

## تغییرات ضریب انتشارپذیری- پراکندگی یون کلرید در یک خاک لوم شنی تحت تاثیر کاربرد زغال زیستی حاصل از کود گاوی در دماهای مختلف

ادریس گویلی کیلان، دانشجوی کارشناسی ارشد بخش علوم خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه  
شیراز\*

سید علی اکبر موسوی، استادیار بخش علوم خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شیراز

فاطمه مسعودی، دانشجوی کارشناسی ارشد گروه علوم خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی  
اصفهان

\* ۰۹۱۸۹۷۹۳۰۶۱، edris\_gavili@yahoo.com

### چکیده

افزایش آگاهی‌های عمومی در مورد آلودگی آب‌های زیر زمینی با مواد شیمیایی، صنعتی، شهری و کشاورزی، توجه زیادی را به حرکت مواد شیمیایی متمرکز کرده و موجب تحول بزرگی در تحقیقات علمی و نظری در این زمینه شده است. ضریب پخشیدگی از ویژگی‌های مهم در فرایند انتقال مواد در خاک است که می‌تواند تحت تاثیر عوامل متعددی از جمله افزودن اصلاح‌کننده‌ها و مواد آلی واقع شود. بنابراین این پژوهش با هدف بررسی اثرات بیوجار کود گاوی تهیه شده در دماهای ۴۰ و ۶۰ درجه سلسیوس بر ضریب پخشیدگی پراکندگی یون کلرید در یک خاک لوم شنی انجام شد. تیمارها عبارت بودند از: شاهد و بیوجار کود گاوی تهیه شده در دماهای ۴۰ و ۶۰ درجه سلسیوس (هریک در سه سطح ۱۰، ۲۰ و ۴۰ تن در هکتار). آزمایش در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار در شرایط آزمایشگاه و در ستون‌های خاک موجود در لوله‌های پی‌وی سی با قطر ۸ و ارتفاع ۳۰ سانتی‌متر با و به مدت ۷۰ روز انجام شد. کاربرد مقادیر ۱۰، ۲۰ و ۴۰ تن در هکتار بیوجار کود گاوی در دمای ۴۰ و همچنین ۲۰ و ۴۰ تن در هکتار بیوجار کود گاوی در دمای ۶۰ درجه به ترتیب سبب افزایش معنی‌دار ضریب پخشیدگی به مقدار ۴۹، ۳۳، ۴۹ و ۴۵ و ۶۱ درصد در مقایسه با شاهد شد. در حالی‌که کاربرد ۱۰ تن در هکتار بیوجار کود گاوی در دمای ۶۰ درجه در مقایسه با شاهد اثر معنی‌داری بر ضریب پخشیدگی پراکندگی یون کلرید نداشت. یافته‌ها نشان داد کاربرد بیوجار تولید شده از کود گاوی در دماهای ۴۰ و ۶۰ درجه سلسیوس سبب انتقال سریعتر نمک‌ها و ترکیبات کلریدی در نیم‌رخ خاک می‌شود و موجب تسریع در رسیدن این ترکیبات در زمان‌های کوتاه‌تری به منابع آبی به ویژه آب‌های زیر زمینی می‌شود.

کلمات کلیدی: دما، ضریب پخشیدگی- پراکندگی، منحنی دررو، بیوجار کود گاوی، کلر

## ۱- مقدمه

نفوذ آب در خاک یکی از مهم‌ترین پدیده‌هایی است که چرخه آب در طبیعت را تحت تاثیر قرار می‌دهد. دستیابی به مدیریت صحیح آبیاری، ذخیره رطوبت در خاک، عملکرد زراعی قابل قبول، مقدار رواناب و مدیریت پایدار خاک‌ها در گرو مد نظر قرار دادن نفوذپذیری خاک‌ها است [۱]. ویژگی‌های هیدرولیکی خاک در فرایند نفوذ آب به خاک، انتقال آب و املاح در خاک و در نتیجه در طراحی سیستم‌های آبیاری و زهکشی و تاسیسات حفاظت آب و خاک نقش مهمی ایفا می‌کنند. ضریب پخشیدگی پراکندگی یکی از ویژگی‌های هیدرولیکی است که در فرایندهای مختلفی از جمله فرایند انتقال املاح و مواد شیمیایی در خاک و نهایتاً پیش‌بینی امکان آلودگی منابع آب به‌ویژه آب‌های زیرزمینی به کودها و سموم مصرفی در فعالیت‌های کشاورزی نقش تعیین‌کننده‌ای دارد.

برای بررسی فرایند انتقال املاح و غلظت املاح در نیم‌رخ خاک از یک منحنی استاندارد به نام منحنی دررو یا منحنی رخنه استفاده می‌شود. وقتی مایعی با ترکیب یا غلظتی متفاوت با مایع موجود در ستون خاک، به ستون خاک اضافه شود و جریان خروجی از انتهای ستون تحلیل گردد، مشاهده می‌شود که با جایگزینی مایع جدید با مایع قدیمی، ترکیب آب خروجی با زمان تغییر می‌کند. اگر این دو مایع در یکدیگر قابل حل نباشند به این فرایند جابجایی اختلاط ناپذیر می‌گویند. از طرف دیگر اگر دو مایع، مثل بسیاری از محلول‌های متداول کاملاً با هم مخلوط شوند فرایند را جابجایی اختلاط پذیر می‌نامند. نمودار ترکیب محلول خارج شده در مقابل زمان یا در مقابل دبی تجمعی، به منحنی‌های رخنه معروف اند. در واقع منحنی رخنه عبارت است از ترسیم غلظت نسبی املاح در مقابل آب خروجی، زمان و یا تعداد حجم منفذی. منحنی رخنه کاربرد‌های زیادی در مسائل مربوط به حرکت املاح در خاک و شناخت ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاکی موثر در انتقال املاح دارد. از کاربردهای این منحنی می‌توان به تعیین زمان لازم برای حصول شرایط تعادل بین سیال و محلول خاک، تعیین ضریب تاخیر و پارامترهای انتقال املاح مانند ضریب انتشار و ضریب انشارپذیری اشاره کرد و هم چنین آبشویی املاح از خاک‌های شور و سدیمی، توزیع عناصر غذایی در محلول خاک، آلودگی و انتقال مواد آلوده‌کننده در خاک از سطح تا آب زیرزمینی با استفاده از این منحنی بررسی می‌شود [۲].

خاک‌های مناطق خشک و نیمه خشک ایران عموماً به دلیل داشتن نزولات جوی کم و فقر پوشش گیاهی، دارای ماده آلی کمی بوده و معمولاً کیفیت فیزیکی نامطلوبی دارند. بهره‌گیری از اصلاح‌کننده‌های آلی ارزان قیمت مانند کودهای دامی، لجن‌های صنعتی و ورمی‌کمپوست از جمله شیوه‌های مدیریتی برای کاهش محدودیت‌های خاک در مناطق خشک و نیمه خشک می‌باشد [۳]. افزودن ترکیبات آلی مذکور می‌تواند بر ویژگی‌های هیدرولیکی خاک موثر باشد به طوری که فهدعلی و علی‌الحسین (۲۰۰۲) نشان دادند که خوابانیدن خاک با ۱/۵ درصد ماده نفتی در زمان‌های صفر، ۱، ۲، ۴ و ۶ ماه در دمای ۲۰ تا ۲۵ درجه سانتی‌گراد و رطوبت ۳۳ کیلو پاسکال سبب جابجایی شکل منحنی رخنه کلراید به سمت چپ شاهد و در نتیجه افزایش ضریب پخشیدگی (انتشار) و کاهش عدد پکلت شد [۴]. پژوهش‌های نقوی و همکاران (۱۳۸۴) نشان داد که افزودن ۶۰ تن کود گاوی در هکتار به یک خاک لوم‌شنی در مزرعه، سه ماه پس از شروع آزمایش سبب جابجایی منحنی رطوبتی به سمت بالای شاهد و کاهش معنی‌دار انتقال یون بروماید به اعماق پایین شد [۵]. نتایج به دست 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، سبب افزایش معنی دار میانگین وزنی قطر خاکدانه‌ها، تخلخل کل خاک، منافذ بزرگتر از ۳۰ میکرون (منافذ بزرگ و متوسط)، منافذ کوچکتر از ۳۰ میکرون و هدایت هیدرولیکی اشباع خاک شد [۶].

بررسی منابع حاکی از کمبود مطالعه در زمینه تاثیر اصلاح کننده‌های طبیعی بر پارامترهای انتقال املاح می‌باشد. بنابراین این تحقیق با هدف بررسی تاثیر مقادیر مختلف زغال زیستی (بیوجار) حاصل کود گاودر دماهای مختلف به عنوان اصلاح کننده ارزان قیمت و سهل‌الوصول بر ضریب انتشارپذیری (پخشیدگی) - پراکندگی یون کلرید در یک خاک لوم شنی انجام شد.

## ۲- مواد و روش‌ها

خاک مورد آزمایش از عمق صفر تا ۲۰ سانتی متری سری کوی اسانید با بافت لوم شنی در دانشکده کشاورزی دانشگاه شیراز واقع در منطقه باجگاه در ۱۲ کیلومتری شیراز برداشته و پس از هوا خشک شدن برخی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی با استفاده از روش‌های استاندارد معمول تعیین شد (جدول ۱). جهت تهیه بیوجار از کود گاوی استفاده شد. از کود گاوی از ایستگاه دامپروری دانشکده کشاورزی تهیه و پس از عبور از الک ۲ میلی متری در ورقه‌های آلومینیومی بسته بندی و به مدت ۴ ساعت در دماهای ۴۰۰ و ۶۰۰ درجه سلسیوس در داخل کوره الکتریکی قرار داده شد تا فرایند پیرلوسیس انجام شود. برخی ویژگی‌های بیوجار از کود گاوی تهیه شده در دماهای مختلف نیز با استفاده از روش‌های استاندارد معمول تعیین شد (جدول ۱). تیمارهای مورد استفاده در این تحقیق عبارت بود از: شاهد، تیمارهای کاربرد ۱۰، ۲۰ و ۴۰ تن بیوجار از کود گاوی در هکتار. آزمایش در قالب طرح کاملاً تصادفی در سه تکرار در لوله‌هایی از جنس پی وی سی به ارتفاع ۳۰ سانتی متر و قطر ۸ سانتی متر انجام شد. به این ترتیب که ابتدا مقدار خاک مورد نیاز برای تهیه ستون‌هایی از خاک به ارتفاع ۳۰ سانتی متر و با جرم مخصوص ظاهری ۱/۳ گرم بر سانتی متر مکعب در کیسه‌های پلاستیکی با مقدار لازم از بیوجار بهم زده شده تا به طور کامل مخلوط شود و پس از اختلاط به لوله‌های پی‌وی‌سی گفته شده که انتهای آن‌ها به وسیله دو لایه توری پوشیده شده بود منتقل شد. ستون‌های خاک در محل آزمایشگاه در دمای ۲۵-۳۰ درجه سانتی گراد و در محدوده رطوبتی ظرفیت مزرعه نگهداری شدند. پس از گذشت ۷۰ روز از شروع آزمایش مقدار ضریب پخشیدگی پراکندگی یون کلرید به شرح زیر اندازه‌گیری شد. ابتدا محلولی از کلرید سدیم و کلرید کلسیم به نسبت یک به یک و با قابلیت هدایت الکتریکی تقریبی ۵ دسی زیمنس بر متر تهیه شد و پس از اشباع نمونه‌های خاک به مدت ۲۴ ساعت با قرار دادن آن‌ها در ظرف ستون‌های خاک اشباع روی سه پایه قرار داده و آب شور تهیه شده با بار ثابت آبی حدود ۱۰ سانتی متر از بالا روی خاک قرار داده شد. آب شور درون خاک حرکت کرده و با محلول خاک مخلوط شده و قطره قطره از انتهای ستون خاک خارج می‌شود. با شروع خروج آب از ستون، زمان و حجم آب خروجی نسبت به زمان اندازه‌گیری شد. در هر زمان نیز مقداری از حجم محلول خروجی برداشته شده و با دستگاه هدایت سنج الکتریکی، قابلیت هدایت الکتریکی اندازه‌گیری شد. آزمایش تا زمانی ادامه یافت که EC خروجی از ستون خاک با EC محلول ورودی یکسان شد. سپس در یک دستگاه مختصات مقادیر نسبت  $EC / EC_0$  (که در واقع موید  $C / C_0$  می‌باشد) در مقابل حجم آب منفذی (Pore volume) خروجی از خاک ترسیم و بهترین معادله به آن برازش داده شد (منحنی دررو یا رخنه). با تعیین شیب این منحنی و استفاده از رابطه (۱) مقدار ضریب پخشیدگی پراکندگی ( $D_h$ ) یون کلرید برای تیمارهای مختلف محاسبه شد [۲].

$$D_h = \frac{VL}{4\pi S^2} \quad (1)$$

که در آن  $S, L, D_h, V$  و  $\pi$  به ترتیب ضریب پخشیدگی پراکندگی یون کلر ( $L^2 T^{-1}$ )، ارتفاع ستون خاک ( $L$ )، شیب منحنی رخنه، سرعت حرکت آب در روزنه‌های خاک ( $L T^{-1}$ ) و عدد نپر ( $3/14$ ) می‌باشد. برای تعیین سرعت حرکت آب در روزنه‌های خاک، داده‌های حجم تجمعی آب خروجی تقسیم شده بر سطح مقطع خاک در مقابل زمان ترسیم و شیب خط رگرسیون برآزش شده به عنوان شدت جریان داری در نظر گرفته شد و از تقسیم آن بر مقدار رطوبت اشباع خاک، سرعت حرکت آب در روزنه‌های خاک تعیین شد. تحلیل آماری داده‌ها با استفاده از نرم افزار SAS انجام شد و میانگین‌ها با آزمون چند دامنه دانکن در سطح ۵ درصد مقایسه شدند.

**جدول ۱-** برخی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی\* خاک و زغال زیستی حاصل از کود گاوی در دماهای مختلف مورد مطالعه.

pH	OM (%)	EC (dS/m)	
۷/۹	۰/۴۹	۰/۴۵	خاک
۶/۸۹	-	۱۰/۵۷	زغال زیستی کود گاوی تهیه شده در دمای ۴۰۰ درجه سانتی‌گراد
۱۰/۵	-	۱۳/۴	زغال زیستی کود گاوی تهیه شده در دمای ۶۰۰ درجه سانتی‌گراد

\* EC، OM، pH و به ترتیب قابلیت هدایت الکتریکی، میزان ماده آلی و پ‌هاش می‌باشند (مقادیر EC خاک و بیوجار کود گاوی به ترتیب در عصاره های اشباع و عصاره ۱:۵ و مقادیر pH خاک و بیوجار به ترتیب در خمیر اشباع، عصاره ۱:۵ اندازه‌گیری شده است).

### ۳- جمع‌بندی و نتیجه‌گیری

نتایج تجزیه واریانس نشان داد به‌طور کلی اثر کاربرد زغال زیستی (بیوجار) حاصل از کود گاوی بر ضریب پخشیدگی پراکندگی یون کلر در خاک مورد مطالعه در سطح ۱ درصد معنی‌دار است (جدول ۲).

نتایج نشان داد کاربرد بیوجار کود گاوی در هر دو دمای ۴۰۰ و ۶۰۰ درجه سانتی‌گراد پس از حدود ۷۰ روز اثر معنی‌داری بر مقدار ضریب پخشیدگی پراکندگی یون کلر در خاک داشته و ضریب پخشیدگی را بطور معنی‌داری نسبت به شاهد افزایش داد. به طوری که کاربرد مقادیر ۱۰، ۲۰ و ۴۰ تن در هکتار بیوجار کود گاوی در دمای ۴۰۰ و همچنین ۲۰ و ۴۰ تن در هکتار بیوجار کود گاوی در دمای ۶۰۰ درجه به ترتیب سبب افزایش معنی‌دار ضریب پخشیدگی پراکندگی به میزان ۴۹، ۳۳، ۴۹ و ۴۵ و ۶۱ درصد در مقایسه با شاهد شد. در حالی که کاربرد ۱۰ تن در هکتار بیوجار کود گاوی در دمای ۶۰۰ درجه در مقایسه با شاهد اثر معنی‌داری بر ضریب پخشیدگی کلر نداشت (جدول ۳). نتایج نشان داد بیش‌ترین و کم‌ترین میزان ضریب پخشیدگی به ترتیب به مقدار ۱۰/۸۲ و ۳/۴۵ سانتی مترمربع در دقیقه به ترتیب با کاربرد ۴۰ تن و ۱۰ تن بیوجار کود گاوی تولید شده در دمای ۶۰۰ درجه سانتی‌گراد در هکتار حاصل شد.

نتایج این تحقیق در ارتباط با اثر کاربرد بیوجار کود گاوی در دو دمای ۴۰۰ و ۶۰۰ درجه سانتی‌گراد با یافته‌های نقوی و همکاران (۱۳۸۴) که بیان کردند افزودن کود آلی از طریق تغییر توزیع اندازه خلل و فرج خاک بر حرکت آب در خاک موثر بوده و کاربرد کود دامی سبب افزایش سهم خلل و فرج ریز در حرکت آب در خاک شده، در نتیجه هدایت هیدرولیکی و انتقال برآید در خاک را کاهش می‌دهد هم‌خوانی ندارد [۵]. همچنین با نتایج موسوی و همکاران (۱۳۹۳) که بیان کردند افزودن ورمی کمپوست سبب می‌شود تا نمک‌ها و ترکیبات کلریدی با سرعت کمتری در نیمرخ خاک حرکت کنند هم‌خوانی ندارد [۷].

**جدول ۲-** نتایج تجزیه واریانس اثر تیمارهای بیوجار کود گاوی تهیه شده در دماهای ۶۰۰ و ۴۰۰ درجه سانتیگراد بر ضریب پخشیدگی پراکندگی اندازه گیری شده یون کلر در خاک مورد مطالعه.

منابع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات
تیمار	۶	۶۵/۲۲**
خطا	۱۷	۰/۸۳

\*\* در سطح ۱ درصد با استفاده از آزمون دانکن معنی دار است.

**جدول ۳-** اثر تیمارهای بیوجار کود گاوی تهیه شده در دماهای ۶۰۰ و ۴۰۰ درجه سانتیگراد بر ضریب پخشیدگی پراکندگی (سانتی متر مربع بر دقیقه) اندازه گیری شده یون کلر در خاک مورد مطالعه

تیمار	شاهد	بیوجار کود گاوی تهیه شده در دمای ۶۰۰ درجه سانتی گراد (تن در هکتار)	بیوجار کود گاوی تهیه شده در دمای ۴۰۰ درجه سانتی گراد (تن در هکتار)
	۰	۱۰	۲۰
	۱۰	۲۰	۴۰
ضریب	۴/۱۸*	۳/۴۵	۷/۵۵
پخشیدگی	d	bc	a
پراکندگی	d	b	c

\* میانگین هایی که حداقل یک حرف مشترک دارند از لحاظ آماری با استفاده از آزمون دانکن در سطح پنج درصد اختلاف معنی داری ندارند.

یافته ها نشان داد کاربرد بیوجار تولید شده از کود گاوی در دماهای ۴۰۰ و ۶۰۰ درجه سلسیوس سبب انتقال تندتر نمک ها و ترکیبات کلریدی در نیمرخ خاک می شود و موجب تسریع در رسیدن این ترکیبات به منابع آبی به ویژه آب های زیر زمینی می شوند.

#### ۴-مراجع

- [1] Mirzaee S, Zolfaghari AA, Gorji M, Dyck M and Ghorbani Dashtaki, S, 2013. Evaluation of infiltration models with different numbers of fitting parameters in different soil texture classes Archive of agronomy and soil science. doi: 10.1080/03650340.2013.823477.
- [۲] هیلل، د. (مترجم: قهرمان، ب.). ۱۳۸۹. فیزیک خاک و محیط زیست. انتشارات دانشگاه مشهد.
- [۳] تاجیک، ف. (۱۳۸۳). ارزیابی پایداری خاکدایانه ها در برخی مناطق ایران. مجله علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی، ۸(۱): ۱۲۵-۱۳۴
- [4] Fahad Ali, A. and W. Ali Abdul-Hussein. 2002. Mobile fraction of water and transport parameters in modified structure soil. Transactions 17<sup>th</sup> Inter. Congress of Soil Sci. Symp. No. 1, P. No. 511. Bangkok, Thailand.
- [۵] نقوی، ه.، ع. حاج عباسی و م. افیونی. (۱۳۸۴). تاثیر کود گاوی بر برخی خصوصیات فیزیکی و ضرایب هیدرولیکی و انتقال بروماید در یک خاک لوم شنی در کرمان. مجله علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی. ۹(۳): ۹۳-۱۰۳
- [6] 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)

[۷] موسوی، ع.ا و گویلی کیلانه، ا. (۱۳۹۳). اثر کاربرد کود گاوی و ورمی کمپوست بر ضریب پخشیدگی کلر در یک خاک لوم شنی. دومین همایش ملی مدیریت آب در خاک