

## وقوع پدیده پس ماند در اندازه گیری غلظت املاح با دستگاه TDR و کپسول مکش

فریبرز عباسی

عضو هیأت علمی (استادبار) مؤسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی. Abbasi\_Fariborz@yahoo.com

### مقدمه

دستگاه TDR دارای استفاده وسیع در اندازه گیری رطوبت و هدایت الکتریکی ظاهری خاک ( $EC_a$ ) بوده و به ابزاری مؤثر و با ارزش در علوم خاک تبدیل گردیده است. این دستگاه اولین بار توسط وارد و همکاران (Ward et al., 1988) برای اندازه گیری غلظت املاح در محیط‌های سه بعدی پیشنهاد گردید. دارای محاسن ویژه از جمله اندازه گیری توأمان رطوبت و غلظت املاح بدون تخریب ساختمان خاک است. لیکن واسنجی آن بخصوص برای اندازه گیری غلظت املاح در مقیاس بزرگ چندان ساده نیست. معمولاً برای اندازه گیری غلظت املاح توسط TDR دو سری واسنجی برای پروب‌های آن نیاز است تا بتوان ابتدا مقاومت ظاهری را به  $EC_a$  و سپس در ادامه هدایت الکتریکی ظاهری را به هدایت الکتریکی آب خاک ( $EC_w$ ) مرتبط نمود. در این تحقیق نحوه واسنجی پروب‌های TDR برای اندازه گیری غلظت املاح در لایسیمترهای بزرگ حاوی دو نمونه خاک لومی و لوم ماسه‌ای دست نخورده بررسی و پدیده خاصی تحت عنوان پدیده پس ماند املاح که ممکن است هنگام واسنجی پروب های TDR برای اندازه گیری غلظت املاح اتفاق افتد، ارایه گردیده است.

در دستگاه TDR، مقاومت ظاهری ( $Z$ ) با استفاده از رابطه ذیل به هدایت الکتریکی ظاهری خاک ( $EC_a$ ) تبدیل می‌شود (Topp et al., 1988):

$$EC_a = \frac{K_p}{Z - Z_{cable}} f_T \quad (1)$$

که در آن،  $K_p$  ثابت پروب،  $Z_{cable}$  مقاومت کابل و اتصالات مربوطه و  $f_T$  فاکتور تصحیح درجه حرارت است. مدل‌های خطی و غیرخطی زیادی برای ارتباط بین  $EC_a$  و هدایت الکتریکی محلول آب خاک ( $EC_w$ ) در منابع وجود دارد که هر کدام دارای معایب و محاسن خاص خود می‌باشد. یکی از روابط خطی معروف به صورت ذیل است (Vogeler et al., 1996). که در آن،  $a$  و  $b$  پارامترهای تجربی است.

$$EC_a = a + bEC_w \quad (2)$$

### مواد و روشها

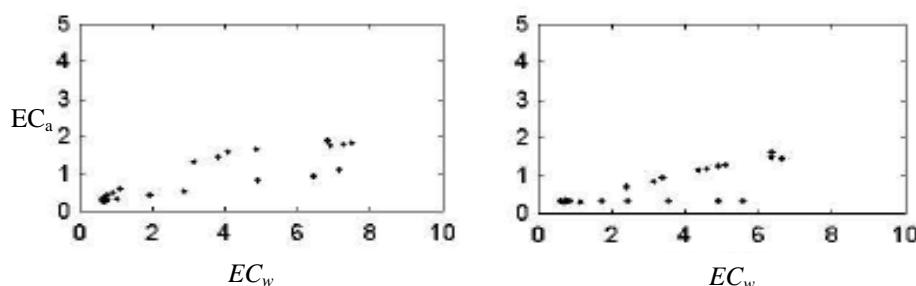
دو سری آزمایش در سال ۲۰۰۳ برای واسنجی ۷۲ پروب نصب شده در ۶ دستگاه لایسیمتر استوانه ای مورد مطالعه انجام شد. هر کدام از لایسیمترها دارای ابعاد ۸۰ سانتی متر قطر و ۱۰۰ سانتی متر ارتفاع بود که حاوی خاک دست نخورده لومی و لوم ماسه ای بودند (سه لایسیمتر برای هر بافت خاک). هر یک از لایسیمترها به وسایل اندازه گیری مختلف نظیر TDR (۱۲ پروب برای هر کدام) برای اندازه گیری رطوبت و هدایت الکتریکی خاک، حسگرهای اندازه گیری درجه حرارت، کپسول های مکش برای تهیه نمونه آب خاک، تانسئومتر برای اندازه گیری مکش ماتریک، باران سنج برای اندازه گیری شدت جریان خروجی،  $EC$  و  $pH$  متر برای تعیین  $EC$  و  $pH$  آب خروجی از لایسیمترها، مجهز گردیدند. جزئیات بیشتر در خصوص نحوه تهیه و تجهیز لایسیمتر ها بوسیله عباسی و همکاران (۲۰۰۵) ارائه گردیده است. پس از آبتشویی همه لایسیمتر ها با محلول  $dS/m$  ۱ کلراید پتاسیم دو سری آزمایش برای واسنجی پروب ها انجام شد. ابتدا پروب‌ها خارج از خاک در شش محلول  $KCl$  در بازه صفر تا  $dS/m$  ۵ واسنجی گردیدند. در این واسنجی ثابت پروب‌ها ( $K_p$ ) و مقاومت کابل و اتصالات ( $Z_{cable}$ ) تعیین شدند. سپس، با انجام یک واسنجی دیگر در خاک، بین مقادیر  $EC_a$  اندازه گیری شده بوسیله TDR و مقادیر  $EC_w$  که بوسیله کپسول‌های مکش نمونه برداری شده بودند، ارتباط برقرار گردید. بدین منظور، یک آزمایش انتقال املاح در شرایط غیر اشباع ولی تقریباً پایدار رطوبتی بر روی هر یک از لایسیمترها اجراء گردید. در این آزمایش از محلول  $KCl$  با هدایت الکتریکی  $dS/m$  ۱۰ به مدت ۳۲

تا ۴۸ ساعت استفاده گردید. در این مدت  $EC_a$  در عمق های مختلف بوسیله دستگاه TDR هر ۱۵ دقیقه و نمونه های آب خاک در همان عمق ها به تناوب بوسیله کپسول های مکش برای تعیین  $EC_w$  در آزمایشگاه برداشت گردید.

### نتایج و بحث

مقادیر ثابت پروب ها ( $K_p$ ) و مقاومت ظاهری ( $Z_{cable}$ ) آنها از یک پروب تا پروب دیگر متفاوت بود. مقادیر  $K_p$  بین  $1/0.09$  تا  $1/211$  با ضریب تغییرات  $25/2$  درصد و مقادیر  $Z_{cable}$  بین  $0/0.09$  تا  $1/122$  با ضریب تغییرات  $61/7$  درصد تغییر نمودند. تغییرات بیشتر در مقادیر  $Z_{cable}$  به خاطر آن بود که Multiplexer های مختلف مقاومت های متفاوتی را ایجاد نمودند. طول کابل همه پروب ها ۳ متر یکسان بود.

هنگام ترسیم رابطه بین  $EC_w$  و  $EC_a$  رفتار خاصی شبیه پدیده پس مانده رطوبتی بین مقادیر اندازه گیری شده بوسیله TDR و کپسول های مکش مشاهده گردید (شکل ۱). از این پس از این پدیده تحت عنوان پدیده پس مانده املاح نام برده می شود. این پدیده به وضوح در هر دو خاک مورد مطالعه و در همه پروب ها مشاهده گردید. اختلاف حجم نمونه برداری بین پروب های TDR و ظروف مکش، متفاوت بودن زمان عکس العمل آن دو و تفاوت بین ماهیت غلظت اندازه گیری شده با TDR و کپسول های مکش از دلایل اصلی وقوع این پدیده است. غلظت های اندازه گیری شده بوسیله TDR معرف غلظت باقی مانده املاح در خاک است. در حالی که غلظت های تعیین شده بوسیله کپسول های مکش از نوع غلظت های شدت جریان می باشند. TDR غلظت املاح را در نواحی ساکن (Immobile) و متحرک (Mobile) اندازه گیری می نماید در صورتی که غلظت های مربوط به کپسول های مکش عمدتاً معرف نواحی متحرک هستند. در صورت فرض حالت تعادل بین غلظت املاح در نواحی ساکن و متحرک، مقادیر غلظت های اندازه گیری شده بوسیله TDR به سمت مقادیر تعیین شده بوسیله کپسول های مکش همگرا می شوند. از آنجائی که حالت تعادل بخصوص در زمان های اولیه پس از تزریق پالس در محیط خاک برقرار نبوده و تاثیر زیادی روی واسنجی پروب ها خواهد داشت، لذا در آنالیزهای بعدی فقط داده های حالت تعادل و یا نزدیک شرایط تعادل منظور و مدل خطی رابطه ۲ به داده های اندازه گیری شده برازش داده شد. برای خاک لومی یک رابطه و برای خاک ناهمگن لوم ماسه ای دو رابطه برای اعماق ۰-۳۰ و ۱۰۰-۳۰ سانتی متر پیشنهاد گردید. مقادیر  $a$  و  $b$  برای خاک لومی به ترتیب  $0/161$  و  $0/224$  با ضریب تبیین  $R^2 = 0/935$  بدست آمد. در خاک لوم ماسه ای مقادیر  $a = 0/135$  و  $b = 0/301$  با  $R^2 = 0/977$  برای لایه اول و  $a = 0/065$  و  $b = 0/191$  با  $R^2 = 0/973$  برای لایه دوم تعیین گردیدند. حدود اطمینان ۹۵ درصد برای خاک لومی نسبتاً کوچک لیکن برای خاک لوم ماسه ای بخصوص برای ضریب  $a$  قدری بزرگتر بود. این بدان دلیل است که خاک لومی قدری همگن بوده و مدل خطی وگلر و همکاران (۱۹۹۶) بیشتر برای خاکهای هموزن پیشنهاد شده است.



شکل ۱- رابطه بین هدایت الکتریکی ظاهری ( $EC_a$ ) و هدایت الکتریکی آب خاک ( $EC_w$ ) در دو نمونه از پروب های واسنجی شده

### منابع

- [1] Abbasi, F., M. Javaux, M. Vanclooster, J. Feyen, G. Wyseure, G. Nziguheba, 2005. Experimental study of water flow and sulphate transport at monolith scale. *Agric. Water Management*, 79(1): 93-112.
- [2] Topp, G. C., M. Yanuka, W. D. Zebchuck, and S. Zegelin, 1988. Determination of electrical conductivity using time domain reflectometry: soil and water experiments in coaxial lines. *Water Resour. Res.*, 24: 945-952.
- [3] Vogeler, I., B. E. Clothier, S. R. Green, D. R. Scotter, and R. W. Tillman, 1996. Characterizing water and solute movement by time domain reflectometry and disk permeametry. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 60: 5-12.
- [4] Ward, A. L., R. G. Kachanoski, A. P. von Bertoldi, I. J. van Wesenbeeck, and C. J. Hamlen, 1988. Solute transport during three-dimensional unsaturated water flow: axisymmetric measurements using time domain reflectometry. *Soil Sci. Soc. Am. Abstracts*, 1988, pp. 192.