مجله آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۲۳، شماره ۱، بهار ۱۳۸۸، ص ۷۸-۶۹

Journal of Water and Soil
Vol. 23, No. 1, Spring 2009, p.69-78

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

بیژن قهرمان[۱] - کامران داوری[۲] - علیرضا آستارایی[۳] - میثم مجیدی[٤] - سکینه تمسکی[۵*]

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 تأثیرغلظت الکترولیت محلول خاک و ساختار بلوک‌گچی قرار می‌گیرد. این تحقیق روی ۹۰ بلوک‌گچی در محل گلخانه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد انجام شد. در این آزمایش ابتدا بلوک‌های‌گچی 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 بلوک‌گچی وحذف اثر شوری بدست آمد.

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

مقدمه

امروزه، در کشورهای توسعه یافته، کشاورزان به‌کمک سامانه‌های پیشرفته آبیاری در پی مدیریت بهتر و موثرتر آب آبیاری و افزایش راندمان آبیاری هستند. به‌طوری‌که 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 روان‌آب، شوری، اتلاف انرژی، آبشویی نیتروژن و دیگر مواد مغذی وکاهش کیفیت آب‌های زیرزمینی و سطحی کم شود.

یکی از روش‌های اندازه‌گیری رطوبت در خاک و بررسی تغییرات مداوم آن، استفاده از بلوک‌های‌گچی 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 الکترود است که محلول سولفات کلسیم به عنوان الکترولیت حد فاصل آنها را اشغال کرده و پس از ایجاد تعادل، مقاومت الکتریکی بین الکترودها اندازه‌گیری و به پتانسیل آب‌خاک یا مقدار رطوبت خاک نسبت داده می‌شود. مقاومت الکتریکی بلوک با تغییر مقدار آب‌خاک و به تبع آن مقدار آب بلوک تغییر می‌کند، به‌طوری‌که 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 بلوک‌گچی و منحنی واسنجی برای شرایط شوری

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 محقیق
* - نویسنده مسئول Email: S.tamassoki86@gmail.com

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 بلوک‌گچی افزایش می‌یابد(۵) (۳). در واقع اندازه‌گیری مقاومت الکتریکی بلوک‌های‌گچی بستگی به هدایت الکتریکی محلول خاکی که بلوک را در برگرفته 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، به‌دلیل 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 بلوک‌های‌گچی 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 بلوک‌های‌گچی، 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 درشوری‌های 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 ریمنس 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، بلوک-های 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.

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 به‌طوری‌که 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 ($CaCl_2$) 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)	CaCl2 (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 الکترود 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

مطلوبی برای رطوبت خاک به‌دست می‌دهند. علاوه بر این، نوع الکترود و نحوه اتصال آن به سیم رابط و تماس توری با گچ در این بلوک ها 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 الکترودها جلوگیری نموه 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 بلوک‌های‌گچی: واسنجی اولیه بلوک‌ها در هوا و بر اساس مقدار رطوبت بلوک‌های گچی انجام شد. بدین طریق که ابتدا بلوک‌گچی 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 به‌تدریج 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 به‌کمک 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 (θ_{bm}) را بدست آورد.

$$\theta_{bm} = \frac{w_{bt} - w_{bd}}{w_{bd}} \times 100 \qquad (۱)$$

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 بلوک‌های‌گچی به مدت ۴۸ ساعت در ۴ ظرف آب با سطوح شوری (۲، ۶، ۱۰ و ۱۸ دسی ریمنس بر متر) قرار گرفتند. سپس کلیه اندازه‌گیری‌ها به‌طور مشابه برای این قبیل بلوک‌ها تکرار می‌گردید.

واسنجی بلوک‌های‌گچی 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. به‌طوری‌که 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 جعبه‌ها اشباع شد. سپس روند تغییرات رطوبت خاک به روش وزنی (توزین) در زمان‌های مختلف اندازه‌گیری گردید و همزمان قرائت بلوک‌های‌گچی توسط دستگاه ELE انجام گرفت. در نهایت رطوبت وزنی خاک با داشتن وزن اولیه جعبه به‌همراه 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 (θ_m) حاصل می‌شود:

$$\theta_m = \frac{w_t - w_d}{w_d} \times 100 \qquad (۲)$$

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 بلوک‌های‌گچی تا هوا خشک شدن خاک درون جعبه‌ها (تا رسیدن به وزن اولیه) ادامه داشته است.

واسنجی بلوک‌های‌گچی 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 آبشویی شد. 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 آبشویی 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 گلدان ها به صورت افقی و در عمق ۵ سانتی‌متر قرار گرفت. پس از قرارگیری بلوک‌های‌گچی در خاک، گلدان‌ها با آب معمولی اشباع شدند برای جلوگیری از آبشویی 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 به‌دست آمد. بدین ترتیب واسنجی

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

(جدول۲)- مشخصات جعبه‌های مورد استفاده در این تحقیق

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

(جدول۳)- برخی مشخصات خاک مورد استفاده در آزمایش

بافت	رس (درصد)	شن (درصد)	سیلت (درصد)	جرم مخصوص ظاهری (گرم بر سانتیمتر مکعب)	EC_e (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

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 بلوک‌های‌گچی اعمال شد نتایج حاصل از آزمایش بلوک های 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.

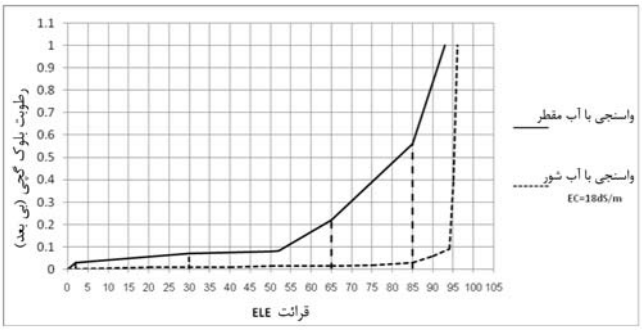
تصحیح ناشی از شوری در آب: به طور کلی براساس نتایج حاصله از مقایسه‌های مختلف، برای استفاده از بلوک‌های گچی در تعیین وضعیت رطوبتی در خاک‌های شور، باید منحنی واسنجی اولیه آن که در خاک با بافت مشابه لیکن غیرشور یا در هوا توسط آب مقطر حاصل گردیده، اصلاح شود.

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 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 برازش بهترین رابطه برازشی 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، ۶، 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 بلوک‌های‌گچی، کلیه مقادیر اندازه‌گیری شده درصد رطوبت وزنی به‌صورت 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.

$$\theta_b = \frac{\theta_t - \theta_0}{\theta_S - \theta_0} \qquad (۳)$$

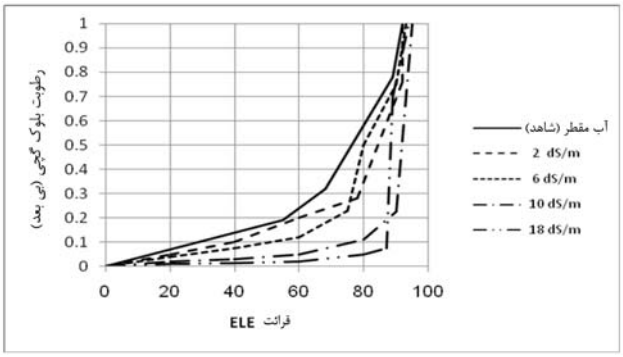
که در آن θ_t مقدار رطوبت خاک یا بلوک در زمان t، θ_S مقدار رطوبت اشباع خاک یا بلوک و θ_0 مقدار رطوبت حداقل خاک یا بلوک در حالت هوا خشک می‌باشند. بدین ترتیب مقادیر رطوبت بلوک‌گچی و خاک، بین صفر در حالت خشک تا ۱ برای حالت اشباع تغییر می‌نماید رطوبت‌های کمتر از هوا خشک شدن خاک و بلوک‌گچی در نظر گرفته نشده است.



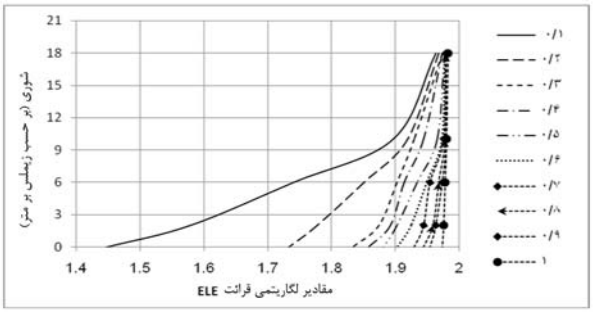
(شکل ۱)- چگونگی محاسبه‌ی تفاوت بین دو منحنی واسنجی اولیه و منحنی واسنجی در آب با شوری ۱۸ دسی زیمنس بر متر

نتایج و بحث

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 تغییر در میزان رطوبت بلوک‌گچی، قرائت آن به دلیل وجود عامل شوری در محدوده بیشتری از رطوبت ثابت مانده است. این امر به‌خصوص در مقایسه با منحنی واسنجی بلوک‌گچی 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.

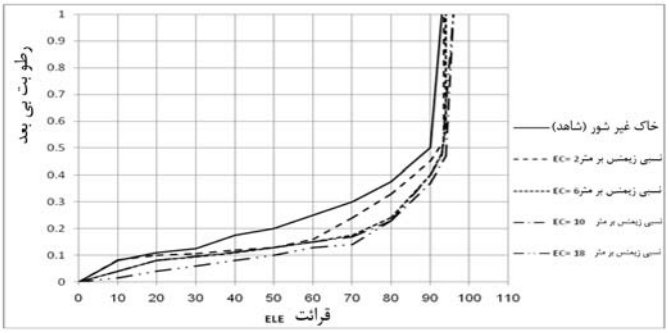


(شکل ۲)- منحنی های واسنجی بلوک گچی در آب شور



(شکل ۳)- منحنی های شوری در رطوبت‌های بی‌بعد مختلف

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



(شکل ٤)- نمونه منحنی واسنجی بلوک گچی در خاک شور با بافت لوم رسی

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 بلوک‌های‌گچی 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 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 بلوک گچی 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.

(شکل ۵) - تأثیر افزایش شوری بر قرائت بلوک گچی (S_4,S_3,S_2,S_1 و S_5 به ترتیب سطوح شوری ۰ ، ۲ ، ٦ ، ۱۰ ، ۱۸ دسی زیمنس بر متر و محور عمودی، میانگین مقادیر قرائت ELE در تکرارهای مربوط به هر تیمار است).

(شکل٦) - تأثیر افزایش شوری بر قرائت بلوک گچی در خاک (به زیر نویس شکل ٥ مراجعه شود)

تصحیح ناشی ازاثرات شوری در آب

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 ٤)- ضرایب معادله‌های اصلاح رطوبت (بی‌بعد) برای آب شور

سطوح شوری دسی زیمنس بر متر	ضرایب رابطه اصلاحی (٤)		ضریب تبیین (r^2)
	α	β	
۲	۰/۰۰۳۱	۰/۰۳۰۴	۰/۹۳۸۴
۶	-۰/۰۰۱۱	۰/۲۶۳۵	۰/۸۲۱۶
۱۰	۰/۰۰۶۱	۰/۰۸۹۱	۰/۹۱۵۷
۱۸	۰/۰۰۹۸	-۰/۲۰۹۱	۰/۹۷۰۱

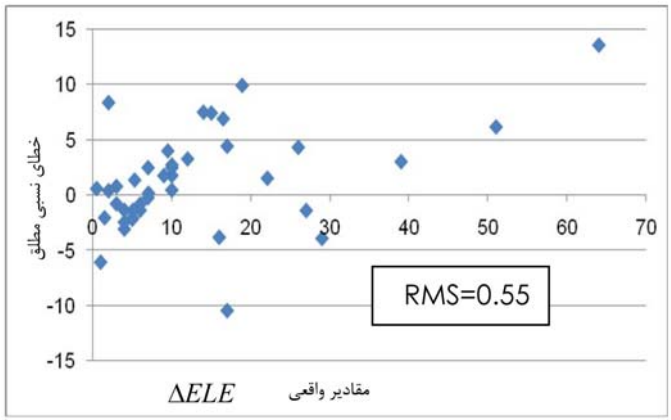
رابطه بدست آمده برای اصلاح رطوبت حاصله از واسنجی بلوک‌گچی با آب شور عبارت است از :

$$\Delta\theta = \alpha (ELE)^2 + \beta (ELE) \qquad (۴)$$

که در آن $\Delta\theta$ ، مقدار تصحیح رطوبت (بی‌بعد)، ELE عدد قرائت بلوک‌گچی (بی‌بعد) و α و β 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.

$$\Delta ELE = -0.00023\,ELE^3 + 0.025\,EC^3 + 0.0284\,ELE^2 + 7.31 EC^2 + 0.0069\,(ELE^2 \times EC)$$
$$-0.085\,(ELE \times EC^2) - 0.44\,(ELE \times EC) - 1.33 ELE - 13.77\,EC + 56.228 \qquad (۵)$$
$$r^2 = 0.84$$



(شکل۷)- تحلیل خطا در ارزیابی قرائت بلوک گچی

نمودار ΔELE در مقابل خطا در شکل (۷) نشان داده شده است. همان‌طور که در این شکل مشاهده می‌شود پراکنش داده‌ها نشانه تصادفی بودن خطاهاست.همچنین مقدار اندک میانگین مربعات باقیمانده (RMS) نشاندهنده قابل قبول بودن مدل‌سازی است. دامنه توزیع خطاها به‌طور عمده بین ۱۰- تا ۱۰+ می‌باشد.

تصحیح ناشی از عامل شوری در خاک

برای اصلاح تأثیر عامل شوری بر اندازه‌گیری‌های بلوک‌های گچی در خاک، مقایسه‌ای بین منحنی‌های حاصل از واسنجی بلوک-های گچی در خاک غیرشور و خاک شور با بافت مشابه به روش مشابه تصحیح ناشی از شوری آب انجام شد و روابط اصلاحی برای بلوک‌های گچی در خاک با بافت‌های 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 بلوک‌گچی در اندازه‌گیری رطوبت خاک‌های شور، کافی است با داشتن مشخصات بلوک‌گچی و نوع خاک از قبیل واسنجی اولیه بلوک‌گچی، میزان شوری خاک و نیز نوع بافت می‌توان ضرایب ثابت روابط اصلاحی مربوط به آن را از جداول استخراج کرد.

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

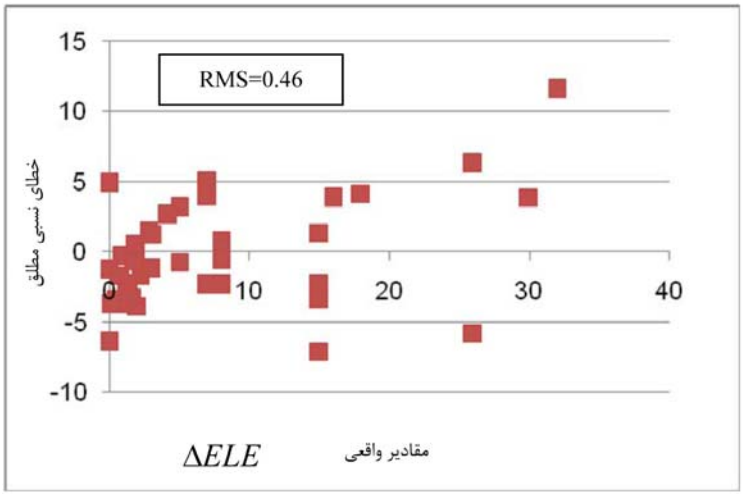
سطوح شوری دسی زیمنس بر متر		ضرایب رابطه اصلاحی (۶)		ضریب تبیین (r^2)
		α	β	
۲	dS/m	۰/۰۰۰۰۸	۰/۰۵۵۱	۰/۶۹۷۲
۶	dS/m	-۰/۰۰۰۵	۰/۱۵۵۴	۰/۸۷۷
۱۰	dS/m	-۰/۰۰۰۴	۰/۱۴۲۳	۰/۷۳۵۲
۱۸	dS/m	-۰/۰۰۱۱	۰/۲۹۳۷	۰/۷۲۳۴

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

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

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 می‌توان بلافاصله پس از قرائت بلوک گچی در خاک شور قرائت مذکور را تصحیح نمود.

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



(شکل۸)- تحلیل خطا در ارزیابی قرائت بلوک گچی

نمودار ΔELE در مقابل خطا در شکل (۸) نشان داده شده است. همان‌طور که در شکل مشاهده می‌شود، پراکنش داده‌ها بیانگر تصادفی بودن مقادیر خطاهاست.همچنین مقدارمیانگین مربعات باقیمانده (RMS) نشاندهنده قابل قبول بودن مدل‌سازی است. دامنه توزیع خطاها به‌طور عمده بین ۷- تا ۷+ می‌باشد.

نتیجه‌گیری

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 می‌شودکه 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 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.

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. Turral. 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 mositure content of municipal soild waste landfills. Journal of Environmental Engineering, 126(12): 1088-1095.

Journal of Water and Soil
Vol. 23, No. 1, Spring 2009, p.69-78

مجله آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۲۳، شماره ۱، بهار ۱۳۸۸، ص ۷۸-۶۹

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

B. Ghahraman[1] – K. Davary[2] – A. Astaraii[3] – M. Majidi Khalil Abad[4] – S. Tamassoki[5*]

Abstract

Irrigation planning and management requires continious monitoring and measurements of soil moisture content. Application of Gypsum blockes (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 begining, 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 contant, were made by ELE-5910A. For each treatment, readings vs. soil moistures 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 auther Email: s.tamassoki86@gmail.com)