# بررسی تاثیر عمق مطالعه و شوری آبیاری بر مقدار مفهوم نوین رطوبت ظرفیت مزرعه

احسان قزلباش[۱] ، مهدی شرفا[۲] ، محمدحسین محمدی[۳]
۱، ۲ و ۳ به ترتیب دانشجوی دکتری، استاد و دانشیار گروه علوم و مهندسی خاک دانشگاه تهران

## چکیده

رطوبت ظرفیت مزرعه (FC) از مهمترین ضرایب هیدرولوژیکی خاک است که توسط محققین مختلف مطالعه شده و همواره دستخوش تغییراتی گشته است. در سال‌های اخیر تعاریف متعددی از مفهوم رطوبت ظرفیت مزرعه ارائه شده که مقدار رطوبت خاک در ظرفیت مزرعه مطابق این تعاریف تفاوت قابل ملاحظه‌ای دارد. در این پژوهش رطوبت ظرفیت مزرعه که اخیرا بر اساس پیوستگی هیدرولیکی منافذ خاک و زهکشی آنها تعریف شده است در سه خاک سبک، متوسط و سنگین بافت تعیین شد. نتایج نشان داد که استفاده از یک مکش ماتریک مشخص (مثلاً ۳۳ کیلوپاسکال) برای تعیین ظرفیت مزرعه در همه‌ی خاک‌ها، موجب بروز اشتباه در برآورد FC واقعی خاک می‌شود. در این پژوهش مقدار رطوبت FC برای خاک های مورد مطالعه در سه عمق ۱۰۰، ۲۰۰ و ۲۸۰ سانتی‌متری و در سه سطح شوری ۰/۰۱، ۰/۰۵ و ۰/۱ مولار کلرید کلسیم آب آبیاری تعیین گردید. نتایج نشان داد که این دو عامل بر رطوبت ظرفیت مزرعه، زمان حصول آن و شدت زهکشی آب از خاک تاثیر قابل ملاحظه‌ای دارند.

واژه‌های کلیدی: رطوبت ظرفیت مزرعه، عمق خاک، شوری آب آبیاری.

## مقدمه

خاک بزرگترین مخزن برای نگهداری آب است که موجب فراهمی آن برای مصرف کنندگان آن از جمله انسان‌ها، گیاهان و حیوانات می‌شود (Johnston and McCartney, 2010). با توجه به ویژگی‌های خاک‌های مختلف میزان نگهداشت آب در آن‌ها متفاوت است. ویژگی‌های آب و خاک بر مقدار آبی که در هر خاکی نگهداری می‌شود و تحت تاثیر ثقل خارج نمی‌شود (مفهوم ظرفیت مزرعه[۱]) موثر است (Kirkham, 2005). هر شیوه‌ی مدیریتی که خصوصیات آب و خاک را تغییر دهد، ظرفیت نگهداری آب در خاک را نیز تغییر می‌دهد (Assouline and Or 2014).

مفهوم ظرفیت مزرعه برای اولین بار توسط (Veihmeyer and Hendrickson, 1931) به این صورت تعریف شد: «پس از خروج آب ثقلی و پس از کاهش قابل ملاحظه‌ی شدت زهکشی، مقداری آب در خاک باقی می‌ماند که این مقدار از رطوبت خاک ظرفیت مزرعه می‌باشد». با توجه به کیفی بودن این تعریف محققین در تلاش برای ارائه‌ی مفاهیم کمی و قابل اندازه‌گیری در رابطه با ظرفیت مزرعه بر آمدند و در این مسیر معیار ایستای[۲] ظرفیت مزرعه معرفی گردید. در واقع این معیار یک مقدار مطلق از پتانسیل ماتریک را برای همه‌ی خاک‌ها به عنوان رطوبت ظرفیت مزرعه تلقی می‌کند. یکی از پرکاربرد ترین موارد این معیار مربوط می‌شود به تعریفی که (Colman, 1947) ارائه نمود. وی بر اساس تجربه میزان آب باقی مانده در خاک پس از اعمال مکش ۳۳ کیلوپاسکال را همان رطوبت خاک در ظرفیت مزرعه در نظر گرفت. سادگی و سریع بودن این روش باعث شده است مورد اقبال عموم قرار گیرد ( Cong et al., 2014). (Miller and Klute, 1967) مفهوم FC را به این صورت تعریف کردند که در آن شدت زهکشی یا سرعت جریان آب در خاک، $q_{FC}$، به میزان قابل توجهی کاهش می‌یابد و بر اساس این تعریف که بیان کننده‌ی معیار پویا[۳] است رطوبت ظرفیت مزرعه می‌تواند دامنه‌ای از مکش‌ها را شامل گردد. اشکالی که بر این معیار وارد می‌شود این است که چون مقدار $q_{FC}$ مشخص نیست و برای خاک‌های مختلف هم مقادیر مختلفی می‌تواند باشد، در نتیجه اگر ظرفیت مزرعه را با استفاده از آن بخواهیم توصیف کنیم این

۱ - Field Capacity
2- Static
3- Dynamic

مفهوم قابل درک نخواهد بود (Cassel and Nielsen, 1986). برای رفع مشکلات تعاریف ناشی از دیدگاه‌های ایستا و پویا، محققین تعریف قائم به ذات ظرفیت مزرعه را معرفی نمودند. این معیار که جدیدترین مفهوم از ظرفیت مزرعه را ارائه می‌نماید به خودی خود هردو معیار پویا و ایستای ظرفیت مزرعه را شامل می‌شود و بدین ترتیب مزایای هردو روش را حفظ و معایب آن را با استفاده از مزایای دیگری رفع می‌نماید (Assouline and Or, 2014). این معیار بر پایه‌ی قوانین و معادلات فیزیکی بنا شده است و عامل تجربه به مقدار بسیار ناچیزی در آن دخیل شده است. همین امر از مزایای عمده‌ی این دیدگاه می‌باشد که منجر شده است تا نتایج قابل اعتمادی از آن استخراج شود. (Assouline and Or, 2014) با بهره‌گیری از روشی که (Lehmann et al., 2008) از آن برای توجیه مراحل اول و دوم تبخیر از خاک استفاده نمودند، موفق شدند معیار جدید رطوبت ظرفیت مزرعه ارائه کنند.

برای تعیین رطوبت ظرفیت مزرعه بر اساس مفهوم ارائه شده توسط (Assouline and Or, 2014) چنین فرض می‌شود که رسیدن به وضعیتی مشابه با وضعیت تعادل هیدرولیکی که در آن زهکشی خاک به مقدار قابل‌ملاحظه‌ای کاهش یابد با قطع پیوستگی هیدرولیکی فاز مایع (آب خاک) در بین حفرات خاک در حین زهکشی همراه خواهد بود. در این مرحله تبخیر با فرایند پخشیدگی انجام می‌شود. (Lehmann et al., 2008) کانال‌های هیدرولیکی متصل را به صورت واژه‌ی طول مشخصه‌ی منحصربه‌فرد خاک، $L_C$ ، نامگذاری کردند و با استفاده از معادله‌ی ۱ مقدار آن را بر حسب طول به دست آوردند:

$$L_C = \frac{1}{\alpha(n-1)}\left(\frac{2n-1}{n}\right)^{\frac{2n-1}{n}}\left(\frac{n-1}{n}\right)^{\frac{1-n}{n}} \quad (۱)$$

در این معادله $\alpha$ ($L^{-1}$) و $n$ (بدون واحد)، پارامترهای مدل منحنی مشخصه‌ی رطوبتی ون‌گنوختن (۱۹۸۰) می‌باشند. (Assouline and Or, 2014) روابط ۲ و ۳ را برای تبیین درجه‌ی اشباع خاک در ظرفیت مزرعه، $S_{FC}$، و در زمان رسیدن به ظرفیت مزرعه، $t_{FC}$، را ارائه نمودند:

$$S_{FC} = \left[1+\left\{\left(\frac{n-1}{n}\right)^{(1-2n)}\right\}\right]^{\left(\frac{1-n}{n}\right)} \quad (۲)$$

$$t_{FC} = -\frac{Q_\infty}{K_s}\ln\left[K_r(S_{FC})\right] \quad (۳)$$

$K_S$ هدایت هیدرولیکی اشباع، S درجه اشباع موثر ($S=\frac{\theta-\theta_r}{\theta_s-\theta_r}$) است، که در آن θ، θs وθr به ترتیب رطوبت خاک، رطوبت اشباع خاک و رطوبت باقی‌مانده خاک هستند. $Q_\infty$ مقدار کل آب قابل زهکشی از پروفیل خاک در زمان بی‌نهایت و $K_r(S_{FC}) = \frac{K(S_{FC})}{K_S}$ است، که در آن K(SFC) هدایت هیدرولیکی خاک در ظرفیت مزرعه است است. با استفاده از رابطه ۴ نیز پتانسیل ماتریک خاک در وضعیت ظرفیت مزرعه ، $\psi_{FC}$، به دست می‌آید:

$$\psi_{FC} = \frac{1}{\alpha}\left(\frac{n-1}{n}\right)^{\frac{1-2n}{n}} \quad (۴)$$

که (Assouline and Or, 2014) به این نتیجه رسیدند که استفاده از $K_m$ به جای $K_S$ در معادله‌ی ۳ موجب افزایش دقت نتایج در تعیین رطوبت ظرفیت مزرعه می‌شود. $K_m$ میانگین وزنی هدایت هیدرولیکی خاک است.

$$K_m = \frac{\int_0^1 SK(S)dS}{\int_0^1 SdS} \quad (۵)$$

در این معادله K(S) هدایت هیدرولیکی خاک در مقادیر مختلف درجه‌ی اشباع موثر خاک است و برای محاسبه‌ی آن با استفاده از مدل‌های هدایت هیدرولیکی همچون مدل (Mualem, 1986) استفاده می‌شود. برای برآورد $K_m$ با استفاده از داده‌های منحنی رطوبتی، تغییرات درجه‌ی اشباع موثر در دامنه‌ی دو مکش (رطوبت) تعیین می‌گردد و مقادیر آن در هدایت هیدرولیکی نظیر آن

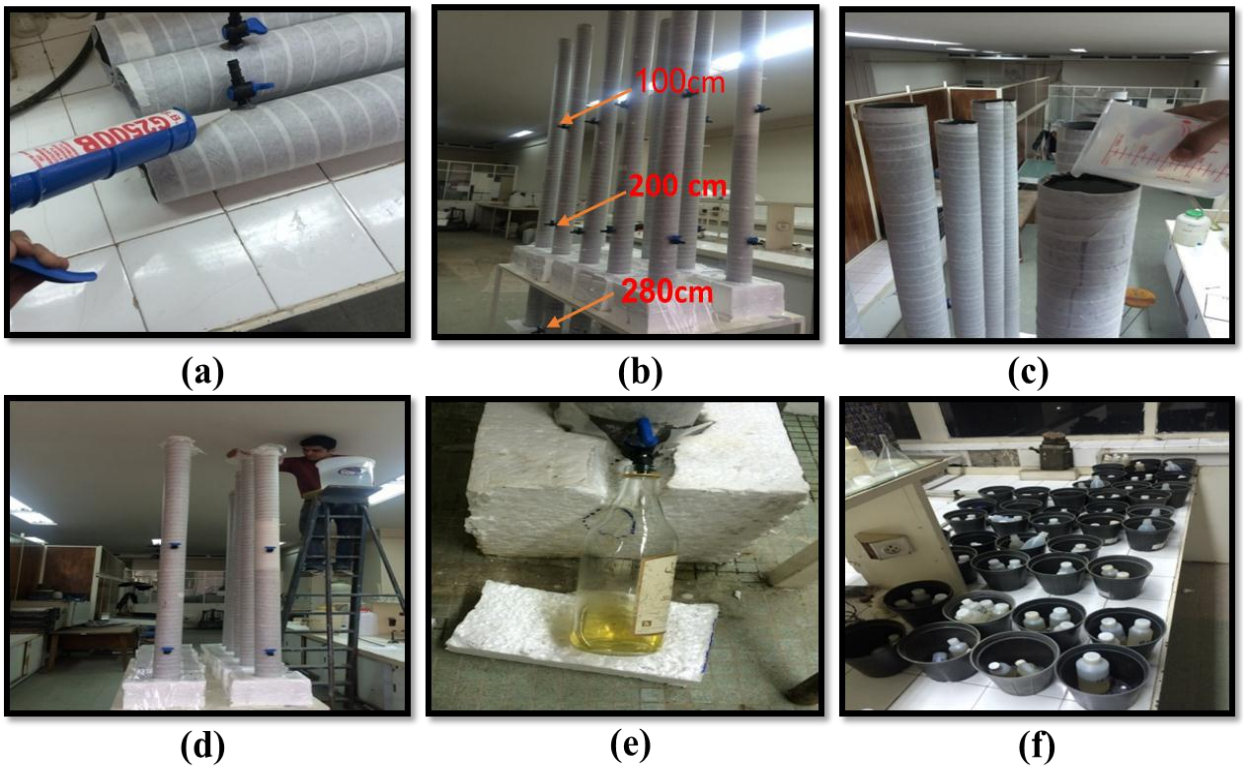
دامنه‌ی رطوبتی ضرب می‌شود. به این ترتیب با جمع کردن حاصل ضرب‌ها صورت و مخرج معادله‌ی ۵ محاسبه شده و $K_m$ برآورد می‌گردد. با توجه به این‌که مقدار نمک‌های محلول خاک بر ساختمان آن و توان نگهداری آب در آن تاثیر دارند، منحنی مشخصه رطوبتی خاک می‌تواند تحت تاثیر این عامل قرار گیرد. به عبارتی شوری آب آبیاری ساختمان خاک را تحت تاثیر قرار می‌دهد و از طرف دیگر عمق خاک بر جریان آب و املاح و شکل‌گیری ساختمان خاک موثر است

هدف از انجام این پژوهش تعیین رطوبت ظرفیت مزرعه برای طیفی از خاک‌های با بافت مختلف بر اساس مفهوم نوین است. همچنین تعیین تاثیر عمق مطالعه و شوری آب آبیاری بر مقدار رطوبت ظرفیت مزرعه بر اساس این مفهوم هدف دیگر پژوهش است.

**مواد و روش‌ها**

ابتدا مقدار کافی نمونه از خاک سطحی (عمق ۰ تا ۱۵ سانتی‌متر) با بافت‌های لوم رسی، لومی و شنی تهیه شده و به ستون‌های زهکشی که خصوصیات آن‌ها در ادامه آورده شده انتقال یافتند. بافت خاک با روش (Gee and Bauder, 1986) به دست آمد. منحنی مشخصه رطوبتی خاک‌های مورد مطالعه با استفاده از صفحه و غشای تحت فشار تعیین گردید. برای تهیه‌ی ستون‌های زهکشی از لوله‌های پی وی سی به طول ۳ متر و قطر ۲۰ سانتی‌متر استفاده شد. در هر یک از لوله‌ها در سه عمق ۱۰۰، ۲۰۰ و ۲۸۰ سانتی‌متری یک خروجی تعبیه گردید. دلیل انتخاب این عمق‌ها ایجاد تفاوت کافی در مقیاس مطالعه است. پس از آماده شدن ستون‌های زهکشی، نمونه‌های خاک با دقت و به آرامی به ستون‌ها انتقال یافتند

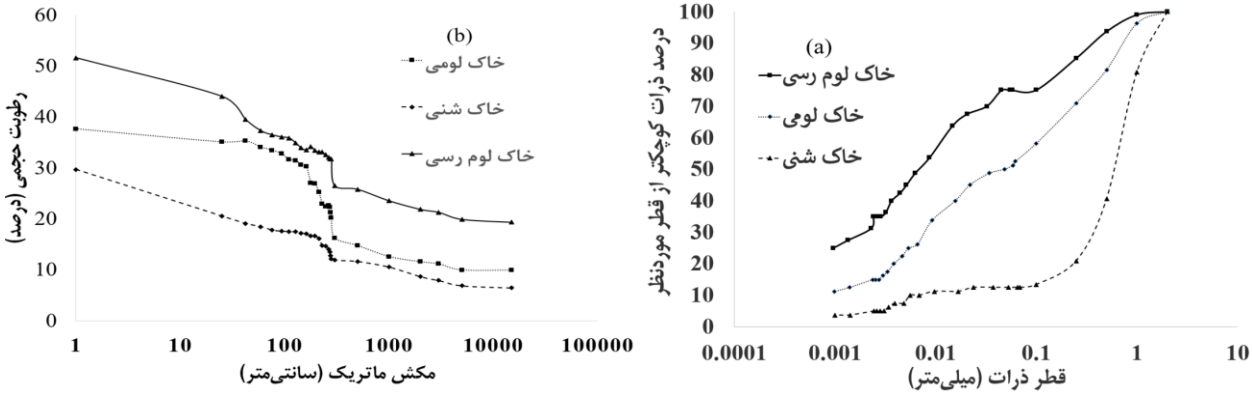
برای اشباع کردن خاک ستون و انجام آزمایش‌ها زهکشی از سه محلول ۰/۰۱، ۰/۰۵ و ۰/۱ مولار کلرید کلسیم استفاده شد تا در اثر آبیاری‌های متعدد پراکندگی ذرات رس مانع از جریان آب در طول ستون نشود. ابتدا باید خاک ستون‌ها با محلول ۰/۰۱ مولار کلرید کلسیم اشباع شدند در مرحله‌ی بعدی آزمایش، ستون‌های خاک از بالا با محلول ۰/۰۱ مولار کلرید کلسیم آبیاری شدند و تا زمان حصول اطمینان از اشباع بودن آن‌ها این کار ادامه پیدا کرد. . پس از انجام مراحل آماده سازی ستون خاک ، منحنی زهکشی در سه عمق مختلف با استفاده از محلولهای ۰/۰۱ ۰/۰۵ و ۰/۱ مولار کلرید کلسیم اندازه‌گیری شد. شکل ۱ مراحلی از تهیه ستون‌ها، استقرار ستون‌ها، اشباع کردن ستون‌ها، انجام آزمایشات زهکشی و جمع‌آوری زهاب را نشان می‌دهد.




شکل ۱- آماده‌سازی ستون‌ها (a)، استقرار ستون‌ها (b)، اشباع کردن ستون‌ها (c و d)، انجام آزمایشات زهکشی و جمع‌آوری زهاب (e و f)

**نتایج و بحث**

منحنی توزیع اندازه‌ای ذرات (شکل a-۲) منحنی‌های رطوبتی(شکل b-۲) خاک نشان داد که خاک‌ها در طیف وسیعی از تنوع ویژگیهای فیزیکی و هیدرولیکی قرار دارند




شکل ۲- منحنی توزیع اندازه‌ای ذرات (a) و منحنی رطوبتی (b) خاک‌های مورد مطالعه

جدول ۱ پارامترهای منحنی رطوبتی و هدایت هیدرولیکی اشباع در سه عمق مورد مطالعه و در سه سطح شوری برای خاکهای مورد مطالعه را نشان می‌دهد. در جدول ۱ مشاهده می‌شود که تاثیر شوری و عمق مطالعه در تغییرات هدایت هیدرولیکی اشباع برای خاک‌های مختلف متفاوت است. به عبارت دیگر تاثیر همزمان عمق خاک و شوری آب آبیاری بر هدایت هیدرولیکی اشباع خاک

روند منظمی را در هیچ‌یک از خاک‌ها ایجاد نمی‌کند و این به خصوصیات مختلف خاک و نحوه‌ی تغییرات آن‌ها در اثر برهمکنش با آب شور بر می‌گردد.

جدول ۱- پارامترهای شکل منحنی رطوبتی خاک در مدل ون‌گنوختن برای بافت‌های مورد مطالعه و هدایت هیدرولیکی اشباع آن‌ها در اعماق مختلف و سه سطح شوری

| بافت خاک | α (عکس سانتی‌متر) | n | θS (درصد) | θr (درصد حجمی) |
|---|---|---|---|---|
| لوم رسی | ۰/۱۹۱ | ۱/۱۴ | ۵۱/۶۱ | ۰ |
| لوم | ۰/۰۰۸ | ۱/۹۹ | ۳۷/۶۴ | ۱۰/۶ |
| شنی | ۰/۱۴۶ | ۲/۶۱ | ۲۹/۶۸ | ۰ |

**هدایت هیدرولیکی اشباع خاک در شوری ۰/۰۱ مولار (سانتی‌متر بر روز)**

| بافت خاک | عمق ۱۰۰ سانتی‌متری | عمق ۲۰۰ سانتی‌متری | عمق ۲۸۰ سانتی‌متری |
|---|---|---|---|
| لوم رسی | ۵۵/۹۸ | ۷۹۷/۸۱ | ۳۳۳/۰۲ |
| لومی | ۴/۵۸ | ۷/۱۸ | ۴۱/۲۶ |
| شنی | ۳/۱۶ | ۴۹/۵۵ | ۱۲۷ |

**هدایت هیدرولیکی اشباع خاک در شوری ۰/۰۵ مولار (سانتی‌متر بر روز)**

| بافت خاک | عمق ۱۰۰ سانتی‌متری | عمق ۲۰۰ سانتی‌متری | عمق ۲۸۰ سانتی‌متری |
|---|---|---|---|
| لوم رسی | ۱۱۵/۹۶ | ۱۰۸۲/۵۲ | ۱۰۷۹/۹۲ |
| لومی | ۱۱/۲۱ | ۱۱۴/۸۷ | ۷/۷۶ |
| شنی | ۱۴۳/۲۳ | ۲۹/۱۴ | ۷/۸۱ |

**هدایت هیدرولیکی اشباع خاک در شوری ۰/۱ مولار (سانتی‌متر بر روز)**

| بافت خاک | عمق ۱۰۰ سانتی‌متری | عمق ۲۰۰ سانتی‌متری | عمق ۲۸۰ سانتی‌متری |
|---|---|---|---|
| لوم رسی | ۴۰۳/۴۱ | ۸۱۱/۷۰ | ۱۳۶۶/۴۴ |
| لومی | ۴۱/۲۶ | ۵۷/۲۸ | ۳/۲۱ |
| شنی | ۱۲۷/۵۶ | ۷۳/۹۰ | ۲۵/۰۳ |

جدول ۲ مقادیر $K_m$ را نشان می‌دهد. مطابق با انتظار مقادیر میانگین وزنی هدایت هیدرولیکی خاک‌ها، $K_m$، نسبت به مقادیر هدایت هیدرولیکی اشباع، $K_s$، کم‌تر است. مقدار اختلاف بین $K_m$ و $K_s$ بستگی به شیب منحنی هدایت هیدرولیکی در هریک از خاک‌ها دارد.

جدول ۲- میانگین وزنی هدایت هیدرولیکی $K_m$ خاک در کل دامنه‌ی رطوبتی برای عمق‌های مختلف مورد مطالعه و سه سطح شوری

**میانگین وزنی هدایت هیدرولیکی خاک در شوری ۰/۰۱ مولار (سانتی‌متر بر روز)**

| بافت خاک | عمق ۱۰۰ سانتی‌متری | عمق ۲۰۰ سانتی‌متری | عمق ۲۸۰ سانتی‌متری |
|---|---|---|---|
| لوم رسی | ۳۵/۳۴ | ۵۰۳/۵۱ | ۲۱۰/۱۷ |
| لومی | ۲/۱۷ | ۴/۳۶ | ۲۵/۱۱ |
| شنی | ۲/۰۷ | ۳۲/۴۷ | ۸۳/۴۴ |

**میانگین وزنی هدایت هیدرولیکی خاک در شوری ۰/۰۵ مولار (سانتی‌متر بر روز)**

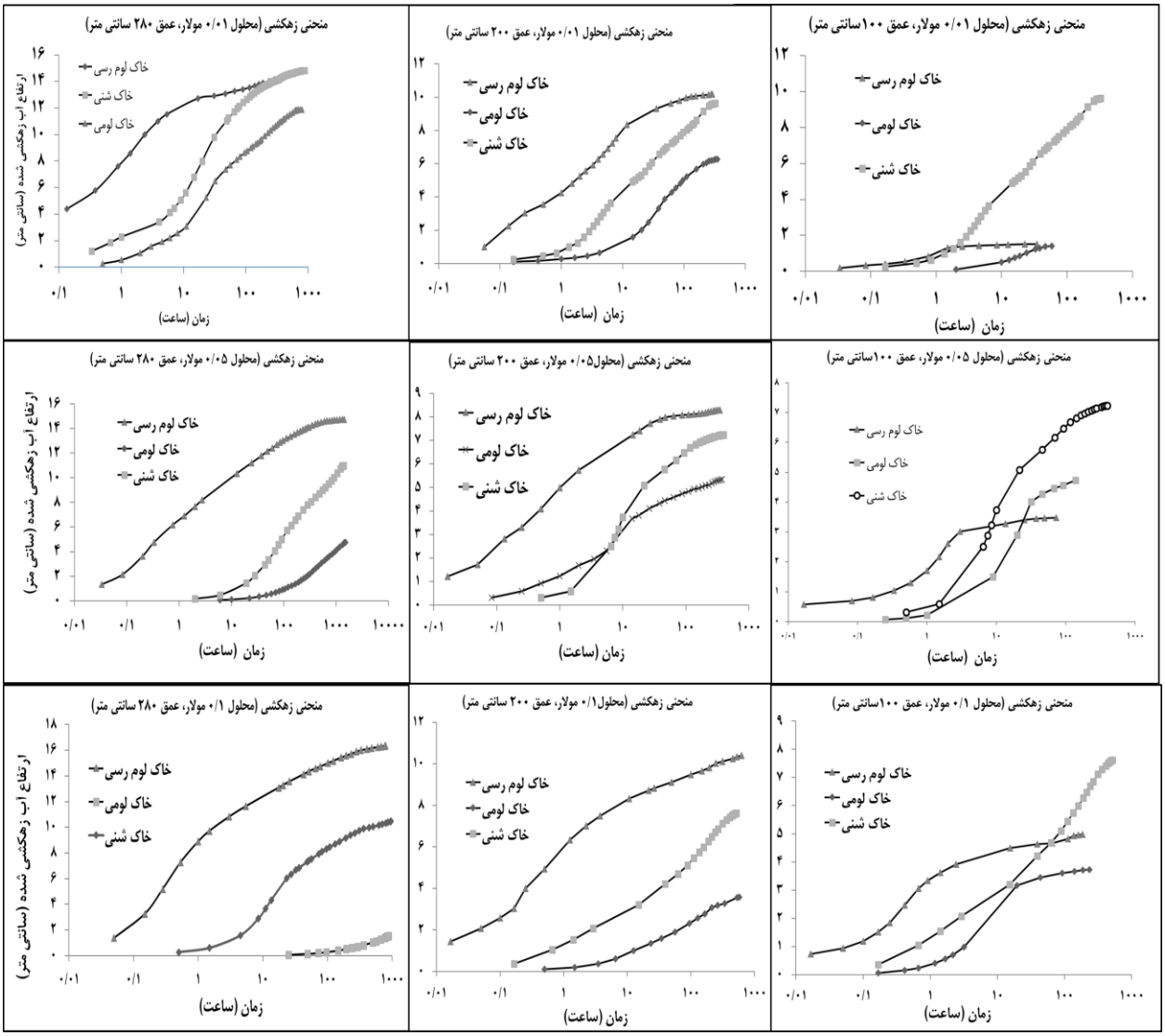
| بافت خاک | عمق ۱۰۰ سانتی‌متری | عمق ۲۰۰ سانتی‌متری | عمق ۲۸۰ سانتی‌متری |
|---|---|---|---|
| لوم رسی | ۷۳/۱۸ | ۶۸۳/۲ | ۳۷۵/۸۲ |
| لومی | ۶/۸۰ | ۶۹/۷۳ | ۴/۷۱ |
| شنی | ۹۳/۸۵ | ۱۹/۱ | ۵/۱۱ |

**میانگین وزنی هدایت هیدرولیکی خاک در شوری ۰/۱ مولار (سانتی‌متر بر روز)**

| بافت خاک | عمق ۱۰۰ سانتی‌متری | عمق ۲۰۰ سانتی‌متری | عمق ۲۸۰ سانتی‌متری |
|---|---|---|---|
| لوم رسی | ۲۵۴/۶۰ | ۵۱۲/۲۸ | ۸۶۲/۳۹ |

| | | | |
|---|---|---|---|
| لومی | ۱۶/۸۰ | ۳۴/۷۷ | ۱/۹۵ |
| شنی | ۸۳/۵۹ | ۴۸/۴۲ | ۱۶/۴۰ |

شکل ۳ منحنی‌های زهکشی به دست آمده برای هریک از خاک‌های مورد مطالعه در سه سطح شوری ۰/۰۱، ۰/۰۵ و ۰/۱ مولار کلرید کلسیم و در عمق‌های ۱۰۰، ۲۰۰ و ۲۸۰ سانتی‌متری را نشان می‌دهد. جدول ۳ نیز درجه‌ی اشباع موثر خاک در ظرفیت مزرعه، زمان حصول ظرفیت مزرعه و پتانسیل ماتریک خاک در این حد رطوبتی را منعکس می‌کند.




شکل ۳- منحنی‌های زهکشی اندازه گیری شده در خاک‌های مورد مطالعه در اعماق ۱۰۰ ، ۲۰۰ و ۲۸۰ سانتی‌متری و در سه سطح شوری ۰/۰۱، ۰/۰۵ و ۰/۱ مولار کلرید کلسیم

شکل ۳ نشان می‌دهد که در شوری ۰/۰۱ مولار با افزایش مقیاس مطالعه (عمق خاک) مقدار آب زهکشی شده و شیب منحنی زهکشی افزایش پیدا می‌کند. در سطوح شوری بیش‌تر تغییرات متفاوتی مشاهده می‌شود. شیب منحنی زهکشی خاک لومی و خاک شنی به ترتیب در سطوح شوری ۰/۰۵ و ۰/۱ مولار کلرید کلسیم کاهش یافته است. کاهش شیب منحنی زهکشی از طریق تغییر

$K_m$ رطوبت ظرفیت مزرعه را تغییر می‌دهد. در خاک شنی در شوری ۰/۱ مولار با افزایش مقیاس مطالعه ارتفاع آب زهکشی شده هم کم می‌شود. این نشان می‌دهد که در شوری‌های زیاد، اثر افزایش مقیاس مطالعه را در برخی خاک‌ها تحت تاثیر قرار می‌دهد.

نکته‌ی قابل توجه این است که در برخی موارد زهکشی از ستون خاک تا زمان‌های طولانی و نزدیک به ۱۰۰۰ ساعت، ادامه دارد و این ثابت می‌کند که بر خلاف تفکرات مرسوم زهکشی از خاک در ۲ تا ۳ روز پس از آبیاری یا بارندگی قطع نخواهد شد.

جدول ۳- درجه‌ی اشباع و پتانسیل ماتریک خاک در ظرفیت مزرعه و زمان حصول ظرفیت مزرعه

| بافت / عمق (سانتی‌متر) | $t_{FC}$ (روز) شوری ۰/۱ مولار | $t_{FC}$ (روز) شوری ۰/۰۵ مولار | $t_{FC}$ (روز) شوری ۰/۰۱ مولار | ΨFC (سانتی‌متر) | SFC (درصد) |
|---|---|---|---|---|---|
| **لوم رسی** | | | | | |
| ۱۰۰ | ۰/۲۴ | ۰/۸۴ | ۱/۷۳ | | |
| ۲۰۰ | ۰/۲۴ | ۰/۱۸ | ۰/۲۴ | -۱۰۱ | ۶۳ |
| ۲۸۰ | ۰/۲۰ | ۰/۴۶ | ۰/۸۲ | | |
| **لومی** | | | | | |
| ۱۰۰ | ۴/۶۷ | ۱۱/۰۰ | ۳۴/۴۳ | | |
| ۲۰۰ | ۴/۳۰ | ۲/۱۵ | ۳۴/۳۲ | -۲۸۸ | ۳۹ |
| ۲۸۰ | ۱۰۷/۴۴ | ۴۴/۴۵ | ۸/۳۴ | | |
| **شنی** | | | | | |
| ۱۰۰ | ۰/۵۱ | ۰/۴۵ | ۲۰/۴۵ | | |
| ۲۰۰ | ۱/۷۵ | ۴/۴۳ | ۲/۶۱ | -۱۵ | ۲۶ |
| ۲۸۰ | ۷/۲۳ | ۲۳/۱۷ | ۱/۴۲ | | |

همانطور که در جدول ۳ مشاهده می‌گردد در میان ۳ بافت خاک مورد مطالعه، **ΨFC** در بافت لومی تقریباً مشابه با مفهوم مرسوم آن و نزدیک به ۳۰۰ سانتی‌متر است. این در حالی است مقدار **ΨFC** در بافت‌های لوم رسی و شنی کمتر از مکش ظرفیت مزرعه مرسوم (۳۳۰cm) است. این نشان می‌دهد که تغییر بافت خاک تاثیر زیادی در مقدار پتانسیل ماتریک خاک در رطوبت ظرفیت مزرعه دارد و نمی‌توان برای همه‌ی بافت‌های خاک یک مقدار ثابت به عنوان پتانسیل ماتریک ظرفیت مزرعه در نظر گرفت.

نتایج نشان می‌دهند که حداقل زمان لازم برای حصول ظرفیت مزرعه در عمق ۲۰۰ سانتی‌متری خاک لوم رسی و در شوری ۰/۰۵ مولار برابر با ۰/۱۸ روز (۴ ساعت و ۳۰ دقیقه) و حداکثر آن در عمق ۲۸۰ سانتی متری خاک لومی و برابر با ۱۰۷/۴۴ روز است. مطابق با نتایج (Assouline and Or, 2014) تفاوت‌ها در زمان رسیدن به ظرفیت مزرعه در بین نقاط مطالعه شده بسیار قابل ملاحظه است.

خاک لوم رسی در اغلب موارد بجز عمق ۱۰۰ سانتی‌متری و در شوری ۰/۰۱ مولار، در زمان‌های کمتر از یک روز و در طی چند ساعت به رطوبت ظرفیت مزرعه رسیده است. در خاک لومی تغییرات زمان حصول رطوبت ظرفیت مزرعه بسیار شدید است و این زمان در عمق‌های مختلف برای این خاک از حدود ۲ روز تا بیش‌تر از ۱۰۰ روز متغیر است. این نشان می‌دهد که این خاک لومی به شدت وابسته به شرایط مدیریتی و آبیاری است و خصوصیات هیدرولیکی آن تحت تاثیر ویژگی‌های آب آبیاری مثل شوری قرار می‌گیرد. پتانسیل ماتریک این خاک در رطوبت ظرفیت مزرعه نزدیک به مقدار مرسوم یعنی ۳۰۰ سانتی‌متر است اما تغییرات موجود در زمان رسیدن به این پتانسیل ماتریک نشان می‌دهد که حتی اگر مکش خاک در رطوبت ظرفیت مزرعه در یک خاک برابر با مقدار مرسوم معرفی شده (Colman, 1947) باشد، زمان رسیدن به این حد رطوبتی متفاوت از مقدار مرسوم معرفی شده (۲ تا ۳ روز پس

از آبیاری) خواهد بود. به طور کلی تغییرات زمان رسیدن به ظرفیت مزرعه از چند ساعت تا چند ده روز نشان می‌دهد که فرض ایجاد حالت ظرفیت مزرعه در ۲ الی ۳ روز پس از آبیاری که تعریفی مرسوم از ظرفیت مزرعه است برای همه‌ی خاک‌ها و در اعماق و سطوح شوری مختلف صدق نمی‌کند.

تغییرات شدید در رطوبت ظرفیت مزرعه و زمان حصول آن استفاده از این ضریب هیدرولیکی را در تعیین مفاهیم کاربردی از جمله رطوبت قابل استفاده و مدیریت آبیاری با چالش روبرو می‌سازد. با وجود چنین تغییراتی در رطوبت ظرفیت مزرعه باید بررسی کرد که نظر (Cassel and Nielsen, 1986) در رابطه با غیر قابل درک بودن مفهوم رطوبت ظرفیت مزرعه تا چه اندازه قابل پاسخ خواهد بود.

نتایج نشان می‌دهد که رطوبت ظرفیت مزرعه به عنوان یک ضریب هیدرولوژیکی خاک تحت تاثیر عوامل خاکی و هر عاملی که خصوصیات خاک را تحت تاثیر قرار دهد قرار می‌گیرد. انتظار می‌رود که حتی دو خاک با بافت یکسان به دلیل تفاوت‌های کانی‌شناسی و نوع رس‌های تشکیل دهنده برهمکنش متفاوتی با آب داشته باشند و در نتیجه خصوصیات هیدرولیکی ازجمله رطوبت ظرفیت مزرعه در آن‌ها متفاوت باشد و این باید بررسی گردد.

## منابع

Assouline, S. and Or, D., 2014. The concept of field capacity revisited: Defining intrinsic static and dynamic criteria for soil internal drainage dynamics. Water Resources Research, 50(6), pp.4787-4802.

Cassel, D.K. and Nielsen, D.R., 1986. Field capacity and available water capacity. Methods of Soil Analysis: Part 1 Physical and Mineralogical Methods, (methods ofsoil analysis1), pp.901-926.

Colman, E.A., 1947. A laboratory procedure for determining the field capacity of soils. Soil Science, 63(4), pp.277-284.

Evett, S., Ibragimov, N., Kamilov, B., Esanbekov, Y., Sarimsakov, M., Shadmanov, J., Mirhashimov, R., Musaev, R., Radjabov, T. and Muhammadiev, B., 2007. Neutron moisture meter calibration in six soils of Uzbekistan affected by carbonate accumulation. Vadose Zone Journal, 6(2), pp.406-412.

Gee, G.W. and Bauder, J.W., 1986. Particle-size analysis. Methods of soil analysis: Part 1—Physical and mineralogical methods, (methods of soil analysis1), pp.383-411.

Johnston, R.M. and McCartney, M., 2010. Inventory of water storage types in the Blue Nile and Volta river basins (Vol. 140). IWMI.

Lehmann, P., Assouline, S. and Or, D., 2008. Characteristic lengths affecting evaporative drying of porous media. Physical Review E, 77(5).

Miller, E.E. and Klute, A., 1967. The Dynamics of Soil Water: Part I—Mechanical Forces. Irrigation of agricultural lands, (irrigationofagr), pp.209-244.

Mualem, Y. (1986), Hydraulic conductivity of unsaturated soils, predictions and formulas, in Methods of Soil Analysis, Agron. Monogr. Ser. 9, chap. 31, pp. 799–823, Am. Soc. of Agron. and Soil Sci. Soc. of Am., Madison, Wis.

Van Genuchten, M.T., 1980. A closed-form equation for predicting the hydraulic conductivity of unsaturated soils. Soil science society of America journal, 44(5), pp.892-898.

Veihmeyer, F.J. and Hendrickson, A.H., 1931. The moisture equivalent as a measure of the field capacity of soils. Soil Science, 32(3), pp.181-194.

**Using the revised concept of field capacity and compare it with conventional concepts**

E. Ghezelbash[1], M. Shorafa[2], M. H. Mohammadi[3]
1, 2, 3 respectively, Ph.D student, Professor and Associate Professor, Department of Soil Science and Engineering, Faculty of Agricultural Engineering and Technology, University of Tehran, Iran

**Abstract:**

Field Capacity (FC) is one of the most important hydrological coefficients of soil, which has been studied by various researchers and has always undergone some changes. In recent years, there are several definitions of the

concept of soil moisture at field capacity but there are many differences in these definitions. In this study, soil moisture content at field capacity, which was recently determined based on the hydraulic connectivity of soil pores and drainage, was determined in three light, medium and heavy texture soils. The results showed that using a specific matric suction (eg 33 kPa) to determine the field capacity in all soils causes a mistake in estimating the actual FC of the soil. In this study, moisture content at FC for the soils was determined at three depths of 100, 200 and 280 cm and in three salinity levels 0.01, 0.05 and 0.1 molar of calcium chloride in irrigation water. The results showed that these two factors have a significant effect on the moisture content at field capacity, elapsed time up to field capacity, and the drainage flux from the soil.

Keywords: Field Capacity, Irrigation Water Salinity, Soil Depth.