



## اثر کیفیت آب بر هدایت هیدرولیکی نزدیک به اشباع خاک در مکش های مختلف

سید علی اکبر موسوی<sup>1</sup> و علیرضا سپاسخواه<sup>2</sup>

1- استادیار بخش علوم خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شیراز

2- استاد بخش مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شیراز

آدرس پست الکترونیکی مکاتبه کننده: [aamousavi@gmail.com](mailto:aamousavi@gmail.com)

### چکیده

استفاده از آب های با کیفیت نامطلوب برای آبیاری در مناطق خشک و نیمه خشک ممکن است سبب تغییر ویژگی های هیدرولیکی و کیفیت خاک شود. نفوذ آب معمولی در 69 نقطه از یک خاک سنگریزه ای با استفاده از نفوذ سنج مکشی انجام و هدایت هیدرولیکی نزدیک به اشباع ( $K_{\psi}$ ) در شش مکش (0 تا 0/2 متر) با داده های بدست آمده از نفوذ ماندگار تعیین شد. اثر قابلیت هدایت الکتریکی ( $EC_w$ ) و نسبت جذب سدیم ( $SAR_w$ ) آب بر  $K_{\psi}$  نیز در 15 نقطه انتخاب شده با دامنه وسیعی از  $K_{\psi}$  تعیین شد. آب های با  $EC_w > 10 \text{ dS m}^{-1}$  و  $SAR_w > 20 \text{ mol}^{0.5} \text{ L}^{-0.5}$  اثرات نامطلوبی بر تابع هدایت هیدرولیکی خاک داشت که ممکن است به دلیل کاهش سیالیت آب و اثر سدیم بر تخریب خاکدانه ها و پراکنش رس ها باشد که می تواند سبب ایجاد مشکلاتی در نفوذ آب و بازتوزیع آن در خاک شود.

کلمات کلیدی: کیفیت آب، نفوذسنج مکشی، هدایت هیدرولیکی نزدیک به اشباع.

### مقدمه

مناطق خشک و نیمه خشک جهان به دلیل کمبود بارش، محدودیت منابع آب، و افزایش مصرف آب در بخش های کشاورزی، خانگی و صنعتی همراه با رشد فزاینده جمعیت با بحران کمبود آب روبرو می باشند. یکی از راه های غلبه بر این بحران، استفاده از آب های با کیفیت نامطلوب (آبهای شور) می باشد. چنین آب هایی ممکن است محتوی مقادیر زیادی نمک های محلول بویژه سدیم، کلسیم، و منیزیم بوده و به دلیل مقادیر زیاد سدیم سبب پراکنش ذرات رس، از بین رفتن خاکدانه ها و ساختمان خاک، مسدود شدن روزنه های خاک، کاهش هدایت هیدرولیکی خاک و در نتیجه کاهش کیفیت خاک شوند. تحقیقات متعددی در بررسی اثر کیفیت آب بر هدایت هیدرولیکی خاک انجام شده ولی تاکنون اثر کیفیت آب نفوذ یافته به خاک بر هدایت هیدرولیکی نزدیک به اشباع خاک و به ویژه در مکش های مختلف آب خاک بررسی نشده است. لذا تحقیق حاضر به منظور بررسی اثر کیفیت آب بر هدایت هیدرولیکی نزدیک به اشباع خاک در مکشهای مختلف آب خاک انجام شده است.

### مواد و روش ها

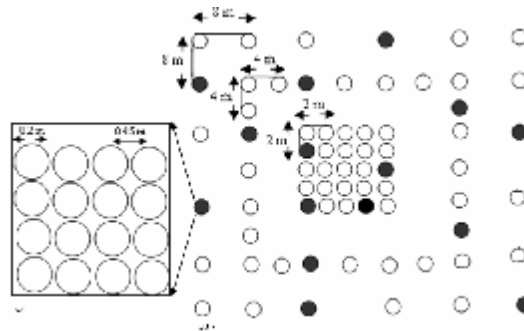
تحقیق حاضر در خاک سنگریزه ای سری کوی اساتید با بافت لوم رسی شنی واقع در ایستگاه تحقیقاتی باجگاه در دانشکده کشاورزی دانشگاه شیراز (ارتفاع 1810 متر بالای سطح آزاد دریا و 52 درجه و 32 دقیقه شرقی و 29 درجه و 36 دقیقه شمالی) انجام شد. آزمایش های نفوذ با استفاده از یک دستگاه نفوذ سنج مکشی تک صفحه با قطر 0/2 متر (شکل 1) در 69 نقطه با فواصل 4، 8، و 2 متر از یکدیگر در یک طرح نمونه برداری تو در تو (شکل 2- الف) و



به ترتیب در شش مکش 0/2، 0/15، 0/1، 0/06، 0/03، 0 و متر انجام شد. پس از صاف و تمیز کردن سطح خاک به منظور ایجاد تماس هیدرولیکی مطمئن بین سطح خاک و دیسک دستگاه لایه نازکی از شن ریز به ضخامت حدود 0/01 متر و با قطر 0/2 متر در سطح خاک قرار داده شد. سپس مخزن دستگاه از آب معمولی پر و مکش ورود آب به خاک به اندازه 0/2 متر تنظیم شد و مقدار نفوذ آب به خاک از روی ارتفاع آب موجود در مخزن مدرج دستگاه هر 15 ثانیه یکبار در 3 دقیقه اول و سپس هر یک دقیقه یکبار تا رسیدن به حالت ماندگار اندازه گیری شد. سپس مکش بعدی اعمال و عملیات اندازه گیری تکرار شد. هدایت هیدرولیکی نزدیک به اشباع ( $K_{\psi}$ ) در مکش های ذکر شده با استفاده از داده های بدست آمده از نفوذ ماندگار و با استفاده از روش های پیشنهاد شده به وسیله وودینگ (1968) و انکنی و همکاران (1991) تعیین شد. برای بررسی اثر کیفیت آب [قابلیت هدایت الکتریکی ( $EC_w$ ) 0/5، 5، 10، و 20  $dS m^{-1}$  و نسبت جذب سدیم ( $SAR_w$ ) 0/5، 10، 20، و  $40 mol^{0.5} L^{-0.5}$ ] بر هدایت هیدرولیکی خاک نیز ابتدا 15 نقطه از نقاط آزمایشی که دارای دامنه وسیعی از  $K_{\psi}$  بود انتخاب و سپس مخزن دستگاه با آب با کیفیت مورد نظر پر شد و اندازه گیری های نفوذ مشابه آنچه در مورد آب معمولی گفته شد تا رسیدن به حالت ماندگار در مکش های مورد نظر انجام شد. نفوذ با آب های با کیفیت مختلف (16 تیمار کیفیت آب) در نقاط حول هریک از 15 نقطه انتخاب شده اندازه گیری شد (شکل 2-ب). مقایسه میانگین های هدایت هیدرولیکی نزدیک به اشباع اندازه گیری شده در مکش های مختلف در اثر نفوذ آب با کیفیت های مختلف با استفاده از آزمون چند دامنه دانکن در نرم افزار MSTATC و در سطح آماری 5% انجام شد.



شکل 1. دستگاه نفوذسنج مکشی استفاده شده (Soilmoisture Equipment Crop. P.O. Box 30025, Santa Barbara, CA 93105 U.S.A.) برای اندازه گیری نفوذ آب به خاک از نماهای مختلف.



شکل 2. طرح تودرتوی استفاده شده برای آزمایش های نفوذ آب به خاک (الف) نقاط توخالی و توپر به ترتیب 69 محل اندازه گیری با آب معمولی ( $EC_w$ ) برابر 0/5  $dS m^{-1}$  و  $SAR_w$  برابر 0/5  $mol^{0.5} L^{-0.5}$  و 15 محل انتخاب شده برای اندازه گیری با آب با کیفیت های مختلف (ب) 16 محل اندازه گیری با کیفیت های مختلف آب به کار برده شده حول هر نقطه.

## نتایج و بحث



اثر تیمارهای  $EC_w$  و  $SAR_w$  بر  $K_{\psi}$  اندازه گیری شده در مکش های مختلف در جدول 1 نشان داده شده است (آب با  $EC_w$  و  $SAR_w$  به ترتیب  $0/5 \text{ dS m}^{-1}$  و  $0/5 \text{ mol}^{0.5} \text{ L}^{-0.5}$  به عنوان شاهد در نظر گرفته شده و مقایسه سایر تیمارها با آن انجام شده است). نتایج نشان داد کاربرد آب با  $EC_w$  برابر 5 دسی زیمنس بر متر میانگین  $K_{\psi}$  اندازه گیری شده در مکش های  $0/03$  و  $0/06$  متر را به ترتیب  $0/15$ ،  $0/2$ ، و  $0/1$  متر را حدود 10% و  $K_{\psi}$  اندازه گیری شده در مکش های  $0/06$  و  $0/03$  متر را به ترتیب 6 و 1/4 % افزایش داد (افزایش ها از نظر آماری معنی دار نبود). اثر کاربرد آب با  $EC_w$  5 دسی زیمنس بر متر با کاهش مکش به کار برده شده کاهش یافت.

جدول 1. اثر تیمارهای کیفیت آب (قابلیت هدایت الکتریکی،  $EC_w$ ، و نسبت جذب سدیم،  $SAR_w$ ) بر هدایت هیدرولیکی نزدیک به اشباع ( $K_{\psi} \times 10^7, \text{ m s}^{-1}$ ) اندازه گیری شده در مکش های مختلف.

میانگین	$EC_w \text{ (dS m}^{-1}\text{)}$				$SAR_w \text{ (mol}^{0.5} \text{ L}^{-0.5}\text{)}$
	20	10	5	0/5	
	** $K_{0.2}$ (میانگین = 1/20 E)				
1/10 B*	0/99 c	1/17 c	1/20 bc	1/03 c	0/5
1/21 B	1/11 c	1/30 abc	1/26 abc	1/17 c	10
1/38 A	1/53 ab	1/57 a	1/25 abc	1/17 c	20
1/12 B	1/21 bc	1/27 abc	1/03 c	0/95 c	40
	<b>1/21 AB</b>	<b>1/33 A</b>	<b>1/18 AB</b>	<b>1/08 B</b>	میانگین
	** $K_{0.15}$ (میانگین = 1/78 E)				
1/63 B	1/40 d	1/77 a-d	1/78 a-d	1/56 cd	0/5
1/80 AB	1/56 cd	2/03 abc	1/87 a-d	1/74 a-d	10
2/01 A	2/14 ab	2/29 a	1/87 a-d	1/74 a-d	20
1/70 B	1/70 bcd	1/95 a-d	1/62 bcd	1/51 cd	40
	<b>1/70 B</b>	<b>2/01 A</b>	<b>1/79 AB</b>	<b>1/64 B</b>	میانگین
	** $K_{0.1}$ (میانگین = 2/97 D)				
2/62 B	1/75 d	2/78 bcd	3/20 abc	2/75 bcd	0/5
3/07 AB	2/37 cd	4/11 a	3/01 abc	2/80 bcd	10
3/41 A	3/10 abc	3/78 ab	3/51 abc	3/26 abc	20
2/79 B	2/57 cd	3/08 abc	2/84 bcd	2/64 bcd	40
	<b>2/45 C</b>	<b>3/44 A</b>	<b>3/14 AB</b>	<b>2/86 B</b>	میانگین
	** $K_{0.06}$ (میانگین = 4/70 C)				
3/81 C	2/12 d	3/89 cd	4/64 c	4/61 c	0/5
5/16 AB	3/76 cd	7/63 a	4/78 c	4/45 c	10
5/48 A	4/63 c	6/83 ab	5/42 bc	5/04 bc	20
4/34 BC	4/13 c	4/64 c	4/45 c	4/14 c	40
	<b>3/66 C</b>	<b>5/75 A</b>	<b>4/82 AB</b>	<b>4/56 B</b>	میانگین
	** $K_{0.03}$ (میانگین = 6/45 B)				
5/33 B	2/42 c	5/59 b	6/16 b	7/17 b	0/5
6/84 A	4/71 b	11/25 a	5/91 b	5/50 b	10
7/41 A	7/11 b	10/08 a	6/45 b	6/00 b	20
6/21 AB	5/38 b	5/80 b	7/08 b	6/59 b	40
	<b>4/90 C</b>	<b>8/18 A</b>	<b>6/40 B</b>	<b>6/32 B</b>	میانگین
	** $K_0$ (میانگین = 9/10 A)				
7/41 B	2/26 c	7/53 bc	8/72 b	10/87 b	0/5
10/35 A	5/75 bc	20/97 a	7/44 bc	6/92 bc	10
10/48 A	9/74 b	16/26 a	8/08 bc	7/51 bc	20
8/15 AB	7/81 bc	7/14 bc	8/98 b	8/35 bc	40
	<b>6/37 C</b>	<b>12/97 A</b>	<b>8/30 B</b>	<b>8/41 B</b>	میانگین

\* میانگین هایی که در هر ردیف یا ستون حداقل در یک حرف لاتین کوچک یا بزرگ مشترک هستند از نظر آماری بر اساس آزمون دانکن در سطح 5% اختلاف معنی دار ندارند. \*\*  $K_0, K_{0.03}, K_{0.06}, K_{0.1}, K_{0.15}, K_{0.2}$  و  $K_0$  به ترتیب هدایت هیدرولیکی نزدیک به اشباع اندازه گیری شده در مکش های  $0/03, 0/06, 0/1, 0/15, 0/2$  و  $0$  متر می باشند.



کاربرد آب با  $EC_w$  10 دسی زیمنس بر متر میانگین  $K_{\psi}$  اندازه گیری شده در مکش های 0/2، 0/15، 0/1 و 0/06، 0/03 و 0 متر را به طور معنی داری به ترتیب به میزان 23، 23، 20، 26، 30، و 44% افزایش داد.  $K_{\psi}$  اندازه گیری شده در مکش های 0/2 و 0/15 احتمالاً به دلیل نبود زمان کافی برای اثر نامطلوب سدیم به طور معنی داری تحت تاثیر کاربرد آب با  $EC_w$  20 دسی زیمنس بر متر قرار نگرفت در حالی که  $K_{\psi}$  اندازه گیری شده در مکش های 0/1، 0/06، 0/03 و 0 متر احتمالاً به دلیل ظهور اثر نامطلوب سدیم بر هدایت هیدرولیکی خاک در سطوح زیاد شوری آب به ترتیب به میزان 14/5، 19/8، 22/4، و 24/3 درصد در مقایسه با شاهد کاهش یافت. همچنین نتایج نشان داد که هدایت هیدرولیکی نزدیک به اشباع اندازه گیری شده در مکش های کمتر (0 متر) در مقایسه با مکش های بیشتر (0/2 متر) نسبت به آبیاری با آب شور حساس تر است (مشابه نتایج چاداری و سماوانشی، 2004). نتایج نشان داد روابط رگرسیونی بین  $EC_w$  آب به کار برده شده و مقادیر  $K_{\psi}$  اندازه گیری شده در مکش های مختلف از یک رابطه درجه دوم تبعیت نموده و تا مقادیر  $EC_w$  حدود 10 دسی زیمنس بر متر با افزایش  $EC_w$  مقدار  $K_{\psi}$  افزایش یافته و در مقادیر بیشتر  $EC_w$  احتمالاً به دلیل ظهور اثرات نامطلوب سدیم بر ضخامت لایه دوگانه پخشیده،  $K_{\psi}$  کاهش یافته است. کاربرد آب با  $SAR_w$   $10 L^{-0.5} mol^{0.5}$  اثر معنی داری بر  $K_{\psi}$  اندازه گیری شده در مکش های 0/1 تا 2/2 متر نداشت در حالی که  $K_{\psi}$  اندازه گیری شده در مکش های 0/06، 0/03 و 0 متر را به ترتیب به میزان 28، 35 و 40 درصد افزایش داد. به نظر می رسد در آب با  $SAR_w$   $10 L^{-0.5} mol^{0.5}$  مقدار سدیم در مقایسه با سایر یون ها به اندازه ای نبوده که بتواند بر  $K_{\psi}$  اثر نامطلوب داشته باشد. کاربرد آب با  $SAR_w$   $20 L^{-0.5} mol^{0.5}$  مقدار  $K_{\psi}$  اندازه گیری شده در تمام مکش ها را به طور معنی داری افزایش داد در حالی که کاربرد آب با  $SAR_w$   $40 L^{-0.5} mol^{0.5}$  در مقایسه با شاهد اثر معنی داری بر  $K_{\psi}$  نداشت (جدول 1). روابط رگرسیونی بین  $SAR_w$  آب به کار برده شده و مقادیر  $K_{\psi}$  اندازه گیری شده در مکش های مختلف از یک رابطه درجه دوم تبعیت نموده و تا مقادیر  $SAR_w$  حدود  $20 L^{-0.5} mol^{0.5}$  با افزایش  $SAR_w$  مقدار  $K_{\psi}$  افزایش یافته و در مقادیر بیشتر مقدار  $K_{\psi}$  کاهش یافته است. یافته های این تحقیق با نتایج باگارلو و همکاران (2006) در تضاد بود که می تواند به دلیل وجود مقادیر نسبتاً زیاد سنگریزه و یا تغییرات مکانی زیاد  $K_{\psi}$  در خاک مورد آزمایش در این تحقیق باشد.

### نتیجه گیری

نتایج نشان داد چنانچه کیفیت آب برای رشد گیاه مشکلی ایجاد نکند می توان در چنین خاک های سنگریزه ای برای غلبه بر بحران کمبود آب از آب های با  $EC_w < 10 \text{ dS m}^{-1}$  و  $SAR_w < 20 \text{ mol}^{0.5} L^{-0.5}$  بدون ایجاد اثرات نامطلوب بر هدایت هیدرولیکی خاک و نفوذ آب به خاک استفاده کرد.

### منابع

- Ankeny MD, Ahmed M, Kaspar TC and Horton R, 1991. Simple field method for determining unsaturated hydraulic conductivity. *Soil Sci Soc Am J* 55: 467–470.
- Bagarello V, Iovino M, Palazzolo E, Panno M and Reynolds WD, 2006. Field and laboratory approaches for determining sodicity effects on saturated soil hydraulic conductivity. *Geoderma* 130: 1-13.
- Chaudhari SK and Somawanshi RB, 2004. Unsaturated flow of different quality irrigation waters through clay, clay loam and silt loam soils and its dependence on soil and solution parameters. *Agric Water Manage* 64: 69–90.
- Wooding RA, 1968. Steady infiltration from a shallow circular pond. *Water Resour Res* 4: 1259–1273.