

تأثیر نسبت‌های جذب سدیم و پتاسیم بر مقاومت کششی خاک در دو رطوبت هوا-خشک و معادل مکش ماتریک ۵۰۰ کیلوپاسکال

الهام فراهانی^۱، حجت امامی^۲، امیر فتوت^۲، رضا خراسانی^۲ و توماس کلر^۳
۱ و ۲- به ترتیب دانشجوی دکتری و اعضای هیأت علمی گروه علوم خاک، دانشگاه فردوسی مشهد، ۴- عضو هیات علمی گروه اگرواکولوژی و محیط زیست، انستیتو اگرواسکوپ زوریخ، سوئیس

چکیده

این پژوهش برای بررسی اثر مقادیر مختلف نسبت جذب سدیم (SAR) و پتاسیم (PAR) بر مقاومت کششی خاکدانه‌ها در دو رطوبت هوا-خشک و معادل مکش ماتریک ۵۰۰ کیلوپاسکال انجام شد. برای اعمال غلظت‌های مختلف پتاسیم و سدیم به خاک، دوازده تیمار در دو سطح شوری (۳ و ۶ دسی‌زیمنس بر متر) شامل غلظت‌های صفر تا ۵۴/۴ میلی اکی والان بر لیتر پتاسیم و سدیم تهیه و به خاک اضافه شدند. مقاومت کششی خاکدانه‌ها به روش غیر مستقیم برزیلی با دستگاه تک محوری اندازه گیری شد. نتایج مقاومت (هوا-خشک) نشان داد که با افزایش غلظت پتاسیم یا PAR در هر دو سطح شوری، مقاومت کاهش اما با افزایش SAR، مقدار آن تنها در شوری ۳ افزایش یافت، در شوری ۶ چنین روندی مشاهده نشد. نتایج مقاومت (۵۰۰ کیلوپاسکال) نیز هیچ روند مشخصی با افزایش PAR نشان نداد و با افزایش SAR نیز روند افزایش مقاومت دیده شد که روابط از نظر آماری معنی‌دار نشدند.

واژه های کلیدی: روش غیر مستقیم برزیلی، مقاومت کششی خاکدانه.

مقدمه

مقاومت کششی یک شاخص حساس از شرایط فیزیکی و یک ویژگی پویا در خاک است. Dexter and Kroesbergen (1985) عنوان کردند که احتمالاً مقاومت کششی مفیدترین معیار از مقاومت خاکدانه‌های یک خاک است. مقاومت مناطق گسیختگی در هر زمان بستگی به منافذ پر از هوا، درز و ترک‌های کوچک و پیوندهای بین ذرات درون یا بین درز و ترک دارد. مقاومت کششی خاک‌ها به مقدار آب و فرآیندهای تغییر توزیع منافذ یا پیوند بین خاکدانه‌ها بستگی دارد (Kay and Dextre, 1992). مقاومت کششی به مقدار کاتیون‌ها، رس قابل پراکنش، نوع و اندازه رس، پایداری خاکدانه، غلظت و ترکیب محلول خاک، ماده آلی خاک و چرخه های مرطوب و خشک شدن بستگی دارد (Barzegar et al., 1994 and 1995). مقاومت کششی خاک به عنوان ظرفیت تحمل نیروهای به کار رفته قبل از تخریب شدن، تعریف شده است. از دیدگاه کمی، مقاومت کششی معادل حداکثر تنش است که می‌توان بر روی یک خاک به کار برد بدون اینکه هیچ تخریبی رخ دهد (Hillel, 1980). Dexter and Chan (1991) بیان کردند که کاتیون‌هایی مانند سدیم که پراکنش رس بیشتری ایجاد می‌کنند، می‌توانند مقادیر بیشتری مقاومت در خاک خشک ایجاد کنند. 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 (Rengasamy and Marchuk, 2011). (Rengasamy and Sumner 1998) 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 (Rengasamy, 2010). وضعیت تعادل و ارتباط فاز محلول و تبادلی کاتیون‌ها بر ضخامت لایه دو گانه پخشیده مؤثر است، ضخامت لایه دو گانه پخشیده نیز به نوبه خود بر پایداری خاک‌ها و فرآیندهایی همچون پراکنش و هم‌آوری رس‌ها مؤثر می‌باشد. بنابراین به نظر

می‌رسد می‌توان تأثیر توزیع‌های مختلف کاتیونی را بر رفتار شیمیایی و برخی پارامترهای فیزیکی و مکانیکی خاک، بررسی نمود. انتظار می‌رود نحوه توزیع کاتیون‌ها بر خاکدانه سازی، مقاومت کششی خاکدانه‌ها مؤثر باشد.

مواد و روش‌ها

این پژوهش بر روی یک خاک زراعی واقع در دانشگاه فردوسی مشهد (عرض جغرافیایی 36° 18' 29" N ، طول جغرافیایی 59° 31' 51" E و ارتفاع ۱۰۳۰ متر از سطح دریا) انجام گرفت. درصد ذرات اولیه و بافت خاک به روش پیپت اندازه‌گیری شد (Gee and Bauder, 1986). مقدار ماده آلی خاک به روش اکسیداسیون تر تعیین شد (Sparks et al., 1992). کربنات کلسیم خاک به روش تیتراسیون برگشتی با استفاده از اسید کلریدریک اندازه‌گیری گردید (Sparks et al., 1992). شوری خاک (EC) در عصاره گل اشباع و pH در گل اشباع خاک اندازه‌گیری شد (Richards, 1954) (جدول ۱).

جدول ۱- برخی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک مورد بررسی.

pH	EC	کربنات کلسیم	ماده آلی	شن	سیلت	رس	رده بندی خاک (USDA)
	dSm ⁻¹			(%)			
۷/۸	۱/۲	۱۵/۸۷	۱/۱۴	۳۲/۱۶	۴۷/۲۸	۲۰/۵۶	Haplo Cambid

نمونه‌برداری از لایه سطحی (۰-۳۰ سانتی‌متری) و به آهستگی بدون به هم خوردن ساختمان خاک انجام شد. نمونه خاک بدون کوبیدن و الک شدن، با کمترین دست‌خوردگی از مزرعه به گلخانه منتقل شده و درون گلدان‌های پلاستیکی ریخته شدند. محلول‌های تیمار با شش غلظت معین از پتاسیم و سدیم (از تیمار ۱ تا ۶ با نسبت‌های مختلف با افزایش K و کاهش Na) با ثابت در نظر گرفتن غلظت‌های کلسیم و منیزیم و با مقادیر شوری مشخص (۳ و ۶ دسی‌زیمنس بر متر) تهیه شد (جدول ۲). محلول‌های تهیه شده به حجم معادل رطوبت ظرفیت زراعی خاک مورد نظر به دو روش هم‌زمان صعود مؤینگی و نفوذ عمودی از سطح خاک، به خاک گلدان‌ها هر یک با سه تکرار، افزوده گردید و به مدت یک ماه برای به تعادل رسیدن خاک با محلول‌ها در نظر گرفته شد. پس از گذشت زمان تعادل، از خاک‌های تیمار شده با دقت و بدون خردشدگی خاکدانه‌ها، نمونه‌برداری انجام شد و پس از انتقال به آزمایشگاه خاک‌ها هواخشک شده و برای انجام اندازه‌گیری‌ها در ظروف مناسب نگهداری شدند.

نسبت جذب سدیم (SAR) و نسبت جذب پتاسیم (PAR) از معادلات ۱ و ۲ (Richards, 1954) محاسبه گردیدند:

$$SAR = \frac{Na^+}{\sqrt{\frac{Ca^{2+} + Mg^{2+}}{2}}} \quad (1)$$

$$PAR = \frac{K^+}{\sqrt{\frac{Ca^{2+} + Mg^{2+}}{2}}} \quad (2)$$

در معادله‌های ۱ و ۲، غلظت کاتیون‌ها بر حسب میلی‌اکی والان بر لیتر بوده و مقادیر یون‌های کلسیم و منیزیم به روش تیتراسیون با EDTA اندازه‌گیری شد و مقدار یون سدیم و پتاسیم نیز به روش فلیم‌فوتومتری در سوسپانسیون خاک به آب به نسبت ۱:۲ تعیین گردیدند.

جدول ۲- ترکیب‌های کاتیونی و غلظت کل کاتیون‌ها در محلول‌های تیمار.

*TCC (meq L ⁻¹)	K:Na	K	Na	تیمار
				meq L ⁻¹
۳۰	۰	۰	۲۷/۲	۱
۳۰	۱	۱۳/۶	۱۳/۶	۲
۳۰	۴	۲۱/۷	۵/۴	۳
۳۰	۱۰	۲۴/۷	۲/۵	۴
۳۰	۲۲	۲۶/۰	۱/۲	۵
۳۰	-	۲۷/۲	۰	۶
۶۰	۰	۰	۵۴/۴	۱
۶۰	۱	۲۷/۲	۲۷/۲	۲
۶۰	۴	۴۳/۵	۱۰/۸	۳
۶۰	۱۰	۴۹/۴	۴/۹	۴
۶۰	۲۲	۵۲/۰	۲/۳	۵
۶۰	-	۵۴/۴	۰	۶

اندازه‌گیری مقاومت کششی خاکدانه‌ها، به روش غیرمستقیم یا برزلی انجام شد (Dexter and Kroesbergen, 1985). برای اندازه‌گیری مقاومت کششی، خاکدانه‌ها به ابعاد ۸-۴ میلی‌متر به وسیله الک جدا شدند. ۳۰ عدد خاکدانه از خاک هر یک از تکرارهای هر تیمار به‌طور جداگانه وزن شده، در رطوبت هواخشک و رطوبت معادل مکش ماتریک ۵۰۰ کیلو پاسکال، بین دو صفحه بارگذاری دستگاه تک-محوری با سرعت بارگذاری ۱/۲ میلی‌متر بر دقیقه، شکسته شده و نیروی بیشینه شکست اندازه‌گیری شد. مقاومت کششی خاکدانه از رابطه زیر محاسبه گردید:

$$y = 0.576 \frac{F}{d_{eff}^2} \quad (3)$$

که در این رابطه F نیروی فشاری بیشینه مورد نیاز برای شکستن خاکدانه با قطر مؤثر d_{eff} و y مقاومت کششی خاکدانه می‌باشد. قطر مؤثر هر خاکدانه با استفاده از معادله زیر محاسبه شد (Dexter and Kroesbergen, 1985):

$$d_{eff} = d_0 \left(\frac{M_a}{M_0} \right)^{0.223} \quad (4)$$

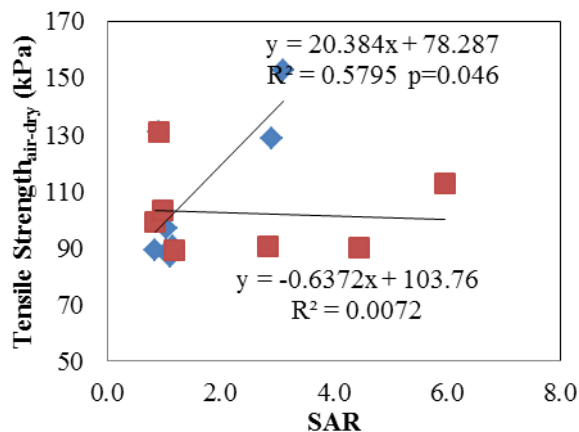
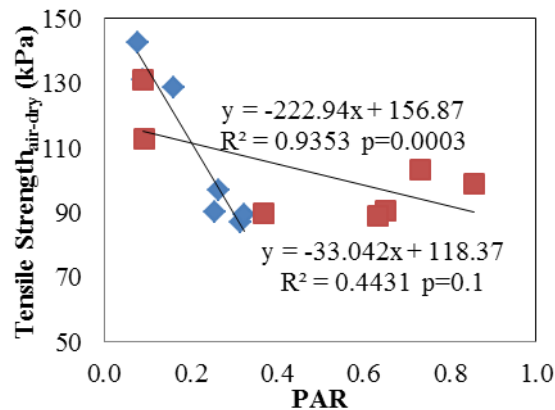
که در این رابطه d_0 قطر متوسط خاکدانه‌ها، M_0 میانگین جرم خاکدانه‌های به کار رفته و M_a جرم خاکدانه مورد نظر می‌باشند.

نتایج و بحث

نتایج به‌دست آمده از آزمون مقاومت کششی خاکدانه‌ها در رطوبت هوا-خشک نشان داد که در تیمارهای با شوری ۳ دسی‌زیمنس بر متر، با افزایش مقدار PAR محلول خاک یا در واقع با افزایش غلظت پتاسیم در محلول‌های تیمار (از تیمار اول تا ششم در هر سطح شوری)، مقدار مقاومت کششی خاکدانه‌ها به شدت کاهش داشت (شکل ۱) و کمترین مقادیر مقاومت کششی مربوط به تیمارهای با بیشترین مقدار پتاسیم (تیمارهای ۵ و ۶ دارای ۲۶ و ۲۷/۲ میلی‌اکی‌والان بر لیتر پتاسیم) بود. همچنین تیمار ۱ با بیشترین غلظت سدیم (۲۷/۲ میلی‌اکی‌والان بر لیتر) در بین تیمارها، بیشترین مقدار مقاومت کششی خاکدانه برابر ۱۴۲ کیلوپاسکال را دارا بود. پس می‌توان گفت مشاهده روند کاهش مقاومت با افزایش PAR به سبب کاهش

همزمان مقادیر SAR در محلول خاک رخ داده است، زیرا همان گونه که در بخش مواد و روش‌ها اشاره شده است افزایش غلظت پتاسیم و کاهش غلظت سدیم به طور همزمان در تیمارهای به کار رفته اعمال شده است (جدول ۲). در شوری ۶ دسی-زیمنس بر متر نیز روند کاهشی مقاومت با افزایش PAR مشابه با شوری ۳ مشاهده شد اما این رابطه از نظر آماری معنی دار نبود (شکل ۱). بررسی رابطه مقادیر مقاومت کششی با SAR نشان داد که مقاومت کششی با افزایش SAR در شوری ۳، افزایش معنی دار داشت و همان طور که قبلاً ذکر گردید تیمار دارای بیشترین غلظت سدیم بیشترین مقاومت را در خاک ایجاد نمود. اما در شوری ۶ رابطه مقاومت با SAR بسیار ضعیف بود و می‌توان گفت هیچ روندی در آن مشاهده نشد (شکل ۱). ضعیف‌تر بودن روابط در شوری ۶ نسبت به ۳ را می‌توان به اثر غلظت نسبت داد، بیشتر بودن غلظت الکترولیت می‌تواند پیوندهای بین ذرات خاک را تحت تأثیر قرار داده و از این طریق اثر کاتیون‌های سدیم و پتاسیم بر ساختمان خاک را تحت الشعاع قرار می‌دهد، در نتیجه مقادیر مقاومت را نیز متأثر می‌سازد.

نتایج به دست آمده از آزمون مقاومت کششی خاکدانه‌ها در رطوبت معادل مکش ماتریک ۵۰۰ کیلو پاسکال نشان داد که در این رطوبت مقادیر مقاومت با PAR هیچ روند مشخصی نداشتند و با SAR نیز همبستگی‌های مثبت اما از نظر آماری غیرمعنی دار در هر دو سطح شوری به دست آمد (در شوری ۳، $r=+0/20$ و $p>0/05$ ، در شوری ۶، $r=+0/58$ و $p>0/05$).



شکل ۱- تغییرات مقاومت کششی خاکدانه‌ها (هوا-خشک) در برابر مقادیر PAR (شکل بالا) و SAR (شکل پایین)، علامت لوزی و مربع به ترتیب نشان دهنده شوری ۳ و ۶ دسی‌زیمنس بر متر می‌باشند.



افزایش مقاومت کششی با افزایش SAR، با نتایج به دست توسط Barzegar et al. (1994) هماهنگی دارد، آنها بیان کرده‌اند که پراکنش رس با افزایش SAR، افزایش یافت و افزایش ناحیه سطحی خاک به دلیل پراکنش رس‌ها سبب مقادیر بالاتر مقاومت کششی خاکدانه‌های خاک خشک می‌شود. نتایج پژوهش حاضر با پژوهش تاجیک و همکاران (۱۳۸۱) و Rahimi et al. (2000) متضاد بود. این پژوهشگران دریافتند که با افزایش SAR در یک مقدار شوری مشخص، کاهش مقاومت کششی خاکدانه‌ها مشاهده شد. آنها همچنین گزارش نمودند که در یک مقدار مشابه SAR، تیمار با شوری بیشتر مقاومت بیشتر داشت که مشاهده‌ی چنین نتیجه‌ای را می‌توان به رخ دادن هم‌اوری بیشتر در شوری‌های بالاتر نسبت داد. در یک مقدار ثابت نسبت جذب سدیم، هر چه مقدار شوری بیشتر باشد، غلیظ‌تر شدن سیستم خاک می‌تواند اثر یون سدیم را در افزایش ضخامت لایه دو گانه، بیشتر خنثی نماید همانند آنچه در خاک‌های شور-سدیمی دیده می‌شود. شعاع هیدراته یون سدیم نسبت به پتاسیم بزرگتر است که در غلظت‌های زیاد سدیم به ناپایداری بیشتر خاک منجر می‌شود. وقتی کاتیون‌های تک ظرفیتی به خاک افزوده می‌شوند، خاک ناپایدار شده و ذرات رس در مقادیر رطوبت زیاد ممکن است در خاک جابجا شده و به از موقعیت‌های قبلی خود با انرژی آزاد کمتر به موقعیت‌های جدید با انرژی آزاد بالاتر منتقل شوند. اما وقتی خاک در حال خشک شدن است ذرات رس دوباره موقعیت‌شان را به سمت انرژی آزاد کمتر تغییر می‌دهند که در نهایت به افزایش مقاومت خاک در مقادیر کم رطوبت منجر می‌شود (Dexter, 1988b). این توضیح می‌تواند دلیلی باشد برای نتایج به دست آمده از این پژوهش مبنی بر روند غیرمعنی‌دار مقادیر مقاومت کششی در رطوبت بیشتر (معادل مکش ماتریک ۵۰۰ کیلو پاسکال) با مقادیر SAR و PAR باشد؛ درحالی که در رطوبت کمتر (شرایط هوا-خشک) روابط قویتری به دست آمد.

منابع

- تاجیک، ف. رحیمی، ح. و پذیرا الف. ۱۳۸۱. اثر مواد آلی خاک، هدایت الکتریکی و نسبت جذب سدیم بر مقاومت کششی خاکدانه‌ها. *مجله علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی*، جلد ۶، شماره ۳، صفحه‌های ۱۵۱ تا ۱۶۰.
- Barzegar A.R., Oades J.M., Rengasamy P. and Giles L. 1994. Effect of sodicity and salinity on disaggregation and tensile strength of an Alfisol under different cropping systems. *Soil and Tillage Research*, 32: 329-345.
- Barzegar A.R., Oades J.M., Rengasamy P. and Murray R.S. 1995. Tensile strength of dry, remoulded soils as affected by properties of the clay function. *Geoderma*, 65: 93-108.
- Dexter A.R. and Chan K.Y. 1991. Soil mechanical properties as influenced by exchangeable cations. *Journal of Soil Science*, 42: 219-226.
- Dexter A.R. and Kroesbergen B. 1985. Methodology for determination of tensile strength of soil aggregates. *Journal of Agriculture Engineering Research*, 31: 139-147.
- Dexter A.R. 1988b. Strength of soil aggregates and of aggregate beds. *Catena Supplement*, 11: 35-52.
- Gee, G.W. and Bauder J.W. 1986. Particle-size analysis. Pp. 383-411. In: Klute, A (Ed.) "Methods of Soil Analysis. Part 1- Physical and mineralogical methods" 2nd edition. Agronomy No.9. America Society of Agronomy, Inc. Soil Science Society of America, Madison, Wisconsin, USA.
- Hillel D. 1980. *Application of Soil Physics*. London, Academic Press Inc. 771 p.
- Kay B.D. and Dexter A.R. 1992. The influence of dispersible clay and wetting/drying cycles on the tensile strength of a red-brown earth. *Australian Journal of Soil Research*, 30: 297-310.
- Rahimi H., Pazira E. and Tajik F. 2000. Effect of soil organic matter, electrical conductivity and sodium adsorption ratio on tensile strength of aggregates. *Soil and Tillage Research*, 54: 145-153.
- Rengasamy P. 2010. Soil processes affecting crop production in salt-affected soils. *Functional Plant Biology*. 37: 613-620.
- Rengasamy P. and Marchuk A. 2011. Cation ratio of soil structural stability (CROSS). *Soil Research*, 49: 280-285.
- Rengasamy P. and Sumner M.E. 1998. Processes involved in sodic behaviour. pp. 35-50. In: Sumner, ME and Naidu, R (Eds). *Sodic Soils: Distribution, Properties, Management, and Environmental Consequences*. (Oxford University Press: New York)
- Richards L.A. 1954. *Diagnosis and Improvement of Saline and Alkali Soils*. USDA Hand book. 60-84.
- Sparks D.L., Fendorf S.E., Zhang P.C. and Tang L. 1992. Kinetics and mechanisms of environmentally important reactions on soil colloidal surface, NATO Advanced Study Institute on Migration and Fate of Pollutants in Soils and Subsoils, Maratea, Italy, May 24-June 5.



Effect of sodium and potassium absorption ratios on aggregate tensile strength at air-dry condition and matric suction of 500 kPa

E. Farahani ¹, H. Emami ², A. Fotovat ², R. Khorassani ² and Th. Keller ³

1, 2, 3- Ph.D Student and Faculty members respectively, Department of soil science, Ferdowsi university of Mashhad, Mashhad, Iran, ³Department of Agroecology and environment, Agroscope, Zurich, Switzerland

Abstract

This research was carried out to assess different amounts of sodium absorption ratio (SAR) and potassium absorption ratio (PAR) on aggregate tensile strength at air-dry condition and water content at matric suction of 500 KPa. To apply different concentrations of potassium and sodium into soil, 12 treatments at two EC levels (3 and 6 dS m⁻¹) containing 0 to 54.4 meq L⁻¹ K and Na were prepared and added into the soil. Aggregate tensile strength was measured using indirect Brazilian method by uniaxial apparatus. The results at air-dry condition showed that strength decreased with increasing K concentration or PAR at both EC levels, while strength increased with SAR only for EC=3 dS m⁻¹, at EC=6 dS m⁻¹, no trend was observed. The results of tensile strength at 500 kPa showed that there was no trend for strength versus PAR and SAR increased strength but their relationships were not statistically significant.

Keywords: Aggregate tensile strength, Indirect Brazilian method.