دارای سطح اتکای بسیار زیاد و با اصطکاک کم بود.

۱- پیشینه نخستین عملیات مالچ‌پاشی به سال ۱۳۴۷ در ۹۰۰ هکتار از مناطق ماسه‌ای مرادتپه و فتح‌آباد بوئین زهره می‌رسد (دفتر تثبیت شن و بیابان‌زدایی، ۱۳۷۵).

هرچند استفاده از مالچ نفتی، زمانی جزو بهترین راه‌حل‌ها برای تثبیت ماسه‌های روان محسوب می‌شده است، با این حال اثرات مالچ نفتی روی جوانه‌زنی بذر و استقرار گیاه (Fadhil, ۲۰۰۲)، مشکلات بهداشتی و محیط‌زیستی و هزینه‌های آن همواره از جمله دغدغه‌های مسئولان امر و محدودیت‌های کاربرد این نوع مالچ بوده است (رضایی، ۱۳۸۸). کاربرد مالچ نفتی علاوه بر سختی کار و نیازمندی به سامانه گرمایش برای گرم کردن مالچ، دارای عوارض بهداشتی و آلودگی برای کارکنان در حین اجرا می‌باشد. در عین حال، بارها دیده شده است که در زمان عملیات مالچ‌پاشی بر روی گیاهان موجود و یا نهال‌های تازه کاشته شده اثرهای منفی باقی می‌گذارد. از طرف دیگر با پیشرفت فناوری و افزایش مصرف فراورده‌های نفتی، امروزه دیگر مالچ نفتی ترکیبات پسماند محسوب نشده و در نتیجه استفاده از آن برای فرایند تثبیت تپه‌های ماسه‌ای با محدودیت‌هایی مواجه شده است، از این رو علاوه بر محروم شدن از سایر فراورده‌هایی که می‌توان با تصفیه این ماده از آن استخراج نمود، هزینه زیاد حمل مالچ نفتی از پالایشگاه تا عرصه کار و سایر موارد ذکر شده، استفاده از ترکیبات و روش‌های کارآمدتر را بسیار ضروری نموده است.

در طول حدود نیم قرن که از آغاز این فعالیت‌ها در ایران می‌گذرد، بیش از دو میلیون هکتار از اراضی بیابانی و تپه‌های ماسه‌ای فعال کشور از طریق اجرای روش‌های مختلف احیا و تثبیت شده‌اند (مرکز مطالعات و مدیریت و بهره‌وری ایران، ۱۳۸۲). از ابتدا تا زمان تهیه این دستورالعمل از مساحت حدود ۵ میلیون هکتار تپه‌ها و پهنه‌های ماسه ای کشور، حدود ۲۹۶۰۰۰ هکتار از طریق عملیات مالچ‌پاشی همراه با نهال کاری تثبیت شده است.

۱-۲-۲- تاریخچه مالچ‌های غیرنفتی

به دلیل برخورداری کشور از منابع عظیم نفت از یک سو و فناوری پایین پالایشگاه‌ها از سوی دیگر، مواد جانبی پالایشگاه‌ها (فراورده‌های سنگین نفت)، تحت نام مالچ نفتی برای ایجاد پوشش حفاظتی بر روی ماسه‌های روان مورد استفاده قرار گرفت؛ اما بهای این ماده که در گذشته به صورت رایگان در اختیار دستگاه‌های اجرایی کشور قرار داده می‌شد، بسیار زیاد شده است. به علاوه عملیات مالچ‌پاشی نیازمند تجهیزات و نیروی انسانی زیادی است؛ چون این ماده شبیه قیر است بنابراین، باید ابتدا در محیط گرم و سپس بر روی خاک پاشیده شود که هزینه حمل از مبدأ تا منطقه عملیاتی نیز به آن اضافه می‌گردد. از سوی دیگر، این ماده دارای آثار احتمالی منفی بر روی محیط‌زیست است. بنابراین، با توجه به پیشرفت فناوری و افزایش مصرف فراورده‌های نفتی و همچنین مشکلات زیست‌محیطی ناشی از به‌کارگیری مالچ‌های نفتی، ضرورت استفاده از مواد کارآمدتر، ارزان‌تر و سازگار با محیط زیست دوچندان شده است.

در چند سال گذشته، توجه زیادی به یافتن خاک‌پوش (مالچ) مناسب برای جایگزینی مالچ‌های نفتی معطوف گشته و انواع مختلفی از خاک‌پوش‌ها تحت عنوان Soil Binder یا Polymer Binder به بازار عرضه شده است. این مواد عموماً از ترکیبات پلیمری با خاصیت آنیونی و یا کاتیونی هستند که برخی از آن‌ها با پایه طبیعی و با استفاده از فناوری نانو ساخته شده‌اند (رضایی، ۱۳۸۸)، از این جمله می‌توان به مواد پلیمری، بیوپلیمری، رزین‌ها و پلی‌تکس اشاره کرد. افزون بر آن، در بین خاک‌پوش‌های نوساخته مواد ارگانیک و بیولوژیک، رس‌ها و پسماندهای گیاهی فراوری شده نیز به چشم

می‌خورد. اما اطلاعات ناکافی در زمینه اثرات محیط‌زیستی مواد نوظهور که عمدتاً توسط سازندگان این مواد به چاپ رسیده است، موجب شد تا استقبال کم‌تری از این خاک‌پوش‌ها به عمل آید.

در اواسط دهه هشتاد هجری شمسی، با گسترش وقوع طوفان‌های گردوغبار با منشأهای داخلی و خارجی در ایران، سازمان حفاظت محیط‌زیست طرح مقابله با پدیده گردوغبار در استان‌های جنوب و غرب کشور را به هیئت دولت تسلیم نمود و در نهایت آئین‌نامه آمادگی و مقابله با آثار زیان‌بار پدیده گردوغبار در کشور تهیه و به دستگاه‌های اجرایی ذی‌ربط ابلاغ گردید. در سال ۱۳۹۵ ستاد ملی مقابله با پدیده گردوغبار به‌منظور هماهنگی و برنامه‌ریزی در راستای انجام مفاد این آئین‌نامه آغاز به کار نمود. ملاحظات محیط‌زیستی مالچ‌های نفتی از یک‌طرف و افزایش قیمت آن و ضرورت توسعه فناوری‌های پیشرفته‌تر به‌منظور تدوین برنامه‌های منطقه‌ای مؤثر در استان‌های تحت تأثیر گردوغبار از طرف دیگر، استفاده از خاک‌پوش‌های جایگزین را اجتناب‌ناپذیر نمود. در همین راستا، فعالیت‌های جداگانه و گاهی موازی در سازمان‌های حفاظت محیط‌زیست و جنگل‌ها مراتع و آبخیزداری و همچنین معاونت علمی و فناوری ریاست جمهوری صورت پذیرفت. فعالیت‌های این سه دستگاه دولتی، با ظهور شرکت‌های دانش‌بنیان در زمینه تولید خاک‌پوش‌های غیرنفتی هم‌زمان بود و طیف وسیعی از مواد تثبیت‌کننده خاک به سازمان‌های متولی پیشنهاد گردید. برخی از این مواد به‌صورت آزمایشگاهی و بعضاً اجرا در سطح میدانی مورد ارزیابی قرار گرفت که به دلیل نبود یک رویه واحد برای ارزیابی این مواد و ناهماهنگی بین سازمان‌های متولی، این ارزیابی‌ها نتیجه مؤثری در پی نداشت.

لذا با توجه به نیاز مبرم کشور، سازمان حفاظت محیط‌زیست هم‌زمان با تدوین دستورالعمل‌های ارزیابی کارایی تثبیت‌کننده‌های خاک، وظیفه هماهنگی بین دستگاه‌های متولی را با تشکیل یک کارگروه تحت عنوان کارگروه تثبیت‌کننده‌های خاک در ستاد ملی مقابله با پدیده گردوغبار بر عهده گرفت. این کارگروه مرکب از متخصصان و کارشناسان دستگاه‌های اجرایی، نظارتی و دانشگاهی مرتبط است و اخیراً بررسی خصوصیات محصولات ارائه‌شده و ارائه راه کارهای لازم به‌منظور استفاده از توانمندی‌های موجود را پیگیری می‌نماید.

۱-۳- مقررات مرتبط

در زمینه مقابله با بیابان‌زایی و به‌تبع آن مبارزه با فرسایش بادی و گردوغبار اقدامات مقابله‌ای مانند مدیریت منابع آب‌و‌خاک، پیشگیری، اصلاح و احیای مراتع از جمله نهال‌کاری، مالچ‌پاشی و مدیریت اراضی، جبران خسارات و سازگاری با تغییر اقلیم، قوانین بسیاری در ایران وجود دارد که در آن وظایف دستگاه‌ها و سازمان‌های مختلف و نحوه همکاری آن‌ها مشخص شده است. سازمان حفاظت محیط‌زیست در متون قانونی متعدد به‌عنوان مرجع صلاحیت‌دار نظارتی برای پیشگیری، کاهش و ممانعت از تخریب، تجاوز و آلودگی محیط‌زیست شناخته شده است. در راستای عمل به این وظایف قانونی، ستاد مقابله با پدیده گردوغبار با همکاری دستگاه‌های عضو ستاد، ارزیابی مواد تثبیت‌کننده خاک جایگزین برای مالچ نفتی از نظر سازگاری با محیط‌زیست و کارایی در شرایط محیطی را پیگیری می‌نماید. در زیر به برخی از مهم‌ترین این قوانین و آئین‌نامه‌ها اشاره می‌شود:

الف) قانون حفاظت و بهسازی محیط زیست (مصوبه ۵۳/۲/۲۸ و اصلاحیه ۱۳۷۱/۸/۲۴)

ماده ۱: حفاظت و بهبود و بهسازی محیط زیست و پیشگیری و ممانعت از هر نوع آلودگی و اقدام مخربی که موجب برهم خوردن تعادل و تناسب محیط زیست می شود؛ همچنین کلیه امور مربوط به جانوران وحشی و آبزیان آب های داخلی از وظایف سازمان حفاظت محیط زیست است.

ماده ۲: اقدام به هر عملی که موجبات آلودگی محیط زیست را فراهم نماید ممنوع است. منظور از آلوده ساختن محیط زیست عبارت است از پخش یا آمیختن موارد خارجی به آب یا هوا یا خاک یا زمین به میزانی که کیفیت فیزیکی یا شیمیایی یا بیولوژیک آن را به طوری که زیان آور به حال انسان یا سایر موجودات زنده و یا گیاهان و یا آثار و ابنیه باشد تغییر دهد.

ب) آیین نامه اجرایی آمادگی و مقابله با پدیده گردوغبار (شماره ۴۷۳۶۲/ت ۵۳۲۲۷ مورخ ۹۵/۴/۲۶)

ماده ۴: وزارت جهاد کشاورزی (سازمان جنگل ها، مراتع و آبخیزداری کشور) موظف است با همکاری ستاد مقابله با گردوغبار و استانداری های مربوط، نسبت به تهیه برنامه زمان بندی اجرای طرح های تثبیت کانون های تولید گردوغبار نظیر کشت درختان و بوته های مرتعی و مالچ پاشی و سایر اقدامات مناسب بر اساس نتایج طرح شناسایی کانون های بحرانی اقدام نماید.

پ) آیین نامه اجرایی کنوانسیون تغییر آب و هوا و پروتکل کیوتو (تصویب نامه شماره ۱۰۴۵۴۸/ت ۳۹۲۱۳ ک مورخ ۱۳۸۸/۵/۲۴ هیئت وزیران)

در فصل چهارم، ماده ۸، وظایف دستگاه های اجرایی و نظارتی کشور ایران در زمینه کاهش آسیب پذیری و سازگاری با تغییر آب و هوا تصریح شده است. سازمان جنگل ها و مراتع کشور مکلف شده است تا پایان برنامه پنجم توسعه، طرح شناسایی و احیاء مراتع در حال تخریب واقع در قطب های دام پروری کشور را تهیه و به مورد اجرا در آورد.

ت) قانون هوای پاک (مصوب مورخ ۹۶/۵/۲۵ مجلس شورای اسلامی)

ماده ۲۴: سازمان جنگل ها، مراتع و آبخیزداری مکلف است علاوه بر اجرای طرح های بیابان زایی مقرر، جهت مهار کانون های مستعد بیابان زایی و تولید گردوغبار در کشور سالانه حداقل معادل سیصد هزار هکتار نسبت به اجرای اقدامات مقابله با گردوغبار با اولویت عملیات بیابان زدایی در مناطق بحرانی و کانون ها و زیست بوم های حساس اقدام نماید.

ماده ۲۵: سازمان محیط زیست مکلف است با همکاری وزارت نیرو نیاز آبی زیست بومی رودخانه ها، تالاب ها، خورها، دریاچه ها و زیست بوم ها را تعیین و وزارت نیرو متناسب با شرایط ترسالی، عادی و خشک سالی سالانه نسبت به تخصیص حقایق موارد فوق اقدام نماید.

ث) قانون توزیع عادلانه آب (مصوب ۱۳۶۱/۱۲/۱۶ با اصلاحیه مورخ ۱۳۶۴/۸/۱۴)

ماده ۴۶: آلوده ساختن آب ممنوع است. مسئولیت پیشگیری، ممانعت و جلوگیری از آلودگی منابع آب به سازمان حفاظت محیط زیست محول می شود. سازمان مذکور موظف است پس از کسب نظر سایر مقامات ذی ربط کلیه تعاریف،

ضوابط و مقررات و آیین‌نامه‌های مربوط به جلوگیری از آلودگی آب را تهیه و به تصویب هیئت‌وزیران برساند و پس از تصویب لازم‌الاجرا خواهد بود.

ج) قانون مجازات اسلامی - تعزیرات (مصوب ۱۳۵۷/۳/۲ با اصلاحات ۱۳۷۶/۵/۸)

ماده ۶۹۰: هر کس به وسیله صحنه‌سازی از قبیل پی‌کنی، دیوارکشی، تغییر حدفاصل، امحای مرز، کرت بندی، نهر کشی، حفر چاه، غرس اشجار و زراعت و امثال آن به تهیه آثار تصرف در اراضی مزروعی اعم از کشت‌شده یا در آیش زراعی، جنگل‌ها و مراتع ملی شده، کوهستان‌ها، باغ‌ها، قلمستان‌ها، منابع آب، چشمه‌سارها، انهار طبیعی و مائک‌های ملی، تأسیسات کشاورزی، دامداری، دام‌پروری، کشت و صنعت، اراضی موات و بایر و سایر اراضی و املاک متعلق به دولت یا شرکت‌های وابسته به دولت یا شهرداری یا اوقاف و همچنین اراضی و املاک و موقوفات و محبوسات و اثلاث باقیه که برای مصارف عام‌المنفعه اختصاص یافته یا اشخاص حقیقی و حقوقی به‌منظور تصرف با ذی‌حق معرفی کردن خود با دیگری مبادرت نماید یا بدون اجازه سازمان محیط‌زیست یا مراجع ذی‌صلاح دیگر مبادرت به عملیاتی نماید که موجب تخریب محیط‌زیست و منابع طبیعی گردد یا اقدام به هرگونه تجاوز و تصرف عدوانی یا ایجاد مزاحمت یا ممانعت از حق در موارد مذکور نماید به مجازات یک ماه تا یک سال حبس محکوم می‌شود. دادگاه موظف است حسب مورد رفع تصرف عدوانی یا رفع مزاحمت یا ممانعت از حق یا اعاده وضع به حال سابق نماید.

چ) قانون برنامه ششم توسعه جمهوری اسلامی ایران مصوب ۹۵/۱۲/۱۴

ماده ۳۱: در این ماده مشخص شده است که تا پایان برنامه ششم توسعه باید مساحت اراضی تثبیت‌شده برای مهار کانون‌های بحرانی گردوغبار و شن‌های روان به ۳۱۰ هزار هکتار افزایش یابد.

ماده ۳۸: بندهای مختلف این ماده از قانون برنامه به حفاظت و احیای تالاب‌ها و مراتع و همچنین بیابان‌زدایی و کنترل کانون‌های بحرانی آن می‌پردازد.

ح) کنوانسیون مقابله با بیابان‌زایی و تعدیل اثرات خشکسالی مصوب ۱۳۷۵ مصوب ۱۳۷۵/۱۰/۲ مجلس شورای اسلامی

بر اساس این قانون، کارگروه مقابله با بیابان‌زایی به ریاست وزیر جهاد کشاورزی و ۱۰ وزارتخانه و ۵ سازمان تشکیل گردیده است.

۴-۱- بررسی منابع

در پی استفاده از مالچ نفتی، برخی محققین به بررسی کارایی آن و مسائل و مشکلات زیست‌محیطی ناشی از کاربرد آن پرداختند. نتایج حاصل شده نشان‌دهنده این واقعیت است که اگرچه مالچ نفتی از موادی است که در تثبیت ماسه‌های روان موفق عمل کرده است؛ اما به کرات دیده شده است که در زمان عملیات مالچ‌پاشی، روی گیاهان موجود و یا نهال‌های تازه کشت‌شده اثرهای منفی باقی می‌گذارد (رضایی، ۱۳۸۸). همچنین اثرات مالچ نفتی بر روی جوانه‌زنی و استقرار گیاهان همواره از دغدغه‌های مسئولان امر و محدودیت‌های کاربرد این نوع مالچ بوده است (رضایی، ۱۳۸۸).

علی‌رغم تمامی مسائل و مشکلات بهداشتی و زیست‌محیطی که در مورد مالچ نفتی ذکر شد، پژوهشگاه صنعت نفت ایران در طرحی تحت عنوان «بررسی و بهبود کیفیت مالچ‌های نفتی» بیان داشت که مالچ، آب‌وخاک منطقه را آلوده نمی‌کند. بر مبنای همان طرح ادعا شده است که هرچند مالچ‌های نفتی تولیدی بر پایه ترکیبات سنگین نفتی است، اما عاری از مواد خطرناک برای سلامتی است (پژوهشگاه صنعت نفت، ۱۳۸۴). هر چند که با توجه به ترکیبات مالچ نفتی و بویژه وجود هیدروکربن‌های آروماتیک موجود در آن، پذیرفتن این واقعیت که مالچ نفتی عاری از مواد خطرناک برای سلامتی است، اندکی سخت می‌نماید.

نیاز به افزایش تولیدات غذایی و بهبود کیفیت محیط‌زیست انگیزه‌ای برای تحقیقات در زمینه یافتن مواد جدیدی جهت کنترل فرسایش آبی و بادی شده است (Armbrust, ۱۹۹۹). در اوایل سال ۱۹۳۴، دانشمندان شوروی سابق تحقیقاتی را بر روی تثبیت ماسه‌های روان با استفاده از امولسیون قیری شروع کردند. در سال ۱۹۵۹ نیز استفاده از پلی‌اکریل‌آمید را در منطقه کورسک آزمایش نمودند (Babaew, ۲۰۰۱). محققین امریکایی نیز در دهه ۱۹۵۰ تحقیقات بر روی امولسیون رزین قیر تحت عنوان کوه‌رکس در حوالی پایگاه نیروی هوایی ادوارد در بیابان موجیو کالیفرنیا و پایگاه آزمایش‌های هسته‌ای عطارد در نوادا را پیگیری نمودند (Zhu و همکاران، ۲۰۰۰). بعد از سال ۱۹۶۴، محققین انستیتو تحقیقات بیابان ترکمنستان تحقیقات آزمایشگاهی بر روی گروهی از مواد شیمیایی به نام سری K (K4, K6 و K9) را در دستور کار قرار داده و اطلاعات زیادی در مورد سرعت و عمق نفوذ، مقاومت مکانیکی سله حاصل شده در نتیجه استفاده از مواد و مقاومت مواد در برابر فرسایش بادی به دست آوردند (Babaew, ۲۰۰۱).

در طی دهه ۱۹۶۰، مواد تجاری زیادی جهت مقابله و کنترل فرسایش بادی تولید و ارائه گردید. چهار نوع از این مواد توسط Letey و همکاران (۱۹۶۳) در ایالت کالیفرنیا آمریکا مورد بررسی قرار گرفت که سه مورد از آن‌ها کارایی خوبی داشتند اما به لحاظ اقتصادی مقرون به صرفه نبودند.

Chepil و همکاران (۱۹۶۳) نیز در سال ۱۹۶۳ کارایی مالچ‌های گیاهی و غیر گیاهی را به منظور کنترل فرسایش بادی با استفاده از دستگاه تونل باد را مورد مطالعه قرار دادند.

یک کمپانی انگلیسی نیز لاتکس سیتین بوتادین را در روغن مایع معدنی اصلاح و در سطح دنیا در اراضی ماسه‌ای و تپه‌های ماسه‌ای مورد ارزیابی قرار داد (Weymouth, ۱۹۶۷). نتایج نشان داد که ۳۶۰ لیتر در هکتار که ۳۰ درصد آن مواد جامد به نسبت ۹:۱ روغن/لاتکس، ترکیب ایده‌آلی برای کنترل فرسایش بادی می‌باشد.

در سال ۱۹۶۳، دانشمندان بریتانیایی مواد شیمیایی جدیدی را در جزیره اسکات هد و بیابان‌های استرالیا و فلسطین اشغالی آزمایش کردند. در دهه ۱۹۶۰، محققینی از فلسطین اشغالی چند ماده تثبیت‌کننده به نام‌های امولسیون قیر، کوراسول، یونیسول، کوه‌رکس، روهاگیت و پلیمر امولسیونی آسکر را جهت تثبیت تپه‌های ماسه‌ای مورد آزمایش قرار دادند (Zhu و همکاران، ۲۰۰۰).

در بین سال‌های ۱۹۶۹ تا ۱۹۷۲ محققین، تحقیقات بر روی مواد تثبیت‌کننده تپه‌های ماسه‌ای تحت عنوان نروژین را دنبال کردند و هم‌اکنون تحقیقات بر روی بتودین سیتین لاتکس و APM-15 ادامه دارد (Babaew, ۲۰۰۱). محققین

مؤسسه ویترومن و شرکت سیانیدامید مواد تثبیت‌کننده‌ای از قبیل فرمالدهید اوره، دیساندیمید اوره و پلی‌اکریل‌امید را معرفی نمودند (Zhu و همکاران، ۲۰۰۰). دانشمندان علوم خاک آمریکا همچنین ۳۰ نوع از مواد آلی و غیرآلی را به‌منظور کنترل فرسایش بادی مورد آزمایش قرار دادند (Cheng و همکاران، ۱۹۹۱).

Gorke و Hulsman (۱۹۷۱) پلاستیک مایع که توسط یک مؤسسه آلمانی ساخته و ارائه شده بود را در کنترل فرسایش بادی اراضی ماسه‌ای تا قبل از استقرار گراس‌ها مفید دانسته‌اند. افزایش شمار محصولات تجاری تولیدشده به‌منظور کنترل فرسایش بادی، محققین آزمایشگاه فرسایش بادی دانشگاه ایالتی کانزاس (USDA ARS) در منهتن را ترغیب به بررسی آزمایشگاهی و صحرایی این مواد نمود (Lyles و همکاران، ۱۹۶۹). ۳۴ نوع ماده نیز در آزمایشگاه مورد بررسی قرار گرفت (Armbrust و Dickerson، ۱۹۷۱). بررسی‌ها نشان داد که ۱۲ ماده دارای توجیه اقتصادی نبوده؛ سه مورد از آن‌ها برای رشد گیاهان مضر بود؛ هفت مورد قادر به کاهش فرسایش بادی برای مدت دو ماه نبود؛ شش مورد از آن‌ها به‌راحتی قابل پاشش نبودند؛ لذا حذف گردیدند؛ تنها شش مورد جهت بررسی‌های دقیق‌تر باقی ماندند. این شش نوع ماده به‌همراه ۱۱ ماده دیگر مورد بررسی‌های آزمایشگاهی و صحرایی قرار گرفتند (Lyles و همکاران، ۱۹۷۴). نتایج نشان داد که مقدار بیشتر با رقت کمتر از مواد برای کنترل فرسایش بادی بعد از بارش مورد نیاز می‌باشد؛ حداقل ۳۷۸۵ لیتر در هکتار از ماده با رقت کم (۱:۱ یا ۱:۲) برای پاشش در عرصه مورد نیاز است؛ بیشینه زمان ماندگاری مواد در عرصه، در صورتی که بارش اتفاق بیفتد، شش تا هفت هفته بود و غلظت تعیین‌شده در آزمایشگاه، برای عرصه مناسب نبود.

در سال ۱۹۷۴، Woodruff و همکاران پسماندها و فاضلاب دام‌پروری را برای جلوگیری از فرسایش بادی مورد بررسی قرار دادند. همچنین رزین اوره-فرمالدئید اصلاح‌شده با $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_7$ نیز برای تثبیت تپه‌های ماسه‌ای پیشنهاد شده است (Gntowski، ۱۹۷۷).

تا سال ۱۹۸۰ دانشمندان چینی تثبیت تپه‌های ماسه‌ای با موادی مانند امولسیون قیر (Cheng و همکاران، ۱۹۹۱)، سیلیکات سدیم (Hu و Zhou، ۱۹۹۱) و PVA، PAM و PVAc (Cheng و همکاران، ۱۹۹۱) را در ایستگاه آزمایشی و تحقیقاتی بیابان شاپوتو (Shapotou Desert Research and Experiment Station) بررسی نمودند.

از آن زمان به بعد تحقیقات در زمینه یافتن مالچ مناسب، توسعه یافت که برای مثال می‌توان به تحقیقات Siddiqi و Moore (۱۹۸۱)؛ Elsewi و Page (۱۹۸۴)؛ Baghdadi و Rahman (۱۹۹۰)؛ Lentz و همکاران (۱۹۹۲)؛ Sherwood (۱۹۹۳)؛ Sojka و Lentz (۱۹۹۶)؛ Lahalih و Ahmed (۱۹۹۸)؛ Armbrust (۱۹۹۹)؛ Little و همکاران (۲۰۰۰)؛ Nalbantoglu و Tuncer (۲۰۰۱)؛ Santoni و همکاران (۲۰۰۲)؛ Al-Khanbashi و El-Gamal (۲۰۰۳)؛ Nalbantoglu (۲۰۰۴)؛ Al-Rawas و همکاران (۲۰۰۵)؛ Chen و همکاران (۲۰۰۶)؛ Han و همکاران (۲۰۰۷)؛ Yang و همکاران (۲۰۰۸)؛ Haynes (۲۰۰۹)؛ Pandey و Singh (۲۰۱۰)؛ Wu و همکاران (۲۰۱۱)؛ Yang و Tang (۲۰۱۲) و Onyejekwe و Ghataora (۲۰۱۵) اشاره کرد.

اما مواد تثبیت کننده شیمیایی جدید که اخیراً توسعه یافته و تولید شده اند، کمتر مورد تحقیق و بررسی میدانی و کاربردی قرار گرفته اند (Onyejekwe و Ghataora، ۲۰۱۵).

در داخل کشور نیز تحقیقاتی با هدف یافتن مواد جدید به منظور تثبیت تپه های ماسه ای انجام گرفته است. از آن جمله مجدی و همکاران (۱۳۸۵)؛ رضایی (۱۳۸۸)؛ حضیرئی (۱۳۸۹)؛ جلیوند و همکاران (۱۳۹۰)؛ صفایی (۱۳۹۰)؛ نوحه گر و همکاران (۱۳۹۰)؛ اختصاصی و همکاران (۱۳۹۲)؛ حضیرئی و زارع ارنازی (۱۳۹۲)؛ موحدان و همکاران (۱۳۹۲)؛ غیرایی (۱۳۹۳) و زارع (۱۳۹۴) را می توان نام برد.

بررسی و جستجوی منابع حاکی از این واقعیت است که تحقیقات به نسبت زیادی در زمینه استفاده از مالچ ها (خاکپوش ها یا تثبیت کننده ها) و تأثیر آن ها در فرسایش آبی، تبخیر از سطح خاک، نفوذپذیری و افزایش نگهداشت آب در داخل کشور به انجام رسیده است؛ اما تحقیقات کمتری در زمینه کاربرد این نوع از مالچ ها در کنترل فرسایش بادی، تثبیت ماسه های روان و گردوغبار صورت گرفته است.

بطوری که ملاحظه می شود، در سال های اخیر مواد شیمیایی و طبیعی متفاوتی به عنوان خاکپوش (تثبیت کننده یا مالچ) در راستای اصلاح خاک، حفاظت آب و خاک و حفظ و تحکیم ساختار خاک معرفی شده اند؛ اما با وجود تمام مزیت های ذکر شده، مهندسان تمایلی به استفاده و پیشنهاد این گونه مواد تثبیت کننده شیمیایی خاک ندارند (Onyejekwe و Ghataora، ۲۰۱۵)؛ همچنین آن ها علاقه ای به پاشش این مواد در خاک و تأیید این گونه مواد شیمیایی ندارند. به همین علت و عدم پذیرش مواد، سبب کمبود تحقیقات بر روی این گونه مواد شده است (Santoni و همکاران، ۲۰۰۲ و Rauch و همکاران، ۲۰۰۲). همچنین ناکافی بودن تحقیقات بر روی تثبیت کننده ها یکی از دلایل کاربردی نبودن آن ها می باشد (Al-Khanbashi و Abdalla، ۲۰۰۶ و زارع ۱۳۹۴).

از جمله عواملی که سبب کم بودن تحقیقات در این زمینه شده است، کمبود روش های استاندارد آزمایشگاهی برای پیش بینی کارایی تثبیت کننده ها در عرصه طبیعی و همچنین اطلاعات ناکافی ارائه شده توسط سازندگان و توضیحات کم در مورد مقدار و نحوه مصرف مواد می باشد. بیشتر اطلاعات نگارش یافته در مورد مواد تثبیت کننده توسط سازندگان مواد به چاپ رسیده است.

در ارتباط با پلی آکریل آمیدها نیز با وجود تمام جنبه های مثبتی که برای آن ها بیان شده است، برخی از محققین از جمله Crowley و Carter (۲۰۰۰) معتقدند که پلی آکریل آمیدها تجزیه پذیر نیستند و از نظر زیست محیطی دارای ایراد می باشند.

بررسی ها نشان می دهد که اکثر مطالعات در مورد مالچ های غیرنفتی و جدید، در مقیاس آزمایشگاهی و با استفاده از تونل باد بوده و محققان آزمایش های خود را بلافاصله پس از پاشش مواد بر روی خاک مورد نظر انجام داده اند؛ در حالی که مسئله اساسی در استفاده از مواد به عنوان مالچ، بحث پایداری و ماندگاری این مواد در اثر گذشت زمان و تأثیرپذیری این مواد از محیط می باشد. چراکه در طبیعت مجموعه ای از تنش های محیطی وجود دارد که برهمکنش و اثر متقابل آن ها می تواند در نتایج حاصله تأثیر بسزایی داشته باشد.

۱-۵- هدف

به منظور آمادگی مقابله با گردوغبار می‌باید انواع برنامه‌های مختلف مدیریتی و اجرایی مانند حفاظت و قرق، احداث بادشکن زنده و غیر زنده، مدیریت چرای، مدیریت رواناب‌ها برای توسعه پوشش گیاهی، نهال کاری، بوته کاری، احداث بادشکن و در نهایت استفاده از مواد تثبیت‌کننده (مالچ) به اجرا درآید. این امر نیازمند ملاحظات متعددی است؛ ثبت مشخصات محصولات تثبیت‌کننده خاک تولیدشده در ایران جهت به‌کارگیری در برنامه‌های مدیریتی فوق‌الذکر ضروری است.

دستورالعمل حاضر در جهت حمایت از تولیدکنندگان خاک‌پوش‌های سازگار با محیط‌زیست به دنبال ارائه یک رویه واحد برای ارزیابی کارایی تثبیت‌کننده‌های خاک تهیه گردیده است. هدف از ارزیابی کارایی تثبیت‌کننده‌های خاک، شناسایی و انتخاب بهترین خاک‌پوش‌های تولیدشده در ایران و استفاده حداکثری از پتانسیل‌های داخلی به منظور آمادگی مقابله با پدیده گردوغبار و پیشگیری از حرکت تپه‌ها و پهنه‌های ماسه‌ای و سایر اراضی غبار خیز خسارت‌زا به منابع زیستی و اقتصادی کشور و همچنین مهار کانون‌های بحرانی فرسایش بادی و گردوغبار می‌باشد. بنابراین هدف از تهیه این شیوه‌نامه به شرح زیر است:

- ۱) یکپارچه‌سازی و نظام‌مند نمودن ارزیابی کارایی مواد تثبیت‌کننده خاک
- ۲) تعیین معیارها و شاخص‌های استاندارد جهت بررسی کارایی مواد تثبیت‌کننده خاک
- ۳) کنترل کیفیت مواد تثبیت‌کننده خاک

فصل ۲

ساختار بررسی مواد تثبیت کننده خاک

(مالچ)

۲-۱- ساختار اجرایی

اجرای مفاد شیوه‌نامه بررسی مواد تثبیت‌کننده خاک در ستاد ملی مقابله با پدیده گردوغبار مستقر در سازمان حفاظت محیط‌زیست پیگیری می‌شود. این ستاد موظف به دریافت، بررسی و پاسخگویی به تقاضاهای مرتبط با مواد تثبیت‌کننده خاک در موعد مقرر و رسیدگی به شکایات مربوطه می‌باشد.

۲-۲- کارگروه تثبیت‌کننده‌های خاک (مالچ)

به‌منظور سیاست‌گذاری، پایش، برنامه‌ریزی و نظارت بر امور مربوط به بررسی مواد تثبیت‌کننده خاک (مالچ)، کارگروهی در ستاد ملی مقابله با پدیده گردوغبار، با ترکیب زیر تشکیل شده است:

- ۱) ستاد ملی مقابله با پدیده گردوغبار به‌عنوان مسئول کارگروه
- ۲) نمایندگان معاونت‌های محیط‌زیست انسانی و طبیعی و تنوع زیستی سازمان حفاظت محیط‌زیست
- ۳) نمایندگان دفاتر حراست و بازرسی عملکرد و رسیدگی به شکایات سازمان حفاظت محیط‌زیست
- ۴) نماینده سازمان جنگل‌ها، مراتع و آبخیزداری کشور
- ۵) نماینده سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی
- ۶) عضو هیئت‌علمی صاحب‌نظر از دانشگاه‌های برتر کشور
- ۷) عضو هیئت‌علمی صاحب‌نظر از سازمان پژوهش‌های علمی و صنعتی ایران
- ۸) نماینده موسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع کشور
- ۹) نمایندگان ستاد‌های توسعه فناوری نانو، توسعه زیست‌فناوری و آب، خشکسالی و محیط‌زیست معاونت علمی و فناوری ریاست جمهوری

کارگروه مجاز است حسب موضوع از افراد حقیقی و حقوقی صاحب‌نظر در جلسات دعوت نماید. در شرایط خاص و یا مواردی که در ارتباط با امور بررسی مواد تثبیت‌کننده خاک در این شیوه‌نامه پیش‌بینی نشده است، موضوع در کارگروه مطرح و تصمیم‌گیری خواهد شد. شکایات واصله در امور مربوط به بررسی مواد تثبیت‌کننده خاک (مالچ)، موارد فنی و تخصصی ابتدا توسط دبیر ستاد ملی مقابله با پدیده گردوغبار و سپس توسط این کارگروه بررسی خواهد شد.

۲-۳- گردش کار بررسی مواد تثبیت‌کننده خاک

فرآیند و گردش کار بررسی مواد تثبیت‌کننده خاک به شرح زیر می‌باشد:

الف) ثبت درخواست ارزیابی کارایی تثبیت‌کننده خاک توسط متقاضیان

متقاضیان حقیقی و حقوقی جهت ثبت درخواست خود به سامانه بررسی مواد تثبیت‌کننده خاک به آدرس اینترنتی <http://www.khakpoosh.com> مراجعه نموده و طبق راهنمای موجود در سایت اقدام به تکمیل فرم خوداظهاری و بارگذاری مستندات مربوطه می نمایند.

ب) بررسی نتایج خوداظهاری در کارگروه حداکثر تا یک ماه پس از ثبت درخواست

فرم بررسی شاخص‌های سطح یک همراه با مستنداتی که توسط متقاضی تکمیل گردیده است، جهت بررسی به کارگروه ارجاع داده می‌شود. فرم‌های تکمیل‌شده ارسالی توسط متقاضیان به همراه مستندات آن‌ها، توسط کارگروه موردبررسی قرار گرفته و نتیجه بررسی، در مدت یک ماه پس از دریافت، به متقاضی اعلام خواهد شد. نتیجه می‌تواند به یکی از سه حالت زیر باشد:

حالت اول- در صورت کافی و علمی بودن مستندات، ماده تثبیت‌کننده خاک جهت بررسی‌های دقیق آزمایشگاهی به مرحله دوم راه خواهد یافت.

حالت دوم- در صورت کافی نبودن مستندات، فرم‌ها به متقاضی برگشت داده خواهد شد تا پس از تکمیل آن، دوباره موردبررسی قرار گیرد.

حالت سوم- در صورت کافی و علمی نبودن مستندات و یا وجود عوامل محدودکننده استفاده از ماده تثبیت‌کننده (مالچ) جهت کنترل فرسایش بادی و تثبیت گردوغبار، ماده تثبیت‌کننده (مالچ) موردبررسی رد خواهد شد.

پ) بررسی‌های آزمایشگاهی محیط‌زیستی (بخش یک از سطح دوم)

در صورتی که ماده‌ای حائز شرایط و شاخص‌های سطح یک (خوداظهاری) باشد، بایستی مورد بررسی‌های دقیق که شامل شاخص‌های آزمایشگاهی است، قرار گیرد.

ت) بررسی‌های آزمایشگاهی تکمیلی (بخش دو از سطح دوم)

در صورت تأیید ماده از نظر ویژگی‌های محیط زیستی و بهداشتی (اولیه)، ماده تثبیت‌کننده خاک جهت بررسی‌های آزمایشگاهی دقیق‌تر از نظر ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی تحت بررسی‌های تکمیلی قرار خواهد گرفت.

ث) بررسی‌های میدانی (سطح سوم)

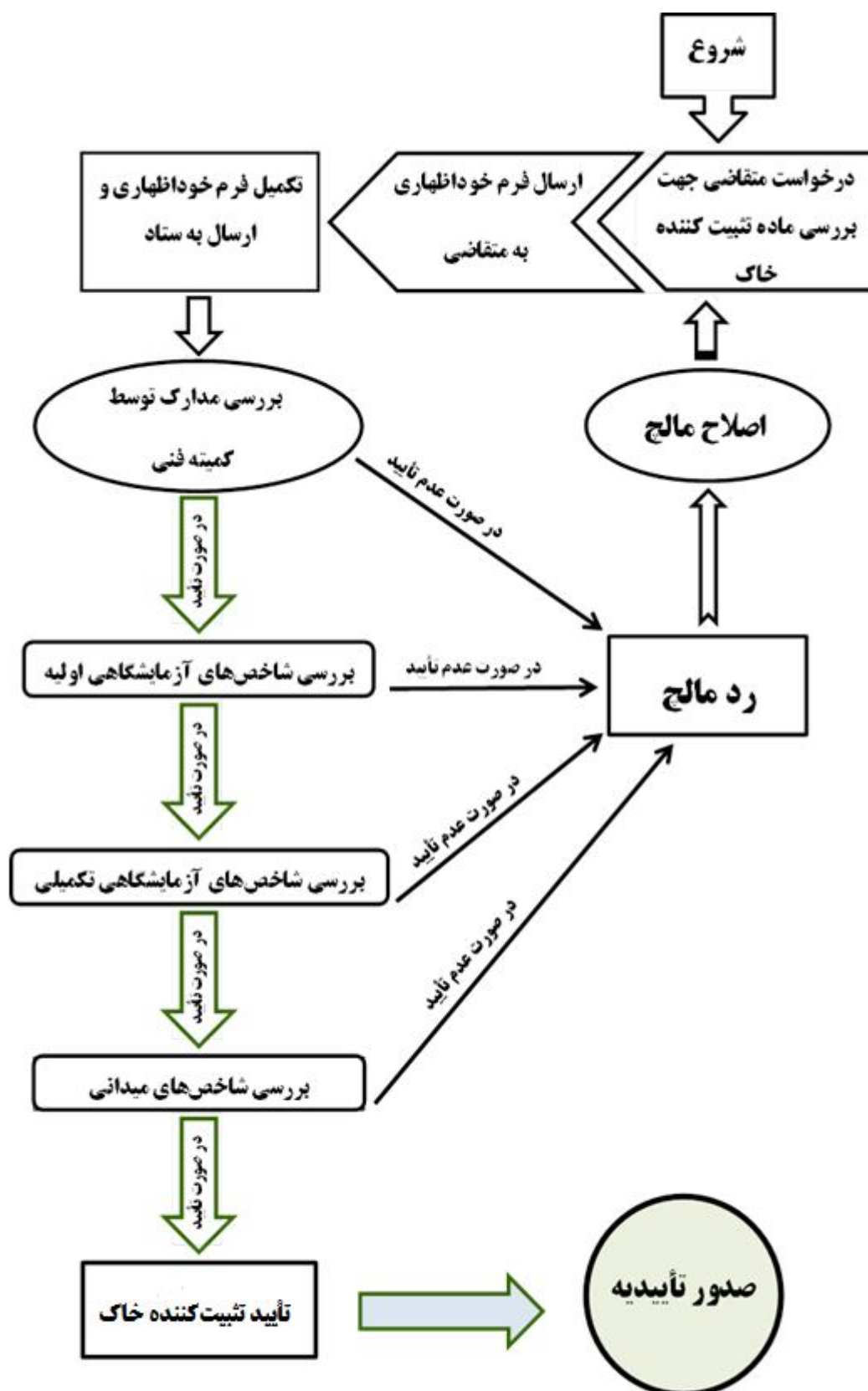
چنانچه ماده‌ای شاخص‌های مندرج در هر دو بخش موجود در سطح دوم را نیز با موفقیت پشت سر بگذارد، جهت بررسی‌های نهایی به‌صورت آزمایشی در عرصه‌ای در محیط طبیعی با پتانسیل فرسایش بادی و تولید گردوغبار مورد آزمایش قرار گرفته و بررسی‌های میدانی و آزمایشگاهی بر روی آن صورت خواهد پذیرفت. پایداری مواد تثبیت‌کننده و

دوام آن در مقابل عوامل محیطی مهم‌ترین خصوصیتی است که به همراه سایر خصوصیات در این بخش ارزیابی خواهد شد.

ج) اعلام نتیجه

در صورت حصول نتیجه مثبت از ارزیابی کارایی مواد تثبیت‌کننده، گواهی محصول مبنی بر تأیید ماده تثبیت‌کننده که به امضای معاون محیط زیست انسانی سازمان حفاظت محیط زیست، معاونت پژوهشی وزارت علوم، تحقیقات و فناوری و رئیس سازمان جنگل‌ها، مراتع و آبخیزداری کشور می‌رسد، صادر خواهد شد. در صورتی که ماده موردبررسی فاقد استانداردهای لازم باشد، مورد تأیید قرار نخواهد گرفت و رد خواهد شد.

در شکل (۱-۲) فرآیند گردش کار بررسی مواد تثبیت‌کننده خاک ارائه شده است.



شکل ۲-۱ - فرآیند و گردش کار بررسی مواد تثبیت‌کننده خاک (مالچ)

فصل ۳

خوداظهاری (سطح اول)

۳-۱- بررسی شاخص‌های سطح یک و اظهارنظر کارگروه

سطح اول ارزیابی کارایی تثبیت‌کننده‌های خاک از طریق خوداظهاری انجام می‌گیرد. متقاضیان حقیقی و حقوقی در خوداظهاری، اظهارنامه‌ای را بر مبنای آزمایش‌ها و بررسی‌هایی که بر روی محصول خود انجام داده‌اند تکمیل نموده که به‌موجب آن، محصول تثبیت‌کننده تولیدی، همه الزامات سازمان حفاظت محیط‌زیست و دیگر سازمان‌ها و نهادهای عضو کارگروه بررسی تثبیت‌کننده‌های خاک را رعایت می‌نماید.

ضروری است متقاضیان به همراه اظهارنامه مستندات مربوط به آن را نیز ضمیمه نمایند. در این مرحله، نیازی به بهره‌گیری از یک نهاد مستقل برای انجام آزمایش‌ها به‌منظور اثبات ادعاهای مطرح‌شده وجود ندارد؛ زیرا در سطوح بعدی ارزیابی درباره آن راستی آزمایی خواهد شد.

فرم خود اظهاری شامل ۱۴ سؤال در زمینه میزان تجربه تولیدکننده، ترکیب شیمیایی محصول، خصوصیات فیزیکی، شیمیایی و زیستی؛ رفتار در محیط‌زیست نظیر ایجاد سمیت، غلظت مواد خطرناک، اثرات بر پوشش گیاهی و جانوری؛ ماندگاری و دوام؛ میزان مصرف؛ شیوه آماده‌سازی و پاشش؛ هزینه و ملاحظات ایمنی می‌باشد. فرم‌های تکمیل‌شده ارسالی توسط متقاضیان به همراه مستندات آن‌ها، توسط کارگروه موردبررسی قرار گرفته و نتیجه بررسی، در مدت دو هفته پس از ارائه مستندات، به متقاضی اعلام خواهد شد. در صورتی که در بین ادعاهای مطرح‌شده تناقضی وجود داشته باشد، کارگروه با راه‌یابی متقاضی به مراحل بعدی ارزیابی مخالفت خواهد نمود.

محصول از نظر شاخص‌های سطح یک که در قالب فرم خوداظهاری تکمیل می‌شود باید حائز شرایط مندرج در جدول (۳-۱) باشند. لازم به یادآوری است که اوزان اختصاص‌یافته و میزان اهمیت نسبی این شاخص‌ها در قضاوت نهایی این سطح از بررسی را نشان می‌دهد.

جدول ۳-۱- شاخص‌های مرحله خوداظهاری همراه با وزن آن‌ها

ردیف	شاخص	وزن	توضیحات
۱	انجام بررسی‌های آزمایشگاهی اولیه بر روی محصول	۶	تعیین مشخصات فیزیکی، شیمیایی و زیستی از جمله زیست‌تخریب‌پذیری
۲	سمیت برای انسان و زیست‌مندان دیگر	۸	عدم استفاده از مواد سمی و آروماتیک و نداشتن ترکیبات مولد بو
۳	غلظت مواد خطرناک	۷	غلظت مواد خطرناک با استانداردهای سازمان حفاظت محیط‌زیست تطابق داشته باشد.
۴	اثر بر اکوسیستم	۱۰	اثر نامطلوب بر روی استقرار پوشش گیاهی و جانوری منطقه، تنوع جانوری، خواص شیمیایی و فیزیکی خاک، میزان نفوذپذیری به آب و جوانه‌زنی بذر نداشته باشد.
۵	میزان ماندگاری و محصولات پس از تجزیه	۱۰	حداقل ۲ سال
۶	میزان مصرف مالچ در هکتار	۴	متناسب با نوع مالچ ذکر می‌گردد.
۷	میزان مصرف آب برای هر هکتار	۷	متناسب با نوع مالچ اعلام شود.
۸	شیوه پاشش و زمان موردنیاز	۴	عملیات پاشش مالچ به آسانی و به سرعت قابل اجرا باشد.
۹	نیاز به آماده‌سازی جهت پاشش	۴	نیاز به گرم کردن، اختلاط و ... دارد یا خیر. آماده‌سازی در عرصه صورت می‌پذیرد یا پس از آماده‌سازی به عرصه منتقل می‌شود که در این صورت بایستی هزینه‌های مرتبط نیز در بند ۱۰ لحاظ گردد.
۱۰	هزینه تمام‌شده در هر هکتار	۱۲	شامل تهیه و پاشش مالچ و سایر موارد
۱۱	تولید داخل بودن	۱۰	توان تولید محصول در داخل کشور
۱۲	انجام ارزیابی کارایی قبلی در شرایط واقعی محیط طبیعی	۱۰	محصول از نظر مقاومت به تنش‌های محیطی (گرم، سرما، تندباد، آبشویی و ...) مورد ارزیابی قرار گرفته باشد.
۱۳	بررسی کارایی محصول در مناطق و خاک‌های مختلف	۴	میزان کارایی محصول در مناطق با شرایط اقلیمی مختلف و در بافت‌های مختلف خاک بررسی شده باشد.
۱۴	اثر بر سلامت کارگران	۴	محصول در طی روند تولید و پاشش در عرصه هیچ‌گونه آثار منفی بر کارگران (پرسنل مرتبط) نداشته باشد.

از موارد ۱۴ گانه خوداظهاری؛ بند ۲ (سمیت برای انسان و زیستمندان دیگر)، بند ۳ (غلظت مواد خطرناک)، بند ۱۰ (هزینه تمام شده در هر هکتار) و بند ۱۱ (تولید داخل بودن) از اهمیت بالایی برخوردار بوده، به گونه ای که عدم احراز شرایط موجود در هر یک از این بندها ممکن است منجر به عدم راه یابی ماده تثبیت کننده به مرحله بعدی گردد. متقاضی می تواند یک هفته پس از اعلام نتیجه تقاضا، نسبت به نتیجه اعلام شده توسط کارگروه، همراه با مدارک و دلایل مستند اعتراض نماید. اعتراض می تواند در سامانه مواد تثبیت کننده خاک یا به صورت کتبی و حضوری ارسال گردد.

ستاد ملی مقابله با پدیده گردوغبار در مدت دو هفته از طریق کارگروه به اعتراض رسیدگی و نتیجه را به متقاضی اعلام خواهد نمود.

فصل ۴

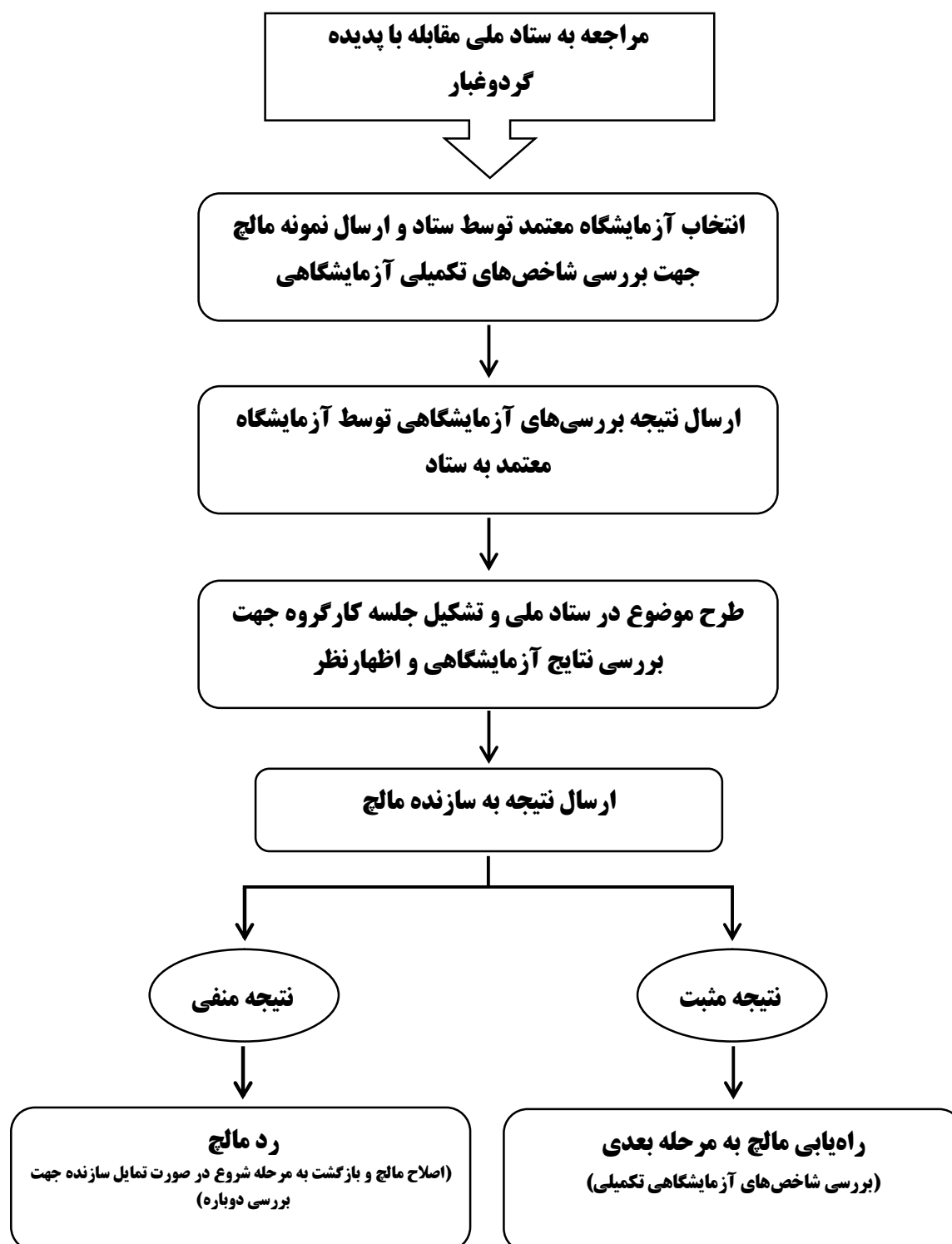
بررسی‌های آزمایشگاهی

محیط‌زیستی (بخش یک از سطح دوم)

۴-۱- روند بررسی

در صورتی که ماده‌ای حائز شرایط و شاخص‌های سطح یک (خوداظهاری) باشد، بایستی مورد بررسی‌های دقیق شامل شاخص‌های آزمایشگاهی در دو بخش و همچنین شاخص‌های عرصه‌ای قرار گیرد.

شاخص‌های آزمایشگاهی خود به دو بخش شاخص‌های محیط‌زیستی (اولیه) و شاخص‌های فیزیکی و شیمیایی (تکمیلی) تقسیم می‌شود. سازندگان مواد تثبیت‌کننده خاک، جهت بررسی ماده تولیدی خود نسبت به تحویل ماده تثبیت‌کننده (مالچ) خود به ستاد واقع در سازمان حفاظت محیط‌زیست اقدام می‌نمایند. ستاد مواد دریافتی را به آزمایشگاه‌های ذی‌صلاح جهت بررسی شاخص‌های سطح دوم ارسال نموده و نتیجه را در مدت ۴۵ روز پس از تحویل، جهت بررسی و اظهارنظر در اختیار کارگروه قرار خواهد داد. کارگروه با بررسی نتایج و تطبیق آن‌ها با آستانه‌ها و محدوده‌های تعریف‌شده برای هر شاخص، به شاخص‌ها امتیازات لازم را داده و درنهایت مواد با توجه به امتیاز کسب‌شده موردبررسی قرار گرفته و نتیجه به متقاضی برای پیگیری ادامه روند بررسی اعلام می‌گردد. در صورت تأیید ماده تثبیت‌کننده خاک از نظر ویژگی‌های محیط زیستی و بهداشتی (اولیه) موجود در جدول (۴-۱)، ماده تثبیت‌کننده خاک جهت بررسی‌های آزمایشگاهی دقیق‌تر از نظر ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی تحت بررسی‌های تکمیلی قرار خواهد گرفت. در صورتی که ماده تثبیت‌کننده خاک، نتواند شرایط لازم در این مرحله را احراز نماید، رد شده و فرآیند بررسی خاتمه می‌یابد. در صورتی که سازنده مایل باشد، می‌تواند ماده خود را اصلاح نموده و دوباره مراحل بررسی ماده تثبیت‌کننده خاک را از ابتدا آغاز نماید. فرض بر این است که نمونه ارسال‌شده به آزمایشگاه، دقیقاً همان نمونه ماده‌ای است که اطلاعات آن در مرحله قبل توسط متقاضی به کارگروه ارائه شده بود. جهت حصول اطمینان، در صورت پاشش ماده تثبیت‌کننده خاک در عرصه (بررسی شاخص‌های سطح سوم)، حین پاشش نیز از ماده نمونه‌گیری شده و برخی شاخص‌ها مجدداً اندازه‌گیری خواهد شد. بسته به ماهیت و نوع ماده تثبیت‌کننده، در صورت نیاز، برخی شاخص‌ها حذف یا شاخص‌های متناسب با آن ماده در نظر گرفته خواهد شد. رویه بررسی مواد تثبیت‌کننده خاک در این مرحله در شکل (۴-۱) نشان داده شده است. شاخص‌های بخش اول از سطح دوم به شرح جدول (۴-۱) می‌باشد.



شکل ۴-۱- روند بررسی مواد تثبیت‌کننده خاک (مالچ) در سطح آزمایشگاهی بخش اول

جدول ۴-۱- شاخص‌های بخش اول (محیط زیستی) سطح دو جهت بررسی کارایی تثبیت‌کننده‌های خاک (مالچ) به‌منظور مقابله با فرسایش بادی و گردوغبار

ردیف	معیار	شاخص	امتیاز
۱	خصوصیات مالچ	عناصر سنگین و آلاینده‌های آلی	۶
۲		شوری	۴
۳		pH	۲
۴		خصوصیات شیمیایی	۶
۵		خصوصیات فیزیکی	۲
۶	پوشش گیاهی	جوانه‌زنی بذر	۱۵
۷	مقاومت به تنش حرارتی و برودتی	ترک‌خوردگی سطح مالچ	۱۵
۸	فون میکروبی خاک	جمعیت میکروب در خاک	۱۵
۹	سمیت برای سلول‌های انسانی	درصد زنده‌مانی سلول‌ها	۱۵
۱۰	شدت تجزیه‌پذیری	تجزیه‌پذیری مالچ	۱۰
۱۱	تابش ماورا بنفش	تجزیه پیوندهای مولکولی مالچ	۱۰
مجموع امتیاز شاخص‌ها			۱۰۰

از بین شاخص‌های این مرحله؛ شاخص ۱ (عناصر سنگین و آلاینده‌های آلی)، شاخص ۲ (شوری)، شاخص ۶ (جوانه‌زنی بذر)، شاخص ۸ (جمعیت میکروب در خاک) و شاخص ۹ (درصد زنده‌مانی سلول‌ها) از اهمیت بالایی برخوردار بوده، به‌گونه‌ای که عدم احراز شرایط موجود در این بندها، منجر به عدم راه‌یابی ماده تثبیت‌کننده به مرحله بعدی می‌گردد.

۴-۲- معیارها و شاخص‌های مرتبط با بررسی‌های آزمایشگاهی محیط زیستی (بخش اول از سطح دوم)

در این بخش هفت معیار خصوصیات مالچ، پوشش گیاهی، مقاومت به تنش حرارتی و برودتی، فون میکروبی خاک، سمیت بر سلول‌های انسانی، شدت تجزیه‌پذیری و تابش ماورا بنفش مورد بررسی قرار می‌گیرند. برای هریک از معیارهای ذکرشده، شاخص‌هایی تدوین شده است که در معیارهای مربوطه تشریح گردیده است.

در زیر توضیحات مربوط به معیارها و شاخص‌های مرتبط با بررسی‌های آزمایشگاهی محیط زیستی (بخش اول از سطح دوم) ارائه شده است:

۴-۲-۱- معیار خصوصیات مالچ

این معیار دارای پنج شاخص عناصر سنگین و آلاینده‌های آلی، شوری، pH، خصوصیات شیمیایی و خصوصیات فیزیکی می باشد.

الف- شاخص عناصر سنگین و آلاینده‌های آلی

وجود عناصر سنگین، یکی از شاخص‌های ارزیابی معیار خصوصیات مالچ می‌باشد. فلزات سنگین یکی از مهم‌ترین و شناخته‌شده‌ترین آلاینده‌ها هستند که ورود آن‌ها به محیط‌زیست سبب بروز صدمات و بیماری‌های مختلفی می‌شود. این عناصر در غلظت‌های مشخصی سمی و برای موجودات زنده از جمله انسان مضر می‌باشند (Blake et al., 2001).

فلز سنگین به فلزها یا شبه‌فلزهای دارای اثرات زیست‌محیطی اشاره دارد. این ترکیبات به علت آثار سمی و توان تجمع زیستی در گونه‌های مختلف جانداران از اهمیت ویژه‌ای برخوردار می‌باشند. چنانچه میزان این عناصر به دلایل گوناگونی از حدود معینی فراتر رود سلامت گیاهان و حیوانات و به تبع آن انسان به مخاطره می‌افتد. مهم‌ترین عناصر سنگین مورد بررسی شامل آرسنیک، جیوه، روی، سرب، کادمیم، کروم، نیکل و وانادیم هستند.

در مورد مواد تثبیت‌کننده خاک نفتی میزان آروماتیک‌ها و هیدروکربن‌ها نیز مهم است. هیدروکربن‌های آروماتیک چندحلقه‌ای (PAHs)، ترکیبات متشکل از دو یا چند حلقه آروماتیک به هم جوش خورده هستند که به صورت ایزومرهای مختلفی وجود دارند و معمولاً به صورت خالص، جامداتی بی‌رنگ تا سفید یا زرد کم‌رنگ هستند. این ترکیبات در محیط اغلب به صورت مخلوط‌های پیچیده حضور دارند و به صورت منفرد دیده نمی‌شوند. منابع انتشار آن‌ها، حوادث طبیعی و انسانی از قبیل آتش‌سوزی جنگل‌ها، فعالیت‌های آتش‌فشانی، دودکش‌های صنعتی، آگزوز اتومبیل‌ها، زباله سوزها و وسایل گرم‌کننده خانگی، آلودگی ناشی از منابع نفتی از قبیل ترکیب‌های لوله‌های نفتی، پوسیدگی تانکرها، نشت مخازن سطحی و یا حتی زیرزمینی می‌باشد. همچنین موارد متعدد دیگری که اغلب در عملیات تولید و انتقال مواد نفتی و همین‌طور تراوش نفت از مخازن زیرزمینی نفت و گاز به سطوح فوقانی و نیز در فرایند احتراق ناقص ترکیبات حاوی کربن مانند چوب، زغال‌سنگ، گازوئیل، چربی و دخانیات و سایر ترکیبات نفتی از قبیل مالچ نفتی اتفاق می‌افتد منجر به انتشار ترکیبات آروماتیک و هیدروکربن‌هایی مانند بنزن، تولوئن، زایلن و نفتالن در محیط می‌شود.

هیدروکربن‌های آروماتیک چندحلقه‌ای در محیط‌زیست نسبتاً پایدار بوده و قابلیت تجمع زیستی دارند. سازمان بین‌المللی تحقیقات سرطان (IARC^۱) شش مورد از ترکیبات PAH، شامل Benzo[a]anthracene، Benzo[b]fluoranthene، Benzo[a]pyrene، Benzo[k]fluoranthene و Indeno[1,2,3-c,d]pyren را در رده‌های سرطان‌زا، به احتمال زیاد سرطان‌زا و احتمالاً سرطان‌زا برای انسان طبقه‌بندی نموده است (IARC, 2017). در گزارش آژانس حفاظت محیط‌زیست آمریکا شواهد کافی از سرطان‌زایی ۲۴ مورد از هیدروکربن‌های آروماتیک چندحلقه‌ای و سرطان‌زا بودن سه مورد از آن‌ها وجود دارد (EPA, 2010). اثرات منفی هیدروکربن‌های آروماتیک چندحلقه‌ای بر موجودات خاکی شامل احتمال

¹ International Agency for Research on Cancer

ایجاد تومور، اختلال در رشد و نمو، تولیدمثل و سیستم ایمنی جاندار می‌باشد. علی‌ایحال، نرخ متابولیسم هیدروکربن‌های آروماتیک چندحلقه‌ای به حدی است که مانع از بزرگنمایی زیستی در زنجیره غذایی می‌شود.

طبقات شاخص عناصر سنگین و آلاینده‌های آلی

این شاخص دارای دو طبقه (کمتر از آستانه و بیشتر از آستانه) می‌باشد. مقدار تمامی عناصر و ترکیبات موردنظر باید کمتر از مقدار یا آستانه مشخص شده باشد. چنانچه مقدار این آلاینده‌ها بیشتر از آستانه باشد، ماده تثبیت‌کننده موردبررسی نامناسب بوده و قابل استفاده نخواهد بود.

روش بررسی شاخص عناصر سنگین و آلاینده‌های آلی

برای بررسی این شاخص باید طبق روش‌های استاندارد میزان عناصر سنگین و هیدروکربن‌های موردنظر در مواد تثبیت‌کننده اندازه‌گیری شود.

مقدار بارگذاری آلاینده در هکتار (Lm برحسب mg/ha) به وسیله رابطه زیر محاسبه می‌شود:

$$Lm = Cm \times A \times F$$

که در آن Cm غلظت آلاینده در مالچ (mg/l برای نمونه‌های مایع و mg/kg برای نمونه‌های جامد)، A مقدار مصرف مالچ در واحد سطح در عرصه (برای نمونه‌های مایع L/ha و برای نمونه‌های جامد kg/ha) و F تعداد دفعات کاربرد مالچ در عرصه می‌باشد.

ویژگی‌های شاخص عناصر سنگین و آلاینده‌ها جهت بررسی کارایی مواد تثبیت‌کننده خاک در سطح میدانی در جدول (۴-۲) آورده شده است.

جدول ۴-۲- تشریح ویژگی های شاخص عناصر سنگین و آلاینده های آلی جهت بررسی کارایی مواد تثبیت کننده خاک در بخش دوم سطح آزمایشگاهی

معیار	شاخص	دستگاه یا روش اندازه گیری	ویژگی مورد اندازه گیری	واحد	آستانه	ارزیابی	
						امتیاز	کیفیت
خصوصیات مالچ	فلزات سنگین	دستگاه ICP، جذب اتمی یا فلورسانس اتمی	سرب	kg/ha	۲۰۰	۶	خوب
			کروم		۱۵۰		
			کادمیم		۱۰		
			نیکل		۱۲۰		
			روی		۱۳۰۰		
			جیوه		۵		
			آرسنیک		۱۰		
			وانادیم		۱۳۰		
	ترکیبات آروماتیک چندحلقه ای	روش های استاندارد	PAHs	ppm	۶	۰	ضعیف
			Acenaphthene		۳/۶		
			Acenaphthylene		-		
			Anthracene		۲/۲		
			Fluoranthene		۲/۲		
			Fluorene		۲/۲		
			Naphthalene		۱/۳		
			Phenanthrene		۷/۸		
			Pyrene		۱/۲		
			Benz[a]anthracene		۱		
			Benzo[b]fluoranthene		۱		
			Benzo[k]fluoranthene		۱		
			Benzo[g,h,i]perylene		۱		
			Benzo[a]pyrene		۱		
			Chrysene		۱		
			Dibenz[a,h]anthracen		۲/۲		
			Indeno[1,2,3-c,d]pyren		۱/۵		

ب- شاخص شوری

شوری، یکی از شاخص‌های ارزیابی معیار خصوصیات مواد تثبیت‌کننده خاک می‌باشد. هنگامی که مواد تثبیت‌کننده به خاک افزوده می‌شوند، ممکن است غلظت نمک را در محلول خاک بالا ببرند. افزایش در غلظت نمک باعث افزایش پتانسیل اسمزی محلول خاک می‌شود. افزایش پتانسیل اسمزی قدرت جذب آب را توسط گیاهان کاهش داده و سبب خشکی فیزیولوژیک می‌گردد. تجمع املاح در خاک، تأثیر عمده‌ای بر روی خواص فیزیکی، شیمیایی و بیولوژی داشته، کمیت و کیفیت جامعه گیاهی و جانوری خاک را تعیین می‌کند. وجود املاح در خاک از حد معینی که تجاوز نماید موجب محدودیت در رشد گیاهان می‌گردد؛ بنابراین آگاهی از میزان املاح در مواد تثبیت‌کننده خاک از اهمیت زیادی برخوردار می‌باشد.

طبقات شاخص شوری

این شاخص دارای چهار طبقه است. هرچه میزان املاح در مواد تثبیت‌کننده خاک بیشتر باشد از مطلوبیت آن کاسته خواهد شد. حداکثر مقدار قابل قبول شوری برابر ۴ dS/m می‌باشد؛ اما در صورتی که شوری بیشتر از آن بود باید نسبت جذب سدیم نیز اندازه‌گیری شود، در صورتی که نسبت جذب سدیم کمتر از ۱۳ باشد، زیاد بودن شوری تا حد ۸ dS/m نیز قابل قبول خواهد بود.

روش بررسی شاخص شوری

جهت اندازه‌گیری این شاخص ابتدا باید محلول مالچ با نسبت اعلام‌شده از سوی متقاضی تهیه شود. سپس با استفاده از دستگاه EC متر، اقدام به اندازه‌گیری قابلیت هدایت الکتریکی نمود. در صورتی که لازم باشد، نسبت جذب سدیم نیز تعیین می‌شود. با اندازه‌گیری کاتیون‌های سدیم، کلسیم و منیزیم (برحسب میلی اکوی والان در لیتر) و با استفاده از رابطه (۱-۴) می‌توان نسبت جذب سدیم را محاسبه نمود.

$$SAR = \frac{[Na^+]}{\sqrt{\frac{1}{2}([Ca^{2+}] + [Mg^{2+}])}} \quad \text{رابطه ۱-۴}$$

که در آن، SAR: نسبت جذب سدیم؛ Na: میزان سدیم؛ Ca: میزان کلسیم و Mg: میزان منیزیم می‌باشد. چنانچه نسبت جذب سدیم کمتر از ۱۰ باشد، طبقه شاخص شوری را می‌توان در طبقه سوم (متوسط) قرار داد. ویژگی‌های شاخص شوری مالچ جهت بررسی کارایی مواد تثبیت‌کننده خاک در بخش اول سطح آزمایشگاهی در جدول (۳-۴) آورده شده است.

جدول ۴-۳- تشریح ویژگی‌های شاخص شوری جهت بررسی کارایی مواد تثبیت‌کننده خاک در بخش اول سطح آزمایشگاهی

ارزیابی	طبقات (dS/m)	ملاحظات	دستگاه یا روش اندازه‌گیری	شاخص	معیار
کیفیت	امتیاز				
خیلی خوب	۴	در صورت بالا بودن شوری، باید نسبت جذب سدیم نیز اندازه‌گیری شود.	دستگاه EC متر	شوری	خصوصیات مالچ
خوب	۳				
متوسط	۲				
ضعیف	۰	بیشتر از ۸			

شاخص سوم: اسیدیته یا pH

pH مالچ نیز به عنوان یکی از شاخص‌های ارزیابی معیار خصوصیات آن در نظر گرفته شده است. pH یک محلول یکی از ویژگی‌های فیزیولوژیکی برجسته آن محلول بوده و در خواص فیزیکی، شیمیایی و زیست‌شناختی آن تأثیر وافر دارد. بسیاری از واکنش‌های شیمیایی و زیست‌شیمیایی خاک‌ها تنها در pH مشخصی از آن رخ می‌دهند. سرعت تجزیه مواد معدنی و آلی خاک تحت تأثیر pH آن قرار دارد؛ محلولیت و قابلیت جذب عناصر غذایی خاک به وسیله واکنش یا pH خاک انجام می‌شود.

از آنجاکه فعل‌وانفعالات شیمیایی در بازه‌های مختلف pH ممکن است نتایج متفاوتی به دست دهد، اندازه‌گیری pH در کشاورزی و منابع طبیعی مهم است. در واقع، pH خاک قابلیت دسترسی گیاه به عناصر غذایی را در خاک تعیین می‌کند. محیط و شرایط آب و هوایی، کیفیت آب و مواد افزودنی از قبیل مواد تثبیت‌کننده خاک، کیفیت خاک و ترکیبات آن و کودهای شیمیایی، بر روی pH خاک مؤثر بوده و می‌توانند باعث عدم موفقیت یا بهبود موفقیت رویش گیاه در آن منطقه باشند. هنگامی که مواد تثبیت‌کننده به خاک افزوده می‌شوند، ممکن است pH خاک را تغییر دهند؛ بنابراین آگاهی از میزان pH در مواد تثبیت‌کننده خاک از اهمیت زیادی برخوردار است.

طبقات شاخص اسیدیته

این شاخص دارای چهار طبقه می‌باشد. بهترین بازه pH محدوده اطراف خنثی یعنی ۶ تا ۸ است. هرچه pH مواد تثبیت‌کننده کمتر یا بیشتر از این محدوده باشد، از مطلوبیت آن کاسته خواهد شد.

روش بررسی شاخص اسیدیته

جهت اندازه‌گیری این شاخص ابتدا باید محلول مالچ به نسبت اعلام‌شده از سوی متقاضی تهیه گردد. سپس با استفاده از دستگاه pH متر می‌توان اقدام به اندازه‌گیری اسیدیته نمود.

ویژگی‌های شاخص اسیدیته مالچ جهت بررسی کارایی مواد تثبیت‌کننده خاک در سطح در بخش اول سطح آزمایشگاهی در جدول (۴-۴) ارائه شده است.

جدول ۴-۴- تشریح ویژگی‌های شاخص اسیدیته مالچ جهت بررسی کارایی مواد تثبیت‌کننده خاک در بخش اول سطح آزمایشگاهی

معیار	شاخص	دستگاه یا روش اندازه‌گیری	ملاحظات	طبقات	کیفیت	
					امتیاز	کیفیت
خصوصیات مالچ	اسیدیته	دستگاه pH متر	مالچ دارای خاصیت اسیدی یا بازی نباشد.	کمتر از ۶	۰	ضعیف
				۶-۷	۲	خیلی خوب
				۷-۸	۱	خوب
				بیشتر از ۸	۰	ضعیف

شاخص چهارم: ویژگی‌های شیمیایی

ویژگی‌های شیمیایی نیز به‌عنوان یکی از شاخص‌های ارزیابی معیار خصوصیات مالچ در نظر گرفته شده است. خواص شیمیایی آن دسته از خواص هستند که در طول یا پس از یک تغییر شیمیایی خود را نشان می‌دهند. این خواص با دیدن و لمس کردن ماده قابل ارزیابی نیستند و برای مشاهده آن‌ها باید ساختار درونی ماده تغییرات زیادی پیدا کند. پی بردن به خواص مواد افزودنی به خاک به دلیل اینکه ممکن است سبب تغییر ویژگی‌های شیمیایی خاک شود، مهم می‌باشد.

طبقات شاخص ویژگی‌های شیمیایی

این شاخص دارای دو طبقه (کمتر از آستانه و بیشتر از آستانه) است. مقدار تمامی عناصر شیمیایی موردنظر باید کمتر از مقدار یا آستانه مشخص شده باشد. چنانچه مقدار این عناصر بیشتر از آستانه باشد، ماده تثبیت‌کننده موردبررسی نامناسب بوده و قابل استفاده نخواهد بود.

روش بررسی شاخص ویژگی‌های شیمیایی

برای بررسی این شاخص باید طبق روش‌های استاندارد میزان عناصر شیمیایی موردنظر در مواد تثبیت‌کننده اندازه‌گیری شود.

ویژگی‌های شاخص عناصر شیمیایی جهت بررسی کارایی مواد تثبیت‌کننده خاک در سطح میدانی در جدول (۴-۵) عرضه گردیده است.

جدول ۴-۵- تشریح ویژگی‌های شاخص ویژگی‌های شیمیایی جهت بررسی کارایی مواد تثبیت‌کننده خاک در بخش اول سطح آزمایشگاهی

ارزیابی		طبقات (در مقایسه با شاهد)	آستانه	ویژگی مورداندازه‌گیری	دستگاه یا روش اندازه‌گیری	شاخص	معیار
کیفیت	امتیاز						
خوب	۱	کمتر از آستانه	۲۰۰	کلسیم	دستگاه ICP، جذب اتمی یا فلورسانس اتمی و...	ویژگی‌های شیمیایی	خصوصیات مالچ
ضعیف	۰	بیشتر از آستانه					
خوب	۱	کمتر از آستانه	۱۵۰	منیزیم			
ضعیف	۰	بیشتر از آستانه					
خوب	۱	کمتر از آستانه	۱۰	سدیم			
ضعیف	۰	بیشتر از آستانه					
خوب	۱	کمتر از آستانه	۱۲۰	کلر			
ضعیف	۰	بیشتر از آستانه					
خوب	۱	کمتر از آستانه	۱۳۰۰	سولفات			
ضعیف	۰	بیشتر از آستانه					
خوب	۱	کمتر از آستانه	۵	نیتروژن			
ضعیف	۰	بیشتر از آستانه					
خوب	۱	کمتر از آستانه	۱۰	نسبت جذب سدیم			
ضعیف	۰	بیشتر از آستانه					

شاخص پنجم: ویژگی‌های فیزیکی

ویژگی‌های فیزیکی نیز به‌عنوان یکی از شاخص‌های ارزیابی معیار خصوصیات مالچ در نظر گرفته شده است. این شاخص دارای دو زیرشاخص وزن مخصوص و ویسکوزیته می‌باشد.

زیرشاخص اول: وزن مخصوص

یکی از خصوصیات فیزیکی هر ماده‌ای، وزن مخصوص یا چگالی آن است. وزن مخصوص شاخص مناسبی است برای شناسایی و ارزیابی نوع ماده.

طبقات زیرشاخص وزن مخصوص

این شاخص دارای چهار طبقه می‌باشد.

روش بررسی زیرشاخص وزن مخصوص

جهت اندازه‌گیری وزن مخصوص از پیکنومتر استفاده می‌شود. پیکنومتر وسیله‌ای آزمایشگاهی برای اندازه‌گیری چگالی مایعات با دقت بالا است. هنگام شروع کار باید پیکنومتر کاملاً تمیز باشد و رطوبت یا لکه‌ای بر روی آن وجود نداشته باشد. در صورت وجود آلودگی، باید آن را شسته و کاملاً خشک نمود. ابتدا وزن پیکنومتر خالی را به دست آورده، سپس پیکنومتر را با آب مقطر پر نموده و وزن آن را اندازه‌گیری می‌نماییم. سپس ماده تثبیت‌کننده را در پیکنومتر ریخته و مقدار ماده‌ای را که روی بدنه ظرف ریخته پاک کرده و آن را کاملاً خشک نموده، دوباره به‌صورت دقیق توزین می‌نماییم.

با استفاده از رابطه زیر می‌توان وزن مخصوص مواد تثبیت‌کننده را به دست آورد:

$$\rho = \frac{W - W_1}{W - W_2} \quad \text{رابطه ۴-۲}$$

که در آن ρ : وزن مخصوص (gr/cm^3)؛ W : وزن پیکنومتر خالی؛ W_1 : وزن پیکنومتر و نمونه و W_2 : وزن پیکنومتر و آب می‌باشد.

ویژگی‌های زیر شاخص وزن مخصوص جهت بررسی کارایی مواد تثبیت‌کننده خاک در سطح در بخش اول سطح آزمایشگاهی در جدول (۴-۶) ارائه شده است.

جدول ۴-۶- تشریح ویژگی‌های زیرشاخص وزن مخصوص جهت بررسی کارایی مواد تثبیت‌کننده خاک در بخش اول سطح آزمایشگاهی

معیار	شاخص	دستگاه یا روش اندازه‌گیری	ویژگی مورداندازه‌گیری	ملاحظات	طبقات	ارزیابی	
						امتیاز	کیفیت
خصوصیات مالچ	ویژگی‌های فیزیکی	پیکنومتر	وزن مخصوص	دارای وزن مخصوص خیلی زیاد و خیلی کم نباشد.	۰/۵-۱	۰	ضعیف
					۱-۱/۵	۲	خیلی خوب
					۱/۵-۲	۱	خوب
					بیشتر از ۲	۰	ضعیف

زیرشاخص دوم: ویسکوزیته

ویسکوزیته یا گرانروی یک سیال (مایع یا گاز)، پارامتری است که میزان مقاومت آن را در مقابل جاری شدن نشان می‌دهد. این پارامتر، یکی از مهم‌ترین پارامترهایی است که خواص سیال را بیان می‌کند. سیالات با ویسکوزیته پایین، به‌آسانی و به‌سرعت جریان می‌یابند (مانند آب)، اما سیالات با ویسکوزیته بالا، به‌آرامی و با سرعت کم جاری می‌شوند (مانند عسل). با افزایش حرارت ویسکوزیته مایعات کاهش می‌یابد.

ویسکوزیته، مقدار مقاومت سیال در برابر جاری شدن می‌باشد. واحد عمومی متریک برای ویسکوزیته مطلق، پویز (Poise) می‌باشد که به صورت نیروی موردنیاز برای حرکت یک سانتیمتر مربع از سطحی در برابر سطحی دیگر به صورت موازی، با سرعت یک سانتیمتر بر ثانیه (cm/s) تعریف می‌شود که سطوح به وسیله فیلمی از سیال با ضخامت یک سانتیمتر جدا می‌شوند. برای راحتی در استفاده، واحد معمول تحت عنوان سانتی پواز (cp, یک صدم پواز) مورد استفاده قرار می‌گیرد. در آزمایشگاه برای اندازه‌گیری ویسکوزیته، به طور معمول از نیروی جاذبه به منظور ایجاد جریان از میان یک لوله موئین (ویسکومتر) با کنترل دما استفاده به عمل می‌آید.

یک مایع با ویسکوزیته زیاد نیاز به قدرت بیشتری برای پمپ کردن به نسبت مایعی با ویسکوزیته کم دارد. بنابراین آگاهی از رفتار رئولوژیکال این مایع در زمان طراحی سیستم‌های لوله‌کشی و استفاده از پمپ مفید است.

طبقات زیرشاخص ویسکوزیته

این شاخص دارای چهار طبقه می‌باشد.

روش بررسی زیرشاخص ویسکوزیته

جهت اندازه‌گیری لزجت دینامیکی از لزجت سنج استوانه‌ای استفاده می‌شود. این لزجت سنج از دو استوانه هم‌محور تو در تو تشکیل شده است. بین دو استوانه را از سیالی که قرار است لزجت آن اندازه‌گیری شود، پر نموده و درحالی‌که استوانه خارج ثابت است، استوانه داخلی با زاویه w دوران داده می‌شود. با اندازه‌گیری گشتاور وارده به استوانه داخلی می‌توان لزجت سیال را با استفاده از رابطه زیر به دست آورد.

$$M = \frac{T b}{2 \pi R^3 L W} \quad \text{رابطه ۳-۴}$$

که در آن M : لزجت دینامیکی (Pa.s یا NS/m^2); T : گشتاور کل؛ b : فاصله بین دو استوانه (m); R : شعاع استوانه داخلی (m); L : طول استوانه (m) و W : سرعت زاویه‌ای (Rad/S) می‌باشد.

ویژگی‌های زیر شاخص ویسکوزیته جهت بررسی کارایی مواد تثبیت‌کننده خاک در سطح در بخش اول سطح آزمایشگاهی در جدول (۴-۷) عرضه گردیده است.

جدول ۴-۷- تشریح ویژگی‌های زیرشاخص ویسکوزیته جهت بررسی کارایی مواد تثبیت‌کننده خاک در بخش اول سطح آزمایشگاهی

معیار	شاخص	دستگاه یا روش اندازه‌گیری	ویژگی مورداندازه‌گیری	ملاحظات	طبقات	ارزیابی	
						امتیاز	کیفیت
خصوصیات مالچ	ویژگی‌های فیزیکی	لزجت سنج استوانه‌ای	ویسکوزیته	ویسکوزیته خیلی زیاد یا کم نباشد.	کمتر از ۱	۰	ضعیف
					۱-۵۰۰	۱	خوب
					۵۰۰-۱۰۰۰	۵/۰	خیلی خوب
					بیشتر از ۱۰۰۰	۰	ضعیف

۴-۲-۲- معیار پوشش گیاهی

این معیار تنها دارای یک شاخص بنام جوانه‌زنی بذر می‌باشد. با توجه به این‌که مهم‌ترین کارکرد مالچ درواقع جلوگیری از حرکت ماسه‌های روان، جابجایی خاک و غبارخیزی به‌طور موقت و تا استقرار عملیات بیولوژیک می‌باشد، لذا شناخت نحوه تأثیرگذاری مالچ بر روی جوانه‌زنی و استقرار گونه‌های گیاهی امری ضروری در ارائه روش‌های تلفیقی بیوشیمیایی (مالچ‌پاشی توأم با عملیات بیولوژیک) به شمار می‌رود.

طبقات شاخص معیار پوشش گیاهی

شاخص جوانه‌زنی در معیار پوشش گیاهی دارای چهار طبقه می‌باشد. شاخص جوانه‌زنی با لحاظ قوه نامیه بذر و در مقایسه با شاهد باید بیش از ۵۰ درصد باشد.

روش بررسی شاخص معیار پوشش گیاهی

بدین منظور ابتدا پنج گلدان به‌عنوان پنج تکرار تهیه و با خاک ماسه بادی پر می‌شوند، سپس ۱۰ عدد بذر سالم با قوه نامیه بالای ۸۰ درصد از گونه گیاهی سورگوم (*Sorghum saccharatum*) یا زردتاغ (*Haloxylon persicum*) در عمق نیم سانتیمتری کاشته شده و بر روی آن به مقدار لازم مواد تثبیت‌کننده پاشیده می‌شود. با پایش روزانه، درصد جوانه‌زنی بذرها با استفاده از رابطه زیر اندازه‌گیری می‌شود. موارد ذکر شده برای نمونه شاهد نیز انجام می‌شود.

رابطه ۴-۴

$$\% G = \frac{n_i}{N} \times 100$$

که در آن G : درصد جوانه‌زنی؛ n_i : تعداد بذر جوانه‌زده در روز آخر و N : تعداد کل بذرها می‌باشد.

جهت حصول از سالم بودن بذرها و قوه نامیه لازم است آزمایشی بدین‌منظور در پتری‌دیش و با استفاده از آب مقطر انجام شود. بدین منظور چهار پتری‌دیش برداشته و داخل آن‌ها دو لایه کاغذ صافی واتمن قرار داده و روی آن تعداد ۲۵

بذر (در هر پتری‌دیش) گذاشته و کمی آب مقطر به آن اضافه می‌شود. با پایش روزانه، درصد جوانه‌زنی و قوه نامیه محاسبه خواهد شد.

با داشتن درصد جوانه‌زنی نمونه شاهد و نمونه تحت تأثیر مواد تثبیت‌کننده می‌توان شاخص جوانه‌زنی را بر اساس رابطه زیر تعیین نمود و این عدد را به عنوان شاخص جوانه‌زنی جهت اظهارنظر در مورد مواد تثبیت‌کننده در نظر گرفت.

$$GI = \frac{GM}{GC} \times 100 \quad \text{رابطه ۴-۵}$$

که در آن GI: شاخص جوانه‌زنی؛ GM: درصد جوانه‌زنی بذرهای تحت تأثیر مواد تثبیت‌کننده و GC: درصد جوانه‌زنی بذرهای تیمار شاهد می‌باشد.

ویژگی‌های شاخص استقرار نهال (شاخص معیار پوشش گیاهی) جهت بررسی کارایی مواد تثبیت‌کننده خاک در سطح در بخش اول سطح آزمایشگاهی در جدول (۴-۸) ارائه گردیده است.

جدول ۴-۸- تشریح ویژگی‌های شاخص جوانه‌زنی بذر (معیار پوشش گیاهی) جهت بررسی کارایی مواد تثبیت‌کننده خاک در بخش اول سطح آزمایشگاهی

معیار	شاخص	دستگاه یا روش اندازه‌گیری	ملاحظات	طبقات (شاخص جوانه‌زنی)	ارزیابی امتیاز
پوشش گیاهی	جوانه‌زنی بذر	بررسی اثر جوانه‌زنی در گلدان	مالچ نباید باعث کند شدن، عقب افتادن و یا توقف جوانه‌زنی و رشد گیاهان شود.	کمتر از ۵۰	۰
				۷۵-۵۰	۵
				۱۰۰-۷۵	۱۰
				بیشتر از ۱۰۰	۱۵
					کیفیت
					ضعیف
					خوب
					خیلی خوب
					عالی

۴-۲-۳- معیار مقاومت به تنش حرارتی و برودتی

این معیار نیز تنها دارای یک شاخص با عنوان مقاومت به تنش حرارتی و برودتی می‌باشد. سطوح مختلف خاک در مناطق خشک به دلیل فقر پوشش گیاهی، خشکی سطح، تابش شدید آفتاب و کمبود رطوبت نسبی، دارای نوسانات دمایی زیادی می‌باشند که این امر می‌تواند منجر به تخریب مواد در طبیعت گردد.

طبقات شاخص معیار مقاومت به تنش حرارتی و برودتی

شاخص مقاومت به تنش حرارتی و برودتی که تنها شاخص معیاری با همین نام می‌باشد، دارای چهار طبقه است. تغییرات دمایی و ایجاد ترک در سطح سله مبنای طبقه‌بندی این شاخص می‌باشد. در صورت نامناسب بودن مواد تثبیت‌کننده، تغییرات دمایی سبب ایجاد درز و ترک‌های بزرگ در آن شده و به راحتی تخریب خواهند شد.

روش بررسی شاخص معیار مقاومت به تنش حرارتی و برودتی

برای بررسی مقاومت به تنش حرارتی و برودتی، پس از پاشش مواد بر روی سینی‌های مخصوص، آن را در آون با دمای ۵۰ درجه سانتی‌گراد قرار داده و سپس سطح مواد از نظر ایجاد درز و ترک مورد بررسی قرار می‌گیرد. در ادامه همان سینی در سردخانه با دمای ۲۰ درجه زیر صفر قرار داده شده و دوباره سطح مواد از نظر ایجاد درز و ترک بررسی خواهد شد. در ادامه ضریب درز و شکاف به صورت رابطه زیر بررسی خواهد شد.

$$CC = \frac{\sum (N \times W \times L)}{A} \times 100 \quad \text{رابطه ۴-۶}$$

که در آن CC: ضریب درز و شکاف؛ N: تعداد درز و شکاف؛ W: عرض درز و شکاف (سانتیمتر)؛ L: طول درز و شکاف (سانتیمتر) و A: مساحت مورد بررسی (سانتیمتر مربع) می‌باشد.

ویژگی‌های شاخص مقاومت به تنش حرارتی و برودتی (از معیاری به همین نام) جهت بررسی کارایی مواد تثبیت‌کننده خاک در سطح در بخش اول سطح آزمایشگاهی در جدول (۴-۹) عرضه شده است.

جدول ۴-۹- تشریح ویژگی‌های شاخص مقاومت به تنش حرارتی و برودتی جهت بررسی کارایی مواد تثبیت‌کننده خاک در بخش اول سطح آزمایشگاهی

ارزیابی	طبقات (ضریب درز و شکاف)	ملاحظات	دستگاه یا روش اندازه‌گیری	شاخص	معیار
کیفیت	امتیاز				
بسیار خوب	۱۵	کمتر از ۰/۲۵	سرد و گرم کردن مواد و بررسی ضریب درز و شکاف	مقاومت به تنش حرارتی و برودتی	استحکام
خوب	۱۰	بین ۰/۲۵ تا ۰/۵			
متوسط	۵	بین ۰/۵ تا ۱			
ضعیف	۰	بیشتر از ۱			

۴-۲-۴- معیار فون میکروبی خاک

معیار فون میکروبی خاک نیز تنها دارای یک شاخص بنام جمعیت میکروبی و باکتری‌های هوازی، هوازی اختیاری و قارچ‌ها می‌باشد. این شاخص تنها شاخص ارزیابی معیار فون میکروبی خاک محسوب می‌گردد.

طبقات شاخص معیار فون میکروبی خاک

شاخص جمعیت میکروبی و باکتری‌های هوازی، هوازی اختیاری و قارچ‌ها در معیار جمعیت میکروبی خاک دارای چهار طبقه است. تأثیر بر جمعیت و تنوع میکروبی خاک مبنای این طبقه‌بندی می‌باشد. کاهش هر واحد لگاریتمی جمعیت یک طبقه را به خود اختصاص خواهد داد.

روش بررسی شاخص معیار فون میکروبی خاک

جهت اندازه‌گیری شاخص جمعیت میکروبی و باکتری‌های هوازی، هوازی اختیاری و قارچ‌ها از روش شمارش جمعیت آن‌ها در خاک استفاده به عمل می‌آید. در این روش جمعیت میکروبی و باکتری‌های هوازی و هوازی اختیاری و قارچ‌ها در محیط کشت‌های اختصاصی در مدت ۳۰ روز موردبررسی قرار گرفته و تغییرات شمارش و تنوع میکروبی در زمان صفر با زمان نهایی نمونه تیمار شده برحسب CFU.gr مقایسه می‌گردد.

ویژگی‌های شاخص مرتبط با معیار فون میکروبی خاک جهت بررسی کارایی مواد تثبیت‌کننده خاک در سطح در بخش اول سطح آزمایشگاهی در جدول (۴-۱۰) شرح داده شده است.

جدول ۴-۱۰- تشریح ویژگی‌های شاخص جمعیت میکروبی خاک جهت بررسی کارایی مواد تثبیت‌کننده خاک در بخش اول سطح آزمایشگاهی

معیار	شاخص	دستگاه یا روش اندازه‌گیری	ملاحظات	طبقات (واحد لگاریتمی جمعیت)	ارزیابی	
					امتیاز	کیفیت
فون میکروبی خاک	جمعیت میکروب در خاک	بررسی فون میکروبی خاک	مالچ نباید سبب کاهش جمعیت میکروبی خاک گردد.	عدم کاهش	۱۵	بسیار خوب
				کاهش یک واحد	۱۰	خوب
				کاهش دو واحد	۵	متوسط
				کاهش بیش از سه واحد	۰	ضعیف

۴-۲-۵- معیار سمیت بر سلول‌های انسانی

این معیار نیز همانند سه معیار قبل تنها دارای یک شاخص بنام درصد زنده‌مانی سلول‌ها می‌باشد.

طبقات شاخص معیار سمیت بر سلول‌های انسانی

شاخص درصد زنده‌مانی سلول‌ها در معیار سمیت بر سلول‌های انسانی دارای چهار طبقه می‌باشد. برای قابل‌قبول بودن این شاخص باید ۷۵ درصد سلول‌ها زنده بمانند.

روش بررسی شاخص معیار سمیت بر سلول‌های انسانی

در این آزمون اثر نمونه‌های رقیق‌شده مالچ بر روی سلول‌های فیبروبلاست پوست انسانی مورد بررسی قرار گرفته و درصد زمان زنده‌مانی سلول پس از ۴۸ ساعت مورد ارزیابی قرار می‌گیرد. لازم به ذکر است که فرایند آماده‌سازی سلول قبل از ارزیابی ۹۶ ساعت می‌باشد.

ویژگی‌های شاخص مرتبط با سمیت بر سلول‌های انسانی جهت بررسی کارایی مواد تثبیت‌کننده خاک در سطح در بخش اول سطح آزمایشگاهی در جدول (۴-۱۱) ارائه شده است.

جدول ۴-۱۱- تشریح ویژگی‌های شاخص سمیت بر سلول‌های انسانی جهت بررسی کارایی مواد تثبیت‌کننده خاک در بخش اول سطح

آزمایشگاهی

معیار	شاخص	دستگاه یا روش اندازه‌گیری	ملاحظات	طبقات (درصد زنده‌مانی سلول)	ارزیابی	
					امتیاز	کیفیت
سمیت بر سلول‌های انسانی	درصد زنده‌مانی سلول‌ها	MTT	مالچ بر روی مجریان و کارکنان اثر سوء یا سمی نداشته و حساسیت ایجاد ننماید.	کمتر از ۵۰ درصد	۰	ضعیف
				۵۰ تا ۷۵ درصد	۵	متوسط
				۷۵ تا ۸۰ درصد	۱۰	خوب
				بیشتر از ۸۰ درصد	۱۵	خیلی خوب

۴-۲-۶- معیار شدت تجزیه‌پذیری

این معیار هم دارای یک شاخص بنام زیست‌تخریب‌پذیری می‌باشد.

طبقات شاخص معیار شدت تجزیه‌پذیری

این شاخص نیز دارای چهار طبقه می‌باشد.

روش بررسی شاخص معیار شدت تجزیه‌پذیری

با توجه به اینکه شاخص زیست‌تخریب‌پذیری در ارزیابی مالچ‌های زیستی و پلیمری و نفتی مدنظر است، بنابراین روش ارزیابی بر اساس تجزیه بیولوژیک مواد تثبیت‌کننده در دستگاه ریسپرومتر (Respirometry) می‌باشد. در این روش میزان CO_2 تولیدی ناشی از فعالیت عوامل بیولوژیک با ورود به محلول سود رقیق محاسبه می‌گردد (دی‌اکسید کربن به اسیدکربنیک تبدیل می‌شود). در بررسی تجزیه‌پذیری، شمارش جمعیت میکروبی و تغییرات غیر بیولوژیک نیز مدنظر است، در همین راستا از روش FTIR نیز برای تکمیل ارزیابی استفاده می‌شود. ضمناً در مواد تثبیت‌کننده خانواده نفتی

سنجش تغییرات تجزیه‌پذیری با روش GCMASS نیز مورد استفاده قرار خواهد گرفت. به عبارت دیگر برای نمونه‌های نفتی از GCMASS، برای مالچ‌های پلیمری و بیولوژیک از ATRFTIR و برای مالچ‌های معدنی از XRF و XRD استفاده به عمل می‌آید.

ویژگی‌های شاخص مرتبط با شدت تجزیه‌پذیری جهت بررسی کارایی مواد تثبیت‌کننده خاک در سطح در بخش اول سطح آزمایشگاهی در جدول (۴-۱۲) شرح داده شده است.

جدول ۴-۱۲- تشریح ویژگی‌های شاخص شدت تجزیه‌پذیری جهت بررسی کارایی مواد تثبیت‌کننده خاک در بخش اول سطح آزمایشگاهی

معیار	شاخص	دستگاه یا روش اندازه‌گیری	ملاحظات	طبقات (درصد تجزیه‌پذیری)	
				امتیاز	کیفیت
شدت تجزیه‌پذیری	تجزیه‌پذیری مالچ	رسپرومتری و FTIR (برای همه مواد) GC-MASS (برای مواد نفتی)	مالچ‌ها باید بعد از مدت ۲ سال تجزیه شوند.	۱۰	خیلی خوب
				۶/۵	خوب
				۳/۵	متوسط
				۰	ضعیف
				کمتر از ۱۰ درصد (کم)	
				۱۰-۲۵ (متوسط)	
				۲۵-۵۰ درصد (شدید)	
				بیشتر از ۵۰ (خیلی شدید)	

۴-۲-۷- معیار تابش ماورا بنفش

یکی از شاخص‌های ارزیابی معیار خصوصیات مالچ می باشد.

طبقات شاخص معیار تابش ماورا بنفش

این شاخص نیز دارای چهار طبقه می‌باشد.

روش بررسی شاخص معیار تابش ماورا بنفش

جهت اندازه‌گیری این شاخص از مقایسه تابش نور ماورای بنفش در دمای محیط و دمای ۵۰ درجه سلسیوس بر روی سطح خاک مالچ پاشی شده به مدت حداقل ۶ ساعت استفاده بعمل می‌آید. سپس با توجه به اینکه چقدر از ماده موردنظر تجزیه خواهد شد، نسبت به اظهارنظر در خصوص آن اقدام خواهد شد.

ویژگی‌های شاخص مرتبط با تابش ماورا بنفش جهت بررسی کارایی مواد تثبیت‌کننده خاک در سطح در بخش اول سطح آزمایشگاهی در جدول (۴-۱۳) ارائه گردیده است.

جدول ۴-۱۳- تشریح ویژگی‌های شاخص تابش ماورا بنفش جهت بررسی کارایی مواد تثبیت‌کننده خاک در بخش اول سطح آزمایشگاهی

معیار	شاخص	دستگاه یا روش اندازه‌گیری	ملاحظات	طبقات (درصد تجزیه‌پذیری)	
				امتیاز	کیفیت
تابش ماورا بنفش	تجزیه پیوندهای مولکولی مالچ	<i>ATR-FTIR</i> و <i>FRIR</i> یا روش‌های اسپکتروفتومتری	بررسی تغییرات گروه‌های عاملی	کمتر از ۱۰ درصد	خیلی خوب
				۱۰-۲۵ درصد	خوب
				۲۵-۵۰ درصد	متوسط
				بیشتر از ۵۰ درصد	ضعیف

۴-۳- نحوه نمونه‌برداری، شرایط و مدت نگهداری معیارها و شاخص‌های مواد تثبیت‌کننده زیستی

همان‌گونه که در بخش‌های قبل ذکر شد، در خصوص برخی مواد تثبیت‌کننده زیستی (Biocement) که دارای ماهیت متفاوت و شرایط خاصی می‌باشند، شاخص‌های دیگری در نظر گرفته می‌شود. به همین دلیل، در این بخش، معیارها و شاخص‌های این مواد به‌صورت جداگانه تعیین و مورد بررسی قرار گرفته است. شاخص‌های ارائه‌شده در جدول (۴-۱۴) جهت ارزیابی کارایی مواد تثبیت‌کننده زیستی خاک (مالچ زیستی) به‌منظور مقابله با فرسایش بادی و گردوغبار در بخش اول (محیط‌زیستی) از سطح دوم (آزمایشگاهی) ارائه شده است.

در خصوص مواد تثبیت‌کننده زیستی، باکتری یا باکتری‌های مؤثر به‌صورت زنده (کشت روی محیط کشت استاندارد) از تولیدکننده تحویل و به مرکز کلکسیون میکروبی جهت شناسایی و تأیید جنس و گونه و همچنین ارزیابی خطر ارسال می‌گردد (باید نمونه در شرایط سرد ارسال گردد). به عبارتی در مواد تثبیت‌کننده زیستی که از باکتری با گونه نامشخص استفاده شده، لازم است یک نمونه از کلنی باکتری بر روی پتری دیش تهیه و سپس جهت ارزیابی ریسک و شناسایی به آزمایشگاه ارسال گردد. به‌منظور ارزیابی کیفی مواد تثبیت‌کننده زیستی لازم است سوسپانسیون میکروبی به‌طور جداگانه و محلول حاوی ترکیبات دیگر در ظرفی دیگر تهیه و با هماهنگی همراه با دستورالعمل مصرف بلافاصله به آزمایشگاه ارسال گردد (سوسپانسیون میکروبی در شرایط سرد و در ظرف استریل به آزمایشگاه ارسال می‌گردد). عدم هماهنگی در ارسال موجب تخریب دیواره سلولی باکتری‌ها شده و آنزیم اوره‌آز رها شده که توسط سایر آنزیم‌ها تخریب و در نتیجه کیفیت ماده از نظر کارایی برای آزمودن تنش‌های محیطی و همچنین ارزیابی قدرت آنزیم اوره‌آز کاهش خواهد یافت. با توجه به اینکه جمعیت نماتدها و بندپایان در خاک خشک (برخلاف خاک جنگلی و مرطوب) و در لایه سطحی قابل توجه نیست؛ لذا انجام این آزمون ضرورتی ندارد (در صورتی که مالچ برای تثبیت تالاب‌های با منشأ گردوغبار استفاده می‌شود آزمون ارزیابی بر روی نماتد ضروری می‌باشد). ارزیابی مواد تثبیت‌کننده بر روی موش برای کلیه مالچ‌ها در سطح سوم (با انجام آزمون خوراکی) ضروری بوده؛ ولی برای بیوسمنت‌ها و مواد تثبیت‌کننده میکروبی پس از گذراندن سطح دوم، لازم است با انجام آزمون‌های استنشاقی و خوراکی به‌طور جداگانه انجام شود. در جدول (۴-۱۴) شاخص‌های بخش اول

(محیط‌زیستی) سطح دوم جهت بررسی کارایی مواد تثبیت‌کننده زیستی خاک (مالچ زیستی) به‌منظور مقابله با فرسایش بادی و گردوغبار ارائه شده است.

جدول ۴-۱۴- شاخص‌های بخش اول (محیط زیستی) سطح دوم جهت بررسی کارایی مواد تثبیت‌کننده زیستی خاک (مالچ زیستی)

به‌منظور مقابله با فرسایش بادی و گردوغبار

ردیف	معیار	شاخص	امتیاز
۱	تعیین جنس، گونه و سویه باکتری	شناسایی فنوتیپی (انجام آزمون‌های بیوشیمیایی و ویژگی مورفولوژیکی رایج) و ژنوتیپی و انجام آزمون‌های افتراقی باکتری و تأیید توالی شناسایی شده در پایگاه اطلاعاتی معتبر	۱۲
۲	اسیدیته		۴
۳	شوری		۲
۴	ویژگی‌های شیمیایی	کلسیم	۱
۵		منیزیم	۱
۶		سدیم	۱
۷		کلر	۱
۸		سولفات	۱
۹		نیترژن	۱
۱۰		نسبت جذب سدیم	۱
۱۱	ارزیابی خطر	آزمون سمیت بر روی کرم خاکی	۵
۱۲		آزمون بیماری‌زایی بر روی موش آزمایشگاهی	۵
۱۳		آزمون تشخیص همولیز	۱۰
۱۴	اثر بر فون میکربی خاک	شمارش جمعیت میکربی	۱۵
۱۵	تعیین قدرت آنزیمی	بررسی قدرت آنزیم اوره آز توسط باکتری در خاک تحت تنش‌های مختلف (دما و رطوبت)	۱۰
۱۶	پوشش گیاهی	آزمون جوانه‌زنی بر روی گیاه ترتیزک یا سورگوم	۱۵
۱۷	مقاومت به تنش حرارتی و برودتی	ترک‌خوردگی مداوم سطح مالچ	۱۵

۴-۳-۱- معیار تعیین جنس، گونه و سویه باکتری

این معیار تنها دارای یک شاخص بنام شناسایی فنوتیپی (آزمون‌های بیوشیمیایی و ویژگی مورفولوژیکی) و ژنوتیپی و آزمون‌های افتراقی باکتری و تأیید توالی شناسایی‌شده در پایگاه اطلاعاتی معتبر به‌عنوان شاخص این معیار می‌باشد.

طبقات شاخص معیار تعیین جنس، گونه و سویه باکتری

این شاخص دارای چهار طبقه می‌باشد.

روش بررسی شاخص معیار تعیین جنس، گونه و سویه باکتری

برای این بررسی آنالیز به روش مولکولی بر اساس تعیین توالی ژن 16S rRNA صورت می‌گیرد. در جدول (۴-۱۵) ویژگی‌های شاخص معیار تعیین جنس، گونه و سویه باکتری در بخش اول سطح آزمایشگاهی ارائه شده است.

جدول ۴-۱۵- تشریح ویژگی‌های شاخص تعیین جنس، گونه و سویه باکتری جهت بررسی کارایی مواد تثبیت‌کننده زیستی خاک در بخش اول

سطح آزمایشگاهی

معیار	شاخص	دستگاه یا روش اندازه‌گیری	ملاحظات	طبقات (بیماری‌زایی)	ارزیابی	
					امتیاز	کیفیت
تعیین جنس، گونه و سویه باکتری	شناسایی فنوتیپی و ژنوتیپی و تأیید توالی	آنالیز به روش مولکولی بر اساس تعیین توالی ژن <i>16S rRNA</i>	باکتری بیماری‌زا نباشد.	ضعیف-بیماری‌زا	۰	ضعیف
				متوسط-فرصت طلب	۴	متوسط
				خوب-خطر کم	۸	خوب
				خیلی خوب-غیربیماری‌زا	۱۲	بسیار خوب

۴-۳-۲- معیار شوری

روش انجام آزمایش مانند روش گفته‌شده در بخش دوم سطح آزمایشگاهی می‌باشد (رجوع شود به بند ۴-۲-۱).

۴-۳-۳- معیار اسیدیته

روش انجام آزمایش مانند روش گفته‌شده در بخش دوم سطح آزمایشگاهی می‌باشد (رجوع شود به بند ۴-۲-۱).

۴-۳-۴- معیار ویژگی‌های شیمیایی

روش انجام آزمایش مانند روش گفته‌شده در بخش دوم سطح آزمایشگاهی می‌باشد (رجوع شود به بند ۴-۲-۱).

۴-۳-۵- معیار ارزیابی خطر

این معیار دارای سه شاخص آزمون سمیت بر روی کرم خاکی، آزمون بیماری‌زایی در موش آزمایشگاهی و آزمون تشخیص همولیز می‌باشد.

شاخص اول: آزمون سمیت بر روی کرم خاکی

بررسی اثرات سمی مواد تثبیت‌کننده بر روی کرم خاکی به‌عنوان یکی از شاخص‌های معیار ارزیابی خطر تعیین گردیده است.

طبقات شاخص آزمون سمیت بر روی کرم خاکی

این شاخص دارای چهار طبقه می‌باشد.

روش بررسی شاخص آزمون سمیت بر روی کرم خاکی

در این آزمون ۱۰۰ عدد کرم خاکی حاوی سنبل مختلف انتخاب و به خاک حاوی مواد تثبیت‌کننده منتقل می‌گردد. سپس در دمای ۲۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۳۰ روز انکوبه شده؛ سپس درصد زنده‌مانی کرم‌های خاکی گزارش می‌شود. ویژگی‌های شاخص آزمون سمیت بر روی کرم خاکی جهت بررسی کارایی مواد تثبیت‌کننده خاک زیستی در سطح در بخش اول سطح آزمایشگاهی در جدول (۴-۱۵) شرح داده شده است.

جدول ۴-۱۵- تشریح ویژگی‌های شاخص آزمون سمیت بر روی کرم خاکی جهت بررسی کارایی مواد تثبیت‌کننده زیستی خاک در بخش اول

سطح آزمایشگاهی

معیار	شاخص	دستگاه یا روش اندازه‌گیری	ملاحظات	طبقات	
				امتیاز	ارزیابی
ارزیابی خطر	آزمون سمیت بر روی کرم خاکی	شمارش	درصد زنده‌مانی کرم خاکی	۱	ضعیف
				۲	متوسط
				۴	خوب
				۵	بسیار خوب
					کمتر از ۵۰ درصد زنده‌مانی
					۵۰ تا ۷۵ درصد
					۷۵ تا ۹۰ درصد زنده‌مانی
					بیش از ۹۰ درصد زنده‌مانی

شاخص دوم: آزمون بیماری‌زایی در موش آزمایشگاهی

ارزیابی تأثیر بیماری‌زایی مواد بر روی موش آزمایشگاهی به‌عنوان شاخص دوم معیار ارزیابی خطر تعیین شده است.

طبقات شاخص آزمون بیماری‌زایی در موش آزمایشگاهی

این شاخص دارای چهار طبقه می‌باشد.

روش بررسی شاخص آزمون بیماری‌زایی در موش آزمایشگاهی

در این آزمون، باکتری یا ماده تثبیت‌کننده موردنظر به‌صورت استنشاقی و خوراکی بر روی تعدادی موش (Rat) در یک دوره ۱۵ روزه موردبررسی قرار می‌گیرد. در جدول (۴-۱۶) ویژگی‌های شاخص آزمون بیماری‌زایی در بخش اول سطح آزمایشگاهی ارائه شده است.

جدول ۴-۱۶- تشریح ویژگی‌های شاخص آزمون بیماری‌زایی در موش آزمایشگاهی جهت بررسی کارایی مواد تثبیت‌کننده زیستی خاک در

بخش اول سطح آزمایشگاهی

ارزیابی	طبقات (درصد زنده‌مانی)	ملاحظات	دستگاه یا روش اندازه‌گیری	شاخص	معیار
کیفیت	امتیاز				
ضعیف	۱	کمتر از ۵۰ درصد زنده‌مانی	عدم تأثیر بر موش آزمایشگاهی	آزمون بیماری‌زایی بر روی موش آزمایشگاهی	ارزیابی خطر
متوسط	۲	۵۰ تا ۷۵ درصد			
خوب	۴	۷۵ تا ۹۰ درصد زنده‌مانی			
بسیار خوب	۵	بیش از ۹۰ درصد زنده‌مانی			

شاخص سوم: آزمون تشخیص همولیز

آزمون تشخیص همولیز نیز یکی دیگر از شاخص‌های معیار ارزیابی خطر تعیین شده است.

طبقات شاخص آزمون تشخیص همولیز

این شاخص دارای چهار طبقه می‌باشد.

روش بررسی شاخص آزمون تشخیص همولیز

در این آزمون همولیز تولیدشده توسط باکتری بر روی محیط کشت Blood Agar موردبررسی قرار می‌گیرد. یک کلنی باکتری بر روی محیط کشت Blood Agar منتقل و پس از ۲۴ تا ۴۸ ساعت همولیز تولید شده در اطراف کلنی باکتری بررسی می‌شود. در صورت مشاهده همولیز، باکتری همولیز مثبت گزارش می‌شود. در جدول (۴-۱۷) ویژگی‌های شاخص آزمون تشخیص همولیز در بخش اول سطح آزمایشگاهی ارائه شده است.

جدول ۴-۱۷- تشریح ویژگی‌های شاخص آزمون تشخیص همولیز جهت بررسی کارایی مواد تثبیت‌کننده زیستی خاک در بخش اول سطح آزمایشگاهی

معیار	شاخص	روش آزمون	ملاحظات	طبقات	ارزیابی	
					امتیاز	کیفیت
ارزیابی خطر	آزمونهای بیماریزایی تشخیصی و سطح ایمنی	<i>DNase, Coagulase, Blood agar hemolysis, Biosafety level</i>	نباید بیماری‌زا باشد.	بیماری‌زا	۰	ضعیف
				غیربیماری‌زا	۱۰	بسیار خوب

۴-۳-۶- معیار فون میکروبی خاک

روش انجام آزمایش مانند روش گفته شده در بخش دوم سطح آزمایشگاهی می‌باشد (رجوع شود به بند ۴-۲-۴).

۴-۳-۷- معیار تعیین قدرت آنزیمی

این معیار تنها دارای یک شاخص بنام بررسی قدرت آنزیم اوره‌آز توسط باکتری در خاک تحت تنش‌های مختلف (دما و رطوبت) می‌باشد.

طبقات شاخص معیار تعیین قدرت آنزیمی

این شاخص دارای چهار طبقه می‌باشد.

روش بررسی شاخص معیار تعیین قدرت آنزیمی

در این روش باکتری موردنظر لیز شده و پس از رهایش آنزیم با سوبسترای اوره در دمای 30 ± 2 درجه سلسیوس تیمار می‌شود. سپس مقدار آمونیوم تولید شده در فاز آبی با روش اسپکتروفوتومتری موردبررسی و درنهایت قدرت آنزیمی محاسبه می‌شود.

در جدول (۴-۱۸) ویژگی‌های شاخص معیار تعیین قدرت آنزیمی در بخش اول سطح آزمایشگاهی ارائه گردیده است.

جدول ۴-۱۸- تشریح ویژگی‌های شاخص معیار تعیین قدرت آنزیمی جهت بررسی کارایی مواد تثبیت‌کننده زیستی خاک در بخش اول سطح آزمایشگاهی

معیار	شاخص	دستگاه یا روش اندازه‌گیری	ملاحظات	طبقات (فعالیت ویژه) <i>mM urea/min</i>	ارزیابی	
					امتیاز	کیفیت
تعیین قدرت آنزیمی	قدرت آنزیم اوره‌آز توسط باکتری در خاک	کیت آنزیمی	<i>Specific activity</i>	۱.۵-۰	۰	ضعیف
				۲.۵-۱.۵	۵	متوسط
				>۲.۵	۱۰	بسیار خوب

۴-۳-۸- معیار پوشش گیاهی

روش انجام آزمایش مانند روش گفته شده در بخش دوم سطح آزمایشگاهی می‌باشد (رجوع شود به بند ۴-۲-۲).

۴-۳-۹- معیار مقاومت به تنش حرارتی و برودتی

روش انجام آزمایش مانند روش گفته شده در بخش دوم سطح آزمایشگاهی می‌باشد (رجوع شود به بند ۴-۲-۳).

۴-۴- نتیجه‌گیری و اعلام وضعیت ماده تثبیت‌کننده خاک در بخش اول سطح آزمایشگاهی

پس از انجام آزمایش‌های ذکر شده، با رجوع به جدول مربوط به هر شاخص، امتیاز لازم با توجه به نتیجه آزمایش‌ها محاسبه می‌گردد. با جمع کردن امتیاز حاصله از تمامی شاخص‌ها، امتیاز نهایی ماده تثبیت‌کننده خاک به دست خواهد آمد. با مراجعه به جدول (۴-۱۹) می‌توان در مورد وضعیت ماده تثبیت‌کننده خاک مورد بررسی اعلام نظر نمود.

جدول ۴-۱۹- ارزیابی نهایی کارایی مواد تثبیت‌کننده زیستی خاک (مالچ) به‌منظور مقابله با فرسایش بادی در بخش اول سطح آزمایشگاهی

مرحله	ارزیابی		نتیجه نهایی
	امتیاز	کیفیت	
بخش اول سطح آزمایشگاهی	کمتر از ۵۰	ضعیف	مردود
	۵۰-۷۵	متوسط	مشروط
	بیشتر از ۷۵	خوب	قبول

فصل ۵

بررسی‌های آزمایشگاهی تکمیلی

(بخش دو از سطح دوم)

۵-۱- روند بررسی

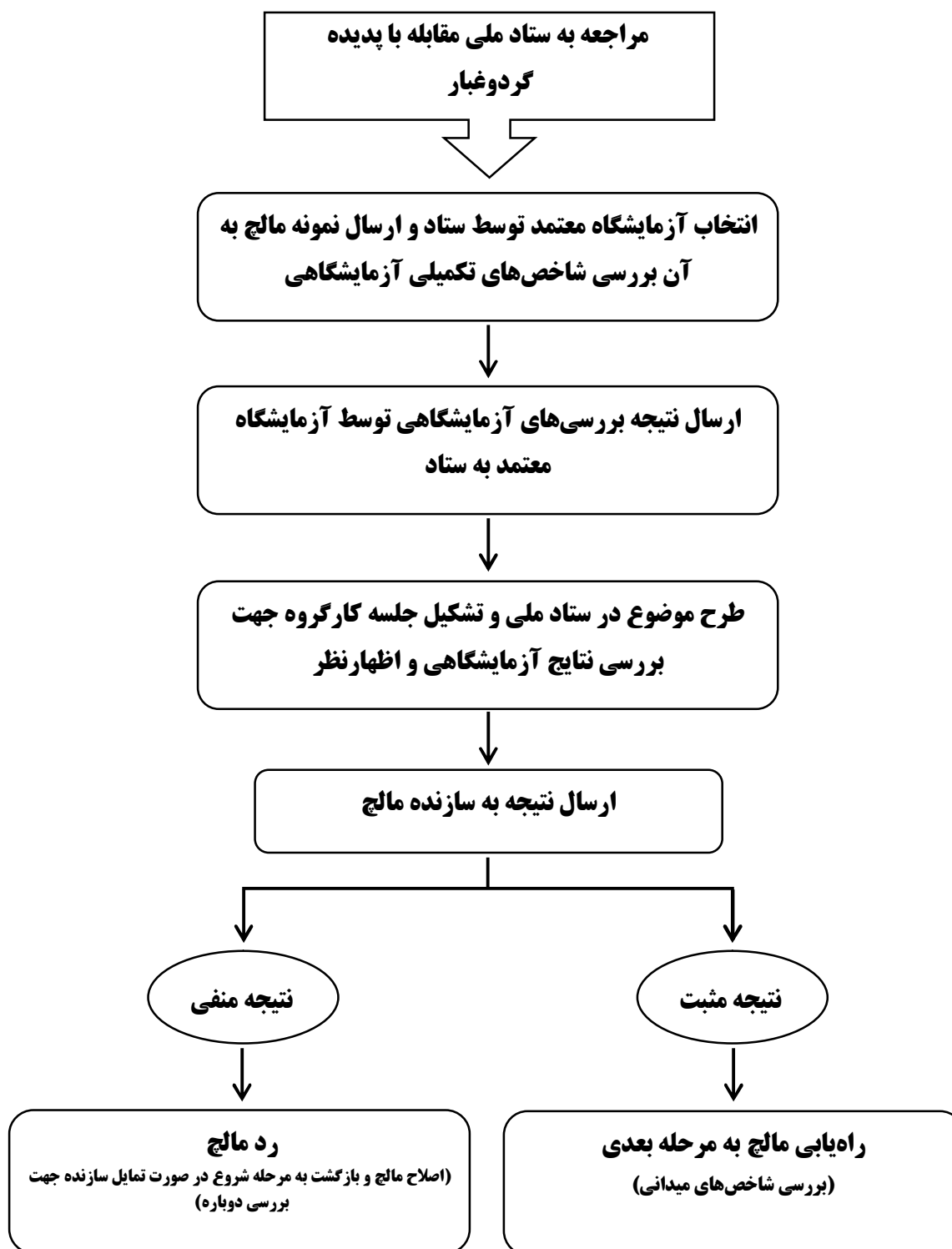
در صورت تأیید ماده تثبیت‌کننده از نظر ویژگی‌های محیط زیستی و بهداشتی (اولیه) موجود در جدول (۱-۴)، مواد جهت بررسی‌های آزمایشگاهی دقیق‌تر از نظر ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی تحت بررسی‌های جدول (۱-۵) قرار خواهند گرفت.

کلیه فرایندها و سلسله‌مراتب انجام این مرحله، مانند مرحله قبل می‌باشد (شکل ۱-۵).

مدت‌زمان لازم جهت بررسی شاخص‌های بخش دوم سطح دو، از زمان ارسال نمونه مالچ، تقریباً چهل و پنج روز در نظر گرفته شده است. در صورت تأیید ماده از نظر ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی (تکمیلی) موجود در جدول (۱-۵)، مواد جهت بررسی‌های نهایی تحت بررسی‌های عرصه‌ای و میدانی قرار خواهند گرفت. در صورتی که ماده تثبیت‌کننده، نتواند شرایط لازم در این مرحله را احراز نماید، رد می‌شود. همانند مرحله قبل در صورتی که سازنده مایل باشد، می‌تواند ماده خود را اصلاح نموده و دوباره مراحل بررسی مالچ را از ابتدای این مرحله مجدداً آغاز نماید.

فرض بر این است که نمونه ارسال‌شده به آزمایشگاه، دقیقاً همان نمونه ماده‌ای است که اطلاعات آن در مرحله قبل توسط متقاضی به کارگروه ارائه‌شده و مورد آزمایش قرار گرفته بود. جهت حصول اطمینان، در صورت پاشش ماده در عرصه (بررسی شاخص‌های سطح سوم)، حین پاشش نیز از ماده نمونه‌گیری شده و برخی شاخص‌ها دوباره اندازه‌گیری خواهد شد. در این مرحله نیز بسته به ماهیت و نوع ماده تثبیت‌کننده (مالچ)، در صورت نیاز، برخی شاخص‌ها حذف یا شاخص‌های متناسب با آن ماده در نظر گرفته خواهد شد.

در ادامه هر یک از معیارها و شاخص‌های این مرحله تشریح گردیده است. در شکل (۱-۵) و جدول (۱-۵) شاخص‌های بخش دو از سطح دوم کارایی تثبیت‌کننده‌های خاک ارائه شده است.



شکل ۵-۱- روند بررسی مواد تثبیت‌کننده خاک (مالچ) در سطح آزمایشگاهی بخش دوم

جدول ۵-۱- شاخص‌های بخش دو (فیزیکی و شیمیایی) سطح دوم جهت بررسی کارایی مالچ‌های تثبیت‌کننده خاک (مالچ) به‌منظور مقابله با فرسایش بادی و گردوغبار

ردیف	معیار	شاخص	امتیاز
۱	خواص مکانیکی	ضخامت لایه مالچ	۴
		خاصیت ارتجاعی یا انعطاف‌پذیری (الاستیسیته)	۴
		وجود درز و ترک در سطح مالچ‌پاشی شده	۴
		مقاومت برشی	۴
		مقاومت فشاری	۴
		مقاومت به ضربه	۴
		مقاومت به سایش	۴
۲	تأثیر بر ویژگی‌های خاک	ویژگی‌های شیمیایی	۱۲
۳	میزان نفوذ مؤثر عمقی در خاک	نفوذ مالچ در خاک	۵
۴	نفوذپذیری نسبت به آب	تراوایی نسبت به آب	۷
۵	تثبیت خاک در مقابل فرسایش بادی	میزان فرسایش بادی	۱۵
۶	تثبیت خاک در مقابل فرسایش آبی	میزان فرسایش آبی	۱۵
۷	رطوبت و نگهداشت آب در خاک	میزان رطوبت خاک	۵
۸	تأثیر بر درجه حرارت خاک	درجه حرارت خاک	۵
۹	تأثیر بر ویژگی‌های آب	کیفیت آب	۸
۱۰۰	مجموع امتیاز شاخص‌ها		

۵-۱-۱- معیارها و شاخص‌های مرتبط با بررسی‌های آزمایشگاهی تکمیلی (بخش دو از سطح دوم)

در این بخش هشت معیار خواص مکانیکی، تأثیر بر ویژگی‌های خاک، میزان نفوذ مؤثر عمقی در خاک، نفوذپذیری نسبت به آب، تثبیت خاک در مقابل فرسایش بادی، تثبیت خاک در مقابل فرسایش آبی، رطوبت و نگهداشت آب در خاک، تأثیر بر درجه حرارت خاک و تأثیر بر ویژگی‌های آب موردبررسی قرار می‌گیرند. برای هریک از معیارهای ذکرشده، یک یا چند شاخص تدوین شده است که در معیارهای مربوطه تشریح شده است. در زیر توضیحات مربوط به معیارها و شاخص‌های آزمایشگاهی تکمیلی (بخش دو از سطح دوم) ارائه شده است. شایان‌ذکر است که در این بخش، اندازه‌گیری‌های آزمایشگاهی پس از پاشش مواد تثبیت‌کننده و خشک شدن آن‌ها صورت می‌گیرد (به‌جز مقاومت برشی). جهت هماهنگی در اندازه‌گیری‌ها، بهتر است یک هفته بعد از پاشش مواد، نسبت به انجام آزمایش‌ها اقدام گردد.

۵-۱-۱-۱- معیار خواص مکانیکی

این معیار دارای هفت شاخص ضخامت لایه مالچ، خاصیت ارتجاعی یا انعطاف‌پذیری (الاستیسیته) وجود درز و ترک در سطح مالچ‌پاشی شده، مقاومت برشی، مقاومت فشاری، مقاومت به ضربه و مقاومت به سایش می‌باشد.

شاخص اول: ضخامت لایه مالچ

ضخامت لایه مالچ، یکی از شاخص‌های ارزیابی معیار خواص مکانیکی می‌باشد. مواد تثبیت‌کننده باید دارای ضخامت حداقل ۵ میلی‌متر باشند. هرچه ضخامت سله بیشتر باشد ماندگاری و دوام سله بیشتر خواهد بود و به‌تبع در مقابل فرآیند بادسبب مقاومت بیشتری خواهد داشت.

طبقات شاخص ضخامت لایه مالچ

این شاخص دارای چهار طبقه می‌باشد. هرچه ضخامت سله ایجادشده بیشتر باشد امکان ماندگاری و مقاومت مالچ بیشتر خواهد بود. چنانچه سله ایجاد شده بیشتر از ۲ سانتیمتر ضخامت داشته باشد، بیشترین امتیاز را به خود اختصاص خواهد داد.

روش بررسی شاخص ضخامت لایه مالچ

برای بررسی این شاخص باید ابتدا سینی‌های آزمایشی را با ماسه بادی پر و سطح آن را مسطح نمود. سپس مواد تثبیت‌کننده به مقدار لازم بر روی سطح خاک پاشیده شود. پس از خشک شدن مواد، با استفاده از کاردک قسمتی از سله بریده شده و ماسه‌های زیر سله با کمک فرچه تمیز شده و درنهایت با استفاده از کولیس ضخامت سله اندازه‌گیری می‌شود.

ویژگی‌های شاخص ضخامت سله جهت بررسی کارایی مواد تثبیت‌کننده خاک بخش دوم سطح آزمایشگاهی در جدول (۵-۲) ارائه شده است.

جدول ۵-۲- تشریح ویژگی‌های شاخص ضخامت سله جهت بررسی کارایی مواد تثبیت‌کننده خاک در بخش دوم سطح آزمایشگاهی

معیار	شاخص	دستگاه یا روش اندازه‌گیری	ملاحظات	طبقات (سانتیمتر)	ارزیابی	
					امتیاز	کیفیت
خواص مکانیکی	ضخامت لایه مالچ	کولیس یا خط‌کش	عمق مؤثر سله اندازه‌گیری شود.	کمتر از ۰/۲	۱	ضعیف
				۰/۲ تا ۰/۵	۲	متوسط
				۰/۵ تا ۱	۳	خوب
				بیشتر از ۱	۴	خیلی خوب

شاخص دوم: خاصیت ارتجاعی یا انعطاف‌پذیری

خاصیت ارتجاعی یا انعطاف‌پذیری، یکی دیگر از شاخص‌های ارزیابی معیار استحکام مالچ می‌باشد. خاصیت ارتجاعی یا انعطاف‌پذیری سبب افزایش مقاومت مالچ در برابر فشارهای بیرونی مانند رفت‌وآمد و تردد بر روی عرصه می‌شود.

طبقات شاخص خاصیت ارتجاعی یا انعطاف‌پذیری

این شاخص دارای چهار طبقه می‌باشد. هر طبقه نشان‌دهنده میزان انعطاف‌پذیری سله ایجاد شده در سطح خاک می‌باشد. هرچه سله ایجادشده منعطف‌تر و دارای خاصیت ارتجاعی بیشتری باشد بهتر خواهد بود.

روش بررسی شاخص خاصیت ارتجاعی یا انعطاف‌پذیری

خاصیت ارتجاعی یا انعطاف‌پذیری سله ایجادشده با استفاده از فلکسومتر یا کازگرانده قابل‌اندازه‌گیری می‌باشد. برای اراضی غبارخیز که دارای بافت رسی یا سیلتی می‌باشند، به‌راحتی می‌توان از این روش استفاده نمود؛ اما برای مقایسه درجه انعطاف‌پذیری ماسه بادی می‌توان از روش معرفی‌شده توسط روحی پور و همکاران (۱۳۹۶) استفاده نمود. با توجه به بافت خاک غالب ماسه‌زارها که به‌صورت ماسه‌ای و درشت‌دانه می‌باشند (۰/۵ تا ۲ میلی‌متر)، بنابراین اندازه‌گیری ضریب خمیرایی آن‌ها به‌طور مستقیم امکان‌پذیر نبوده و در طبقه بدون خمیرایی قرار دارند. برای برطرف کردن این اشکال ابتدا برای یک خاک دارای بافت سنگین (Clay loam) به‌عنوان خاک شاهد که در حالت مرطوب دارای شکل‌پذیری است، با استفاده از آب مقطر و مخلوط کردن آن با خاک مذکور، حدود اتربرگ شامل حد روانی و حد خمیری اندازه‌گیری و با استفاده از این حدود، ضریب پلاستیسیته (PI) این خاک با استفاده از رابطه (۵-۱) محاسبه می‌شود.

$$PI = LL - PL$$

رابطه ۱-۵

برای محاسبه ضریب پلاستیسیته یا خمیرایی باید حد روانی یا سیلان (Liquid Limit) LL و حد خمیری PL (Plasticity Limit) مخلوط خاک با مالچ موردنظر را با دستگاه کازاگراند اندازه‌گیری نمود. با توجه به تعریف، درصد رطوبتی که باید به خاک اضافه شود تا از حد خمیری به حد روانی خود برسد، بیانگر میزان خاصیت خمیرایی یا شکل‌پذیری آن خاک است. به عبارت دیگر، شاخص پلاستیسیته برابر اختلاف حد روانی و حد خمیری آن بیان می‌شود.

در مرحله بعد با استفاده از همان نوع خاک، با افزودن مقدار موردنیاز از مالچ موردنظر به جای آب مقطر، دوباره حد روانی و حد خمیری مخلوط خاک با مالچ، اندازه‌گیری و ضریب پلاستیسیته یا شاخص خمیرایی این مخلوط محاسبه می‌شود.

با داشتن این دو ضریب در مرحله آخر، ضریب انعطاف مستقیم مالچ را می‌توان از اختلاف کمیت‌های ضریب پلاستیسیته مخلوط خاک با مالچ و ضریب پلاستیسیته خاک شاهد، به‌سادگی با استفاده از رابطه (۵-۲) که یک کمیت بدون بعد است، محاسبه کرد. هرچه ضریب پلاستیستی مالچ بیشتر باشد، دارای انعطاف بیشتری بوده، دوام آن در مقابل نیروهای شکننده بیشتر خواهد بود و برای مالچ پاشی مناسب‌تر است.

$$PI_{\text{Mulch}} = PI_{\text{Mulch+Soil}} - PI_{\text{Water+Soil}}$$

رابطه ۲-۵

ویژگی‌های شاخص خاصیت ارتجاعی یا انعطاف‌پذیری جهت بررسی کارایی مواد تثبیت‌کننده خاک در سطح بخش دوم سطح آزمایشگاهی در جدول (۵-۳) ارائه شده است.

جدول ۵-۳- تشریح ویژگی‌های شاخص خاصیت ارتجاعی یا انعطاف‌پذیری جهت بررسی کارایی مواد تثبیت‌کننده خاک در بخش دوم سطح

آزمایشگاهی

معیار	شاخص	دستگاه یا روش اندازه‌گیری	ملاحظات	طبقات (اختلاف PI مالچ و شاهد)	ارزیابی
					امتیاز
استحکام	خاصیت ارتجاعی یا انعطاف‌پذیری	فلکسومتر یا کازاگراند	محاسبه اختلاف PI نمونه مالچ و شاهد	کمتر از ۵ واحد	۱ ضعیف
				بین ۵ تا ۱۰ واحد	۲ متوسط
				بین ۱۰ تا ۱۵ واحد	۳ خوب
				بین ۱۵ تا ۲۰ واحد	۴ بسیار خوب

شاخص سوم: وجود درز و ترک در سطح مالچ‌پاشی شده

یکی از شاخص‌های ارزیابی معیار خواص مکانیکی، وجود درز و ترک در سطح مالچ‌پاشی شده می‌باشد. وجود درز و ترک ویژگی منفی برای مواد تثبیت‌کننده خاک محسوب می‌شود.

طبقات شاخص وجود درز و ترک در سطح مالچ‌پاشی شده

این شاخص دارای چهار طبقه می‌باشد. هرچه میزان درز و ترک ایجادشده بیشتر و عریض‌تر باشد امکان تخریب مالچ بیشتر خواهد بود و برای مواد تثبیت‌کننده خاک یک نقص محسوب می‌شود.

روش بررسی شاخص وجود درز و ترک در سطح مالچ‌پاشی شده

برای بررسی این شاخص پس از پاشش مالچ بر روی سینی‌های آزمایشی و خشک شدن آن، وجود درز و ترک و میزان آن اندازه‌گیری و پایش خواهد شد.

روش کار بدین‌صورت خواهد بود که ابتدا بایستی سینی‌های آزمایشی را با ماسه‌بادی پر و سطح آن را مسطح نمود. سپس مواد تثبیت‌کننده به مقدار لازم بر روی سطح خاک پاشیده شود. پس از خشک شدن مواد، تعداد، طول و عرض درز و ترک‌ها اندازه‌گیری شده و با استفاده از رابطه (۳-۵) ضریب درز و شکاف مواد تثبیت‌کننده (مالچ) محاسبه خواهد شد:

$$CC = \frac{\sum (N \times W \times L)_i}{A} \times 100 \quad \text{رابطه ۳-۵}$$

که در آن، CC: ضریب درز و شکاف؛ N: تعداد درز و شکاف؛ W: عرض درز و شکاف (سانتیمتر)؛ L: طول درز و شکاف (سانتیمتر) و A: مساحت موردبررسی (سانتیمتر مربع) می‌باشد.

جدول ۴-۵- تشریح ویژگی‌های شاخص وجود درز و ترک در سطح مالچ‌پاشی شده جهت بررسی کارایی مواد تثبیت‌کننده خاک در بخش دوم

سطح آزمایشگاهی

معیار	شاخص	دستگاه یا روش اندازه‌گیری	ملاحظات	طبقات (ضریب درز و شکاف)		ارزیابی	
						امتیاز	کیفیت
خواص مکانیکی	وجود درز و ترک در سطح مالچ‌پاشی شده	اندازه‌گیری طول و عرض و تعداد درز و شکاف	سطح مالچ‌پاشی شده نباید پوسته‌پوسته شود.	کمتر از ۰/۵	۴	بسیار خوب	
				بین ۰/۵ تا ۱	۳	خوب	
				بین ۱ تا ۱/۵	۲	متوسط	
				بیشتر از ۱/۵	۰	ضعیف	

ویژگی‌های شاخص وجود درز و ترک در سطح مالچ‌پاشی شده جهت بررسی کارایی مواد تثبیت‌کننده خاک بخش دوم سطح آزمایشگاهی در جدول (۴-۵) ارائه شده است.

شاخص چهارم: مقاومت برشی

مقاومت برشی، یکی دیگر از شاخص‌های ارزیابی معیار استحکام مالچ می‌باشد. مقاومت برشی نشان‌دهنده میزان چسبندگی مواد می‌باشد، لذا هرچه مقاومت برشی بیشتر باشد، مالچ از چسبندگی و استحکام بالاتری برخوردار است. به عبارت دیگر استحکام مواد تثبیت‌کننده خاک با مقاومت برشی رابطه مستقیمی دارد.

طبقات شاخص مقاومت برشی

این شاخص دارای چهار طبقه است. هر طبقه نشان‌دهنده میزان مقاومت برشی یا چسبندگی می‌باشد. ماسه‌بادی یا خاک مناطق غبارخیز، فاقد چسبندگی یا دارای چسبندگی کمی می‌باشند، بنابراین دارای مقاومت برشی کمی هستند، با افزودن مواد تثبیت‌کننده، انتظار می‌رود مقاومت برشی خاک افزایش یابد. کمترین مقاومت برشی قابل‌انتظار برابر ۵/۰ نیوتن بر سانتی‌متر مربع می‌باشد. مقاومت برشی در رطوبت‌های مختلف متفاوت است؛ لذا حین اندازه‌گیری مقاومت برشی ذکر رطوبت نیز ضروری می‌باشد.

روش بررسی شاخص مقاومت برشی

مقاومت برشی با استفاده از دستگاه پره برش قابل‌اندازه‌گیری می‌باشد. آزمایش برش پره یکی از آزمایش‌های صحرایی است که در آن عضوی چهارپره با اعمال فشار و نیروی دورانی در زمین نفوذ کرده و با اندازه‌گیری نیروی لازم برای چرخش پره‌ها در خاک، مقاومت برشی آن اندازه‌گیری می‌شود.

برای آزمایش، تیغه و میله پره باید باهم متناسب باشند و خم یا صدمه‌دیده نباشند، سر پره و تیغه پره هر دو باید تمیز و خشک باشند و نشانگر یا شاخص آزادانه بتواند حرکت کنند و در هیچ وضعیتی گیر نکنند. پره برشی را به صورت عمودی نسبت به سطح خاک نگه داشته و پره در داخل خاک فرو رانده شود. سپس در بالای میله، لنگر پیچشی اعمال می‌شود؛ به‌طوری‌که پره با سرعت ثابتی بچرخد. استوانه‌ای از خاک در مقابل لنگر پیچشی مقاومت خواهد کرد تا لحظه‌ای که خاک گسیخته شود. زمانی که خاک به حداکثر مقاومت برشی خود رسید و به‌طور کامل گسیخته شد، عقربه نشانگر دیگر حرکت نمی‌کند و در این حالت آزمایش به اتمام رسیده است.

ویژگی‌های شاخص مقاومت برشی جهت بررسی کارایی مواد تثبیت‌کننده خاک بخش دوم سطح آزمایشگاهی در جدول (۵-۵) ارائه شده است.

جدول ۵-۵- تشریح ویژگی‌های شاخص مقاومت برشی جهت بررسی کارایی مواد تثبیت‌کننده خاک در بخش دوم سطح آزمایشگاهی

معیار	شاخص	دستگاه یا روش اندازه‌گیری	ملاحظات	طبقات	ارزیابی	
					امتیاز	کیفیت
استحکام	مقاومت برشی	دستگاه پره برش	رطوبت خاک حین اندازه‌گیری مقاومت برشی، ذکر گردد.	کمتر از ۵/۰	۱	ضعیف
				۵/۰-۱	۲	متوسط
				۱-۲	۳	خوب
				بیشتر از ۲	۴	بسیار خوب

شاخص پنجم: مقاومت فشاری

مقاومت فشاری، یکی دیگر از شاخص‌های ارزیابی معیار استحکام مالچ می‌باشد. مقاومت فشاری ظرفیت تحمل یک جسم، ماده یا سازه در مقابل نیروهای فشاری محوری مستقیم می‌باشد. استحکام مواد تثبیت‌کننده خاک با مقاومت فشاری رابطه مستقیمی دارد. اما مقاومت فشاری بالا به‌عنوان مانع فیزیکی برای رشد ریشه و جوانه‌زنی محسوب می‌شود.

طبقات شاخص مقاومت فشاری

این شاخص دارای چهار طبقه می‌باشد. حداقل مقاومت فشاری برابر یک کیلوگرم بر سانتیمتر مربع در نظر گرفته شده است.

روش بررسی شاخص مقاومت فشاری

مقاومت فشاری با استفاده از دستگاه نفوذسنج (Penetrometer) اندازه‌گیری می‌شود. معمولاً در شرایط عرصه طبیعی، در نقاط مختلف منطقه مالچ‌پاشی شده با تکرارهای زیاد، مقاومت فشاری اندازه‌گیری می‌شود. دستگاه بر روی خاک قرار داده و با فشار ثابتی به داخل خاک فشار داده می‌شود. زمانی که نوک دستگاه تا عمق مشخص در خاک یا سله فرو رود، فشار را قطع نموده و مقاومت فشاری یادداشت می‌گردد.

ویژگی‌های شاخص مقاومت فشاری جهت بررسی کارایی مواد تثبیت‌کننده خاک بخش دوم سطح آزمایشگاهی در جدول (۵-۶) ارائه شده است.

جدول ۵-۶- تشریح ویژگی‌های شاخص مقاومت فشاری جهت بررسی کارایی مواد تثبیت‌کننده خاک در بخش دوم سطح آزمایشگاهی

معیار	شاخص	دستگاه یا روش اندازه‌گیری	ملاحظات	طبقات (Kg/cm^2)	ارزیابی	
					امتیاز	کیفیت
استحکام	مقاومت فشاری	دستگاه پنترومتر	مقاومت فشاری مانع رشد ریشه و جوانه‌زنی نشود.	کمتر از ۱	۱	ضعیف
				۱-۲	۲	متوسط
				۲-۴	۳	خوب
				بیشتر از ۴	۴	بسیار خوب

شاخص ششم: مقاومت به ضربه

مقاومت به ضربه، یکی دیگر از شاخص‌های ارزیابی معیار استحکام مالچ می‌باشد. آزمون ضربه یکی از روش‌های استاندارد برای به دست آوردن انرژی شکست مواد در اثر تنش دینامیکی است. مکانیسم آزمون ضربه تعیین مقدار انرژی لازم برای شکستن سله در اثر ضربه می‌باشد. این آزمون جهت اندازه‌گیری مقاومت سله، با افتادن وزنه در برابر ضربه استفاده می‌شود. این مقاومت به صورت جرم (گرم) ضربه زن از ارتفاع از پیش تعیین شده بیان می‌شود.

طبقات شاخص مقاومت به ضربه

این شاخص دارای چهار طبقه می‌باشد. رها کردن میله و ایجاد سوراخ در سطح سله مبنای طبقه‌بندی می‌باشد. شکستگی سله و میزان نفوذ میله به داخل سله نشان‌دهنده میزان مقاومت به ضربه می‌باشد. در صورت مقاومت بالای سله، با رها کردن میله، سله آسیب ندیده و میله به داخل آن نفوذ نخواهد کرد؛ درحالی‌که هرچه مقاومت سله کمتر باشد، میزان نفوذ میله بیشتر خواهد بود.

روش بررسی شاخص مقاومت به ضربه

روش کار برای ارزیابی مقاومت به ضربه استفاده از یک میله نوک مخروطی می‌باشد. با رها کردن میله‌ای فولادی با نوک مخروطی با زاویه ۴۵ درجه و به وزن ۱۵۰ گرم از ارتفاع یک و نیم متری (مقابل سینه) به صورت عمود بر روی سطح مالچ پاشی شده در ۱۰ نقطه متفاوت، میزان مقاومت آن‌ها به ضربه سنجیده می‌شود. ویژگی‌های مقاومت به ضربه جهت بررسی کارایی مواد تثبیت‌کننده خاک بخش دوم سطح آزمایشگاهی در جدول (۵-۷) ارائه شده است.

جدول ۵-۷- تشریح ویژگی‌های شاخص مقاومت به ضربه جهت بررسی کارایی مواد تثبیت‌کننده خاک در بخش دوم سطح آزمایشگاهی

ارزیابی	طبقات	ملاحظات	دستگاه یا روش اندازه‌گیری	شاخص	معیار
کیفیت	امتیاز				
ضعیف	۰	با رها کردن میله، سله بشکند و میله بیش از ۲ سانتیمتر در خاک فرو رود.	میله به صورت عمود رها گردد.	میله استاندارد مخروطی	مقاومت به ضربه
متوسط	۱	با رها کردن میله، سله بشکند و میله تا ۲ سانتیمتر در خاک فرو رود.			
خوب	۲	با رها کردن میله، سله بشکند و میله تا ۱ سانتیمتر در خاک فرو رود.			
بسیار خوب	۴	با رها کردن میله، سله نشکند.			

شاخص هفتم: مقاومت به سایش

مقاومت به سایش، یکی دیگر از شاخص‌های ارزیابی معیار استحکام مالچ می‌باشد. از آنجایی که همراه با وزش باد، ذرات خاک و ماسه نیز شروع به حرکت می‌کنند؛ لذا با توجه به اینکه باد یک سیال خالص نیست و همراه خود ناخالصی دارد، این مواد سبب ایجاد سایش (بادکند) در سطح خاک و... می‌گردند. این موضوع باعث شده است تا این ویژگی به عنوان شاخص مقاومت به سایش مدنظر قرار گیرد.

طبقات شاخص مقاومت به سایش

این شاخص دارای چهار طبقه است. سایش سله و از بین رفتن آن مبنای طبقه‌بندی این شاخص می‌باشد.

روش بررسی شاخص مقاومت به سایش

برای بررسی مقاومت سله ایجاد شده نسبت به سایش، می‌توان از کاغذ سمباده استفاده نمود و شرایط طبیعی را شبیه‌سازی نمود. مقاومت سایشی سله تشکیل شده، به وسیله کشیدن ورقه سمباده با زبری متوسط (۱۰۰ میکرون) و با نیروی فشاری ۵/۰ کیلوگرم در سطح آن به صورت پیاپی تا زمانی که لایه سائیده شده و به سطح خاک برسد، اندازه‌گیری می‌شود. تعداد دفعه مالش سمباده بر سطح خاک تا زمان سائیده شدن کامل سله یادداشت می‌شود. ویژگی‌های شاخص مقاومت به سایش جهت بررسی کارایی مواد تثبیت‌کننده خاک بخش دوم سطح آزمایشگاهی در جدول (۵-۸) ارائه شده است.

جدول ۵-۸- تشریح ویژگی‌های شاخص مقاومت به سایش جهت بررسی کارایی مواد تثبیت‌کننده خاک در بخش دوم سطح آزمایشگاهی

ارزیابی	طبقات (از بین رفتن سله)	ملاحظات	دستگاه یا روش اندازه‌گیری	شاخص	معیار
کیفیت	امتیاز				
ضعیف	۰	با ۱-۵ حرکت سمباده	سایش سله ایجاد شده توسط مواد تثبیت‌کننده و از بین رفتن آن	مقاومت به سایش	استحکام
متوسط	۱	با ۵-۱۵ حرکت سمباده			
خوب	۳	با ۳۰-۱۵ حرکت سمباده			
خیلی خوب	۴	با بیش از ۳۰ حرکت سمباده			

۵-۱-۱-۲- معیار تأثیر بر ویژگی‌های خاک

در انتخاب یک ماده به‌عنوان تثبیت‌کننده خاک در برابر فرسایش بادی، تأثیر آن بر ویژگی‌های خاک نیز می‌بایستی لحاظ گردد. بررسی اثرات مواد تثبیت‌کننده بر ویژگی‌های شیمیایی خاک شامل شوری، اسیدیته، کلسیم، منیزیم، نیتروژن، سولفات، سدیم، کلر، کربنات، بی‌کربنات، نسبت جذب سدیم و ماده آلی به‌عنوان شاخصی برای ارزیابی این معیار در نظر گرفته شده است. شایان‌ذکر است که در بخش اول سطح آزمایشگاهی، با توجه به اهمیت موجودات خاکزی، تأثیر مواد تثبیت‌کننده بر فون میکروبی خاک در نظر گرفته شده بود. همچنین با توجه به این که ویژگی‌های فیزیکی خاک کمتر تحت تأثیر مواد تثبیت‌کننده قرار می‌گیرند و معمولاً جزو ویژگی‌های پایای خاک محسوب می‌شوند، لذا در این بخش تنها ویژگی‌های شیمیایی در نظر گرفته شده است.

طبقات شاخص ویژگی‌های شیمیایی

این شاخص دارای سه طبقه می‌باشد. روند تغییرات ویژگی‌های شیمیایی نسبت به تیمار شاهد نشان‌دهنده کلاس‌های این طبقات است. این سه طبقه شامل روند کاهشی، بدون تغییر و روند افزایشی می‌باشد.

روش بررسی شاخص ویژگی‌های شیمیایی

جهت بررسی اثرات مواد تثبیت‌کننده بر خاک لازم است ابتدا خاک بستر مورد استفاده از نظر ویژگی‌های شیمیایی آزمایش گردد. بعد از گذشت یک ماه نیز از زمان پاشش مواد بر روی خاک، نمونه‌برداری از سطح صفر تا پنج سانتیمتری انجام و همان ویژگی‌های شیمیایی اندازه‌گیری گردد. نمونه خاک‌های برداشت‌شده، پس از خشک شدن در هوای آزاد و عبور از الک ۲ میلی‌متری برای تجزیه خاک آماده می‌شوند. ویژگی‌هایی که مورد اندازه‌گیری قرار می‌گیرند عبارت‌اند از: اسیدیته خاک در عصاره اشباع با استفاده از دستگاه pH متر (McLean, ۱۹۸۲)، هدایت الکتریکی در عصاره اشباع با

استفاده از دستگاه EC متر (Rhoades, ۱۹۸۲)، ماده آلی به روش تیتراسیون سریع والکلی بلاک (Nelson و Sommers, ۱۹۸۲)، ازت کل به روش کجلدال (Bremne و Mulvaney, ۱۹۸۲)، فسفر و پتاسیم به روش فلیم‌فتومتری (Knudsen و همکاران, ۱۹۸۲)، سدیم، کلسیم و منیزیم (Warncke و همکاران, ۱۹۹۸)، کلر (Adriano و همکاران, ۱۹۸۲)، کربنات و بی‌کربنات به روش تیتراسیون و نسبت جذب سدیم. ویژگی‌های شاخص ویژگی‌های شیمیایی معیار تأثیر بر ویژگی‌های خاک جهت بررسی کارایی مواد تثبیت‌کننده خاک بخش دوم سطح آزمایشگاهی در جدول (۵-۹) ارائه شده است.

جدول ۵-۹- تشریح ویژگی‌های شیمیایی خاک جهت بررسی کارایی مواد تثبیت‌کننده خاک در بخش دوم سطح آزمایشگاهی

معیار	شاخص	دستگاه یا روش اندازه‌گیری	ملاحظات	ویژگی مورداندازه‌گیری	طبقات (در مقایسه با شاهد)	ارزیابی	
						امتیاز	امتیاز
خصوصیات مالچ	ویژگی‌های شیمیایی	دستگاه ICP، جذب اتمی یا فلورسانس اتمی و ...	مقایسه با عرصه شاهد	شوری	روند افزایشی	۰	ضعیف
					روند ثابت	۰/۵	خوب
					روند کاهش	۱	بسیار خوب
				اسیدیته	روند افزایشی	۰	ضعیف
					روند ثابت	۱	خوب
					روند کاهش	۰	ضعیف
				کلسیم	روند افزایشی	۱	بسیار خوب
					روند ثابت	۰/۵	خوب
					روند کاهش	۰	ضعیف
				منیزیم	روند افزایشی	۱	بسیار خوب
					روند ثابت	۰/۵	خوب
					روند کاهش	۰	ضعیف
				نیتروژن	روند افزایشی	۱	بسیار خوب
					روند ثابت	۰/۵	خوب
					روند کاهش	۰	ضعیف
				سولفات	روند افزایشی	۰	بسیار خوب
					روند ثابت	۰/۵	خوب
					روند کاهش	۱	ضعیف
				سدیم	روند افزایشی	۰	ضعیف
					روند ثابت	۰/۵	خوب
					روند کاهش	۱	بسیار خوب
				کلر	روند افزایشی	۰	ضعیف
					روند ثابت	۰/۵	خوب
					روند کاهش	۱	بسیار خوب
				کربنات	روند افزایشی	۰	ضعیف
					روند ثابت	۰/۵	خوب
					روند کاهش	۱	بسیار خوب
				بی‌کربنات	روند افزایشی	۰	ضعیف
					روند ثابت	۰/۵	خوب
					روند کاهش	۱	بسیار خوب
				نسبت جذب سدیم	روند افزایشی	۰	ضعیف
					روند ثابت	۰/۵	خوب
					روند کاهش	۱	بسیار خوب
				ماده آلی	روند افزایشی	۱	بسیار خوب
					روند ثابت	۰/۵	خوب
					روند کاهش	۰	ضعیف

۵-۱-۳- معیار ضریب نفوذ مؤثر عمقی مالچ در خاک

این معیار تنها شامل یک شاخص به نام ضریب نفوذ مالچ در خاک می‌باشد. علاوه بر ضخامت لایه مالچ که در معیار قبل مورد بررسی قرار گرفت، نفوذ عمقی مواد تثبیت‌کننده در خاک نیز از اهمیت بالایی برخوردار است، چراکه گاهی ممکن است مواد اضافه‌شده به خاک تشکیل یک سله نازک بدهد؛ اما اگر این مواد تا عمق پایین‌تری در خاک نفوذ کند بدون اینکه تشکیل سله دهد بسیار مفید و مؤثر در مقابل نیروی باد مقاومت خواهد نمود. درواقع گاهی تأثیر مواد، از طریق نفوذ عمقی این مواد در خاک و تشکیل خاکدانه در آن عمق می‌باشد؛ ضمن اینکه ایجاد سله مجزا و بدون نفوذ مواد به داخل ماسه و خاک دارای قابلیت غبارخیزی، پس از شکستن و ایجاد ترک، موجب بادکند شدیدی در منطقه مالچ‌پاشی شده می‌گردد.

طبقات شاخص ضریب نفوذ مؤثر عمقی در خاک

این شاخص تنها شاخص این معیار بوده که دارای چهار طبقه می‌باشد. ضریب نفوذ مؤثر عمقی در خاک از مقایسه عمق نفوذ مواد نسبت به آب به دست می‌آید. این ضریب بین صفر و یک بوده و هرچه نفوذ عمقی بیشتر باشد، این ضریب به عدد یک نزدیک‌تر بوده و در نتیجه امکان ماندگاری و مقاومت مالچ بیشتر خواهد بود.

روش بررسی شاخص ضریب نفوذ مؤثر عمقی در خاک

برای بررسی این شاخص باید ابتدا سینی‌های آزمایشی را با ماسه‌بادی پر و سطح آن را مسطح نمود. سپس مواد تثبیت‌کننده، به مقدار و رقت توصیه شده توسط سازنده ماده تثبیت‌کننده خاک، بر روی سطح خاک پاشیده شده و سپس با استفاده از کاردک برشی در سطح خاک ایجاد کرده و در نهایت با استفاده از کولیس عمق نفوذ مواد اندازه‌گیری می‌شود. منظور از عمق نفوذ، فاصله طی شده توسط مواد در داخل خاک می‌باشد. همین کار نیز برای نمونه شاهد و با استفاده از آب انجام خواهد شد (مقدار آب مصرفی معادل حجم مواد تثبیت‌کننده خواهد بود). مقایسه عمق نفوذ مواد نسبت به آب که به صورت رابطه ۴-۵ بیان می‌شود مورد بررسی قرار خواهد گرفت.

$$R = \frac{X}{Y} \quad \text{رابطه ۴-۵}$$

که در آن، R: ضریب نفوذ مواد در خاک؛ X: فاصله طی شده مواد در خاک و Y: فاصله طی شده به وسیله آب در خاک می‌باشد.

ویژگی‌های شاخص ضریب نفوذ مؤثر عمقی در خاک جهت بررسی کارایی مواد تثبیت‌کننده خاک بخش دوم سطح آزمایشگاهی در جدول (۵-۱۰) ارائه شده است.

جدول ۵-۱۰- تشریح ویژگی های شاخص ضریب نفوذ مؤثر عمقی در خاک جهت بررسی کارایی مواد تثبیت کننده خاک در بخش دوم سطح آزمایشگاهی

ارزیابی	طبقات (ضریب نفوذ)	ملاحظات	دستگاه یا روش اندازه گیری	شاخص	معیار
کیفیت	امتیاز				
ضعیف	۲	هرچه به یک نزدیک تر باشد، بهرتر است.	خط کش یا کولیس	نفوذ مالچ در خاک	ضریب نفوذ مؤثر عمقی در خاک
متوسط	۳				
خوب	۴				
بسیار خوب	۵				

۵-۱-۴- معیار نفوذپذیری نسبت به آب

این معیار نیز دارای یک شاخص به نام تراوایی نسبت به آب می باشد. یکی از مهم ترین مشخصه های فیزیکی خاک از نظر کشت و کار در محیط طبیعی، نفوذ آب به داخل خاک می باشد. به ویژه آنکه در مناطق خشک میزان بارندگی کم بوده و چنانچه این مقدار کم نیز در خاک نفوذ ننماید، استقرار گیاهان با مشکل جدی مواجه خواهد شد. میانگین سرعت وارد شدن آب به داخل خاک را طی یک دوره زمانی، متوسط سرعت نفوذ گویند. سرعت وارد شدن آب به خاک یا به عبارت دیگر سرعت نفوذ از پارامترهای مهم در ارزیابی کارایی مواد تثبیت کننده خاک می باشد.

طبقات شاخص تراوایی نسبت به آب

این شاخص دارای چهار طبقه می باشد. کاهش میزان نفوذپذیری تا ۲۵ درصد نسبت به شاهد قابل قبول است. هرچه نفوذپذیری مواد نسبت به آب بیشتر باشد و با شاهد اختلاف کمتری داشته باشد، امتیاز بالاتری را به خود اختصاص خواهد داد.

روش بررسی شاخص تراوایی نسبت به آب

برای بررسی این شاخص باید ابتدا ظروف استوانه ای تهیه نموده و داخل آن ها را با استفاده از ماسه پر نمود، سپس ماده تثبیت کننده به نسبت مشخص در سطح استوانه پاشیده می شود. باید سوراخ هایی در انتهای استوانه جهت خروج آب تعبیه شده و پس از خشک شدن مواد و تشکیل سله در سطح خاک، مقدار مشخصی آب به آن افزوده و میزان متوسط سرعت نفوذ در طی زمان اندازه گیری شود مراحل گفته شده برای نمونه شاهد نیز انجام شده و در پایان، متوسط سرعت نفوذ در تیمار مالچ و شاهد بر اساس رابطه ۵-۵ مقایسه می گردد.

$$\text{رابطه ۵-۵} \quad \% \text{ IR} = \frac{i_t - i_0}{t - t_0}$$

که در آن، IR: متوسط سرعت نفوذ؛ i_t : عمق آب در زمان t ؛ i_0 : عمق آب در زمان صفر؛ t : زمان نهایی و t_0 : زمان اولیه می باشد.

نکته: متوسط سرعت نفوذ برای تیمار شاهد و تیمار مالچ به صورت جداگانه محاسبه شود. با داشتن متوسط سرعت نفوذ نمونه شاهد و نمونه تحت تأثیر مواد تثبیت‌کننده می‌توان شاخص نفوذ آب به داخل خاک را بر اساس رابطه (۵-۶) تعیین نمود و این عدد را به عنوان شاخص نفوذ آب به داخل خاک جهت اظهار نظر در مورد مواد تثبیت‌کننده در نظر گرفت.

$$IRI = \frac{IRM}{IRC} \times 100 \quad \text{رابطه ۵-۶}$$

که در آن، IRI: شاخص نفوذ آب به داخل خاک؛ IRM: متوسط سرعت نفوذ آب به داخل خاک در تیمار تحت تأثیر مواد تثبیت‌کننده و IRC: متوسط سرعت نفوذ آب به داخل خاک در تیمار شاهد می‌باشد. ویژگی‌های شاخص تراوایی نسبت به آب جهت بررسی کارایی مواد تثبیت‌کننده خاک در بخش دوم سطح آزمایشگاهی در جدول (۵-۱۱) ارائه شده است.

جدول ۵-۱۱- تشریح ویژگی‌های شاخص تراوایی نسبت به آب جهت بررسی کارایی مواد تثبیت‌کننده خاک در بخش دوم سطح آزمایشگاهی

معیار	شاخص	دستگاه یا روش اندازه‌گیری	ملاحظات	طبقات (شاخص نفوذ آب به داخل خاک)	
				امتیاز	ارزیابی کیفیت
نفوذپذیری نسبت به آب	تراوایی مالچ نسبت به آب	دستگاه نفوذسنج یا رینگ	عدم ایجاد رواناب در سطح خاک	۱	ضعیف
				۳	متوسط
				۵	خوب
				۷	بسیار خوب
				کمتر از ۵۰	
				۵۰ تا ۷۵	
				۷۵ تا ۱۰۰	
				بیشتر از ۱۰۰	

۵-۱-۱-۵- معیار تثبیت خاک در مقابل فرسایش بادی

میزان فرسایش بادی، تنها شاخص ارزیابی این معیار می‌باشد. فرسایش بادی یکی از جنبه‌های مهم تخریب اراضی در مناطق خشک و نیمه‌خشک محسوب می‌شود؛ لذا آگاهی از میزان فرسایش بادی تحت تأثیر کاربرد مواد تثبیت‌کننده یکی از مهم‌ترین شاخص‌ها می‌باشد.

طبقات شاخص تثبیت خاک در مقابل فرسایش بادی

این شاخص دارای چهار طبقه می‌باشد. مواد باید بتوانند میزان فرسایش بادی را بیشتر از ۹۰ درصد در مقایسه با تیمار شاهد کاهش دهند.

روش بررسی شاخص تثبیت خاک در مقابل فرسایش بادی

به‌منظور بررسی میزان فرسایش بادی از دستگاه سنجش فرسایش بادی یا تونل باد استفاده خواهد شد. بدین منظور ابتدا سینی دستگاه سنجش فرسایش بادی به ابعاد $100 \times 30 \times 2$ سانتیمتری تهیه و پس از پر نمودن آن‌ها با ماسه‌بادی و پاشیدن مواد در غلظت و مقدار مشخص بر روی آن، یک ماه در فضای باز در معرض هوای آزاد قرار گرفته و سپس سرعت آستانه و میزان فرسایش بادی اندازه‌گیری خواهد شد. برای انجام آزمایش فرسایش بادی سرعت باد 14 متر بر ثانیه و با تداوم 15 دقیقه در نظر گرفته می‌شود. برای اندازه‌گیری میزان فرسایش بادی می‌توان اختلاف وزن سینی‌های آزمایشی در ابتدا و انتهای آزمایش را در نظر گرفت.

با داشتن متوسط میزان فرسایش نمونه شاهد و نمونه تحت تأثیر مواد تثبیت‌کننده می‌توان شاخص فرسایش بادی را بر اساس رابطه (۵-۷) تعیین نمود و این عدد را به‌عنوان شاخص فرسایش بادی جهت اظهارنظر در مورد مواد تثبیت‌کننده در نظر گرفت.

$$WEI = \frac{WEM}{WEC} \times 100$$

رابطه ۵-۷

که در آن، WEI: شاخص فرسایش بادی؛ WEM: مقدار فرسایش بادی در تیمار تحت تأثیر مواد تثبیت‌کننده و WEC: مقدار فرسایش بادی در تیمار شاهد می‌باشد.

ویژگی‌های شاخص میزان فرسایش بادی جهت بررسی کارایی مواد تثبیت‌کننده خاک در بخش دوم سطح آزمایشگاهی در جدول (۵-۱۲) ارائه شده است.

جدول ۵-۱۲- تشریح ویژگی‌های شاخص میزان فرسایش بادی در خاک جهت بررسی کارایی مواد تثبیت‌کننده خاک در بخش دوم سطح

آزمایشگاهی

ارزیابی		طبقات (شاخص فرسایش بادی)	ملاحظات	دستگاه یا روش اندازه‌گیری	شاخص	معیار
کیفیت	امتیاز					
ضعیف	۰	بیشتر از ۵۰ درصد	بادی با تداوم ۱۵ دقیقه با سرعت ۱۴ متر بر ثانیه	دستگاه تونل باد	میزان فرسایش بادی	تثبیت خاک در مقابل فرسایش بادی
متوسط	۲	۲۵ تا ۵۰ درصد				
خوب	۵	۱۰ تا ۲۵ درصد				
بسیار خوب	۱۰	کمتر از ۱۰ درصد				

۵-۱-۱-۶- معیار تثبیت خاک در مقابل فرسایش آبی

تنها شاخص ارزیابی این معیار، میزان فرسایش آبی می‌باشد. فرسایش آبی خاک به‌عنوان یکی از مهم‌ترین نمودهای تخریب اراضی چالشی مهم در بحث توسعه پایدار و تهدیدی در کاهش کمیت و کیفیت خاک بوده و امروزه به‌عنوان مشکل اساسی انواع بوم‌سازگان‌ها مطرح می‌شود.

طبقات شاخص میزان فرسایش آبی

این شاخص دارای چهار طبقه می‌باشد. مواد باید بتوانند میزان فرسایش آبی را بیشتر از ۹۰ درصد در مقایسه با تیمار شاهد کاهش دهند.

روش بررسی شاخص میزان فرسایش آبی

برای اندازه‌گیری میزان فرسایش آبی از دستگاه شبیه‌ساز باران استفاده می‌شود. این دستگاه دارای یک پلات می‌باشد که بایستی توسط خاک مورد بررسی پر شود و سپس مواد تثبیت‌کننده به مقدار مشخص شده بر روی آن پاشیده شود. پس از خشک شدن مواد، بارانی با شدت ۳۰ میلی‌متر در مدت ۳۰ دقیقه بر روی آن شبیه‌سازی شده و سپس میزان فرسایش آبی آن اندازه‌گیری خواهد شد. حجم رواناب تولیدی پس از شبیه‌سازی بارش، با استفاده از استوانه مدرج اندازه‌گیری می‌شود. برای اندازه‌گیری میزان هدررفت خاک، رواناب تولید شده را باید پس از عبور از کاغذ صافی واتمن شماره ۴۰ به مدت ۲۴ ساعت در آن قرار داده و پس از تبخیر آب و خشک شدن، توزین نمود. با داشتن متوسط میزان فرسایش نمونه شاهد و نمونه تحت تأثیر مواد تثبیت‌کننده می‌توان شاخص فرسایش آبی را بر اساس رابطه ۵-۸ تعیین نمود و این عدد را به عنوان شاخص فرسایش آبی جهت اظهار نظر در مورد مواد تثبیت‌کننده در نظر گرفت.

$$WEI = \frac{WEM}{WEC} \times 100 \quad \text{رابطه ۵-۸}$$

که در آن، WEI: شاخص فرسایش آبی؛ WEM: مقدار فرسایش آبی در تیمار تحت تأثیر مواد تثبیت‌کننده و WEC: مقدار فرسایش آبی در تیمار شاهد می‌باشد.

ویژگی‌های شاخص میزان فرسایش آبی جهت بررسی کارایی مواد تثبیت‌کننده خاک در بخش دوم سطح آزمایشگاهی در جدول (۵-۱۳) ارائه شده است.

جدول ۵-۱۳- تشریح ویژگی‌های شاخص میزان فرسایش آبی در خاک جهت بررسی کارایی مواد تثبیت‌کننده خاک در بخش دوم سطح

آزمایشگاهی

معیار	شاخص	دستگاه یا روش اندازه‌گیری	ملاحظات	طبقات (شاخص فرسایش آبی)	ارزیابی
					امتیاز
					کیفیت
تثبیت خاک در مقابل فرسایش آبی	میزان فرسایش آبی	دستگاه شبیه‌ساز باران	بارانی با شدت ۳۰ میلی‌متر در ۳۰ دقیقه	بیشتر از ۵۰ درصد	۰
				۲۵ تا ۵۰ درصد	۲
				۱۰ تا ۲۵ درصد	۵
				کمتر از ۱۰ درصد	۱۰
					ضعیف
					متوسط
					خوب
					بسیار خوب

۵-۱-۱-۷- معیار رطوبت و نگهداشت آب در خاک

این معیار هم تنها دارای یک شاخص به نام رطوبت و نگهداشت آب در خاک است. در مناطق خشک و نیمه‌خشک، آب عامل محدودکننده رشد گیاهان می‌باشد. وجود ماه‌های خشک همراه با بادهای شدید و فرساینده منجر به افزایش تبخیر از سطح خاک می‌گردد؛ لذا در این شرایط سخت، حفظ و نگهداشت رطوبت موجود در خاک اهمیت فراوانی دارد.

طبقات شاخص رطوبت و نگهداشت آب در خاک

این شاخص دارای چهار طبقه است. فرض بر این است که مواد به دلیل تشکیل سله سبب کاهش تبخیر از سطح خاک می‌شوند، لذا طبقات در نظر گرفته شاهد شامل چهار طبقه می‌باشد. هرچه میزان رطوبت خاک در مقایسه با تیمار شاهد بیشتر باشد، مطلوب‌تر بوده و حکایت از کارایی بیشتر مواد دارد.

روش بررسی شاخص رطوبت و نگهداشت آب در خاک

جهت اندازه‌گیری میزان رطوبت، نیم‌رخ رطوبتی در زیر سطح مالچ‌پاشی شده در سه عمق ۵-، ۱۰- و ۲۰- سانتیمتری بررسی می‌گردد. سپس میانگین وزنی تا عمق موردنظر محاسبه می‌شود. موارد ذکرشده برای نمونه شاهد نیز انجام شده و داده‌ها با یکدیگر مقایسه خواهد شد. برای اندازه‌گیری رطوبت خاک می‌توان یا از دستگاه‌های رطوبت‌سنج یا از روش وزنی استفاده نمود. جهت مقایسه میزان رطوبت در عرصه مالچ‌پاشی شده با عرصه شاهد از رابطه (۵-۹) که معرف شاخص رطوبتی است، استفاده می‌شود.

$$MI = \frac{MM}{MC} \times 100 \quad \text{رابطه ۵-۹}$$

که در آن، MI: شاخص رطوبتی؛ MM: میزان رطوبت در عرصه مالچ‌پاشی شده و MC: میزان رطوبت در عرصه شاهد می‌باشد.

ویژگی‌های معیار رطوبت و نگهداشت آب در خاک جهت بررسی کارایی مواد تثبیت‌کننده خاک در بخش دوم سطح آزمایشگاهی در جدول (۵-۱۴) شرح داده شده است.

جدول ۵-۱۴- تشریح ویژگی‌های شاخص رطوبت و نگهداشت آب در خاک جهت بررسی کارایی مواد تثبیت‌کننده خاک در بخش دوم سطح

آزمایشگاهی

ارزیابی	طبقات (شاخص رطوبتی)	ملاحظات	دستگاه یا روش اندازه‌گیری	شاخص	معیار
ضعیف	۱	کمتر از ۵۰	رطوبت خاک در سه عمق زیر سطح مالچ‌پاشی شده بررسی شود.	دستگاه رطوبت‌سنج یا روش وزنی	رطوبت و نگهداشت آب در خاک
متوسط	۳	۵۰ تا ۷۵			
خوب	۴	۷۵ تا ۱۰۰			
بسیار خوب	۵	بیشتر از ۱۰۰			

۵-۱-۱-۸- معیار تأثیر بر درجه حرارت خاک

درجه حرارت خاک، تنها شاخص ارزیابی این معیار می‌باشد. خصوصیات حرارتی خاک اثری قابل توجه بر پایداری خاک به عنوان بستری برای رشد گیاه دارد. لایه ۱ تا ۲ میلی‌متری سطح خاک، حرارت ناشی از تابش آفتاب (با طول موج کوتاه) را جذب می‌کند (Wijk و Vriess، ۱۹۶۳). این انرژی گرمایی به وسیله عمل هدایت به لایه‌های زیرین منتقل می‌شود.

طبقات شاخص تأثیر بر درجه حرارت خاک

این شاخص دارای چهار طبقه می‌باشد. هر یک درجه اختلاف درجه حرارت نسبت به نمونه شاهد یک طبقه در نظر گرفته شده است.

روش بررسی شاخص تأثیر بر درجه حرارت خاک

جهت اندازه‌گیری میزان درجه حرارت، نیمرخ حرارتی در زیر سطح مالچ‌پاشی شده در سه عمق ۵-، ۱۰- و ۲۰- سانتیمتری بررسی می‌گردد، سپس میانگین وزنی تا عمق موردنظر محاسبه می‌شود. موارد ذکر شده برای نمونه شاهد نیز انجام شده و داده‌ها با یکدیگر مقایسه خواهد شد. برای اندازه‌گیری حرارت خاک می‌توان از انواع دماسنج‌های موجود استفاده نمود. ویژگی‌های شاخص درجه حرارت خاک جهت بررسی کارایی مواد تثبیت‌کننده خاک در بخش دوم سطح آزمایشگاهی در جدول (۵-۱۵) ارائه شده است.

جدول ۵-۱۵- تشریح ویژگی‌های شاخص درجه حرارت خاک جهت بررسی کارایی مواد تثبیت‌کننده خاک در بخش دوم سطح آزمایشگاهی

معیار	شاخص	دستگاه یا روش اندازه‌گیری	ملاحظات	طبقات (اختلاف با شاهد)	ارزیابی امتیاز	کیفیت
تأثیر بر درجه حرارت خاک	درجه حرارت خاک	دماسنج فلزی یا دماسنج خاک	مالچ نباید تأثیر معنی‌داری بر دمای خاک داشته باشد.	۰ - ۱ درجه	۵	بسیار خوب
				۱ - ۲ درجه	۴	خوب
				۲ تا ۳ درجه	۲	متوسط
				بیش از ۳ درجه	۰	ضعیف

۵-۱-۱-۹- معیار تأثیر بر ویژگی های آب

شاخص کیفیت آب، تنها شاخص بررسی این معیار می باشد. سطح تثبیت شده به وسیله مالچ ها نباید سبب کاهش معنی دار کیفیت آب گردد.

طبقات شاخص معیار تأثیر بر ویژگی های آب

این شاخص دارای چهار طبقه می باشد. مقایسه تغییرات کیفیت آب عبور یافته از خاک تثبیت شده با مواد تثبیت کننده و همچنین آب عبور یافته از نمونه خاک شاهد مبنای این طبقات خواهد بود. هر چه تغییرات نسبت به تیمار شاهد کمتر باشد، مطلوب تر خواهد بود.

روش شاخص بررسی معیار تأثیر بر ویژگی های آب

برای این منظور از شاخص کیفیت آب آبیاری ارائه شده توسط Spandana و همکاران (۲۰۱۳) استفاده می شود. در این روش شاخص کیفیت آب آبیاری (Irrigation Water Quality Index) حاصل مجموعه ای از پنج ویژگی شامل خطر شوری، خطر نفوذپذیری، خطر سمیت ویژه یونی، خطر عناصر سنگین و خطر عوامل مؤثر بر عملکرد گیاهان می باشد. روش کار بدین گونه خواهد بود که پس از پاشش مواد بر روی عرصه، مقداری آب بر روی مواد پاشیده می شود (یا اینکه بارندگی رخ می دهد)، آب عبور کرده از مواد جمع آوری شده و مورد بررسی و تجزیه و تحلیل قرار می گیرند. برای ارزیابی کیفیت آب اولین مرحله این است که از آب نمونه برداری صورت گیرد و نمونه ها معمولاً به صورت بطری های یک لیتری انجام می شود. سپس نمونه ها در آزمایشگاه تجزیه شده و شاخص کیفیت آب آبیاری محاسبه می گردد. همچنین لازم است کلیه موارد استاندارد برای نمونه برداری آب از نظر کنترل کیفیت و اطمینان از کیفیت نمونه برداری رعایت شود.

جهت نمونه برداری، چنانچه آب بر روی سطوح مالچ پاشی شده جمع شده باشند می توان همان آب را جمع آوری نمود؛ در غیر این صورت لازم است ابتدا دو جعبه که انتهای آن ها سوراخ هایی جهت زهکشی آب تعبیه شده است تهیه نمود، سپس مقدار مشخصی از خاک عرصه طبیعی داخل جعبه ها ریخته شود (بهتر است خاک با آب مقطر شستشو داده شود تا املاح آن شسته شود). یکی از جعبه ها به عنوان شاهد بوده و در جعبه دیگر با توجه به سطح آن، مقدار مشخصی از ماده تثبیت کننده (با توجه به دستورالعمل مصرف ماده) بر سطح آن پاشیده شود. بعد از خشک شدن مواد، مقدار مشخصی آب به جعبه ها اضافه نموده و زه آب خروجی از آن ها جمع آوری گردد. کیفیت زه آب جمع آوری شده از جعبه شاهد و جعبه تیمار شده با ماده تثبیت کننده بر اساس رابطه (۵-۱۰) محاسبه و نتایج با یکدیگر مقایسه شود. نحوه محاسبه شاخص کیفیت آب آبیاری به صورت رابطه (۵-۱۰) می باشد.

$$IWQI = \sum_{i=1}^5 G_i$$

رابطه ۵-۱۰

که در آن، IWQI: شاخص کیفیت آب آبیاری؛ G_i : ویژگی های سهم در شاخص کیفیت آب آبیاری و G_i : سهم هر ویژگی در شاخص کیفیت آب آبیاری می باشد.

ویژگی‌های پنج‌گانه همراه با وزن و رتبه آن‌ها در قالب جدول (۵-۱۶) ارائه شده است. هر یک از این پنج ویژگی دخیل در شاخص کیفیت آب آبیاری نیز به صورت زیر محاسبه می‌شود.

(۱) شوری: طبق رابطه (۵-۱۱) محاسبه می‌شود که در آن W_1 وزن ویژگی شوری آب و r_1 رتبه آن می‌باشد.

$$G_1 = W_1 r_1 \quad \text{رابطه ۵-۱۱}$$

(۲) نفوذپذیری: طبق رابطه (۵-۱۲) محاسبه می‌شود که در آن W_2 وزن ویژگی نفوذپذیری و r_2 رتبه آن می‌باشد.

$$G_2 = W_2 r_2 \quad \text{رابطه ۵-۱۲}$$

(۳) سمیت ویژه یونی: این گروه دارای سه مشخصه نسبت جذب سدیم، بور و کلر می‌باشد. رابطه (۵-۱۳) نحوه محاسبه این گروه را نشان می‌دهد، که در آن W_3 وزن ویژگی گروه سمیت یونی، r رتبه هر مشخصه (نسبت جذب سدیم، بور و کلر) و Z نشان‌دهنده هریکی از مشخصه‌ها می‌باشد.

$$G_3 = \frac{W_3}{3} \sum_{j=1}^3 r_j \quad \text{رابطه ۵-۱۳}$$

(۴) عناصر سنگین: طبق رابطه (۵-۱۴) محاسبه می‌شود که در آن W_4 وزن ویژگی عناصر سنگین و r_4 رتبه آن می‌باشد.

$$G_4 = W_4 r_4 \quad \text{رابطه ۵-۱۴}$$

(۵) عوامل مؤثر بر عملکرد گیاهان: این گروه دارای دو مشخصه بی‌کربنات و واکنش خاک می‌باشد. رابطه (۵-۱۵) نحوه محاسبه این گروه را نشان می‌دهد، که در آن W_5 وزن ویژگی گروه سمیت یونی، r رتبه هر مشخصه (بی‌کربنات و واکنش خاک) و Z نشان‌دهنده هریکی از مشخصه‌ها است.

$$G_5 = \frac{W_5}{2} \sum_{j=1}^2 r_j \quad \text{رابطه ۵-۱۵}$$

جدول ۵-۱۶- معیارهای طبقه‌بندی کیفیت آب آبیاری (برگرفته از Ayers and Westcot, 1985)

ردیف	خطر (گروه)	وزن	شاخص	محدوده	رتبه	استعداد
۱	شوری	۵	هدایت الکتریکی (dS/m)	کمتر از ۰/۷	۳	زیاد
				$0.7 \geq$ شوری ≥ 3	۲	متوسط
				بیشتر از ۳	۱	کم
۲	نفوذپذیری	۴	EC (dS/m)	SAR		
				بیشتر از ۲۰	۱۲-۲۰	بیشتر از ۳
				بیشتر از ۵	۲/۹	بیشتر از ۰/۷
				۵ تا ۲/۹	۱/۳ تا ۱/۹	۰/۷ تا ۰/۲
				کمتر از ۲/۹	۱/۳	کمتر از ۰/۲
				کمتر از ۰/۵	۰/۵	کمتر از ۳
۳	سمیت ویژه یونی	۳	نسبت جذب سدیم	کمتر از ۳	۳	زیاد
				$3 \leq SAR \leq 9$	۲	متوسط
				بیشتر از ۹	۱	کم
			بور (mg/l)	کمتر از ۰/۷	۳	زیاد
				$0.7 \geq$ بور ≥ 3	۲	متوسط
				بیشتر از ۳	۱	کم
			کلر (mg/l)	کمتر از ۱۴۰	۳	زیاد
				$140 \leq$ کلر ≤ 350	۲	متوسط
				بیشتر از ۳۵۰	۱	کم
۴	عنصر سنگین	۲	آهن (mg/l)	کمتر از ۵	۳	زیاد
				$5 \geq$ آهن ≥ 20	۲	متوسط
				بیشتر از ۲۰	۱	کم
۵	عوامل مؤثر بر عملکرد گیاهان	۱	بی‌کربنات (mg/l)	کمتر از ۸۰	۳	زیاد
				$90 \geq$ بی‌کربنات ≥ 500	۲	متوسط
				بیشتر از ۵۰۰	۱	کم
			واکنش خاک	۷ تا ۸	۳	زیاد
				$6.5 \leq pH \leq 7$ یا $8 \leq pH \leq 8.5$	۲	متوسط
				کمتر از ۶/۵ یا بیشتر از ۸/۵	۱	کم

بعد از محاسبه سهم هریک از پنج ویژگی گفته‌شده، شاخص کیفیت آب آبیاری محاسبه می‌شود (این شاخص دارای سه طبقه شامل کیفیت ضعیف با امتیاز کمتر از ۲۲، کیفیت متوسط با امتیاز ۲۲ تا ۳۷ و کیفیت خوب با امتیاز بیشتر از ۳۷ می‌باشد).

با داشتن شاخص کیفیت آب آبیاری تیمار شاهد و تیمار تحت تأثیر مواد تثبیت‌کننده، می‌توان نسبت شاخص کیفیت آب آبیاری را بر اساس رابطه (۵-۱۶) تعیین نمود و این عدد را به‌عنوان ملاک کیفیت آب جهت اظهارنظر در مورد مواد تثبیت‌کننده در نظر گرفت.

$$WQI = \frac{IWQIM}{IWQIC} \times 100 \quad \text{رابطه ۵-۱۶}$$

که در آن، WQI: شاخص کیفیت آب؛ IWQIM: شاخص کیفیت آب آبیاری در تیمار تحت تأثیر مواد تثبیت‌کننده و IWQIC: شاخص کیفیت آب در تیمار شاهد می‌باشد.

ویژگی‌های معیار تأثیر بر ویژگی‌های آب جهت بررسی کارایی مواد تثبیت‌کننده خاک در سطح بخش دوم سطح آزمایشگاهی در جدول (۵-۱۷) ارائه شده است.

جدول ۵-۱۷- تشریح ویژگی‌های شاخص کیفیت آب جهت بررسی کارایی مواد تثبیت‌کننده خاک در بخش دوم سطح آزمایشگاهی

معیار	شاخص	دستگاه یا روش اندازه‌گیری	ملاحظات	طبقات (شاخص کیفیت آب)	
				امتیاز	ارزیابی
تأثیر بر ویژگی‌های آب	کیفیت آب	روش‌های استاندارد ارزیابی کیفیت آب	نباید کیفیت آب به‌طور معنی‌داری کاهش یابد.	کمتر از ۶۰	ضعیف
				۶۰ تا ۷۵	متوسط
				۷۵ تا ۹۰	خوب
				بیشتر از ۹۰	خیلی خوب

۵-۱-۲- نتیجه‌گیری و اعلام وضعیت ماده تثبیت‌کننده خاک در بخش دوم سطح آزمایشگاهی

پس از انجام آزمایش‌های ذکرشده، با رجوع به جدول مربوط به هر شاخص، امتیاز لازم با توجه به نتیجه آزمایش‌ها محاسبه می‌گردد. با جمع کردن امتیاز حاصله از تمامی شاخص‌ها، امتیاز نهایی ماده تثبیت‌کننده خاک به دست خواهد آمد. با مراجعه به جدول (۵-۱۸) می‌توان در مورد وضعیت ماده تثبیت‌کننده خاک موردبررسی اعلام نظر نمود.

جدول ۵-۱۸- ارزیابی نهایی کارایی مواد تثبیت کننده زیستی خاک (مالچ) به منظور مقابله با فرسایش بادی در بخش دوم سطح آزمایشگاهی

نتیجه نهایی	ارزیابی		مرحله
	کیفیت	امتیاز	بخش دوم سطح آزمایشگاهی
مردود	ضعیف	کمتر از ۵۰	
مشروط	متوسط	۵۰-۷۵	
قبول	خوب	بیشتر از ۷۵	

فصل ۶

بررسی‌های میدانی (سطح سوم)

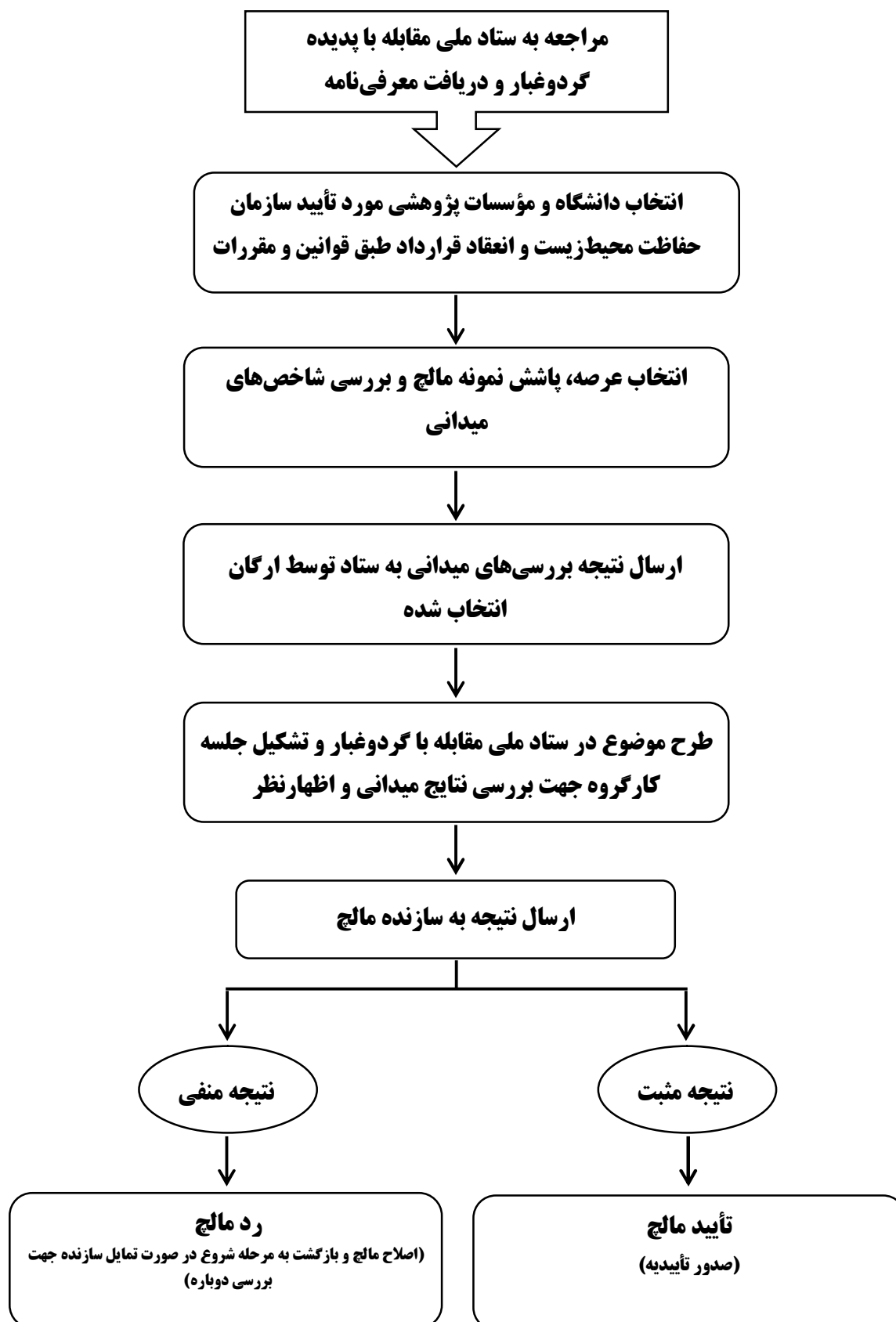
۱-۶- روند بررسی

چنانچه ماده‌ای شاخص‌های مندرج در هر دو بخش سطح دوم را نیز با موفقیت پشت سر بگذارد، جهت بررسی‌های نهایی به صورت آزمایشی در عرصه‌ای در محیط طبیعی با پتانسیل فرسایش بادی و تولید گردوغبار پاشیده شده و مورد بررسی‌های میدانی قرار خواهد گرفت. فرآیندها و سلسله‌مراتب بررسی‌ها در این مرحله، در شکل (۱-۶) نشان داده شده است.

چنانچه مواد در اراضی مسطح پاشیده شود، حداقل وسعت یک هکتار و چنانچه پاشش در تپه‌های ماسه‌ای باشد، می‌بایست دو تپه منفرد از نوع بارخان ناقص یا بوکلیه بارخانی با مساحت تقریبی ۲۵۰۰ مترمربع انتخاب شده و شاخص‌های موردبررسی در این سطح به شرح جدول (۱-۶) در مورد آن به مرحله اجرا درآید. مدت‌زمان لازم جهت بررسی شاخص‌های این سطح حداقل دو سال می‌باشد. در صورت احراز صلاحیت ماده از نظر شاخص‌های عرصه‌ای موجود در جدول (۱-۶)، گواهی تأیید ماده تثبیت‌کننده صادر خواهد شد. در صورتی که ماده تثبیت‌کننده، نتواند شرایط لازم در این مرحله را احراز نماید، رد می‌شود. در صورتی که سازنده مایل باشد، می‌تواند ماده خود را اصلاح نموده و دوباره مراحل بررسی مالچ را از ابتدا شروع نماید.

فرض بر این است که نمونه ارسال شده جهت پاشش در عرصه، دقیقاً همان نمونه ماده‌ای است که اطلاعات آن در مراحل قبل توسط متقاضی به کارگروه ارائه شده و مورد آزمایش قرار گرفته بود. جهت حصول اطمینان، حین پاشش ماده در عرصه، از مالچ نمونه‌گیری شده و اصالت و تطابق ماده با نمونه‌های ارسالی جهت بررسی در مراحل قبل، موردسنجش قرار خواهد گرفت. در این مرحله نیز بسته به ماهیت و نوع ماده تثبیت‌کننده خاک، در صورت نیاز، برخی شاخص‌ها حذف یا شاخص‌های متناسب با آن ماده در نظر گرفته خواهد شد.

در شکل (۱-۶) روند بررسی مواد تثبیت‌کننده خاک در سطح عرصه و در جدول (۱-۶) شاخص‌های موردبررسی در سطح میدانی جهت بررسی کارایی مواد تثبیت‌کننده خاک ارائه شده است.



شکل ۶-۱- روند بررسی مواد تثبیت‌کننده خاک (مالچ) در سطح عرصه

جدول ۶-۱- شاخص‌های مورد بررسی در سطح میدانی جهت بررسی کارایی مواد تثبیت‌کننده خاک (مالچ)

ردیف	معیار	شاخص	امتیاز
۱	ماندگاری و دوام	سالم بودن مالچ	۱۵
۲	تثبیت خاک در مقابل فرسایش بادی	برداشت و تجمع خاک	۱۵
۳	رطوبت و نگهداشت آب در خاک	میزان رطوبت خاک	۵
۴	تأثیر بر درجه حرارت خاک	درجه حرارت خاک	۵
۵	استحکام	ضخامت لایه مالچ	۴
		خاصیت ارتجاعی یا انعطاف‌پذیری	۴
		مقاومت برشی	۴
		مقاومت فشاری	۴
		مقاومت به ضربه	۴
۶	تأثیر بر ویژگی‌های خاک	ویژگی‌های شیمیایی	۸
		ویژگی‌های بیولوژیکی خاک	۷
۷	پوشش گیاهی	استقرار نهال	۱۰
		نداشتن خاصیت گیاه‌سوزی	۵
		رویش گیاهان خودروی منطقه	۵
۸	تأثیر بر ویژگی‌های آب	کیفیت آب	۵
مجموع امتیاز شاخص‌ها			۱۰۰

۶-۱-۱- تشریح معیارها و شاخص‌ها

در این بخش هفت معیار ماندگاری و دوام، تثبیت خاک در مقابل فرسایش بادی، رطوبت و نگهداشت آب در خاک، تأثیر بر درجه حرارت خاک، استحکام، تأثیر بر ویژگی‌های خاک و پوشش گیاهی مورد بررسی قرار می‌گیرند. برای هر یک از معیارهای ذکر شده یک یا چند شاخص تدوین شده است که در معیارهای مربوطه تشریح گردیده است. همچنین در این بخش، مانند بخش‌های قبل، نام دستگاه یا روش استاندارد اندازه‌گیری، آستانه یا دامنه قابل قبول برای هر شاخص و طبقات آن ذکر خواهد شد. همچنین ملاحظات احتمالی در مورد هر معیار و شاخص بیان می‌گردد.

۶-۱-۱-۱- معیار ماندگاری و دوام

این معیار دارای یک شاخص به نام سالم بودن مالچ با گذر زمان می‌باشد. مواد تثبیت‌کننده باید حداقل ۲۴ ماه در طبیعت سالم بمانند تا در این فرصت، پوشش گیاهی بتواند به‌خوبی در عرصه مستقر گردد تا در صورت تخریب و از بین

رفتن مواد تثبیت‌کننده، پوشش گیاهی ایجاد شده وظیفه تثبیت خاک و جلوگیری از فرسایش بادی و غبارخیزی منطقه را انجام دهد.

طبقات شاخص سالم بودن مالچ

این شاخص دارای چهار طبقه می‌باشد. هر طبقه نشان‌دهنده مدت‌زمان ماندگاری مواد در طبیعت است. هر چه ماندگاری مواد در طبیعت بیشتر باشد امتیاز بیشتری کسب نموده و نشان‌دهنده کارایی بهتر آن ماده خواهد بود.

روش بررسی شاخص سالم بودن مالچ

برای بررسی این شاخص باید ابتدا مواد تثبیت‌کننده در سطح خاک پاشیده شود. همان‌گونه که قبلاً نیز بیان شد، چنانچه مالچ در اراضی مسطح پاشیده شود وسعت حداقل یک هکتار و چنانچه پاشش در تپه‌های ماسه‌ای باشد، دو تپه منفرد از نوع بارخان ناقص یا بوکلیه بارخانی با مساحت تقریبی ۲۵۰۰ مترمربع انتخاب می‌گردد. در هفته اول پس از پاشش، بازدید روزانه از منطقه صورت خواهد گرفت. میزان تخریب مالچ، وجود درز و شکاف در سطح مالچ، وضعیت گیاه‌سوزی و... در این مرحله بررسی خواهد شد. با پایان هفته اول، بررسی‌ها تا ماه اول به‌صورت هفتگی خواهد بود. سپس تا ماه ششم به‌صورت ماهانه و تا پایان دو سال، بررسی‌ها به‌صورت فصلی خواهد بود. ویژگی‌های معیار ماندگاری و دوام جهت بررسی کارایی مواد تثبیت‌کننده خاک در سطح میدانی در جدول (۶-۲) ارائه شده است.

جدول ۶-۲- تشریح ویژگی‌های شاخص سالم بودن مالچ جهت بررسی کارایی مواد تثبیت‌کننده خاک در سطح میدانی

معیار	شاخص	دستگاه یا روش اندازه‌گیری	ملاحظات	طبقات (مدت‌زمان ماندگاری)		ارزیابی	
						امتیاز	کیفیت
ماندگاری و دوام	سالم بودن مالچ	پایش هفتگی، ماهانه و فصلی عرصه مالچ‌پاشی شده مالچ و ثبت تغییرات	ماندگاری حداقل ۲۴ ماه	کمتر از ۶ ماه	۰	۰	ضعیف
				۶ تا ۱۲ ماه	۵	۵	متوسط
				۱۲ تا ۱۸ ماه	۱۰	۱۰	خوب
				۱۸ تا ۲۴ ماه	۱۵	۱۵	بسیار خوب

۶-۱-۱-۲- معیار تثبیت خاک در مقابل فرسایش بادی

برداشت و تجمع خاک در طی زمان، به‌عنوان تنها شاخص ارزیابی این معیار در نظر گرفته شده است. برای ارزیابی اثر مواد تثبیت‌کننده، از ضریبی به نام «ضریب اثر تثبیت‌کنندگی» استفاده می‌شود. مواد تثبیت‌کننده باید بتوانند خاک را

برای مدت حداقل ۲۴ ماه در طبیعت حفاظت نمایند. در صورت تخریب مواد تثبیت‌کننده، فرسایش بادی رخ داده و متعاقب آن امکان استقرار پوشش گیاهی کاهش می‌یابد.

طبقات شاخص برداشت و تجمع خاک

این شاخص دارای چهار طبقه است. هر طبقه نشان‌دهنده اثر تثبیت‌کنندگی مواد در طبیعت می‌باشد. شاخص ضریب اثر تثبیت‌کنندگی بین صفر و یک بوده و هرچه به عدد یک نزدیک‌تر باشد حاکی از تثبیت‌کنندگی بهتر مالچ است؛ بدین ترتیب هر چه شاخص ضریب اثر تثبیت‌کنندگی بیشتر باشد امتیاز بیشتری کسب نموده و نشان‌دهنده کارایی بهتر آن ماده خواهد بود.

روش بررسی شاخص برداشت و تجمع خاک

برای دستیابی به این شاخص باید قبل از پاشش مواد در عرصه، شاخص‌های مدرج یک متری تهیه شود. این شاخص‌ها مدرج بوده که پنجاه سانتیمتر آن در داخل خاک فرو می‌رود تا صفر آن مماس با سطح خاک قرار گرفته و پنجاه سانتیمتر دیگر آن در بالای سطح خاک قرار می‌گیرد. شاخص‌ها باید در نقاط مختلف عرصه نصب گردند. در صورتی که محل پاشش مواد، تپه ماسه‌ای باشد، باید شاخص‌ها در سه قسمت شیب ملایم، خط‌الرأس و شیب تند تپه نصب شوند.

در صورت وقوع فرسایش بادی، برداشت یا تجمع خاک اتفاق می‌افتد که با استفاده از این شاخص‌های مدرج به راحتی می‌توان برداشت خاک یا تجمع رسوبات را اندازه‌گیری نمود.

ضریب اثر تثبیت‌کنندگی با استفاده از داده‌های قرائت شده از شاخص‌های مدرج نصب‌شده در قسمت‌های مختلف عرصه و طبق رابطه (۶-۱) محاسبه می‌شود:

$$E = \frac{H - H_1}{H_1} \quad \text{رابطه ۶-۱}$$

که در آن، E: ضریب اثر تثبیت‌کنندگی؛ H: ضخامت لایه ماسه که از سطح تثبیت نشده (تپه شاهد) توسط باد برداشته شده است و H₁: ضخامت لایه ماسه که از سطح تثبیت‌شده (تپه مالچ‌پاشی‌شده) توسط باد برداشته شده است، می‌باشد.

این ضریب بین صفر تا یک تغییر می‌کند و هرچه به یک نزدیک‌تر باشد حاکی از تثبیت‌کنندگی بیشتر است (به نقل از رفاهی، ۱۳۸۳).

جهت محاسبه ضریب اثر تثبیت‌کنندگی، شاخص‌های مدرج نصب‌شده در قسمت‌های مختلف تپه به صورت ماهانه مورد بررسی و پایش قرار گرفته و میزان برداشت و رسوب ماسه یادداشت می‌گردد. با داشتن میزان برداشت ماسه از عرصه‌های مالچ‌پاشی‌شده و عرصه شاهد، میزان این شاخص محاسبه و مورد تجزیه و تحلیل قرار خواهد گرفت.

ویژگی‌های معیار تثبیت خاک در مقابل فرسایش بادی جهت بررسی کارایی مواد تثبیت‌کننده خاک در سطح میدانی در جدول (۶-۳) ارائه شده است.

جدول ۳-۶- تشریح ویژگی‌های شاخص برداشت و تجمع خاک جهت بررسی کارایی مواد تثبیت‌کننده خاک در سطح میدانی

ارزیابی	طبقات (ضریب اثر تثبیت‌کنندگی)	ملاحظات	دستگاه یا روش اندازه‌گیری	شاخص	معیار
کیفیت	امتیاز	حداقل تا یک سال نباید برداشت خاک اتفاق بیفتد.	پایش هفتگی، ماهانه فصلی و داده‌برداری میزان برداشت و رسوب خاک	برداشت و تجمع خاک	تثبیت خاک در مقابل فرسایش بادی
ضعیف	۰				
متوسط	۵				
خوب	۱۰				
بسیار خوب	۱۵	کمتر از ۰/۲۵			
		۰/۲۵ تا ۰/۵			
		۰/۵ تا ۰/۷۵			
		۰/۷۵ تا ۱			

۳-۱-۱-۶- معیار رطوبت و نگهداشت آب در خاک

تنها شاخص این معیار، میزان رطوبت موجود در خاک می‌باشد. مواد تثبیت‌کننده با ایجاد سله سطحی مانع تبخیر رطوبت موجود در خاک می‌گردند. این امر در بهبود جوانه‌زنی بذر و استقرار پوشش گیاهی بسیار مهم قلمداد می‌گردد.

طبقات شاخص میزان رطوبت موجود در خاک

برای این شاخص چهار طبقه در نظر گرفته شده است. رطوبت باید به‌طور معنی‌داری از نمونه شاهد بیشتر باشد. هرچه رطوبت در مقایسه با شاهد بیشتر باشد، امتیاز بیشتری کسب نموده و نشان‌دهنده کارایی بهتر آن ماده خواهد بود.

روش بررسی شاخص میزان رطوبت موجود در خاک

برای اندازه‌گیری میزان رطوبت می‌توان از دستگاه‌های رطوبت‌سنج یا روش وزنی استفاده نمود. از آنجایی که میزان حرارت در قسمت‌های مختلف تپه‌های ماسه‌ای متفاوت می‌باشد، لذا باید سعی گردید که مکان نمونه‌برداری در قسمت میانی دامنه روبه‌باد عرصه مالچ پاشی و شاهد باشد. در صورت نمونه‌برداری از عرصه‌های مسطح نیز، باید نقاط نمونه‌برداری عرصه مالچ پاشی و شاهد یکسان و شبیه به هم باشد. بدین منظور با حفر پروفیل در محل مشخص، نیم‌رخ رطوبتی در زیر سطح مالچ‌پاشی‌شده در سه عمق ۵-، ۱۰- و ۲۰- سانتیمتری اندازه‌گیری و سپس میانگین وزنی در عمق ۲۰- سانتیمتری محاسبه می‌گردد. میزان رطوبت در مقایسه با عرصه شاهد بررسی می‌گردد، جهت مقایسه میزان رطوبت در عرصه مالچ‌پاشی‌شده با عرصه شاهد از رابطه (۲-۶) که معرف شاخص رطوبت می‌باشد، استفاده می‌شود.

$$MI = \frac{MM}{MC} \times 100$$

رابطه ۲-۶

که در آن، MI: شاخص رطوبتی؛ MM: میزان رطوبت در عرصه مالچ‌پاشی شده و MC: میزان رطوبت در عرصه شاهد می‌باشد.

لازم به ذکر است که در صورت استفاده از روش وزنی باید از ترازوی صحرایی برای تعیین وزن بلافاصله پس از نمونه برداری و به منظور جلوگیری از هدررفت رطوبت خاک بهره گیری نمود. ویژگی‌های معیار رطوبت و نگهداشت آب در خاک جهت بررسی کارایی مواد تثبیت کننده خاک در سطح میدانی در جدول (۴-۶) ارائه شده است.

جدول ۴-۶- تشریح ویژگی‌های شاخص میزان رطوبت خاک جهت بررسی کارایی مواد تثبیت کننده خاک در سطح میدانی

معیار	شاخص	دستگاه یا روش اندازه گیری	ملاحظات	طبقات (شاخص رطوبتی)	ارزیابی	
					امتیاز	کیفیت
رطوبت و نگهداشت آب در خاک	میزان رطوبت خاک	دستگاه رطوبت سنج یا روش وزنی	رطوبت خاک در سه عمق زیر سطح مالچ پاشی شده بررسی شود.	کمتر از ۵۰	۱	ضعیف
				۵۰ تا ۷۵	۳	متوسط
				۷۵ تا ۱۰۰	۴	خوب
				بیشتر از ۱۰۰	۵	بسیار خوب

۴-۱-۱-۶- معیار تأثیر بر درجه حرارت خاک

این معیار نیز مانند سه معیار قبل، تنها دارای یک شاخص به نام تغییر درجه حرارت خاک در طی زمان می باشد. برخی از مواد تثبیت کننده به دلیل رنگ یا ویژگی ذاتی خود، سبب تغییر درجه حرارت خاک می گردند. این امر گاهی موجب خسارت به موجودات خاکزی و... می گردد.

طبقات شاخص تغییر درجه حرارت خاک

این شاخص دارای چهار طبقه می باشد. هر طبقه نشان دهنده میزان تغییر در درجه حرارت خاک می باشد. تغییر زیاد در درجه حرارت خاک پیامدهای منفی به دنبال خواهد داشت. هرچه اختلاف درجه حرارت خاک عرصه مالچ پاشی شده و عرصه شاهد کمتر باشد بهتر و امتیاز کسب شده بیشتر خواهد بود.

روش بررسی شاخص تغییر درجه حرارت خاک

در این مرحله نیز مانند آنچه در مورد بررسی رطوبت خاک گفته شد عمل می گردد. برای اندازه گیری میزان حرارت خاک می توان از دستگاه های حرارت سنج یا دماسنج استفاده نمود.

از آنجایی که میزان حرارت در قسمت های مختلف تپه های ماسه ای متفاوت می باشد، لذا باید سعی گردد که مکان نمونه برداری در قسمت میانی دامنه روبه باد عرصه مالچ پاشی و شاهد باشد. در صورت نمونه برداری از عرصه های مسطح نیز، باید نقاط نمونه برداری عرصه مالچ پاشی و شاهد یکسان و شبیه به هم باشند.

بدین منظور با حفر پروفیل در محل مشخص، تغییرات درجه حرارت در زیر سطح مالچ‌پاشی شده در سه عمق ۵-۰، ۱۰-۵ و ۲۰-۱۰ سانتیمتری اندازه‌گیری و سپس میانگین وزنی در عمق ۲۰-۰ سانتیمتری محاسبه می‌گردد. میران درجه حرارت در مقایسه با عرصه شاهد بررسی می‌گردد.

ویژگی‌های معیار درجه حرارت خاک جهت بررسی کارایی مواد تثبیت‌کننده خاک در سطح میدانی در جدول (۵-۶) ارائه شده است.

جدول ۵-۶- تشریح ویژگی‌های شاخص درجه حرارت خاک جهت بررسی کارایی مواد تثبیت‌کننده خاک در سطح میدانی

معیار	شاخص	دستگاه یا روش اندازه‌گیری	ملاحظات	طبقات (اختلاف درجه حرارت با شاهد)		ارزیابی	
						امتیاز	کیفیت
تأثیر بر درجه حرارت خاک	درجه حرارت خاک	دماسنج فلزی یا دماسنج خاک	مالچ نباید تأثیر معنی‌داری بر دمای خاک داشته باشد.	۰ - ۱ درجه	۵	۵	بسیار خوب
				۱ - ۲ درجه	۴	۴	خوب
				۲ تا ۳ درجه	۲	۲	متوسط
				بیش از ۳ درجه	۰	۰	ضعیف

۶-۱-۱-۵- معیار استحکام

به‌طورقطع و یقین این معیار یکی از مهم‌ترین معیارهای ارزیابی مواد تثبیت‌کننده خاک بوده و به همین دلیل دارای ۵ شاخص ضخامت لایه مالچ، خاصیت ارتجاعی یا انعطاف‌پذیری، مقاومت برشی، مقاومت فشاری و مقاومت به ضربه می‌باشد. مجموعه این شاخص‌ها استحکام مواد تثبیت‌کننده خاک را نشان خواهند داد.

شاخص اول: ضخامت لایه مالچ

ضخامت لایه مالچ، یکی از شاخص‌های ارزیابی معیار استحکام مالچ می‌باشد. استحکام مواد تثبیت‌کننده خاک با ضخامت سله ایجاد شده رابطه مستقیمی دارد.

طبقات شاخص ضخامت لایه مالچ

این شاخص دارای چهار طبقه است. هر طبقه نشان‌دهنده میزان ضخامت سله ایجادشده در سطح خاک می‌باشد. سله ایجادشده باید حداقل ۲ میلی‌متر ضخامت داشته باشد. ضخامت سله در استحکام آن نقش بسیار مهمی دارد، اما باید توجه داشت که ضخامت زیاد سله ممکن است سبب افزایش مقاومت فشاری و همچنین کاهش نفوذپذیری خاک گردد.

روش بررسی شاخص ضخامت لایه مالچ

ضخامت سله ایجادشده با استفاده از کولیس یا خطکش قابل اندازه‌گیری می‌باشد. بدین منظور با استفاده از کاردک قسمتی از عرصه مالچ پاشی شده را جدا نموده و پس از پاک کردن خاک‌های چسبیده به آن ضخامت واقعی سله ایجادشده اندازه‌گیری می‌شود. برای اطمینان از صحت عدد به‌دست‌آمده، ضخامت سله در چندین قسمت از عرصه باید اندازه‌گیری شده و میانگین آن‌ها لحاظ گردد.

ویژگی‌های شاخص ضخامت لایه مالچ جهت بررسی کارایی مواد تثبیت‌کننده خاک در سطح میدانی در جدول (۶-۶) ارائه شده است.

جدول ۶-۶- تشریح ویژگی‌های شاخص ضخامت مالچ جهت بررسی کارایی مواد تثبیت‌کننده خاک در سطح میدانی

معیار	شاخص	دستگاه یا روش اندازه‌گیری	ملاحظات	طبقات (ضخامت سله)	
				امتیاز	ارزیابی
استحکام	ضخامت لایه مالچ	کولیس یا خطکش	ضخامت در حدی نباشد که سبب اثر منفی بر مقاومت فشاری گذارد.	۱	کمتر از ۰/۲ سانتیمتر
				۲	۰/۲ تا ۰/۵ سانتیمتر
				۳	۰/۵ تا ۱ سانتیمتر
				۴	بیشتر از ۱ سانتیمتر
				کیفیت	ضعیف
				متوسط	
				خوب	
				بسیار خوب	

شاخص دوم: خاصیت ارتجاعی یا انعطاف‌پذیری

خاصیت ارتجاعی یا انعطاف‌پذیری، یکی دیگر از شاخص‌های ارزیابی معیار استحکام مالچ می‌باشد. خاصیت ارتجاعی یا انعطاف‌پذیری سبب افزایش مقاومت مالچ در برابر فشارهای بیرونی مانند رفت‌وآمد و تردد بر روی عرصه می‌شود.

طبقات شاخص خاصیت ارتجاعی یا انعطاف‌پذیری

این شاخص دارای چهار طبقه می‌باشد. هر طبقه نشان‌دهنده میزان انعطاف‌پذیری سله ایجادشده در سطح خاک می‌باشد. هرچه سله ایجادشده منعطف‌تر و دارای خاصیت ارتجاعی بیشتری باشد بهتر خواهد بود. میزان خمیدگی سله از صفر تا ۹۰ درجه کلاس‌های این طبقات را به خود اختصاص خواهد داد.

روش بررسی شاخص خاصیت ارتجاعی یا انعطاف‌پذیری

برای اندازه‌گیری مقاومت در برابر خمش و غیره از دستگاه‌های کشش و فشار (تستینگ) استفاده می‌گردد، اما در این شیوه‌نامه روشی بسیار ساده جهت اندازه‌گیری انعطاف‌پذیری در عرصه ارائه گردیده است. بدین ترتیب که با استفاده از کاردک سله‌ای به ابعاد ۲۰ سانتیمتر طول و ۱۵ سانتیمتر عرض که در اثر استفاده از مواد تثبیت‌کننده در خاک

ایجاد شده است را جدا کرده، یک طرف سله را در دست نگه داشته و با دست دیگر طرف مقابل سله با یک فشار ثابت خم می‌گردد. چنانچه سله انعطاف‌ناپذیر باشد، با اعمال فشار یا خم نشده یا اینکه می‌شکند، اما چنانچه سله دارای انعطاف باشد، خم می‌گردد. بسته به میزان انعطاف درجه خمیدگی متفاوت خواهد بود.

ویژگی‌های شاخص خاصیت ارتجاعی یا انعطاف‌پذیری جهت بررسی کارایی مواد تثبیت‌کننده خاک در سطح میدانی در جدول (۶-۷) ارائه شده است.

جدول ۶-۷- تشریح ویژگی‌های شاخص خاصیت ارتجاعی جهت بررسی کارایی مواد تثبیت‌کننده خاک در بخش میدانی

ارزیابی	طبقات (درجه خم)	ملاحظات	دستگاه یا روش اندازه‌گیری	شاخص	معیار
کیفیت	امتیاز				
ضعیف	۱	شکستن سله (انعطاف‌ناپذیر)	اندازه‌گیری درجه انعطاف نمونه مالچ در صحرا	خاصیت ارتجاعی یا انعطاف‌پذیری	استحکام
متوسط	۲	کمتر از ۲۲/۵ درجه			
خوب	۳	۲۲/۵ تا ۴۵ درجه			
بسیار خوب	۴	بیشتر از ۴۵ درجه یا قابل امتزاج با خاک			

شاخص سوم: مقاومت برشی

مقاومت برشی، یکی دیگر از شاخص‌های ارزیابی معیار استحکام مواد تثبیت‌کننده خاک است. مقاومت برشی نشان‌دهنده میزان چسبندگی می‌باشد، لذا هرچه مقاومت برشی بیشتر باشد، مالچ از چسبندگی و استحکام بالاتری برخوردار است. به عبارت دیگر استحکام مواد تثبیت‌کننده خاک با مقاومت برشی رابطه مستقیمی دارد.

طبقات شاخص مقاومت برشی

این شاخص دارای چهار طبقه می‌باشد. هر طبقه نشان‌دهنده میزان مقاومت برشی یا چسبندگی می‌باشد.

روش بررسی مقاومت برشی

روش انجام آزمایش مانند روش گفته‌شده در بخش دوم سطح آزمایشگاهی می‌باشد (رجوع شود به بند ۵-۱-۱-۱). از آنجایی که برای اندازه‌گیری مقاومت برشی بایستی خاک مرطوب باشد، لذا زمان اندازه‌گیری آن تا قبل از خشک شدن ماده تثبیت‌کننده خاک (مالچ) می‌باشد. این زمان نهایتاً تا ۲۴ ساعت بعد از پاشش مواد در طبیعت خواهد بود.

هم‌زمان با اندازه‌گیری مقاومت برشی رطوبت خاک نیز گزارش می‌گردد. ویژگی‌های شاخص مقاومت برشی جهت بررسی کارایی مواد تثبیت‌کننده خاک در سطح میدانی در جدول (۶-۸) ارائه شده است.

جدول ۶-۸- تشریح ویژگی‌های شاخص مقاومت برشی جهت بررسی کارایی مواد تثبیت‌کننده خاک در سطح میدانی

ارزیابی	طبقات (N/m^2)	ملاحظات	دستگاه یا روش اندازه‌گیری	شاخص	معیار
کیفیت	امتیاز				
ضعیف	۱	کمتر از ۵/۰	رطوبت خاک حین اندازه‌گیری مقاومت برشی، ذکر گردد.	مقاومت برشی	استحکام
متوسط	۲	۵-۰/۵			
خوب	۳	۱-۲			
بسیار خوب	۴	بیشتر از ۲			

شاخص چهارم: مقاومت فشاری

مقاومت فشاری، یکی دیگر از شاخص‌های ارزیابی معیار استحکام مالچ می‌باشد. مقاومت فشاری ظرفیت تحمل یک جسم، ماده یا سازه در مقابل نیروهای فشاری محوری مستقیم می‌باشد. استحکام مواد تثبیت‌کننده خاک با مقاومت فشاری رابطه مستقیمی دارد. اما مقاومت فشاری بالا به‌عنوان مانع فیزیکی برای رشد ریشه و جوانه‌زنی محسوب می‌شود.

طبقات شاخص مقاومت فشاری

این شاخص دارای چهار طبقه می‌باشد. حداقل مقاومت فشاری برابر یک کیلوگرم بر سانتیمتر مربع در نظر گرفته شده است.

روش بررسی شاخص مقاومت فشاری

روش انجام آزمایش مانند روش گفته‌شده در بخش دوم سطح آزمایشگاهی می‌باشد (رجوع شود به بند ۵-۱-۱-۱). مقاومت فشاری بایستی در طی زمان اندازه‌گیری و پایش گردد (در شش ماه اول به‌صورت ماهانه و بعدازآن به‌صورت فصلی). ویژگی‌های شاخص مقاومت فشاری جهت بررسی کارایی مواد تثبیت‌کننده خاک در سطح میدانی در جدول (۶-۹) ارائه شده است.

جدول ۶-۹- تشریح ویژگی‌های شاخص مقاومت فشاری جهت بررسی کارایی مواد تثبیت‌کننده خاک در سطح میدانی

ارزیابی	طبقات (Kg/cm^2)	ملاحظات	دستگاه یا روش اندازه‌گیری	شاخص	معیار
کیفیت	امتیاز				
ضعیف	۱	کمتر از ۱	مقاومت فشاری مانع رشد ریشه و جوانه‌زنی نشود..	مقاومت فشاری	استحکام
متوسط	۲	۱-۲			

جدول ۶-۹- تشریح ویژگی‌های شاخص مقاومت فشاری جهت بررسی کارایی مواد تثبیت‌کننده خاک در سطح میدانی

معیار	شاخص	دستگاه یا روش اندازه‌گیری	ملاحظات	طبقات (Kg/cm^2)	ارزیابی	
					امتیاز	کیفیت
				۲-۴	۳	خوب
				بیشتر از ۴	۴	بسیار خوب

شاخص پنجم: مقاومت به ضربه

مقاومت به ضربه، یکی دیگر از شاخص‌های ارزیابی معیار استحکام مالچ می‌باشد.

طبقات شاخص مقاومت به ضربه

این شاخص دارای چهار طبقه می‌باشد. رها کردن میله و ایجاد سوراخ در سطح سله مبنای طبقه‌بندی می‌باشد.

روش بررسی شاخص مقاومت به ضربه

روش انجام آزمایش مانند روش گفته‌شده در بخش دوم سطح آزمایشگاهی می‌باشد (رجوع شود به بند ۵-۱-۱-۱). مقاومت فشاری و مقاومت به ضربه باید در طی زمان اندازه‌گیری و پایش گردد (در شش ماه اول به‌صورت ماهانه و بعدازآن به‌صورت فصلی). ویژگی‌های مقاومت به ضربه جهت بررسی کارایی مواد تثبیت‌کننده خاک در سطح میدانی در جدول (۶-۱۰) ارائه شده است.

جدول ۶-۱۰- تشریح ویژگی‌های شاخص مقاومت به ضربه جهت بررسی کارایی مواد تثبیت‌کننده خاک در سطح میدانی

معیار	شاخص	دستگاه یا روش اندازه‌گیری	ملاحظات	طبقات	ارزیابی	
					امتیاز	کیفیت
استحکام	مقاومت به ضربه	میله استاندارد مخروطی	میله به‌صورت عمود رها گردد.	با رها کردن میله، سله بشکند و میله بیش از ۲ سانتیمتر در خاک فرو رود.	۱	ضعیف
				با رها کردن میله، سله بشکند و میله تا ۲ سانتیمتر در خاک فرو رود.	۲	متوسط
				با رها کردن میله، سله بشکند و میله تا ۱ سانتیمتر در خاک فرو رود.	۳	خوب
				با رها کردن میله، سله نشکند.	۴	بسیار خوب

۶-۱-۱-۶- معیار تأثیر بر ویژگی‌های خاک

در انتخاب یک ماده به‌عنوان تثبیت‌کننده خاک در برابر فرسایش بادی، تأثیر آن بر ویژگی‌های خاک نیز می‌بایستی لحاظ گردد. این معیار در سطح آزمایشگاهی نیز بررسی گردیده است، در آن سطح اثرگذاری مواد تثبیت‌کننده یک ماه بعد از پاشش مواد بر خاک بررسی می‌گردد، اما در سطح میدانی، این بررسی‌ها پس از تخریب مواد تثبیت‌کننده و یا در صورت ماندگاری آن‌ها در طبیعت، در پایان سال دوم بررسی می‌گردد.

این معیار دارای سه شاخص ویژگی‌های شیمیایی (شوری، اسیدیته، نیتروژن، فسفر، پتاسیم، ماده آلی، نسبت جذب سدیم و...)؛ ویژگی‌های فیزیکی خاک (بافت خاک، وزن مخصوص، تهویه و تخلخل خاک) و ویژگی‌های بیولوژیکی خاک (فون و تنفس میکروبی خاک، فعالیت موجودات بزرگ خاک از قبیل مورچه، کرم و...) می‌باشد.

شاخص اول: ویژگی‌های شیمیایی

مواد تثبیت‌کننده خاک با توجه به ماهیت خود ممکن است بر ویژگی‌های شیمیایی خاک تأثیر بگذارند. ویژگی‌هایی از قبیل شوری، اسیدیته، نیتروژن، فسفر، پتاسیم، ماده آلی، نسبت جذب سدیم و... به‌عنوان ویژگی‌های شیمیایی در نظر گرفته شده‌اند. امکان و انتظار افزایش درصد مواد آلی و مواد حاصلخیز کننده خاک و جذب آن به‌وسیله گیاه پس از تجزیه و تخریب مالچ مدنظر می‌باشد.

طبقات شاخص ویژگی‌های شیمیایی

این شاخص دارای سه طبقه می‌باشد. روند تغییرات نشان‌دهنده کلاس‌های این طبقات است بدین معنی که روند کاهشی، بدون تغییر و روند افزایشی سه طبقه را شامل می‌شود.

روش بررسی شاخص ویژگی‌های شیمیایی

جهت بررسی اثرات مواد تثبیت‌کننده بر خاک لازم است قبل از پاشش مواد بر روی عرصه، نمونه‌برداری از مکان‌های مشخص به‌عنوان شاهد صورت گیرد. در پایان آزمایش نیز از همان منطقه نمونه‌برداری انجام و ویژگی‌های خاک مورداندازه‌گیری قرار خواهد گرفت. روش اندازه‌گیری ویژگی‌های شیمیایی در بخش دوم سطح آزمایشگاهی تشریح گردیده است (رجوع شود به بند ۵-۱-۱-۲).

ویژگی‌های شاخص ویژگی‌های شیمیایی معیار تأثیر بر ویژگی‌های خاک جهت بررسی کارایی مواد تثبیت‌کننده خاک در سطح میدانی در جدول (۶-۱۱) ارائه شده است.

جدول ۶-۱۱- تشریح ویژگی‌های شاخص شیمیایی خاک جهت بررسی کارایی مواد تثبیت‌کننده خاک در سطح میدانی

ارزیابی		طبقات (در مقایسه با شاهد)	ویژگی مورداندازه‌گیری	ملاحظات	دستگاه یا روش اندازه‌گیری	شاخص	معیار
امتیاز	امتیاز						
ضعیف	۰	روند افزایشی	شوری	مقایسه با عرصه شاهد	دستگاه ICP، جذب اتمی یا فلورسانس اتمی و...	ویژگی‌های شیمیایی	خصوصیات مالچ
خوب	۰/۵	روند ثابت					
بسیار خوب	۱	روند کاهش					
ضعیف	۰	روند افزایشی	اسیدیته				
خوب	۱	روند ثابت					
ضعیف	۰	روند کاهش					
بسیار خوب	۰/۵	روند افزایشی	کلسیم				
خوب	۰/۲۵	روند ثابت					
ضعیف	۰	روند کاهش					
بسیار خوب	۰/۵	روند افزایشی	منیزیم				
خوب	۰/۲۵	روند ثابت					
ضعیف	۰	روند کاهش					
بسیار خوب	۰/۵	روند افزایشی	نیتروژن				
خوب	۰/۲۵	روند ثابت					
ضعیف	۰	روند کاهش					
بسیار خوب	۰	روند افزایشی	سولفات				
خوب	۰/۲۵	روند ثابت					
ضعیف	۰/۵	روند کاهش					
ضعیف	۰	روند افزایشی	سدیم				
خوب	۰/۲۵	روند ثابت					
بسیار خوب	۰/۵	روند کاهش					
ضعیف	۰	روند افزایشی	کلر				
خوب	۰/۲۵	روند ثابت					
بسیار خوب	۰/۵	روند کاهش					
ضعیف	۰	روند افزایشی	کربنات				
خوب	۰/۲۵	روند ثابت					
بسیار خوب	۰/۵	روند کاهش					
ضعیف	۰	روند افزایشی	بی‌کربنات				
خوب	۰/۲۵	روند ثابت					
بسیار خوب	۰/۵	روند کاهش					
ضعیف	۰	روند افزایشی	نسبت جذب سدیم				
خوب	۰/۵	روند ثابت					
بسیار خوب	۱	روند کاهش					
بسیار خوب	۱	روند افزایشی	ماده آلی				
خوب	۰/۵	روند ثابت					
ضعیف	۰	روند کاهش					

شاخص دوم: ویژگی‌های بیولوژی

مواد تثبیت‌کننده خاک با توجه به ماهیت خود ممکن است بر ویژگی‌های بیولوژی خاک نیز تأثیر بگذارند. ویژگی‌هایی از قبیل فون و تنفس میکروبی خاک، فعالیت موجودات بزرگ خاک از قبیل مورچه، کرم و... به‌عنوان ویژگی‌های بیولوژی در نظر گرفته شده‌اند.

طبقات شاخص ویژگی‌های بیولوژی

این شاخص دارای چهار طبقه می‌باشد. میزان اختلاف هر ویژگی از خاک در مقایسه با عرصه شاهد مبنای این طبقه‌بندی بوده است.

روش بررسی شاخص ویژگی‌های بیولوژی

جهت بررسی اثرات مواد تثبیت‌کننده بر خاک لازم است قبل از پاشش مواد بر روی عرصه، نمونه‌برداری از مکان‌های مشخص به‌عنوان شاهد صورت گیرد. در پایان آزمایش نیز از همان منطقه نمونه‌برداری انجام و ویژگی‌های خاک مورداندازه‌گیری قرار گیرد. ویژگی‌هایی که مورداندازه‌گیری قرار می‌گیرند عبارت‌اند از: فون و تنفس میکروبی خاک، فعالیت موجودات بزرگ خاک از قبیل مورچه، کرم.

ویژگی‌های شاخص ویژگی‌های فیزیکی معیار تأثیر بر ویژگی‌های خاک جهت بررسی کارایی مواد تثبیت‌کننده خاک در سطح میدانی در جدول (۶-۱۲) ارائه شده است.

جدول ۶-۱۲- تشریح ویژگی‌های شاخص بیولوژی خاک جهت بررسی کارایی مواد تثبیت‌کننده خاک در سطح میدانی

معیار	شاخص	دستگاه یا روش اندازه‌گیری	ملاحظات	ویژگی مورداندازه‌گیری	طبقات (در مقایسه با شاهد)	ارزیابی	
						امتیاز	امتیاز
خصوصیات مالچ	ویژگی‌های بیولوژیکی	روش‌های استاندارد	مقایسه با عرصه شاهد	جمعیت میکروبی خاک	روند افزایشی	۴	ضعیف
					روند ثابت	۲	خوب
					روند کاهشی	۰	بسیار خوب
				فعالیت بزرگ‌جانداران (کرم یا مورچه)	روند افزایشی	۳	ضعیف
					روند ثابت	۲	خوب
					روند کاهشی	۰	ضعیف

۶-۱-۱-۷- معیار پوشش گیاهی

با توجه به این‌که مهم‌ترین کارکرد مالچ درواقع جلوگیری از حرکت ماسه‌های روان و غبارخیزی از سطح اراضی به‌طور موقت تا استقرار عملیات بیولوژیک می‌باشد، لذا شناخت نحوه تأثیرگذاری مالچ بر روی جوانه‌زنی و استقرار گونه‌های گیاهی امری ضروری در ارائه روش‌های تلفیقی مالچ‌پاشی و بیولوژیک به شمار می‌رود.

این معیار دارای شاخص استقرار نهال؛ نداشتن خاصیت گیاه‌سوزی و رویش گیاهان خودروی منطقه می‌باشد.

شاخص اول: استقرار نهال

سطح تثبیت‌شده به‌وسیله مالچ‌ها نباید باعث کند شدن، عقب افتادن و یا توقف رشد گیاهان شود.

طبقات شاخص استقرار نهال

این شاخص دارای چهار طبقه می‌باشد. نسبت به نمونه شاهد، کاهش رشد و استقرار گیاهان، کاهش شادابی و سرسبزی و زنده‌مانی اتفاق نیفتد.

روش بررسی شاخص استقرار نهال

به‌منظور بررسی استقرار و زنده‌مانی نهال‌های کشت‌شده در عرصه مالچ‌پاشی‌شده، قبل از مالچ‌پاشی، شیب رو به باد تپه ماسه‌ای مالچ‌پاشی شده انتخاب و در قسمت یک سوم پایینی تپه در دو ردیف به‌صورت زیگزاگی اقدام به کشت نهال‌های گونه زردتاغ (*Haloxylon persicum*) با فاصله تقریبی دو متر شود. در عرصه‌های مسطح مالچ‌پاشی شده نیز کرت‌هایی بدین منظور در نظر گرفته می‌شود. چنانچه به دلیل خشکی محیط نیاز به آبیاری بود، برای هر دو تیمار شاهد و عرصه مالچ‌پاشی‌شده به طور یکسان آبیاری صورت می‌گیرد. با توجه به اهمیت و نقش تردد ماشین‌آلات و کارگران آبیاری در تشدید فرسایش بادی در هر دو منطقه شاهد و مالچ‌پاشی شده، لازم است مسیر و تعداد محل‌های عبور و مرور به صورت یکسان بوده و از قبل پیش‌بینی و رعایت گردد. موارد مورد بررسی شامل درصد استقرار نهال‌ها و تغییرات رشد نهال‌ها می‌باشد.

درصد استقرار نهال‌ها طبق رابطه (۳-۶) برای تیمار شاهد و تیمار مالچ جداگانه محاسبه می‌شود.

$$\text{رابطه ۳-۶} \quad \% E = \frac{n_i}{N} \times 100$$

که در آن، E: درصد استقرار؛ n_i : تعداد نهال زنده مانده و N: تعداد کل نهال کاشته شده می‌باشد.

نکته: درصد استقرار برای تیمار شاهد و تیمار مالچ به‌صورت جداگانه محاسبه شود.

با داشتن درصد استقرار نمونه شاهد و نمونه تحت تأثیر مواد تثبیت‌کننده می‌توان شاخص استقرار را بر اساس رابطه (۴-۶) تعیین نمود و این عدد را به‌عنوان شاخص استقرار جهت اظهارنظر در مورد مواد تثبیت‌کننده در نظر گرفت.

$$\text{رابطه ۴-۶} \quad EI = \frac{EM}{EC} \times 100$$

که در آن، SI: شاخص استقرار پوشش گیاهی؛ EM: درصد استقرار نهال‌های تحت تأثیر مواد تثبیت‌کننده و EC:

درصد استقرار نهال‌های تیمار شاهد می‌باشد

درصد تغییرات رشد نهال‌ها نیز برای تیمار شاهد و تیمار مالچ بر اساس رابطه ۵-۶ به‌صورت جداگانه محاسبه شده و سپس شاخص رشد از رابطه (۵-۶) محاسبه خواهد شد.

$$\% G = \frac{H_1 - H_2}{H_1} \times 100$$

رابطه ۵-۶

که در آن، G: درصد تغییرات رشد؛ H_1 : ارتفاع نهال‌ها در ابتدای کاشت و H_2 : ارتفاع نهال‌ها در انتهای آزمایش می‌باشد.

نکته: درصد تغییرات رشد برای تیمار شاهد و تیمار مالچ به‌صورت جداگانه محاسبه شود.

با داشتن درصد تغییرات رشد نمونه شاهد و نمونه تحت تأثیر مواد تثبیت‌کننده می‌توان شاخص رشد را بر اساس رابطه (۶-۶) تعیین نمود و این عدد را به‌عنوان شاخص رشد جهت اظهارنظر در مورد مواد تثبیت‌کننده در نظر گرفت.

$$GI = \frac{GM}{GC} \times 100$$

رابطه ۶-۶

که در آن، GI: شاخص رشد؛ GM: درصد تغییرات رشد نهال‌های تحت تأثیر مواد تثبیت‌کننده و GC: درصد تغییرات رشد نهال‌های تیمار شاهد می‌باشد.

ویژگی‌های شاخص استقرار نهال جهت بررسی کارایی مواد تثبیت‌کننده خاک در سطح میدانی در جدول (۶-۱۳) ارائه شده است.

جدول ۶-۱۳- تشریح ویژگی‌های شاخص استقرار گیاهان جهت بررسی کارایی مواد تثبیت‌کننده خاک در سطح میدانی

ارزیابی		طبقات (شاخص زنده‌مانی و رشد گیاهان)	زیرشاخص	دستگاه یا روش اندازه‌گیری	شاخص	معیار			
کیفیت	امتیاز								
ضعیف	۱	کمتر از ۵۰	استقرار	کشت نهال در کرت آزمایشی یا در دامنه رو به باد تپه‌های ماسه‌ای در عرصه بیابان و پایش آن	استقرار نهال	پوشش گیاهی			
متوسط	۳	۵۰ تا ۷۵							
خوب	۴	۷۵ تا ۱۰۰							
خیلی خوب	۵	بیشتر از ۱۰۰							
ضعیف	۱	کمتر از ۵۰	رشد						
متوسط	۳	۵۰ تا ۷۵							
خوب	۴	۷۵ تا ۱۰۰							
خیلی خوب	۵	بیشتر از ۱۰۰							

شاخص دوم: نداشتن خاصیت گیاه‌سوزی

گیاهان نباید در اثر استفاده از مالچ (به‌ویژه مالچ‌هایی که نیاز به گرم کردن حین پاشش دارند) آسیب ببینند.

طبقات شاخص نداشتن خاصیت گیاه‌سوزی

این شاخص دارای چهار طبقه می‌باشد. میزان آسیب‌دیدگی گیاهان در مقایسه با نمونه شاهد، مبنای این طبقه‌بندی می‌باشد.

روش بررسی شاخص نداشتن خاصیت گیاه‌سوزی

به‌منظور بررسی خاصیت گیاه‌سوزی در عرصه، پس از اجرای مالچ پاشی، وضعیت گیاهان در قطعه مالچ پاشی شده و شاهد مورد بررسی و پایش قرار می‌گیرد. موارد مورد بررسی شامل آسیب‌دیدگی، سوختگی و پژمردگی می‌باشند. میزان آسیب‌دیدگی و سوختگی و پژمردگی به‌صورت کیفی و نظر کارشناسی خواهد بود. ویژگی‌های شاخص نداشتن خاصیت گیاه‌سوزی معیار پوشش گیاهی جهت بررسی کارایی مواد تثبیت‌کننده خاک در سطح میدانی در جدول (۶-۱۴) ارائه شده است.

جدول ۶-۱۴- تشریح ویژگی‌های شاخص نداشتن خاصیت گیاه‌سوزی جهت بررسی کارایی مواد تثبیت‌کننده خاک در سطح میدانی

ارزیابی	طبقات (میزان آسیب‌دیدگی گیاهان نسبت به شاهد)	ملاحظات	دستگاه یا روش اندازه‌گیری	شاخص	معیار
کیفیت	امتیاز				
ضعیف	۱	بیش از ۲۰٪	عدم آسیب‌دیدگی در اثر پاشش مواد	نداشتن خاصیت گیاه‌سوزی	پوشش گیاهی
متوسط	۲	۱۰ تا ۲۰٪			
خوب	۳	تا ۱۰ درصد			
خیلی خوب	۴	بدون آسیب			

شاخص سوم: رویش گیاهان خودروی منطقه

پس از پاشش مالچ بر روی عرصه، گیاهان بومی و خودروی منطقه باید در عرصه مالچ‌پاشی شده رشد نمایند.

طبقات شاخص رویش گیاهان خودروی منطقه

این شاخص دارای چهار طبقه می‌باشد. در این شاخص تنوع و تراکم پوشش گیاهی خودروی منطقه در عرصه مالچ پاشی شده با عرصه شاهد مقایسه می‌گردد.

روش بررسی شاخص رویش گیاهان خودروی منطقه

پس از مالچ پاشی و شروع فصل رشد، تنوع و تراکم گیاهان خودروی منطقه در عرصه مالچ پاشی شده و عرصه شاهد اندازه‌گیری و مورد مقایسه می‌گیرد. شاخص تنوع گونه‌ای با استفاده از رابطه ارائه شده توسط شانون وینون (رابطه ۶-۷) محاسبه می‌گردد. این شاخص برای هر دو عرصه شاهد و مالچ پاشی شده محاسبه و با استفاده از رابطه ۸-۶ نسبت آن دو در مقایسه با یکدیگر تعیین و ملاک ارزیابی قرار می‌گیرد (رابطه ۶-۷).

$$H = \sum_{i=1}^s (P_i)(\log_2 P_i) \quad \text{رابطه ۶-۷}$$

که در آن، H: شاخص تنوع گونه‌ای شانون-وینر؛ S: تعداد کل گونه و P_i : سهم کل نمونه متعلق به گونه i ام می‌باشد.

$$HI = \frac{HM}{HC} \times 100 \quad \text{رابطه ۶-۸}$$

که در آن، HI: شاخص تنوع گونه‌ای؛ HM: شاخص تنوع گونه‌ای عرصه تحت تأثیر مواد تثبیت‌کننده و HC: شاخص تنوع گونه‌ای عرصه شاهد می‌باشد.

همچنین جهت اندازه‌گیری تراکم به‌سادگی می‌توان تعداد پایه‌های گیاهی را در عرصه موردنظر شمارش نمود. بدین منظور با استقرا ۵ پلات در هر عرصه اقدام به شمارش گونه‌ها خواهد شد و در نهایت میانگین تراکم گزارش می‌شود. اندازه پلات به صورت تجربی و دو برابر بزرگ‌ترین تاج پوشش گیاهی در نظر گرفته می‌شود. این عمل در عرصه مالچ پاشی شده و عرصه شاهد به‌طور جداگانه انجام و تراکم گیاهی در هریک از عرصه‌ها تعیین می‌گردد. با داشتن تراکم عرصه شاهد و عرصه تحت تأثیر مواد تثبیت‌کننده، می‌توان شاخص تراکم را بر اساس رابطه (۶-۹) تعیین نمود و این عدد را به‌عنوان ملاک تراکم جهت اظهارنظر در مورد مواد تثبیت‌کننده در نظر گرفت.

$$DI = \frac{DM}{DC} \times 100 \quad \text{رابطه ۶-۹}$$

که در آن، DI: شاخص تراکم؛ DM: تراکم گیاهی در عرصه تحت تأثیر مواد تثبیت‌کننده و DC: تراکم گیاهی در عرصه شاهد می‌باشد.

ویژگی‌های شاخص رویش گیاهان خودروی منطقه جهت بررسی کارایی مواد تثبیت‌کننده خاک در سطح میدانی در جدول (۶-۱۵) ارائه شده است.

جدول ۶-۱۵- تشریح ویژگی‌های شاخص رویش گیاهان خودروی جهت بررسی کارایی مواد تثبیت‌کننده خاک در سطح میدانی

ارزیابی		طبقات (مقایسه گیاهان خودروی)	زیرشاخص	دستگاه یا روش اندازه‌گیری	شاخص	معیار			
کیفیت	امتیاز								
ضعیف	۰	کمتر از ۵۰	تنوع	تراکم و تنوع گونه‌ای	رویش گیاهان خودروی منطقه	پوشش گیاهی			
متوسط	۱	۵۰ تا ۷۵							
خوب	۲	۷۵ تا ۱۰۰							
خیلی خوب	۳	بیشتر از ۱۰۰							
ضعیف	۰	کمتر از ۵۰	تراکم						
متوسط	۱	۵۰ تا ۷۵							
خوب	۲	۷۵ تا ۱۰۰							
خیلی خوب	۳	بیشتر از ۱۰۰							

۶-۱-۲- نتیجه‌گیری و اعلام وضعیت ماده تثبیت‌کننده خاک در سطح میدانی

پس از انجام آزمایش‌های ذکر شده، با رجوع به جدول مربوط به هر شاخص، امتیاز لازم با توجه به نتیجه آزمایش‌ها محاسبه می‌گردد. با جمع کردن امتیاز حاصله از تمامی شاخص‌ها، امتیاز نهایی ماده تثبیت‌کننده خاک به دست خواهد آمد. با مراجعه به جدول (۶-۱۶) می‌توان در مورد وضعیت ماده تثبیت‌کننده خاک مورد بررسی اعلام نظر نمود.

جدول ۶-۱۶- ارزیابی نهایی کارایی مواد تثبیت‌کننده خاک به منظور مقابله با فرسایش بادی در سطح میدانی

نتیجه نهایی	ارزیابی		مرحله
	کیفیت	امتیاز	سطح میدانی
مردود	ضعیف	کمتر از ۵۰	
مشروط	متوسط	۵۰-۷۵	
قبول	خوب	بیشتر از ۷۵	

پیوست ۱

ضوابط و نحوه نظارت بر

آزمایشگاه‌های مرتبط با بررسی مواد

تثبیت‌کننده خاک

پ.۱-۱- کلیات

ضوابطی که در این بخش ارائه می‌شود در راستای ایجاد تعامل و همچنین نظارت بر آزمایشگاه‌های ذی‌صلاح تهیه گردیده است. آزمایشگاه‌ها نقش اساسی و محوری در شناسایی مواد تثبیت‌کننده خاک کارا و ارتقای کیفیت محیط‌زیست داشته و می‌توانند در زمینه ارتقای کیفیت محصول به تولیدکننده یاری برسانند. لذا حصول اطمینان و اعتماد کافی به نتایج و کاربرد آن در امر ارزیابی ضرورتی غیرقابل‌انکار است.

ضوابط انضباطی پس از تصویب در کارگروه بررسی مواد تثبیت‌کننده خاک ابلاغ و حسن اجرای آن نیز از طریق کارگروه بررسی تثبیت‌کننده‌های خاک نظارت می‌گردد. بدیهی است عدم رعایت الزامات و مفاد این شیوه‌نامه تخلف تلقی خواهد شد.

هرگونه عدم رعایت ضوابط و شیوه‌نامه‌های ابلاغی از سوی ستاد ملی مقابله با پدیده گردوغبار در خصوص آزمایشگاه‌های ذی‌صلاح و الزامات و مفاد شیوه‌نامه انضباطی تخلف تلقی می‌گردد و همچنین تخلف در آنالیز مواد تثبیت‌کننده خاک عبارت است از فعل یا ترک فعل که موجب تضییع حقوق دیگری و یا اختلال در ارزیابی کارایی و سلامت محیط‌زیستی مواد تثبیت‌کننده خاک شود.

پ.۱-۲- نحوه ارزیابی آزمایشگاه‌های ذی‌صلاح

آزمایشگاه ذی‌صلاح برای آنالیز مواد تثبیت‌کننده خاک (مالچ)، باید حائز شرایط زیر باشد:

الف) دارای تجربه کافی در زمینه ارزیابی مواد تثبیت‌کننده خاک باشد (بررسی سوابق و رزومه).

ب) بهره‌مندی از متخصصین مجرب برای تفسیر نتایج و ارائه خدمات مشاوره‌ای (توجه به تخصص و مدرک تحصیلی و رشته پژوهشگر و متخصص).

پ) دارای تجهیزات و توانایی لازم برای اندازه‌گیری حداقل ۶۰ درصد از شاخص‌های تعریف‌شده برای بررسی کارایی مواد (بازدید از آزمایشگاه)

ت) آزمایشگاه و سازمان مربوط به آن دارای اعتبار باشد (بررسی سازمان و آزمایشگاه).

ث) سابقه کاری آزمایشگاه و سازمان مربوط به آن (بررسی سازمان و آزمایشگاه).

ج) وجود ارتباط آزمایشگاه و سازمان مربوط با موضوع منابع طبیعی و محیط‌زیست (بررسی سازمان و آزمایشگاه)

آزمایشگاه ذی‌صلاح می‌تواند در خصوص پایش ویژگی‌هایی که مجوز اندازه‌گیری یا تجهیزات لازم برای اندازه‌گیری آن‌ها را ندارد، از خدمات سایر آزمایشگاه‌های همکار برخوردار گردد؛ اما مسئولیت صحت آن بر عهده آزمایشگاه ذی‌صلاح اصلی خواهد بود. به‌علاوه مسئولیت تمامی امور از تحویل یا نمونه‌برداری، ارسال به آزمایشگاه اصلی و همکار، دریافت نتیجه، صحت نتایج بر عهده آزمایشگاه مربوطه می‌باشد.

پ.۱-۳- شرایط نمونه‌برداری و تحویل نمونه‌های تثبیت‌کننده

نمونه‌برداری از مواد تثبیت‌کننده خاک باید بر اساس جدول (پ.۱-۱) باشد.

جدول پ.۱-۱- نمونه‌برداری از مواد تثبیت‌کننده خاک

نوع مالچ	گروه	اقدامات اولیه	نوع نمونه‌برداری	شرایط نگهداری	مدت زمان نگهداری
معدنی	جامد	-	مرکب	شرایط محیطی	۳ ماه
	مایع	یکنواخت سازی	مرکب	شرایط محیطی	۳ ماه
شیمیایی	پلیمری مصنوعی	-	مرکب	شرایط محیطی	۳ ماه
	پلیمری زیستی	-	مرکب	$2-8^{\circ}\text{C}$	۲۴ ساعت
بیولوژیک	میکروبی	ضد عفونی ظروف با الکل ۷۵٪	تصادفی ساده	$2-8^{\circ}\text{C}$	۲۴ ساعت
	جلبک	-	تصادفی ساده	$2-8^{\circ}\text{C}$	۲۴ ساعت
ارگانیک	جامد	خرد کردن، مخلوط کردن	تصادفی ساده	شرایط محیطی	۳ ماه
	مایع	-	تصادفی ساده	$2-8^{\circ}\text{C}$	۲۴ ساعت
نفثی	قیری	یکنواخت سازی	تصادفی ساده	شرایط محیطی، دور از تجهیزات آتش‌زا	۳ ماه
	امولسیون	یکنواخت سازی	تصادفی ساده	شرایط محیطی، دور از تجهیزات آتش‌زا	۳ ماه
نانو	نانو	هموژنیزه کردن	تصادفی ساده	شرایط محیطی	۳ ماه

رعایت شرایط زیر برای نمونه‌برداری و تحویل نمونه ضروری می‌باشد:

(الف) رعایت ملاحظات ایمنی در زمان نمونه‌برداری مانند استفاده از دستکش، کلاه ایمنی و ماسک الزامی است.

(ب) قابلیت نگهداری نمونه تا سه ماه بر عهده تولیدکننده است و در صورت نیاز به شرایط نگهداری ویژه، متقاضی این موضوع را باید به صورت مکتوب اعلام نماید.

(پ) تکمیل فرم نمونه‌برداری یا فرم تحویل نمونه، حین نمونه‌برداری یا تحویل گرفتن نمونه ضروری می‌باشد.

(ت) رعایت شرایط استاندارد جهت انتقال نمونه برداشته شده از واحد موردسنجش یا تحویل نمونه از ستاد و انتقال آن به آزمایشگاه به منظور آنالیز ضروری است.

(ث) آزمایشگاه باید کلیه ظروف حاوی نمونه را به صورت پلمپ تحویل گرفته و لازم است در زمان تحویل از درج مهر برجسته واحد حراست سازمان حفاظت محیط‌زیست اطمینان حاصل شود.

(ج) ظروف نمونه‌برداری را صرفاً باید برای نگهداری نمونه مورد استفاده قرار داد و از نگهداری سایر محلول‌های شیمیایی در آن‌ها خودداری کرد.

(چ) ظروف نمونه‌برداری باید دارای شرایط زیر باشند:

- جنس ظروف نمونه‌برداری باید متناسب با نوع نمونه بوده و بر روی بو و طعم و ترکیب نمونه تا زمان آزمایش بی‌تأثیر باشد.
 - ظروف باید یکسان، کدر، مقاوم، بی‌اثر، تمیز و مجهز به درپوش محکم باشند.
 - به‌راحتی قابل شستشو و ضدعفونی کردن باشد.
 - چنانچه از ظروف فلزی استفاده می‌شود، مقاوم در برابر زنگ زدن باشد.
 - کیسه‌های پلاستیکی یک‌بارمصرف، محکم و با گنجایش کافی باشد.
- ح) نمونه‌برداری باید توسط شخص یا اشخاص مطلع از مواد تثبیت‌کننده (مالچ) و صلاحیت‌دار صورت گیرد (بررسی ظاهری مواد، ظرفیت تولید، اسناد تولید و یا سایر مستندات). ضمناً نمونه‌بردار بر اساس تجربه تشخیص دهد که از چه روشی نمونه‌برداری استفاده نماید.
- خ) حجم نمونه باید متناسب با نوع آزمایش‌ها تعیین گردیده و در صورتی که نمونه‌برداری پس از رقیق‌سازی انجام شود، حجم نمونه بایستی 10° برابر گردد.
- د) نمونه از تمام قسمت‌های محصول موجود در انبار یا خط تولید برداشته شود؛ به‌گونه‌ای که نماینده واقعی از کل باشد. اگر نمونه‌برداری از تمام بسته‌ها در دسترس نباشد، از آن‌ها به روش تصادفی نمونه‌برداری شود.
- ذ) در صورتی که قسمتی از محصول وضع خاص و غیر مشابهی با سایر قسمت‌های محموله دارد، نظیر جعبه و یا کارتن‌های شکسته، له شده و رطوبت دیده، نمونه‌برداری باید به‌طور انتخابی صورت گیرد.

سایر ملاحظات نمونه‌برداری

با توجه به ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی مواد تثبیت‌کننده خاک به‌منظور ارزیابی کیفی آن‌ها؛ نحوه، حجم مناسب و زمان نمونه‌برداری بسیار حائز اهمیت است. در این خصوص نکات مهم بر اساس نوع مواد تثبیت‌کننده‌ها (مواد تثبیت‌کننده پلیمری، بیولوژیکی، ارگانیک، مفتی و نانو) به شرح ذیل ارائه می‌گردد:

الف) مواد تثبیت‌کننده معدنی

این مواد به دو دسته جامد و مایع تقسیم می‌شود.

۱) مواد تثبیت‌کننده معدنی جامد

این مواد به‌صورت جامد هستند، مانند سرباره کارخانه‌های ذوب‌آهن، خانواده رس‌های فراوری‌شده، زئولیت فراوری‌شده، ترکیبات حاوی گچ و یا مواد مشابه که مکانیسم عمل آن‌ها به‌صورت پوشش یا ایجاد بافت سیمانی می‌باشد. قبل از نمونه‌برداری گروه نمونه‌بردار، باید مجهز به ماسک، کلاه و دستکش جراحی باشند.

نحوه نمونه‌برداری:

نمونه‌برداری بر اساس نمونه‌برداری مرکب می‌باشد. در این روش به‌طور تصادفی از بیست نقطه مخزن تولید یا کیسه‌های موجود در انبار یک کیلوگرم تهیه و پس از مخلوط کردن کامل دو بسته ۱۰ کیلوگرمی تهیه و در ظرف یا گالن منتقل شود. با توجه به اینکه معمولاً این نوع از مواد در آب به‌صورت سوسپانسیون آماده می‌شوند، مش سائز (Mesh Size) ذرات ماده اصلی و درصد رطوبت آن در فرم نمونه‌برداری لحاظ گردد.

شرایط نگهداری:

نگهداری این نوع مواد معمولاً در شرایط محیط می‌باشد.

(۲) مواد تثبیت‌کننده معدنی مایع

این مواد به‌صورت مایع هستند، مانند محلول کلسیم کلراید و...

نحوه نمونه‌برداری:

با توجه به اینکه در اکثر واحدهای تولید مواد تثبیت‌کننده معدنی مایع، ترکیبات معدنی مورد استفاده یا به‌صورت اشباع در آب تهیه می‌شوند و یا ناخالصی دارند، بنابراین قبل از نمونه‌برداری می‌بایست مخازن محصول یا گالن‌های موجود در انبار کاملاً یکنواخت گردند. سپس به‌طور تصادفی بیست نمونه یک لیتری از مخزن تولید یا گالن‌های موجود در انبار تهیه و به دو قسمت مساوی تقسیم و به ظرف موردنظر منتقل گردد. در صورتی که مواد تولیدشده در واحد تولیدی نیاز به رقیق‌سازی نداشته باشند، حجم نمونه‌برداری ۱۰ برابر گردد.

شرایط نگهداری:

نگهداری این نوع از مواد در شرایط محیط است، ولی هنگام مصرف می‌بایست یکنواخت گردند.

(ب) مواد تثبیت‌کننده پلیمری

این مواد دارای دو دسته مواد تثبیت‌کننده پلیمری مصنوعی و مواد تثبیت‌کننده پلیمری بیولوژیک هستند.

(۱) مواد تثبیت‌کننده پلیمری مصنوعی مانند ترکیبات وینیل استات، کوپلیمرهای پلی اکریل امید و غیره می‌باشند. برخی از این نوع مالچ‌ها در واحدهای تولید رنگ تولید می‌شوند. قبل از نمونه‌برداری گروه نمونه‌بردار مجهز به ماسک، کلاه و دستکش جراحی شوند.

نحوه نمونه‌برداری به این گونه است که بیست گالن موجود در انبار به‌طور تصادفی انتخاب و یک لیتر از نمونه تهیه و پس از یکنواخت سازی به دو ظرف ۴ تا ۶ لیتری منتقل گردد. در صورتی که نمونه مالچ رقیق‌شده باشد میزان تهیه نمونه

۱۰ برابر گردد. نگهداری این نوع از مواد در شرایط محیط است در غیر این صورت بر اساس دستورالعمل نگهداری شرکت تولیدکننده تعیین می‌شود.

۲) مواد تثبیت‌کننده پلیمری بیولوژیک مانند ترکیبات زانتان، نشاسته، آلژینات و غیره هستند که ساختار طبیعی یا میکروبی دارند.

نحوه نمونه‌برداری به این گونه است که بیست گالن موجود در انبار به‌طور تصادفی انتخاب و یک کیلوگرم از نمونه تهیه و پس از یکنواخت سازی به دو ظرف ۴ تا ۶ لیتری منتقل گردد. در صورتی که نمونه مالچ رقیق شده باشد میزان تهیه نمونه ۱۰ برابر می‌گردد. اگر نمونه اصلی به‌صورت پودر فرموله شده باشد نگهداری نمونه در شرایط محیطی است. در صورتی که به شکل محلول آماده گردد لازم است در دمای ۲ تا ۸ درجه سلسیوس نگهداری و بلافاصله به آزمایشگاه منتقل شود. در چنین حالتی به دلیل تخریب احتمالی و سریع مواد، لازم است صورت جلسه‌ای با حضور نماینده شرکت تولیدکننده تهیه و موارد موردنظر آورده شود. این نوع مواد زمان ماندگاری کمی داشته و باید به‌سرعت مورد ارزیابی کیفی قرار گیرند.

پ) مواد تثبیت‌کننده بیولوژیک

مالچ‌های بیولوژیک منشأ میکربی یا جلبکی دارند. مواد تثبیت‌کننده میکربی معمولاً پس از استفاده موجب واکنش سیمانی شدن در خاک می‌شوند. این نوع مواد تثبیت‌کننده در فرمانتور تولید و به منطقه موردنظر حمل و بلافاصله مورد استفاده قرار می‌گیرند.

نحوه نمونه‌برداری به این ترتیب است که قبل از نمونه‌برداری گروه نمونه‌بردار مجهز به ماسک، کلاه و دستکش شوند. نمونه از مخزن تولید تهیه و در دو ظرف ده لیتری ضدعفونی شده با الکل ۷۵ درصد و شسته شده با آب استریل منتقل گردد. با توجه به اینکه محصول بیولوژیک می‌باشد، لازم است بلافاصله نمونه در دمای ۲ تا ۸ درجه سلسیوس نگهداری و به آزمایشگاه منتقل گردد. این نوع مواد در این شرایط زمان ماندگاری کمی داشته و باید به‌سرعت مورد ارزیابی کیفی قرار گیرند. مواد تثبیت‌کننده با منشأ جلبک نیز به همین روال باید نمونه‌برداری و نگهداری شوند. ضمناً حجم نمونه‌برداری در این مواد بر اساس دستورالعمل مصرف تعیین می‌گردد.

ت) مواد تثبیت‌کننده ارگانیک

مواد تثبیت‌کننده ارگانیک به‌صورت جامد شامل کمپوست، بقایای واحدهای کشاورزی و غذایی و یا مایع مانند ویناس صنایع الکل سازی و خمیرمایه می‌باشند.

نحوه نمونه‌برداری بدین گونه است که ابتدا ۵۰ کیلوگرم ماده ارگانیک جامد را کاملاً خرد نموده و پس از مخلوط کردن دو نمونه ده کیلوگرمی، تهیه و داخل گالن‌های ۵۰ لیتری منتقل گردند. مواد تثبیت‌کننده ارگانیک مایع نیز در دو

ظرف ۶ لیتری تهیه شوند. نگهداری مواد تثبیت‌کننده ارگانیک در شرایط محیط است. در غیر این صورت بر اساس دستورالعمل نگهداری شرکت تولیدکننده خواهد بود.

ث) مواد تثبیت‌کننده نفتی

مواد تثبیت‌کننده نفتی یا به صورت مالچ نفتی موجود در واحدهای پالایشگاهی ویل به صورت امولسیونه می‌باشند. نحوه نمونه برداری به این گونه است که پس از یکنواخت سازی از مخزن تولید، نمونه ماده به دوگالن بیست لیتری منتقل می‌شود. نگهداری این نوع مالچ ها در شرایط محیط و به دور از تجهیزات آتش زا می باشد.

ج) مواد تثبیت‌کننده نانو

این نوع از مواد تثبیت‌کننده منشا معدنی و یا پلیمری دارند. قبل از نمونه برداری باید از لباس، ماسک، کلاه و دستکش مناسب استفاده شود. نحوه نمونه برداری به این گونه است که پس از هموژنیزه شدن ماده در مخزن، براساس دستورالعمل مصرف دو نمونه از نمونه اصلی تهیه و به داخل ظروف مورد نظر که حجم آن مشخص نیست، تهیه می‌شود. نگهداری این نوع مالچ ها در شرایط محیط است. در غیر این صورت براساس دستورالعمل نگهداری شرکت تولید کننده می‌باشد.

پ.۱-۴- اندازه گیری پارامترها

نتایج اندازه‌گیری‌های آزمایشگاه‌های ذی‌صلاح در صورت رعایت کلیه اصول اعلام‌شده، مورد تأیید کارگروه بررسی تثبیت‌کننده‌های خاک خواهد بود.

به‌منظور بررسی روند آزمایش‌ها و نتایج آن‌ها، آزمون مقایسه‌ای (اعتبارسنجی) بین آزمایشگاهی با نظارت سایر آزمایشگاه‌های ذی‌صلاح و یا کارشناسان کارگروه بررسی تثبیت‌کننده‌های خاک صورت خواهد پذیرفت.

آزمایشگاه ملزم به به‌کارگیری پرسنل آموزش‌دیده و کارآمد در کلیه مراحل و بخش‌های آزمایش و برگزاری آموزش‌های دوره‌ای و مستندسازی و بایگانی مدارک مربوطه می‌باشد.

آزمایشگاه‌ها ملزم به مستندسازی و بایگانی اسناد و مدارک در خصوص آزمایش‌ها صورت گرفته، دستگاه‌ها و تجهیزات آزمایشگاهی، اسناد تعمیرات دوره‌ای و گواهی کالیبراسیون و صحت عملکرد دستگاه‌ها، برگه پرینت جواب‌های آزمایش و کنترل کیفی صورت گرفته در مکان مناسب می‌باشند تا در صورت بروز شکایت علیه آزمایشگاه، صحت عملکرد آزمایشگاه احراز گردد.

کلیه حقوق مادی و معنوی مواد تثبیت‌کننده (مالچ) ارسالی متعلق به متقاضی (تولیدکننده) بوده و هرگونه کپی‌برداری و یا استفاده از فرمولاسیون آن ممنوع می‌باشد.

پ.۱-۵- ارائه گزارش نتایج

آزمایشگاه‌های ذی‌صلاح موظف هستند نتایج آزمایش‌های مرتبط را در مدت مشخص‌شده و حداکثر در مدت ۴۵ روز بعد از تحویل گرفتن نمونه، در قالب فرم‌های ارائه‌شده توسط کارگروه به ستاد ارسال نمایند.

آزمایشگاه‌های ذی‌صلاح باید کلیه فرم‌ها و مدارک ارسالی را امضاء و ممهور به مهر نمایند.

تمامی نتایج آزمایش‌ها به همراه کلیه اطلاعات مربوطه با امضاء کارشناس و مسئول فنی آزمایشگاه و مدیریت واحد باید با رعایت اصول امانت‌داری محرمانه تلقی گردیده و صرفاً به ستاد ارسال گردد.

هرگونه تغییر و اصلاح در روش‌های نمونه‌برداری، اندازه‌گیری و موارد مشابه که قبلاً توسط کارگروه بررسی تثبیت‌کننده‌های خاک ابلاغ شده است، باید به اطلاع دبیرخانه کارگروه واقع در ستاد رسانده شود.

نتایج آزمایش‌ها انحصاراً بر اساس کدهای درج‌شده بر روی ظرف نمونه به ستاد ارسال گردد.

هرگونه استفاده و بهره‌برداری از نمونه مواد و تولید داده‌های جدید و یا آزمایش‌ها دیگر و انتشار آن از سوی آزمایشگاه‌ها ممنوع می‌باشد.

پیوست ۲

**نحوه صدور گواهی مواد تثبیت کننده
خاک**

در پایان ارزیابی به درخواست تولیدکننده و در صورتی که مواد تثبیت کننده خاک واجد تمامی شرایط ذکر شده در این شیوه نامه باشد و همه مراحل ارزیابی را با موفقیت طی نموده باشد، گواهی استفاده، مبنی بر کارایی مناسب این ماده به منظور تثبیت خاک و ماسه های روان در مناطق با حاکمیت فرسایش بادی و گردوغبار صادر خواهد شد. علاوه بر الزامات یاد شده، گواهی مذکور از نظر مدت زمان اعتبار، مرجع صادر کننده و کاربرد دارای ویژگی هایی است که در این فصل به آن اشاره خواهد شد.

گواهی (تأییدیه) کارایی مواد تثبیت کننده خاک به منظور حمایت از تولیدکنندگان مواد تثبیت کننده خاک و به ویژه تولیدکنندگان خاک پوش های غیر نفتی و نوساخته و نیز تسهیل عرضه این محصولات به سازمان های متولی اجرای طرح های تثبیت ماسه های روان و مناطق غبار خیز صادر می گردد. به منظور یکسان سازی صدور گواهی مواد تثبیت کننده خاک، این گواهی تنها برای موادی که از همه شاخص های مورد نظر برخوردار بوده و کارایی آن ها اثبات شده باشد، صادر می گردد.

پ.۲-۱- دامنه کاربرد و مراجع تأیید کننده گواهی

گواهی کارایی و سازگاری محیط زیستی مواد تثبیت کننده خاک به منظور استفاده از مواد تثبیت کننده خاک جهت کنترل فرسایش بادی و تثبیت گردوغبار کاربرد دارد. مشخصات محصول و کاربرد آن در عرصه های مسطح یا تپه های ماسه ای با توجه به اذعان تولید کننده یا متقاضی و پس از بررسی میدانی (فصل ششم) میزان کارایی ماده تثبیت کننده خاک در آن نوع عرصه تعیین خواهد شد.

مراجع صادر کننده این گواهی مرکب از سازمان حفاظت محیط زیست به عنوان مرجع نظارتی، سازمان جنگل ها، مراتع و آبخیزداری کشور به عنوان مجری و وزارت علوم، تحقیقات و فناوری به عنوان مرجع علمی می باشد.

پ.۲-۲- مدت اعتبار، تمدید اعتبار و لغو اعتبار گواهی

گواهی صادر شده از تاریخ صدور به مدت زمان معین و حداکثر به مدت پنج سال دارای اعتبار است. متقاضی جهت تمدید گواهی ماده مد نظر می بایست قبل از اتمام مدت اعتبار گواهی خود، نسبت به ارائه درخواست تمدید آن اقدام نماید. دریافت نمونه ماده و بررسی برخی شاخص های مهم جهت تمدید گواهی لازم می باشد. همچنین چنانچه از ماده مورد نظر درجایی استفاده شده باشد، بررسی، بازدید و ارزیابی مواد تثبیت کننده خاک توسط کارگروه بررسی تثبیت کننده های خاک ضروری است. در صورت تأیید مجدد ماده، گواهی آن به مدت پنج سال دیگر تمدید می گردد.

در صورت مشاهده هرگونه تخلف و یا اثبات عدم کارایی مناسب مواد تثبیت کننده خاک به دلیل تغییر در خصوصیات فیزیکوشیمیایی ماده تأیید شده، گواهی از درجه اعتبار ساقط می گردد. در صورت نیاز، به منظور اطمینان از یکسان بودن ماده تثبیت کننده خاک ارایه شده در مراحل مختلف ارزیابی و در زمان استفاده لازم است برای مواد تثبیت کننده خاک

معدنی آزمون‌های XRD و XRF و برای مواد تثبیت‌کننده خاک شیمیایی و ارگانیک آزمون‌های ATR-FTIR و GC/MS انجام گیرد.

پ.۲-۳- مدارک موردنیاز برای صدور گواهی

متقاضی پس از گذراندن کلیه مراحل ارزیابی حداکثر تا مدت ۴ ماه می‌تواند نسبت به درخواست صدور گواهی صلاحیت ماده تثبیت‌کننده خاک برای کنترل فرسایش بادی و مقابله با گردوغبار اقدام نماید. صدور گواهی مشروط به ارائه مدارک کامل و مستندات لازم می‌باشد. کلیه مدارک ذیل باید توسط متقاضی به ستاد ملی مقابله با پدیده گردوغبار ارائه گردد:

- درخواست کتبی از سوی متقاضی مبنی بر صدور گواهی؛
- ارائه نتایج کلیه مراحل بررسی مواد تثبیت‌کننده خاک شامل مرحله خوداظهاری، بخش اول و دوم مرحله آزمایشگاهی و مرحله میدانی؛
- ارائه مدارک شناسایی مربوط به شرکت و یا شخص تولیدکننده.

پیوست ۳

فرم‌های مواد تثبیت‌کننده خاک

در بخش‌های مختلفی از این شیوه‌نامه به فرم‌هایی اشاره گردید، که در این فصل این فرم‌ها آورده شده است. این فرم‌ها شامل:

- فرم خوداظهاری بررسی مواد تثبیت‌کننده خاک
- فرم ارائه نتایج ارزیابی شاخص‌های بخش اول آزمایشگاهی بررسی مواد تثبیت‌کننده خاک
- فرم ارائه نتایج ارزیابی شاخص‌های بخش دوم آزمایشگاهی بررسی مواد تثبیت‌کننده خاک
- فرم ارائه نتایج ارزیابی شاخص‌های بخش میدانی بررسی مواد تثبیت‌کننده خاک
- فرم تعهدنامه اصالت ماده تثبیت‌کننده خاک
- فرم تحویل نمونه ماده تثبیت‌کننده خاک
- فرم نمونه‌برداری ماده تثبیت‌کننده خاک

فرم خوداظهاری بررسی مواد تثبیت‌کننده خاک (مالچ)

شاخص‌های سطح یک جهت بررسی کارایی تثبیت‌کننده خاک (مالچ)

اطلاعات عمومی تولیدکننده ماده تثبیت‌کننده خاک (مالچ)			
نام شرکت:	نام علمی محصول:	نوع مالچ:	
تاریخ تکمیل اطلاعات:	تاریخ تحویل مستندات:	نام تجاری محصول:	
تاریخ طرح در گیتینه سطح یک:		نام عرصه مورد بررسی:	
		شماره و تاریخ ثبت درخواست:	
		مدت زمان ساقه فعالیت در زمینه مالچ:	
نظر گیتینه:			
رئوس اقدامات آتی:			
ردیف	استاندارد	بلی	شرح مستندات به ترتیب درج شده در لوح فشرده (پیوست مدارک)
۱	آیا بررسی‌های آزمایشگاهی (تعیین مشخصات فیزیکی، شیمیایی و زستی از جمله زست‌تخریب‌پذیری) بر روی محصول در روند تولید و پس از پاشش در عرصه انجام شده است؟ (یا ذکر مورد و ارائه مستندات)		
۲	آیا مالچ دارای بو و مواد معطر (آروماتیک) می‌باشد و کیفیت این محصول از حیث سمی بودن نیز بررسی گردیده است؟ (ارائه مستندات)		
۳	آیا از ترکیبات مضر در ساخت محصول استفاده شده است یا خیر؟ (چه ترکیباتی) و میزان این مواد در حد استانداردهای مورد تأیید سازمان حفاظت محیط‌زیست برای پذیرش محیط‌های مختلف می‌باشد؟ (ارائه مستندات)		
۴	آیا محصول نهایی بر استقرار و پوشش گیاهی و جانوری منطبق، تنوع جانوری، خواص شیمیایی و فیزیکی خاک، میزان نفوذپذیری به آب و جویته‌زنی بذر آثار منفی ندارد؟ (ارائه مستندات)		
۵	آیا مدت زمان ماندگاری محصول در سطح مورد استفاده مشخص می‌باشد؟ و محصول پس از اتمام زمان ماندگاری به چه ترکیباتی تبدیل می‌شود؟ (ارائه مستندات)		
۶	میزان مصرف مالچ در هر هکتار ذکر چقدر می‌باشد؟ (ارائه مستندات)		
۷	میزان مصرف آب برای هر هکتار یا عتایت بند ۶ مشخص شود. (ارائه مستندات)		
۸	آیا پاشش مالچ، شیوه خاصی دارد؟ (اختلاط با خاک و...) و زمان مورد نیاز برای پاشش در هر هکتار چقدر می‌باشد؟ (ارائه مستندات)		
۹	آیا مالچ جهت پاشش، نیاز به آماده‌سازی دارد (نیاز به گرم کردن، اختلاط و...) دارد یا خیر؟ آماده‌سازی در عرصه صورت می‌پذیرد یا پس از آماده‌سازی به عرصه منتقل می‌شود؟ که در این صورت بایستی هزینه‌های مرتبط نیز در بند ۱۰ لحاظ گردد. (ارائه مستندات)		
۱۰	هزینه تمام‌شده شامل تهیه و پاشش مالچ و سایر موارد در هر هکتار ذکر شود. (ارائه مستندات)		
۱۱	آیا امکان تهیه محصول اولیه و فناوری ساخت محصول در کشور وجود دارد؟ (به‌طور کامل یا بخشی از مواد وارداتی است؟) (ارائه مستندات)		
۱۲	آیا در زمینه مقاومت محصول به تنش‌های محیطی (گرما، سرما، تندباد و آب شوری و...) ارزیابی خاصی صورت پذیرفته است؟ (یا ذکر مورد و مستندات)		
۱۳	آیا میزان کارایی محصول در مناطق با شرایط اقلیمی مختلف و در بافت‌های مختلف خاک بررسی گردیده است؟ (یا ذکر مورد و مستندات)		
۱۴	آیا آثار منفی احتمالی محصول در طی روند تولید و پاشش در عرصه بر کارگران (کارکنان مرتبط) بررسی گردیده است؟		

صفحه اول فرم ارائه نتایج بخش اول آزمایشگاهی بررسی مواد تثبیت‌کننده خاک (مالچ)

مدل نماد آرم مرجع بررسی کننده		به نام خدا تاریخ: شماره:			
مشخصات عمومی					
نام مرکز یا آزمایشگاه آتالیز کننده (اصلی):		مدیر مسئول:		آدرس و تلفن:	
نام مرکز یا آزمایشگاه همکار:		مدیر مسئول:		آدرس و تلفن:	
کد نمونه:	تاریخ نمونه‌برداری:	تاریخ دریافت نمونه:	تاریخ انجام آزمایش:	تاریخ ارسال گزارش:	
مقدار نمونه:		ماتریس نمونه (جامد، مایع، ...):			
دستورالعمل مصرف:					
آتالیزها و تفسیر نتایج براساس دستورالعمل مصرف انجام شده است.					
گزارش آزمون بدون مهر و امضا فاقد اعتبار می‌باشد.					
تفسیر نتایج و توصیه:					
نام و امضای کارشناس:		نام و امضای مسئول فنی:		نام، مهر و امضای مدیر واحد:	

صفحه دوم فرم ارائه نتایج بخش اول آزمایشگاهی بررسی مواد تثبیت‌کننده خاک (مالچ)

محل تعب آزم مرصع بررسی کننده		فرم ارزیابی شاخص‌های بخش اول آزمایشگاهی مواد تثبیت‌کننده خاک (مالچ)		 سازمان جهاد کشاورزی			
ردیف	معیار	نام آزمون	واحد	روش آزمون	نتیجه آزمون	توضیحات	
۱	عناصر سنگین	سرب	ppb	ICP و عنصر آهن			
۲		کروم					
۳		کادمیم					
۴		نیکل					
۵		روی					
۶		جیوه					
۷		آرسنیک					
۸		وانادیم					
۹	خصوصیات مالچ	اسیدیته	-	pH متری			
۱۰		شوری	dS/m	ECسنجی			
۱۱		خصوصیات شیمیایی	کلیم	Meq/L	تیتراسیون		
۱۲			متیزیم	Meq/L			
۱۳			سدیم	Meq/L	قلیومتری		
۱۴			بی‌کربنات	درصد	تیتراسیون		
۱۵			نسبت جذب سدیم (SAR)	-	رابطه		
۱۶		خصوصیات فیزیکی	وزن مخصوص		حجم‌سنجی		
۱۷			ویسکوزته				
۱۸		پوشش گیاهی	جوانه‌زنی بذر	درصد	گشت بذر		
۱۹	مقاومت به تنش حرارتی و برودتی	ترک‌خوردگی سطح مالچ (ارزیابی سمیت)	میزان ترک-خوردگی	آون و فریزر			
۲۰	فون میکروبی خاک	وجود میکروب های خاک	تعداد میکروب	روش استاندارد			
۲۱	سمیت بر سلول های انسانی	درصد زنده‌مانی سلول‌ها	درصد	MTT			
۲۲	شدت تجزیه پذیری	تجزیه‌پذیری مالچ	درصد	ATR-FTIR			
۲۳	ناپاش ماورا بخش	تجزیه پیوندهای مولکولی مالچ		GC-MASS			

صفحه اول فرم ارائه نتایج بخش دوم آزمایشگاهی بررسی مواد تثبیت‌کننده خاک (مالچ)

مدل نصب
آرم مورچه
بررسی کننده

به نام خدا
تاریخ:
شماره:



مشخصات عمومی				
نام مرکز یا آزمایشگاه آتالیز کننده (اصلی):		مدیر مسئول:		آدرس و تلفن:
نام مرکز یا آزمایشگاه همکار:		مدیر مسئول:		آدرس و تلفن:
کد نمونه:	تاریخ نمونه برداری:	تاریخ دریافت نمونه:	تاریخ انجام آزمایش:	تاریخ ارسال گزارش:
مقدار نمونه:		فاکتس نمونه (جامد، مایع، ...):		
دستورالعمل مصرف:				
آتالیزها و تفسیر نتایج براساس دستورالعمل مصرف انجام شده است.				
گزارش آزمون بدون مهر و امضا فاقد اعتبار می‌باشد.				
تفسیر نتایج و توصیه:				
نام و امضای کارشناس:		نام و امضای مسئول فنی:		نام، مهر و امضای مدیر واحد:

صفحه دوم فرم ارائه نتایج بخش دوم آزمایشگاهی بررسی مواد تثبیت‌کننده خاک (مالچ)

محل نصب آرم مرتفع بررسی کننده		فرم ارزیابی شاخص‌های بخش دوم آزمایشگاهی مواد تثبیت‌کننده خاک (مالچ)						
ردیف	معیار	نام آزمون	واحد	روش آزمون	نتیجه آزمون	حداکثر مقدار قابل قبول	توضیحات	
۱	خواص مکانیکی	ضخامت لایه مالچ						
۲		خاصیت ارتجاعی یا انعطاف‌پذیری (الاستیته)						
۳		وجود درز و ترک در سطح مالچ‌پاشی شده						
۴		ضریب کششی (مدول الاستیته)						
۵		مقاومت برشی						
۶		مقاومت فشاری						
۷		مقاومت به غریه						
۸		مقاومت به سایش						
۹		مقاومت به تنش حرارتی و برودتی						
۱۰	میزان نفوذ مؤثر حقیقی در خاک	نفوذ مالچ در خاک						
۱۱	نفوذپذیری نسبت به آب	تراوایی نسبت به آب						
۱۲	تثبیت خاک در مقابل فرسایش بادی	میزان فرسایش بادی						
۱۳	تثبیت خاک در مقابل فرسایش آبی	میزان فرسایش آبی						
۱۴	ششو توسط آب و باران	میزان ششوی مالچ						
۱۵	رطوبت خاک و نگهداشت آب در خاک	میزان رطوبت خاک						
۱۶	تأثیر بر درجه حرارت خاک	درجه حرارت خاک						
۱۷	تأثیر بر ویژگی‌های آب	کیفیت آب						

صفحه اول فرم ارائه نتایج بخش میدانی بررسی مواد تثبیت‌کننده خاک (مالچ)

مدل نصب
آرم مرجع
بررسی کننده

به نام خدا
تاریخ:
شماره:



مشخصات عمومی				
نام مرکز یا آزمایشگاه آتالیژ کننده (اصلی):		مدیر مسئول:		آدرس و تلفن:
نام مرکز یا آزمایشگاه همکار:		مدیر مسئول:		آدرس و تلفن:
کد نمونه:	تاریخ نمونه‌برداری:	تاریخ دریافت نمونه:	تاریخ انجام آزمایش:	تاریخ ارسال گزارش:
مقدار نمونه:			ماتریس نمونه (جامد، مایع، ...):	
دستورالعمل مصرف:				
آتالیژها و تفسیر نتایج براساس دستورالعمل مصرف انجام شده است.				
گزارش آزمون بدون مهر و امضا فاقد اعتبار می‌باشد.				
تفسیر نتایج و توصیه:				
نام و امضای کارشناس:		نام و امضای مسئول فنی:		نام، مهر و امضای مدیر واحد:

صفحه دوم فرم ارائه نتایج بخش میدانی بررسی مواد تثبیت‌کننده خاک (مالچ)

محل نصب آزم مرعی بررسی کننده		فرم ارزیابی شاخص‌های بخش حرسه مواد تثبیت‌کننده خاک (مالچ)					 سازمان جهاد کشاورزی	
ردیف	معیار	نام آزمون	واحد	روش آزمون	نتیجه آزمون	حداکثر مقدار قابل قبول	توضیحات	
۱	ماندگاری و دوام	سالم بودن مالچ						
۲	تثبیت خاک در مقابل فرسایش بادی	برداشت و تجمع خاک						
۳	رطوبت خاک و نگهداشت آب در خاک	میزان رطوبت خاک						
۴	تأثیر بر درجه حرارت خاک	درجه حرارت خاک						
۵	استحکام	فشحات لایه مالچ						
۶		خاصیت ارتجاعی یا انعطاف-پذیری						
۷		مقاومت برشی						
۸		مقاومت فشاری						
۹		مقاومت به ضربه						
۱۰		مقاومت به سایش						
۱۱	تأثیر بر ویژگی‌های خاک	ویژگی‌های شیمیایی						
۱۲		ویژگی‌های فیزیکی خاک						
۱۳		ویژگی‌های بیولوژیکی خاک						
۱۴	پوشش گیاهی	استقرار نهال						
۱۵		نداشتن خاصیت گیاه‌سوزی						
۱۶		رویش گیاهان خودروی منطقه						
۱۷	تأثیر بر ویژگی‌های آب	کیفیت آب						

فرم تعهدنامه اصالت ماده تثبیت‌کننده خاک

تاریخ: شماره:	به نام خدا فرم تعهدنامه اصالت ماده تثبیت‌کننده خاک (مالچ)	
این قسمت توسط متقاضیان حقیقی تکمیل شود.		
ایجاب: نام پدر..... شماره شناسنامه..... تاریخ تولد..... صادره..... از..... دارای کد ملی..... اعلام می‌دارم که ماده تثبیت‌کننده خاک (مالچ) تولیدی خود را که در تاریخ..... به مقدار..... به پژوهشگاه محیط زیست و توسعه پایدار تحویل داده‌ام، برابر با همان ماده‌ای است که اطلاعات آن در مرحله قبل (مرحله خوداظهاری) به ستاد ملی مقابله با پدیده گردوغبار ارائه نموده‌ام. همچنین متعهد می‌گردم که در صورت راه‌یابی این ماده به مراحل بعدی جهت بررسی‌های تکمیلی، دقیقاً همین ماده را ارسال نمایم. علاوه بر امضای این برگه مسئولیت هر گونه مغایرت در مراحل بعدی ارزیابی و در زمان عرضه محصول را بر عهده می‌گیرم و حق هر گونه اعتراض را در این خصوص از خود سلب و ساقط می‌نمایم. امضای متقاضی حقیقی تاریخ		
این قسمت توسط متقاضیان حقوقی تکمیل شود.		
ایجاب: مدیر عامل شرکت..... به شماره ثبت..... اعلام می‌دارم که ماده تثبیت‌کننده خاک (مالچ) تولیدی توسط این شرکت را که در تاریخ..... به مقدار..... به پژوهشگاه محیط زیست و توسعه پایدار تحویل داده‌ام، همان ماده‌ای است که اطلاعات آن در مرحله قبل (مرحله خوداظهاری) به ستاد ملی مقابله با پدیده گردوغبار ارائه شده بود. همچنین متعهد می‌گردم که در صورت راه‌یابی این ماده به مراحل بعدی جهت بررسی‌های تکمیلی، دقیقاً همین ماده را ارسال نمایم. علاوه بر امضای این برگه مسئولیت هر گونه مغایرت در مراحل بعدی ارزیابی و در زمان عرضه محصول را بر عهده می‌گیرم و حق هر گونه اعتراض را در این خصوص از خود سلب و ساقط می‌نمایم. امضای مدیر عامل و مهر شرکت: شماره و تاریخ معرفی نامه تحویل دهنده و نام:.....		
ضمناً بدیجوسله صحت کلیه اطلاعات متدرج در فرم تحویل نمونه مورد تأیید ایجاب می‌باشد. امضا..... تذکر: در صورت عدم مراجعه مدیرعامل یا شخص درخواست‌دهنده اولیه، رایحه معرفی‌نامه معتبر به منظور تحویل نمونه ممهور به مهر شرکت الزامی است و ضمن پیوست نمودن معرفی‌نامه فوق، شماره و تاریخ آن در ذیل تعهدنامه قید گردد.		

فرم تحویل نمونه ماده تثبیت‌کننده خاک

 به نام خدا فرم تحویل نمونه ماده تثبیت‌کننده خاک (مالچ) تاریخ: _____ شماره: _____	
نام شرکت / متقاضی: _____	
آدرس متقاضی: _____	
تاریخ تحویل نمونه: / / شماره تماس: _____	
محل تهیه نمونه:	خط تولید ☐ سایر (ذکر شود) ☐ انبار تولید ☐ آزمایشگاه ☐
شرایط آب و هوایی محل تهیه نمونه:	دما: _____ رطوبت: _____ سایر پارامترهای فیزیکی: _____
نوع ماده:	☐ معدنی ☐ بیولوژیک ☐ شیمیایی ☐ نانو ☐ نغزی ☐ ارگانیک ☐ سایر (ذکر شود) ☐
مقیاس تولید:	☐ آزمایشگاهی ☐ نمونه‌سازی ☐ صنعتی ☐ وارداتی (نام کشور ذکر شود) ☐
تاریخ تولید ماده: _____	
مشخصات ظرف نمونه: _____	
وزن / حجم / تعداد نمونه (دریافت دو نمونه الزامی است):	_____
شکل ظاهری نمونه:	_____
استفاده از مواد تثبیت‌کننده نمونه: _____	
شرایط نگهداری نمونه:	☐ در دمای محیط ☐ در سردخانه ☐ سایر (ذکر شود) ☐
حداکثر زمان لازم برای تحویل نمونه به آزمایشگاه از زمان تحویل نمونه با ذکر شرایط حمل: _____	
مستندات واحد تولید:	☐ اظهار تولیدکننده ☐ شاهده اسناد تولید ☐ شهادات خط تولید ☐ تصاویر ☐
ذکر مستندات به تفکیک موارد، منضم به سوابق الصافی: _____	
ملاحظات: _____	
دستورالعمل مصرف نمونه (ماده تثبیت‌کننده): _____	
کد نمونه: _____	
نام و امضا اعضای تیم کدگذاری:	نام و امضا تحویل گیرنده نمونه (تمایزده) ☐
	نام و امضا نماینده واحد تولید ماده تثبیت‌کننده خاک: ☐

فرم نمونه برداری ماده تثبیت‌کننده خاک

به نام خدا			
فرم نمونه برداری از ماده تثبیت‌کننده خاک (مالچ)			
تاریخ: / /		نام شرکت / متقاضی:	
شماره: /		آدرس متقاضی:	
تاریخ نمونه برداری: / /		محل نمونه برداری:	
شماره تماس:		شرایط آب و هوایی محل نمونه برداری:	
☐ خط تولید ☐ انبار تولید ☐ آزمایشگاه ☐ سایر (ذکر شود)		دما: رطوبت: سایر پارامترهای فیزیکی:	
☐ معدنی ☐ بیولوژیک ☐ شیمیایی ☐ نانو ☐ نخی ☐ ارگانیک ☐ سایر (ذکر شود)		نوع مالچ:	
☐ آزمایشگاهی ☐ نمونه سازی ☐ صنعتی ☐ وارداتی (نام کشور ذکر شود)		مقیاس تولید:	
		تاریخ تولید تثبیت کننده:	
☐ احتمالی ☐ غیر احتمالی ☐ سایر (ذکر شود)		روش نمونه برداری:	
		مشخصات ظرف نمونه برداری:	
		وزن / حجم / تعداد هر نمونه:	
		شکل ظاهری نمونه:	
		استفاده از مواد تثبیت کننده نمونه:	
☐ در دمای محیط ☐ در سردخانه ☐ سایر (ذکر شود)		شرایط نگهداری نمونه:	
حداکثر زمان لازم برای تحویل نمونه به آزمایشگاه از زمان نمونه برداری:			
☐ اظهار تولید کننده ☐ مشاهده اسناد تولید ☐ مشاهدات خط تولید ☐ تصاویر		مستندات واحد تولید:	
ذکر مستندات به تفکیک موارد، منقسم به سوابق الصاقی:			
ملاحظات:			
گد نمونه:			
نام و امضا اعضای تیم نمونه برداری:		نام و امضا اعضای تیم تثبیت کننده خاک:	

منابع مورداستفاده

- اختصاصی، م.ر.، زارع‌ارنانی، م.، و حاجی‌عابدی، م.، ۱۳۹۲. مقایسه مالچ‌های شیمیایی، بیولوژیکی و معدنی در تثبیت ماسه‌های روان، سومین همایش ملی فرسایش بادی و طوفان‌های گردوغبار، یزد، ایران.
- پژوهشگاه صنعت نفت ایران، ۱۳۸۴. گزارش طرح بررسی و بهبود کیفیت مالچ‌های نفتی، ۴۵۵ صفحه.
- جلیلوند، ر.، نوری‌هندی، ل.، و امیدوار، آ.، ۱۳۹۰. بررسی عملکرد ژئوپلانت بجای مالچ نفتی در کاهش فرسایش خاک و تثبیت ماسه‌های روان، دومین همایش علوم زمین.
- حزیرئی، ف.ا.، ۱۳۸۹. بررسی اثر سه نوع ترکیب مالچ رسی-آهکی در تثبیت ماسه‌های روان، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشکده منابع طبیعی دانشگاه یزد.
- حزیرئی، ف.ا.، و زارع‌ارنانی، م.، ۱۳۹۲. بررسی تأثیر مالچ رسی-آهکی بر تثبیت ماسه‌های روان، نشریه آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی)، ۲۷(۲): ۳۷۳-۳۸۰.
- خلدبرین، ع.، ۱۳۶۴. مبانی تئوریک در فرسایش بادی، مجموعه فرسایش بادی در تئوری جلد اول - دفتر تثبیت شن و بیابانزدایی، شماره ۱۵.
- خلدبرین، ع.، ۱۳۸۰. تدوین سی سال تجربه در زمینه تثبیت ماسه‌های روان - دفتر تثبیت شن و بیابانزدایی.
- درویش، م.، ۱۳۷۹. نگرشی تحلیل بر مفاهیم و دانش‌واژه‌های حوزه ادبیات بیابانی، تحقیقات مرتع و بیابان ایران، ۲: ۵۱-۵۱.
- دفتر امور بیابان سازمان جنگل‌ها، مراتع و آبخیزداری کشور، ۱۳۹۴. آرشیو.
- دفتر فنی امور بیابان (سازمان جنگل‌ها، مراتع و آبخیزداری کشور)، ۱۳۸۸. گزارش طرح کانون‌های بحرانی فرسایش بادی کشور، انتشارات سازمان سازمان جنگل‌ها، مراتع و آبخیزداری کشور، ۴۲۰ صفحه.
- رضایی، س.ع.، ۱۳۸۸. مقایسه تأثیر پلیمر پلی‌لاتیس و مالچ نفتی در جوانه‌زنی و استقرار گیاه به‌منظور تثبیت بیولوژیک تپه‌های شنی، فصلنامه تحقیقات مرتع و بیابان ایران، ۱۶(۱): ۱۲۴-۱۳۶.
- زارع، س.، ۱۳۹۴. بررسی کارایی مالچ‌های رزین، معدنی، پلیمری و بیوپلیمری جهت تثبیت تپه‌های ماسه‌ای و امکان‌سنجی جایگزینی آن‌ها با مالچ نفتی، رساله دوره دکتری، دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران، ۵۲۷ صفحه.
- زارع، س.، ۱۳۹۶. مروری بر اقدامات صورت گرفته در زمینه تثبیت ماسه‌های روان با تأکید بر مالچ پاشی، چهارمین همایش ملی فرسایش بادی و طوفان‌های گردوغبار، یزد، ایران.
- صفایی، ا.ر.، ۱۳۹۰. تعیین بهترین ترکیب سرباره فولادسازی (فولاد مبارکه) به‌عنوان مالچ جهت تثبیت رسوبات فرسایش یافته بادی در خاک‌های منطقه شرق اصفهان، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشکده منابع طبیعی دانشگاه صنعتی اصفهان.

طهماسبی بیرگانی، ع.م.، ۱۳۹۲. برآورد کمی فرسایش بادی به روش ژئومرفولوژی با استفاده از فرآیند تحلیل سلسله‌مراتبی (AHP) مطالعه موردی: منطقه خضرآباد-رستاق یزد، رساله دکتری، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران.

غیرایی، م.، ۱۳۹۳. بررسی اثر مالچ زیست‌تخریب‌پذیر پلیمر-سلولزی بر رشد اسکنبیل، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشکده منابع طبیعی دانشگاه یزد.

مروتی‌شریف‌آباد، ا.، ۱۳۸۰. مطالعه رابطه فرسایش پذیری خاک سطحی توسط باد با خصوصیات فیزیکی و شیمیایی آن در منطقه رودشت اصفهان، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه صنعتی اصفهان.

نوحه‌گر، ا.، عباس‌زاده، ف.، اکبریان، م.، حاتمی گوربندی، ح.ا.، ۱۳۹۰. بررسی کارایی پلیمر پلی‌لاتیس در حفاظت خاک در مقابل فرسایش بادی، مطالعه موردی: گهرود سیریک، پژوهش‌های فرسایش محیطی، ۳: ۵-۱۵. مجدی، ه.، کریمیان‌اقبال، م.، کریم‌زاده، ح.ر.، و جلالیان، ا.، ۱۳۸۵. تأثیر انواع مالچ رسی بر میزان مواد فرسایش یافته بادی، مجله علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی، ۱۰(۳): ۱۳۷-۱۴۸.

Al-Khanbashi, A., and El-Gamal, M., 2003. Modification of sandy soil using waterborne polymer, Journal of Applied Polymer Science, 88: 2484-2491.

Al-Rawas, A.A., Hago, A.W., and Al-Sarmi, H., 2005. Effect of lime, cement and Sarooj (artificial pozzolan) on the swelling potential of an expansive soil from Oman. Building and Environment, 40(5): 681-687.

Armbrust, D.V., 1999. Effectiveness of polyacrylamide (PAM) for wind erosion control, Journal of Soil and Water Conservation, 54(3): 557-559.

Armbrust, D.V., and Dickerson, J.D., 1971. Temporary wind erosion control: cost and effectiveness of 34 commercial materials. Journal Soil and Water Conservation, 26(4): 154-157.

Babaew, A.G., 2001. Shifting sand stabilization in Deserts of Soviet Union (translated by Hu, M.C.), China Ocean Press, Beijing, pp. 104-115.

Baghdadi, Z.A., Rahman, M.A., 1990. The Potential of Cement Kiln Dust for the Stabilization of Dune Sand in Highway Construction, Building and Environment, 25(4): 285-289.

Chen, Q.C., Jiang, P.F., Lei, T.W., Li, R., and Tang, Z.J., 2006. Wind tunnel experiments on the impacts of polyacrylamide on wind erosion of loosen soil materials. Transactions of the CSAE, 22: 7-11.

Cheng, D.Y., 1991. Study of shifting sand stabilization with polymers. Research of shifting sand control (2), Ningxia People's Publishing House, Yingchuan, pp. 349-357.

Chepil, W. S., N. P. Woodruff, F. H. Siddoway, D. W. Fryrear, and D. V. Armbrust. 1963. Vegetative and nonvegetative materials to control wind and water erosion. Soil Sci. SOC. Amer. Proc. 27:86-89.

Coppinger, K.D., Reiners, W.A., Burke, I.C., and Olson, R.K., 1991. Net erosion on a sagebrush steppe landscape as determined by cesium 137 distribution. Soil Science Society of America Journal, 55: 254-258.

Crowley, E., and Carter, S., 2000. Agrarian change and the changing relationships between soil and human in Maragoli, Western Kenya (1900-1994), Human Ecology, 28(3):383-414.

Elsewii, A.A., and Page, A.L., 1984. Molybdenum enrichment of plants grown on fly-ash treated soils. Journal of Environmental Quality, 13: 394-398.

EPA 2010, Development of a relative potency factor (RPF) approach for polycyclic aromatic hydrocarbon (PAH) mixtures. In). Washington: US Environmental Protection Agency.

Fadhil, A.M., 2002. Sand Dunes Fixation in Baiji District o Iraq, Journal of China University of Geosciences, 13(7): 67-72.

Gntowski, M., 1977. Modified urea formaldehyde resins for injection strengthening and sealing soil. Polymery Inst Meterol Gospod Wodnei Pol, 22:234-236.

Gorke, K., and Hulsman, J., 1971. Soil stabilization. The International Society of Soil Sciences, No. 38.

Han, Z., Wang, T., Dong, Z., Hu, Y., and Yao, Z., 2007. Chemical stabilization of mobile dunefields along a highway in the Taklimakan Desert of China, Journal of Arid Environments 68: 260–270.

Haynes, R.J., 2009. Reclamation and revegetation of fly ash disposal sites-challenges and research needs. Journal of Environmental Management, 90: 43–53.

IARC 2017, Monographs on the evaluation of the carcinogenic risk to humans. Overall evaluations of carcinogenicity: An updating of IARC monographs Volumes 1-119, Supplement 7. In). Lyon, France.

Jacks, G.V., Brind, W.D., and Smith, R., 1955. Mulching. Commonwealth Bureau of Soil Science Technical Communication, No. 49.

Lahalih, S.M., and Ahmet, N., 1998. Effect of new soil stabilizers on the compressive strength of dune sand. Journal of Construction and Building Materials, 12(6): 321–328.

Lal, R. 2003. Soil erosion and global carbon budget. International Environment, 29: 437-450.

Lal, R., 2001. Soil degradation by erosion. Land Degradation & Development, 12: 519–539.

Lentz, R.D., Shainberg, I., Sojka, R.E., and Carter, D.L., 1992. Preventing irrigation furrow erosion with small applications of polymers. Soil Science Society of America, 56(6): 1926–1932.

Letey, J., Halsey, D.E., Van Maren, A.F., and Richardson, W.F., 1963. Wind erosion control with chemical sprays. California Agriculture, 17(10): 4-5.

Little, D.N., Males, E.H., Prusinski, J.R., and Stewart, B., 2000. Cementitious Stabilization. Millenium Paper Series. Transportation ResearchBoard, Washington, DC.

Lyles, L., Armbrust, D.V., Dickerson, J.D., and Woodruff, N.P., 1969. Spray-on adhesives for temporary wind-erosion control. Journal of Soil and Water Conservation, 24(5):190-193.

Lyles, L., Schrandt, R.L., and Schmeidler, N.F., 1974. Commercial soil stabilizers for temporary wind-erosion control. Transactions of the ASAE, 17(6): 1015-1019,

Millennium Ecosystem Assessment, 2005. Ecosystems and Human Well-being: Synthesis. Island Press, Washington, DC.

Nalbantoglu, Z., 2004. Effectiveness of class C fly ash as an expansive soil stabilizer. Construction and Building Materials, 18: 377–381.

Nalbantoglu, Z., and Tuncer, E.R., 2001. Compressibility and hydraulic conductivity of chemically treated expansive clay. Can Geotech J 38(1):154–160.

Onyejekwe, S., and Ghataora, S.G., 2015. Soil stabilization using proprietary liquid chemical stabilizers: sulphonated oil and a polymer, Bulletin of Engineering Geology and the Environment, 74: 651–665.

Pandey, V.C., and Singh, N., 2010. Impact of fly ash incorporation in soil systems. Agriculture, Ecosystems and Environment, 136: 16-27.

Pye, K., and Tsoar, H., 2009. Aeolian Sand and Sand Dune. Springer, 458 pp.

- Rajasekaran, G., and Rao, N.S., 2002. Compressibility behaviour of lime-treated marine clay. *Ocean Engineering*, 29: 545-559.
- Santoni, R.L., Tingle, J.S., and Webster, S.L., 2002. Nontraditional Stabilization of Silty-Sand. 81st Transportation Research Board Annual Meeting, Paper no. 02-3756, Washington, D.C.
- Sherwood, P.T., 1993. Soil stabilization with cement and lime. HMSO, London.
- Siddiqi, R.A., and Moore, J.C., 1981. Polymer stabilization of sandy soils for erosion control. Transportation Research Record No. 827, General Soils Problems, 30-34.
- Skidmore, E.L., 2000. Air, soil, and water quality as influenced by wind erosion and strategies for mitigation. In: AGROENVIRON 2000, P 216-221. In: Second International Symposium of New Technologies for Environmental Monitoring and Agro-Applications Proceedings, Tekirdag, Turkey.
- Sojka, R.E., and Lentz, R.D., 1996. A PAM primer: a brief history of PAM-related issues. In R. E. Sojka, & R. D. Lentz (Eds.) Proceedings: Managing Irrigation-induced Erosion and Infiltration with Polyacrylamide, 6-8 May. College of Southern Idaho, Twin Falls, ID. University of Idaho Miscellaneous Publication 101-96 (pp. 11-20). Twin Falls, ID: University of Idaho.
- Subramaniam, N., and Chinappa, G.P., 2002. Remote sensing and GIS techniques for land degradation assessment due to water erosion, P 815-819. In: 17th WCSS, Thailand.
- The United Nations Convention to Combat Desertification, 2007. Report of the Conference of the Parties on its eighth session, Madrid.
- UNCOD (United Nations Conference on Desertification), 1977. Desertification: its causes and consequences. Oxford, UK: Pergamon Press.
- United Nations Environment Programme UNEP, "World Atlas of Desertification," Second Edition, 1997.
- Weymouth, N., 1967. Soil stabilization. *Rubber Plastic Age*, 48(3): 253-255.
- Woodruff, N.P., Lyles, L., Dickerson, J.D., and Armbrust, D.V., 1974. Using cattle feedlot manure to control wind erosion. *Journal of Soil and Water Conservation*, 29(3): 127-129.
- Wu, Z., Gao, W., Wu, Z., Iwashita, K., and Yang, C., 2011. Synthesis and characterization of a novel chemical sand fixing material of hydrophilic polyurethane, *Journal of the Society of Materials Science*, 60(7): 674-679.
- Yang, J., Wang, F., and Tan, T., 2008. Synthesis and characterization of a novel soil stabilizer based on biodegradable poly (aspartic acid) hydrogel, *Korean Journal of Chemistry Engineering*, 25(5): 1076-1081.
- Yang, k., and Tang, Z., 2012. Effectiveness of Fly Ash and Polyacrylamide as a Sand-Fixing Agent for Wind Erosion Control, *Water Air Soil Pollution*, 223: 4065-4074.
- Zhao, H.L., Yi, X.Y., Zhou, R.L., Zhao, X.Y., Zhang, T.H., and Drake, S., 2006. Wind erosion and sand accumulation effects on soil properties in Horqin Sandy Farmland, Inner Mongolia. *Catena*, 65: 71-76.
- Zhu, Z.D., Zhao, X.L., and Lin, Y.Q., 2000. Sand control engineering. China Environmental Science Press, Beijing, pp. 117-135.

فهرست واژگان

Soil stabilizers (mulch)

تثبیت کننده های خاک (مالچ)

موادی که برای حفاظت خاک در مقابل فرسایش بادی، کاهش اثرات این پدیده و کاهش غبارخیزی از سطح خاک استفاده می شود. مالچ ها به شش گروه شامل معدنی، شیمیایی، بیولوژیک، ارگانیک، نانو و نفتی طبقه بندی می شوند.

Criterion

معیار

از طریق معیار می توان به مطالعه موضوع مورد نظر پرداخت. به عبارتی، وظیفه معیار، ارزیابی موضوع مورد مطالعه است.

Indicator

شاخص

شاخص ابزاری است که کیفیت دید ما را حین اندازه گیری موضوع از منظر خاصی بیان می کند. درواقع وظیفه شاخص، ارزیابی معیار است.

Mineral stabilizers

مواد تثبیت کننده معدنی

گروهی از ترکیبات غیر آلی هستند که به دو حالت جامد و مایع به منظور تثبیت خاک به کار می روند. مثال هایی از مالچ های معدنی جامد شامل سرباره کارخانه های ذوب آهن، خانواده رس های فراوری شده، زئولیت فراوری شده، ترکیبات حاوی گچ و... هستند و مکانیسم عمل آنها ایجاد پوشش و یا بافت سیمانی به منظور حفاظت خاک می باشد. مثال هایی از مالچ های معدنی مایع شامل محلول کلسیم کلراید و... است.

Chemical stabilizers

مواد تثبیت کننده شیمیایی

گروهی از ترکیبات طبیعی یا انسان ساخت هستند که دارای ساختار پلیمری بوده و به منظور تثبیت خاک به کار می روند. مالچ های پلیمری مصنوعی شامل وینیل استات، کوپلیمرهای پلی اکریل امید و... می باشند. برخی از این نوع تثبیت کننده ها در واحدهای تولید رنگ ساخته می شوند. تثبیت کننده های خاک پلیمری بیولوژیک شامل ترکیبات زانتان، نشاسته، آلژینات و غیره که دارای ساختار طبیعی یا میکروبی هستند.

Biologic stabilizers

مواد تثبیت کننده بیولوژیک

گروهی از مواد تثبیت کننده خاک هستند که در اثر فعالیت میکروارگانیسم هایی مانند باکتری ها و جلبک ها تولید می شوند. اغلب این نوع تثبیت کننده های خاک در فرمانتور تولید و به منطقه مورد نظر حمل گردیده و پس از استفاده موجب بروز واکنش سیمانی شدن در خاک می شوند.

Organic stabilizers

مواد تثبیت کننده ارگانیک

گروهی از مواد تثبیت کننده خاک اعم از جامد یا مایع هستند که از بقایای مواد آلی حاصل از فعالیت زیست‌مندان به دست می‌آیند. به عنوان مثال از مالچ‌های ارگانیک جامد می‌توان به کمپوست، بقایای واحدهای کشاورزی و غذایی و از مالچ‌های ارگانیک مایع می‌توان به رزین‌ها، ویناس صنایع الکل‌سازی و خمیرمایه اشاره کرد.

Petroleum mulch

مالچ نفتی

تثبیت کننده‌های خاک پایه نفتی شامل ترکیبات سنگین نفتی واحدهای پالایشگاهی و مالچ امولسیون می‌باشد. مالچ امولسیونی بر پایه ماده اولیه قیر (VB) تهیه می‌گردد و می‌بایست فاقد مواد آروماتیک سبک نفتی باشد.

Nano stabilizers

مواد تثبیت کننده نانویی

این نوع از تثبیت کننده‌های خاک منشأ معدنی و یا پلیمری دارند.

**Islamic Republic of Iran
Plan and Budget Organization**

Technical Instructions for Evaluating Performance of Soil stabilizers (mulch)

No. 783

Last Edition: 09-28-2019

Deputy of Technical, Infrastructure
and Production Affairs

Department of Environment
Deputy of Human Environment

Department of Technical &
Executive affairs,
Consultants and Contractors

National Centre for Combating
Sand and Dust Storm

nezamfanni.ir

Nsds.center@doe.ir

2019

این ضابطه

تهیه و تدوین «دستورالعمل فنی ارزیابی کارایی تثبیت کننده های خاک (مالچ)» در قالب مجموعه موارد مهمی از نیازسنجی تثبیت کننده های خاک، تاریخچه کاربرد، انواع شاخص های ارزیابی، ضوابط ارزیابی، معیارهای آزمایشگاهی و در نهایت مجموعه فرم های ارزیابی کارایی تثبیت کننده های خاک در این ضابطه جمع آوری شده است.

از آنجا که این مجموعه فعالیت ها باید با دقت و مطابق ضوابط و معیارهای مربوط به اجرا در آمده، نظارت شوند و مورد کنترل و ارزیابی های منطقی قرارگیرند؛ لذا در اجرای فعالیت های تثبیت گرد و غبار لازم است ضمن توجیه فنی و اقتصادی به لحاظ کیفیت، منطبق بر دستورالعمل ها و ضوابط علمی مربوط باشند تا کارایی مورد انتظار در دوره ی طرح تامین گردد.