محور مقاله: فیزیک خاک و رشد گیاه

تغییرات ضریب پراکندگی هیدرودینامکی خاک ناشی از وجود سنگریزه در خاک

علی شعبانی[۱*]، فرهاد باقری[۲]

[۱] استادیار گروه علوم و مهندسی آب دانشکده کشاورزی، دانشگاه فسا

[۲] دانشجوی کارشناسی ارشد آبیاری و زهکشی دانشکده کشاورزی، دانشگاه فسا

چکیده

انتقال آلوده کننده ها مانند کودها، علف کش ها، آفت کش ها و فاضلابها از لایه سطحی خاک به لایه های پایین تر منجر به تخریب منابع آب زیرزمینی می گردد. وجود سنگریزه در خاکهای سنگریزه ای با تغییر اعوجاج مسیر جریان آب می تواند روی حرکت آب و املاح تاثیر گذارد. در این مطالعه اثر مقادیر مختلف سنگریزه بر حرکت آب شور در ستون های خاک مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد که افزایش درصد سنگریزه در خاک منجر به افزایش ضریب پراکندگی هیدرودینامیکی می شود. در خاک های سنگریزه ای نسبت به خاک های بدون سنگریزه، افزایش شوری در آب خروجی زودتر مشاهده گردید که بدلیل غلبه بیشتر منافذ درشت خاک که موجب حرکت آسان تر املاح در خاک می گردد. شیب منحنی رخنه در نقطه عطف با افزایش مقدار سنگریزه کاهش یافته است. نتایج این تحقیق می تواند بر فهم اثر سنگریزه بر فرآیند انتقال املاح در خاک های سنگریزه ای کمک کند.

کلمات کلیدی: سنگریزه، منحنی رخنه، انتقال املاح

مقدمه

عمدتا در اراضی با شیب زیاد مانند دامنه کوه ها بدلیل عدم امکان کشت گیاهان زراعی بیشتر اقدام به کاشت درختان می شود. در بسیاری از این اراضی بدلیل نزدیکی به کوه، خاک ها دارای سنگریزه می باشند. وجود سنگریزه در خاک عوامل فیزیکی خاک را تغییر می دهد (Naseri et al., 2019). محمدی و رفاهی (۱۳۸۹) عنوان کردند که به کارگیری عامل توزیع اندازه ذرات اولیه و وارد کردن ذرات بزرگتر از ۲ میلیمتر می تواند برآورد بهتری از پارامترهای هیدرولیکی و تخمین ضرائب معادلات آنها نسبت به بافت خاک ایجاد کند. مهمترین عامل توزیع اندازه ذرات بزرگتر از ۲ میلیمتر و توزیع فضای منافذ حاصل از آن است (Gargiulo et al., 2016). نتایج شعبانی و همکاران (۱۳۹۷) نشان داد که سنگریزه نقش زیادی در کاهش و یا افزایش نفوذپذیری خاک دارد. بطوریکه اندازه های بزرگ سنگریزه مانند مانع عمل کرده و باعث کاهش نفوذپذیری خاک می شوند. این در حالی است که سنگریزه های با اندازه های ریز اثر مثبت بر افزایش نفوذپذیری خاک دارند مشابه یافته های . تعیین حد اندازه ای از سنگریزه که مرز تمایز این دو می باشد و باعث تاثیر متفاوت سنگریزه بر نفوذپذیری خاک می گردد نیازمند به تحقیق بیشتر می باشد. بر خلاف تاثیر مثبت ذرات شن بر روی نفوذپذیری خاک، سنگریزه های درشت نه تنها موجب افزایش نفوذپذیری خاک نمی شوند بلکه مانند یک مانع در مسیر جریان نفوذ آب در خاک عمل نموده و موجب کاهش سطح نفوذ می گردند. Cousin et al. (2003) و بیان نمودند که وجود سنگریزه در خاک بدلیل کاهش سطح مقطع نفوذ منجر به برآورد کمتر نفوذپذیری خاک می گردد. اما Ma et al., (2010) بیان نمودند که وجود سنگریزه به مقدار ۸ درصد حجمی موجب افزایش ضریب هدایت هیدرولیکی خاک می گردد اما مقادیر سنگریزه بیشتر از آن موجب کاهش هدایت هیدرولیکی خاک می گردد. Zhen et al. (2016) با آزمایش انتقال یون های برم و سدیم در خاک های حاوی سنگریزه مشاهده کردند که سنگریزه باعث کاهش هدایت هیدرولیکی خاک و در نتیجه کاهش انتقال این یون ها در خاک می گردد.

انتقال املاح در خاک از طریق سه فرآیند انتقال توده ای (انتقال همراه با حرکت آب خاک)، پخشیدگی املاح (انتقال در اثر حرکت دمایی تصادفی یا براونی و برخوردها متعدد و انحراف مولکولها) و انتشار هیدرودینامیکی (انتقال بدلیل وجود غیر یکنواختی های خرد-مقیاس در سرعت جریان در منافذ خاک) صورت می گیرد. از آنجایی که آب در مجاری عریض تر سریع تر از مجاری کوچک تر و همچنین در وسط منافذ سریع تر از دیواره های آن حرکت می کند باعث ایجاد اختلاف سرعت حرکت آب و به دنبال آن اختلاف غلظت املاح بین دو نقطه شده که موجب تسریع فرآیند اختلاط و پخشیدگی املاح در خاک در زمان حرکت آب در خاک می شود. وقتی سرعت جریان همرفتی به اندازه ی کافی زیاد باشد تاثیر نسبی انتشار

* ایمیل نویسنده مسئول: shabani@fasau.ac.ir

هیدرودینامیکی زیاد می باشد ولی اگر آب در خاک حرکت نداشته باشد فرآیند پخشیدگی حاکم بوده و فرآیند انتشار هیدرودینامیکی بی تاثیر می باشد (هیلل، ۱۹۹۸).

با توجه به اثر سنگریزه بر حرکت آب در خاک و اهمیت حرکت املاح در خاک هدف از این پژوهش بررسی اثر درصد سنگریزه بر ضریب پراکندگی هیدرودینامیکی خاک می باشد.

مواد و روش‌ها

در این پژوهش، به منظور بررسی تغییرات ضریب پراکندگی هیدرودینامیکی خاک ناشی از وجود سنگریزه، آزمایش غیر پالسی (impulse) ستون عمودی انتقال املاح خاک تحت شرایط جریان ماندگار در قالب طرح کامل تصادفی با چهار میزان مختلف درصد سنگریزه (۰، ۸، ۱۵ و ۱۸ درصد حجمی یا ۰، ۱۵، ۳۵ و ۴۵ درصد وزنی) و در سه تکرار انجام گرفت. خاک‌های مورد استفاده در این تحقیق از اراضی محوطه دانشگاه فسا (با بافت لوم شنی با مقدار رس، سیلت و شن به مقدار به ترتیب ۱۲/۲۵، ۷۵/۷۵ و ۱۲ درصد و شوری اولیه خاک برابر ۰/۵ dS/m) تهیه و به آزمایشگاه خاک-شناسی دانشگاه فسا منتقل گردیدند. جهت رسم منحنی های رخنه از آب با شوری ۱۱/۱۵ dS/m (انحلال کلرید سدیم در آب) استفاده شده است. خاک‌ها از الک ۲ میلی متری عبور داده شد. به منظور یکنواختی بین ستون ها، سنگریزه‌هایی که از الک با قطر منافذ ۳ سانتی متر رد شده و روی الک با قطر منافذ ۱ سانتی متر باقی ماند استفاده شد. به عبارت دیگر اندازه قطر سنگریزه‌ها بزرگتر از ۱۰ میلی‌متر و کوچکتر از ۳۰ میلی‌متر بوده است. به منظور سهولت خروج آب از ستون ها در کف تمامی آنها فیلترهایی سنگریزه ای به ارتفاع یک سانتی‌متر قرار داده شد. هر یک از خاک‌های مذکور قبل از انتقال به گلدان‌ها، به ترتیب به میزان صفر، ۸، ۱۵ و ۱۸ درصد از حجم ستون ها، با سنگریزه مخلوط شدند. به منظور تعیین حجم سنگریزه‌های مورد استفاده در هر ستون از یک ظرف مدرج حاوی آب استفاده گردید. بطوریکه با اضافه کردن سنگریزه، تغییر حجم آب درون ظرف برابر درصد حجمی مورد نظر در هر آزمایش گردد. ستونهای خاک قبل از انجام آزمایش در ظرف آب قرار داده شد تا از پایین اشباع گردد. با توجه به اینکه ارتفاع آب روی ستون خاک بر روی دبی خروجی موثر است، جهت حفظ جریان ماندگار آب در خاک، ارتفاع آب شور به ضخامت ۵ سانتی متر روی ستون خاک با استفاده از بطری ماریوت ایجاد و ثابت نگه داشته شد. در حین انجام آزمایش، حجم و شوری آب خروجی از انتهای ستون، نسبت به زمان اندازه گیری گردید. جهت تعیین ضریب پراکندگی هیدرودینامیکی از معادله زیر استفاده شد:

$$D_h = \frac{VL}{2\pi S} \qquad (۱)$$

که در آن D_h ضریب پراکندگی هیدرودینامیکی، V سرعت حرکت آب در منافذ خاک، L طول مسیر یا ستون خاک و S شیب منحنی دررو در p) P=1 نسبت حجم آب خروجی از انتهای ستون به حجم منافذ خاک) می باشد. سرعت حرکت آب در منافذ خاک از رابطه زیر بدست می آید:

$$V = \frac{Q}{An} \qquad (۲)$$

که در آن Q دبی آب خروجی از ستون و A سطح مقطع خاک و n تخلخل خاک سنگریزه ای می باشد که از رابطه زیر بدست می آید:

$$n = n_s(1 - R_v) + n_g(R_v) \qquad (3)$$

که در آن R_v نسبت حجمی سنگریزه، n_s تخلخل خاک بدون سنگریزه و n_g تخلخل سنگریزه می باشد. در این تحقیق مقدار تخلخل سنگریزه ها صفر فرض گردید.

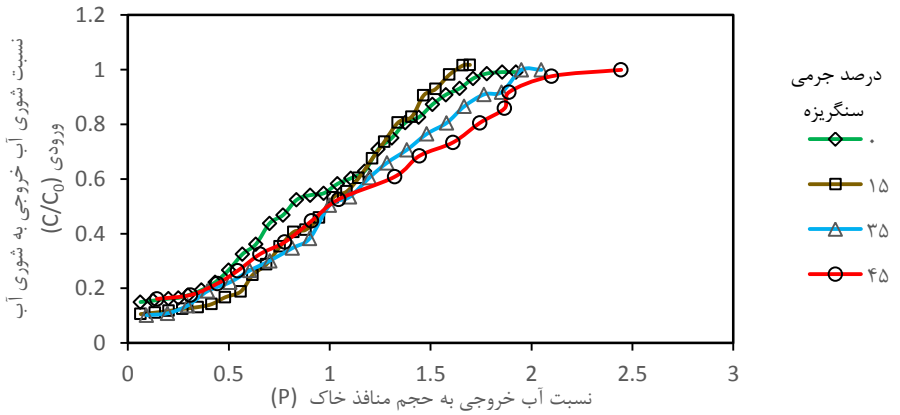
نتایج و بحث

نتایج آزمایش جهت تعیین ضریب پراکندگی هیدرودینامیکی، شیب منحنی رخنه و تخلخل در مقادیر مختلف سنگریزه درجدول ۱ ارائه شده است. نتایج نشان می دهد با افزایش درصد سنگریزه خاک مقدار تخلخل کاهش می یابد که ناشی از اشغال بخشی از فضای خاک بوسیله سنگریزه ها می باشند. منحنی رخنه در مقادیر مختلف سنگریزه در شکل ۱ نشان داده شده است. همانطور که در شکل ۱ مشاهده می شود با افزایش سنگریزه

خاک منحنی رخنه بازتر و خمیده تر می شود. بنابراین سنگریزه نقش بازدارنده ایفا نموده و خروج املاح در انتهای ستون خاک با روند کندتر و آرام تر رخ می دهد. این موضوع در نتایج اندازه گیری شیب نمودار منحنی رخنه نیز نشان داده شده است. به استثنای مقدار سنگریزه ۱۵ درصد، با افزایش سنگریزه شیب منحنی رخنه در نقطه ای که نسبت حجم آب خروجی به حجم منافذ خاک برابر ۱ می باشد (Pore volume=1) یعنی نقطه عطف منحنی کاهش می یابد. از مقایسه انتهای نمودارها مشخص می گردد هرچه مقدار سنگریزه بیشتر گردد به ازای مقدار حجم آب خروجی بیشتر مقدار شوری آب خروجی برابر شوری آب ورودی خواهد شد. از طرفی نتایج ابتدای نمودار نشان می دهد که با افزایش سنگریزه در خاک افزایش شوری آب خروجی زودتر از اتفاق افتاده و مقدار شوری آب خروجی بیشتر بوده است. این پدیده ممکن است بدلیل ایجاد جریان ترجیحی و منافذ درشت در مرز تماس بین سنگریزه و خاک باشد. این نتایج با نتایج ارائه شده توسط Zhou et al., (2011) مشابه می باشد. با افزایش سنگریزه مقدار ضریب پراکندگی هیدرودینامیکی افزایش یافته است. Beibei et al., (2009) بیان نمودند که با افزایش سنگریزه ها مقدار ضریب پراکندگی خاک افزایش یافته است که نتایج این تحقیق با مشاهدات آنها همخوانی دارد.

جدول ۱- ضریب پراکندگی هیدرودینامیکی و شیب منحنی رخنه در مقادیر مختلف سنگریزه

درصد وزنی سنگریزه	تکرار	تخلخل	شیب منحنی دررو	ضریب پراکندگی هیدرودینامیکی (cm^2/min)
۰	۱	۰/۴۸	۰/۵۷	۲/۸۳
	۲	۰/۴۸	۰/۵۴	۳/۱۵
	۳	۰/۴۸	۰/۵۶	۲/۸۴
۱۵	۱	۰/۴۴	۰/۸۸	۱/۴۱
	۲	۰/۴۴	۰/۷۸	۱/۸۱
	۳	۰/۴۴	۰/۷۷	۱/۸۸
۳۵	۱	۰/۴۱	۰/۶۵	۳/۲۴
	۲	۰/۴۱	۰/۵۷	۴/۴۷
	۳	۰/۴۱	۰/۵۶	۴/۸۳
۴۵	۱	۰/۳۹	۰/۳۹	۱۴/۸۳
	۲	۰/۳۹	۰/۴۸	۸/۸۸
	۳	۰/۳۹	۰/۴۴	۱۰/۷



شکل ۱- اثر مقادیر مختلف سنگریزه بر منحنی رخنه

نتیجه‌گیری

نتایج این تحقیق نشان می دهد که وجود سنگریزه در خاک منجر به کاهش حرکت آب و در نتیجه کاهش سرعت انتقال املاح به لایه های پایین خاک گردد. با افزایش مقدار سنگریزه در خاک ضریب پراکندگی هیدرودینامیکی خاک افزایش و شیب منحنی رخنه در نقطه عطف کاهش می یابد که نشان دهنده تغییر آرام و تدریجی غلظت آب خروجی می باشد. هرچند که وجود سنگریزه منجر به ایجاد جریان ترجیحی در خاک و تغییر زودتر غلظت املاح در خروجی و بشوری آب ورودی بازای حجم آب خروجی بیشتری نسبت به حجم منافذ خاک (P بزرگتر) با شوری آب خروجی نسبت به اتفاق می افتد. نتایج این تحقیق می بایست با انجام آزمایشات بیشتر در زمانی که سنگریزه ها دارای تخلخل بیشتر می باشند مورد بررسی دقیق تر قرار گیرد.

منابع

محمدی، م. و ح. رفاهی. ۱۳۸۹. تخمین پارامترهای معادلات نفوذ توسط خصوصیات فیزیکی خاک، مجله علوم کشاورزی ایران. ۳۶(۶): ۱۳۹۱-۱۳۹۸.

شعبانی ،ع.، جهانبازی، ا.، احمدی، س. ح.، مقیمی، م. م. و بهرامی، م. ۱۳۹۷. بررسی نفوذپذیری خاک‌های سنگریزه‌ای در زیر و بین درختان پرتقال و زیتون شهرستان فسا. مجله علوم آب و خاک. ۲۲ (۱) :۱۷۵-۱۸۵.

هیلل، د. ۱۹۹۸. فیزیک خاک و محیط زیست، ترجمه بیژن قهرمان. مشهد، دانشگاه فردوسی مشهد. ۱۳۸۹

Cousin, I., Nicoullaud, B. and Coutadeur, C. 2003. Influence of rock fragments on the water retention and water percolation in a calcareous soil, CATENA. 5(32): 97–114. doi:10.1016/s0341-8162(03)00037-7

Ma, D., Shao, M., Zhang, J. and Wang, Q. 2010. Validation of an analytical method for determining soil hydraulic properties of stony soils using experimental data, Geoderma. 159(3-4): 262–269. doi:10.1016/j.geoderma.2010.08.001

Naseri, M., Iden, S. C., Richter, N., and Durner, W. 2019. Influence of stone content on soil hydraulic properties: experimental investigation and test of existing model concepts. Vadose Zone Journal, 18(1).

Gargiulo, L., Mele, G., and Terribile, F. 2016. Effect of rock fragments on soil porosity: a laboratory experiment with two physically degraded soils. European journal of soil science, 67(5), 597-604.

Zhen, Q., Zheng, J., He, H., Han, F., and Zhang, X. 2016. Effects of Pisha sandstone content on solute transport in a sandy soil. Chemosphere, 144, 2214-2220.

Zhou, B. B., Shao, M. A., Wang, Q. J., and Yang, T. 2011. Effects of different rock fragment contents and sizes on solute transport in soil columns. Vadose Zone Journal, 10(1), 386-393.

Beibei, Z., Ming'an, S., and Hongbo, S. 2009. Effects of rock fragments on water movement and solute transport in a Loess Plateau soil. Comptes Rendus Geoscience, 341(6), 462-472.

Topic for submission: Soil Physics and Plant Growth

Variations of soil hydrodynamic dispersion coefficient in gravelly soils

Shabani[*1], A., Bagheri[2], F.

[1] Assistant Prof., Water Science and Engineering Department, Faculty of Agriculture, Fasa University, Iran

[2] M. Sc. Student, Water Science and Engineering Department, Faculty of Agriculture, Fasa University, Iran

Abstract

The transport of contaminants such as fertilizers, herbicides, pesticides and wastewaters from soil surface to lower layers results in degradation of groundwater resources. Presence of gravel in the gravelly soil can affect water and solute movement by changing the tortuosity of water flow paths. In this study, impacts of different gravel contents on the saline water movement in soil columns was investigated. Results showed that increase in gravimetric gravel content resulted in increase in hydrodynamic dispersion coefficient. Salinity increase was observed earlier in the effluent from gravelly soil compared with non-gravel soil due to the greater predominance of macropores that made easier solute flow. Value of slope of breakthrough curve at the point of inflection was decreased by increase in gravel contents of soil. Results of this study can help to understand the impact of gravel on solute transport process in gravelly soils.

Keywords: Gravel, Breakthrough curve, Solute transport

[*] Corresponding author, Email: shabani@fasau.ac.ir