مقایسه آب قابل استفاده خاک (برای گیاه) محاسبه شده با مفاهیم IWC و LLWR

حسین عسگرزاده[۱]، محمد رضا مصدقی[۲]، علی اکبر محبوبی[۳]، اکرم نصرتی[۴]

[۱] دانشجوی دکتری خاک‌شناسی، [۲] دانشیار و [۳] استاد گروه خاک‌شناسی، دانشجوی سابق کارشناسی ارشد خاک‌شناسی دانشکده کشاورزی، دانشگاه بوعلی سینا، همدان

مقدمه

LLWR دامنه‌ای از آب خاک است که رشد گیاه در ارتباط با پتانسیل ماتریک، تهویه و مقاومت مکانیکی با حداقل محدودیت روبرو می‌باشد [۱]. LLWR می‌تواند به عنوان شاخص کیفیت ساختمان خاک برای ارزیابی تناسب خاک برای رشد گیاه مورد استفاده قرار گیرد [۴]. از معایب LLWR این است که مرزهای (مقادیر) محدودکننده پتانسیل ماتریک، تخلخل تهویه‌ای و مقاومت مکانیکی را ناگهانی در نظر می‌گیرد. برای به کار گرفتن طبیعت تدریجی تغییرات رشد گیاه و جذب آب با تغییر مکش ماتریک، مقاومت مکانیکی، تهویه و هدایت هیدرولیکی خاک، گرونولت و همکاران [۳] روش نوینی با نام گنجایش آب انتگرال‌گیری‌شده (IWC) برای محاسبه آب قابل استفاده ارائه دادند. برای این منظور توابع وزنی به عنوان ضرایب با توجه به دامنه تغییرات محدودیت‌ها، در مقادیر گنجایش آبی ویژه (مشتقی) خاک ضرب شده و سپس انتگرال‌گیری برای محاسبه کل آب قابل استفاده انجام می‌گیرد. هدف از این پژوهش بررسی تفاوت مقدار آب قابل استفاده محاسبه شده به کمک مفاهیم IWC و LLWR با در نظر گرفتن دو مکش ماتریک ۱۰۰ و ۳۳۰ cm برای گنجایش زراعی (FC) بود.

مواد و روش‌ها

میزان رطوبت و مقاومت مکانیکی نمونه‌های دست‌نخورده ۱۲ سری خاک (از استان همدان) با ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی متفاوت در مکش‌های ماتریک مختلف با استفاده از دستگاه‌های جعبه شن، صفحات فشاری و ریزفروسنج اندازه‌گیری شد. برای محاسبه PAW، IWC و LLWR از مدل منحنی مشخصه رطوبتی ون‌گنوختن برازش داده شده با نرم افزار RETC و مدل توانی مقاومت مکانیکی در برابر مکش ماتریک $SR(h) = ah^b$ (h) استفاده شد. حد بالایی LLWR میزان رطوبت در FC (۱۰۰ و ۳۳۰ cm) یا تخلخل تهویه‌ای ۱۰ درصد هر کدام که کمتر بود و حد پایینی آن میزان رطوبت در PWP (۱۵۰۰۰ cm) یا مقاومت مکانیکی ۲ MPa هر کدام که بیشتر بود، در نظر گرفته شد [۱]. IWC با استفاده از رابطه $IWC = \int_0^{\infty} \left(\prod_{i=1}^{n} \omega_i(h) \right) C(h)dh$ محاسبه شد که در این رابطه - = C(h) (dθ/dh) گنجایش ویژه رطوبتی (مشتق معادله ون‌گنوختن) برحسب cm^{-1} و ω_i (h) توابع وزنی می‌باشند. توابع وزنی (ω_i (h)) در محدودیت کامل برابر صفر و با کاهش محدودیت از صفر بزرگ‌تر شده و در نهایت به ۱ می‌رسند. تابع وزنی هدایت هیدرولیکی زیاد (ω_K) در حالت اشباع صفر و در مکش ماتریک ۳۳۰cm به ۱ می‌رسید. تابع وزنی مربوط به کمبود اکسیژن (ω_a) در تخلخل تهویه‌ای ۱۰٪ و ۱۵٪ به ترتیب صفر و ۱ بود. محدودیت مقاومت مکانیکی (ω_R) از ۱/۵ MPa شروع و در ۲/۵ MPa کامل می‌شد. محدودیت کم بودن هدایت هیدرولیکی ($\omega_{K(dry)}$) از مکش ماتریک ۱۲۰۰۰cm شروع می‌شد. به علت پایین بودن میزان آب‌دهی خاک در مکش‌های ماتریک بالاتر از ۱۵۰۰۰cm، محاسبات تا این مکش ماتریک انجام گرفت [۳].

نتایج و بحث

درصد رس، چگالی ظاهری و پارامترهای برازش یافته مدل ون‌گنوختن و مدل توانی مقاومت مکانیکی برای خاک‌های مورد بررسی در جدول ۱ ارائه شده است. مقادیر متفاوتی برای آب قابل استفاده محاسبه شده با مفاهیم PAW_{100}، PAW_{330}، $LLWR_{100}$، $LLWR_{330}$ و IWC به‌دست آمد که علت تفاوت‌ها ماهیت یا فرضیات روش‌ها می‌باشد.

PAW تنها بر اساس سهولت جذب آب (وابسته به مکش ماتریک خاک) است و کمبود اکسیژن خاک، مقاومت مکانیکی خاک در برابر نفوذ ریشه گیاه، کاهش هدایت هیدرولیکی خاک و قدرت تبخیرکنندگی جّو را کـه بـر میـزان جـذب آب توسط گیاه مؤثرند در نظر نمی‌گیرد. LLWR مرزهـای (مقـادیر) محدودکننـده پتانـسیل ماتریـک، تخلخـل تهویـه‌ای و مقاومت مکانیکی خاک را ناگهانی در نظر گرفته، ولی IWC اثر این عوامل محدودکننده را تـدریجی در نظـر مـی‌گیـرد. برای نمونه چگونگی محاسبه IWC خاک شماره ۵ در زیر نشان داده شده است:

$$IWC=\int_{67}^{140}\omega_{K}(h)\omega_{a}(h)C(h)dh+\int_{140}^{330}\omega_{K}(h)C(h)dh+\int_{330}^{2480}C(h)dh+\int_{2480}^{12000}\omega_{R}(h)C(h)dh+$$

$$\int_{12000}^{15000}\omega_{R}(h)\omega_{Kdry}(h)C(h)dh=0.00269+0.02438+0.0905+0.02821+0.00065=0.1464$$

بر اساس این رابطه آب موجود در hهای کمتر از ۶۷ cm قابل استفاده نیست. آب موجود بین hهای ۶۷ و ۱۴۰ cm تحت تاثیر کمبود اکسیژن و هدایت هیدرولیکی زیاد خاک محدود می‌شود. عامل محدودکننده از مکش ماتریک ۱۴۰ تا ۳۳۰ cm تنها هدایت هیدرولیکی زیاد خاک می‌باشد. کل آب موجود در hهای بین ۳۳۰ و ۲۴۸۰ cm قابل استفاده است. آب موجود در hهای بین ۲۴۸۰ و ۱۲۰۰۰ cm به وسیله مقاومت مکانیکی زیاد خاک محدود می‌شود. از hهای ۱۲۰۰۰ تا ۱۵۰۰۰ cm هدایت هیدرولیکی کم و مقاومت مکانیکی زیاد خاک همزمان موجب محدودیت آب قابل استفاده می‌شوند. در این پژوهش، بر خلاف نتایج داسیلوا و همکاران [۲] رابطه معنی‌داری بین IWC یا LLWR و چگالی ظاهری و مقدار رس خاک به‌دست نیامد. با وجود هماهنگی بهتر فرضیات IWC با قوانین طبیعت، هنوز دانسته‌های کافی از چگونگی شروع و کامل شدن محدودیت‌ها برای جذب آب در گیاهان مختلف وجود ندارد. همچنین محاسبه IWC وقت‌گیر بوده و نیازمند محاسبات بیشتری نسبت به LLWR می‌باشد. از این رو ارائه برنامه رایانه‌ای مانند آنچه برای LLWR وجود دارد [۵] می‌تواند به استفاده بیشتر از IWC کمک کند. در نهایت می‌توان گفت انتخاب روش و مقادیر محدودکننده مناسب برای محاسبه آب قابل استفاده خاک برای گیاه اهمیت زیادی دارد.

جدول ۱- برخی از ویژگی‌ها، پارامترهای مدل ون‌گنوختن و مدل توانی مقاومت مکانیکی و مقادیر آب قابل استفاده محاسبه شده به کمک مفاهیم PAW، IWC و LLWR برای خاک‌های مورد بررسی

شماره خاک	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	۱۰	۱۱	۱۲
درصد رس	۴۴/۲	۲۶/۲	۱۳/۷	۴۱/۷	۳۰/۲	۳۶/۲	۳۴/۲	۵۲/۲	۳۱/۷	۴۰/۲	۳۹/۷	۴۳/۷
ρ_b ($Mg\ m^{-3}$)	۱/۲۴	۱/۲۹	۱/۵۵	۱/۳۲	۱/۳۵	۱/۱۲	۱/۴۸	۱/۳۷	۱/۶۳	۱/۲۹	۱/۱۹	۱/۲۱
θ_s ($cm^3\ cm^{-3}$)	۰/۶۱	۰/۵۴۹	۰/۵۰۳	۰/۶۵۳	۰/۵۶۹	۰/۷۵۷	۰/۵۵۹	۰/۵۹۳	۰/۴۹۸	۰/۵۵۵	۰/۵۶۵	۰/۵۹۷
θ_r ($cm^3\ cm^{-3}$)	۰	۰	۰/۰۵۰	۰	۰/۱۶۶	۰/۱۵۴	۰/۰۴۹	۰	۰	۰/۰۹۳	۰	۰/۱۳
α (cm^{-1})	۰/۲۲۱	۰/۰۱۰	۰/۰۲۱	۰/۰۷۶	۰/۰۲۹	۰/۲۹۸	۰/۰۷۷	۰/۱۱۰	۰/۰۳۷	۰/۰۸۲	۰/۰۹۴	۰/۰۷۹
n	۱/۱۱۶	۱/۱۵۱	۱/۴۰۷	۱/۱۷۴	۱/۳۰۸	۱/۱۶۵	۱/۱۷۹	۱/۱۲	۱/۱۳۱	۱/۲۰۳	۱/۱۱۵	۱/۱۷
R^2	۰/۹۸۷	۰/۹۸۰	۰/۹۸۹	۰/۹۹۱	۰/۹۸۹	۰/۹۹۲	۰/۹۹۲	۰/۹۹۳	۰/۹۹۳	۰/۹۹۱	۰/۹۹۵	۰/۹۹۵
a	۰/۰۱۳	۰/۰۰۴	۰/۰۰۶	۰/۰۳۳	۰/۲۰۳	۰/۰۱۵	۰/۱۹۳	۰/۰۹۶	۰/۳۳۷	۰/۰۷۹	۰/۰۶۵	۰/۱۵۷
b	۰/۵۰۹	۰/۶۲۲	۰/۵۷۱	۰/۴۳۱	۰/۲۵۶	۰/۴۴۱	۰/۲۵۶	۰/۳۶۹	۰/۲۱۴	۰/۳۴۳	۰/۳۳۴	۰/۲۸۷
PAW_{100}	۰/۱۸۶	۰/۲۰۲	۰/۲۶۳	۰/۲۶۱	۰/۲۱۳	۰/۱۹۳	۰/۲۰۵	۰/۱۹۸	۰/۱۹۲	۰/۱۸۸	۰/۱۸۸	۰/۱۸۴
PAW_{330}	۰/۱۳۲	۰/۱۴۱	۰/۱۵۹	۰/۲۱۳	۰/۱۳۶	۰/۱۳۲	۰/۱۴۱	۰/۱۴۱	۰/۱۳۹	۰/۱۲۷	۰/۱۳۵	۰/۱۲۷
$LLWR_{100}$	۰/۱۸۶	۰/۲۰۲	۰/۲۶۳	۰/۲۵۷	۰/۱۹۹	۰/۱۹۳	۰/۱۹۲	۰/۱۵۳	۰/۱۳۹	۰/۱۸۴	۰/۱۸۸	۰/۱۶۶
$LLWR_{330}$	۰/۱۳۲	۰/۱۴۱	۰/۱۵۹	۰/۱۷۶	۰/۱۲۲	۰/۱۳۲	۰/۱۲۸	۰/۰۹۶	۰/۰۹۸	۰/۱۲۲	۰/۱۳۵	۰/۱۰۸
IWC	۰/۲۲۳	۰/۲۲۳	۰/۲۶۴	۰/۲۹۸	۰/۱۴۶	۰/۲۷۲	۰/۲۰۸	۰/۱۶۷	۰/۱۰۵	۰/۲۰۲	۰/۱۸۷	۰/۱۷۱

منابع

[1] Da Silva, A.P., B.D. Kay and E. Perfect. 1994. Characterization of the least limiting water range of soils. Soil Sci. Soc.Am. J. 58, 1775–1781.
[2] Da Silva, A.P., B.D. Kay.1997. Estimating least limiting water range of soils from properties and management. Soil Sci. Soc.Am. J. 61, 877–883.
[3] Groenevelt, P. H., C. D. Grant and S. Semetsa. 2001. A new procedure to determine soil water availability. Aust. J. Soil Res. 39, 577–598.
[4] Lapen D.R., G.C. Topp, E.G. Gregorich and W.E. Curnoe. 2004. least limiting water range indicators of soil quality and corn production, eastern Ontario, Canada. Soil Till. Research. 78, 151–170.
[5] Leao, T.P. and A.P. Silva. 2004. A simplified Excel algorithm for estimating the least limiting water range of soils using nonlinear regression. Sci. Agric. (Piracicaba, Braz.) 61, 649–654.