



10.22092/irj.2017.113379



نامه علمی

تعیین مالچ‌های مناسب برای تثبیت ماسه‌زارها با روش جدید تعیین ضریب پلاستیسیته

حسن روحی پور^{۱*}، محمد خسروشاهی^۲ و آزاده گوهردوست^۳

تاریخ دریافت ۱۳۹۵/۱۲/۲۴

تاریخ پذیرش ۱۳۹۶/۰۴/۱۲

چکیده

سال‌های متعددی است که پژوهشگران و کارشناسان زیادی به‌ویژه در ایران برای تثبیت ماسه‌های روان و مهار گردوغبار به دنبال جایگزین مناسب و مؤثری به‌جای مالچ‌های نفتی هستند. شوربختانه بسیاری از این مالچ‌ها فاقد کارایی مطلوب و مؤثر بوده و براساس آزمایش‌های به‌عمل آمده، استانداردهای مورد نیاز تثبیت ماسه‌زارها را نداشته‌اند. یکی از مؤلفه‌های مهمی که در مقایسه کارایی مالچ‌ها هنگام پاشش روی ماسه‌زارها باید مورد توجه قرار گیرد، انعطاف‌پذیری یا به عبارتی قابلیت ارتجاعی آنها هنگام اختلاط با ماسه است. مشاهده شده که بسیاری از مالچ‌های تولیدی با وجود داشتن سایر استانداردهای مناسب، فاقد انعطاف بوده و به همین سبب پس از پاشیده شدن روی ماسه‌های روان بر اثر عامل‌های محیطی شکسته شده و خاصیت تثبیت‌کنندگی خود را از دست می‌دهند. در این پژوهش برای تعیین ضریب انعطاف‌پذیری مالچ‌ها در شرایط آزمایشگاهی، روشی ساده با استفاده از دستگاه کازاگرانند معرفی می‌شود. در این روش ابتدا حدود اتربرگ شامل حد روانی، خمیری و ضریب پلاستیسیته یک خاک رسی - لومی با افزودن آب به‌عنوان شاهد اندازه‌گیری می‌شود. سپس حدود اتربرگ همان خاک با افزودن مالچ به‌جای آب اندازه‌گیری و ضریب پلاستیسیته (PI) تعیین می‌شود. از اختلاف عددی نتایج به‌دست آمده از اندازه‌گیری ضریب پلاستیسیته خاک حاوی مالچ با خاک شاهد می‌توان مقدار انعطاف‌پذیری مالچ‌ها را به‌طور مجرد با یک کمیت بدون بعد، تعیین و آنها را مقایسه و طبقه‌بندی کرد. با استفاده از این شاخص، ضریب انعطاف‌پذیری هفت مالچ مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد که مالچ پایا و مالچ‌هایی با پایه اکریلیکی در طبقه‌بندی پلاستیسیته متوسط و سایر مالچ‌ها در طبقه‌بندی کم یا فاقد انعطاف‌پذیری بودند.

واژه‌های کلیدی: ضریب پلاستیسیته، حد خمیری، حد روانی، مالچ مناسب

Introduction of a new and simple methodology to identify the plasticity index of mulches used for sand dune and slack soil bed stabilization

H. Rouhipour^{1*} M. Khosroshahi² and A. Gouhardoust³

Abstract

For years, many researchers and experts particularly in Iran have been trying to find suitable matters as an alternative to bituminous mulch for fixing sand dune system or slack soil bed. One of the advantages of bituminous mulch is the plasticity and elasticity behavior while fixing sand but many researchers believe that it is environmentally harmful for many soil inhibitors. Currently most of the native mulches produced by different companies after spraying on sand dune will soon be degraded and broken, thus its performance for stabilizing sand is decreased drastically during time past. Since sand materials are physically classified as none plastic behavior, it is difficult to mix mulches with sand and then measure the degree of plasticity. In this research, a new and simple method is introduced to identify the plasticity index for different mulches used in sand dune stabilization or slack soil bed using Casagrand device. In this method, firstly a clayey or a heavy textured soil is selected as a control and the degree of its plasticity index is measured with distilled water. Secondly, the same soil is mixed with the selected mulch instead of distilled water and then same procedure is followed to measure the plasticity index of mixture using standard method of Casagrand. Finally, subtracting the plasticity index of the control soil from the total plasticity index of the mixture resulted in the selected -mulches plasticity index as mentioned in the article.

Keywords: Plasticity index, plasticity limit, liquid limit, suitable mulches

۱- نویسنده مسئول، دانشیار پژوهش، مؤسسه تحقیقات جنگلها و مراتع کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران

پست الکترونیک: rouhi@rifr-ac.ir

۲- دانشیار پژوهش، مؤسسه تحقیقات جنگلها و مراتع کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران

۳- پژوهشگر، مؤسسه تحقیقات جنگلها و مراتع کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران

1*- Corresponding author, Associate Prof., Research Institute of Forests and Rangelands, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Tehran, Iran, E-mail: rouhi@rifr-ac.ir

2- Associate Prof., Research Institute of Forests and Rangelands, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Tehran, Iran

3- Reseach Expert, Research Institute of Forests and Rangelands, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Tehran, Iran

● مقدمه

طوفان‌های گردوغبار (Dust storm) یکی از پدیده‌های جدی محیط‌زیستی در برخی از مناطق خشک دنیا هستند. این پدیده‌ها سبب ایجاد مشکلات قابل توجهی در زمینه ارتباطات، حمل‌ونقل زمینی و هوایی، کاهش درآمد ملی و سلامت انسان و دام شده و در پاره‌ای از موارد مرگ انسان و سایر موجودات دیگر را در پی داشته‌اند. افزایش طوفان‌های گردوغبار در سال‌های اخیر در منطقه خاورمیانه و به‌ویژه در ایران که در مقیاس گسترده‌ای در بسیاری از مناطق جنوبی، غرب و شرق کشور رخ داده، یکی از پیامدهای پدیده بیابان‌زایی است که به دفعات در مناطق خشک و نیمه‌خشک رخ می‌دهد. تحقیقات در مورد کاربرد مالچ یا خاک‌پوش‌ها برای مهار فرسایش بادی ابتدا توسط «چپیل» در سال ۱۳۵۹ آغاز شد که در آن از کاه و باقیمانده‌های گیاهی برای حفاظت خاک استفاده شد (Chepil et al., 1963a, 1963b). از این سال به بعد، خاک‌پوش‌های متنوعی از قبیل انواع پلیمرهای مصنوعی و زیستی، خاک رس، سنگریزه، انواع بادشکن‌ها از شاخه و برگ گیاهان و سایر باقیمانده‌های گیاهی و انواع ژئوگریدها و ژئوتکستایل‌ها توسط پژوهشگران زیادی در نقاط مختلف جهان مورد بررسی قرار گرفت. نتایج این پژوهش‌ها در نشریات متعدد منتشر شده که از حوصله این مقاله خارج است.

طرح مالچ‌های نفتی نیز برای اولین بار در ایران در سال ۱۳۴۷ توسط شادروان منصور مؤید و مهندس مهدوی از شرکت نفت با همکاری دفتر تثبیت شن و بیابان‌زدایی سازمان جنگل‌ها و مراتع کشور در الباجی اهواز در سطوح گسترده‌ای همراه با کاشت گز شاهی، اسکنبیل، گیاه علفی پانیکوم و سایر گیاهان سازگار اجرا شد و کم‌اکنون تا سال‌های اخیر ادامه داشته است (شکل ۱؛ روحی‌پور، ۱۳۶۳). به‌علت موفقیتی که عملیات مالچ‌پاشی در خوزستان در پی داشت این اقدام به سایر مناطق کشور در امر تثبیت ماسه‌های روان گسترش یافت. هم‌اکنون به‌علت گران بودن این محصول و همچنین اثرات نامطلوب محیط‌زیستی آن تلاش می‌شود تا جایگزینی برای مالچ‌های نفتی پیدا شود. در سال‌های اخیر نیز پژوهشگران و کارشناسان زیادی در زمینه حفاظت خاک و تثبیت ماسه‌های روان به دنبال جایگزین مناسب و مؤثری برای مالچ‌های نفتی بوده‌اند تا علاوه بر پایداری و دوام، اثرات مخربی بر محیط زیست نداشته باشد.

شوربختانه تاکنون بسیاری از مالچ‌هایی که توسط شرکت‌ها و مؤسسه‌های مختلف تهیه شده، کارایی مؤثری نداشته و براساس آزمایش‌های به‌عمل آمده، استانداردهای مورد نیاز تثبیت شن را نداشته‌اند. برای بررسی کارایی مالچ‌های مختلف، باید شاخص‌های متعددی مانند قابلیت نفوذ آب به خاک، میزان بادرفت، مقاومت برشی، مقاومت فشاری، جوانه‌زدن بذر، خروج گیاهچه از بستر مالچ‌پاشی شده و دوام و ماندگاری مالچ

در برابر تشعشع و اشعه ماوراءبنفش یا سایر آزمایش‌های تکمیلی را مورد بررسی قرار داد. البته اثرات محیط‌زیستی و همچنین صرفه اقتصادی آنها را نباید از نظر دور داشت. یکی از نکاتی که در مقایسه مالچ‌های مختلف باید مورد توجه قرار گیرد، ضریب انعطاف‌پذیری یا به‌عبارتی ضریب خمیرایی آنها هنگام مخلوط شدن با ماسه است. مشاهده شده که بسیاری از مالچ‌ها اعم از پلیمری، معدنی یا بیولوژیک که با ماسه با نسبت‌های مورد نیاز پاشیده می‌شوند ممکن است از نظر مقاومت، نفوذپذیری و سایر شاخص‌های اشاره شده دارای خواص مطلوبی باشند، اما انعطاف یا شکل‌پذیری مناسبی نداشته باشند. به همین سبب این مالچ‌ها پس از پاشیده شدن روی ماسه‌های روان و گذشت زمان بر اثر عامل‌های محیطی شکسته شده و تحت تأثیر بادهایی با سرعت بیش از آستانه فرسایش، تخریب می‌شوند و ذرات ماسه دوباره به حرکت درآمده و تثبیت بیولوژیک را متوقف می‌سازند. در

شوربختانه

تاکنون بسیاری از مالچ‌هایی که توسط شرکت‌ها و مؤسسه‌های مختلف تهیه شده، کارایی مؤثری نداشته و براساس آزمایش‌های به‌عمل آمده، استانداردهای مورد نیاز تثبیت شن را نداشته‌اند.



شکل ۱- نحوه مالچ‌پاشی نفتی و تثبیت بیولوژیک ماسه‌زار
الف: ماسه‌زار بعد از تثبیت با *Acacia Victoria*، ب: مالچ‌پاشی با مالچ نفتی، ج: اندازه‌گیری رطوبت در ماسه‌زار شاهد



این پژوهش برای مقایسه درجه انعطاف پذیری مالچ‌های مختلف، روشی ساده براساس حدود اتربرگ ابداع شده و درجه انعطاف پذیری برخی از مالچ‌های تولیدی شرکت‌ها مورد مقایسه قرار گرفت. نتایج به دست آمده نشان داد که دو نوع مالچ به نام‌های تجاری پایا و مالچی با پایه اکریلیکی دارای ضریب انعطاف پذیری مناسبی بوده و در صورت دارا بودن سایر شرایط، قابل توصیه برای تثبیت ماسه‌های روان هستند.

و حد خمیری (Plasticity Limit) مخلوط خاک با مالچ مورد نظر را با دستگاه کازاگراند اندازه‌گیری کرد. 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 شکل پذیری آن خاک است. به عبارت دیگر، شاخص پلاستیسیته (PI) برابر اختلاف حد روانی و حد خمیری آن خاک است که با رابطه ۱ بیان می‌شود:

شده (W1) ریخته و به آن به تدریج آب مقطر یا مالچ مورد نظر را اضافه کرده، با کاردک مخلوط می‌کنیم تا به صورت خمیر یکنواختی درآید. سپس قسمتی از نمونه خاک آماده شده را در کاسه یا جام دستگاه کازاگراند قرار می‌دهیم. در حالی که جام با فاصله استاندارد روی پایه ثابت است، با کاردک سطح خاک داخل جام را صاف کرده و این عمل طوری انجام می‌شود که عمق خاک در گودترین نقطه

جدول ۱- برخی از مشخصات شیمیایی و بافت خاک مورد استفاده

مشخصات خاک	pH	EC (dS/m)	OC%	N%	k (mg/kg)	P (mg/Kg)	Na (mg/kg)	sand%	silt%	clay%
	۸/۱۵	۹/۴۶	۰/۵	۰/۰۵	۳۱۵/۶	۳۸	۷۴۴	۴۰	۲۶	۳۴

● مواد و روش‌ها

از آنجایی که براساس طبقه‌بندی USDA، غالب تپه‌های ماسه‌ای کشور دارای بیش از ۹۰ درصد ذرات بین ۰/۰۵ تا ۲ میلی‌متر هستند (روحی‌پور، ۱۳۷۳)، بنابراین اندازه‌گیری ضریب خمیرایی PI یا (Plasticity Index) آنها به‌طور مستقیم امکان پذیر نبوده و در طبقه None plastic قرار دارند. برای برطرف کردن این اشکال و به منظور مقایسه مالچ‌های مختلف از نقطه نظر این ضریب، یک روش آزمایشگاهی ساده مورد بررسی قرار گرفته که قادر به تفکیک و درجه‌بندی مالچ‌های مختلف از نظر انعطاف پذیری یا شکل پذیری آنهاست.

ابتدا برای یک خاک دارای بافت سنگین (Clay loam) به عنوان خاک شاهد که در حالت مرطوب دارای شکل پذیری 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 (۱) محاسبه شد. برخی از مشخصات خاک مذکور در جدول ۱ درج شده است. بنابراین، برای محاسبه ضریب پلاستیسیته یا خمیرایی مالچ‌ها باید حد روانی LL (Liquid Limit)

رابطه ۱

$PI = LL - PL$
در این رابطه LL، حد روانی یا حد سیلان و PL حد خمیری خاک است. در مرحله بعد با استفاده از همان نوع خاک، با افزودن مقدار مورد نیاز از مالچ‌های مختلف به جای آب مقطر، دوباره حد روانی و حد خمیری مخلوط خاک با مالچ‌های مختلف، اندازه‌گیری و ضریب پلاستیسیته یا شاخص خمیرایی این مخلوط طبق تعریف از رابطه ۱ محاسبه شد. با داشتن این دو ضریب در مرحله آخر، ضریب انعطاف مستقیم مالچ‌ها را می‌توان از اختلاف کمیت‌های ضریب پلاستیسیته مخلوط خاک با مالچ‌های مختلف و ضریب پلاستیسیته خاک شاهد، به سادگی با استفاده از رابطه ۲ که یک کمیت بدون بعد است، محاسبه کرد. هرچه ضریب پلاستیسیته مالچ بیشتر باشد، دارای انعطاف بیشتری بوده، دوام آن در مقابل نیروهای شکننده بیشتر خواهد بود و برای مالچ‌پاشی ماسه‌های روان مناسب‌تر است.

رابطه ۲

$PI_{(Malch)} = PI_{(Malch+Soil)} - PI_{(Soil)}$
● تعیین حد روانی نمونه‌ها
در حدود ۲۰۰ گرم از خاک مورد نظر را که در هوای آزاد خشک شده برای جدا شدن ذرات درشت از الک شماره ۴۰ عبور داده و در ظرفی که پیش‌تر وزن

به ۱۰ میلی‌متر برسد. با استفاده از شیارکش مخصوص دستگاه، روی خاک درون جام، شیاری در امتداد محور تقارن جام ایجاد می‌شود. حرکت جام دستگاه کازاگراند طوری تنظیم شده که به جام دستگاه در هر ثانیه دو ضربه وارد می‌شود. این ضربات باید تا وقتی ادامه پیدا کند که شیار طولی که پیش‌تر در حالت سکون به اندازه ۱۳ میلی‌متر ایجاد شده بسته شود. در این مرحله تعداد ضربات لازم برای بسته شدن شیار یادداشت می‌شود. سپس مقداری از خاک داخل جام را برای تعیین درصد رطوبت، در ظرف مخصوص ریخته و ظرف و خاک مرطوب با هم وزن می‌شوند (W2). دوباره به نمونه خاک مقدار بیشتری مالچ یا آب مقطر بسته به نوع آزمایش اضافه می‌شود تا رطوبت آن بیشتر شده و تعداد ضربات لازم برای بسته شدن شیار کم شود. این عمل باید برای تعداد ضربات بین ۱۵ تا ۳۵ تکرار شود. در مرحله آخر برای تعیین درصد وزنی رطوبت نمونه‌ها، ظرف‌های حاوی خاک مرطوب در گرمخانه (آون) برای مدت ۲۴ ساعت در حرارت ۱۰۴ درجه قرار می‌گیرد تا نمونه‌ها خشک شود (W3). درصد رطوبت نمونه‌ها، از رابطه ۳ محاسبه می‌شود.



شکل ۲- تصویر فتیله شدن خاک و نمایان شدن ترک‌ها روی آن

$$\omega = \frac{W_2 - W_3}{W_3 - W_1} \times 100 \quad \text{رابطه ۳}$$

از آن جایی که طبق تعریف، حد روانی هر نمونه خاک برابر درصد رطوبتی از آن خاک است که شیار ایجاد شده در آن با دستگاه کازاگراند در ۲۵ ضربه بسته شود، باید همبستگی بین تعداد ضربات لازم برای بسته شدن شیار هر نمونه خاک درون دستگاه کازاگراند، در مقابل درصد رطوبت مربوط به آن نمونه، روی یک دستگاه محور مختصات ترسیم شود. از بین نقاط ترسیم شده، مناسب‌ترین خط مدنظر برازش داده می‌شود و طبق تعریف میزان رطوبت خاک در ۲۵ ضربه که حد روانی آن خاک است تعیین می‌شود.

● تعیین حد خمیری نمونه‌ها

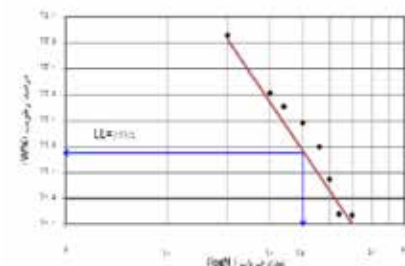
طبق تعریف، حد خمیری هر نمونه از خاک برابر درصد رطوبتی است که در آن، خاک خیس شده بر اثر فتیله شدن، در حالتی که قطرش به ۳/۲ میلی‌متر می‌رسد، شروع به ترک خوردن کند (شکل ۲). برای انجام این آزمایش مقداری از نمونه خاکی را که پیش‌تر در آزمایش حد روانی از آن استفاده شده روی شیشه مسطح یا یک سطح صاف قرار داده و با استفاده از کف دست، آن را آنقدر می‌غلطانیم تا به صورت فتیله‌ای به قطر تقریبی ۳/۲ میلی‌متر درآمده و ترک بخورد. در این مرحله باید درصد رطوبت خاک را مانند مرحله پیش و با استفاده از رابطه ۳ محاسبه کرد.

● بحث و نتیجه‌گیری

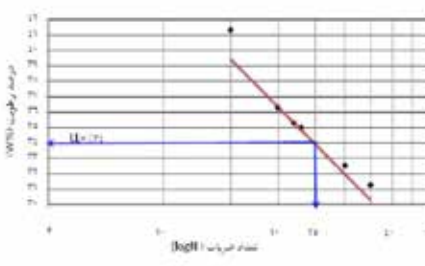
رابطه بین میزان رطوبت و تعداد ضربات در یک دستگاه محور مختصات نیمه‌لگاریتمی ترسیم و حد روانی نمونه‌ها در ۲۵ ضربه محاسبه شد. نتایج آن در شکل‌های شماره ۳ تا ۱۰ نشان داده شده است.

● دامنه خمیرایی یا ضریب پلاستیسیته مالچ‌ها

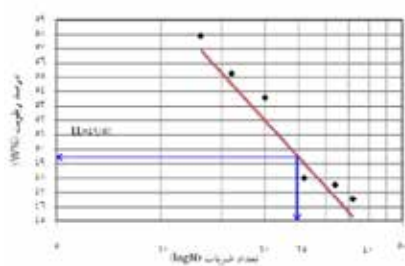
دامنه خمیرایی (PI)، اختلاف بین درصد رطوبت حد روانی (LL) و حد خمیری (PL) خاک بوده و مشخص‌کننده دامنه رطوبتی است که در آن، خاک به حالت خمیرایی باقی می‌ماند. هرچه دامنه خمیرایی یا پلاستیسیته خاک از نظر کمی زیادتر باشد نشانه این است که دارای چسبندگی بیشتری بوده و انعطاف یا شکل‌پذیری آن بیشتر



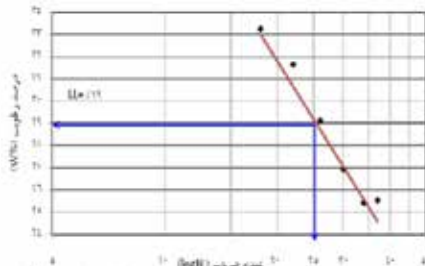
شکل ۴- نمودار حد روانی خاک (شاهد)



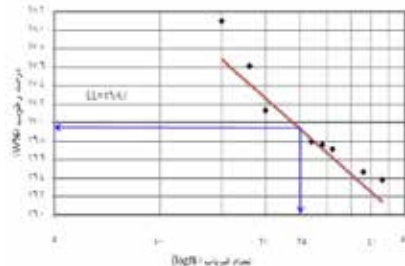
شکل ۳- نمودار حد روانی مالچ پایه اکریلیکی نمونه ۱



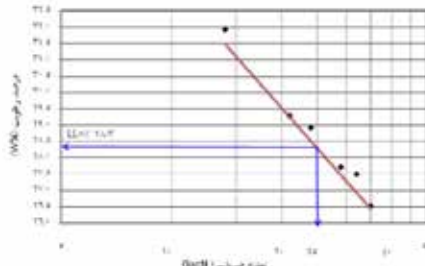
شکل ۶- نمودار حد روانی مالچ پلی‌اکریل



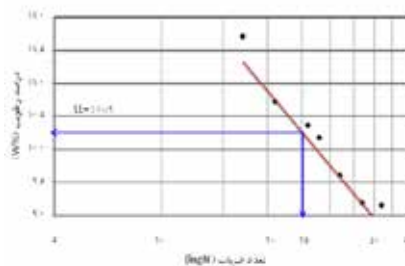
شکل ۵- نمودار حد روانی مالچ پایه اکریلیکی نمونه ۲



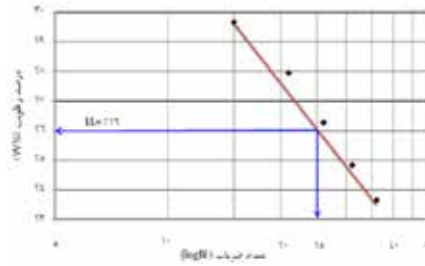
شکل ۸- نمودار حد روانی مالچ فارس



شکل ۷- نمودار حد روانی مالچ Gloun 240 استرالیا



شکل ۱۰- نمودار حد روانی مالچ DC400



شکل ۹- نمودار حد روانی مالچ پایا خاک



است. جدول ۲، دامنه خمیرایی مالچ‌های مورد بررسی را در مقایسه با خاک شاهد نشان می‌دهد. گرچه تقسیم‌بندی‌های متعددی برای درجات مختلف ضریب پلاستیسیته در متون کلاسیک مکانیک خاک وجود دارد اما جدول ۳ برای تقسیم‌بندی نمونه‌های مختلف خاک و مواد بیشتر به‌کار رفته است (2000 ASTM Standards). بنابراین طبق جدول ذکر شده مالچ پلی‌اکریل آمید دارای پلاستیسیته متوسط (Medium plasticity) و مالچ‌های با

پایه اکریلیکی نمونه ۱ و ۲، Gloun (استرالیا) و مالچ پایا در طبقه‌بندی پلاستیسیته کمتر (Low plasticity) قرار داشتند. مالچ فارس و مالچ DC400 فاقد پلاستیسیته بود. ترتیب قرار گرفتن مالچ‌های مورد بررسی از نظر ضریب پلاستیسیته یا شاخص خمیرایی در شکل ۱۱ نشان داده شده است.

● نتیجه‌گیری

از بین مالچ‌های مورد بررسی، گرچه پلی‌اکریل آمید به‌علت ماهیت شیمیایی و جاذب‌الرطوبه

بودن دارای دامنه خمیرایی بیشتری نسبت به سایر مالچ‌ها بوده اما حد خمیری آن نیز در رطوبت بیشتری قرار داشته (۴۹/۵ درصد) و در حالت فتیله‌ای با وجود داشتن رطوبت زیادتر شکسته شده و حالت پلاستیکی خود را از دست می‌دهد. چنین رطوبتی هرگز در تپه‌های ماسه‌ای رخ نمی‌دهد. همچنین مشاهدات آزمایشگاهی حاکی از پاشیدن این پلیمر روی سینی‌های حاوی ماسه نشان داد که این مالچ پس از کاهش مقداری آب حالت پلاستیسیته خود را از دست می‌دهد و مقاومت برشی آن کمتر

DC400 > فارس > شاهد > Gloun 240 استرالیا > مالچ اکریلیکی نمونه ۲ > پایا خاک > مالچ اکریلیکی نمونه ۱ > پلی اکریل آمید

شکل ۱۱- ترتیب قرار گرفتن مالچ‌های مورد بررسی از نظر ضریب پلاستیسیته یا شاخص خمیرایی

جدول ۲- نتایج دامنه خمیرایی یا ضریب پلاستیسیته مالچ‌های مورد بررسی و اختلاف آن با خاک شاهد

نمونه	PL	LL	PI	اختلاف نسبت به شاهد PI(Malch)
شاهد	۱۴/۷۶	۲۱/۴	۶/۶۴	۰
مالچ پایه اکریلیکی نمونه ۱	۱۷/۴۵	۳۴	۱۶/۵۵	۹/۹۱
مالچ پایه اکریلیکی نمونه ۲	۱۶/۴۲	۲۹	۱۲/۵۸	۵/۹۴
DC400	۸/۶	۱۰/۲	۱/۶	-۵/۰۴
فارس	۹/۶۸	۱۶/۹	۷/۲۲	۰/۵۸
پایا خاک	۱۰/۷۴	۲۶	۱۵/۲۶	۸/۶۲
پلی‌اکریل آمید	۳۰/۷۵	۴۹/۵	۱۸/۷۵	۱۲/۱۱
Gloun240 (استرالیا)	۱۶/۴۹	۲۸/۳	۱۱/۸۴	۵/۱۷

جدول ۳- تقسیم‌بندی دامنه خمیرایی یا اندیس پلاستیسیته (PI)

حد خمیرایی	Degree of plasticity	ضریب خمیرایی PI percentage (ضریب)
بدون خمیرایی	Non-plastic	۰-۱
خمیرایی خیلی کم	Slight plasticity	۱-۵
خمیرایی کم	Low plasticity	۵-۱۰
خمیرایی متوسط	Medium plasticity	۱۰-۲۰
خمیرایی زیاد	High plasticity	۲۰-۳۵
خمیرایی خیلی زیاد	Very high plasticity	>۳۵

و چگونگی تثبیت شیمیایی آنها در ماسه‌زارهای کاشان در شکل ۱۳ نشان داده شده است. برای مقایسه مقاومت کششی یا ارتجاعی مالچ با پایه اکریلیکی نمونه ۱، تهیه شده در ایران با مالچ پایه اکریلیکی استرالیا، مقاومت کششی این دو نمونه در شکل ۱۲ نشان داده شده است. همان‌گونه که در شکل دیده می‌شود، مقاومت کششی لایه حاصل از مالچ اکریلیکی نمونه ۱ که با IR نشان داده شده از مالچ استرالیایی بیشتر است.

● سپاسگزاری

بدین وسیله، نگارندگان این مقاله از مسئولان ستاد توسعه فناوری‌های آب، خشکسالی، فرسایش و محیط زیست معاونت علمی و فناوری ریاست جمهوری که هزینه اجرای این طرح را تأمین کردند، صمیمانه تشکر می‌کنند.

● منابع

روحی‌پور، ح.، ۱۳۶۳. گزارش اجمالی طرح‌های تحقیقاتی و تجربیات به‌دست آمده در زمینه تثبیت ماسه‌های روان. انتشارات ایستگاه تحقیقات جنگلها و مراتع خوزستان.
روحی‌پور، ح.، ۱۳۷۳. تعیین ارتفاع بحرانی تپه‌های شنی خوزستان براساس نوسانات رطوبت در فصول مختلف سال. انتشارات مؤسسه تحقیقات جنگلها و مراتع کشور، نشریه شماره ۱۱۲.

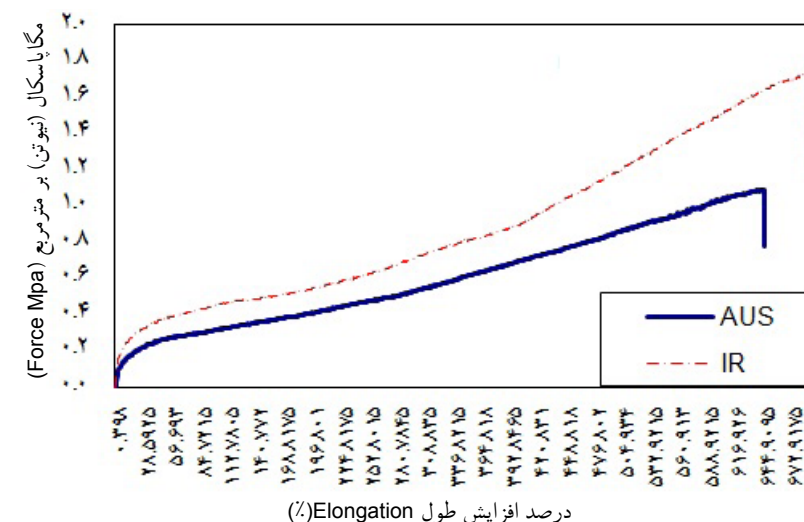
Annual Book of ASTM Standards, Vol 04.08. Published as D 4318 - 98.. Current edition approved June 10, 2000.

Chepil, W. S., N. P. Woodruff, F. H. Siddoway, and D. V. Armbrust. 1963a. Mulches for wind and water erosion control. USDA.

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

Chepil, W. S., N. P. Woodruff, F. H. Siddoway, and L. Lyles. 1960. Anchoring vegetative mulches. agriculture engineering 41(11):754-755, 759.

می‌شود. در حالی که مالچ‌های پلیمری دارای پایه اکریلیکی مانند نمونه‌های ۱، ۲، مالچ پایا و مالچ Gloun 240 (استرالیا) حالت پلاستیسیته خود را در رطوبت کمتری حفظ می‌کنند. در ستون آخر جدول ۲، اختلاف اندیس پلاستیسیته مالچ‌ها با شاهد نشان‌دهنده خاصیت انعطاف‌پذیری



شکل ۱۲- رابطه مقاومت کششی مخلوط مالچ و ماسه (فیلم حاصل از دو مالچ) با پایه اکریلیکی ساخته شده در ایران و استرالیا (نمودار از پژوهشگاه پلیمر، سفارش شرکت رایکا پژوهش)



شکل ۱۳- مراحل مختلف پاشش مالچ اکریلیکی و استقرار آن در تپه‌های ماسه‌ای کاشان