# مقایسه روشهای هیدرومتری و رفراکتومتری برای اندازه‌گیری شوری آب

فاطمه علائی‌یزدی و فرهاد خورسندی
به ترتیب: عضو هیات علمی مرکز تحقیقات کشاورزی یزد و مؤسسه تحقیقات خاک و آب

## مقدمه

شوری مهمترین عامل تعیین کننده کیفیت آب در کشاورزی آبی می‌باشد. در حال حاضر متداولترین روش اندازه‌گیری شوری آب در آزمایشگاهها اندازه‌گیری هدایت الکتریکی (EC) با استفاده از دستگاه هدایت‌سنج می‌باشد. این دستگاه میزان ذرات باردار در محلول آب را اندازه‌گیری و به شکل واحدی از شوری (مانند dS/m) ارائه می‌دهد. هدایت الکتریکی آب به دمای آن وابسته است. در نتیجه مقادیر اندازه‌گیری شده بر اساس دمای ۲۵°C تعدیل و گزارش می‌شوند. هر چند استفاده از این دستگاه سریع و متداول است و لیکن هزینه آن نیز بالا می‌باشد. بسته به نوع، مدل و قابلیتها قیمت این دستگاه بین ۳۰۰۰-۶۰ دلار متغیر است (Bergstrom, 2002).

از دیگر روشهای اندازه‌گیری شوری آب هیدرومتری و رفراکتومتری می‌باشند. این روشها در مقایسه با روش اندازه‌گیری هدایت الکتریکی بسیار کم هزینه‌تر بوده، سرعت قابل قبولی دارند، و امکان انجام آنها در صحرا و مزرعه نیز میسر می‌باشد. هیدرومتری بر اساس اندازه‌گیری چگالی آب و ارتباط آن با میزان املاح محلول در آن می‌باشد. اندازه‌گیری چگالی نیز همانند هدایت الکتریکی وابسته به دما می‌باشد. این روش کم هزینه‌ترین روش بوده و در شوری‌های بالا (خارج از محدوده دستگاه هدایت‌سنج) نیازی به رقیق کردن ندارد. رفراکتومتری بر اساس اندازه‌گیری زاویه انکسار و شکست نور در نمونه آب است. این زاویه وابسته به دما و میزان املاح موجود در آب می‌باشد. رفراکتومتر گرانتر از هیدرومتر بوده و لیکن معمولاً از هدایت‌سنج ارزانتر است.

هدف اصلی این آزمایش مقایسه بین دو روش هیدرومتری و رفراکتومتری و رابطه آنها با EC است. از دیگر اهداف این آزمایش تخمین شوری آب ($EC_{iw}$)، SAR و غلظت یونهای غالب در آبهای استان یزد با استفاده از این دو روش می‌باشد.

## مواد و روشها

جمعاً ۲۰۶ نمونه آب از چاههای استان یزد گردآوری شد. ۱۷۱ نمونه جهت بررسی و تعیین رابطه بین روشهای هیدرومتری و رفراکتومتری با هدایت سنجی و ۳۵ نمونه جهت تست روابط حاصله مورد استفاده قرار گرفتند. هدایت الکتریکی و دمای آب با دستگاه هدایت‌سنج (مدل WTW LF318) اندازه‌گیری شدند. چگالی با هیدرومتر استاندارد بافت خاک (ASTM no. 152H) و ضریب انکسار با دستگاه رفراکتومتر مدل RL2 (ساخت شرکت PZO-Warszawa) اندازه‌گیری شدند. دستگاه هدایت‌سنج به صورت اتوماتیک $EC_{iw}$ را به ۲۵°C تصحیح می‌کرد. جهت تعیین ضرایب تصحیح دما به ۲۵°C برای دو روش دیگر، ۴ نمونه آب با شوری‌های ۵، ۱۰، ۱۵ و ۲۰ dS/m تهیه گردید. این شوری ها بوسیلهٔ رقیق کردن آب یک چاه با شوری ۲۳ dS/m با آب مقطر حاصل گردیدند. در دو مرحله با گرم کردن و سرد کردن آنها و اندازه‌گیری دما، چگالی و ضریب انکسار، ضرایب تصحیح دما به ۲۵°C برای هر دو روش تعیین گردید. کاتیونهای Ca، Mg و Na و آنیونهای Cl و $SO_4$، کربنات و بی‌کربنات با روشهای متداول اندازه‌گیری شدند و با استفاده از نتایج آنها SAR محاسبه گردید. جهت بررسی اثرات نوع نمک بر روشهای مذکور، ۸ محلول با شوری ۵/۸ dS/m و ۴ تکرار با نمکهای $CaCl_2$، KCl، $K_2CO_3$، $KHCO_3$، $MgSO_4$، NaCl، $NaHCO_3$ و $Na_2SO_4$ تهیه گردید. چگالی و ضریب انکسار آنها با روشهای مذکور اندازه‌گیری شدند. مقایسهٔ بین دو روش از نظر آماری با محاسبه میانگین مطلق خطا (MAE: Mean Absolute Error) انجام گرفت. روشی که MAE کمتری داشته باشد بهتر از روش $EC_{iw}$ دیگر را پیش بینی میکند.

**نتایج و بحث**

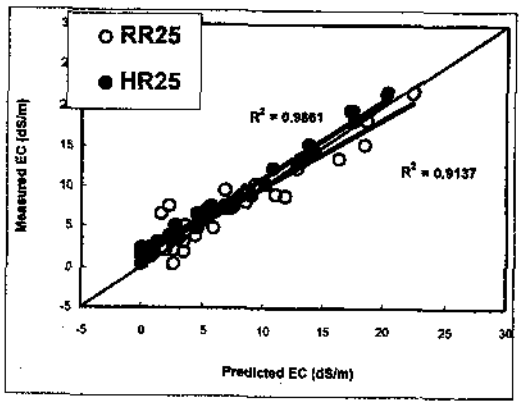
همانطور که انتظار می‌رفت، هر دو روش به دما حساس بودند. نظر به اینکه نتایج EC بر اساس دمای $25^{o}C$ گزارش می‌شوند. ضرایب تصحیح دما برای هر دو روش بر اساس تعدیل به $25^{o}C$ محاسبه و تعیین گردید. ضرایب تصحیح دما به شکل جدول و فرمول ریاضی ارائه گردیدند. با استفاده از این ضرایب قرائتهای هر دو روش به $25^{o}C$ تصحیح گردیدند. نتایج آماری نشان داد که قرائتهای هیدرومتر ($HR_{25}$) و رفراکتومتر ($RR_{25}$) هر دو به صورت معنی‌داری با $EC_{iw}$ همبستگی خطی دارند. ضرایب همبستگی روشهای هیدرمتری و رفراکتومتری با $EC_{iw}$ به ترتیب ۰/۹۷۱ و ۰/۸۴۳ بودند.

اثر نوع نمک بر $HR_{25}$ و $RR_{25}$ بررسی گردید. نتایج آماری نشان داد که در سطح ۱٪ نوع نمک اثر معنی‌داری بر هر دو روش دارد. در هر دو مورد بالاترین قرائتها مربوط به نمک $MgSO_4$ و پایین‌ترین قرائتها مربوط به املاح NaCl و KCl بودند. در آبهای زیرزمینی میزان نسبی املاح و یونها یکسان نمی‌باشد. در نتیجه در یک شوری یکسان، بسته به نوع یونهای غالب، قرائتهای هیدرومتر و رفراکتومتری می‌توانند متفاوت باشد. آبهایی که میزان $MgSO_4$ بالاتری داشته باشد، قرائتهای هر دو روش بیشتر از آبهایی هستند که نمک غالب آنها NaCl یا KCl می‌باشد. زیرا غلظت املاح این نوع آبها بیشتر و در نتیجه چگالی و ضریب انکسار بالاتری دارند.

رابطه بین یونهای غالب و SAR با $HR_{25}$ و $RR_{25}$ مورد بررسی قرار گرفت. نظر به اینکه اندازه‌گیری یونها در آب وقت‌گیر و پرهزینه می‌باشد، این نوع روابط می‌تواند تخمینی از میزان آنها در کوتاهترین زمان و با هزینه‌ای کم بدست دهد. نتایج آماری نشان داد که هر دو روش با یونهای Ca، Mg، Na، Cl و $SO_4$ همبستگی خطی معنی‌داری دارند. در هر دو روش قویترین همبستگی با یونهای Na و Cl مشاهده گردید. SAR نیز با هر دو روش به طور معنی‌داری همبستگی داشت. این همبستگی ها در روش هیدرومتری قویتر از روش رفراکتومتری بودند. روابط بین $HR_{25}$ و $RR_{25}$ با یونهای غالب و SAR به صورت فرمولهای ریاضی و جداول ارائه گردید.

کارآیی مدلهای تجربی حاصله جهت تخمین $EC_{iw}$ آبهای آبیاری استان یزد،در هر دو روش مورد بررسی قرار گرفت. بدین‌منظور ۳۵ نمونه جداگانه از آبهای استان یزد تهیه گردید و $EC_{iw}$، $HR_{25}$ و $RR_{25}$ آنها اندازه‌گیری شد. با استفاده از $HR_{25}$، $RR_{25}$ و مدلهای تجربی حاصله ، $EC_{iw}$ محاسبه گردید. مقایسه بین $EC_{iw}$ محاسبه شده و اندازه‌گیری شده در شکل ۱ نشان داده شده است. روش هیدرومتری شوری آبهای آبیاری استان یزد را تقریباً ۱dS/m کمتر از مقدار اندازه‌گیری شده نشان می‌دهد. روش رفراکتومتری شوری آب را در شوری‌های کمتر از ۸ dS/m کمی کمتر و در شوری‌های بالاتر از آن کمی بیشتر از مقدار اندازه‌گیری شده نشان می‌دهد. در دیگر مطالعات نشان داده شد که هر دو روش به طور میانگین شوری آب را ۱/۵ dS/m بیش از شوری با روش هدایت سنجی نشان میدهند (Bergstrom, 2002). ولیکن هر دو روش دقت کافی جهت کارهای عملی در مطالعات صحرایی را دارند. میانگین مطلق خطا برای روشهای هیدرومتری و رفراکتومتری به ترتیب ۷۵ /۴ و ۱/۹۶ بودند. در نتیجه از نظر آماری روش رفراکتومتری $EC_{iw}$ را بهتر از روش هیدرومتری پیش بینی میکند.

نتایج این آزمایش نشان داد که هر دو روش می‌توانند با هزینه کمتر و با دقت نسبتاً خوب جهت تخمین $EC_{iw}$ آبهای استان یزد مورد استفاده قرار گیرند. در این آزمایش روش رفراکتومتری از نظر آماری بهتر عمل کرد، ولیکن روش هیدرومتری ارزانتر و عملی تر می باشد. از قرائتهای هیدرومتری و با استفاده از جداول تهیه شده، همچنین می‌توان برآورد اولیه‌ای از میزان آنیونها، کاتیونها و مقدار SAR بدست آورد.




شکل ۱ ـ رابطه بین مقادیر $EC_{iw}$ پیش‌بینی شده و اندازه‌گیری شده با روش هیدرومتری و رفراکتومتری

منابع مورد استفاده

1- Bergstrom, P. 2002. Salinity methods comparison: Conductivity, Hydrometer, Refractometer. The Volunteer Monitor, 14(1):20-21.