



دانشگاه گوارزی و منابع طبیعی گوارز

مجله پژوهش‌های حفاظت آب و خاک

جلد هجدهم، شماره دوم، ۱۳۹۰

www.gau.ac.ir/journals

## اثرات ۴ اصلاح‌کننده آلی خاک بر پارامترهای هیدرولیکی و انتقال املاح در یک خاک لوم شنی

\*شکراله اصغری<sup>۱</sup>، فریبرز عباسی<sup>۲</sup>، محمدرضا نیشابوری<sup>۳</sup>،

شاهین اوستان<sup>۳</sup> و ناصر علی‌اصغرزاد<sup>۴</sup>

<sup>۱</sup>استادیار گروه خاکشناسی، دانشگاه محقق اردبیلی، <sup>۲</sup>استادیار مؤسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی کرج،

<sup>۳</sup>استاد گروه خاکشناسی، دانشگاه تبریز، <sup>۴</sup>دانشیار گروه خاکشناسی، دانشگاه تبریز

تاریخ دریافت: ۸۸/۶/۲۵؛ تاریخ پذیرش: ۸۹/۱۰/۲۶

### چکیده

به‌طورکلی در خاک‌های درشت‌بافت به‌علت وجود منافذ درشت فراوان، ظرفیت نگهداری آب و عناصر غذایی پایین است. هدف از این پژوهش بررسی اثرات پلی‌آکریل آمید (PAM)، کود گاوی، ورمی‌کمپوست و لجن بیولوژیکی بر پارامترهای هیدرولیکی و انتقال املاح در یک خاک لوم شنی بود. پلی‌آکریل آمید (۰/۲۵ و ۰/۵ گرم بر کیلوگرم خاک هواخشک)، کود دامی (۱۲/۵ و ۲۵ گرم بر کیلوگرم خاک هواخشک)، ورمی‌کمپوست (۲/۵ و ۵ گرم بر کیلوگرم خاک هواخشک) و لجن بیولوژیکی (۱/۷ و ۳/۴ گرم بر کیلوگرم خاک هواخشک) با خاک مخلوط و به‌طور یکنواخت در تشت‌های پلاستیکی (قطر ۵۰ و ارتفاع ۲۵ سانتی‌متر) و لوله‌های پولیکا (قطر ۱۵ و ارتفاع ۲۵ سانتی‌متر) پر شده و سپس در گلخانه با شرایط رطوبتی FC (۰/۷-۰/۸) و دمای  $22 \pm 4$  درجه سانتی‌گراد به‌مدت ۶ ماه انکوبه شدند. اندازه‌گیری منحنی‌های رطوبتی در تشت‌ها و اندازه‌گیری هدایت هیدرولیکی اشباع ( $K_s$ ) و منحنی‌های رخنه در لوله‌ها در زمان‌های ۷، ۳۰، ۶۰، ۱۲۰ و ۱۸۰ روز پس از شروع انکوباسیون انجام گرفت. پارامتر  $\alpha$  (آلفا) از طریق برازش داده‌های منحنی رطوبتی به مدل وان‌گنوختن و پارامتر انتشارپذیری ( $\lambda$ ) از طریق برازش داده‌های منحنی رخنه به مدل انتقال-انتشار (CDE) به‌دست آمدند. پارامتر  $\alpha$

\*مسئول مکاتبه: sh\_asghari2005@yahoo.com

مجله پژوهش‌های حفاظت آب و خاک جلد (۱۸)، شماره (۲) ۱۳۹۰

وان گنوختن در هر دو سطح PAM و سطح دوم کود دامی و ورمی کمپوست، به‌طور معنی‌دار ( $P < 0/05$ ) کاهش یافت. در هر دو سطح مصرفی PAM،  $K_s$  در مقایسه با شاهد و سایر اصلاح‌کننده‌ها بعد از ۶۰ روز انکوباسیون نسبت به زمان‌های قبلی تغییر نیافت. همه اصلاح‌کننده‌ها پارامتر انتشارپذیری ( $\lambda$ ) در مدل CDE را کاهش دادند. نتایج این پژوهش نشان داد که PAM و کود دامی نسبت به سایر اصلاح‌کننده‌ها در سطوح مصرفی به‌کار رفته، به‌میزان بیش‌تری در بهبود شرایط فیزیکی خاک مؤثر بودند.

**واژه‌های کلیدی:** خاک لوم شنی، اصلاح‌کننده خاک، پارامترهای هیدرولیکی، انتقال املاح

#### مقدمه

خاک‌های لوم شنی که در گروه خاک‌های درشت بافت قرار دارند به‌طور غالب دارای ساختمان ضعیفی هستند (هیلل، ۱۹۹۸؛ برزگر، ۲۰۰۱). اگرچه، نفوذ کند آب از ویژگی‌های خاک‌های ریزبافت است ولی گزارش‌هایی نیز وجود دارد که در خاک‌های لوم شنی با ماده آلی کم به‌علت تشکیل سله سطحی و مسدود شدن منافذ خاک، نفوذ آب به خاک کاهش و روان آب افزایش یافته است (صادقیان و همکاران، ۲۰۰۶؛ آجوا و تروت، ۲۰۰۶؛ باگارلو و اسگری، ۲۰۰۷). مشکل دیگر خاک‌های لوم شنی، پایین بودن ظرفیت نگهداری آب و عناصر غذایی به‌علت فراوانی منافذ درشت در آن‌ها می‌باشد (سن و بهادریا، ۱۹۸۷؛ وگلر و همکاران، ۲۰۰۶).

محققان روش‌های مختلفی را برای اصلاح و یا تقویت ساختمان خاک‌های درشت‌بافت به‌منظور بر طرف کردن و یا کاهش محدودیت‌های ذکر شده در آن‌ها، پیشنهاد کرده‌اند که استفاده از انواع مختلف اصلاح‌کننده‌های طبیعی و مصنوعی از جمله آن‌ها است. براساس گزارش نیامانگارا و همکاران (۲۰۰۱) استفاده از ۳۷/۵ تن در هکتار کود گاوی در یک خاک شنی باعث افزایش معنی‌دار پایداری خاک‌دانه‌ها در آب و ظرفیت نگهداری آب خاک در فاصله مکش‌های ۲۰۰-۵ کیلوپاسکال گردید. صادقیان و همکاران (۲۰۰۶) نشان دادند که به‌کارگیری اصلاح‌کننده‌های پلی‌آکریل آمید (PAM)، پومیس آ و کاه و کلش بر روی لایه سطحی (۵-۰ سانتی‌متر) یک خاک لوم شنی باعث کاهش معنی‌دار جرم مخصوص ظاهری ( $P < 0/01$ ) و افزایش معنی‌دار تخلخل کل (به‌طور عمده میکروپروزیته) و در نتیجه

1- Polyacrylamide

2- Pumice

## شکراله اصغری و همکاران

کاهش تشکیل سله گردید. پاگیلای و همکاران (۱۹۸۱) گزارش نمودند که استفاده از لجن فاضلاب و کمپوست به مقدار ۱۵۰ تن در هکتار در یک خاک لوم شنی باعث افزایش معنی‌دار پایداری خاک‌دانه‌های ۱-۲ میلی‌متر (روش الک تر) و همچنین افزایش معنی‌دار تخلخل کل خاک از طریق افزایش تعداد منافذ ۳۰-۵۰ و ۵۰۰-۵۰۰ میکرون و کاهش تعداد منافذ بزرگ‌تر از ۵۰۰ میکرون گردید. نتایج به‌دست آمده از آزمایش‌های مزرعه‌ای صفادوست و همکاران (۲۰۰۷) نشان داد که اضافه کردن ۳۰ و ۶۰ تن در هکتار کود گاوی بر یک خاک لوم شنی زیر کشت ذرت، باعث افزایش معنی‌دار میانگین وزنی قطر خاک‌دانه‌ها، تخلخل کل خاک، منافذ بزرگ‌تر از ۳۰ میکرون (ماکرو + مزو)، منافذ کوچک‌تر از ۳۰ میکرون (میکرو) و هدایت هیدرولیکی اشباع ( $K_s$ ) گردید. براساس گزارش بریان (۱۹۹۲) به‌کارگیری PAM آنیونی با غلظت ۰/۵ گرم بر کیلوگرم خاک هوا خشک در چندین نوع خاک متوسط و ریز بافت باعث افزایش معنی‌دار پایداری خاک‌دانه‌ها در آب،  $K_s$  و آب قابل استفاده شد. اصغری و همکاران (۲۰۰۹) بیان کردند که به‌کارگیری PAM به مقدار ۰/۲۵ گرم بر کیلوگرم خاک هواخشک باعث افزایش معنی‌دار میانگین وزنی قطر خاک‌دانه‌ها (روش الک تر) نسبت به شاهد و حتی تیمار کود دامی به مقدار ۲۵ گرم بر کیلوگرم در یک خاک لوم شنی گردید.

پارامتر آلفا ( $\alpha$ ) در مدل وان‌گنوختن (۱۹۸۰) قسمت ابتدایی منحنی رطوبتی خاک (SMC)<sup>۱</sup> را تحت تأثیر قرار دهد و تقریباً معادل مکش ورود هوا در خاک (مکش متناظر با قطر درشت‌ترین منفذ) می‌باشد (ورورت و همکاران، ۱۹۹۹). در منابع علمی نتایج ضد و نقیضی درباره اثر اصلاح‌کننده‌ها (طبیعی و مصنوعی) بر پارامتر  $\alpha$  وان‌گنوختن و پارامتر  $K_s$  گزارش شده است. نقوی و همکاران (۲۰۰۵) در یک آزمایش مزرعه‌ای گزارش کردند که اضافه کردن ۶۰ تن در هکتار کود گاوی بر روی یک خاک لوم شنی باعث افزایش معنی‌دار پارامتر  $\alpha$  نسبت به شاهد گردید. در حالی‌که براساس گزارش الداربی (۱۹۹۶) به‌کارگیری اصلاح‌کننده ژله‌ای با نام تجاری ژالما<sup>۲</sup> در غلظت ۰/۴ درصد در یک خاک شنی باعث کاهش پارامتر  $\alpha$  از ۰/۰۴۳ به ۰/۰۳۵ کیلو بر پاسکال و نیز کاهش  $K_s$  به میزان ۷۰ درصد نسبت به شاهد گردید. به‌رغم این که برخی از محققان کاهش  $K_s$  خاک لوم شنی را در اثر اضافه کردن اصلاح‌کننده مصنوعی بر روی آن گزارش کرده‌اند (سن و بهادریا، ۱۹۸۷؛ آجوا و تروت، ۲۰۰۶)، برخی دیگر نیز افزایش  $K_s$  خاک لوم شنی را در اثر افزودن اصلاح‌کننده مصنوعی (نادلر و همکاران، ۱۹۹۶) و طبیعی (صفادوست و همکاران، ۲۰۰۷) به آن مشاهده و گزارش نموده‌اند.

1- Soil Moisture Curve

2- Jalma

مطالعات انجام گرفته بر روی انتقال املاح در شرایط خاک‌های یکنواخت (هموزن) نشان داده که مدل انتقال-انتشار (CDE)<sup>۱</sup> نسبت به مدل روان-ساکن (MIM)<sup>۲</sup> مناسب‌تر است (عباسی و همکاران، ۲۰۰۳؛ توریدی و همکاران، ۲۰۰۳). فهدعلی و علی‌الحسین (۲۰۰۲) نشان دادند که انکوباسیون خاک گچی با ۱/۵ درصد ماده نفتی در دمای ۲۵-۲۰ درجه سانتی‌گراد و رطوبت معادل مکش ۳۳ کیلوپاسکال به مدت ۶ ماه، باعث جابه‌جایی شکل منحنی رخنه (BTC)<sup>۳</sup> کلراید به سمت چپ شاهد و در نتیجه افزایش ضریب انتشار (D)<sup>۴</sup> و کاهش عدد پکلت<sup>۵</sup> گردید. بررسی منابع بیانگر کمبود مطالعه در زمینه تأثیر مستقیم اصلاح‌کننده‌ها بر پارامترهای انتقال املاح در خاک می‌باشد و در اندک مطالعات انجام شده در زمینه انتقال املاح توسط نفوی و همکاران (۲۰۰۵) در خاک لوم شنی، و شیرانی (۲۰۰۳) در خاک لوم رسی سیلتی، برای بررسی اثر کود گاوی (۳۰ و ۶۰ تن در هکتار) بر روی آب‌شویی املاح (بروماید)، تنها از روش ترسیم منحنی تغییرات غلظت بروماید با عمق و محاسبه مرکز جرم غلظت باقی‌مانده استفاده گردیده است. با توجه به این‌که بین پارامترهای منحنی رطوبتی (پارامتر  $\alpha$  در مدل وان‌گنوختن، ۱۹۸۰) و منحنی رخنه (پارامتر  $\lambda$  در مدل CDE) همبستگی وجود دارد (محمدی و همکاران، ۲۰۰۷)، بنابراین نتایج پژوهش انجام گرفته توسط فهدعلی و علی‌الحسین (۲۰۰۲) نیز به‌علت چشم‌پوشی کردن از این موضوع، مبهم به نظر می‌رسد. همچنین اثر انکوباسیون اصلاح‌کننده‌های مصنوعی (پلیمرها و ژل‌ها) بر پارامترهای هیدرولیکی و انتقال املاح در خاک بررسی نشده است. اهداف این پژوهش عبارت بودند از: الف) بررسی هم‌زمان تأثیر ۴ اصلاح‌کننده آلی بر پارامترهای  $\alpha$  در مدل وان‌گنوختن و  $\lambda$  در مدل CDE و نیز هدایت هیدرولیکی اشباع ( $K_s$ ) در خاک لوم شنی. ب) بررسی اثر احتمالی انکوباسیون بر میزان مؤثر بودن اصلاح‌کننده‌ها و نیز تغییرات میزان تأثیر آن‌ها با زمان.

## مواد و روش‌ها

نمونه‌های خاک از یک مزرعه بایر در ایستگاه تحقیقاتی کرج دانشگاه تبریز (عرض جغرافیایی ۳۸ درجه و ۵ دقیقه شمالی و طول جغرافیایی ۴۶ درجه و ۱۷ دقیقه شرقی) از عمق ۰-۳۰ سانتی‌متر تهیه

- 1- Convection-Dispersion Equation
- 2- Mobile-Immobile
- 3- Breakthrough Curve
- 4- Dispersion Coefficient
- 5- Peclet Number

گردیدند. خاک مورد آزمایش دارای کلاس رده‌بندی کالسی‌زرپت<sup>۱</sup> می‌باشد (جعفرزاده و همکاران، ۱۹۹۳). نمونه‌های خاک پس از انتقال به گلخانه و خشک شدن در هوا به‌منظور ایجاد یکنواختی از الک ۴/۷۶ میلی‌متر عبور داده شدند. اصلاح‌کننده‌ها شامل پلی‌آکریل‌آمید (PAM) آنیونی با وزن مولکولی  $10^6 \times 18$  گرم بر مول تهیه شده از پژوهشگاه پلیمر ایران، لجن بیولوژیکی به‌دست آمده از تصفیه فاضلاب از کارخانه پتروشیمی تبریز، کود گاوی پوسیده و ورمی‌کمپوست به‌دست آمده از فعالیت کرم‌خاکی /ایزنیا فیتیدا<sup>۲</sup> بر روی کود دامی در کارخانه کود آلی شهرداری تبریز، انتخاب گردیدند. سپس برخی ویژگی‌های آن‌ها و خاک مطابق روش‌های متداول توصیه شده (پیچ، ۱۹۸۵؛ کلوت، ۱۹۸۶) اندازه‌گیری شدند (جدول ۱).

جدول ۱- برخی ویژگی‌های خاک و اصلاح‌کننده‌های مورد مطالعه.

ویژگی	خاک	کود دامی	ورمی‌کمپوست	لجن بیولوژیکی
pH عصاره اشباع	۸/۱	۷/۷	۸	۸/۱
EC عصاره اشباع (دسی‌زیمنس بر متر)	۱/۸۷	۱۵	۱۴/۶۵	۱۱/۴۱
کربن آلی (درصد)	۰/۶۲	۳۴/۸	۱۶/۵	۲۶/۶
ازت کل (درصد)	-	۰/۴	۲	۴/۷
کربنات کلسیم معادل (درصد)	۲۱	-	-	-
پایداری خاک‌دانه‌های ۱-۲ میلی‌متر در آب (درصد)	۷/۸۱	-	-	-
محتوای آب ۱۰ کیلوپاسکال (درصد وزنی)	۱۷/۴۱	-	-	-
محتوای آب ۱۵۰۰ کیلوپاسکال (درصد وزنی)	۹/۷۲	-	-	-
شن (درصد)	۶۹/۴۴			
سیلت (درصد)	۲۰/۹			
رس (درصد)	۹/۶۶			

برای اندازه‌گیری داده‌های منحنی رطوبتی خاک ( $\theta$  و  $h$ ) از تشت‌های پلاستیکی (قطر ۵۰ و ارتفاع ۲۵ سانتی‌متر) به تعداد ۲۷ عدد و برای اندازه‌گیری داده‌های منحنی رخنه خاک ( $t$  و  $\frac{C}{C_0}$ ) و  $K_s$  از لوله‌های پولیکا (قطر ۱۵ و ارتفاع ۲۵ سانتی‌متر) به تعداد ۱۳۵ عدد استفاده گردید. در قسمت تحتانی

1- Coarse Loamy, Mixed, Mesic and Typic Calcixerept

2- *Eisenia Foetida*

تشت‌ها سوراخ‌هایی به قطر ۲ میلی‌متر به صورت دایره‌وار ایجاد شد. آماده‌سازی لوله‌ها هم براساس روش ارائه شده در منبع (صادقیان و همکاران، ۲۰۰۶) صورت گرفت. همه اصلاح‌کننده‌ها (به‌استثنای PAM) هواخشک گردیده و پس از خرد شدن با آسیاب برقی از الک ۲ میلی‌متری عبور داده شدند. سپس لجن بیولوژیکی با توجه به تولید انبوه آن به‌عنوان یک ماده زاید در کارخانه پتروشیمی تبریز به مقادیر ۱/۷ و ۳/۴ گرم بر کیلوگرم خاک هواخشک (معادل حدود ۵ و ۱۰ تن در هکتار) بر مبنای پژوهش قبلی انجام گرفته توسط کسرائی (۲۰۰۴)، ورمی‌کمپوست به مقادیر ۲/۵ و ۵ گرم بر کیلوگرم خاک هواخشک (معادل ۷/۴ و ۱۴/۸ تن در هکتار) و کود دامی (گاوی) به مقادیر ۱۲/۵ و ۲۵ گرم بر کیلوگرم خاک هواخشک (معادل ۳۷ و ۷۴ تن در هکتار) با توجه به سهولت دسترسی و فراوانی تولید آن‌ها و نیز براساس صرفه اقتصادی برای زارعین محلی، با خاک لوم شنی مورد آزمایش در رطوبت FC ۰/۷۵ مخلوط گردیدند. پلی‌آکریل آمید آنیونی نیز بر مبنای پژوهش بریان (۱۹۹۲) و با در نظر گرفتن امکان بالقوه تولید انبوه آن در داخل کشور به مقادیر ۰/۲۵ و ۰/۵ گرم بر کیلوگرم خاک هواخشک (معادل ۰/۷۴ و ۱/۴۸ تن در هکتار) در آب لازم برای ایجاد رطوبت FC ۰/۷۵ در خاک تشت‌ها و لوله‌ها، حل و محلول به‌دست آمده به خاک اضافه شد. لازم به توضیح است که مقادیر تن در هکتار همه اصلاح‌کننده‌ها با احتساب ۲۹۶۰ تن برای جرم یک هکتار خاک زراعی به ارتفاع ۲۰ سانتی‌متر و جرم مخصوص ظاهری ۱/۴۸ گرم بر سانتی‌متر مکعب محاسبه گردید. همچنین علت انتخاب غیریکسان مقادیر اصلاح‌کننده‌ها، متفاوت بودن شدت تأثیر و نیز میزان هزینه آن‌ها بود. پر کردن تشت‌ها و لوله از خاک تیمار شده به صورت لایه‌لایه و براساس حجم هر لایه و جرم مخصوص ظاهری مزرعه (۱/۴۸ گرم بر سانتی‌متر مکعب) انجام گرفت. برای ایجاد پیوستگی در خاک مورد آزمایش و نیز برای جمع‌آوری آب زه‌کشی شده احتمالی، کف همه گلدان‌ها بر روی بستر خاکی به ضخامت ۱۰ سانتی‌متر در کف گلخانه قرار گرفت. انکوباسیون تیمارها در داخل گلخانه در دمای  $22 \pm 4$  درجه سانتی‌گراد و رطوبت FC ۰/۷۵ (شرایط بهینه برای فعالیت میکروب‌های هوازی) به مدت ۶ ماه انجام شد. به‌منظور بررسی تأثیر انکوباسیون، اندازه‌گیری پارامترها در زمان‌های ۷، ۳۰، ۶۰، ۱۲۰ و ۱۸۰ روز انجام گرفت. در طول این مدت برای کنترل رطوبت در دامنه FC (۰/۷-۰/۸) از تانسیمتر استفاده گردید. برای این منظور تعدادی تانسیمتر در داخل تشت‌ها و لوله‌ها در عمق ۱۵-۱۰ سانتی‌متری نصب گردیده و آبیاری آن‌ها براساس حجم خاک هر تشت و لوله و رطوبت‌های یاد شده صورت گرفت. بنابراین تغییرات رطوبت در عمق ۱۰ سانتی‌متر خاک از محدوده FC ۰/۷ و FC ۰/۸ فراتر نرفت.

برای تعیین منحنی رطوبتی، نمونه‌های دست‌نخورده با استوانه‌های فولادی (قطر ۵/۶ و ارتفاع ۴ سانتی‌متر) از عمق ۱۵-۱۰ سانتی‌متری تشت‌ها که دارای نوسانات رطوبتی و حرارتی کم‌تری بود در زمان‌های ذکر شده برداشته شد (در مجموع ۱۳۵ نمونه) و پس از اشباع کردن هر نمونه با محلول کلراید کلسیم ۰/۰۱ مولار، رطوبت آن در مکش‌های صفر، ۱۰، ۲۰، ۳۰، ۴۰، ۶۰، ۸۰ و ۱۰۰ سانتی‌متر با استفاده از روش ستون آب آویزان<sup>۱</sup> و در فشارهای ۲۰، ۳۰، ۶۰ و ۱۵۰۰ کیلوپاسکال با روش صفحه فشاری<sup>۲</sup> اندازه‌گیری گردید (گاردنر، ۱۹۸۶). پارامتر  $\alpha$  از طریق برازش داده‌های منحنی رطوبتی ( $\theta$ ) و  $h$ ) به مدل وان‌گنوختن (۱۹۸۰)، به روش حل معکوس<sup>۳</sup> و با استفاده از نرم‌افزار RETC (وان‌گنوختن و همکاران، ۱۹۹۱) انجام گرفت. این مدل به‌صورت زیر ارزیاب شده است:

$$\theta(h) = \theta_r + \frac{\theta_s - \theta_r}{[1 + (\alpha h)^n]^m}, \quad m = 1 - \frac{1}{n}, \quad n > 1 \quad (1)$$

در معادله بالا،  $\theta_s$ : رطوبت اشباع ( $L^{-3}L^{-3}$ )،  $\theta_r$ : رطوبت باقی‌مانده ( $L^{-3}L^{-3}$ ) و  $\alpha$ ،  $m$  و  $n$  پارامترهای تجربی می‌باشند.  $m$  و  $n$  پارامترهای بی‌بعد و  $\alpha$  دارای بعد یک بر لیتر است.

هدایت هیدرولیکی اشباع ( $K_s$ ) تیمارها در هنگام آزمایش‌های جابه‌جایی اختلاط‌پذیر<sup>۴</sup> در لوله‌های پولیکا با استفاده از روش بار ثابت<sup>۵</sup> تعیین گردید (کلوت و دیرکسن، ۱۹۸۶). لازم به ذکر است که برای جلوگیری از اثرات احتمالی آب‌شویی بر فعالیت بیولوژیکی خاک، برای هر زمان آب‌شویی از لوله‌های مجزا (در مجموع ۱۳۵ لوله) استفاده شد. به‌عبارت دیگر عمل آب‌شویی در هر ستون خاک فقط یک‌بار اجرا گردید.

به‌منظور تعیین منحنی رخنه، پس از سپری شدن هر زمان انکوباسیون، ابتدا لوله‌های پولیکا از قسمت پایین با محلول ۰/۰۱ مولار کلراید کلسیم، اشباع سپس جریان همین محلول به‌صورت اشباع ماندگار با بار ثابت ۱ سانتی‌متر در آن‌ها برقرار شد. در ادامه یک پالس<sup>۶</sup> از محلول ۰/۰۱ مولار بروماید کلسیم ( $C_0$ ) به‌مدت ۱۰ دقیقه (حداقل زمان لازم برای رسم کامل منحنی رخنه در ستون‌های خاک

- 1- Hanging Water Column
- 2- Pressure Plate
- 3- Inverse Solution
- 4- Miscible Displacement
- 5- Constant Head
- 6- Pulse Injection

به کار رفته در این پژوهش) مورد استفاده قرار گرفت. سپس عمل آب‌شویی دوباره با محلول ۰/۰۱ مولار کلراید کلسیم با همان بار ثابت ۱ سانتی‌متر تا انتهای آزمایش ادامه یافت (اسکچ و همکاران، ۲۰۰۲). تغییرات غلظت بروماید (C) با گذشت زمان (t) در زه آب خروجی به‌طور لحظه‌ای با استفاده از الکتروود ویژه بروماید<sup>۱</sup> ساخت شرکت کریسون<sup>۲</sup> اسپانیا تا زمان ثابت شدن غلظت آن اندازه‌گیری شد. برازش داده‌های BTC ( $t$  و  $\frac{C}{C_0}$ ) به مدل CDE، به روش حل معکوس و با استفاده از نرم‌افزار HYDRUS-1D (سیمونک و همکاران، ۱۹۹۸) انجام گرفت. سپس ضریب انتشارپذیری  $\lambda$  در مدل CDE برای هر تیمار تعیین گردید. مدل CDE با فرض جریان اشباع ماندگار یک‌بعدی برای املاح واکنش‌ناپذیر<sup>۳</sup> (مثل بروماید) به صورت زیر می‌باشد (ونترلا و همکاران، ۲۰۰۰):

$$\frac{\partial C}{\partial t} = D \frac{\partial^2 C}{\partial x^2} - V \frac{\partial C}{\partial t} \quad (2)$$

$$\theta_s D = \lambda |q_s| + \theta_s D_0 \tau. \quad (3)$$

در معادله‌های بالا،  $\theta_s$ : رطوبت اشباع ( $L^{-3}L^{-3}$ )، C: غلظت بروماید ( $ML^{-3}$ )، t: زمان (T)، V: میانگین سرعت آب در منافذ خاک ( $LT^{-1}$ )،  $q_s$ : شدت جریان اشباع ماندگار دارسی ( $LT^{-1}$ )، x: فاصله (L)، D: ضریب انتشار مؤثر ( $L^2T^{-1}$ )،  $D_0$ : ضریب پخشیدگی مولکولی در آب آزاد ( $L^2T^{-1}$ )،  $\tau_0$ : عامل خمیدگی خلل و فرج خاک (بدون بعد) و  $\lambda$ : ضریب انتشارپذیری طولی می‌باشند.

در موقع اجرای برنامه، غلظت بروماید و رطوبت اندازه‌گیری شده خاک قبل از شروع آزمایش جانشینی اختلاط‌پذیر، به‌عنوان شرایط اولیه در نظر گرفته شد. شرط مرزی ورودی برای جریان آب، بار فشار ثابت و برای جریان املاح (بروماید) شرط دیریچلت<sup>۴</sup> و شرط مرزی خروجی برای جریان آب، تراوش و برای جریان املاح شرط نیومن<sup>۵</sup> انتخاب گردید (عباسی، ۲۰۰۷).

آزمایش به صورت فاکتوریل (فاکتور اول شامل ۴ نوع اصلاح‌کننده، فاکتور دوم شامل ۳ سطح مصرفی اصلاح‌کننده و فاکتور سوم شامل ۵ زمان انکوباسیون و اندازه‌گیری) در قالب طرح بلوک‌های

- 1- Bromide Specific Electrode
- 2- Crison
- 3- Inert
- 4-Dirichlet
- 5- Neumann



کامل تصادفی با ۳ تکرار برای تشت‌ها و لوله‌ها اجرا شد. به منظور رسیدن به توزیع نرمال در داده‌های برخی پارامترها، تبدیل‌های زیر انجام گرفت:

$$\alpha^* = 10 + LOG(\alpha) \quad (4)$$

$$K_s^* = 10 + LOG(K_s) \quad (5)$$

$$\lambda^* = 10 + LOG(\lambda) \quad (6)$$

تجزیه‌های آماری با نرم‌افزار MSTATC، مقایسه میانگین‌ها با آزمون چنددامنه‌ای دانکن ( $P < 0/05$ ) و رسم اشکال با نرم‌افزار EXCEL صورت گرفت.

### نتایج و بحث

جدول ۲ تجزیه واریانس پارامترهای اندازه‌گیری شده را به صورت خلاصه نشان می‌دهد.

جدول ۲- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) پارامترهای اندازه‌گیری شده.

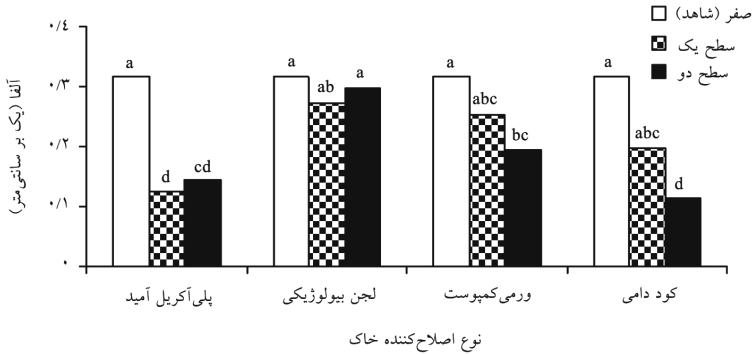
منابع تغییر	نوع اصلاح‌کننده	سطح مصرفی اصلاح‌کننده	زمان انکوباسیون	نوع × سطح مصرفی	نوع × زمان انکوباسیون	سطح × زمان	نوع × سطح × زمان	خطا
درجه آزادی	۳	۲	۴	۶	۱۲	۸	۲۴	۱۱۸
$\alpha^*$	۰/۲۶۴**	۰/۷۰۲**	۱/۶۹۴**	۰/۱۷۴**	۰/۰۳۷ <sup>ns</sup>	۰/۰۶۱ <sup>ns</sup>	۰/۰۰۲۱ <sup>ns</sup>	۰/۰۳۵
$K_s^*$	۰/۴۰۵**	۰/۵۲۷**	۴/۸۶۵**	۰/۱۰۹**	۰/۱۷**	۰/۲۰۷**	۰/۰۵۱**	۰/۰۱۵
$\lambda^*$	۰/۰۲ <sup>ns</sup>	۰/۱۵۸*	۰/۳۲۸**	۰/۰۲۸ <sup>ns</sup>	۰/۰۵۳ <sup>ns</sup>	۰/۱۵۸**	۰/۰۵۵ <sup>ns</sup>	۰/۰۴۸

\* معنی‌دار در ۵ درصد، \*\* معنی‌دار در ۱ درصد، <sup>ns</sup> غیرمعنی‌دار.

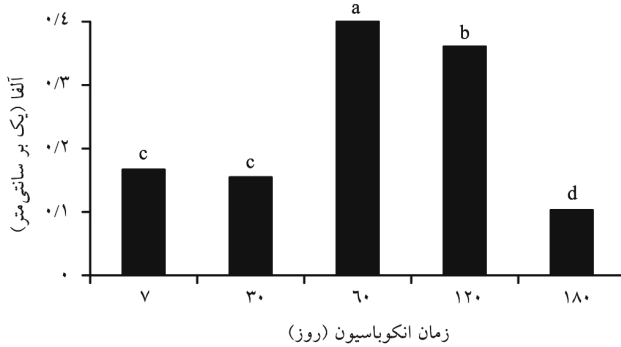
اثر مواد اصلاح‌کننده و زمان‌های انکوباسیون بر پارامتر آلفا ( $\alpha$ ) در مدل وان‌گنوختن: اثرات اصلی نوع و سطح مصرفی اصلاح‌کننده و اثرات متقابل آن‌ها و نیز اثر اصلی زمان انکوباسیون همگی در سطح احتمال ۱ درصد بر پارامتر  $\alpha$  معنی‌دار شد ولی برای اثرات متقابل نوع × زمان، سطح × زمان و

نوع  $\times$  سطح  $\times$  زمان اختلاف معنی‌دار مشاهده نگردید (جدول ۲). شکل ۱ نشان می‌دهد که همه اصلاح‌کننده‌ها در هر دو سطح مصرفی باعث کاهش پارامتر  $\alpha$  از طریق کاهش قطر درشت‌ترین منفذ و در نتیجه افزایش مکش ورود هوا در خاک نسبت به شاهد گردیدند، اگرچه این کاهش فقط در تیمار PAM (هر دو سطح) و در تیمارهای کود دامی و ورمی‌کمپوست (سطح مصرفی ۲) معنی‌دار ( $P < 0/05$ ) شد. اختلاف بین دو سطح مصرفی اصلاح‌کننده نیز فقط در تیمار کود دامی معنی‌دار گردید. به‌نظر می‌رسد کود دامی از طریق کاهش معنی‌دار درصد منافذ ماکرو ( $P < 0/05$ ) و افزایش منافذ میکرو نسبت به شاهد و PAM از طریق خاک‌دانه‌سازی (اصغری و همکاران، ۲۰۰۹) باعث کاهش قطر درشت‌ترین منفذ (منفذ متناظر با مکش ورود هوا در خاک) و در نتیجه کاهش پارامتر  $\alpha$  شده است. نتایج به‌دست آمده از پژوهش الداربی (۱۹۹۶) نشان داد که در اثر اضافه کردن اصلاح‌کننده ژله‌ای (ژالما) بر روی خاک شنی به مقدار ۰/۸ درصد، پارامتر  $\alpha$  از ۰/۰۰۴۳ به ۰/۰۰۱۹ کیلو بر پاسکال کاهش یافت و این کاهش با افزایش غلظت ژالما، بیش‌تر شد. براساس گزارش ورورت و همکاران (۱۹۹۹) بین  $\frac{1}{\alpha}$  (مکش ورود هوا در خاک) و هدایت هیدرولیکی اشباع ( $K_s$ ) رابطه معکوس وجود دارد؛ یعنی با کاهش پارامتر  $\alpha$ ، مقدار  $K_s$  هم کاهش می‌یابد. مقایسه میانگین‌ها در شکل ۲ نشان می‌دهد که پارامتر  $\alpha$  در زمان‌های ۷ و ۳۰ روز کم‌تر بوده ولی در زمان‌های ۶۰ و ۱۲۰ روز بیش‌تر شده و دوباره در زمان ۱۸۰ روز کاهش یافته است. رابطه رگرسیونی ۷ و شکل ۳ نشان می‌دهد که بین میانگین پارامتر  $\alpha$  (شکل ۲) و میانگین منافذ ماکرو (Mac) (بزرگ‌تر از ۷۵ میکرون) در زمان‌های مختلف، همبستگی خطی مثبت و معنی‌دار ( $P < 0/05$ ) وجود دارد. بنابراین می‌توان چنین استنباط کرد که اضافه کردن اصلاح‌کننده‌ها از طریق کاهش منافذ ماکرو در زمان‌های ۷، ۳۰ و ۱۸۰ روز نسبت به زمان‌های ۶۰ و ۱۲۰ روز (اصغری و همکاران، ۲۰۰۹) باعث کاهش قطر درشت‌ترین منفذ و در نتیجه پایین آمدن پارامتر  $\alpha$  در مدل وان‌گنوختن گردیده است. اما این واقعیت را نباید نیز انکار کرد که  $\alpha$  به‌دست آمده از روش حل معکوس یک پارامتر برازشی بوده و ممکن است از  $\alpha$  واقعی که برگردانی از مکش ورود هوا در خاک است خیلی به دور باشد.

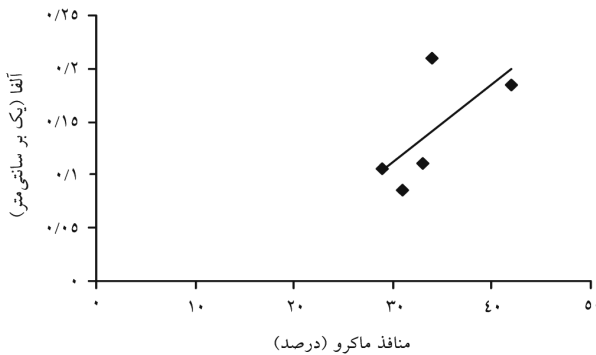
$$\alpha = 0/0074 Mac - 0/1104 \quad R^2 = 0/466^* \quad (7)$$



شکل ۱- اثر متقابل نوع و سطح مصرفی اصلاح کننده خاک بر میانگین پارامتر  $\alpha$ . میانگین‌های با حروف غیرمشابه از نظر آماری در سطح احتمال ۵ درصد اختلاف معنی دار دارند.



شکل ۲- اثر زمان انکوباسیون بر میانگین پارامتر  $\alpha$ . میانگین‌های با حروف غیرمشابه از نظر آماری در سطح احتمال ۵ درصد اختلاف معنی دار دارند.



شکل ۳- رابطه همبستگی بین منافذ ماکرو و پارامتر  $\alpha$  در مدل وان گنوختن در ۵ زمان انکوباسیون.

اثر مواد اصلاح‌کننده و زمان‌های انکوباسیون بر هدایت هیدرولیکی اشباع خاک ( $K_s$ ): اثر اصلی نوع و سطح مصرفی اصلاح‌کننده، زمان انکوباسیون و اثرات متقابل آن‌ها، همگی در سطح احتمال ۱ درصد بر هدایت هیدرولیکی اشباع خاک ( $K_s$ ) معنی‌دار شدند (جدول ۲). با توجه به جدول ۳ مشاهده می‌شود که خاک شاهد (سطح مصرفی صفر) به‌علت درشت‌بافت بودن (جدول ۱)، دارای  $K_s$  به‌نسبت بالایی در زمان ۷ روزه (۲/۰۶۴ سانتی‌متر بر دقیقه). این رقم حدود ۲/۳ برابر مقدار متوسط گزارش شده توسط هیلل (۱۹۹۸) برای  $K_s$  در خاک‌های شنی می‌باشد (۰/۹ سانتی‌متر بر دقیقه). بنابراین انتظار می‌رود که اتلاف آب و عناصر غذایی در این خاک نیز زیاد باشد. همچنین  $K_s$  شاهد از ۷ روز تا ۱۸۰ روز ۱۵/۹ برابر کاهش یافته است. این کاهش اگرچه در زمان ۳۰ روز نسبت به ۷ روز معنی‌دار نیست ولی در بقیه زمان‌ها (۶۰، ۱۲۰ و ۱۸۰ روز) معنی‌دار ( $P < 0/05$ ) است. چنین به‌نظر می‌رسد که آبیاری‌های مکرر و تر و خشک شدن‌های متوالی باعث متلاشی شدن خاک‌دانه‌های ضعیف در تیمار شاهد (جدول ۱) شده و در نتیجه ذرات رس به‌دست آمده از طریق انسداد منافذ خاک باعث کاهش  $K_s$  شده‌اند. یافته‌های سایر محققان در کلاس‌های بافتی مشابه نیز این موضوع را تأیید می‌کند (آجوا و تروت، ۲۰۰۶؛ باگارلو و اسگروی، ۲۰۰۷). با توجه به جدول ۳ مشاهده می‌شود که در زمان ۷ روز، اصلاح‌کننده‌های PAM (هر دو سطح) و کود دامی (سطح ۲) در مقایسه با بقیه باعث کاهش معنی‌دار  $K_s$  نسبت به شاهد شده‌اند. در زمان ۳۰ روز، اختلاف معنی‌داری بین سطوح مصرفی اصلاح‌کننده‌ها با یکدیگر و نیز با شاهد مشاهده نشد. در زمان‌های ۶۰ و ۱۲۰ روز، فقط PAM (هر دو سطح) توانست  $K_s$  را به‌طور معنی‌داری در سطح مطلوب و بالاتر نسبت به بقیه و شاهد حفظ کند. در زمان ۱۸۰ روز نیز اصلاح‌کننده‌های PAM و کود دامی در هر دو سطح مصرفی و ورمی‌کمپوست (سطح ۲) توانستند مقدار  $K_s$  را در حد بالاتر و به‌طور معنی‌دار ( $P < 0/05$ ) نسبت به شاهد نگهداری کنند. بین سطوح مصرفی PAM از نظر اثر بر  $K_s$  در همه زمان‌های انکوباسیون اختلاف معنی‌دار مشاهده نشد. پلی‌آکریل آمید از طریق ایجاد خاک‌دانه‌های پایدار در آب و تعدیل در توزیع اندازه منافذ خاک از طریق افزایش معنی‌دار منافذ مزو<sup>۱</sup> (اصغری و همکاران، ۲۰۰۹) توانست  $K_s$  را در مقایسه با شاهد و سایر اصلاح‌کننده‌ها در مدت ۶ ماه انکوباسیون به‌طور معنی‌دار و در حد مطلوب نگهداری کند. نتایج مشابهی توسط محققان مختلف به‌دست آمده است (بریان، ۱۹۹۲؛ الداربی، ۱۹۹۶؛ نادر و همکاران، ۱۹۹۶).

اصلاح‌کننده‌های لجن بیولوژیکی و ورمی‌کمپوست در هر دو سطح مصرفی (به‌استثنای ورمی‌کمپوست در سطح مصرفی دو و زمان ۱۸۰ روزه) لاً به‌علت نداشتن تأثیر بر خاک‌دانه‌سازی (اصغری و همکاران،

۲۰۰۹) نتوانستند در همه زمان‌های انکوباسیون اثر معنی‌داری بر  $K_s$  نسبت به شاهد داشته باشند. کود دامی در سطح مصرفی دو و در زمان‌های کمتر احتمالاً از طریق ایجاد خاک‌دانه‌های به نسبت پایدار باعث کاهش معنی‌دار  $K_s$  نسبت به شاهد گردیده و نیز از طریق افزایش منافذ مزو (اصغری و همکاران، ۲۰۰۹) و تعدیل در توزیع اندازه منافذ خاک نسبت به شاهد باعث افزایش معنی‌دار  $K_s$  در زمان ۱۸۰ روز گردید. این نتایج با یافته‌های شیرانی (۲۰۰۳) و صفادوست و همکاران (۲۰۰۷) مطابقت دارد.

جدول ۳- مقایسه میانگین هدایت هیدرولیکی اشباع (ساتی متر بر دقیقه) در سطوح مصرفی اصلاح‌کننده‌ها و زمان‌های انکوباسیون (آزمون دانکن).

کود دامی	ورمی کمپوست	لجن بیولوژیکی	پلی‌آکریل آمید	اصلاح‌کننده	زمان (روز)
۲/۰۶۴ <sup>ab</sup>	۲/۰۶۴ <sup>ab</sup>	۲/۰۶۴ <sup>ab</sup>	۲/۰۶۴ <sup>ab</sup>	۰	
۱/۴۷۹ <sup>abcde</sup>	۱/۶۰۷ <sup>abcde</sup>	۲/۳۰۷ <sup>a</sup>	۱/۰۲۳ <sup>cde</sup>	۰	۷
۱/۰۷ <sup>cde</sup>	۱/۶۰۱ <sup>abcde</sup>	۱/۶۶۸ <sup>abcde</sup>	۱/۰۶۱ <sup>cde</sup>	۲	
۱/۲۷ <sup>bcde</sup>	۱/۲۷ <sup>bcde</sup>	۱/۲۷ <sup>bcde</sup>	۱/۲۷ <sup>bcde</sup>	۰	
۱/۵۴ <sup>abcde</sup>	۱/۳۷۹ <sup>bcde</sup>	۱/۷۴۲ <sup>abc</sup>	۱/۰۵۹ <sup>cde</sup>	۰	۳۰
۱/۲۵۶ <sup>bcde</sup>	۱/۲۰۵ <sup>e</sup>	۱/۵۳۵ <sup>abcde</sup>	۱/۳۷۳ <sup>abcde</sup>	۲	
۰/۲۸۲۸ <sup>fgh</sup>	۰/۲۸۲۸ <sup>fgh</sup>	۰/۲۸۲۸ <sup>fgh</sup>	۰/۲۸۲۸ <sup>fg</sup>	۰	
۰/۴۴۷۵ <sup>f</sup>	۰/۴۲۳۶ <sup>fg</sup>	۰/۴۳۸۲ <sup>f</sup>	۱/۰۴۵ <sup>cde</sup>	۰	۶۰
۰/۴۴۲۹ <sup>f</sup>	۰/۳۳۳۳ <sup>fgh</sup>	۰/۴۱۶ <sup>fg</sup>	۰/۹۵۰ <sup>de</sup>	۲	
۰/۲۱۱۶ <sup>hij</sup>	۰/۲۱۱۶ <sup>hij</sup>	۰/۲۱۱۶ <sup>hij</sup>	۰/۲۱۱۶ <sup>hij</sup>	۰	
۰/۳۵۵۳ <sup>fgh</sup>	۰/۳۲۵۳ <sup>fgh</sup>	۰/۳۵۷۲ <sup>fgh</sup>	۰/۹۴۰ <sup>e</sup>	۰	۱۲۰
۰/۳۲۸۴ <sup>fgh</sup>	۰/۲۱۴۲ <sup>hij</sup>	۰/۳۰۲۵ <sup>fgh</sup>	۰/۹۸۲۴ <sup>cde</sup>	۲	
۰/۱۲۹۷ <sup>j</sup>	۰/۱۲۹۷ <sup>j</sup>	۰/۱۲۹۷ <sup>j</sup>	۰/۱۲۹۷ <sup>j</sup>	۰	
۰/۲۳۸۹ <sup>ghi</sup>	۰/۱۹۹۶ <sup>hij</sup>	۰/۱۴۰۲ <sup>ij</sup>	۱/۱ <sup>cde</sup>	۰	۱۸۰
۰/۲۸۰۵ <sup>fgh</sup>	۰/۲۸۱۶ <sup>fgh</sup>	۰/۱۴۷ <sup>ij</sup>	۱/۲۵ <sup>bcde</sup>	۲	

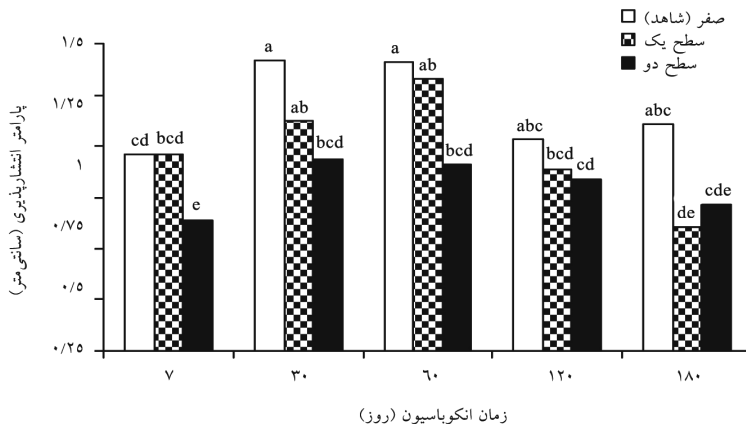
میانگین‌های با حروف غیرمشابه در هر ستون و در هر ردیف از نظر آماری در سطح احتمال ۵ درصد اختلاف معنی‌دار دارند.

اثر مواد اصلاح‌کننده و زمان‌های انکوباسیون بر پارامتر انتشارپذیری ( $\lambda$ ) در مدل CDE: اثر اصلی سطح مصرفی اصلاح‌کننده ( $P < 0/05$ )، زمان انکوباسیون ( $P < 0/01$ ) و اثرات متقابل آن‌ها ( $P < 0/01$ ) بر پارامتر  $\lambda$  معنی‌دار بوده ولی بقیه اثرها معنی‌دار نشدند (جدول ۲). شکل ۴ نشان می‌دهد که در همه زمان‌ها، به کارگیری هر ۴ اصلاح‌کننده (در هر دو سطح) باعث کاهش  $\lambda$  نسبت به شاهد گردیده است،

اگرچه این کاهش فقط در زمان‌های ۷، ۳۰ و ۶۰ روز (سطح ۲) و ۱۸۰ روز (سطح ۱) معنی‌دار شد. اختلاف بین سطح ۱ و ۲ اصلاح‌کننده نیز در همه زمان‌ها (به‌استثنای ۷ روز) معنی‌دار نشد. با توجه به رابطه ۸ (توریدی و همکاران، ۲۰۰۳) می‌توان استنباط کرد که در همه زمان‌های انکوباسیون (به‌استثنای ۷ روز) اصلاح‌کننده‌ها از طریق افزایش  $K_s$  (جدول ۳) باعث کاهش  $\lambda$  گردیده‌اند. کاهش معنی‌دار  $\lambda$  در سطح مصرفی ۲ و زمان ۷ روز با وجود پایین بودن  $K_s$  اصلاح‌کننده‌ها نسبت به شاهد (جدول ۳)، شاید به‌خاطر پایین بودن رطوبت اشباع (در این مقاله ارایه نشده است) در آن زمان باشد. نتایج این پژوهش نشان داد که رطوبت اشباع ( $\theta_s$ ) در زمان ۷ روز نسبت به بقیه زمان‌ها به‌طور معنی‌دار پایین بوده و در زمان‌های بعدی به‌علت افزایش سهم منافذ میکرو در مقابل ماکرو و مزو (اصغری و همکاران، ۲۰۰۹) و در نتیجه افزایش تخلخل کل خاک (منافذ ریز زیاد به‌جای منافذ درشت کم) افزایش یافت.

$$\lambda = \frac{D_h \theta_s}{q_s} \quad (۸)$$

در معادله یاد شده،  $\lambda$ ،  $D_h$ ،  $\theta_s$  و  $q_s$  به‌ترتیب ضریب انتشارپذیری (سانتی‌متر)، ضریب انتشار هیدرودینامیکی (سانتی‌مترمربع بر دقیقه)، رطوبت اشباع (سانتی‌مترمربع بر سانتی‌مترمربع) و شدت جریان اشباع (سانتی‌مترمربع بر دقیقه) هستند. در این پژوهش  $q_s$  برابر  $K_s / ۰.۰۵$  بود. همان‌طور که در بخش بررسی منابع نیز اشاره شد به‌علت نبود مطالعه در زمینه تأثیر مستقیم اصلاح‌کننده‌ها و زمان‌های انکوباسیون بر  $\lambda$ ، مقایسه نتایج به‌دست آمده از این بخش ممکن نشد.



شکل ۴- اثر متقابل سطح مصرفی اصلاح‌کننده خاک و زمان انکوباسیون بر میانگین  $\lambda$ . میانگین‌های با حروف غیرمشابه از نظر آماری در سطح احتمال ۵ درصد اختلاف معنی‌دار دارند.

## نتیجه‌گیری

در این پژوهش، اصلاح‌کننده‌های کود دامی و پلی‌آکریل آمید (PAM) باعث کاهش معنی‌دار ( $P < 0/05$ ) پارامتر  $\alpha$  در مدل وان‌گنوختن در مقایسه با شاهد و سایر اصلاح‌کننده‌ها گردیدند. پلی‌آکریل آمید به‌علت ایجاد خاک‌دانه‌های پایدار در آب، ضمن تامین نفوذ کافی در زمان‌های ۳۰ روز به بعد از طریق جلوگیری از مسدود شدن منافذ خاک، باعث کاهش معنی‌دار  $K_s$  در زمان ۷ روز نسبت به شاهد در هر دو سطح مصرفی گردیده و در نتیجه از تلفات آب و املاح خاک در زمان‌های اولیه جلوگیری کرد. بنابراین با توجه به نتایج به‌دست آمده از این پژوهش، استفاده از PAM به مقدار ۰/۲۵ گرم بر کیلوگرم خاک هواخشک (معادل ۷۴۰ کیلوگرم در هکتار) با توجه به هزینه کم‌تر به‌علت امکان بالقوه تولید آن در داخل کشور و کود دامی به مقدار ۲۵ گرم بر کیلوگرم خاک هواخشک (معادل ۷۴ تن در هکتار) در صورت توجه اقتصادی می‌تواند موجب بهبود شرایط فیزیکی خاک درشت بافت گردد. ولی برای اظهار نظر دقیق در مورد اثر واقعی اصلاح‌کننده‌های به‌کار رفته بر روی خاک لوم شنی مورد آزمایش، لازم است که آزمایش‌های تکمیلی در مزرعه نیز انجام گیرد.

## منابع

1. Abbasi, F. 2007. Advanced soil physics. Tehran University Press, Pp: 170-172. (In Persian)
2. Abbasi, F., Simunek, J., Feyen, J., Van Genuchten, M.Th., and Shouse, P.J. 2003. Simultaneous inverse estimation of soil hydraulic and solute transport parameters from transient field experiments: homogenous soil. Trans. ASAE, 46: 4. 1085-1095.
3. Asghari, S., Neyshabouri, M.R., Abbasi, F., Aliasghar zad, N., and Oustan, S. 2009. The effects of four organic soil conditioners on aggregate stability, pore size distribution, and respiration activity in a sandy loam soil. Turk. J. Agric. For. 33: 47-55.
4. Ajwa, H.A., and Trout, T.J. 2006. Polyacrylamide and water quality effects on infiltration in sandy loam soils. Soil Sci. Soc. Am. J. 70: 643-650.
5. Al-Darby, A.M. 1996. The hydraulic properties of a sandy soil treated with gel-forming soil conditioner. Soil Technology, 9: 15-28.
6. Bagarello, V., and Sgroi, A. 2007. Using the simplified falling head technique to detect temporal changes in field-saturated hydraulic conductivity at the surface of a sandy loam soil. Soil and Tillage Research, 94: 283-294.
7. Barzegar, A. 2001. Fundamental of Soil Physics. Shahid Chamran University Press, Pp: 67-68. (In Persian)

8. Bryan, R.B. 1992. The influence of some soil conditioners on soil properties: Laboratory tests on Kenyan soil sample. *Soil Technology*, 5: 225-247.
9. Fahad Ali, A., and Ali Abdul-Hussein, W. 2002. Mobile fraction of water and solute transport parameters in modified structure soil. P 1-10, In: Kheoruenrome, I. (ed), *Proceeding of the 17<sup>th</sup> international congress of Soil Science*, Bungkok, Thailand.
10. Gardner, W.H. 1986. Water content. P 493-544, In: Klute, A. (ed). *Methods of Soil Analysis. Part 1, Physical and Mineralogical Methods*, 2nd ed. Agron. Monog.9. ASA and SSSA, Madison, WI.
11. Hillel, D. 1998. *Environmental Soil Physics*. Academic Press. USA, 771p.
12. Jafarzadeh, A.A., Kasraei, R., and Neyshabouri, M.R. 1993. Detailed study of Karkaj research farms soil. *Research Report University of Tabriz*. (In Persian)
13. Kasraei, R. 2004. Application of biological sludge of Tabriz Petrochemical Company as a fertilizer on agricultural soils. *Research Report University of Tabriz*. (In Persian)
14. Klute, A. 1986. *Methods of Soil Analysis. Part 1. Physical and Mineralogical Methods*. 2nd edition. Agron. Monog.9. ASA and SSSA, Madison, WI, 1188p.
15. Klute, A., and Dirksen, C. 1986. Hydraulic conductivity and diffusivity: laboratory methods. P687-734, In: Klute, A. (ed). *Methods of Soil Analysis. Part1, Physical and Mineralogical Methods*, 2nd ed. Agron. Monog.9. ASA and SSSA, Madison, WI.
16. Mohammadi, M.H., Neishabouri, M.R., and Rafahi, H. 2007. Semi-Emperical model relating soil hydraulic characteristics and solute breakthrough curve. *American-Eurasian J. Agric. and Environ. Sci.* 2: 2. 196-203.
17. Nadler, A., Perfect, E., and Kay, D. 1996. Effect of polyacrylamide application on the stability of dry and wet aggregates. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 60: 555-561.
18. Naghavi, H., Hajabbasi, M.A., and Afuni, M. 2005. Effect of cattle manure on some physical properties, hydraulic parameters and bromide transport of a sandy loam soil in Kerman. *J. Sci. and Technol. Agric. and Natur. Resou.* 9: 3. 93-103. (In Persian)
19. Nyamangara, J., Gotosa, J., and Mpofu, S.E. 2001. Cattle manure effects on structural stability and water retention capacity of a granitic sandy soil in Zimbabwe. *Soil and Tillage Research*, 62: 157-162.
20. Page, A.L. 1985. *Methods of Soil Analysis. Part 2. Chemical and Microbiological Methods*. Agron. Monog.9. ASA and SSSA, Madison, WI, 1097p.
21. Pagliai, M., Guidi, G., Lamarca, M., Giachetti, M., and Lucamante, P. 1981. Effects of sewage sludges and composts on soil porosity and aggregation. *J. Environ. Qaul.* 10: 556-561.
22. Sadeghian, N., Neyshabouri, M.R., Jafarzadeh, A.A., and Tourchi, M. 2006. Effects of three soil conditioners on the physical properties of soil surface layer. *Iranian J. Agric. Sci.* 37: 2. 351-341. (In Persian)



23. Safadoost, A., Mosaddeghi, M.R., Mahboobi, A.A., Nouroozi, A., and Asadian, G. 2007. Effect of short-term tillage and manure on structural properties of soil. *J. Sci. and Technol. Agric. and Natur. Resour.* 41: 91-100. (In Persian)
24. Sen, K.K., and Bhadoria, P.B. 1987. The effect of soil conditioners on water movement through lateritic sandy loam soil. *Journal of Agronomy and Crop Science*, 159: 241-244.
25. Shirani, H. 2003. Effect of tillage and organic manure on physical properties, solute transport and corn root morphology in Lavark soil. Ph.D. Thesis, Isfahan University of Technology, 249p. (In Persian)
26. Simunek, J., Sejna, M., and Van Genuchten, M.Th. 1998. The HYDRUS-1D software package for simulating the one-dimensional movement of water, heat and multiple solutes in variably saturated media. Version 2.0, IGWMC-IPS-70, International ground water modeling center, Colorado school of Mines, Golden, Colorado, 202p.
27. Skaggs, T., Wilson, G.V., Shouse, P., and Leij, F. 2002. Solute transport: experimental methods. P 1381-1392, In: Dane, J.H., and Topp, G.C. (eds). *Methods of Soil Analysis. Part 4, Physical Methods*. SSSA, Madison, WI.
28. Torride, N., Inoue, M., and Leij, F.J. 2003. Hydrodynamic dispersion in unsaturated dune sand. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 67: 703-712.
29. Van Genuchten, M.Th., Leij, F.G., and Yates, S.R. 1991. The RETC code for quantifying the hydraulic function of unsaturated soils. US salinity laboratory and USDA agricultural research service, Riverside, California, 92501.
30. Van Genuchten, M.Th. 1980. A closed-form equation for predicting the hydraulic conductivity of unsaturated soils. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 44: 892-898.
31. Ventrella, D., Mohanty, B.P., Simunek, J., Losavio, N., and van Genuchten, M.Th. 2000. Water and chloride transport in a fine-textured soil: field experiments and modeling. *Soil Sci.* 165: 8. 624-631.
32. Vervoort, R.W., Radcliffe, D.E., and West, L.T. 1999. Soil structure development and preferential solute flow. *Water Resources Research*, 35: 913-928.
33. Vogeler, I., Green, S.R., Mills, T., and Clothier, N.E. 2006. Modelling nitrate and Bromide leaching from sewage sludge. *Soil and Tillage Research*, 89: 2. 177-184.



## **Effects of Four Organic Soil Conditioners on Some Hydraulic and Solute Transport Parameters in a Sandy Loam Soil**

**\*Sh. Asghari<sup>1</sup>, F. Abbasi<sup>2</sup>, M.R. Neyshabouri<sup>3</sup>,  
Sh. Oustsan<sup>3</sup> and N. Aliasghar zad<sup>4</sup>**

<sup>1</sup>Assistant Prof., Dept. of Soil Science, University of Mohaghegh Ardabili, Iran,

<sup>2</sup>Assistant Prof. of Agricultural Engineering Research Institute (AERI), Karaj, Iran,

<sup>3</sup>Professor, Dept. of Soil Science, Tabriz University, Iran,

<sup>4</sup>Associate Prof., Dept. of Soil Science, Tabriz University, Iran

Received: 2009/09/16; Accepted: 2011/01/16

### **Abstract**

In coarse-textured soils, because of possessing higher macropores, in general, water and nutrient holding capacity is low. The objective of this study was to investigate the effects of polyacrylamide (PAM), cattle manure (MR), vermicompost (VC) and biological sludge (BS) as soil conditioners on hydraulic and solute transport parameters of a sandy loam soil. PAM (0.25 and 0.5 gkg<sup>-1</sup> of air dry soil), MR (12.5 and 25 gkg<sup>-1</sup> of air dry soil), VC (2.5 and 5 gkg<sup>-1</sup> of air dry soil) and BS (1.7 and 3.4 gkg<sup>-1</sup> of air dry soil) were mixed with soil and uniformly packed in to plastic pans (50 cm diameter and 25 cm height) and PVC tubes (15 cm diameter and 25 cm height) and then incubated in greenhouse at (0.7-0.8) FC moisture content and temperature of 22±4 °C for 6 months. Plastic pans were used for soil sampling to construct soil moisture curves (SMC<sub>s</sub>) at 7, 30, 60, 120 and 180 days after start of incubation. Saturated hydraulic conductivity (K<sub>s</sub>) and breakthrough curves (BTC<sub>s</sub>) were determined at the same times in PVC tubes. Van Genuchten- $\alpha$  parameter was obtained from fitting SMC<sub>s</sub> to van Genuchten (VG) model. Dispersivity ( $\lambda$ ) parameter was obtained from fitting BTC<sub>s</sub> data to convection-dispersion equation (CDE). Van Genuchten- $\alpha$  parameter at both levels of PAM and second level of MR and VC was significantly (P<0.05) reduced. At both levels of PAM, compared with the control and other conditioners, K<sub>s</sub> remained unchanged after 60 days of incubation relative to former times. All of soil conditioners decreased dispersivity ( $\lambda$ ) parameter of CDE model. The findings of this study showed that PAM and MR were more effective than other conditioners at the used levels, in improving soil physical conditions.

**Keywords:** Sandy loam soil, Soil conditioner, Hydraulic parameters, Solute transport

---

\* Corresponding Author; Email: sh\_asghari2005@yahoo.com