



بررسی تأثیر غلظت‌های مختلف پتاسیم بر روی مقادیر مقاومت فروری خاک و پایداری خاکدانه‌ها

الهام فراهانی^۱، حجت امامی^۲، امیر فتوت^۲، رضا خراسانی^۲
۱- دانشجوی دکتری گرایش فیزیک و حفاظت خاک دانشگاه فردوسی مشهد، ۲- دانشیار گروه علوم خاک دانشگاه فردوسی مشهد

چکیده

این پژوهش با هدف اصلی بررسی اثر پتاسیم بر ساختمان و مقادیر مقاومت مکانیکی خاک از جمله مقاومت فروری (PR) انجام شد. شاخص CROSS که مشابه SAR می‌باشد برای ساختن محلول‌های تیمار استفاده شد. نتایج به دست آمده نشان داد که بیشترین مقادیر PR (هوا-خشک) یعنی ۴/۹-۵/۹ مگاپاسکال و کمترین درصد پایداری خاکدانه در تیمارهای شماره ۵ و ۶ (شامل ۲۷- meq/L K) در مقایسه با نمونه شاهد و سایر تیمارهای با غلظت‌های کمتر پتاسیم، مشاهده شد. همچنین تیمار شماره ۲ نیز با دارا بودن مقدار مساوی یون‌های Na⁺ و K⁺ (مقدار پتاسیم کمتر نسبت به تیمارهای ۵ و ۶) نتایج مشابه تیمارهای ۵ و ۶ نشان داده است. احتمالاً این نتیجه را می‌توان به مضاعف شدن اثر این دو یون تک ظرفیتی نسبت داد. بر اساس این نتایج، K به عنوان یک کاتیون تک ظرفیتی توانست در خاک تخریب و ساختمان ناپایدار ایجاد کند.

واژه‌های کلیدی: شاخص CROSS، پتاسیم، مقاومت فروری خاک، پایداری خاکدانه

مقدمه

پتاسیم تبادلی می‌تواند باعث اثرات مشابه با سدیم شود اما بیشتر اوقات نادیده گرفته می‌شود، چون مقدار آن نسبت به سایر کاتیون‌ها در خاک‌های متأثر از نمک کمتر است. پتاسیم به عنوان یک کاتیون یک ظرفیتی می‌تواند سبب تورم و پراکنش رس‌ها شود (رنگاسمی و مارچوک ۲۰۱۱). رنگاسمی و سامنر (۱۹۹۸) با مطالعه نیروی هم‌آوری و پراکنشی کاتیون‌ها، دریافتند که پتاسیم در ایجاد پراکنش رس در خاک‌ها، معادل با سدیم نمی‌باشد. مقدار بیشتر کاتیون‌های یک ظرفیتی (سدیم و پتاسیم) در برابر کاتیون‌های دو ظرفیتی (کلسیم و منیزیم) در خاک‌های متأثر از نمک، بر ساختمان خاک اثر گذاشته و سبب محدودیت‌های شدید برای رشد محصول می‌شود (رنگاسمی ۲۰۱۰). بر اساس اثرات پراکنشی متفاوت سدیم و پتاسیم و توان هم‌آوری متفاوت کلسیم و منیزیم، مفهوم CROSS^۳ که شبیه به SAR می‌باشد، توسط رنگاسمی و مارچوک (۲۰۱۱) پیشنهاد شده است. برای بیان تغییرات ساختمانی خاک، لوید و کولیس-جورج (۱۹۸۲) مقاومت‌های برشی، کششی و فروری خاک را اندازه‌گیری کرده و به این نتیجه رسیدند که مقاومت فروری^۴ به دلیل حساسیت به ناهمگنی خاک نسبت به مقاومت‌های برشی و کششی دارای تغییرپذیری بیش‌تری است. هم‌زمان با افزایش مقاومت مکانیکی خاک در برابر نفوذ ریشه، سرعت رشد ریشه کاهش یافته و مورفولوژی آن تغییر می‌یابد، در ساقه گیاه نیز تغییرات مهمی به وقوع می‌پیوندد (یانگ و همکاران، ۱۹۹۷؛ پاسیورا، ۲۰۰۲). ممانعت مکانیکی در برابر رشد ریشه با مقاومت مکانیکی خاک همبستگی تنگاتنگ دارد که به وسیله دستگاه فرسوخ مخروطی اندازه‌گیری می‌شود (بنگوق و مولینز، ۱۹۹۱). فرسوخ مخروطی، معیار نسبتاً مفیدی از اثر ویژگی‌های خاک یا مدیریت‌های متفاوت بر مقاومت مکانیکی خاک در برابر رشد ریشه ارائه می‌کند (تو و کی، ۲۰۰۵). پارامترهای ذاتی خاک مانند ساختمان، بافت، مکش ماتریک و پیوستگی منافذ مهم‌ترین پارامترهای مؤثر بر مقاومت مکانیکی خاک در برابر تغییر شکل هستند (دکستر، ۱۹۸۸). مقاومت مکانیکی خاک، فرآیندهای تراکم و فرسایش خاک را تحت تأثیر قرار داده و واکنش خاک در برابر عملیات خاک‌ورزی و ممانعت مکانیکی در برابر رشد ریشه را کنترل می‌کنند. تا کنون در مورد تأثیر کاربرد غلظت‌های مختلف پتاسیم بر روی مقاومت فروری خاک، پژوهشی انجام نشده است. لذا در این پژوهش اثر پتاسیم بر پایداری خاکدانه‌ها و در نتیجه بر مقاومت فروری خاک، مورد بررسی قرار گرفته است.

مواد و روش‌ها

این پژوهش بر روی یک خاک زراعی واقع در دانشگاه فردوسی مشهد (عرض جغرافیایی ۳۶° ۱۸' ۷۳" N، طول جغرافیایی ۵۹° ۳۱' ۷۲" E و ارتفاع ۱۰۳۰ متر از سطح دریا) انجام گرفت. نمونه‌برداری از لایه سطحی (۰-۳۰ سانتی‌متری) و به آهستگی بدون به هم خوردن ساختمان خاک انجام شد. خاک‌ها بدون کوبیده شدن و الک شدن، با کمترین دست‌خوردگی از مزرعه به گلخانه منتقل شده و درون گلدان‌های پلاستیکی ریخته شدند. به منظور اعمال نمودن غلظت‌های مختلف از عنصر پتاسیم به خاک مورد نظر، محلول‌هایی با شش غلظت معین از پتاسیم (به ترتیب از تیمار ۱ تا ۶ شامل ۰ تا ۲/۲۷ میلی‌اکی‌والان به لیتر) به همراه سه کاتیون دیگر شامل سدیم (از ۲/۲۷ تا ۰ میلی‌اکی‌والان به لیتر)، کلسیم و منیزیم (به مقدار ثابت ۴/۱ میلی‌اکی‌والان به لیتر در همه تیمارها) در قالب یک ترکیب کاتیونی (مقادیر SAR از ۹/۲۲ تا ۰، ESP از ۳/۲۵ تا ۰ و CROSS از ۷/۲۵ تا ۴/۱۴) با شوری مشخص و

^۳ Cation ratio of soil structural stability

^۴ Penetration Resistance



چهاردهمین کنگره علوم خاک ایران - فیزیک خاک و رابطه آب، خاک و گیاه

ثابت (۳) دسی زمینس بر متر) تهیه شد. سپس محلول‌های تهیه شده به دو روش هم‌زمان صعود موئینگی و نفوذ عمودی از سطح خاک، به خاک گلدان‌ها افزوده گردید و زمان کافی (حدود یک ماه) برای به تعادل رسیدن خاک با محلول‌ها در نظر گرفته شد. مفهوم CROSS که برای اولین بار توسط رنگاسمی و مارچوک (۲۰۱۱) پیشنهاد شده است دارای ضرایبی بر اساس اثرات پراکنشی متفاوت سدیم و پتاسیم و توان هم‌آوری متفاوت کلسیم و منیزیم است که رابطه آن به صورت زیر می‌باشد:

$$CROSS = \frac{(Na+0.56K)}{\sqrt{\frac{(Ca+0.6Mg)}{2}}} \quad (1)$$

در معادله بالا غلظت کاتیون‌ها بر حسب میلی مول بر لیتر می‌باشد. برای اندازه‌گیری مقاومت فروروی (PR)، از نمونه‌های دست نخورده از خاک‌های تیمار شده با محلول‌ها، به شکل استوانه‌ای با قطر تقریبی ۵/۳ و ارتفاع ۴ سانتی‌متر در ۳ رطوبت مختلف (هوا-خشک، FC و بینابین این دو نقطه) استفاده شد. مقاومت فروروی با استفاده از دستگاه فرسینج ریز^{۲۲} با زاویه مخروط ۳۰ درجه، قطر مخروط ۴ میلی‌متر و با سرعت فروروی ۱/۲-۱۲ mm اندازه‌گیری شد. اندازه‌گیری نیرو در ازمون PR با استفاده از دستگاه تک محوری رینگ نیرو و در ۲ نقطه و در هر نقطه در ۳ عمق (۵/۰، ۵/۱ و ۵/۲ سانتی‌متر) انجام شد. سپس از ۶ اندازه‌گیری انجام شده برای هر نمونه خاک، میانگین گرفته شد. در نهایت شاخص مخروطی^{۲۳} (CI) از رابطه زیر محاسبه شد:

$$CI = \frac{F_{average}}{A} \quad (2)$$

که در آن $F_{average}$ میانگین نیرو و A سطح مقطع مخروط می‌باشد. اندازه‌گیری پایداری خاکدانه‌ها^{۲۴} نیز به روش کمپر و روزنا (۱۹۸۶) با استفاده از ۱۲ گرم خاکدانه ۲-۱ میلی متری انجام شد. برای این منظور خاک بر روی الک ۲۵/۰ میلیمتری (۶۰ مش) به مدت ۳ دقیقه در آب با سرعت ۳۰ نوسان در دقیقه و ارتفاع ۳/۱ سانتی‌متر تکان داده شد و خاکدانه‌های پایدار روی الک همراه با شن پس از خشک شدن توزین گردید. تصحیح شن نیز انجام و وزن شن مشخص شد.

$$\%AS = \frac{A-B}{W-B} \times 100 \quad (3)$$

که در این معادله A وزن خاکدانه‌های پایدار، B وزن شن و W وزن مجموع خاکدانه و شن است. این پژوهش در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار و مقایسه میانگین‌ها (آزمون LSD) در سطح ۱ درصد با استفاده از نرم افزار مینی تب ۱۶ انجام شد.

نتایج و بحث

برخی ویژگی‌های خاک مورد بررسی قبل از اعمال تیمارها در جدول ۱ آورده شده است. جدول ۱: برخی ویژگی‌های ذاتی خاک مورد بررسی

SAR	CROSS	pH	EC	کربنات کلسیم	ماده آلی	شن	سیدت	رس
			ds/	%				
۵۸/۱	۷۸/۱	۸/۷	۲/۱	۸۷/۱۵	۱۴/۱	۱۶/۳	۲۸/۴	۵۶/۲
میانگین داده‌های به صورت مجزا با						۲	۷	۰

نتایج مقایسه هر نقطه رطوبتی شاهد نشان داد که با تغییر غلظت پتاسیم در محلول‌های تیمار، مقادیر مقاومت فروروی تنها در رطوبت هوا-خشک یا یکدیگر و با مقدار شاهد تفاوت معنی دار داشته اند، به همین دلیل در این متن تنها داده‌های این نقطه رطوبتی ذکر و در مورد آن بحث شده است (جدول ۲).

جدول ۲- مقادیر مقاومت فروروی (PR) در رطوبت هوا-خشک در خاک‌های تیمار شده

تیمار	PR (MPa)
۱	BC***۹/۶

^{۲۲} Micro-penetrometer

^{۲۳} Cone Index

^{۲۴} Aggregate Stability

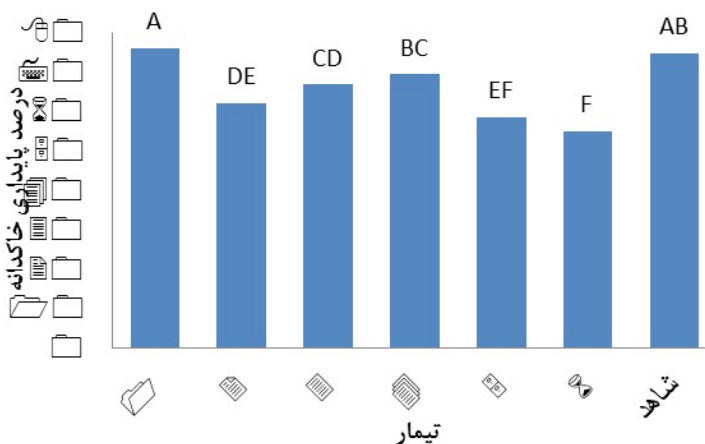


چهاردهمین کنگره علوم خاک ایران - فیزیک خاک و رابطه آب، خاک و گیاه

۲	A***۴/۹
۳	BC***۰/۶
۴	C***۶/۵
۵	A***۵/۹
۶	A***۴/۹
شاهد	B***۵/۷

بر اساس پژوهش کمپر و همکاران (۱۹۸۷)، در فرآیند تخریب خاکدانه‌ها، برای مثال با افزودن یک کاتیون تک ظرفیتی به خاک، رس پراکنش یافته و به سمت نقاط تماس ذرات بزرگتر حرکت کرده و در تشکیل پیوندهای جدید بین ذرات شرکت می‌کند. در حین این فرآیند ابتدا رس غیرفعال شده اما در هنگام خشک شدن مجدداً فعال گردیده و موجب افزایش مقاومت در خاک می‌شود. بیشترین مقادیر PR هوا-خشک مربوط به خاک تیمار شده با محلول‌های شماره ۵ و ۶ است که بیشترین مقادیر پتاسیم (۲۶ و ۲/۲۷ میلی‌اکی‌والان به لیتر) افزوده شده به خاک است. همچنین مقدار پتاسیم افزوده شده به خاک توسط تیمار ۲ برابر ۶/۱۳ میلی‌اکی‌والان به لیتر است که تقریباً نصف مقادیر تیمارهای ۵ و ۶ می‌باشد، اما همین مقدار توانسته مقاومتی برابر تیمارهای ۵ و ۶ در خاک ایجاد نماید. با توجه به داشتن کمترین مقادیر سدیم در تیمارهای ۵ و ۶ در بین تیمارهای به کار رفته، این دو تیمار دارای کمترین مقادیر SAR و CROSS نیز می‌باشند. کاربرد بیشترین مقادیر پتاسیم (به عنوان یک کاتیون تک ظرفیتی) در این دو تیمار باعث شده است پراکنش در رس‌ها رخ دهد و قرار گرفتن رس‌ها به عنوان عامل پیوند دهنده بین ذرات درشت‌تر و همچنین حرکت آن‌ها به درون منافذ خاک در حین خشک شدن صورت گیرد. در نتیجه با محکم‌تر شدن پیوند بین ذرات درشت‌تر و بسته شدن منافذ، خاک سخت شده و مقدار PR در این تیمارها افزایش یافته است. اثر مشاهده شده در تیمار ۲ را می‌توان به کاربرد نسبت مساوی از یون‌های سدیم و پتاسیم نسبت داد که احتمالاً به مضاعف شدن تأثیر این دو یون تک ظرفیتی منجر شده است. لازم به ذکر است که تیمار ۱ که بیشترین مقدار یون سدیم (بیشترین ESP، SAR و CROSS) را داشته است، علی‌رغم سدیم زیاد، مقاومت فروری چندانی از خود نشان نداده است. مشاهده این اثر را می‌توان با نتیجه پژوهش سامنر (۱۹۹۳) مرتبط دانست که مشاهده کرده است در مقادیر ESP بیشتر از ۲۵-۱۵، سدیم به صورت ترجیحی جذب سطح خارجی رس شده و تورم درون رس رخ نمی‌دهد. در تیمار ۱ مقدار ESP از دامنه ۲۵-۱۵ بیشتر بوده و به همین دلیل تورم در رس‌ها رخ نداده و مقاومت فروری خاک هم زیاد نشده است. نتایج مشاهده شده در پژوهش حاضر در مورد تغییرات مقاومت خاک با مقدار SAR، با نتایج رحیمی و همکاران (۲۰۰۰) هماهنگ است. این پژوهشگران مشاهده کردند که افزایش SAR اثر عکس بر مقاومت کششی خاکدانه‌ها داشته است و در یک مقدار شوری یکسان، با افزایش SAR، کاهش مقاومت کششی خاکدانه‌ها دیده شده است. نتایج پژوهش حاضر، یک روند متضاد با پژوهش برزگر و همکاران (۱۹۹۴) نشان داده است، آن‌ها بیان کرده‌اند که پراکنش رس با افزایش SAR، افزایش یافته است و افزایش ناحیه سطحی خاک به دلیل پراکنش رس‌ها سبب مقادیر بالاتر مقاومت کششی خاکدانه‌های خاک خشک می‌شود.

نتایج به دست آمده از اندازه‌گیری درصد پایداری خاکدانه‌ها نیز هماهنگ با نتایج PR هوا-خشک می‌باشد (شکل ۱). همان‌طور که در شکل ۱ مشاهده می‌شود، کمترین مقادیر پایداری خاکدانه‌ها در تیمارهای ۶، ۵ و ۲ رخ داده است که همان‌گونه که پیش از این بیان گردید، این تیمارها دارای بیشترین مقادیر PR هستند. مشاهده کاهش پایداری خاکدانه‌ها با افزایش پتاسیم (تیمارهای ۵ و ۶) را می‌توان به تأثیر یون پتاسیم در ایجاد پراکنش رس‌ها و تخریب ساختمان خاک نسبت داد که به عنوان یک کاتیون تک ظرفیتی می‌توان از پتاسیم چنین انتظاری داشت.



شکل ۱- مقادیر درصد پایداری خاکدانه ها (%AS) در تیمارهای مختلف (تفاوت داده ها در سطح معنی داری $P < 0.001$ و $R^2 = 0.95$ است)

همان طور که در مورد داده های مقاومت فروری نیز اشاره شد، خاک تیمار ۱ با وجود دارا بودن سدیم زیاد، پایداری خاکدانه نسبتاً زیادی در مقایسه با سایر تیمارها و حتی نمونه شاهد، از خود نشان داده است که به سبب مقدار ESP در این تیمار می باشد که تورم رس ها در این مقدار درصد سدیم تبادلی، رخ نداده و در نتیجه پراکنش رس ها نیز اتفاق نیافتاده و به دنبال آن ناپایداری خاکدانه ها مشاهده نشده است.

از آنچه در این پژوهش مشاهده شده است می توان به این نتیجه رسید که در خاک مورد نظر، کاربرد غلظت های مشخصی از یون تک ظرفیتی پتاسیم (۲۶-۲۷ میلی اکی والان به لیتر) در قالب ترکیبی با مقادیر عددی مشخص برای شاخص CROSS (۱۴ تا ۱۵)، می تواند اثرات سوئی بر روی ساختمان خاک و در نهایت بر ویژگی های مکانیکی خاک داشته باشد.

منابع

- Barzegar, A.R., Oades, J.M., Rengasamy, P., Giles, L. ۱۹۹۴. Effect of sodicity and salinity on disaggregation and tensile strength of an Alfisol under different cropping system. *Soil Till. Res.*, ۳۲: ۳۲۹-۳۴۵.
- Bengough, A.G. and Mullins, C.E. ۱۹۹۱. Penetrometer resistance, root penetration resistance and root elongation rate in ۲ sandy loam soils. *Plant Soil*, ۱۳۱: ۵۹-۶۶.
- Dexter, A.R. ۱۹۸۸a. Advances in characterization of soil structure. *Soil. Till. Res.*, ۱۱: ۱۹۹-۲۳۸.
- Dexter, A.R. ۱۹۸۸b. Strength of soil aggregates and of aggregate beds. *Catena Supplement*, ۱۱: ۳۵-۵۲.
- Kemper, W.D. and Rosenau, R.C. ۱۹۸۶. Aggregate stability and size distribution. In: Khute, A. (Ed.) *Methods for soil Analysis. Part ۱. Physical and Mineralogical Methods*. ۲nd Ed., Agron. Monog. ۹. ASA/SSSA, Madison, WI. pp. ۴۲۵-۴۴۲.
- Kemper, W.D., Rosenau, R.C. and Dexter, A.R. ۱۹۸۷. Cohesion development in disrupted soils as affected by clay, organic matter and temperature. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, ۵۳: ۸۶۰-۸۶۶.
- Lloyd, J.E. and Collis-George, N. ۱۹۸۲. A torsional shear box for determining the shear strength of agricultural soils. *Aust. J. Soil Res.*, ۲۰: ۲۰۳-۲۱۱.
- Passioura, J.B. ۲۰۰۲. Soil conditions and plant growth". *Plant Cell Environ.*, ۲۵: ۳۱۱-۳۱۸.
- Rahimi, H., Pazira, E. and Tajik, F. ۲۰۰۰. Effect of soil organic matter, electrical conductivity and sodium adsorption ratio on tensile strength of aggregates. *Soil Till. Res.*, ۵۴: ۱۴۵-۱۵۳.
- Rengasamy P. ۲۰۱۰. Soil processes affecting crop production in salt-affected soils. *Functional Plant Biology*, ۳۷: ۶۱۳-۶۲۰.
- Rengasamy P. and A. Marchuk. ۲۰۱۱. Cation ratio of soil structural stability (CROSS). *Soil Research*, ۴۹: ۲۸۰-۲۸۵.



- Rengasamy P. and M.E. Sumner .۱۹۹۸. Processes involved in sodic behaviour. In 'Sodic soils. Distribution, properties, management, and environmental consequences'. (Eds ME Sumner, R Naidu) pp. ۳۵-۵۰. (Oxford University Press : New York)
- Sumner, M.E. ۱۹۹۳. Sodic soils : New perspectives. Australian Journal of Soil Research, ۳۱ : ۶۸۳-۷۵۰ .
- To, J., Kay, B.D. ۲۰۰۵. Variation in penetrometer resistance with soil properties : the contribution of effective stress and implications for pedotransfer functions". Geoderma, ۱۲۶ : ۲۶۱-۲۷۶.
- Young, I.M., Montagu, K., Conroy, J. and Bengough, A.G. ۱۹۹۷ . Mechanical impedance of root growth directly reduces leaf elongation rates of cereals". New Phytol, ۱۳۵ : ۶۱۳-۶۱۹.

Abstract

This research was carried out to study the main purpose the effect of potassium on the soil structure and mechanical strength specially penetration resistance (PR). CROSS index which is similar to SAR, was used to prepare the treatment solutions. The results showed that the maximum amounts of PR (air-dry) equal to ۹.۴-۹.۵ MPa and minimum aggregate stability obtained from treatments ۵ & ۶ (contain K= ۲۶-۲۷ meq/L) compared with the control and other treatments with lower concentrations of potassium. Also, treatment ۲ showed similar results to treatments ۵ & ۶, with same amount of K⁺ and Na⁺ (amount of potassium lower than treatments ۵ & ۶). This result is probably related to a doubling effect of two monovalent ions. According to these results, K as monovalent ion could create soil destruction and unstable structure.