

## تاثیر پلی‌اکریل‌آمید و ماده آلی بر سه نمایه پایداری ساختمان در دو خاک ریز و متوسط بافت با

### تعداد تر و خشک شدن متفاوت

محمد رضا نیشابوری<sup>1</sup>، معصومه میرزاجانی<sup>2\*</sup>، شاهین اوستان<sup>3</sup>

تاریخ دریافت: 88/08/20 تاریخ پذیرش: 90/05/29

1- استاد گروه علوم خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز

2- دانشجوی سابق کارشناسی ارشد گروه علوم خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز

3- دانشیار گروه علوم خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز

\* مسئول مکاتبه: Email: [rshahbaz@gmail.com](mailto:rshahbaz@gmail.com)

### چکیده

نمایه‌های متفاوتی نظیر پایداری خاکدانه‌ها در آب (WAS)، میانگین وزنی قطر خاکدانه در شرایط خیس شدن سریع ( $MWD_f$ ) و رس قابل پراکنش (DC) برای توصیف پایداری خاکدانه ارائه شده‌اند. پلی‌اکریل‌آمید (PAM) در اصلاح ساختمان خاک به طور گسترده به کار رفته است. از اهداف این پژوهش، بررسی استمرار تاثیر PAM بر نمایه‌های ذکر شده در دو نوع خاک ریز و متوسط بافت بود. آزمایش به صورت گلدانی با سه تیمار شامل پلی‌اکریل‌آمید آنیونی (P) در سه سطح 0، 10 و 30 میلی‌گرم بر کیلوگرم خاک، ماده آلی (OM) به صورت کود دامی پوسیده در دو سطح 0 و 5 درصد وزنی و چرخه تر و خشک شدن (N) در پنج سطح به تعداد 1، 3، 5، 10 و 15 مرتبه اجرا شد. تغییرات متوسط رطوبت در گلدانها در هر چرخه بین FC (معادل 25 kPa) و 0/5 FC متغیر بود. آزمایش به صورت فاکتوریل  $2 \times 3 \times 5$  در قالب طرح بلوکهای کامل تصادفی در سه تکرار انجام شد. خاک گلدانها در شرایط آزمایشگاه در دمای حدود 22-25 درجه سلسیوس نگهداری شدند. بیشترین مقدار WAS و  $MWD_f$  در هر دو خاک مربوط به سطح 5% ماده آلی و 30 میلی‌گرم PAM بر کیلوگرم بود. در سطوح یاد شده در مقایسه با شاهد (PAM و ماده آلی صفر) WAS نزدیک به 3/28 برابر در خاک لوم شنی و 2/4 برابر در خاک لوم رسی افزایش داشت. اوج تاثیر PAM در خاک متوسط بافت پس از سه مرتبه اعمال چرخه تر و خشک شدن ظاهر شد و طی چرخه‌های بعدی کاهش یافت. تاثیر PAM بر WAS و  $MWD_f$  در خاک ریز بافت تا چرخه پانزدهم به طور خطی بالا رفت و کاهش نداشت. تاثیرپذیری DC از PAM در جهت عکس WAS و  $MWD_f$  بود. ماده PAM به عنوان یک اصلاح کننده کارایی بالایی در بهبودی پایداری خاکدانه‌ها در هر دو خاک از خود نشان داد.

واژه‌های کلیدی: پایداری خاکدانه، پلی‌اکریل‌آمید (PAM)، چرخه تر و خشک، ماده آلی، نمایه‌های پایداری ساختمان

## Effect of Polyacrylamide and Organic Matter on Three Structure Stability Indices in Two Fine and Medium Textured Soils Under Various Wetting and Drying Cycles

MR Neyshabouri<sup>1</sup>, M Mirzajani<sup>\*2</sup>, Sh Oustan<sup>3</sup>

Received: 11 November 2009 Accepted: 20 August 2011

<sup>1</sup> Prof., Dept. of Soil Sci., Faculty of Agric., Univ. of Tabriz, Iran.

<sup>2</sup> Former MSc Student, Dept. of Soil Sci., Faculty of Agric., Univ. of Tabriz, Iran.

<sup>3</sup> Assos., Prof., Dept. of Soil Sci., Faculty of Agric., Univ. of Tabriz, Iran.

\* Corresponding author : E-mail [rshahbaz@gmail.com](mailto:rshahbaz@gmail.com)

### Abstract

Several quantitative stability indices including wet aggregate stability (WAS), mean weight diameter under fast wetting (MWD<sub>f</sub>) and dispersible clay (DC) have been employed to evaluate soil structure stability. Polyacrylamide (PAM) and organic matter as soil conditioners are vastly used to improve soil structure. This project was carried out to study the effects of PAM and organic matter on aggregate stability of two sandy loam and clay loam soils. It was conducted in pot under greenhouse conditions with applying anionic PAM at three rates (0, 10, 30 mg kg<sup>-1</sup>), organic matter to form decomposed animal manure < 0.5 mm at two rates (0 and 5 % by weight) and cycles of wetting and drying at five rates (1, 3, 5, 10, 15) with moisture contents ranged from FC to about 1/2 FC. The pots were kept at 22 – 25<sup>0</sup>C under laboratory condition. The experiment was conducted as a factorial based on randomized complete block design with three replications. Indices of WAS, MWD<sub>f</sub> and DC were measured after 1, 3, 5, 10 and 15 wetting and drying cycles in three replicates. Results showed that with 5 % OM and 30 mg kg<sup>-1</sup> PAM, WAS increased about 3.28 times in sandy loam and nearly to 2.4 times in clay loam soil. The climax effect of PAM on WAS in sandy loam occurred after 3 cycles of wetting and drying and thereafter it gradually declined to about half. In the clay loam soil both WAS and MWD<sub>f</sub> steadily increased up to 15 cycles and never decreased. The effect of PAM on DC at both rates of PAM application was the reverse of WAS and MWD<sub>f</sub>. As an organic amendment, PAM appeared to have great ability in improving structure stability in both soils.

**Keywords:** Aggregate stability, Organic matter, Polyacrylamide, Structure stability indices, Wetting and drying cycles

### مقدمه

در تخریب ساختمان خاک است. ارایه راهکارهایی برای ارزیابی میزان پایداری خاکدانه و مهم‌تر از آن روش جلوگیری از کاهش پایداری در جهت بهبود وضعیت

ساختمان خاک بر حرکت آب در خاک و تبادل گازها که هر دو از عوامل مهم رشد گیاه هستند، تاثیر فراوان دارد. فروپاشی یا خرد شدن خاکدانه عامل مهمی

فیزیکی خاک، از جنبه‌های مختلف حائز اهمیت است (لال و شکولا 2004).

پایداری خاکدانه‌ها با چندین روش تعیین و نتیجه به صورت نمایه‌های مختلف بیان می‌شود. از جمله آنها می‌توان به روش‌های واستامیدین - داقلاس (1985)، کمپر - روسنا (1986)، پوجاسوک و کی (1990)، لی بیسونس (1996)، لیوی - میلر (1997) و دل آکیلا (2002) اشاره کرد. روش کمپر - روسنا پایداری خاکدانه‌های 1-2 میلی‌متری را در مقابل خیس شدن و غربال در آب اندازه می‌گیرد و نتیجه به صورت درصد خاکدانه‌های پایدار در آب (WAS) بیان می‌شود. روش مذکور نسبت به دیگر روش‌ها آسانتر و سریع‌تر بوده و بیش‌تر مورد توجه قرار گرفته است.

نمایه بعدی، میانگین وزنی قطر خاکدانه (MWD) است که مبتکر آن وان بیول (1949) بوده است. لی بیسونس (1996) نحوه اندازه‌گیری MWD را با سه شیوه خیس کردن ابتدایی خاکدانه‌ها با جزئیات بیشتری برای خاکدانه‌های کمتر از 3 میلی‌متر بیان کرد. رس قابل پراکنش (DC) که حاصل غربال خاکدانه‌ها در داخل آب می‌باشد توسط پوجاسوک و کی (1990) پیشنهاد شد. دو روش اخیر در مقایسه با روش کمپر - روسنا به زمان بیشتر نیاز دارد.

توجه به عوامل مؤثر و دخیل در پایداری خاکدانه‌ها بعد دیگری از مطالعه ساختمان بوده است. تیزدال و اودز (1982) گزارش کردند که اثر مواد آلی در افزایش پایداری ساختمان خاک غالباً در خاک‌های با بیش از دو درصد ماده آلی رخ می‌دهد. مواد آلی همچنین اثر تخریبی سدیم تبدالی بر ساختمان خاک را کاهش می‌دهد. تأثیر مثبت خیلی از ترکیبات آلی و معدنی به عنوان عامل به هم‌آورنده ذرات خاک و ایجاد خاکدانه‌های پایدار توسط محققان مختلف گزارش شده است.

ؤانگ و هورن (2001) نشان دادند که اکسیدها و هیدروکسیدهای آهن و آلومینیم در پایداری خاکدانه‌ها

تأثیر فراوان دارند. بروکا و همکاران (2002) به این نتیجه رسیدند که علاوه بر درصد رس، نوع رس نیز یک عامل مهم در میزان پایداری خاکدانه‌ها می‌باشد و لذا پایداری ساختمان در خاک‌های رسی، بستگی به خصوصیات فیزیکی و شیمیایی رس آن‌ها نیز دارد.

پلی‌اکریل‌آمید (PAM) با فرمول شیمیایی  $(H_2-n)$  یک پلیمر مصنوعی محلول در آب است که از مونومرهای اکریل‌آمید ساخته می‌شود و به عنوان یک اصلاح کننده ساختمان خاک در سطح وسیع به کار رفته است. پلیمر PAM ذرات معلق در خاک را به هم می‌چسباند و از تخریب خاکدانه‌های سست جلوگیری می‌نماید (نیشی هارا و شوک 2001). پلیمر PAM دارای انواع آنیونی و کاتیونی است که از نظر ساختاری با هم تفاوت دارند. تحقیقات نشان داده است که PAM کاتیونی مؤثرتر از PAM آنیونی است (هلایا و لتی 1988). میزان تأثیر مثبت پلیمرها بر ساختمان خاک وابسته به نوع پلیمر، وزن مولکولی، مقدار و روش مصرف آن، بافت خاک، مینرالوژی و وضعیت خاک در هنگام مصرف پلیمرها می‌باشد. بر اساس یافته‌های میچل (1986) مصرف PAM به حالت دانه‌های خشک نتایج رضایت بخشی نداده است، زیرا به هنگام مرطوب شدن متورم می‌شود و به صورت حل نشده و ژلاتینی (حالت ژله‌ای) در می‌آید که باعث انسداد فیزیکی منافذ خاک می‌شود و تأثیر چندانی بر کنترل اضمحلال ساختمان خاک ندارد.

مطالعات انجام یافته نشان داد که کاربرد مواد مصنوعی همانند پلی‌اکریل‌آمید، به عنوان اصلاح کننده خاک اثرات مفیدی در جلوگیری از تشکیل سله، بهبود جوانه زنی بذر (کوک و نلسون 1980)، فرسایش و رواناب (بن هور و همکاران 1990 و زیاومین و زشینگ 1995) دارد. مورسی و همکاران (1991) در بررسی اثرات پلیمرها بر هدایت هیدرولیکی خاک‌های شور-سدیمی به این نتیجه رسیدند که PAM در افزایش  $K_s$  در بین مشتقات گوار و سایر پلیمرها بیشتر مؤثر بوده

شور و سدیمی بودن فاقد ساختمان یا دارای ساختمان ناپایدار بود.

هر دو نوع خاک از عمق 0-20 سانتی‌متری مناطق ذکر شده تهیه شدند. نمونه‌ها به آزمایشگاه منتقل و پس از هوا خشک شدن و گذراندن از غربال 2 میلی‌متری خصوصیات فیزیکی و شیمیایی آن‌ها شامل pH، SAR و EC<sub>e</sub> در عصاره گل اشباع خاک، بافت، درصد کربن آلی (OC)، درصد کربنات کلسیم معادل (CCE)، ظرفیت تبادل کاتیونی (CEC) به روش‌های متداول اندازه‌گیری شدند (جدول 1). خاک غربال شده (<2mm) در گلدان‌های پلاستیکی به ارتفاع 10 و قطر 11 سانتی‌متر ریخته شد. جرم مخصوص ظاهری ایجاد شده در گلدان پلاستیکی در حد متداول یعنی 1/3 گرم بر سانتی‌مترمکعب بود. ماده آلی به صورت کود دامی پوسیده پس از عبور از غربال 0/5 میلی‌متری به مقدار 52 گرم به هر گلدان (معادل 5 درصد وزنی) اضافه و سپس با خاک به طور یکنواخت مخلوط شد. PAM مورد نیاز به صورت محلول در آب با اولین آبیاری به گلدان‌ها اضافه گردید. شروع آزمایش با رساندن خاک گلدان‌ها به رطوبت FC (رطوبت معادل 20 و 30 کیلوپاسکال مکش به ترتیب در خاک لوم شنی و لوم رسی) بود. پس از اولین آبیاری، برای مدت یک هفته یکنواخت رطوبت پوشانده شد. سپس خاک گلدان‌ها در معرض تبخیر قرار گرفت و اولین چرخه خشک شدن آغاز گردید. چرخه تر و خشک شدن بعدی زمانی بود که متوسط رطوبت خاک هر گلدان به حدود FC 0/5 رسیده باشد که از طریق توزین گلدان‌ها تعیین شد و حجم آب در هر آبیاری به مقداری بود که رطوبت خاک را از FC 0/5 مجدداً به FC برساند.

است و همچنین دریافتند که نقش PAM در پایداری خاکدانه‌ها ممکن است به علت وزن مولکولی بالای این ماده باشد. آل عابد و همکاران (2003) در بررسی اثر PAM بر کنترل فرسایش و افزایش نفوذ پذیری یک خاک لوم رسی مشاهده کردند که کارایی PAM با آبیاری‌های بعدی کاهش یافت. کاهش فرسایش برای اولین و چهارمین آبیاری به ترتیب 72 و 47/6 درصد و افزایش نفوذ پذیری به ترتیب 36 و 20/8 درصد بود. ابوزریح (2006) اثر مثبت PAM بر کنترل فرسایش، رواناب و افزایش نفوذپذیری خاک‌های رس سیلتی را گزارش کردند. سوچکا و همکاران (2007) مشاهده کردند PAM در خاک‌های درشت بافت نه تنها نفوذپذیری را تغییر نداد بلکه به مقدار جزئی آن را کاهش داد. در خاک‌های متوسط و ریز بافت PAM نفوذپذیری را بین 15 تا 50 درصد بالا برد.

علی‌رغم تحقیقات گسترده در مورد اثرات PAM بر روی ساختمان خاک، دوام یا استمرار تاثیر PAM در خاک و اثر متقابل آن با ماده آلی به حد کافی بررسی نشده است. هدف این پژوهش بررسی کاربرد PAM در سه سطح مختلف با و بدون افزودن ماده آلی بر روی پایداری ساختمان خاک و استمرار آن در طول 15 چرخه تر و خشک شدن خاک در طول ده ماه در شرایط آزمایشگاهی بوده است.

## مواد و روش‌ها

### نمونه‌برداری خاک و آماده‌سازی گلدان‌ها

با توجه به محدودیت زمانی، هزینه، امکانات و هدف آزمایش دو نوع خاک انتخاب شد. خاک اول از اراضی ایستگاه تحقیقات کشاورزی دانشگاه تبریز واقع در منطقه کرکج با بافت لوم شنی بود. خاک دوم از دشت تبریز با بافت لوم رسی انتخاب شد که به دلیل

جدول 1- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک‌های مورد بررسی.

محل نمونه- برداری	شن (%)	سیلت (%)	رس (%)	کلاس رس یافت (USDA)	OC (%)	(%CCE) (%)	pH <sub>e</sub>	SAR	CEC (cmol <sub>e</sub> kg <sup>-1</sup> )	EC <sub>e</sub> (dS m <sup>-1</sup> )
کرکج	69/4	20/9	9/7	لوم شنی	0/62	21	8/1	2/3	9/2	1/87
دشت تبریز	22/3	44/5	33/1	لوم رسی	0/84	31/7	7/3	52/4	19/4	88/2
OC = کربن آلی	pH = pH <sub>e</sub> عصاره اشباع					CEC = ظرفیت تبادل کاتیونی				
CCE = کربنات کلسیم معادل	SAR = نسبت جذب سدیم					EC <sub>e</sub> = قابلیت هدایت الکتریکی عصاره اشباع				

### اندازه گیری نمایه‌های پایداری پایداری خاکدانه‌ها در آب (WAS)

نمایه WAS مطابق روش کمپر و روسنا (1986) برای خاکدانه‌های هوا خشک 2-1 میلی‌متری تعیین گردید. روش مذکور مبتنی بر غربال کردن خاکدانه‌ها در آب است. برای این منظور 20 گرم خاکدانه هوا خشک در غربال 0/25 میلی‌متری با قطر دهانه 6 سانتی‌متری ریخته شد و برای اشباع کردن تدریجی در داخل دسیکاتور قرار گرفت. پس از اشباع غربال 0/25 میلی‌متر داخل دستگاه غربال تر که مخصوص اندازه‌گیری این نمایه بود قرار داده شد. مدت غربال کردن خاکدانه‌ها در آب مقطر پنج دقیقه، ارتفاع نوسان یک سانتی‌متر و شدت آن 30 نوسان در دقیقه انتخاب شد. در این روش WAS به عنوان ملاک پایداری برابر با نسبت وزن خاکدانه‌های متلاشی نشده به وزن اولیه آن‌ها پس از کسر شن بزرگتر از 0/25 میلی‌متر است. نتیجه به صورت درصد خاکدانه‌های پایدار بیان می‌شود.

### میانگین وزنی قطر خاکدانه (MWD)

از روش لی بیسونس (1996) برای اندازه گیری MWD خاکدانه‌های هوا خشک 2-1 میلی‌متری استفاده گردید. این روش در سه مرحله صورت می‌گیرد: مرحله اول خیس کردن خاکدانه، مرحله دوم غربال کردن آن‌ها در اتانول 96 درصد و مرحله سوم جمع‌آوری مواد به جا مانده بر روی غربال 0/05 میلی‌متری،

خشک کردن آن و غربال کردن آن‌ها با سری الک‌های 2، 1، 0/5، 0/25 و 0/1 میلی‌متر است. MWD از روی توده باقی‌مانده بر روی هر غربال محاسبه و معمولاً بر حسب میلی‌متر بیان می‌شود. خیس کردن نیز به سه شیوه سریع، ملایم و خیس کردن به همراه تکان دادن انجام می‌گیرد. در مطالعه حاضر تنها از شیوه خیس‌اندن سریع خاکدانه‌ها به دلیل سرعت عمل اندازه‌گیری و شبیه‌سازی بهتر شرایط مزرعه‌ای استفاده شد. اندیس f در MWD نشان دهنده خیس کردن سریع خاکدانه در مرحله نخست است.

### رس قابل پراکنش (DC)

این نمایه و شیوه اندازه‌گیری آن توسط پوجاسوک و کی (1990) برای ارزیابی پایداری خاکدانه‌های هوا خشک 2-1 میلی‌متری ارائه گردید. نمایه بر حسب گرم رس قابل پراکنش در صد گرم خاکدانه بیان می‌شود. برای این منظور ابتدا 5 گرم خاکدانه هوا خشک 2-1 میلی‌متری بر روی صفحه متخلخل متصل به ستون آب آویزان تحت مکش 0/1 کیلو پاسکال (معادل 1 سانتی‌متر آب) به مدت 1/5 ساعت خیس شدند. سپس با استفاده از 40 میلی لیتر آب مقطر خاکدانه‌ها به آرامی به داخل لوله‌های پلاستیکی 50 میلی‌لیتری شسته شدند. لوله‌ها به مدت 10 دقیقه در تکان‌دهنده با تعداد نوسان 100 رفت و برگشت در دقیقه تکان داده شدند. آن گاه محتویات لوله‌ها روی غربال 0/25 میلی‌متر تخلیه و با استفاده از

نتایج تجزیه واریانس (جدول 2) برای سه تیمار ماده آلی، پلی‌اکریل‌آمید و تعداد چرخه‌های تر و خشک نشان داد که هم اثر تیمارها و هم اثر متقابل آنها بر  $WAS$ ،  $MWD_f$  و DC در سطح احتمال یک یا پنج درصد معنی‌دار شده است. این نکته بیان‌گر این است که اثر ترکیبی تیمارها بر نمایه‌های پایداری، متفاوت از اثر انفرادی آنها می‌باشد.

حداکثر  $WAS$  و  $MWD_f$  در هر دو خاک مربوط به 5 درصد ماده آلی بود (جدول 2). کربن آلی موثرترین عامل پایداری خاکدانه شناخته شده است و در کاهش اثر مخرب سدیم بر پایداری ساختمان خاک نقش مهمی دارد. گلدبرگ و همکاران (1998) ضریب تبیین ( $R^2$ ) بین  $WAS$  و OC را در مطالعه‌ای با 34 نمونه خاک، برابر 0/52، اینارد و همکاران (2005) در 8 نمونه خاک، 0/83، صفر‌علیزاده (1384) در 19 نمونه خاک، 0/65 گزارش کردند. چنو و همکاران (2000) در مطالعه‌ای با عنوان تاثیر ماده آلی بر  $MWD_f$  به این نتیجه رسیدند که با افزایش کربن آلی خاک  $MWD_f$  نیز افزایش می‌یابد. کورتین و مولین (2002) نیز دریافتند که  $MWD_f$  رابطه مستقیمی با درصد کربن آلی خاک دارد. در هر دو خاک حداکثر DC مربوط به سطح صفر ماده آلی (بدون افزودن ماده آلی) می‌باشد. تاجیک و همکاران (2003) مشاهده کردند که با افزایش ماده آلی،  $WAS$  افزایش و DC کاهش می‌یابد. به عبارت دیگر، مواد آلی باعث افزایش پایداری می‌گردد. البته میزان اثر مواد آلی نه تنها به مقدار و نوع آن بلکه به دیگر ویژگی‌های خاک مانند نوع و مقدار رس، درجه سدیمی بودن خاک و تراکم عملیات زراعی نیز بستگی دارد (گلدبرگ و همکاران 1998).

حداکثر پایداری در هر دو خاک مربوط به سطح دوم پلی‌اکریل‌آمید (30 میلی‌گرم بر کیلوگرم خاک) است (شکل‌های 1 و 2). پلی‌اکریل‌آمید آنیونی از طریق شیمیایی استحکام پیوند بین ذرات اولیه را زیاد می‌کند و این باعث پایداری خاکدانه‌ها، کاهش تخریب و کاهش

80 میلی‌لیتر آب مقطر در دو نوبت شسته شدند. تعلیق حاصل از شستشو در لوله‌های 100 میلی‌لیتری جمع‌آوری و 40 دقیقه پس از بهم زدن تعلیق، نمونه‌ای از عمق 3/54 سانتی‌متری (محاسبه شده از قانون استوک برای ذرات در اندازه رس) به وسیله پیپت رایبسنون تهیه شده و مقدار جذب تعلیق با دستگاه اسپکتروفوتومتر در طول موج 620 نانومتر قرائت و با استفاده از معادله واسنجی، غلظت رس معلق محاسبه گردید. جزئیات واسنجی و معادلات مربوطه برای دو خاک مورد استفاده توسط میرزاجانی (1387) ارائه شده است.

### تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها

این آزمایش به صورت فاکتوریل  $2 \times 3 \times 5$  در قالب طرح بلوکهای کامل تصادفی انجام شد. فاکتور اول ماده آلی در سطوح 0 و 5 درصد وزنی، فاکتور دوم پلی‌اکریل‌آمید در سطوح 0 و 10 و 30 میلی‌گرم بر کیلوگرم خاک و فاکتور سوم دفعات چرخه‌های تر و خشک به هنگام اندازه‌گیری نمایه‌های پایداری بود که به تعداد 1، 3، 5، 10 و 15 مرتبه اعمال شد. آزمایش در سه تکرار انجام یافت. آزمون معنی‌دار بودن تفاوت میانگین‌ها به روش دانکن و در سطح احتمال یک و پنج درصد و با به کارگیری نرم افزار MSTATC (علیزاده و تاروی نژاد 1380) و EXCEL صورت گرفته است.

### نتایج و بحث

جدول 1 تعدادی از خصوصیات دو خاک مورد آزمایش را نشان می‌دهد. بافت خاک کرکچ، لوم شنی است و جزء خاک‌های متوسط بافت به شمار می‌آید. این خاک با توجه به SAR و  $EC_e$  کم آن اساساً فاقد مشکل شوری و سدیمی است. خاک دشت تبریز با بافت لوم رسی با توجه به ماده آلی ناچیز و  $EC_e$  و SAR بسیار بالای آن از پایداری پایینی برخوردار بوده و فاقد زهکشی و نفوذپذیری مناسب است. نداشتن زهکشی کافی و در نتیجه تهویه مناسب از لحاظ شرایط فیزیکی مشکلات عمده این خاک‌ها از جنبه زراعی است.

خشک بر نمایه‌های WAS و DC در سطح 1% و بر  $MWD_f$  در سطح 5% (جدول 2) معنی‌دار شده است.

اثر متقابل سه تیمار برای WAS در شکل‌های 1 و 2 به ترتیب برای خاک لوم شنی و لوم رسی قابل مشاهده است. شکل‌ها نشان می‌دهد که اثر متقابل OM و PAM بر WAS به صورت مثبت یا تشدید بوده است. به این معنی که با افزایش OM از 0 به 5 و PAM از 0 به 10 و سپس به 30 به صورت توأم باعث افزایش قابل توجه WAS شده است. چگونگی اثر متقابل OM و PAM بر روی  $MWD_f$  و DC کاملاً مشابه با WAS بوده است و لذا اشکال مربوط به آن‌ها (نظیر شکل‌های 1 و 2) ارائه نشد. بالاترین  $MWD_f$  و کمترین DC نیز در بیشترین سطح OM و PAM (جدول 3) حاصل شده است.

مقایسه شکل‌های 1 و 2 نشان می‌دهد که روند تغییرات WAS با تعداد چرخه‌های تر و خشک ( $N_t$ ) تا  $N_5$  در دو خاک کاملاً متفاوت بوده است. بالاترین WAS در خاک لوم شنی با 5% OM و 30 میلی‌گرم بر کیلوگرم PAM پس از سه مرتبه تر و خشک شدن حاصل شده، در صورتی که در خاک لوم رسی با همان مقادیر PAM و OM پس از 15 مرتبه ایجاد شده است. علت دقیق این تفاوت از داده‌های موجود مشخص نیست. درصد پایین رس، CEC و CCE در خاک لوم شنی (جدول 1) احتمالاً باعث شده که PAM و ماده آلی سریع‌تر (پس از سه مرتبه تر و خشک شدن) حداکثر اثر خود را نشان بدهند و تاثیرشان نیز در مقایسه با خاک لوم رسی (325 در مقابل 238 درصد) بالاتر باشد. در خاک لوم رسی، بالا بودن درصد رس و آهک باعث شده که اثر مثبت PAM بر روی افزایش نمایه‌های پایداری به تدریج خود را نشان بدهد. آل‌عابد و همکاران (2003) در بررسی اثر PAM بر روی فرسایش و نفوذپذیری خاک روندی مشابه با خاک لوم شنی در تحقیق جاری گزارش کردند. در تحقیق آنان حداکثر تاثیر PAM بر روی کاهش فرسایش و افزایش نفوذ

انسداد منافذ خاک می‌شود (نیشی هارا و شوک 2001). تری و همکاران (1986) طی آزمایشی به خصوصیت ژله شدن این پلیمر اشاره نمودند که بعد از خشک شدن در سطح ذرات باقی مانده و از نفوذ فروسنج جلوگیری می‌کند و همچنین باعث استحکام و پایداری خاکدانه‌ها می‌شود. کوک و نلسون (1980) در مورد اثرات مثبت PAM بر بهبود ساختمان خاک، کاهش میزان تخریب خاکدانه و تشکیل سله به نتایج مشابهی رسیدند. مقایسه میانگین‌ها نشان می‌دهد که حداکثر DC در هر دو خاک مربوط به سطح صفر پلی‌اکریل‌آمید می‌باشد که با حداقل مقدار WAS و  $MWD_f$  هماهنگی دارد.

حداکثر WAS و  $MWD_f$  در خاک لوم شنی بعد از 3 چرخه و در خاک لوم رسی بعد از 15 چرخه اتفاق افتاد (شکل‌های 1 و 2). تغییرات DC درست در خلاف این جهت بوده است. در خاک لوم رسی اثر مثبت PAM بر WAS و  $MWD_f$  تا چرخه 15 ادامه یافته است و لذا اوج زمان تاثیر پلی‌اکریل‌آمید در دو خاک متفاوت است. این تفاوت را می‌توان به نوع بافت، نوع رس، میزان منافذ ریز و درشت و شور و سدیمی بودن خاک لوم رسی نسبت داد.

در جدول 3 اثر ترکیبی یا اثر متقابل تیمارهای PAM و OM بر سه نمایه WAS،  $MWD_f$  و DC به صورت نسبی برای دو خاک مقایسه شده است. مقادیر سه نمایه در هر دو خاک برای شاهد (بدون OM و PAM) یک منظور شده و در بقیه تیمارها سه نمایه به نسبت شاهد محاسبه گردید. همچنانکه دیده می‌شود در سطح 5% ماده آلی و 30 میلی‌گرم بر کیلوگرم PAM، WAS در مقایسه با شاهد در خاک لوم شنی 3/28 و در لوم رسی 2/4 مرتبه افزایش یافته است. این مقادیر معادل 328 و 240 درصد افزایش هستند که رقم بسیار قابل توجهی و از نظر آماری در سطح احتمال 1 درصد معنی‌دار (جدول 2) است. اثر مثبت ترکیب مذکور از دو تیمار بر  $MWD_f$  و DC نیز در جدول 3 مشهود است. اثر متقابل سه تیمار ماده آلی، PAM و تعداد چرخه تر و

در تاثیر PAM بر روی نمایه‌های پایداری وجود دارد و لذا گزارش نتایج متفاوت در این زمینه نیز دور از انتظار نیست.

پذیری پس از اولین آبیاری اتفاق افتاد. به هر صورت عوامل متعددی نظیر درصد و نوع رس (نیشی هارا و شوک 2001)، ماده آلی (چنو و همکاران 2000) و اکسیدهای آهن و آلومینیم (گلدبرگ و همکاران 1998)

جدول 2- تجزیه واریانس نمایه‌های پایداری خاکدانه.

میانگین مربعات						درجه آزادی	منبع تغییر
DC		MWD <sub>f</sub>		WAS			
لوم رسی	لوم شنی	لوم رسی	لوم شنی	لوم رسی	لوم شنی		
0/00005 <sup>ns</sup>	0/0005 <sup>ns</sup>	0/001 <sup>ns</sup>	2/85 <sup>ns</sup>	0/013 <sup>ns</sup>	0/005 <sup>ns</sup>	2	تکرار
0/09 <sup>**</sup>	1/767 <sup>**</sup>	0/018 <sup>**</sup>	1/2 <sup>**</sup>	2188/94 <sup>**</sup>	14746/112 <sup>**</sup>	1	OM
0/056 <sup>**</sup>	0/195 <sup>**</sup>	0/012 <sup>**</sup>	0/275 <sup>**</sup>	1359/148 <sup>**</sup>	1641/949 <sup>**</sup>	2	PAM
0/005 <sup>**</sup>	0/004 <sup>**</sup>	1/1 <sup>*</sup>	0/007 <sup>**</sup>	131/838 <sup>**</sup>	38/966 <sup>**</sup>	2	OM*P
0/053 <sup>**</sup>	0/146 <sup>**</sup>	0/014 <sup>**</sup>	0/003 <sup>*</sup>	1301/39 <sup>**</sup>	1235/989 <sup>**</sup>	4	N
0/001 <sup>**</sup>	0/013 <sup>**</sup>	0/001 <sup>*</sup>	0/0005 <sup>**</sup>	13/339 <sup>**</sup>	107/449 <sup>**</sup>	4	O*N
0/00025 <sup>**</sup>	0/001 <sup>**</sup>	0/001 <sup>*</sup>	0/00025 <sup>*</sup>	5/61 <sup>**</sup>	11/758 <sup>**</sup>	8	P*N
0/001 <sup>**</sup>	0/008 <sup>**</sup>	0/00025 <sup>*</sup>	0/00025 <sup>*</sup>	16/146 <sup>**</sup>	66/133 <sup>**</sup>	8	O*P*N
1/7×10 <sup>-6</sup>	1/7×10 <sup>-5</sup>	0/00012	0/000017	0/000069	0/00036	58	خطا
0/23	0/41	2/01	0/42	0/03	0/5		CV (%)

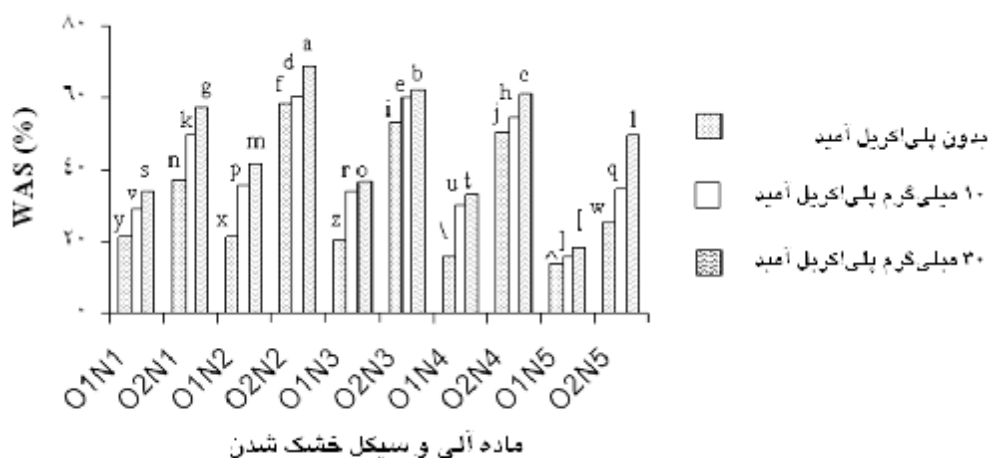
ns: اختلاف غیر معنی‌دار \* و \*\*: اختلاف معنی‌دار به ترتیب در سطح احتمال یک و پنج درصد  
OM, PAM, N به ترتیب به معنی ماده آلی، PAM و تعداد سیکل تر و خشک شدن می‌باشد

جدول 3- مقایسه مقادیر نسبی WAS، MWD<sub>f</sub> و DC در تیمارهای مختلف در مقایسه با شاهد.

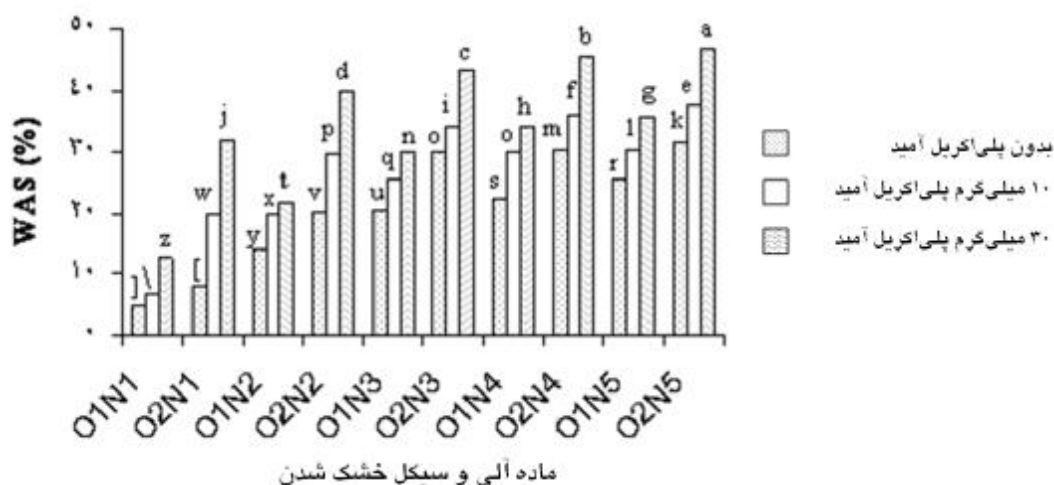
DC		MWD <sub>f</sub>		WAS		میزان PAM (mgkg <sup>-1</sup> )	مقدار ماده آلی (%)
لوم رسی	لوم شنی	لوم رسی	لوم شنی	لوم رسی	لوم شنی		
1	1	1	1	1	1	0	
0/91	0/81	1/04	1/29	1/32	1/58	10	0
0/59	0/74	1/07	1/38	1/54	1/78	30	
0/9	0/51	1/05	1/48	1/38	2/44	0	
0/79	0/38	1/09	1/66	1/81	2/88	10	5
0/87	0/23	1/13	1/77	2/4	3/28	30	

مقادیر WAS، MWD<sub>f</sub> و DC در شاهد (خاک بدون افزودن PAM و ماده آلی) برابر واحد منظور شده است.





شکل 1- مقایسه میانگین نمایه WAS برای سطوح مختلف ماده آلی (O)، پلی‌اکریل‌آمید و تعداد سیکل تر و خشک شدن (N) در خاک لوم شنی (میانگین‌های دارای حروف مشابه تفاوت معنی‌داری از نظر آماری در سطح احتمال 1 درصد ندارند).



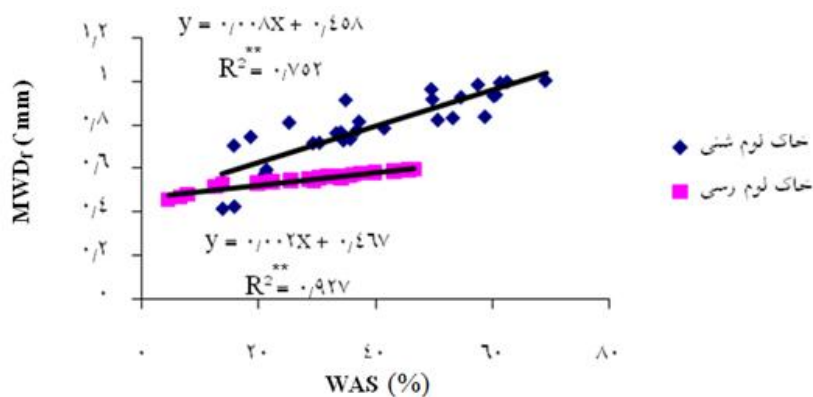
شکل 2- مقایسه میانگین نمایه WAS برای سطوح مختلف ماده آلی (O)، پلی‌اکریل‌آمید و تعداد سیکل تر و خشک شدن (N) در خاک لوم رسی (میانگین‌های دارای حروف مشابه تفاوت معنی‌داری از نظر آماری در سطح احتمال 1 درصد ندارند).

گر استفاده کردند. ضریب تبیین ( $R^2$ ) بین  $MWD_f$  و WAS (شکل 3) برای هر دو خاک در سطح احتمال 1% معنی‌دار است و ضریب مذکور بین DC و WAS (شکل 4) نزدیک به یک است. در شکل‌های 3 و 4 دقت در ضرایب معادله رگرسیون نشان می‌دهد که مقادیر این دو وابسته به نوع خاک می‌باشد و این مسئله تخمین DC یا  $MWD_f$  از روی WAS را محدودتر می‌سازد. به هر صورت برای دسترسی به یک تابع انتقالی عمومی که

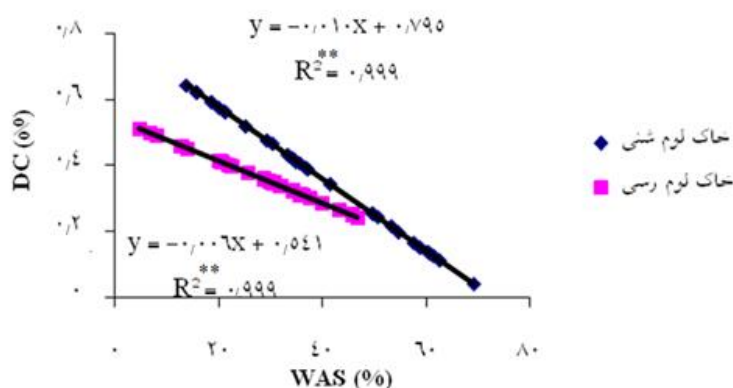
در شکل‌های 3 و 4 همبستگی بین نمایه‌های  $MWD_f$  و DC با WAS نشان داده شده است. اندازه‌گیری WAS به مراتب سهل‌تر و سریع‌تر از دو نمایه دیگر است. از این‌رو وجود همبستگی قوی بین دو نمایه یاد شده با WAS می‌تواند به تخمین قابل قبول  $MWD_f$  یا DC بدون نیاز به اندازه‌گیری آن کمک نماید. بیات و همکاران (1387) در بهبود توابع انتقالی برای تخمین منحنی رطوبتی خاک از  $MWD_f$  به عنوان تخمین-

بتوان از آن در تمامی خاک‌ها  $MWD_f$  یا DC را از روی WAS با اطمینان قابل قبول به دست آورد نیاز به تحقیق

بیشتری است.



شکل 3- رگرسیون خطی بین WAS و  $MWD_f$  به صورت جداگانه برای خاک لوم شنی و لوم رسی.



شکل 4- رگرسیون خطی بین WAS و DC به صورت جداگانه برای خاک لوم شنی و لوم رسی.

#### نتیجه گیری کلی

با افزایش مقدار ماده آلی و PAM در هر دو خاک، نمایه‌های WAS،  $MWD_f$  افزایش و DC کاهش یافت.

حداکثر شاخص‌های WAS،  $MWD_f$  در خاک لوم شنی بعد از سه مرتبه تر و خشک شدن اتفاق افتاد و از آن به بعد شاخص‌ها رو به کاهش گذاشتند. در خاک لوم رسی شاخص‌ها تا 15 مرتبه تر و خشک شدن تدریجاً به صورت خطی افزایش داشت و در 15 مرتبه به حداکثر رسیدند.

نظر به سرعت عمل و سهولت در اندازه گیری پایداری ساختمان، WAS نسبت به دو شاخص  $MWD_f$  و DC الویت دارد.

تجزیه واریانس هر سه شاخص‌های WAS،  $MWD_f$  و DC نشان داد که اثر متقابل بین سطوح ماده آلی، PAM و تعداد چرخه‌های تر و خشک شدن معنی دار است. بالاترین مقادیر WAS،  $MWD_f$  و نظیر آنها کمترین DC در دو خاک در ترکیب متفاوت از تیمارها حاصل شد.

پیشنهاد می شود این آزمایش در شرایط مزرعه با حضور گیاه و در سطوح بیشتر ماده آلی و PAM انجام شود.

## منابع مورد استفاده

- بیات ح، نیشابوری م و محمدی ک، 1387. ایجاد توابع انتقالی برای پیش‌بینی منحنی رطوبتی از طریق شبکه‌های عصبی مصنوعی (ANNs) و مدیریت گروهی داده‌ها (GMDH) با استفاده از پارامترهای فراکتالی و تجزیه به مؤلفه‌های اصلی. پایان نامه دکتری، دانشکده کشاورزی. دانشگاه تبریز.
- صفر علیزاده ن، 1384. اثر برخی از خصوصیات خاک بر نمایه های پایداری خاکدانه. پایان نامه کارشناسی ارشد. دانشکده کشاورزی. دانشگاه تبریز.
- علیزاده، ب و تازی نژاد آ، 1380. کاربرد نرم افزار MSTATC در تجزیه‌های آماری. تهران: انتشارات ستوده.
- میرزاجانی م، 1387. پایداری تاثیر پلی اکریل آمید (PAM) بر شاخصهای WAS، MWD و DC در دو خاک ریز و متوسط بافت. پایان‌نامه کارشناسی ارشد. دانشکده کشاورزی. دانشگاه تبریز.
- Abu-Zreig M, 2006. Runoff and erosion control of silt clay soil with land application of PAM. Archives of Agronomy and Soil Sci 52(3): 289-298.
- Al-Abed N, Amayreh J and Shudifat E, 2003. PAM effect on irrigation induced soil erosion and infiltration. Archives of Agronomy and Soil Sci 49(3): 301-308.
- Ben-Hur M, Letey MJ and ShinAberg I, 1990. Polymers effects on erosion under laboratory rain fall simulator conditions. Soil Sci Soc Am J 54: 1092-1095.
- Boravka L, Valla M, Donatova H and Nemecek K, 2002. Vulnerability of Soil Aggregates in Relation to Soil Properties. Czech University of Agriculture in Prauge , Czech Republic.
- Chenu C, Le Bissonnais Y and Arraouays D, 2000. Organic matter influence on clay wettability and soil aggregate stability. Soil Sci Soc Am J 69: 1479-1486.
- Cook DF and Nelson SD, 1980. Effect of Polyacrylamide on Seeding Emergence in crust-forming soils. Soil Sci 141(5): 328-333.
- Curtin JS and Mullen GJ, 2002. Spent Mushroom Compost Effect on Aggregate Stability and Percent Organic Carbon on Low Organic Matter Tillage Soils. Department of life Science, Schrodenger Building, University of Limerick, Limerick.
- Dell Aquila R, 2002. Un originale modello di apparecchio agitatore ad oscillazione verticale perla determinazione della stabilita degli aggregati del suolo. Atti Convegno Inaugurale ISAFOM, Portici, Naples, CNR- ISAFOM, Ercolano.
- Eynard A, Schumater TE, Lindstrom MJ and Malo DD, 2005. Effect of agriculture management systems on soil organic carbon in aggregates of ustolls and usterts. Soil and Tillage Research 81: 253-263.
- Goldberg S, Suarez DL and Glaubig RA, 1998. Factors affecting clay dispersion and aggregate stability of arid-zone soils. Soil Sci 146(5): 317-325.
- Helalia AM and Letey J, 1988. Cationic polymer effects on infiltration rates with rainfall simulator. Soil Sci Soc Am J 52: 246-250.
- Kemper WD and Rosenau RC, 1986. Aggregate stability and size distribution. In: Klute A. (Ed.) Methods of Soil Analysis. Part 1:2 Agron Monog 9. ASA and SSSA, Madison WI.
- Lal R and Shukla MK, 2004. Principles of Soil Physics. Marcel Dekker Inc.
- Le Bissonnais Y, 1996. Aggregate stability and assessment of soil crustability and erodibility: I. Theory and methodology. Europ J Soil Sci 47: 425-435.
- Levy GJ and Miller WP, 1997. Aggregate stabilities of some southeastern U. S. soils. Soil Sci Soc Am J 67: 1176-1182.
- Mitchell AR, 1986. Polyacrylamide application in irrigation water to increase infiltration. Sci Soc 141(5): 353-358.
- Morsy EA, Malik M and Letey J, 1991. Polymer effect on the hydraulic conductivity of saline and sodic soil conditions. Soil Sci 151(6): 430-435.

- Nishihara R and Shock C, 2001. Benefits and Costs of Applying Polyacrylamide in Irrigated Furrow. Malheur experiment station, Organ State University Ontario, Oregon.
- Pojasok T and Kay BD, 1990. Assessment of a combination of wet sieving and turbidimetry to characterize the structural stability of moist aggregates. *Can J Soil Sci* 70: 33-42.
- Sojka RE, Bjerneberg DL, Entry JA, Lentz RD and Orts WJ, 2007. PAM in agriculture and environmental land management. *Advance in Agronomy* 92: 75-162.
- Tajik F, Rahimi H and Pazira E, 2003. Effect of electrical conductivity and sodium adsorption ratio of water on aggregate stability in soils with different organic matter content. *J Agric Sci Technol* 5: 67-75.
- Terry RE and Nelson SD, 1986. Effect of polyacrylamide and irrigation method on soil physical properties. *Soil Sci* 41: 17-32.
- Tisdall JM and Oades JM, 1982. Organic matter and water stable aggregates in soils. *J Soil Sci* 33: 141-164.
- Van Bavel CHM, 1949. Mean weight diameter of soil aggregates as a statistical index of aggregation. *Soil Sci Soc Am Proc* 14: 20-23.
- Wustamidin L and Doaglas A, 1985. Aggregate breakdown in relation raindrop energy. *Soil Sci* 139(3): 239-242.
- Xiaomin C and Zesheng M, 1995. Study on unsaturated hydraulic conductivity in seashore saline soil. *J of Nay Agri Uni*, 8: 68-71.
- Zhang B and Horn R, 2001. Mechanisms of aggregate stabilization in ultisols from subtropical China. *Geoderma* 99: 123-145.