

## امکان تصحیح اثرات شوری بر قرائت بلوک گچی در اندازه‌گیری رطوبت خاک

بیژن قهرمان<sup>۱</sup> - کامران داوری<sup>۲</sup> - علیرضا آستارایی<sup>۳</sup> - میثم مجیدی<sup>۴</sup> - سکینه تمسکی<sup>۵\*</sup>

تاریخ دریافت: ۸۷/۴/۲

تاریخ پذیرش: ۸۷/۸/۶

### چکیده

برای مدیریت و برنامه ریزی‌های آبیاری، بررسی و اندازه‌گیری مداوم رطوبت خاک الزامی است. یکی از روش‌های اندازه‌گیری رطوبت، استفاده از بلوک‌های گچی است که تحت تأثیر غلظت الکترولیت محلول خاک و ساختار بلوک گچی قرار می‌گیرد. این تحقیق روی ۹۰ بلوک گچی در محل گلخانه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد انجام شد. در این آزمایش ابتدا بلوک‌های گچی در آب مقطر واسنجی شدند. سپس قرائت بلوک‌ها در محلول‌های آبی با سطوح شوری ۲، ۶، ۱۰ و ۱۸ دسی زیمنس بر متر ثبت گردید. همچنین سه محیط خاکی با بافت‌های لوم شنی، لوم و لوم رسی و در پنج سطح شوری (ناچیز، ۲، ۶، ۱۰ و ۱۸ دسی زیمنس بر متر در عصاره اشباع) به عنوان ۱۵ تیمار مورد بررسی قرار گرفتند. قرائت بلوک‌ها، در رطوبت‌های مختلف، به کمک دستگاه رطوبت‌سنج ELE مدل 5910A انجام گردید. برای هر تیمار قرائت‌ها در مقابل مقادیر رطوبت‌ها رسم شدند. این منحنی‌ها با منحنی استاندارد (همان بافت خاک و بدون شوری) مقایسه گردیدند. در انتها روابطی برای تصحیح قرائت بلوک گچی و حذف اثر شوری بدست آمد.

### واژه‌های کلیدی: بلوک گچی، شوری، تصحیح اثرات شوری، غلظت الکترولیت محلول خاک

### مقدمه

روان‌آب، شوری، اتلاف انرژی، آبشویی نیتروژن و دیگر مواد مغذی و کاهش کیفیت آب‌های زیرزمینی و سطحی کم شود.

یکی از روش‌های اندازه‌گیری رطوبت در خاک و بررسی تغییرات مداوم آن، استفاده از بلوک‌های گچی است که نخستین بار توسط بیوکاس و میک پیشنهاد شد (۱). در حال حاضر انواع مختلف تجاری آن، در بازار موجود می‌باشد. بلوک گچی شامل دو الکتروود است که محلول سولفات کلسیم به عنوان الکترولیت حد فاصل آنها را اشغال کرده و پس از ایجاد تعادل، مقاومت الکتریکی بین الکتروودها اندازه‌گیری و به پتانسیل آب خاک یا مقدار رطوبت خاک نسبت داده می‌شود. مقاومت الکتریکی بلوک با تغییر مقدار آب خاک و به تبع آن مقدار آب بلوک تغییر می‌کند، به طوری که با کاهش رطوبت مقدار مقاومت الکتریکی، بلوک‌ها افزایش می‌یابد. بلوک‌ها را می‌توان با اندازه‌گیری توأم مقاومت و مقدار رطوبت واسنجی نمود (۲). هدایت الکتریکی بلوک وابسته به غلظت الکترولیت رسانای بین آنها می‌باشد. از این نظر، هر تغییر در میزان شوری منجر به تغییر در میزان هدایت الکتریکی آن می‌شود (۹).

با افزایش شوری ممکن است تفاوت معنی‌داری بین منحنی واسنجی اولیه بلوک گچی و منحنی واسنجی برای شرایط شوری

امروزه، در کشورهای توسعه یافته، کشاورزان به کمک سامانه‌های پیشرفته آبیاری در پی مدیریت بهتر و موثرتر آب آبیاری و افزایش راندمان آبیاری هستند. به طوری که نیاز کشاورزان برای افزایش راندمان آبیاری، نامبردگان را به سمت به‌کارگیری تجهیزات اندازه‌گیری و بررسی وضعیت رطوبتی خاک سوق داده است. در واقع برای مدیریت و برنامه‌ریزی‌های آبیاری، اندازه‌گیری مداوم رطوبت خاک الزامی است. مدیریت آبیاری، در بستر مدیریت یکپارچه کشاورزی، با تولید بهینه از زیان‌های اقتصادی ناشی از کم‌آبیاری و یا آبیاری بیش از اندازه لازم جلوگیری می‌نماید. این نوع مدیریت همچنین کمک می‌کند تا اثرات زیست محیطی آبیاری، مانند ایجاد

۱- دانشیار گروه مهندسی آب دانشکده، کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد

۲- استادیار گروه مهندسی آب دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد

۳- استادیار گروه علوم خاک دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد

۴- دانشجوی سابق کارشناسی ارشد آبیاری و زهکشی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی

مشهد

۵- کارشناس آبیاری، دستیار محقق

\* نویسنده مسئول Email: S.tamassoki86@gmail.com

برای حالت دوم ۵ سطح شوری مورد نظر در محلول خاک به بلوک‌های گچی اعمال گردید. که طی آن علاوه بر ۵ سطح شوری ۳ نوع بافت خاک (سبک، متوسط و سنگین) نیز در نظر گرفته شد تا بدین ترتیب تأثیر توأم شوری و بافت خاک بر اندازه‌گیری بلوک‌های گچی نیز مورد بررسی و مطالعه قرار گیرد. برای اجرای این آزمایش ۴ تکرار در نظر گرفته شد.

برای تهیه سه نوع بافت خاک مورد نظر، از خاک موجود در محل (دارای بافت لوم) به‌عنوان خاک پایه استفاده گردید. سپس دو بافت خاک سبک و سنگین از آن، با افزودن ذرات شن و رس، تهیه شد. برای تهیه بافت خاک سبک، مقداری ماسه به خاک پایه افزوده شد به طوری که وزن شن در این خاک از ۴۰٪ به ۵۵٪ افزایش یافت تا خاک مورد نظر در کلاس لوم شنی قرار گیرد. برای تهیه خاک با بافت سنگین نیز مقداری خاک رس به خاک پایه افزوده شده تا درصد وزنی رس آن از ۱۹٪ به ۳۶٪ رسیده و در کلاس بافتی لوم رسی قرار گیرد. بدین طریق سه نوع بافت خاک لوم رسی (سنگین)، لوم (متوسط) و لوم شنی (سبک) تهیه گردید.

برای ایجاد سطوح شوری از دو نمک کلرید سدیم (NaCl) و کلرید کلسیم (CaCl<sub>2</sub>) استفاده شد. استفاده از نمک کلرید کلسیم به دلیل کاهش اثر تخریبی سدیم بر ساختمان خاک و توزیع رطوبت در خاک انجام گردید. از آنجا که نسبت مولی کلرید کلسیم یک و کلرید سدیم دو است، نسبت مول مورد استفاده کلرید کلسیم به کلرید سدیم برای تهیه سطوح شوری ۱ به ۲ بوده است. مقادیر نمک مورد نیاز برای ایجاد سطوح مختلف شوری برای هر لیتر آب مقطر در جدول ۱ ارائه شده است.

جدول ۱- مقادیر نمک مورد نیاز برای ایجاد سطوح شوری مورد

نظر برای هر لیتر آب مقطر		
NaCl (mg/l)	CaCl <sub>2</sub> (mg/l)	EC (dS/m)
۴۴۴	۹۳۵/۲	۲
۱۳۳۲	۲۸۰۵/۶	۶
۲۲۲۰	۴۶۷۶	۱۰
۳۳۳۰	۷۰۱۷	۱۸

**نوع بلوک و مواد سازنده:** برای ساختن بلوک‌های گچی، از قالب استوانه‌ای شکل به قطر ۲/۵ سانتی‌متر استفاده شد. کلیه بلوک‌های مورد آزمایش در این پژوهش از ۵۲ گرم گچ معمولی و ۴۲ گرم آب ساخته شده‌اند و دو عدد توری فلزی ضد زنگ (استیل) به صورت دوایر هم‌مرکز با شعاع بیرونی ۲۵ میلی‌متر و فاصله‌ی ۱۵ میلی‌متر به عنوان الکتروود در آن قرار داده شد. بلوک‌ها با تغییرات رطوبت خاک تغییرات متناسبی داشته و اعداد قرائت شده حاصل از آن، بخصوص در رطوبت‌های کمتر از حالت اشباع، تخمین بسیار

محلول خاک در مزرعه اتفاق افتد. اگر شوری آب آبیاری از ۲۰۰۰ قسمت در میلیون و یا شوری محلول اشباع خاک از ۶ دسی زیمنس بر متر بیشتر شود، خطاها در قرائت بلوک‌های گچی افزایش می‌یابد (۵) (۳). در واقع اندازه‌گیری مقاومت الکتریکی بلوک‌های گچی بستگی به هدایت الکتریکی محلول خاکی که بلوک را در بر گرفته دارد (۴). البته، گچ بلوک با ایجاد محیط بافر اثر تغییرات شوری خاک را کاهش می‌دهد (۷). در عمل استفاده از گچ در بلوک اندازه‌گیری رطوبت، به دلیل توانایی آن در کاهش دادن اثرات شوری بر اندازه‌گیری‌ها می‌باشد. استفاده از سایر مواد از قبیل سرامیک، نایلون و پشم شیشه برای ساخت آنها بلوک‌ها را نسبت به غلظت الکترولیت خاک حساس می‌نماید (۶ و ۸).

به دلیل ارزان بودن، آسانی کاربرد، و فناوری ساده‌ی این روش در تعیین رطوبت خاک استفاده از آن می‌تواند افزایش یابد. عدم وجود اطلاعات کافی، در مورد تأثیر شوری آب آبیاری در اندازه‌گیری‌های رطوبت در خاک به کمک بلوک‌های گچی، انجام پژوهش‌های بیشتری را در این زمینه طلب می‌نماید. فرضیه اساسی پژوهش حاضر این است که این تفاوت قابل برآورد و تصحیح می‌باشد. هر چند اثر شوری توأم با بافت خاک بر عملکرد بلوک‌های گچی مؤثر است. بنابراین روابط اصلاحی نیز بایستی اثر توأم شوری و نوع بافت خاک را شامل شوند. در نتیجه هدف از این پژوهش بررسی تأثیر شوری بر قرائت بلوک‌های گچی و بدست آوردن روابط اصلاحی می‌باشد.

## مواد و روش‌ها

برای بررسی تأثیر میزان شوری بر اندازه‌گیری رطوبت توسط بلوک‌های گچی، ۵ سطح شوری شامل بدون شوری (آب مقطر)، و شوری‌های ۲، ۶، ۱۰ و ۱۸ دسی زیمنس بر متر انتخاب گردید. انتخاب سطوح براساس گزارش‌های قبلی موجود که حاکی از عدم عملکرد مطلوب بلوک‌های گچی در شوری‌های بیشتر از ۲ و ۶ دسی زیمنس بر متر می‌باشد انجام شد (۸) (۹). بدین طریق که یک سطح شوری برابر ۲ دسی زیمنس بر متر، دیگری سطح شوری ۶ دسی زیمنس بر متر و حد نهایی براساس حداکثر مقاومت گیاهان به شوری (آستانه مقاومت به شوری در گیاه جو که برابر ۱۸ دسی زیمنس بر متر می‌باشد) در واقع وجود آب آبیاری با این مشخصات انتخاب گردید.

برای بررسی عملکرد بلوک‌های گچی در مقابله با شوری، بلوک‌های گچی در دو حالت مختلف در معرض سطوح شوری مورد نظر قرار گرفتند. برای حالت اول بلوک‌های گچی در ۵ سطح شوری اشباع گردیدند. برای هر سطح شوری ۶ تکرار در نظر گرفته شد. بدین ترتیب ۳۰ عدد بلوک گچی در این مرحله به صورت طرح کاملاً تصادفی در قالب کرت‌های خرد شده مورد آزمایش قرار گرفت.

جعبه‌ها اشباع شد. سپس روند تغییرات رطوبت خاک به روش وزنی (توزین) در زمان‌های مختلف اندازه‌گیری گردید و همزمان قرائت بلوک‌های گچی توسط دستگاه ELE انجام گرفت. در نهایت رطوبت وزنی خاک با داشتن وزن اولیه جعبه به همراه خاک خشک (در هوا) بدست آمد. اگر وزن آب خاک درون جعبه در هر زمان  $(w_t - w_d)$  را بر وزن جعبه در حالتی که خاک آن خشک است  $(w_d)$  تقسیم شود، درصد وزنی رطوبت خاک  $(\theta_m)$  حاصل می‌شود:

$$\theta_m = \frac{w_t - w_d}{w_d} \times 100 \quad (2)$$

برخی اطلاعات خاک‌های مورد استفاده در جدول ۳ ارائه شده است. برای توزین جعبه‌ها نیز از ترازوی دیجیتالی صنایع پند، مدل PX-3000 با دقت ۰/۰۱ کیلوگرم استفاده شد. روند اندازه‌گیری رطوبت خاک و قرائت بلوک‌های گچی تا هوا خشک شدن خاک درون جعبه‌ها (تا رسیدن به وزن اولیه) ادامه داشته است.

**واسنجی بلوک‌های گچی در خاک شور:** این آزمایش به منظور بررسی اثر متقابل شوری و بافت خاک بر اندازه‌گیری‌های بلوک گچی انجام شد. آزمایش به صورت طرح بلوک‌های کامل تصادفی در قالب کرت خرد شده انجام شد روش کار بدین طریق بود که ابتدا ۵ سطح شوری به خاک اعمال گردید برای این منظور ابتدا تعداد ۶۰ لوله پی وی سی (PVC) تهیه شد و خاک درون این لوله‌ها قرار گرفت. انتهای لوله‌ها توسط توری و کاغذ صافی برای جلوگیری از خروج ذرات خاک مسدود شد. هر ۲۰ عدد از این لوله‌ها، شامل یک نوع بافت خاک بوده و هر ۱۵ عدد از آنها در یک سطح شوری قرار داشت. خاک درون لوله‌ها توسط آب با شوری مورد نظر آبیوشی می‌شد. این عمل تا زمانی که شوری زه آب خروجی و آب ورودی برابر گردند ادامه یافت تا در پایان خاک با شوری مورد نظر اشباع شود. در انتهای آبیوشی خاک‌ها، از آنها عصاره اشباع گرفته شد و با اندازه‌گیری  $EC_e$  عصاره اشباع خاک، صحت شور شدن خاک در سطح مورد نظر بررسی گردید.

در پایان، خاک از لوله‌ها خارج شده و به آن اجازه داده شد تا در هوا خشک شود. پس از خشک شدن خاک مربوط به هر کدام از لوله‌ها، آن‌ها دوباره مخلوط و الک شدند تا شوری در توده خاک مربوط به هر لوله کاملاً توزیع شود و سرانجام داخل گلدان‌های پلاستیکی با ظرفیت ۵ کیلوگرم ریخته شد. سپس بلوک‌های گچی در خاک گلدان‌ها به صورت افقی و در عمق ۵ سانتی‌متر قرار گرفت. پس از قرارگیری بلوک‌های گچی در خاک، گلدان‌ها با آب معمولی اشباع شدند برای جلوگیری از آبیوشی خاک و تغییر مقادیر شوری آن انتهای گلدان‌ها مسدود شد. در اینجا نیز همانند واسنجی بلوک‌های گچی در خاک معمولی، در زمان‌های مختلف گلدان‌ها توزین گردیده و درصد وزنی رطوبت خاک آن‌ها به دست آمد. بدین ترتیب واسنجی

مطلوبی برای رطوبت خاک به دست می‌دهند. علاوه بر این، نوع الکتروود و نحوه اتصال آن به سیم رابط و تماس توری با گچ در این بلوک‌ها به نحوی است که در رطوبت‌های مختلف (در اثر انقباض گچ) دچار قطع اتصال مربوط نمی‌شوند.

**وسایل قرائت:** در این پژوهش از دستگاه رطوبت‌سنج ELE برای قرائت بلوک‌ها استفاده شد. قرائت بلوک‌های گچی در این دستگاه با تبدیل جریان مستقیم به جریان متناوب صورت می‌گیرد که از پولاریزه شدن الکتروودها جلوگیری نموده و خطا در قرائت را کاهش می‌دهد. در واقع عدد قرائت شده با دستگاه ELE با رطوبت رابطه مستقیم دارد و بین صفر برای خاک خشک و ۱۰۰ برای خاک اشباع تغییر می‌نماید.

**واسنجی اولیه بلوک‌های گچی:** واسنجی اولیه بلوک‌ها در هوا و بر اساس مقدار رطوبت بلوک‌های گچی انجام شد. بدین طریق که ابتدا بلوک گچی را به مدت ۴۸ ساعت در آب مقطر قرار داده تا به حد اشباع کامل برسد. سپس بلوک‌ها از آب خارج شده و در محیط هوا قرار گرفته و به تدریج رطوبت موجود را از دست دادند. در طی مرحله خشک شدن، مقدار آب موجود در بلوک‌ها (رطوبت وزنی) براساس وزن خشک شده آن در هوا اندازه‌گیری شده، و به‌طور همزمان به کمک دستگاه اندازه‌گیری، بلوک‌ها قرائت گردید. با اندازه‌گیری وزن بلوک در هر زمان  $(w_{bt})$  و با داشتن وزن خشک بلوک  $(w_{bd})$  می‌توان به کمک فرمول زیر درصد رطوبت وزنی بلوک  $(\theta_{bm})$  را بدست آورد.

$$\theta_{bm} = \frac{w_{bt} - w_{bd}}{w_{bd}} \times 100 \quad (1)$$

برای اندازه‌گیری وزن بلوک گچی، از ترازوی دیجیتالی Sartorius مدل GM6101 با دقت ۰/۱ گرم استفاده شد. واسنجی بلوک‌های گچی در آب شور نیز مانند روش گفته شده است فقط با این تفاوت که بلوک‌های گچی به مدت ۴۸ ساعت در ۴ ظرف آب با سطوح شوری (۲، ۶، ۱۰، ۱۸ دسی‌ریمنس بر متر) قرار گرفتند. سپس کلیه اندازه‌گیری‌ها به‌طور مشابه برای این قبیل بلوک‌ها تکرار می‌گردید.

**واسنجی بلوک‌های گچی در خاک غیر شور:** پس از واسنجی اولیه در هوا، بلوک‌های گچی درون ۳ جعبه با خاک لوم رسی به عنوان ۳ تکرار قرار داده شد. به‌طوری که در هر جعبه انواع مختلف بلوک‌ها (تیمارهای مختلف) قرار گرفت. مشخصات جعبه‌ها و تعداد بلوک‌های گچی در هر جعبه در جدول ۲ ارائه شده است. خاک موجود در جعبه‌ها همگی دارای بافت و مشخصات یکسانی بوده که مشخصات آنها در جدول ۳ ارائه شده است. به منظور ایجاد تماس مطلوب بین بلوک و خاک اطراف آن (۶)، ابتدا اطراف بلوک‌ها با ذرات ریز و نرم خاک پر نموده پس از قرارگیری بلوک‌ها در خاک، خاک

بلوک‌های گچی در سه نوع بافت خاک و با پنج سطح شوری براساس رابطه بین درصد وزنی رطوبت خاک و قرائت بلوک‌های گچی، قابل

(جدول ۲) - مشخصات جعبه‌های مورد استفاده در این تحقیق

تعداد بلوک‌ها	وزن جعبه (کیلوگرم)	وزن بلوک‌ها (کیلوگرم)	وزن خاک خشک (کیلوگرم)	وزن کل (کیلوگرم)	وزن خاک تر (کیلوگرم)	درصد وزنی رطوبت اشباع (درصد)
۱۶	۱/۶	۱/۳۰۵	۲۱/۲۴۵	۲۴/۱۵۰	۲۵/۲۳۵	۱۸/۷۸
۱۲	۱/۶۴	۱/۰۴۵	۲۱/۰۴۵	۲۳/۷۳۰	۲۵/۱۲۵	۱۹/۳۹
۱۲	۱/۶۷	۰/۸۳۵	۲۱/۰۰۵	۲۳/۵۱۰	۲۵/۳۵۵	۲۰/۷۱

(جدول ۳) - برخی مشخصات خاک مورد استفاده در آزمایش

بافت	رس (درصد)	شن (درصد)	سیلت (درصد)	جرم مخصوص ظاهری (گرم بر سانتیمتر مکعب)	EC <sub>e</sub> (دسی زیمنس بر متر)	تخلخل (درصد)	pH
لوم رسی	۳۶	۲۵	۳۹	۱/۴۴	۰/۹۶	۶۷	۷/۷۴
لوم	۱۹	۴۰	۴۱	۱/۵۵	۰/۹۶	۶۷	۷/۷۴
لوم شنی	۱۳	۵۵	۳۲	۱/۶۵	۱/۶۵	۶۷	۷/۷۴

متناظر رطوبت (بی‌بعد) بروی محور عمودی به کمک رابطه خط مربوط به آن نقطه برآورد گردید. سرانجام با محاسبه تفاوت بین مقادیر رطوبت‌های حاصله در نقاط مختلف، منحنی مربوط به نقاط اصلاحی رطوبت به ازای مقادیر قرائت ELE بدست آمد. سپس با برآزش بهترین رابطه برآزشی از این نقاط، رابطه اصلاحی منحنی واسنجی اولیه بلوک‌های گچی بر حسب مقدار قرائت ELE برای رطوبت آن حاصل گردید، قابل ذکر است که مقدار اصلاحی حاصل شده از این روابط باید از مقدار رطوبت متناظر با همان قرائت در منحنی واسنجی اولیه بلوک‌های گچی کسر گردد. روابط اصلاحی برای سطوح مختلف شوری ۲، ۴، ۱۰ و ۱۸ دسی زیمنس بر متر در جدول ۴ ارائه شده است.

**بی بعد کردن مقادیر رطوبت:** برای تسهیل در مقایسه بین منحنی‌های حاصل از واسنجی بلوک‌های گچی، کلیه مقادیر اندازه‌گیری شده درصد رطوبت وزنی به صورت بی‌بعد تبدیل گردید. بدین طریق که به کمک رابطه زیر رطوبت در خاک و بلوک‌ها را بدون بعد نموده تا مقایسه منطقی بین تیمارها و تکرارهای مربوطه عملی باشد.

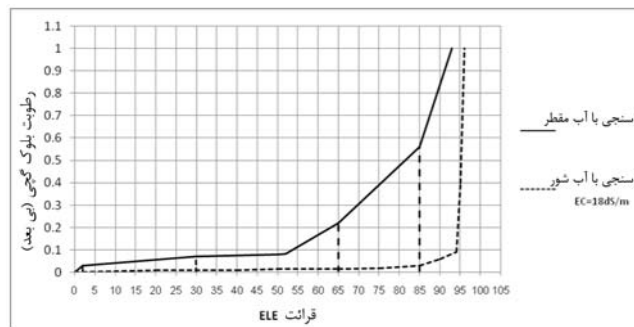
$$\theta_b = \frac{\theta_t - \theta_0}{\theta_s - \theta_0} \quad (۳)$$

که در آن  $\theta_t$  مقدار رطوبت خاک یا بلوک در زمان  $t$ ،  $\theta_s$  مقدار رطوبت اشباع خاک یا بلوک و  $\theta_0$  مقدار رطوبت حداقل خاک یا بلوک در حالت هوا خشک می‌باشند. بدین ترتیب مقادیر رطوبت بلوک گچی و خاک، بین صفر در حالت خشک تا ۱ برای حالت اشباع تغییر می‌نماید رطوبت‌های کمتر از هوا خشک شدن خاک و بلوک گچی در نظر گرفته نشده است.

**تأثیر شوری بر اندازه‌گیری‌های بلوک‌های گچی:** نتایج حاصل از تأثیر شوری بر عملکرد بلوک‌های گچی در دو حالت مورد بررسی قرار گرفت. در یک حالت شوری توسط آب به بلوک‌های گچی اعمال شد نتایج حاصل از آزمایش بلوک‌های گچی در آب سطوح شوری مختلف توسط نرم‌افزار MSTATC در قالب طرح کامل تصادفی با آرایش کرت‌های خورد شده تجزیه و تحلیل گردید. در این قسمت تأثیر شوری بر قرائت و رطوبت بلوک‌های گچی بررسی شد. در حالت دیگر، این عمل توسط خاک با سه نوع بافت مختلف انجام شد تا تأثیر توأم شوری و بافت خاک بر عملکرد بلوک‌های گچی مورد بررسی قرار گیرد.

**تصحیح ناشی از شوری در آب:** به طور کلی براساس نتایج حاصله از مقایسه‌های مختلف، برای استفاده از بلوک‌های گچی در تعیین وضعیت رطوبتی در خاک‌های شور، باید منحنی واسنجی اولیه آن که در خاک با بافت مشابه لیکن غیرشور یا در هوا توسط آب مقطر حاصل گردیده، اصلاح شود.

برای اصلاح تأثیر شوری در اندازه‌گیری‌های بلوک‌های گچی، منحنی واسنجی اولیه آن در آب مقطر و منحنی واسنجی آن در آب شور مورد مقایسه قرار گرفت تا تفاوت بین این دو منحنی به صورت رابطه‌ای اصلاحی بدین منظور تهیه شود. از این رو منحنی‌های مذکور که از تلاقی بین نقاط اندازه‌گیری شده با مختصات بی‌بعد و قرائت ELE حاصل شده است به صورت خط شکسته ترسیم شد و رابطه مربوط به خط بین هر دو نقطه مجاور محاسبه گردید. سپس همانند آنچه در شکل (۱) ارائه شده است، با در نظر گرفتن نقاط مشترک بین این دو منحنی بروی محور افقی (مقادیر ELE مشترک)، مقادیر



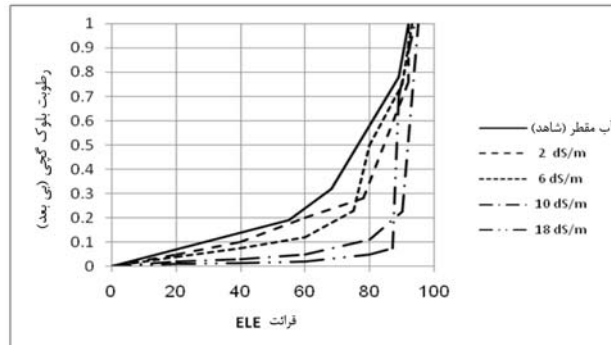
(شکل ۱) - چگونگی محاسبه‌ی تفاوت بین دو منحنی واسنجی اولیه و منحنی واسنجی در آب با شوری ۱۸ دسی زیمنس بر متر

## نتایج و بحث

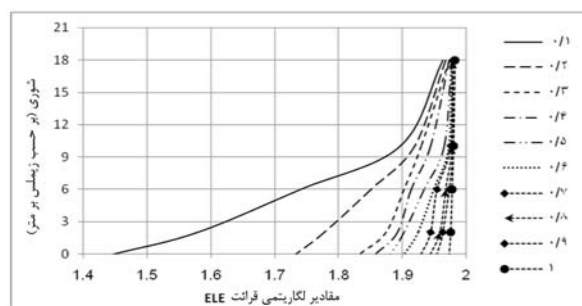
تغییر در میزان رطوبت بلوک گچی، قرائت آن به دلیل وجود عامل شوری در محدوده بیشتری از رطوبت ثابت مانده است. این امر به‌خصوص در مقایسه با منحنی واسنجی بلوک گچی با آب مقطر (منحنی با خط توپر) به‌طور کامل مشخص است. با توجه به شکل (۳) دقت قرائت برای رطوبت‌های زیادتر، در منحنی واسنجی بلوک گچی با آب مقطر نسبت به سایر منحنی‌ها بیشتر می‌باشد. یا به عبارت دیگر، دقت اندازه‌گیری در رطوبت‌های نزدیک به اشباع برای شوری زیادتر قابل قبول نمی‌باشد.

### واسنجی بلوک‌های گچی در آب شور: با توجه به شکل (۲)

مقادیر قرائت بلوک‌های گچی در آب با افزایش سطح شوری، فزونی یافته است. دلیل این افزایش زیاد شدن غلظت الکترولیت محیط اطراف بلوک‌های گچی می‌باشد. از این نظر افزایش رطوبت هرگاه با شوری همراه باشد، عدد قرائت شده ELE را نسبت به حالتی که عامل شوری وجود نداشته باشد بیشتر افزایش می‌دهد. همچنین بر طبق آنچه از منحنی‌ها مشخص است، در شوری زیادتر، طول بخشی از منحنی که به صورت قائم رفتار می‌نماید بیشتر است. یعنی به رغم



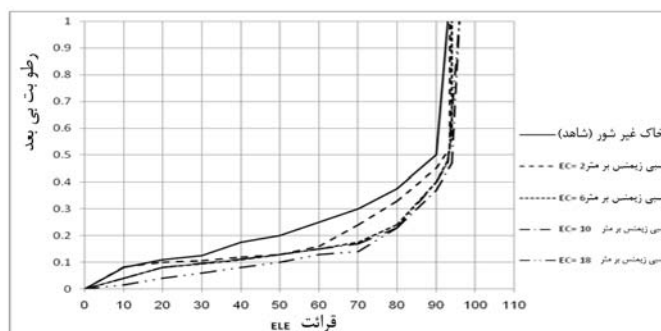
(شکل ۲) - منحنی‌های واسنجی بلوک گچی در آب شور



(شکل ۳) - منحنی‌های شوری در رطوبت‌های بی‌بعد مختلف

نسبت به منحنی واسنجی در خاک شاهد (غیر شور)، بیانگر تأثیر عامل شوری و چگونگی رفتار بلوک‌های گچی تحت تأثیر این عامل می‌باشد.

**واسنجی بلوک‌های گچی در خاک شور: نمونه منحنی**  
 واسنجی بلوک‌گچی در خاک شور در شکل (۴) ارائه شده است. مطابق شکل، با افزایش شوری مقادیر قرائت بلوک‌گچی افزایش یافته است. تفاوت بین منحنی‌های واسنجی در خاک با شوری‌های مختلف



شکل ۴- نمونه منحنی واسنجی بلوک گچی در خاک شور با بافت لوم رسی

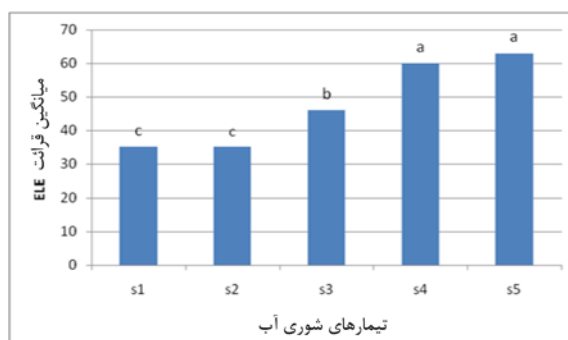
اندازه‌گیری‌های بلوک گچی همان‌طوری که در شکل (۶) مشاهده می‌شود در سطح شوری ۲ دسی زیمنس بر متر کمترین اختلاف با تیمار شاهد را نشان می‌دهد لیکن این اختلاف معنی‌دار است. نتایج حاصله نشانگر تأثیر معنی‌دار عامل شوری بر قرائت بلوک‌گچی در خاک‌های با شوری بیشتر از ۲ دسی زیمنس بر متر می‌باشد. این تفاوت کارایی ممکن است به دلیل مدت زمان تماس کمتر بلوک‌گچی با محیط (محلول خاک) شور در حالتی باشد که واسنجی بلوک‌های گچی با آب شور باشد، لیکن در واسنجی بلوک‌های گچی در خاک شور، کلیه مراحل اشباع تا خشک شدن آن، در تماس با خاک اتفاق افتاده و بلوک گچی در تمام مدت آزمایش و در کلیه شرایط رطوبتی در تعادل و تبادل با محلول خاک شور بوده و به‌طور مداوم در معرض عامل شوری داشته است.

### تأثیر شوری بر نتایج اندازه‌گیری‌ها در بلوک گچی

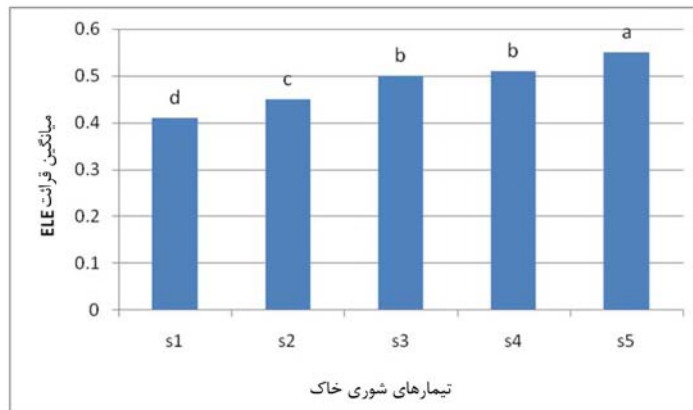
#### تأثیر شوری (آب/خاک) بر قرائت بلوک گچی :

طی این تحلیل همان‌طور که در شکل (۵) دیده می‌شود، با افزایش شوری از مقدار ۶ دسی زیمنس بر متر تأثیر شوری بر قرائت بلوک گچی معنی‌دار شده است. مقدار شوری ۶ دسی زیمنس بر متر با یافته‌های منابع (۳ و ۵) هماهنگی دارد. نتایج مقایسه بین این تیمارها بر قرائت بلوک‌های گچی بیانگر تفاوت معنی‌دار بین سطوح شوری ۶، ۱۰ و ۱۸ دسی زیمنس بر متر با تیمار شاهد (غیر شور) می‌باشد، در حالی که تفاوت معناداری بین سطح شوری ۲ دسی زیمنس بر متر و تیمار شاهد وجود ندارد.

طبق این نتیجه، عملکرد بلوک‌های گچی در شوری‌های بیشتر از ۶ دسی زیمنس بر متر به دلیل بروز خطا در قرائت آن بدون تصحیح، نامطلوب برآورد می‌شوند. در حالی که تأثیر شوری خاک بر



شکل ۵- تأثیر افزایش شوری بر قرائت بلوک گچی (S<sub>5</sub> و S<sub>4</sub>, S<sub>3</sub>, S<sub>2</sub>, S<sub>1</sub>) به ترتیب سطوح شوری ۰، ۲، ۶، ۱۰، ۱۸ دسی زیمنس بر متر و محور عمودی، میانگین مقادیر قرائت ELE در تکرارهای مربوط به هر تیمار است).



(شکل ۶) - تأثیر افزایش شوری بر قرائت بلوک گچی در خاک (به زیر نویس شکل ۵ مراجعه شود)

### تصحیح ناشی از اثرات شوری در آب

رابطه بدست آمده برای اصلاح رطوبت حاصله از واسنجی بلوک گچی با آب شور عبارت است از:

$$\Delta \theta = \alpha (ELE)^2 + \beta (ELE) \quad (4)$$

که در آن  $\Delta \theta$ ، مقدار تصحیح رطوبت (بی‌بعد)، ELE عدد قرائت بلوک گچی (بی‌بعد) و  $\alpha$  و  $\beta$  ضرایب ثابت رابطه می‌باشند.

همچنین رابطه کلی اصلاحی قرائت بلوک گچی، به صورت یک تابع درجه سوم برحسب مقادیر ELE و شوری (EC) به صورت زیر بدست آمد. به کمک این رابطه می‌توان بلافاصله پس از قرائت بلوک گچی در آب شور قرائت مذکور را تصحیح نمود.

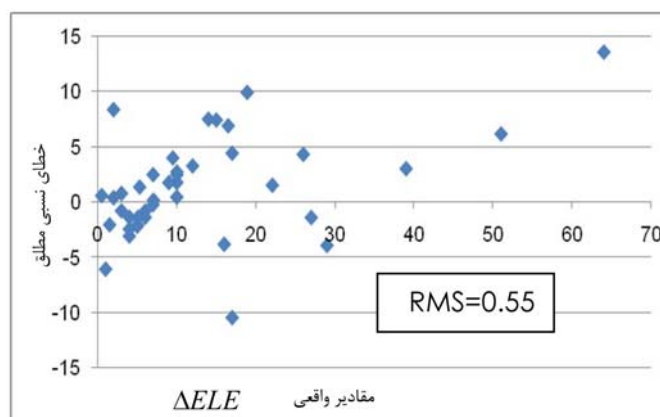
روابط اصلاحی برای سطوح شوری مختلف در جدول (۴) ارائه شده است. منحنی برازش شده برای بدست آوردن رابطه اصلاحی رطوبت، به صورت یک تابع درجه دوم برحسب مقادیر قرائت ELE در نظر گرفته شد تا برای کلیه سطوح شوری، روابط با ساختار ساده و یکسان ارائه شود.

(جدول ۴) - ضرایب معادله‌های اصلاح رطوبت (بی‌بعد) برای آب شور

ضریب تبیین ( $r^2$ )	ضرایب رابطه اصلاحی (۴)		سطوح شوری دسی زیمنس بر متر
	$\beta$	$\alpha$	
۰/۹۳۸۴	۰/۰۳۰۴	۰/۰۰۳۱	۲
۰/۸۲۱۶	۰/۲۶۳۵	-۰/۰۰۱۱	۶
۰/۹۱۵۷	۰/۰۸۹۱	۰/۰۰۶۱	۱۰
۰/۹۷۰۱	-۰/۲۰۹۱	۰/۰۰۹۸	۱۸

$$\begin{aligned} \Delta ELE = & -0.00023 ELE^3 + 0.025 EC^3 + 0.0284 ELE^2 + 7.31 EC^2 + 0.0069 (ELE^2 \times EC) \\ & - 0.085 (ELE \times EC^2) - 0.44 (ELE \times EC) - 1.33 ELE - 13.77 EC + 56.228 \end{aligned} \quad (5)$$

$r^2 = 0.84$



(شکل ۷) - تحلیل خطا در ارزیابی قرائت بلوک گچی



اولیه بلوک گچی، میزان شوری خاک و نیز نوع بافت می توان ضرایب ثابت روابط اصلاحی مربوط به آن را از جداول استخراج کرد.

(جدول ۵) - ضرایب معادله های اصلاحی رطوبت حاصله از واسنجی بلوک گچی در خاک شور با بافت لوم رسی.

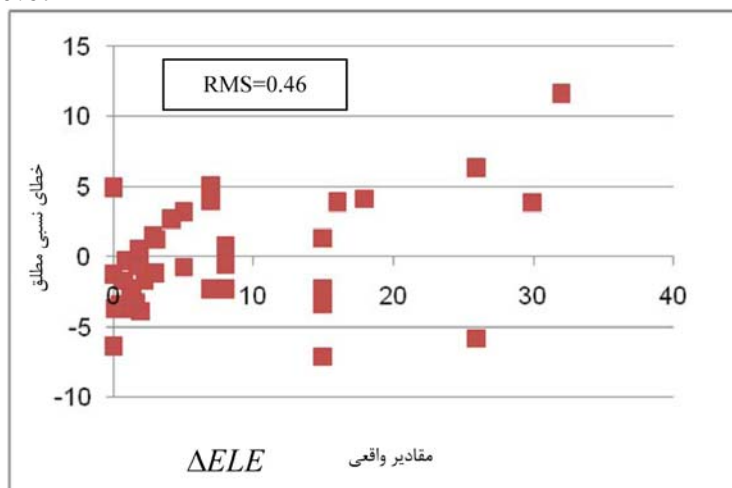
ضریب تبیین (r <sup>2</sup> )	ضرایب رابطه اصلاحی (۶)		سطوح شوری دسی زیمنس بر متر
	$\beta$	$\alpha$	
۰/۶۹۷۲	۰/۰۵۵۱	۰/۰۰۰۰۸	۲ dS/m
۰/۸۷۷	۰/۱۵۵۴	-۰/۰۰۰۰۵	۶ dS/m
۰/۷۳۵۲	۰/۱۴۲۳	-۰/۰۰۰۰۴	۱۰ dS/m
۰/۷۲۳۴	۰/۲۹۳۷	-۰/۰۰۱۱	۱۸ dS/m

رابطه بدست آمده برای اصلاح رطوبت حاصله از واسنجی بلوک گچی با آب شور عبارت است از :

$$\Delta \theta = \alpha (ELE)^2 + \beta (ELE) \quad (۶)$$

همچنین رابطه کلی اصلاحی قرائت بلوک گچی، به صورت یک تابع درجه سه برحسب مقادیر  $ELE$  و شوری ( $EC$ ) به صورت زیر بدست آمد. به کمک این رابطه می توان بلافاصله پس از قرائت بلوک گچی در خاک شور قرائت مذکور را تصحیح نمود.

$$\Delta ELE = -0.0054 ELE^3 - 0.4363 EC^3 - 0.00287 ELE^2 - 0.0019 (ELE^2 \times EC) + 0.002646 (ELE \times EC^2) - 0.208987 (ELE \times EC) + 0.269896 ELE - 0.78899 EC - 1.5949, \quad r^2 = 0.67 \quad (۷)$$



(شکل ۸) - تحلیل خطا در ارزیابی قرائت بلوک گچی

باقیمانده (RMS) نشاندهنده قابل قبول بودن مدل سازی است. دامنه توزیع خطاها به طور عمده بین -۷ تا +۷ می باشد.

نمودار  $\Delta ELE$  در مقابل خطا در شکل (۷) نشان داده شده است. همان طور که در این شکل مشاهده می شود پراکنش داده ها نشانه تصادفی بودن خطاهاست. همچنین مقدار اندک میانگین مربعات باقیمانده (RMS) نشاندهنده قابل قبول بودن مدل سازی است. دامنه توزیع خطاها به طور عمده بین -۱۰ تا +۱۰ می باشد.

### تصحیح ناشی از عامل شوری در خاک

برای اصلاح تأثیر عامل شوری بر اندازه گیری های بلوک های گچی در خاک، مقایسه ای بین منحنی های حاصل از واسنجی بلوک های گچی در خاک غیر شور و خاک شور با بافت مشابه به روش مشابه تصحیح ناشی از شوری آب انجام شد و روابط اصلاحی برای بلوک های گچی در خاک با بافت های مختلف و سطوح شوری ۲، ۶، ۱۰ و ۱۸ دسی زیمنس بر متر بدست آمد. روابط اصلاحی مربوط به بافت لوم رسی در جدول (۵) ارائه شده است.

به دلیل افزایش غلظت الکترولیت محلول خاک در اثر شور شدن، به ازای قرائت  $ELE$  یکسان میزان رطوبت در خاک شور نسبت به رطوبت در همان خاک ولیکن غیر شور کمتر است. در نتیجه برای استفاده از بلوک گچی در اندازه گیری رطوبت خاک های شور، کافی است با داشتن مشخصات بلوک گچی و نوع خاک از قبیل واسنجی

نمودار  $\Delta ELE$  در مقابل خطا در شکل (۸) نشان داده شده است. همان طور که در شکل مشاهده می شود، پراکنش داده ها بیانگر تصادفی بودن مقادیر خطاهاست. همچنین مقدار میانگین مربعات



## نتیجه‌گیری

به شوری اصلاح شد. سرانجام رابطه اصلاحی درجه دو برای سطوح شوری مشخص (۲، ۶، ۱۰ و ۱۸ دسی زیمنس بر متر) و روابط درجه سه به صورت کلی برای محاسبه تصحیح قرائت حاصله در آب و خاک شور بدست آمد. این روابط برای هر سه نوع بافت خاک به طور جداگانه محاسبه گردید. به کمک این روابط اصلاحی، امکان بهبود عملکرد بلوک‌های گچی در اندازه‌گیری رطوبت خاک و توسعه کاربرد آن در مناطق با آب و خاک شور فراهم خواهد شد.

آزمایش‌ها روی ۹۰ قطعه بلوک گچی انجام گرفت. افزایش عامل شوری از حد ۲ دسی زیمنس بر متر بر عملکرد بلوک‌های گچی تأثیر معنی‌دار داشت. این رفتار در مورد هر سه نوع بافت خاک مورد آزمون اتفاق افتاد، لیکن افزایش میزان شوری در خاک‌های با بافت سنگین (لوم رسی) تأثیر بیشتری بر عملکرد بلوک‌های گچی داشته است. به‌طور کلی چنین نتیجه‌گیری می‌شود که عملکرد بلوک‌های گچی در شوری‌های بیشتر از ۲ دسی زیمنس بر متر با خطا همراه است و برای رفع این خطا، منحنی‌های اولیه بلوک‌های گچی نسبت

## منابع

- 1- Bouyoucos, G. J. and Mick. A. H. 1948. A comparison of electric resistance units for making a continuous measurement of soil moisture under field conditions. *Plant Physiology*. pp. 532-543.
- 2- Cannell, G. H. and Asbell. C. W. 1964. Prefabrication of mold and construction of cylindrical electrodetype resistance units. *Soil Sci*. 97:108-112.
- 3- Eldredge, E. P., Shock, C. C. and Stieber. T. D. 1993. Calibration of granular matrix sensors for irrigation management. *Agron. J*. 85: 1228-1232.
- 4- George, B. H. 2006. Comparison of techniques for measuring the water content of soil and other porous media. Department of agricultural chemistry and soil science. University of Sydney. Australia .
- 5- Goodwin, I. T. 2000. Gypsum blocks for measuring the dryness of soil. *Agriculture notes* , AG0294.
- 6- Hayes, J. P. and Tight. D. C. 1988. Proceedings of the FOCUS Conference on Southwestern Ground Water Issues. National Water Well Association, Dublin OH. pp 375-395.
- 7- White, I., and Zegelin. S. J. 1995. Electric and Dielectric Methods for Monitoring Soil Water Content. *Handbook of Vadose Zone Characterization & Monitoring*, L. G. Everett, I., and S. J. Cullen, (Eds), CRC Press, Inc., Boca Raton, PP 343-385.
- 8- Wood, M., H. Malano and H. Turrall. 1998. Real Time Monitoring and Control of On-Farm Surface Irrigation Systems, Final Report , Department of Civil and Environmental Engineering The University of Melbourne, VIC.
- 9- Yuen, S. T. S. , and Styles J. R. , and McMahon T. A., 2000. Monitoring in- situ moisture content of municipal solid waste landfills. *Journal of Environmental Engineering*, 126(12): 1088-1095.



## Correction of Gypsum block readings due to salinity effects for soil moisture content measurements

B. Ghahraman<sup>1</sup> – K. Davary<sup>2</sup> – A. Astaraii<sup>3</sup> – M. Majidi Khalil Abad<sup>4</sup> – S. Tamassoki<sup>5\*</sup>

### Abstract

Irrigation planning and management requires continuous monitoring and measurements of soil moisture content. Application of Gypsum blocks (GB) are common in soil moisture measurements. GB readings are subjected to its geometry and soil solution concentration. This study was carried on 90 GB in research greenhouse of Faculty Agricultural, Ferdowsi University of Mashhad. At the beginning, all GB were calibrated in distilled water. Further, readings were collected in four solutions of 2, 6, 10 and 18 dS/m salinity. Then, three soil media with different textures (sandy loam, loam, clay loam) at 5 levels of salinity rate (trace, 2, 6, 10 and 18 dS/m of saturated extract) were studied, as 15 treatments. GB readings, at different soil moisture content, were made by ELE-5910A. For each treatment, readings vs. soil moisture were plotted. These curves were compared with that of standard (same soil texture with trace salinity). Finally, some corrector functions were developed to eliminate the salinity effects from GB readings.

**Key words:** Gypsum block, Salinity, Salinity effect correction, electrolytic concentration of soil solution

1- Associate Professor of Irrigation, Collage of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad.

2- Assistant Professor of Irrigation, Collage of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad.

3- Assistant Professor of Soil Science, Collage of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad.

4- Former Graduate Student of Irrigation.

5- BSc in Irrigation, Research Assistant. (\* - Corresponding author Email: [s.tamassoki86@gmail.com](mailto:s.tamassoki86@gmail.com))