**دانشکده کشاورزی**

**گروه علوم و مهندسی خاک**

# رابطه آب خاک و گیاه

**تهیه و تنظیم**

**حیدر غفاری**

# حرکت آب در خاک

حرکت آب در خاک، در دو فاز بخار و مایع انجام می‌گیرد. حرکت به‌صورت بخار فقط در شرایطی اهمیت دارد که رطوبت خاک کمتر از PWP باشد و این انتقال نمی‌تواند نیاز گیاه به آب در شرایط مزرعه را تأمین کند (کرامر، ۱۹۹۵). با افزایش اختلاف دما بین لایه‌های مختلف خاک، سرعت انتقال بخار افزایش می‌یابد. مثلاً در شب، بخار آب از لایه مرطوب‌تر و گرم‌تر زیرین به لایه خشک‌تر و سردتر سطحی منتقل می‌شود. حرکت مایع آب خاک، ازطریق منافذ بین ذرات خاک و نیز لایه‌های آب فراگرفته دور ذرات انجام می‌شود. در شرایط طبیعی، حرکت فاز مایع آب خاک اهمیت بسیار بیشتری نسبت به‌حرکت فاز بخار دارد.

حرکت یا جریان آب در خاک، در دو حالت قابل‌بحث است: (۱) جریان اشباع آب در خاک وقتی‌که خاک اشباع از آب باشد و (۲) جریان غیراشباع آب در خاک وقتی بخشی از منافذ خاک خالی از آب باشند و آب فقط در بخشی از منافذ حرکت کند. برای بیان حرکت آب در هر دو حالت اشباع و غیراشباع از قانون دارسی (Darcy) (روابط ۶-۱۶ و ۶-۱۷) استفاده می‌شود (اسلاچر، ۱۹۷۷):

$$Q = -Ki \qquad (۶-۱۶)$$

$$Q = - K\Delta H/L \qquad (۶-۱۷)$$

در این روابط، i شیب هیدرولیکی یا گرادیان هیدرولیکی، Q دبی آب انتقال‌یافته بین دو نقطه یا سرعت انتقال آب، K هدایت هیدرولیکی خاک (برحسب $cm^{۳}.cm^{-۲}.h^{-۱}$ یا $(cm.h^{-۱})$، $\Delta H$ اختلاف بار پتانسیل هیدرولیکی و L طول مسیر یا فاصله بین دو نقطه است. در خاک اشباع از آب K به‌صورت $K_s$ نشان داده می‌شود. K سهولت مسیر ازنظر حرکت آب را نشان داده و هدایت هیدرولیکی خاک درحالت اشباع بسیار بیشتر از حالت غیراشباع آن است. K درحالت غیراشباع، به $\theta$ بستگی زیاد داشته و با $K(\theta)$ نشان داده می‌شود. دراینجا، اجزای قانون دارسی موردبحث بیشتری قرار می‌گیرند.

## اختلاف بار (پتانسیل) هیدرولیکی ($\Delta H$)

اختلاف بار (پتانسیل) هیدرولیکی[۱]، همان اختلاف پتانسیل آب بین دو نقطه (برحسب متر یا سانتی‌متر) است و با افزایش آن میزان حرکت و انتقال آب افزایش می‌یابد. پتانسیل آب در هر نقطه از خاک، برابر با مجموع اجزای پتانسیل آب است ($\Psi_H=\Psi_M+\Psi_P+\Psi_Z$). ازآن‌جایی‌که پتانسیل اسمزی ($\Psi_s$) تنها در انتقال آب در طرفین غشاها نقش داشته و در انتقال آب در خاک به‌دلیل عدم‌وجود غشا نقشی ندارد، در محاسبه پتانسیل آب خاک، از آن صرف‌نظر می‌شود. بنابراین، پتانسیل هیدرولیکی هرنقطه از خاک، ازطریق روابط زیر محاسبه می‌شود. اندیس‌های ۱ و ۲، به دو نقطه دلخواه در خاک اشاره دارند.

$$\Psi_H=\Psi_M+\Psi_P+\Psi_Z \qquad (۶-۱۸)$$

$$\Delta H=\left(\Psi^{۲}_{m}-\Psi^{۱}_{m}\right)+\left(\Psi^{۲}_{P}-\Psi^{۱}_{P}\right)+\left(\Psi^{۲}_{Z}-\Psi^{۱}_{Z}\right)$$

$$\Delta H=\left(\Psi^{۲}_{m}+\Psi^{۲}_{P}+\Psi^{۲}_{Z}\right)-\left(\Psi^{۱}m+\Psi^{۱}P+\Psi^{۱}Z\right)$$

در خاک‌های غیراشباع پتانسیل فشاری در انتقال آب نقش ندارد ($\Psi_p^2 = \Psi_p^1 = 0$) و بنابراین:

$$\Delta H = \left(\Psi_m^2 + \Psi_Z^2\right) - \left(\Psi_m^1 + \Psi_Z^1\right) \qquad (۶-۲۰)$$

روابط فوق بدین معنی هستند که حرکت آب در خاک‌های اشباع ناشی‌از اختلاف پتانسیل فشاری و ثقلی و در خاک‌های غیراشباع، ناشی‌از اختلاف پتانسیل ماتریک و ثقلی می‌باشد.

## هدایت هیدرولیکی اشباع ($K_S$)

هدایت هیدرولیکی خاک درحالت اشباع به‌اندازه منافذ، تخلخل کل، درجه پیوستگی منافذ و دمای خاک بستگی دارد (کرامر، ۱۹۹۵). افزایش اندازه منافذ، درصد و نسبت منافذ درشت و تخلخل کل خاک نفوذپذیری خاک را بیشتر کرده و سبب افزایش هدایت هیدرولیکی اشباع خاک می‌شود. همچنین، هرچه منافذ بیشتر به‌هم پیوسته بوده و کمتر کج و غیرمستقیم باشند، میزان $K_S$ بیشتر می‌گردد. افزایش دمای خاک ازطریق شکستن تعدادی از پیوندهای هیدروژنی بین مولکول‌های آب، سبب کاهش ویسکوزیته و حرکت آسان‌تر آب و درنتیجه افزایش $K_S$ می‌شود. $K_S$ یک خصوصیت ذاتی برای خاک‌ها بوده و مقدار آن برای هر خاکی عدد مشخصی است (کمبل و نورمن، ۱۹۹۸).

گرچه میزان تخلخل کل خاک در خاک‌های رسی بیشتر از خاک‌های شنی است، ولی به‌دلیل وجود منافذ کوچکتر و درصد منافذ ریز بیشتر، در خاک‌های رسی میزان $K_S$ آن کمتر از خاک‌های شنی است. به‌طورکلی، مقادیر $K_S$ خاک از حدود ۰/۰۵ سانتی‌متر بر ساعت در خاک‌های رسی تاحدود ۱۰ سانتی‌متر بر ساعت در خاک‌های شنی متغیر است. خاک‌هایی با $K_S$ کمتر از ۰/۲۵ سانتی‌متر بر ساعت ازنظر زهکشی و تهویه دچار مشکل هستند. همچنین، خاک‌هایی با $K_S$ بیشتر از ۲۵ سانتی‌متر بر ساعت به‌دلیل خروج زیاد آب، قادر به حفظ رطوبت کافی جهت رشد گیاه نیستند. جهت درک بهتر موضوع، مقادیر تیپیک $K_S$ در ۴ نمونه خاک با بافت مختلف در جدول۴-۶ آورده شده است. لازم‌به‌ذکر است که مقدار $K_s$ درحالت اشباع، ثابت بوده و برای هر خاک قابل‌محاسبه است.

## هدایت هیدرولیکی غیراشباع $K(\theta)$

هدایت هیدرولیکی درحالت غیراشباع خاک، تابعی از $K_S$ و رطوبت خاک بوده و به‌وسیله رابطه۲۱-۶ بیان می‌شود (محبوبی و نادری، ۱۳۸۰):

$$K(\theta) = K_S\left(\frac{\theta}{\theta_s}\right)^m \qquad (۶-۲۱)$$

در این رابطه، $\theta$ رطوبت موجود در خاک، $\theta_s$ رطوبت خاک درحالت اشباع، m ضریب ثابتی است که مقدار آن بسته به خاک بین ۲ تا ۴ می‌باشد، $K_S$ هدایت هیدرولیکی خاک اشباع و $K(\theta)$ هدایت

هیدرولیکی خاک غیراشباع است. با خشک‌شدن خاک، هدایت هیدرولیکی خاک به‌سرعت کاهش می‌یابد (شکل۹-۶). به‌عنوان مثال، اگر در یک خاک شنی، هدایت هیدرولیکی اشباع برابر ۵ سانتی‌متر بر ساعت باشد، رسیدن رطوبت خاک به FC ممکن‌است هدایت هیدرولیکی را به ۰/۰۰۵ سانتی‌متر بر ساعت کاهش دهد. کاهش سریع هدایت هیدرولیکی در شکل۹-۶ بدین دلیل است که منافذ درشت‌تر خاک درابتدا تخلیه شده و درنتیجه مقطع عرضی برای جریان آب به‌مقدار زیادی کاهش می‌یابد. هدایت هیدرولیکی پایین در خاک‌هایی که درحال خشک‌شدن هستند موجب محدودشدن جریان آب به‌سمت ریشه‌ها و ایجاد شرایط تنش برای گیاه می‌گردد.

**جدول۴-۶ مقادیر تیپیک هدایت هیدرولیکی اشباع ($K_S$) در چهار نمونه خاک با بافت مختلف*.**

| بافت خاک | هدایت هیدرولیکی اشباع (سانتی‌متر بر ساعت) |
|---|---|
| رس سیلتی | ۰/۰۵ |
| سیلت‌لوم | ۰/۲۷ |
| لوم شنی | ۰/۶۹ |
| شنی | ۴/۵۸ |

*. مشاهده می‌شود که با سبک‌ترشدن بافت خاک، مقدار $K_S$ به‌شدت افزایش می‌یابد.

منابع مورد استفاده:

رابطه آب خاک و گیاه. دکتر افشین سلطانی، جهاد دانشگاهی مشهد
رابطه آب خاک گیاه، دکتر امین علیزاده، دانشگاه امام رضا.
رابطه آب خاک گیاه، دکتر فرید اجلالی. دانشگاه پیام نور.