نشریه آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد 31، شماره 4، مهر – آبان 1396،ص.1082-1070

Journal of Water and Soil
Vol. 31, No. 4, Sept.-Oct.2017, p. 1070-1082

بررسی اثر پلی‌آکریل‌آمید در کنترل فرسایش بادی خاک شنی دشت آزادگان

فاطمه ارزاقی[1]-احمد فرخیان فیروزی[2*]-نعیمه عنایتی ضمیر[3]-بیژن خلیلی مقدم[4]

تاریخ دریافت: 1392/12/19
تاریخ پذیرش: 1396/05/22

چکیده

فرسایش بادی از عوامل اصلی تخریب محیط زیست، فقر خاک، آلودگی هوا و پراکندن گرد و غبار می‌باشد. فرسایش بادی باعث خسارات زیادی به محصولات کشاورزی، ساختمان‌ها، تأسیسات و وسایل نقلیه می‌شود. در این تحقیق پلی‌آکریل‌آمید به عنوان یک ترمیم کننده خاک در دو سطح 0/5 و 1 درصد به ماسه بادی منطقه دشتآزادگان افزوده شد. برخی ویژگی‌های فیزیکی خاک و مقاومت در برابر فروروی خاک در 3 فاصله زمانی 15، 30 و 45 روز پس از تیمار مورد بررسی قرارگرفت. اثر این پلیمر در کنترل میزان فرسایش بادی به صورت آزمایشگاهی و با تونل باد مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد بین خاک‌های تیمار شده با سطوح مختلف پلیمر، تفاوت معنی‌داری از نظر چگالی ظاهری وجود ندارد اما کاربرد پلیمر نسبت به تیمار شاهد باعث کاهش چگالی ظاهری نمونه‌ها شد. کاربرد پلیمر مقاومت فروروی را به صورت معنی‌داری افزایش داد. همچنین بین دو سطح پلیمر تفاوت معنی‌داری وجود داشت. با گذشت زمان مقدار مقاومت فروروی خاک ابتدا افزایش و سپس کاهش یافت. مقاومت فروروی در روز 45ام به کمتر از مقاومت فروروی خاک در روز 15ام رسید. نتایج حاصل از آزمایشات فرسایش در تونل باد در شرایط باد با سرعت 12 متر بر ثانیه، نشان‌داد که افزودن ماده پلیمری پس از 30 روز در سطح 1 درصد میزان فرسایش بادی را در نمونه‌های ماسه بادی به صفر درصد کاهش داد.

واژه‌های کلیدی: تونل باد،رطوبت خاک، زمان، مقاومت فروروی

مقدمه

فرسایش بادی عبارت از کنده شدن، انتقال و رسوب خاک بوسیله‌ی باد می‌باشد، که نه تنها فرآیند فرسودن و تغییر شکل دادن زمین است، بلکه عامل اصلی ایجاد بیابان‌های ماسه‌ای در مناطق خشک و فرا خشک و از فاکتورهای اصلی در تنزل رتبه‌ی محیط زیست، فقر خاک، آلودگی هوا و پراکندن گرد و غبار می‌باشد. به همین دلیل مطالعات زیادی به منظور درک بهتر چگونگی رخداد این پدیده انجام شده است (18). فرسایش بادی باعث خسارات زیادی به محصولات کشاورزی، ساختمان‌ها، تأسیسات و وسایل نقلیه می‌شود (17). در سطح جهان حدود 549 میلیون هکتار در اثر فرسایش بادی مورد تخریب قرار گرفته (24) که 296 میلیون هکتار آن دارای فرسایش بادی شدید می‌باشد (16). این در حالی است که فرسایش بادی یکی از عوامل اصلی محدود کننده حاصل‌خیزی در بسیاری از نقاط جهان از جمله ایران می‌باشد بنابراین چالشی جدی در برابر تولید پایدار و مدیریت اراضی کشاورزی محسوب می‌شود.با توجه به شرایط اقلیمی ایران، بخش‌های زیادی از مرکز و جنوب و شرق ایران تحت فرسایش بادی قرار دارد. در ایران 9/11 درصد از سطح اراضی متاثر از فرسایش بادی بوده و 14 استان که در مناطق خشک و نیمه‌خشک واقع شده‌اند با معضل فرسایش بادی روبرو هستند (10). در اثر فرسایش بادی سالیانه حدود یک هزار میلیارد ریال خسارت به صورت مستقیم و نیمه مستقیم بر منابع طبیعی کشور وارد می‌شود(1).تثبیت مهندسی ماسه‌های بادی اساساً شامل 3 نوع موانع مکانیکی، تثبیت بیولوژیکی و تثبیت شیمیایی ماسه است (20). پلی‌آکریل‌آمید به عنوان یک ترمیم‌کننده خاک به سبب ایجاد پایداری ساختمان خاک (22)، حفظ رطوبت و افزایش حاصل‌خیزی (24) در سطح وسیعی استفاده می‌شود. مطالعات زیادی نشان داده است پلی‌آکریل آمید مقاومت خاک در برابر فرسایش بادی را به‌وسیله‌ی افزایش نیروی اتصال بین ذرات خاک و پیوند آنها با یکدیگر به شکل یک ساختمان پایدار افزایش می‌دهد. استیون گرین و استات (23) گزارش کردند پلی-آکریل‌آمید موجب افزایش پایداری خاکدانه‌ها در حالت خشک و مرطوب می‌شود که میزان این افزایش به چگالی بار پلیمر، میزان

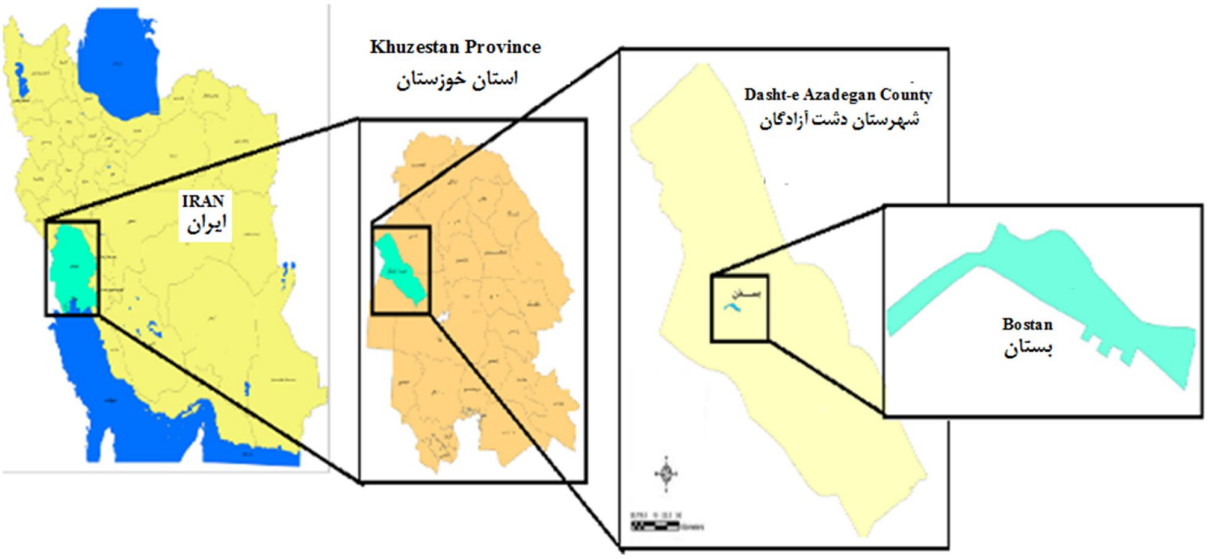
1، 2 و 3- به ترتیب دانشجوی کارشناسی‌ارشد و دانشیاران گروه علوم خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید چمران اهواز
(*-نویسنده مسئول: Email: a.farrokhian@scu.ac.ir)
4-دانشیار گروه علوم خاک، دانشگاه کشاورزی و منابع طبیعی رامین خوزستان
DOI: 10.22067/jsw.v31i4.32428

رطوبت خاک و نوع یون تبادلی موجود در خاک بستگی دارد. کوچک زاده و همکاران (8) گزارش کردند که پلی‌آکریل‌آمید میزان نگهداری رطوبت در خاک‌های سبک را افزایش داده و مشکل نفوذپذیری خاک‌های ریز بافت را برطرف می‌نماید. تحقیقات انجام شده توسط تلی‌شوا و شولگا (25) نشان داداستفاده از پلیمرهای Si-Adمحلول در آب محتوی 0/5 تا 0/8 درصد سیلیکون و با میزان کاربرد 375 گرم‌برمترمربع بر روی ماسه، باعث اتصال ذرات ماسه شده و یک لایه به ضخامت 14-4 میلی‌متر با مقاومت به نفوذ 2/90-0/49 مگاپاسگال ایجاد نمود. بر اساس بررسی دو محقق مذکور، ماده پلیمری اضافه شده تبخیر از سطح خاک و میزان فرسایش بادی را کاهش داد (میزان فرسایش بادی کمتر از 0/11-0/09 کیلوگرم‌برمترمربع در ساعت) و بر جوانه زنی و رشد بذرها هم اثرات نامطلوبی نداشت.چن و همکاران (13) گزارش کردند کاربرد پلی‌آکریل‌آمید می‌تواند سرعت آستانه باد در سطح خاک ماسه‌ای را افزایش دهد. وقتی که خاک سست با بیش از یک گرم بر مترمربع پلی‌آکریل‌آمید تیمار شود و ترک و به هم‌خوردگی روی این سطح نباشد، مقاومت خاک در برابر فرسایش بادی به صورت معنی‌داری افزایش می‌یابد. هی و همکاران (15) دریافتند کاربرد 2 گرم بر مترمربع پلی‌آکریل‌آمید بر سطح خاک‌های لوم شنی و لومی، فرسایش بادی را به صورت موثر و اقتصادی کنترل می‌کند.این پژوهش در راستای ارزیابی تأثیر پلی‌آکریل‌آمید بر کنترل فرسایش‌پذیری خاک‌ها و دوام آن در خاک صورت گرفت. بدین منظور با افزودن این ماده در دو سطح مختلف بر ماسه بادی، قابلیت کنترل فرسایش بادی و دوام آن به صورت آزمایشگاهی در سه تیمار زمانی مورد بررسی قرارگرفت.

مواد و روش‌ها

نمونه‌برداری از منطقه مورد مطالعه

نمونه‌های مرکب خاک بصورت تصادفی از عمق 3 سانتی‌متری منطقه‌ای صاف در شهرستان دشت آزادگان (تپه‌های شنیبستان) جمع‌آوری شد. منطقه مورد مطالعه از کانون‌های بحرانی فرسایش بادی خوزستان است و با وسعت 2884 هکتار در فاصله حدوداً 20 کیلومتری شهرستان بستان واقع شده است. این منطقه دارای مختصات جغرافیایی 47 درجه و 59 دقیقه تا 48 درجه و 3 دقیقه طول شرقی و 31 درجه و 40 دقیقه تا 31 درجه و 46 دقیقه عرض شمالی می‌باشد.



شکل 1- موقعیت جغرافیایی منطقه

Figure 1-Geographical location of the region

آماده‌سازی نمونه‌های خاک برای آزمایش‌های فیزیکی و شیمیایی

نمونه‌های خاک از الک 2 میلی‌متریعبور داده شده و به مدت 24 ساعت درحرارت 105 درجه سانتی‌گراد جهت استریل شدن در آون قراردادهشد. پس از خروج از آون درون گلدان هایی به قطر 15 و ارتفاع 5 سانتیمتر به 54 گلدان منتقل شد (750 گرم خاک در هر گلدان). پلیمر آنیونی پلی‌آکریل‌آمید که از بخش بازرگانی پلیمر ایران خریداری شد به صورت امولسیون 0/5 و 1 درصد (به ترتیب 5 و 10 کیلوگرم در هکتار) تهیه و به میزان 18 درصد وزنی خاک (مقدار رطوبت خاک در حد گنجایش زراعی) به هر گلدان اضافه شد. به

منظور یکنواختی پاشش، از یک پاشنده دستی که مخزن آن توسط یک پمپ به صورت دستی تحت فشار قرار می‌گرفت، استفاده گردید. نیمی از گلدان‌ها با توجه به اختلاف وزنی روزانه آبیاری شدند (به صورت مه پاش) به‌طوریکه رطوبتشان در حد گنجایش زراعی (18درصد وزنی) حفظ شود و به سایر گلدان‌ها بجز شروع آزمایش رطوبتی اضافه نشد. برخی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک از جمله واکنش و هدایت الکتریکی در عصاره 2 به 1 خاک، چگالی ظاهری به روش سیلندر و رطوبت گنجایش زراعی با دستگاه صفحات فشاری اندازه‌گیری شد. همچنین پایداری خاک دانه ها توسط 4 الک (2، 1، 0/5 و 0/25 میلی‌متر) به روش الک خشک به مدت 3 دقیقه با 60 دور در دقیقه (26) و مقاومت مکانیکی خاک در سه تیمار زمانی 15، 30 و 45 روز توسط نفوذسنج جیبی با مخروط استاندارد ASAE ساخت شرکت Eijkelkamp هلند (مدل 06/03) اندازه‌گیری شد (5). نمونه‌های مرطوب چند روز قبل از هر آزمایش آبیاری نشدند تا سطح نمونه‌ها کاملاً خشک باشد. برای هر آزمایش نمونه شاهد بدون اضافه کردن پلیمر در نظر گرفته شد. فاکتور میانگین وزنی قطر خاکدانه با فرمول زیر محاسبه گردید.

$$MWD = \sum_{i=1}^{i=4} x_i \, w_i \qquad (1)$$

که در آن x_i:میانگین قطر خاکدانه‌ها (سانتی‌متر) و w_i: نسبت وزن ذرات باقی مانده روی هر الک به وزن کل ذرات است.

نتایج با سه سطح پلیمر (صفر، 0/5 و 1 درصد)، 2سطح رطوبت (گنجایش زراعی، خشکی) ،3 دوره زمانی (15، 30، 45 روز) و در 3 تکرار به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملا تصادفی با استفاده از نرم‌افزارهای SAS نسخه 9 و گروه‌بندی میانگین‌ها به روش آزمون دانکن با نرم‌افزار MSTATC 2.0 مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. اشکال نیز به وسیله نرم‌افزار EXCEL 2013 ترسیم گردید.

تونل باد

در نهایت پس از انجام کلیه آزمایش‌ها، تیمار بهینه که دارای بیشترین مقاومت در برابر فروروی بود انتخاب و نمونه برای آزمایش تونل باد آماده شد. بدین منظور نمونه‌های آزمایشی مشابه روش قبل تهیه و در ظرف‌های فلزی با ابعاد 100در 30 سانتی‌متر ریخته شد و امولسیون پلیمری به میزان مورد نظر به نمونه‌ها اضافه شد و در محل مورد نظر در داخل تونل باد نصب و مورد آزمایش فرسایش بادی قرار گرفت(9). تونل باد مورد استفاده از 3 قسمت شامل 1) مولد باد، 2) سطح مورد آزمایش خاک و 3) نمونه‌گیر رسوب (به طول 10 متر) تشکیل شده است. تونل باد مجهز به یک پنجره در یکی از دیواره‌ها بود که با نوار لاستیکی درز بندی شد. این پنجره نصب باد سنج، نصب نمونه های آزمایشی و مشاهده تغییرات در طول آزمایش فرسایش بادی را امکان پذیر می‌کرد. همچنین به منظور بررسی رفتار خاک در برابر وزش باد، از یک سینی به ابعاد 100 در 30 سانتی‌متر برای قرار دادن نمونه‌های خاک استفاده می‌شد. ابعاد قسمت فلزی تونل 250×30×30 سانتی‌متر است و در قسمت انتهای دستگاه، نمونه‌گیررسوب متشکل از یک محفظه پلاستیکی دو جداره نصب شده که همراه با جریان رفت‌وبرگشتی باد، ذرات رسوب در آن جمع-آوری و هوای صاف خارج می‌شود. این شبیه ساز قادر است سرعت-های مختلف باد تا حداکثر 12 متر بر ثانیه در ارتفاع 20 سانتی‌متری را ایجادکند. زمان مورد نظر برای آزمایش با توجه به سرعت باد حداکثر در تونل و اندازه نمونه‌ها تعیین گردید که با توجه با بالا نبودن سرعت باد و و نیز کوچک بودن ابعاد نمونه، زمان لازم برای آزمایش 10 دقیقه درنظرگرفته‌شد. پس از اتمام این زمان، نمونه‌ها از تونل خارج و مجدداً توزین گردید. اختلاف وزن نمونه در ابتدا و انتهای آزمایش به عنوان میزان فرسایش درنظر گرفته شد.

شکل 2- نمایی از تونل باد آزمایش

Figure 2- View of wind tunnel test

شکل 3- نمایی از بادسنج دستی دستگاه تونل باد
Figure 3- The Handheld anemometer of wind tunnel

شکل 4- نمایی از سرعت سنج دستگاه تونل باد
Figure 4- The speedometer of wind tunnel

در این دستگاه سرعت باد توسط بادسنج دستی اندازه‌گیری شد و حداکثر سرعت تولیدی توسط فن هواده 50 متر بر ثانیه بود و به سبب فاصله بین فن و محل قرارگیری نمونه در دستگاه و کاهنده موجود در مسیر برای به‌دست آوردن سرعت دقیق باد در سطح نمونه از نمودار کالیبراسیون دستگاه شبیه‌ساز باد استفاده شد.

نتایج و بحث

برخی از ویژگی‌های خاک منطقه مورد مطالعه در جدول 1 ارائه گردیده است. دانه‌بندی نمونه‌های شنی نشان داد که نمونه‌های شنی مورد استفاده شامل ذرات شن با قطر یکنواخت بوده به طوری که حدود 60 درصد ذرات دارای قطر بین 0/25 و 0/5 میلی‌متر و 40 درصد دارای قطر کمتر از 0/25 میلی‌متر بودند. نتایج تجزیه آماری تاثیر پلی‌اکریل‌آمید بر برخی خصوصیات خاک در جدول 2 ارائه شده است. بر اساس نتایج تجزیه آماری انجام شده بر روی داده‌های pH مشاهده می‌شود بین خاک‌های تیمار شده با سطوح مختلف پلیمر، تفاوت معنی‌داری از نظرمیزان pH وجود دارد.

جدول 1- مشخصات خاک منطقه مورد مطالعه
Table 1- Properties of the soil of studied area

رس Clay (%)	سیلت Silt (%)	شنSand (%)	هدایت الکتریکی Electrical conductivity (dS m^{-1})	اسیدیتهpH	چگالی ظاهری Bulk density (g cm^{-3})
5.1	0.9	94	0.2	7.6	1.55

مقایسه میانگین به‌وسیله آزمون دانکن در شکل (5) نشان می‌دهد با افزایش زمان میزان اسیدیته خاک در هر دو سطح پلیمر کاهش یافته و همچنین اثر کاهشی در تیمارهای مرطوب بیشتر از تیمار خشک است. کمترین مقدار pH در تیمار 30 روزه مرطوب در سطح 1 درصد پلیمر بدست آمد و از روز 30ام به بعد اثر پلیمر کاهش یافت که این امر احتمالاً به دلیل تجزیه پلیمر می‌باشد که در نتیجه pH افزایش یافت. ذبیحی و همکاران (3) دلیل کاهش pH را تفکیک پروتون به‌وسیله گروه‌های عاملی فعال پلیمرمی‌دانند.

بر اساس نتایج تجزیه آماری انجام شده (جدول 2) بر روی

داده‌های هدایت الکتریکی خاک مشاهده می‌شود بین خاک‌های تیمار شده با سطوح مختلف پلیمر، تفاوت معنی‌داری از نظر هدایت الکتریکی وجود دارد.

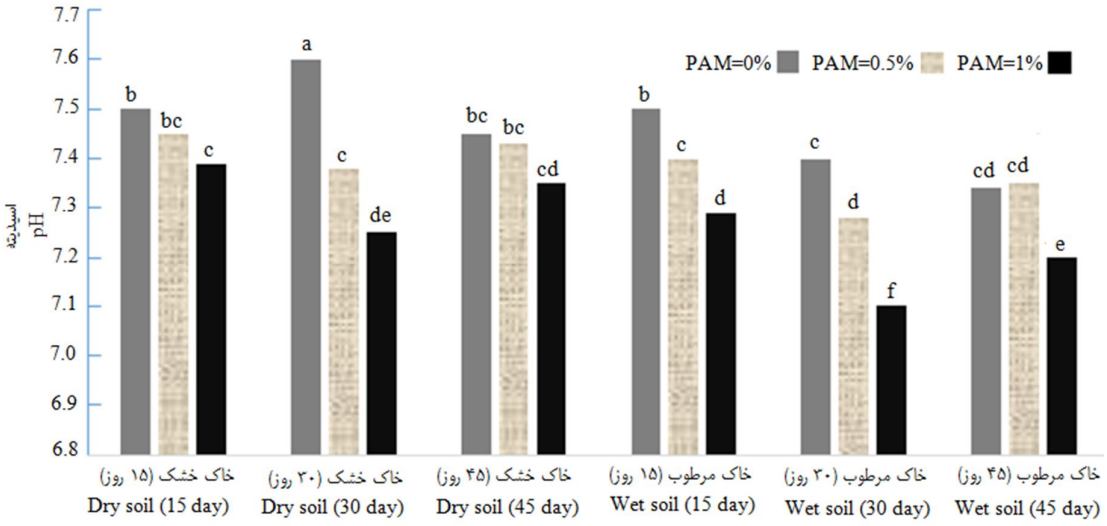
جدول 2- نتایج تجزیه واریانس اثر پلیمر، رطوبت و زمان بر خصوصیات فیزیکی، شیمیایی و مکانیکی خاک

Table 2- Analysis of variance for the effect of polymer (P), moisture (M) and time (T) on some soil physical, chemical and mechanical properties

میانگین مربعات(Mean of Squares)						
منبع تغییرات Source of variation	درجه آزادیdf	اسیدیته pH	هدایت الکتریکی EC	چگالی ظاهری Bulk density	مقاومت فروروی Penetration resistance	MWD[1]
پلیمر Polymer	2	0.157**	0.001*	0.029*	31.601**	3.668**
رطوبت Moisture	1	0.135**	0.001	0.001	2.245**	0.002**
زمان Time	2	0.025**	0.014**	0.004	3.903**	0.166**
رطوبت×زمان(M×T)	2	0.005*	0.001*	0.005	0.029	0.054**
پلیمر ×رطوبت(P×M)	2	0.011**	0.002*	0.001	0.765*	0.001**
پلیمر ×زمان(P×T)	4	0.008**	0.002*	0.004	0.667*	0.042**
پلیمر ×رطوبت×زمان(P×M×T)	4	0.004**	0.001	0.006	0.074	0.017**
خطاError	18	2.86× 10^{-5}	0.002	0.005	0.156	2.86× 10^{-5}

*، ** به ترتیب اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال 1 و 5 درصد

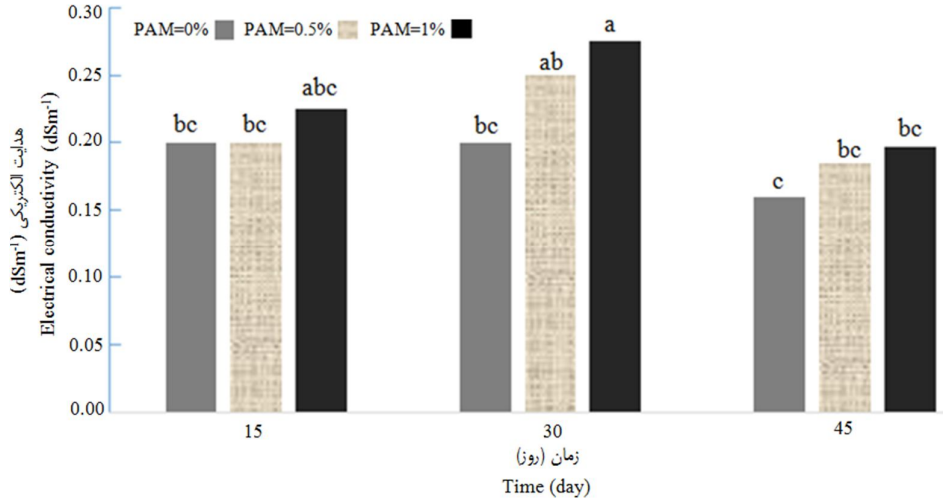
*,**Significant differences at probability level of 1 and 5%, respectively



شکل 5- اثر پلیمر در زمان‌ها و رطوبت‌های مختلف بر اسیدیته خاک

Figure 5- The effect of the polymer (PAM) at different time and moisture on soil pH

1- Mean Weight Diameter



شکل 6- اثر پلیمر در زمان‌های مختلف بر هدایت الکتریکی خاک

Figure 6- The effect of the polymer (PAM) at different time on soil Electrical conductivity (dSm^{-1})

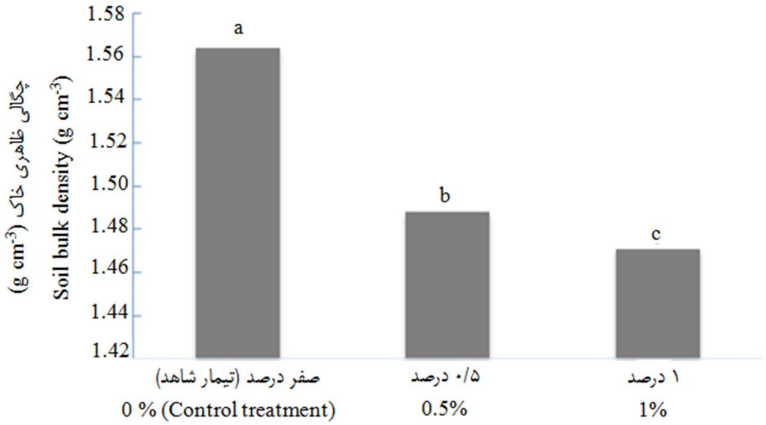
مقایسه میانگین بوسیله آزمون دانکن (شکل 6) نشان‌داد با گذشت زمان میزان هدایت الکتریکی خاک در هر دو سطح پلیمر افزایش یافته و از روز 30ام به بعد اثر پلیمر کم شده که این امر در تیمارهای مرطوب ممکن است به این دلیل رخ دهد؛ واحدهای آب دوست پلیمر به تدریج خاصیتشان کمتر شده و مقدار آب کمتری جذب کرده یا این که املاح محلول خاک به وسیله ذرات پلیمر جذب شده و در نتیجه هدایت الکتریکی خاک کاهش یافته است. در تیمار خشک نیز که گلدان‌ها دارای رطوبت اولیه هستند و پس از آن هیچ آبیاری صورت نگرفته است پلیمر به تدریج آب اولیه را پس می‌دهد تا اینکه در روز 30 ام پلیمر تمام آب خود را از دست داده است. وانگ و همکاران (27) زه‌آب حاصل ازآبشویی خاک حاوی پلیمر سوپرجاذب را مورد بررسی قرار دادند و مشاهده‌کردند که این زه‌آب از هدایت الکتریکی پایینی برخوردار است و علت آن را جذب و نگهداری کودها و نمک‌های اضافه شده به ماتریکس خاک به‌وسیله پلیمر سوپرجاذب ذکر کردند. مقایسه میانگین بوسیله آزمون دانکن (داده‌ها نشان داده نشده است) نشان داد با افزایش زمان میزان هدایت الکتریکی خاک در هر دو سطح 0/5 و 1 درصد پلیمرافزایش یافت. تیمارهای مرطوب دارای روند افزایشی بیشتری نسبت به تیمارهای خشک بودند و بیشترین هدایت الکتریکی مربوط به تیمار مرطوب روز 30 ام در سطح پلیمر 1 درصد بود. از روز 30 ام به بعد اثر پلیمر کم شد و احتمالاً مورد تجزیه قرار گرفت و هدایت الکتریکی روند کاهشی یافت. همچنین روند کاهشی روز 45ام در تیمارهای مرطوب بیشتر از تیمارهای خشک بود و این امر به دلیل تأثیر پلیمر بر افزایش هدایت هیدرولیکی می‌باشد. در واقع با اثر واحدهای آب دوست پلیمر بر افزایش بیشتر هدایت هیدرولیکی در تیمارهای مرطوب نسبت به تیمارهای خشک، واحدهای آب دوست تیمارهای مرطوب زودتر خاصیت جذب خود را ازدست داده واین امر به کاهش بیشتر هدایت الکتریکی در این تیمار منجر شد.

نتایج تجزیه آماری انجام شده بر روی داده‌های چگالی ظاهری (جدول 2) نشان می‌دهد بین خاک‌های تیمار شده با سطوح مختلف پلیمر، تفاوت معنی‌داری از نظر چگالی ظاهری وجود ندارد اما کاربرد پلیمر باعث افزایش تخلخل خاک (7) نسبت به تیمار شاهد شده و در نتیجه سبب کاهش چگالی ظاهری نمونه‌ها شده است (شکل 7).

شرفا (6) تأثیر ماده جاذب رطوبت هیدروپلاس را بر تخلخل دو نوع خاک نسبتاً سنگین و سبک مورد آزمون قرار داد و نشان داد که افزودن هیدروپلاس تخلخل در خاک‌های سبک بافت را افزایش می‌دهد. همچنین نتایج بررسی حاضر با نتایج زنگویی نسب و همکاران (4) مطابقت دارد. آنها در تحقیقی اثر پلیمر سوپرجاذب استاکوزب را بر خصوصیات فیزیکی خاک بررسی کردند و مشاهده کردند کاربرد پلیمر بر چگالی ظاهری در سطح 1 درصد معنی‌دار بوده و کاربرد پلیمر باعث کاهش وزن چگالی ظاهری خاک شد. آزام (12) و ال هاربی و همکاران (11) طی آزمایشی مشاهده کردند که پلیمرهای سوپرجاذب وزن مخصوص ظاهری خاک شنی را از 1/616 به 1/585 گرم بر سانتی‌متر مکعب و چگالی ظاهری خاک رسی را 1/331 به 1/203گرم بر سانتی‌متر مکعب کاهش می‌دهد.

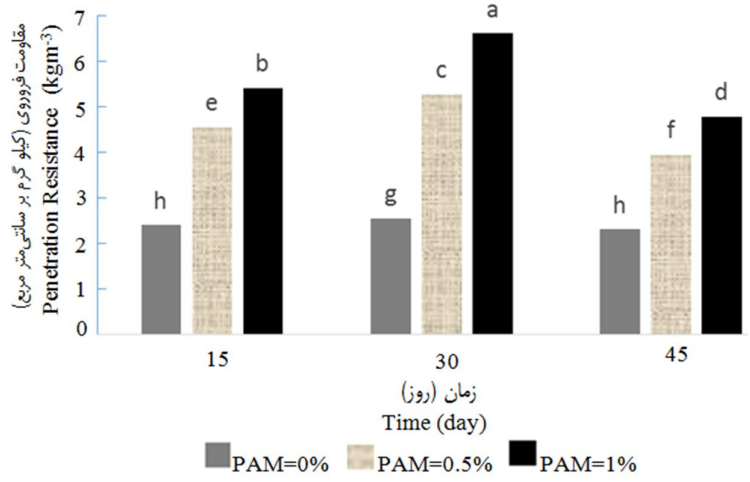
مقاومت فروروی خاک

بر اساس نتایج تجزیه آماری انجام شده (جدول 2) مشاهده می‌شود بین خاک‌های تیمار شده با سطوح مختلف پلیمر، معنی‌داری از نظر مقاومت فروروی وجود دارد. به عبارت دیگر از نظر آماری تأثیر پلیمر در افزایش مقاومت خاک در سطح 1 درصد معنی‌دار است.



شکل 7- اثر مقدار پلیمر (صفر، 0/5 و 1 درصد) بر چگالی ظاهری خاک

Figure 7- The effect of amount of the polymer (0, 0.5, and 1%) on soil bulk density (g cm^{-3})



شکل 8- اثر پلیمر در زمان‌های مختلف بر مقاومت فروروی خاک

Figure 8- The effect of the polymer (PAM) at different time on soil penetration resistance

همانطوری که در شکل 8 ملاحظه می‌گردد در تمامی زمان‌ها با افزایش مقدار پلیمر مقاومت فروروی افزایش یافته است. بیشترین مقاومت مربوط به تیمار پلیمر در سطح 1 درصد و روز 30 ام به دست آمد. مطابق جدول 1 بافت خاک مورد مطالعه شنی بوده و دارای مقدار اندکی رس است (5/1 درصد) لذا افزودن پلیمر سبب افزایش هماوری ذرات شن و چسبندگی آنها به همدیگر و در نتیجه افزایش مقاومت فروروی خاک شده است. این یافته با نتایج اسمعیلی دستجردی‌پور و همکاران (2) مطابقت دارد. این پژوهشگران میزان مقاومت پوسته‌های حاصل از کاربرد پلیمر پلی‌الکترولیت آنیونی با پایه پلی‌آکریل‌آمید را در یک خاک شنی مورد بررسی قرار دادند و مشاهده کردند کاربرد پلیمر باعث افزایش هماوری ذرات و تشکیل پوسته شده و میزان مقاومت فروروی را از 3 به 6 کیلوگرم برمتر مربع افزایش داده است.

با گذشت زمان مقاومت فروروی خاک ابتدا افزایش و سپس کاهش یافت (شکل 8). در روز 30ام در هر دو سطح پلیمر بیشترین مقاومت فروروی مشاهده شد و پس از آن به شدت کاهش یافت به طوری که مقاومت فروروی در روز 45ام به کمتر از مقاومت فروروی خاک در روز 15ام رسید.

پایداری‌خاکدانه‌ها

فاکتور میانگین وزنی قطر خاکدانه (MWD) شاخص بسیار مناسبی جهت بررسی پایداری خاکدانه‌ها و همچنین متوسط قطر خاکدانه‌های موجود در خاک می‌باشد (19) که نتایج توزیع دانه‌بندی خاک در جدول 3 و 4 آورده شده است. نتایج مطالعات ایسا و همکاران (19) نشان می‌دهد با افزایش میزان رس در خاک، MWD خاکدانه‌ها

به طور معنی‌داری افزایش می‌یابد.

جدول 3- توزیع تجمعی دانه‌بندی خاک با مقدار پلیمر 0/5 درصد

Table 3- Cumulative distribution of soil aggregate with 0.5% polymer content

تیمار Treatment	0.25	0.5	1	2	2<	MWD (mm)
شاهد Control Treatment	38	99	100	100	100	0.279
15 خشک 15 days- dry	14.1	28.27	36.75	55.35	100	1.039
15 مرطوب 15 days-wet	12.75	20.05	26.03	34.6	100	0.946
30 خشک 30 days-dry	8.2	21.43	31.58	40.4	100	1.249
30 مرطوب 30 days-wet	9.31	20.01	23.85	30.53	100	1.033
45 خشک 45 days-dry	7.4	39.95	43.5	47.05	100	0.637
45 مرطوب 45 days-wet	16.8	47.43	52.58	55.65	100	0.91

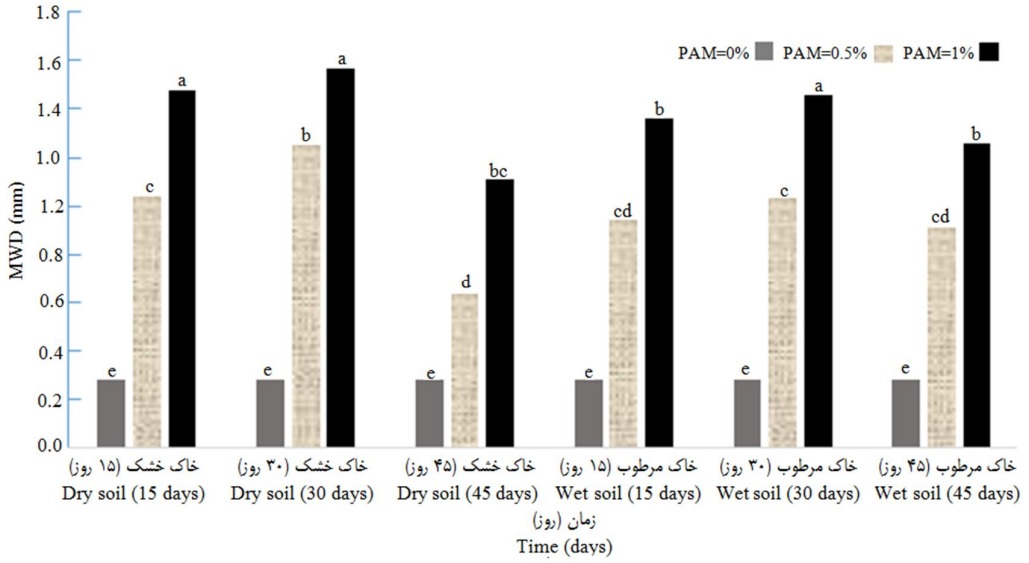
جدول 4- جدول توزیع تجمعی دانه‌بندی خاک با مقدار پلیمر 1 درصد

Table 4- Cumulative distribution of soil aggregate with 1% polymer content

تیمار Treatment	0.25	0.5	1	2<	2	2<	MWD (mm)
شاهد Control Treatment	38	99	100	100	100	100	0.279
15 خشک 15 days- dry	32.3	45.82	54.43	100	60	100	1.48
15 مرطوب 15 days-wet	36.17	52.35	58.97	100	65.05	100	1.36
30 خشک 30 days-dry	17.38	34.52	43.75	100	50.03	100	1.57
30 مرطوب 30 days-wet	16.75	44.37	50.87	100	56.67	100	1.46
45 خشک 45 days-dry	32.77	74.95	79.1	100	85.35	100	1.11
45 مرطوب 45 days-wet	25.22	57.9	63.43	100	66.7	100	1.26

با توجه به نتایج مندرج در جداول3 و 4 پلی‌آکریل‌آمید با خاصیت چسبندگی موجب اتصال ذرات خاک به یکدیگر و تشکیل خاکدانه‌های درشت شده است. قطر تمام ذرات در خاک شاهد کمتر از 1 میلی‌متر بوده است اما با افزایش پلیمر، قطر ذرات بیشتر از 1 میلی‌متر در سطح 0/5 درصد پلیمر به 56/23 درصد افزایش داشته است (در تیمار 30 روزه خشک) و در سطح 1 درصد به 76/15 درصد افزایش یافت (در تیمار 30 روزه مرطوب). همانطوری که در شکل 9 نیز مشاهده می‌گردد با گذشت زمان تا روز سی‌ام میانگین وزنی قطر خاکدانه‌ها (MWD) نیز افزایش یافته و پس از آن کاهش یافته است. در واقع با اعمال تیمار پلیمر و گذر زمان قطر خاکدانه‌ها بزرگتر و خاکدانه‌سازی صورت گرفته است. در این آزمایش نیز همانند خصوصیات قبلی بیشترین اثر پلیمر در افزایش قطر خاکدانه‌ها در تیمار 30 روزه و بیشترین MWD نیز مربوط به پلیمر در سطح 1 درصد و روز 30 ام بود. پس ازگذشت سی روز احتمالا به دلیل تجزیه پلیمر تاثیر آن کاهش یافته است. همچنین با افزایش مقدار پلیمر پایداری خاکدانه‌ها افزایش یافته است به طوری که در تمامی زمان‌ها سطوح مختلف مقدار پلیمر کاربردی (شاهد، 0/5 و 1 درصد) تفاوت معنی‌داری با هم دارند. کاظمی و همکاران (7) نشان دادند با افزایش مقدار پلیمر تا 6 گرم بر هر متر مربع خاک،

میانگین وزنی قطر خاکدانه‌ها افزایش یافت. همچنین نتایج پـژوهش سمایی و همکاران (1391) نشان داد در خاک‌هـای دارای مـاده آلـی کم، برای بهبود ساختمان از پلیمرهای مصنوعی می‌توان استفاده کرد. در آزمایش این محققان، مواد پلیمری بر روی نمونه خاک‌های شـن لومی، لومی و لوم رسی سـیلتی هواخشـک پاشـیده شـد. پلیمرهـای اضافه شده به این خاک‌ها سبب زیاد شدن ضـریب آبگـذری اشـباع، افزایش پایداری خاکدانه‌ها در حالت خشک و تر، کـاهش رس قابـل پراکنش و کاهش چگالی ظاهری خاک گردید. میزان افزایش افزایش پایداری خاکدانه‌ها با افزایش غلظت پلیمرها بیشتر شد.



شکل 9- اثر پلیمر در زمان‌ها و رطوبت‌های مختلف بر میانگین وزنی قطر خاکدانه‌ها (MWD)

Figure 9- The effect of the polymer (PAM) at different time and humids on MWD

تونل باد

فرسایش خاک به وسیله باد یکی از مهمترین فرآیندهای تخریب خاک در مناطق خشک و نیمه‌خشک است. مقدار فرسایش بادی تابعی از فرسایندگی باد و فرسایش‌پذیری خاک اسـت. درسـال‌هـای اخیـر استفاده از مواد پلیمری، به منظور بهبود پایداری سـاختمان، افـزایش قطر خاکدانه‌ها، تثبیت خاک و کاهش فرسایش‌پذیری آن مورد توجه قرار گرفته است. هدف از انجام این پـژوهش بدسـت آوردن تیمـاری بوده است که ضمن بهبود ویژگی‌هـای فیزیکـی خـاک در درازمـدت بیشـترین اثـر را بـر کـاهش فرسـایش بـادی داشـته باشـد. نتـایج پژوهش‌های قبلی نشان داده است که با افزایش مقدار رطوبت خـاک فرسایش بادی کاهش می‌یابد. وقتیکه مقدار رطوبت خاک به 4 تـا 6 درصد برسد فرسایش بادی به مقدار زیادی کاهش می‌دهد (19). لـذا در این پژوهش برای آزمایش تونل باد از بـین تیمارهـای مرطـوب و خشک، تیمار مرطوب انتخاب شد و از آنجا که تیمار 30 روزه مرطوب با یک درصد پلیمر در مقایسه با دو تیمار دیگر 15 و 45 روزه به مقدار بیشتری پایداری خاکدانه‌ها را افزایش داده بود لذا این تیمار به عنوان تیمار بهینه برای آزمایش تونل باد انتخاب شد. نتایج مربوط به تونل باد نشان داد نمونه مرطوب با یک درصد پلیمر اصلاً دچار فرسـایش نشد در حالی‌که میزان خاک فرسایش یافته از نمونه تیمار شده با آب (تیمار شاهد) 3800 گرم معادل 75/9 $kg/m^2/hr$ بود. این امر به دلیل آن است که پلی آکریل آمید مقاومت خاک در برابر فرسایش بادی را بوسیله‌ی افزایش نیروی اتصال بین ذرات خاک و پیوند آنها با یکدیگر به شکل یک ساختمان پایدار افزایش می‌دهد. سرعت آستانه باد نمونه شاهد توسط نمودار کالیبراسیون بدست آمد که معادل 5/7 متر بر ثانیه بود. یکی از راه‌های مرسوم در کنترل گرد و غبار و فرسـایش بـادی، پاشش مداوم آب بر بستر خاک است که بسته به موقعیـت منطقـه و نیروی کارگری مورد نیاز می‌تواند کاملاً پرهزینه باشد. بـا توجـه بـه نتایج این پژوهش مواد پلیمری می‌توانند با بهبود ویژگی‌های فیزیکی برای کنترل فرسایش بادی مورد استفاده قرار گیرند. چن و همکـاران (13) در آزمایش تونل باد دریافتند کاربرد پلی‌آکریل‌آمید بـه صـورت مایع در سطح خاک ماسه‌ای، سرعت آستانه باد خاک تیمار شده را به صورت معنی‌داری افزایش داد. هی و همکاران (15) در آزمایش تونل باد مشاهده کردند کاربرد پلی‌آکریل‌آمید در سطح دو خـاک لـومی و لوم‌شنی توانست فرسایش بادی را به طور معنی‌داری کاهش‌دهد.

نتیجه‌گیری

نتیجه آزمایش بر روی تاثیر پلی‌آکریل‌آمید بر مقاومت نفوذ خاک نشان داد پلی‌آکریل‌آمید به صورت معنی‌داری مقاومت نفوذ ماسه بادی را افـزایش داد و در سـرعت بـاد 12 متـر بـر ثانیـه از فرسـایش آن جلوگیری کرد. اما نتایج مربوط به مدت زمان اثر پلی‌آکریل‌آمید نشان داد این پلیمر دارای اثری موقتی است و بـرای پایـداری دائـم خـاک مرتبا نیاز به تجدید دارد و یا مانند بسیاری از روش‌های متداول برای کنترل فرسایش همراه با کاشت گیاهان اعمال شود. پیشنهاد می‌شود به منظور بررسی مدت زمان اثر حفاظتی پلی‌آکریـل‌آمیـد، ایـن مـاده همراه با پوشش‌های گیاهی مختلف و یا اعمال مکانیکی حفاظتی در مزرعه اعمال شود.

منابع

1. Ahmadi H., Ekhtessasi M.R., Feiznia S., and Ghanei Bafghi M.J. 2002. Control Methods of Wind Erosion for Railroads Protection (Case study: Bafgh Region). Iranian Journal of Natural Resources, 3: 327-338. (in Persian with English abstract)
2. Al-Harbi A.R., Al-Omran A.M., Shalalay A.A., and Choudhary M.L. 1999.Efficacy of a hydrophilic polymer declines with time in greenhouse experiments.HortScience, 34(2): 223-224.
3. Azzam R.A. 1980. Tailoring polymeric gels for soil reclamation and hydroponics. Communications. Soil Science and Plant Analysis, 16(10): 1123-1138.
4. Chen Q.C., Jiang P.F., Lei T.W., Li R.P., and Tang Z. J. 2006. Wind tunnel experiment on the impacts of polyacrylamide on wind erosion of loosens soil materials. Transactions of the CSA, 22: 7–11 (in Chinese with English Abstract)
5. Chepil W.S. 1945. Dynamics of wind erosion: I. Nature of movement of soil by wind. Soil Science, 60: 305–320.
6. Esmaili Dastjerdipor A., Farpor H.M., and Sarcheshmeh pour M. 2011. Comparison of crust strength derived from cyanobacteria inoculation and polymers in a sandy soil. The 5th National Conference and Exhibition of Environmental Engineering, 21-22 Nov. 2011. Tehran University, Iran.
7. He J.J., Cai G.Q., and Tang Z.J. 2007. Wind tunnel experimentalstudy on the effect of PAM on soil wind erosioncontrol. Environmental Monitoring and Assessment, 145:185–193.
8. Kazemi A., Darbandi S., and Ahmadi A. 2011. Investigation of the effect of a new polymer on soil infiltration and soil aggregate stability against erosion. 1th National Congress on New Science and Technology, 10-12 Sept. 2011. Zanjan, Iran (in Persian).
9. Kouchakzadeh M., Sabagh Foroush E.I., and Ganji Khoramdel N. 2000.The effect of water superabsorbent polymer on some physical properties of soil. Journal of Soil and Water Sciences, 14(2): 176-186 (in Persian with English abstract).
10. Lal R. 2003. Soil erosion and global carbon budget, International Environment, 29: 437-450.
11. Lian-You L., Shang-Yu G., Pei-Jun S., Xiao-Yan L., and Zhi-Bao D. 2003. Wind tunnel measurements of adobe abrasion by blown sand: profile characteristics in relation to wind velocity and sand flux. Journal of Arid Environments, 53(3): 351-363.
12. Mahdian M. 2005. Investigating the status of land degradation in Iran. 3th National Conference on Erosion and Sediment, 18-31 Aug. 2005. Soil Conservation and Watershed Management Research Institute, Tehran, Iran (in Persian).
13. Modaresnia A.R., Sadeghi M.M., Abtahi S.M., and Emtiazi G. 2011. Performance Evaluation of the Microbiology Stabilization of sand dunes using wind tunnel (case study: Segzi, Isfahan). 2th International conference on sustainable development and urban construction, 1-2 Dec. 2011, Isfahan, Iran (in Persian).
14. Nordstrom K.F., and Hotta S. 2004. Wind erosion from cropland in the USA: a review of problems, solutions and prospects. Geoderma, 121: 157–167.
15. Oumarou Malam Issa O., De´farge C., Bissonnais Y L., Marin Be., Duval O., Bruand A., D'Acqui., Nordenberg S., and Annerman M. 2007. Effects of the inoculation of cyanobacteria on the microstructure and the structural stability of a tropical soil. Plant Soil, 290: 209–219.
16. Samaei H.R., Golchin A., Mosadeghi M.R., and Ahmadi Sh. 2012. The Effects of Water Soluble Polymers on Physical Properties of the Soils with Different Texture in Hamedan. Journal of Water and Soil, 26 (4): 809-817.
17. Sekhavatian A., and Eslami A. 2010. Comparisons of in situ and laboratory tests for evaluation of non-drainage shear strength of Rasht claysoil. 4th International Conference on Geotechnical Engineering and Soil Mechanics, 2-3 NOV. 2010. Tehran, Iran.

18. Shorafa M. 1987. The effect of perlite and hydroplas on porosity, water retention and soil hydraulic conductivity. M.Sc. thesis, College of Agriculture and Natural Resources, University of Tehran. Iran (in Persian with English abstract).
19. Skidmore E. L. 1986.Wind erosion control. Climatic Change. 9: 209–218.
20. Sojka R.E., and Lentz R.D. 1997. Reducing furrow irrigation erosion with polyacrylamide (PAM). Journal of Production Agriculture, 10: 47–52
21. Sojka R.E., Bjorneberg D.L., Entry J.A., Lentz R.D., and Orts W.J. 2007. Polyacrylamide in agriculture and environmental land management. Advances in Agronomy, 92: 75–162.
22. Steven Green V., and Stott D.E. 2001. Polyacrylamid: A review of the use, effectiveness, and cost of a soil erosion control amendment. Hort Science, 36: 384-389.
23. Subramaniam N., and Chinappa G.P. 2002. Remote sensing and GIS techniques for land degradation assessment due to water erosion, in: 17th WCSS (Thailand): 815-819.
24. Telysheva G., and Shulga G. 1995. Silicon-containing polycomplexes for protection against wind erosion of sandysoil. Journal of agricultural engineering research, 62(4):221-227.
25. Tisdall J., Nelson S., Wilkinson K., Smith S., and Mckenzie B. 2012. Stabilization of soil against erosion by six saprotrophic fungi. Soil Biology and Biochemistry, 50: 134-141.
26. Wang Y., and Boogher C.A. 1987. Effect of medium-incorporated hydrogel on plantgrowth and water use of two foliage species. Journal of Environmental Horticulture, 5:125-127.
27. Zabihi F., Neyshabouri M.R., and Dalalian M.R. 2013. Effects of Polyacrylamide, Pumice and Municipal Compost on Some Physical and Chemical Characteristics of a Saline-Sodic Clay Soil. Water and Soil Science, 23(3): 79-92. (in Persian with English abstract)
28. Zangooi Nasab Sh., Emami H., Astaraei A., and Yari A. 2012. The Effect of different levels of superabsorbent and irrigation duration on some soil physical properties and growth indices of *Atriplex* plant. Journal of Water Research in Agriculture, 26 (2): 211-223. (in Persian with English abstract)
29. 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.

Journal of Water and Soil
Vol. 31, No. 4, Sept.-Oct.2017, p. 1070-1082

نشریه آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد 31، شماره 4، مهر – آبان 1396،ص.1082-1070

Effect of Polyacrylamide Polymer on Wind Erosion Control of Sandy Soil in Azadegan Plain

F. Arzaghi[1]- A. Farrokhian Firouzi[2*] - N. Enayatizamir[3]- B. Khalilimoghaddam[4]

Received:10-03-2014
Accepted:13-08-2017

Introduction: Wind erosion is the most important agent of environmental degradation, poverty of soil, air pollution and the dust spread. Wind erosion is causing a lot of damage to crops, buildings, facilities and vehicles. The first step of the wind erosion control is the stabilization of soil particles. Soil stabilizing methods to control wind erosion can be classified into mechanical, biological and chemical stabilization. Mechanical soil stabilization type is relatively time-consuming and costly. Biological stabilization is a traditional way that exhibits a long-term validity but sandy soil cannot provide essential water and nutrition elements needed by plant. Recently, chemical stabilization such as high-molecular-weight anionic polyacrylamide (PAM) has attracted the attention of researchers because of its advantages in easy and quick construction, and the improvement of the growing conditions for plant. However PAM has been mainly used to control water erosion and there is still little available information regarding the effectiveness of PAM on preventing soil loss by wind erosion. The main objective of this study was to investigate the feasibility of using PAM in wind erosion controlling. Also, effects of PAM on some soil physical and chemical properties and their temporal variability were evaluated.

Materials and Methods: In this study polyacrylamide polymer was used as a restoration of soil and soil structure stabilizer on sandy soil of Azadegan Plain (Khuzestan province, Iran). Consequently, an experiment was conducted as factorial based on completely randomized design with three replicates. The experimental treatments were consist polyacrylamide polymer (PAM) at three levels (0, 0.5, and 1 %), soil moisture at two levels (80% FC and dry) and time duration at three levels (15, 30 and 45 days). The emulsion of PAM was sprayed homogeneously on the soil surface. After passing each time treatment, penetration resistance and some physical and chemical properties of soil was measured. Finally after doing all measurements, the treatment with maximum penetration resistance were selected and the sample was prepared for wind tunnel testing. The wind erosion experiments were conducted in a wind tunnel. Soil samples were located in removable trays. The width and length of the trays was 30 and 100 cm, respectively. The wind erosion experiments were performed under wind velocity of 12 m s^{-1} according to the actual situation of study area.

Results and Discussion: The results indicated that in comparison to control, soil acidity decreased at both levels of the polymer with increasing time. The decreasing of soil acidity in wet treatments was more than dry treatment. The lowest amount of pH was obtained in the 30-day wet treatment at 1% polymer level. The results show from the 30th day onwards, soil pH increased, which is probably due to the polymer degradation. With passing time, soil electrical conductivity (EC) at both levels of the polymer (0.5 and 1%) increased and decreased respectively after 30 days. These observations are probably because after 30 days the properties of polymer-hydrophilic units gradually decrease and water adsorption was reduced or that soil soluble salts were adsorbed by polymer particles. The results also showed with passing time, *Mean Weight-Diameter* of *Soil* Aggregates (MWD) increased and then after 30 days declined. The largest MWD was observed in 30 days treatment at 1% polymer level. After thirty days, its effect has probably diminished due to polymer degradation. Furthermore, the results showed no significant difference of bulk density among treated soil with different level of polymer, but application of polymer caused to decrease bulk density comparison to control. Polymer application increased soil penetration resistance significantly. Using 1% of polymer increased it to 6 kg/m^2. The results also indicated that the soil resistance at first increased with time and then decreased significantly. The amount of soil penetration resistance at 45-day was less than 15-day. The results of wind tunnel with a maximum 12 m/s wind velocity showed that application of the polymer reduced the erosion of sands samples to zero.

Conclusion: The research results indicated that PAM application increased soil penetration resistance and MWD. The polymer could improve the structure of soil aggregates and increase the amount of dry-stable aggregates and therefore decrease soil bulk density. Spraying PAM solution on the surface of soil significantly

1, 2 and 3- MSc Student and Associate Professors, Department of Soil Science, Faculty of Agriculture, Shahid Chamran University of Ahvaz, Respectively
4- Associate Professor, Ramin Agriculture and Natural Resources University of Khuzestan
(*- Corresponding Author Email: a.farrokhian@scu.ac.ir)

decreased the wind erosion amounts. Therefore, this inexpensive and easily usable polymer can be considered as a soil stabilizer to control wind erosion in arid and semiarid areas.

Keywords: Penetration resistance, Soil moisture, Time, Wind tunnel