بررسی تاثیر خصوصیات خاک بر تغییرات ویژگی های گرمایی و دما خاک

علی اصغر ذوالفقاری
استادیار دانشکده کویر شناسی دانشگاه سمنان

چکیده
فرآیندهای بیولوژیکی از قبیل جذب عناصر غذایی و آب ، تجزیه بقایای گیاهی و جوانه زنی دانه ها مستقیما متاثر از دمای خاک می‌باشند. ویژگي‌های گرمایی خاک به دلیل تاثیر بر دمای خاک در علوم خاک، کشاورزی و مهندسی دارای اهمیت قابل توجهی مي‌باشند. خصوصیات گرمایی خاک تابعی از خصوصیات فیزیکی خاک می باشند و با تغییر این ویژگي ها خصوصیات گرمایی خاک نیز تغییر خواهد یافت. لذا هدف از این مطالعه بررسی تاثیر خصوصیات خاک بر هدایت گرمایی، پخیدگی گرمایی و تغییرات دمای خاک می باشد. در این مطالعه معادله انتقال گرما در خاک با استفاده از روش عددی ضمنی و با الگوریتم تفاضل محدود حل شد. نتایج نشان می دهد که با افزایش رطوبت و چگالی ظاهری خاک هدایت گرمایی خاک افزایش می یابد. نتایج نشان داد که تا یک مقدار افزایش در رطوبت و جرم مخصوص ظاهری خاک سبب افزایش در ضریب پخشیدگی گرما در خاک می شود اما با افزایش بیشتر این پارامتر پخشیدگی گرما در خاک کاهش می یابد.

واژه های کلیدی: دمای خاک، پخیدگی گرمایی، چگالی ظاهری خاک

مقدمه
دمای خاک بر تمامی فرآیندهای فیزیکی، شیمیایی و بیول وژیکی خاک تاثیر گذار است. فرآیندهای بیول وژیکی از قبیل جذب عناصر غذایی و آب، تجزیه بقایای گیاهی و جوانه زنی دانه‌ها مستقیما متاثر از دمای خاک هستند. خصوصیات فیزیکی خاک از قبیل میزان رطوبت و جرم مخصوص ظاهری خاک، بر ویژگي‌های گرمایی، انتقال گرما و دمای خاک موثر می باشند.
ویژگي‌های گرمایی خاک به دلیل تاثیر بر دمای خاک در علوم خاک، کشاورزی و مهندسی دارای اهمیت قابل توجهی مي‌باشند (ابو حامد و ریدر ۲۰۰۰). همچنین این ویژگي‌ها از مهم‌ترین عوامل کنترل کننده انتشار گرما در خاک محسوب می‌شوند و برای مدل‌سازی انتقال گرما در خاک ضروری می‌باشند (دی وریز ۱۹۶۳). یکی از این ویژگی ها هدایت گرمایی خاک است که بیان کننده اندازه انتقال گرما در خاک است و مقدار آن به عواملی مانند تخلخل، رطوبت و مواد آلی خاک بستگی دارد. ضریب پخشیدگی گرمایی نیز یکی از مهم‌ترین ویژگی گرمایی خاک است که چگونگی تغییرات دمای خاک در اثر وجود گرادیان‌های دمایی در اعماق مختلف را تعیین مي‌نماید. این ویژگی که از نسبت ضریب هدایت گرمایی خاک بر ظرفیت گرمایی آن بدست مي‌آید به عوامل متعددی مانند مقدار رطوبت خاک، چگالی، هوای خاک، مواد آلی و معدنی خاک وابسته مي‌باشد (هیلل ۱۹۸۰). رطوبت خاک را مي‌توان یکی از مهم‌ترین عوامل موثر بر ضریب پخشیدگی به شمار آورد. توابع انتقالی مي‌توانند یک راه‌کار مفید برای برآورد ویژگي‌های گرمایی خاک با استفاده از ویژگي‌های پایه خاک باشند. اگرچه اغلب توابع انتقالی برای برآورد ویژگي‌های هیدرولیکی و منحنی رطوبتی ایجاد شده‌اند اما استفاده از این توابع به این ویژگي‌ها محدود نمي‌شود، بلکه برای برآورد خواص فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی نیز مورد استفاده قرار گرفته‌اند (مک براتنی و همکاران ۲۰۰۲). به همین علت معادلات زیادی برای برآورد خصوصیات گرمایی خاک ارائه شده است. به عنوان مثال مکینز (۱۹۸۱) معادله زیر را برای تعیین هدایت گرمایی خاک ($W\,m^{-1}\,K^{-1}$) ارائه کرده است.

$$\lambda = a + B\theta - (a - D)exp[-(c\theta)^4] \quad (۱)$$

که رطوبت حجمی خاک ($cm^3\,cm^{-3}$) و A، B، c و D پارامترهای معادله می باشند که با خصوصیات فیزیکی خاک ارتباط دارند. کمبل (۱۹۸۰) معادلات زیر را برای برآورد پارامترهای معادله (۱) و با استفاده از خصوصیات خاک ارائه کرده است.

$$D = 0.03 + 0.1 \quad (۲)$$

$$B = 1.06BD^{\theta} \quad (۳)$$

$$c = 1 + 2.6clay^{-0.5} \quad (۴)$$

$$a = 0.65 - 0.78BD + 0.6BD^2 \quad (۵)$$

BD چگالی خاک ($g\,cm^{-3}$) و clay مقدار رس خاک ($g\,g^{-1}$) می‌باشد.
پخشیدگی گرمایی در خاک یکی دیگر از خصوصیات خاک می‌باشد که از حاصل تقسیم هدایت گرمایی خاک بر ظرفیت گرمایی خاک و با استفاده از معادله زیر محاسبه می‌شود.

$$Dt = \frac{\lambda}{Cv} \quad (۶)$$

Dt پخشیدگی گرما در خاک (m۲ S-۱) و Cv ظرفیت گرمایی خاک می باشد.

همانطور که مشخص است خصوصیات گرمایی خاک تابعی از خصوصیات فیزیکی خاک می باشند و با تغییر این ویژگی ها خصوصیات گرمایی خاک نیز تغییر خواهد یافت. لذا هدف از این مطالعه بررسی تاثیر خصوصیات خاک بر هدایت گرمایی، پخیدگی گرمایی و تغییرات دمای خاک می باشد. همچنین بررسی تغییرات ساعتی دما در اعماق مختلف خاک از دیگر اهداف این مطالعه می‌باشد.

مواد و روش ها

در این مطالعه خصوصیات گرمایی خاک با استفاده از معادلات (۱) تا (۶) تعیین شد. با در نظر گرفت قانون بقای انرژی و ادغام آن با معادلات پیوستگی جریان معادله زیر را می توان برای توصیف جریان گرما در خاک مورد استفاده قرار داد.

$$-\frac{\partial q}{\partial z} = \frac{\partial T}{\partial t} \quad (۷)$$

که q نشان دهنده شدت جریان گرما در خاک T دمای خاک ، z عمق خاک و t نشان دهنده زمان می باشد. شدت جریان گرما در خاک را می توان با استفاده از معادله زیر تعیین کرد.

$$q = -DCv\frac{\partial T}{\partial z} \quad (۸)$$

حل این معادله نشان دهنده تغییرات دما با اعماق مختلف خاک در زمان های متفاوت می باشد

حل عددی معادله انتقال گرما

. در این مطالعه از روش عددی ضمنی و با الگوریتم تفاضل محدود برای حل معادلات (۷) و (۸) در محیط برنامه نویسی متلب استفاده شد.

با جایگزاری معادله (۸) در رابطه (۷) رابطه زیر برای بیان انتقال گرما در خاک بدست می‌آید.

$$\frac{\partial T}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial z}\left(\lambda\frac{\partial T}{\partial Z}\right) \quad (۹)$$

با استفاده از الگوریتم تفاضل محدود معادله (۹) را می‌توان به صورت زیر بسط داد .

$$T_i^{j+1} - T_i^j = \frac{\lambda}{\Delta z^2}\left[T_{i+1}^j - 2T_i^j + T_{i-1}^j\right] \quad (۱۰)$$

اگر توزیع دما در اعماق مختلف خاک در زمان ابتدایی T(z,t=۰) و شرایط مرزی معادله مشخص باشد، معادله (۱۰) قابل حل است. در این مطالعه برای حل معادله ۱۰ برنامه کامپیوتری در محیط برنامه نویس نرم افزار Matlab نوشته شد.

در این تحقیق، که محدوده‌ای از سطح خاک تا عمق ۱۰۰ سانتیمتری مورد بررسی قرار گرفت، فواصل گره‌ها از هم ۲ سانتیمتر (z) در نظر گرفته شد. همچنین شبیه سازی جریان گرما در خاک برای زمان ۱۲۰ ساعت در نظر گرفته شد و فاصله زمانی بین شبیه سازی ها برابر با ۱ ساعت در نظر گرفته شد. سپس تاثیر خصوصیات فیزیکی خاک (یعنی رطوبت و چگالی خاک) بر خصوصیات گرمایی (پخشیدگی و هدایت گرمایی) و دمای عمق ۱۰ سانتیمتری خاک مورد بررسی قرار گرفت. در این مطالعه دمای اولیه خاک برای حل عددی معادله برابر با ۱۰ درجه سانتیگراد در نظر گرفته شد. همچنین فرض شد که دما در عمق ۱ متری از سطح خاک ثابت و برابر با متوسط دمای مورد بررسی می باشد. همچنین فرض شد که یک تابع سینوسی برای توصیف دما سطح خاک در زمان های متفاوت صادق می باشد. شکل کلی شرایط مرزی سطح خاک به صورت معادله زیر است.

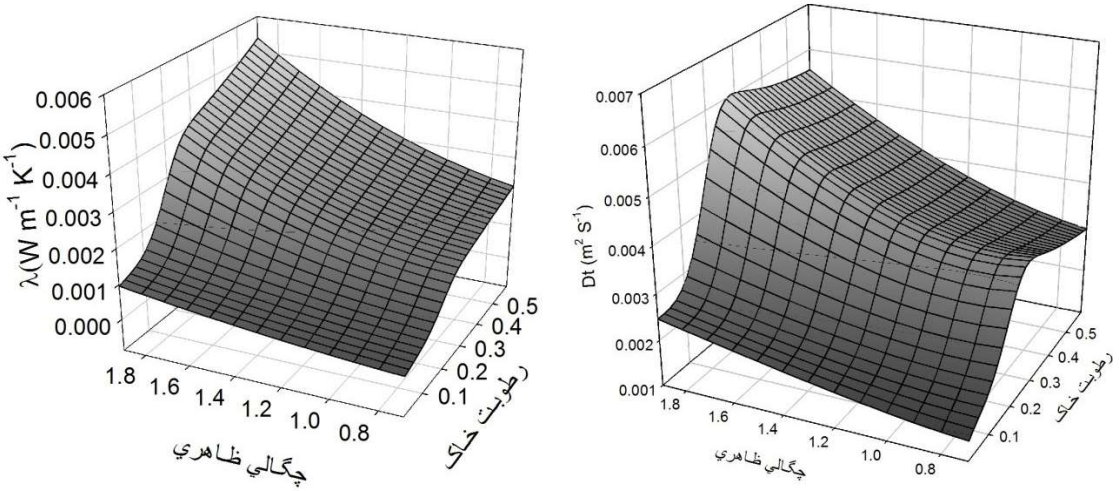
$$T(0,j) = T_{av} + Asin(\frac{2\pi}{24}t(j)) \quad (۱۱)$$

که T (۰,j) نشان دهنده دما در سطح خاک در زمان j ام، A فاصله بین ماکزیمم و مینیمم دما و t(j) نشان دهنده زمان j ام می‌باشد. مقدار ماکزیمم و مینیمم دما برای انجام شبیه سازی به ترتیب برابر با ۲۵ و ۱۰ درجه سانتیگراد در نظر گرفته شد.

نتایج و بحث

شکل ۱ تاثیر تغییرات همزمان چگالی ظاهری و رطوبت خاک را بر هدایت و پخشیدگی گرمایی نشان می‌دهد. نتایج نشان می‌دهد که با افزایش رطوبت و وزن مخصوص ظاهری، هدایت گرمایی خاک افزایش می‌یابد. همچنین نتایج نشان می‌دهد که تاثیر جرم مخصوص خاک بر هدایت گرمایی خاک بیش از تاثیر رطوبت خاک بر روی این ویژگی می‌باشد. نتایج نشان داد که تا یک مقدار معین افزایش در رطوبت و جرم مخصوص ظاهری خاک سبب افزایش در ضریب پخشیدگی گرما می‌شود اما با افزایش بیشتر این پارامترها پخشیدگی گرما در خاک کاهش می‌یابد اگرچه تاثیر چگالی بر روی Dt همواره مثبت می باشد. علت کاهش در Dt را می توان در معادله ۶ جستجو کرد این معادله نشان می‌دهد که با افزایش BD و رطوبت هدایت گرمایی همواره افزایش می یابد (صورت

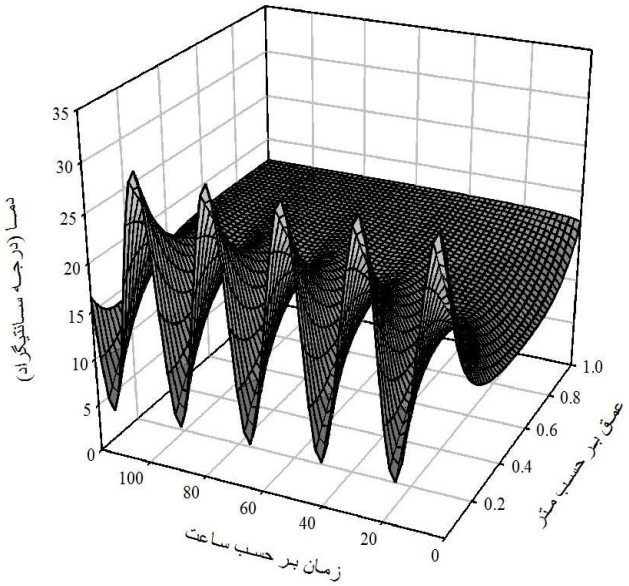
کسر همواره افزایش می‌یابد) اما افزایش رطوبت سبب افزایش ظرفیت گرمایی خاک (مخرج کسر) نیز می‌شود، بنابراین برآیند این دو عامل در نهایت سبب می‌شود که در رطوبت بیش از ۳/۰ ($cm^3\ cm^{-3}$)، Dt کاهش یابد.



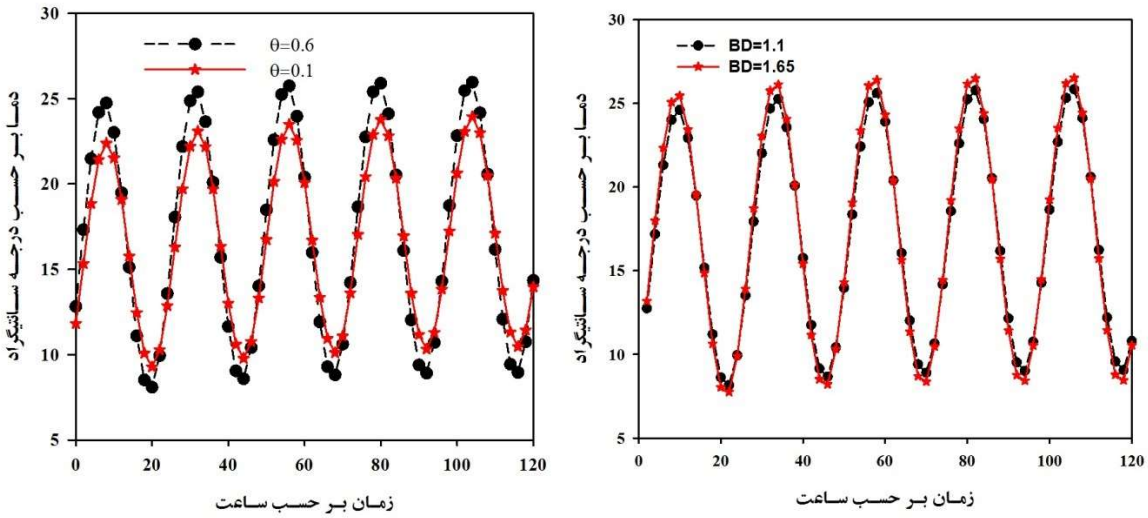
شکل ۱ - تاثیر تغییرات همزمان چگالی ظاهری و رطوبت خاک بر هدایت و پخشیدگی گرمایی خاک

شکل (۲) تغییرات دمای اعماق مختلف خاک را در زمان‌های متفاوت نشان می‌دهد. این شکل نشان می‌دهد که در اعماق نزدیک به سطح خاک تغییرات دما از توابع سینوسی تبعیت می‌کند. اما با افزایش عمق با گذشت زمان دما ثابت و برابر با متوسط دمای مورد استفاده در شبیه سازی می‌شود. به عنوان مثال این نمودار نشان می دهد که در عمق ۵۰ تا ۶۰ سانتیمتری دامنه نوسان منحنی‌های تغییرات روزانه دما به صفر نزدیک می‌شود به عبارت دیگر این نتایج نشان می‌دهد که دما در طول شبانه روز در عمق ۵۰ سانتیمتری ثابت خواهد شد.

شکل (۳) تاثیر چگالی و رطوبت خاک بر تغییرات دما در عمق ۱۰ سانتیمتری از سطح خاک را نشان می‌دهد. برای شبیه سازی مذکور در ابتدا فرض شد که BD یک مقدار ثابت بود و در دو مقدار رطوبت ۱/۰ و ۶/۰ ($cm^3\ cm^{-3}$) برنامه اجرا و تغییرات دما با زمان ترسیم شد. نتایج این شبیه سازی نشان داد که با افزایش رطوبت دما در یک زمان معین و در یک عمق مشخص بیش از زمانی است که رطوبت خاک کمتر باشد. همچنین نتایج نشان داد که دامنه تغییرات در طول شبانه روز با افزایش رطوبت بیشتر خواهد شد. به نظر می‌رسد که افزایش رطوبت سبب افزایش هدایت گرمایی خاک شده و این عامل سبب انتقال گرما به اعماق پایین تر خاک می شود. نتایج تاثیر تغییرات چگالی ظاهری خاک بر دمای عمق ۱۰ سانتیمتری خاک در زمان های مختلف نشان داد که این خصوصیت تاثیر کمتری به نسبت رطوبت بر دمای عمق ۱۰ سانتیمتری خاک دارد. به طوری که منحنی های تغییرات روزانه دما در این عمق در BD های متفاوت تقریبا بر یکدیگر منطق هستند.



شکل ۲- تغییرات دما در اعماق مختلف خاک و در زمان‌های مختلف



شکل ۳- تاثیر چگالی و رطوبت خاک بر تغییرات دما در عمق ۱۰ سانتیمتری از سطح خاک

منابع

Abu-Hamdeh N. H., and Reeder, R. C. ۲۰۰۰. Soil thermal conductivity: effects of density, moisture, salt concentration, and organic matter. Soil Science Society of America Journal, ۶۴: ۱۲۸۵-۱۲۹۰.

Campbell G.S. ۱۹۸۵. Soil physics with basic transport models for soil-plant systems. Elsevier.

De Vries D. A. ۱۹۶۳. Thermal properties of soils. In: Physics of Plant Environment (Van WijkWR, ed), p ۲۱۰-۲۳۵. North-Holland, Amsterdam.

McInnes KJ (۱۹۸۱) Thermal conductivities of soils from dry land wheat regions of Eastern Washington. M.S. Thesis, Washington State University, Pullman

Hillel D. ۱۹۸۰. Fundamental of soil physics: Academic Press, INC. P ۲۸۷-۳۱۷. USA.

Abstract

Biological processes such as the uptake of nutrients and water by roots, the decomposition of organic matter by microbes and the germination of seeds are strongly affected by soil temperature. Soil thermal properties have effected on soil temperature for this reason they are so important. Soil thermal properties are function of soil physical properties. The subject of current study is to investigate the effect of soil thermal properties on soil temperature. Results showed that with increasing soil water content and soil bulk density, the thermal conductivity increase. Result showed with increasing soil water content and soil bulk density up to a critical value soil thermal diffusivity increase but after this value the soil thermal diffusivity decreased.