



## تخمین نسبت جذب سدیم<sup>1</sup> آب زهکش در یک آزمایش لایسیمتری

یوسف هاشمی نژاد<sup>1</sup> و فاطمه قانع<sup>2</sup>

1- عضو هیات علمی مرکز ملی تحقیقات شوری، یزد، ایران

2- کارشناس ارشد مرکز ملی تحقیقات شوری، یزد، ایران

[Hasheminejhad@gmail.com](mailto:Hasheminejhad@gmail.com)

### چکیده

انواع مختلفی از معادلات برای پیش بینی نسبت جذب سدیم (SAR) در آب زهکش پیشنهاد شده اند. نتایج تجزیه 30 نمونه آب زهکشی که ترکیب دقیق شیمیایی آب آبیاری و نیز حجم آب آبیاری و زهکش آن در یک آزمایش لایسیمتری مشخص شده بود، استفاده شد. همبستگیهای ساده بین SAR در آب آبیاری (SAR<sub>iw</sub>) و مقدار متناظر آن در آب زهکش (SAR<sub>dw</sub>) منجر به همبستگی ضعیفی شد ( $R^2 = 0.108$ ). در حالی که اصلاح این نسبت با فرض حصول شرایط ماندگار (که در آن غلظت یونها نسبت مستقیمی با عکس کسر آبشویی داشته باشند) توانست به خوبی نسبت جذب سدیم در آب زهکش را تخمین بزند ( $R^2 = 0.802$ ).

کلمات کلیدی: آب آبیاری، آب زهکش، لایسیمتر، نسبت جذب سدیم، یونجه.

### مقدمه

برای ارزیابی خطرات ناشی از تخریب ساختمان خاک بر اثر ترکیب نامناسب آب آبیاری، یکی از مهمترین پارامترهای مورد استفاده نسبت سدیم تبادلی به سایر کاتیونهای تبادلی بر روی کلوئیدهای خاک است (رودز، 1968). درصد سدیم قابل تبادل<sup>2</sup> (ESP) معمولاً قابل اعتمادترین شاخص در این زمینه است، ولی به دلیل دشواری های موجود در راه تخمین ظرفیت تبادل کاتیونی<sup>3</sup> (CEC) خاک (به خصوص در خاکهای آهکی، گچی و شور) ترجیح داده می شود که درصد سدیم تبادلی خاک، بر مبنای نسبت جذب سدیم عصاره اشباع تخمین زده شود. روابط قوی بین این دو شاخص (آزمایشگاه شوری خاک آمریکا، 1954)، SAR را به عنوان معیاری مناسب برای ارزیابی تناسب کیفیت آب آبیاری نیز معرفی کرده است. همچنین همبستگی قوی بین SAR محلول خاک در نمونه های حاصل از انتهای منطقه ریشه و SAR آب خارج شده از انتهای منطقه ریشه وجود دارد (رودز، 1968). تلاشهای متعددی برای تخمین SAR آب زهکش، بر مبنای SAR آب آبیاری صورت گرفته است. نسبت جذب سدیم در آب زهکش تخمینی ارزشمند برای پیش بینی حداکثر میزان SAR قابل حصول در داخل منطقه ریشه می باشد (سوارز، 1981). ساده ترین تغییر در SAR آب آبیاری برای تخمین این مقدار در آب زهکش این است که فرض کنیم حالت ماندگار حاصل شده و ترسیب کربناتها اتفاق نمی افتد. در نتیجه، غلظت کاتیونها در آب زهکش رابطه مستقیمی با عکس کسر آبشویی<sup>4</sup> خواهد داشت. این فرضیات منجر به معادله 1 می شود.

<sup>1</sup> - Sodium Adsorption Ratio (SAR)

<sup>2</sup> - Exchangeable Sodium Percentage (ESP)

<sup>3</sup> - Cation Exchange Capacity (CEC)

<sup>4</sup> - Leaching Fraction (LF)



$$SAR_{dw} = \frac{Na_{iw}/LF}{\sqrt{\frac{Ca_{iw}/LF + Mg_{iw}/LF}{2}}} \quad [1]$$

که در این معادله زیرنویسهای iw و dw نماینده آب آبیاری و آب زهکش، LF نشان دهنده کسر آبشویی و غلظت کاتیونها بر حسب  $meq l^{-1}$  بیان شده است. معادله 2 همان شکل ساده شده معادله 1 است.

$$SAR_{dw} = \frac{1}{\sqrt{LF}} SAR_{iw} \quad [2]$$

ترسیب آهک از محلول خاک مهمترین عاملی است که منجر به تلفات قابل توجه غلظت کلسیم محلول می شود



همچنین هوازدهگی معدنی کربناتهای خاک بر میزان SAR آب خاک موثر است (رودز، 1968). عمده مطالعات گذشته در این رابطه بر پیش بینی غلظت نهایی (تعدالی) کلسیم با فرض اینکه منیزیم تنها تحت شرایط نادری رسوب می کند متمرکز شده اند (سوارز، 1981). این غلظت تعدالی کلسیم با نسبت عکس کسر آبشویی که در معادلات 1 و 2 آمده است رابطه ای ندارد و برای تخمین غلظت آن باید از واکنشهای شیمیایی که در حضور کربناتها اتفاق می افتند استفاده شود.

باور و همکاران (1965) نمایه اشباع لانژلیر<sup>5</sup> را در معادله 2 ادغام کردند:

$$(SI) = pH_a - pH_c \quad [4]$$

$$SAR_{dw} = \frac{1}{\sqrt{LF}} SAR_{iw} (1 + SI) \quad [5]$$

مقادیر مثبت نمایه اشباع نشان دهنده ترسیب کربنات کلسیم است در حالی که مقادیر منفی نشان می دهد که انحلال معدنی رخ خواهد داد. باور (1961) دریافت که pH واقعی ( $pH_a$ ) همان pH خاک بسیار بافر شده است. معادله لانژلیر برای محاسبه  $pH_c$  از روی تجزیه شیمیایی به قرار زیر است:

$$pH_c = (pK'_2 - pK'_c) + pCa + pAlk \quad [6]$$

که در این معادله p نشان دهنده منفی لگاریتم، Ca و Alk نشان دهنده به ترتیب غلظت مولار کلسیم و غلظت اکیوالان بازهای قابل تیتراسیون ( $CO_3 + HCO_3$ )،  $pK'_2$  و  $pK'_c$  به ترتیب لگاریتم منفی دومین ثابت تفکیک  $H_2CO_3$  و ثابت انحلال  $CaCO_3$  می باشند که هر دوی آنها بر حسب قدرت یونی تصحیح شده اند (باور و همکاران، 1965).

باور و همکاران (1965) از معادله زیر برای محاسبه عبارت ( $pK'_2 - pK'_c$ ) در معادله 6 استفاده کردند:

$$(pK'_2 - pK'_c) = \left( 2.0269 + 0.5092 \times \frac{4(m)^{1/2}}{1 + 2(m)^{1/2}} + \frac{(m)^{1/2}}{1 + 1.45(m)^{1/2}} \right) \quad [7]$$

محققین مورد اشاره بر مبنای نتایج 200 نمونه تجزیه آب، برای محاسبه قدرت یونی ( $m$ ) از روی کل غلظت کاتیونها (C) بر حسب میلی اکیوالان بر لیتر، معادله 8 را پیشنهاد کردند.

$$1000m = 1.3477C + 0.5355 \quad [8]$$

بعدها سوارز (1981) پیشنهاد کرد که به جای عبارت Ca/LF در معادله 1 از پارامتری بنام  $Ca_{eq}$  برای یافتن مقادیر غلظت تعدالی کلسیم در سیستم شیمیایی محلول خاک استفاده شود. نامبرده برای تعیین مقدار  $Ca_{eq}$  جداول

<sup>5</sup> Langelier saturation index



راهنمایی را نیز ارائه نمود. جداول راهنما به وسیله افراد دیگری نیز بر مبنای نتایج تحقیقات گذشته ارائه شد. به طور مثال شینبرگ و اوستر (1974) بر مبنای تحقیقات باور و همکاران (1965) جداول راهنمایی را ارائه نمودند. همچنین آیزر و وستکات (1989) در نشریه شماره 29 آبیاری و زهکشی فائو، بر مبنای مفهوم ارائه شده به وسیله سوارز (1981)، جداول راهنمایی را برای اصلاح نسبت جذب سدیم ارائه نمودند.

به منظور ساده سازی در انجام محاسبات زیاد و نیز فراهم آوردن امکان محاسبه در نرم افزارهای صفحه گسترده مانند اکسل، بدون نیاز به نرم افزاری خاص و یا جداول راهنما، لش و سوارز (2009) روشی جبری برای محاسبه پارامتر  $Ca_{eq}$  پیشنهاد کردند. در این روش قدرت یونی را می توان بر مبنای معادله 8 محاسبه کرد و سپس مقدار  $m$  محاسبه شده برای به دست آوردن  $\log(X)$  بر اساس معادله 9 به جای جداول راهنما استفاده می شود.

$$\log(X) = \frac{1}{3} \left[ 4.6629 + 0.6103 \log(m) + 0.0844 \{\log(m)\}^2 + 2 \log \left( \frac{Ca}{2HCO_3} \right) \right] \quad [9]$$

سپس غلظت تعادلی کلسیم (بر مبنای واحد میلی اکیوالان در لیتر) را می توان با استفاده از معادله زیر به دست آورد:

$$Ca_{eq} = 2 \times X \times (P_{CO_2})^{1/3} \quad [10]$$

## مواد و روشها

برای ارزیابی صحت و اعتبار روابط پیشنهادی، بخشی از نتایج یک آزمایش لایسیمتری نیز استفاده شد. در این آزمایش لایسیمتری به طور خلاصه، 36 لایسیمتر استوانه‌ای با قطر داخلی 40 و ارتفاع 180 سانتیمتر به طور همگن با یک خاک لوم شنی پر شدند (هاشمی‌نژاد و غلامی، 1387). در داخل ستونها گیاه یونجه (*Medicago Sativa L.*) کشت شد و با دقت با یک آب شور طبیعی ( $EC = 14 \text{ dS m}^{-1}$ ) که شوری آن به وسیله آب لوله کشی در سطوح مورد نظر (2، 7 و 13 دسی زیمنس بر متر) تنظیم می شد، آبیاری گردید. مقدار آب مورد نیاز برای حصول کسر آبشویی مورد نظر (12، 25 و 50 درصد) با یک ترازوی دیجیتال با دقت توزین می شد و بعد از 48 ساعت آب زهکش شده مجدداً توزین می گردید. انحراف احتمالی در میزان کسر آبشویی حاصله در آبیاری بعدی متوازن می شد. در این مقاله نتایج مربوط به شوری آب آبیاری 2 دسی زیمنس بر متر ارائه شده است که در این مورد شرایط شبه ماندگار در طی سال اول آزمایش حاصل شد. نمونه های آب آبیاری و همچنین آب زهکش برای تجزیه های آزمایشگاهی اخذ شدند. از بین نمونه های آب زهکش موجود تعداد 30 نمونه در این مرحله انتخاب شدند که ترکیب کامل آب آبیاری آنها نیز موجود بود. مقادیر واقعی SAR آب زهکش از روی تجزیه شیمیایی محاسبه شد و سپس روابط بین  $SAR_{iw}$  و  $SAR_{dw}$  که با روشهای مختلف تصحیح شده بود به دست آمد. روشهایی که برای تصحیح در این مقاله استفاده شده اند شامل معادله 1، فرمول باور و همکاران (1965)، جداول راهنمای شینبرگ و اوستر (1974)، جداول راهنمای آیزر و وستکات (1989) و روش جبری لش و سوارز (2009) می باشند. بدیهی است به دلیل اینکه روش سوارز (1981) دقیقاً در روش آیزر و وستکات (1989) نیز مورد استفاده قرار گرفته است، از این دو روش نتایج مشابهی حاصل می شود.

## نتایج و بحث

جدول 1 روابط بین  $SAR_{iw}$  و  $SAR_{dw}$  که بر مبنای شکل اصلی آن و اصلاح شده به روشهای مختلف است را نشان می دهد. نتایج نشان می دهند که در صورتی که نسبت جذب سدیم در آب آبیاری اصلاح نشود در شرایط شبه ماندگار این آزمایش هیچ رابطه ای بین  $SAR_{dw}$  و  $SAR_{iw}$  وجود نخواهد داشت. بیشترین بهبود در ضریب  $R^2$  زمانی رخ



می‌دهد که غلظت کاتیونها بر کسر آبشویی تقسیم می‌شوند (معادله 1). در حالی که تصحیح به روشهای باور و همکاران (1965) و نیز شینبرگ و اوستر (1974) که دارای اصالت مشترکی هستند نتوانسته است همبستگی را بهبود بخشد. روشهای پیشنهادی لش و سوارز (2009) و آیرز و وستکات (1989) نیز که دارای اصالت مشترکی هستند نیز دارای دقتی مشابه معادله 1 در پیش بینی نسبت جذب سدیم در آب زهکش بوده‌اند.

جدول 1- رابطه بین  $SAR_{dw}$  و  $SAR_{iw}$  در شکل اصلی آن و اصلاح شده به روشهای مختلف

| رابطه   | معادله                              | $R^2$  |
|---|-------------------------------------|--------|
| $SAR_{iw}$ - $SAR_{dw}$                       | $SAR_{dw}=2.5722(SAR_{iw})-2.0712$  | 0.108  |
| اصلاح شده با استفاده از معادله 1              | $SAR_{dw}=0.5982(SAR_{adj})+1.8935$ | 0.8027 |
| اصلاح شده با استفاده از معادله باور و همکاران | $SAR_{dw}=1.201(SAR_{adj})-2.5478$  | 0.0909 |
| اصلاح شده با استفاده از معادله شینبرگ و اوستر | $SAR_{dw}=1.1985(SAR_{adj})-2.5325$ | 0.0907 |
| اصلاح شده با استفاده از رابطه آیرز و وستکات   | $SAR_{dw}=0.3955(SAR_{adj})+2.2935$ | 0.8011 |
| اصلاح شده با استفاده از روش لش و سوارز        | $SAR_{dw}=0.3632(SAR_{adj})+2.4356$ | 0.8023 |

این نقطه امید بخشی است چرا که روش لش و سوارز را می‌توان به راحتی در نرم‌افزارهای صفحه گسترده مانند اکسل برای محاسبات مکرر به کار برد.

برای تخمین نسبت جذب سدیم در آب زهکش در شرایط شبه ماندگار این آزمایش کافی است که مقدار واقعی کسر آبشویی مشخص باشد تا بتوان با استفاده معادله 1 آن را با دقت قابل قبول تخمین زد. تصحیح‌های پیچیده‌تری که بر مبنای شیمی کربناتها پیشنهاد شده‌اند نتوانستند در این مورد دقت تخمین را افزایش دهند. روابط بومی در صورت موجود بودن می‌توانند استفاده شوند بدون اینکه از دقت تخمین نهایی کم شود ولی در صورت موجود نبودن این روابط و برای اجتناب از محاسبات پیچیده می‌توان از رابطه پذیرفته شده جهانی 8 به راحتی استفاده کرد.

## منابع

- هاشمی نژاد، ی و م غلامی، 1387. معرفی روش مناسب پر کردن ستونهای دست خورده خاک و ارزیابی آن جهت حصول محیط متخلخل همگن. مجله آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی)، جلد 22 شماره 2: 447-455.
- Ayers, RS and DW Westcot, 1989. Water quality for agriculture. FAO irrigation and drainage paper 29 Rev. 1. Rome.
- Bower, CA, 1961. Prediction of the effects of irrigation waters on soils. UNESCO Arid Zone Symposium "Salinity Problems in the Arid Zones" (Tehran, Iran): 215- 222.
- Bower, CA, LV Wilcox, GW Akin and MG Keyes, 1965. An index of the tendency of  $CaCO_3$  to precipitate from irrigation waters. S.S.S.A. Proc. 29: 91-92.
- Lesch, SM and DL Suarez, 2009. Technical note: A Short note on calculating the adjusted SAR index. Transactions of the ASABE. 52(2): 493-496.
- Rhoades, JD, 1968. Mineral weathering correction for estimating the sodium hazard of irrigation waters. S.S.S.A. Proc. 32: 648-652.
- Shainberg, I and JD Oster, 1974. Quality of irrigation water. IIC, Calif. USA.
- Suarez, DL, 1981. Relation between pHc and Sodium Adsorption Ratio (SAR) and an alternative method of estimating SAR of soil or drainage waters. S.S.S.A.J. 45: 469-475.
- United States Salinity Laboratory Staff. 1954. Diagnosis and improvement of saline and alkali soils. USDA Handbook 60.