نشریه آبیاری و زهکشی ایران
شماره۳، جلد ۱۲، مرداد - شهریور ۱۳۹۷، ص. ۷۰۸-۶۹۶

Iranian Journal of Irrigation and Drainage
No. 3, Vol. 12, Agu.-Sep. 2018, p. 696-708

تحلیل کارآیی روش آب‌شویی موضعی در خروج املاح از خاک

مطالعه موردی: باغ پسته در منطقه فتح‌آباد کرمان

شهریار باستانی[۱]، محدثه حسینی‌نیا[۲*]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۱۲/۷ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۲/۲

چکیده

هدف آب‌شویی به شیوه موضعی، خارج کردن املاح تجمع یافته از محدوده اصلی فعالیت ریشه در باغات و مزارع مجهز به سامانه‌های آبیاری موضعی و در شرایط عدم دسترسی به آب کافی برای آب‌شویی است. راندمان این روش در باغات مجهز به سامانه آبیاری زیرسطحی و یا در شرایط کاربرد موضعی مواد اصلاح کننده، آزمون نشده است. بنابراین در زمستان ۱۳۹۴ در باغ پسته در منطقه فتح‌آباد کرمان تحقیق فوق انجام شد و به ارزیابی روش آب‌شویی موضعی به همراه سه تیمار آب آبیاری، گچ و اسیدسولفوریک در چهار تکرار در خروج املاح از محدوده اصلی فعالیت ریشه درخت پسته (منطقه مرطوب اطراف لوله زیرسطحی) پرداخت. در این روش آب‌شویی که به‌مدت ۵ روز متوالی انجام گردید، از دو خط لوله تیپ کم فشار در فاصله ۴۰ سانتی‌متری از دو سمت ردیف درختان برای آب‌شویی املاح از محدوده مرطوب اطراف لوله زیرسطحی استفاده شد. برای مقایسه راندمان آب‌شویی و میزان تغییرات در مقادیر سدیم و هدایت الکتریکی (EC)، نمونه‌برداری خاک قبل و بعد از آب‌شویی از شبکه ۸۰ ×۱۲۰ سانتی‌متر از لایه‌های ۲۰ سانتی‌متری انجام شد. نتایج نشان داد که کاربرد ۱۰۰۰ میلی‌متر ارتفاع آب، منجر به آب‌شویی موثر املاح از منطقه اصلی فعالیت ریشه درخت پسته گردید. استفاده از گچ در مقایسه با تیمارهای آب آبیاری و اسیدسولفوریک، منجر به خروج بیش‌تر سدیم و املاح از خاک شد. در تیمار گچ، درصد آب‌شویی سدیم و نمک‌های محلول به‌ترتیب در حدود ۶۱ و ۵۸ درصد بدست آمد. راندمان آب‌شویی املاح در تیمار آب آبیاری ۵۶ درصد و بیش‌تر از راندمان آب‌شویی املاح در تیمار اسیدسولفوریک (۴۵ درصد) بود. بنابراین، با توجه به بالا بودن راندمان آب‌شویی آب آبیاری در مقایسه با تیمار اسیدسولفوریک، عدم تفاوت معنی‌دار آن با تیمار گچ در خروج املاح و با لحاظ مسایل اقتصادی مرتبط با هزینه مواد اصلاح کننده، به‌نظر می‌رسد که در استفاده‌های عملی کاربرد آب آبیاری به تنهایی می‌تواند استراتژی مناسبی برای اصلاح خاک‌های منطقه مورد مطالعه باشد.

واژه‌های کلیدی: آبیاری زیرسطحی، اسیدسولفوریک، راندمان آبشویی، شوری، گچ

مقدمه

استان کرمان با در اختیار داشتن ۶۶ درصد سطح بارور پسته، مرکز اصلی تولید پسته در ایران می‌باشد (دفتر آمار و فناوری اطلاعات، معاونت برنامه‌ریزی و اقتصادی وزارت جهاد کشاورزی, ۱۳۹۰). بحران آب و شوری خاک در این منطقه دو عامل کلیدی هستند که پایداری تولید محصولات کشاورزی منجمله پسته را تهدید می‌کنند (Mahmoodabadi et al., 2013). در شرایط کمبود آب، استفاده از روش‌های نوین آبیاری چون سیستم‌های آبیاری زیرسطحی برای کنترل و مدیریت بهینه آب در مناطق خشک و نیمه خشک توصیه شده است (Kandelous & Simunek, 2010). این در حالی است که کاهش روزافزون کیفیت منابع آبی و شور شدن آب‌های کشاورزی، سبب تجمع املاح در محدوده ریشه درختان آبیاری شده با سیستم‌های آبیاری موضعی چون زیرسطحی گردیده است. انباشت بیش از حد املاح و سدیم در خاک سبب ایجاد پدیده های نامطلوب متعددی چون تخریب ساختار و خواص هیدرولیکی خاک، افزایش پتانسیل اسمزی، تغییر pH خاک و عدم جذب آب و عناصر غذایی می‌گردد (Chaganti et al., 2015 ؛Li et al., 2015). لذا مدیریت مناسب خاک‌های شور برای کاهش اثرات مخرب شوری و جلوگیری از کاهش تدریجی محصول ضروری است.

اصلاح خاک‌های شور و سدیمی یک پروسه دو مرحله‌ای است که در مرحله اول با کاربرد یک منبع کلسیمی، کلسیم در سطح مکان‌های تبادلی جایگزین سدیم شده و سبب بهبود ساختار خاک می‌گردد و در مرحله دوم به منظور تخلیه نمک‌ها از خاک، آبشویی انجام می‌شود (Chagantiet al., 2015).

۱- دکتری آبیاری، موسسه پژوهشی آب و توسعه پایدار فلات- کرمان
۲- دکتری آبیاری، موسسه پژوهشی آب و توسعه پایدار فلات- کرمان
(*- نویسنده مسئول: Email: m.hosseinyniya@yahoo.com)

گچ منبع غنی از کلسیم بوده که بواسطه سهولت دسترسی و قیمت اندک (Gharaibeh et al., 2011)، بعنوان ماده اصلاح‌کننده خاک‌های شور و سدیمی در تحقیقات متعددی مورد استفاده قرار گرفته است (Rasouli Rahman, 2015; Chaganti et al., 2015 et al., 2013; Ahmad et al., 2013;).گچ با افزایش نسبت Ca:Na در محلول خاک و جایگزینی با سدیم در سطح مکان‌های تبادلی رس‌ها، مانع از تخریب ساختار خاک و اثرات سو سدیم بر رشد و عملکرد گیاه خواهد شد (Cucci et al., 2015). در ایران نیز علیرغم وجود منابع غنی از گچ و استفاده وسیع کشاورزان و باغدارن از آن، تحقیقات بسیار اندکی در زمینه اثرات کاربرد گچ بر کیفیت خاک و رشد گیاهان در شرایط مزرعه انجام شده است (Rasouli et al., 2013). اسیدسولفوریک Niazi et al., ; Prather et al., 1978; ; Amezketa et al., 2005; Vance et al., 2008; Amini 2001 et al., 2016; Saqib et al., 2017; نیز از دیگر اصلاح‌کننده‌های خاک است که کاربرد آن در خاک‌های آهکی سبب انحلال کربنات کلسیم موجود در خاک و افزایش میزان کلسیم محلول خاک می‌گردد.

پس از کاربرد مواد اصلاح‌کننده، آبشویی نمک‌های محلول از سطح خاک به عمق‌های پایین‌تر و یا خروج آن‌ها از محدوده ریشه گیاه ضروری است (Ahmed et al., 2015؛ Li et al., 2015). از جمله روش‌های متداول آبشویی، روش‌های آبشویی کرتی پیوسته Hoffman., 1980; Khosla et al., 1979; Reeve., 1957) Miller Biggar and Nilsen., 1961) و متناوب (Gupta., 1990; Hendrikus Barnard et Dahiya et al., 1981; et al., 1965 Asadi Kapourchal et al., 2013; al., 2010;) بوده که امروزه بواسطه کمبود منابع آبی در اغلب مناطق خشک و نیمه‌خشک و مقدار حجم بالای آب موردنیاز در این روش‌ها، عملیات آبشویی با این روش‌ها عملا قابل انجام نمی‌باشد (Wan et al., 2012). لذا در این شرایط استفاده از استراتژی‌های جدید آبشویی با هدف حفظ تولیدات کشاورزی در هر منطقه ضروری است. آبشویی به طریقه موضعی بر این فرض استوار است که به جای آبشویی کل سطح مزرعه با روش‌های متداول، با آبشویی منطقه فعال ریشه‌ها می‌توان محیط نسبتا مناسبی برای رشد گیاه ایجاد کرد (Burt & Isbell, 2005). در این روش آبشویی که بیشتر مناسب آبشویی املاح تجمع یافته در محدوده ریشه گیاهان آبیاری شده با روش‌های آبیاری موضعی چون قطره‌ای سطحی و زیرسطحی، تیپ و سفالی زیرسطحی می‌باشد، آبشویی در شرایط غیراشباع و با استفاده از سیستم آبیاری قطره‌ای و یا لوله‌های تیپ انجام می‌شود. کارایی بالای روش قطره‌ای در آبشویی املاح از خاک توسط محقیقن زیادی گزارش شده است (Wan et al., 2012; Sun et al., 2013; Kang et al., 2010 Wang et al., 2013;). روش آبشویی موضعی اولین بار توسط برت و ایزبل برای آبشویی املاح تجمع یافته در محدوده ریشه درختان پسته منطقه سانجاکوین کالیفرنیا تحت سیستم آبیاری قطره‌ای سطحی مورد استفاده قرار گرفت. در این تحقیق با کاربرد شش ردیف لوله قطره‌چکان‌دار در دو سمت ردیف درختان، مقدار آب موردنیاز آبشویی به حدود یک سوم مقدار آب مصرفی در روش‌های متداول کاهش یافت (Isbell and Burt, 2005). لذا علی‌رغم اینکه اطلاعات زیادی از این روش در دسترس نیست، به‌نظر می‌رسد که در مناطق مواجه با کم آبی، راهکار مناسبی برای حل مشکل آبشویی املاح خاک باغات و مزارع باشد.

در استان کرمان نیز وجود بحران آب و عدم امکان آبشویی سالانه بدلیل حجم بالای آب موردنیاز آبشویی، سبب تشدید شور و سدیمی شدن خاک بسیاری از باغات پسته و متعاقبا کاهش چشمگیر رشد و عملکرد محصول شده است. این در حالی است که مطالعات انجام شده در زمینه اصلاح و آبشویی خاک این باغات بسیار محدود و در حیطه تحقیقات آزمایشگاهی (سیلندر) می‌باشد (Yazdanpanah Mahmoodabadi et al., 2013; and Mahmoodabadi., 2013 و حسینی‌نیا و همکاران، ۱۳۹۵).

از سوی دیگر با بحرانی شدن وضعیت منابع آبی، برای تداوم کشاورزی در استان، کشاورزان و باغداران مجبور به استفاده از روش-های آبیاری زیرسطحی خواهند شد، که بر این اساس استفاده از تکنیک‌های جدید آبشویی املاح مانند آبشویی موضعی ضروری خواهد بود. لذا از آنجاییکه از این روش آبشویی در زمان استفاده از سیستم‌های آبیاری زیرسطحی و کاربرد همزمان مواد اصلاح کننده اطلاعاتی در دست نیست، در این تحقیق پتانسیل روش آبشویی و اصلاح موضعی (کاربرد مواد اصلاح کننده گچ و اسیدسولفوریک) در آبشویی املاح (EC و Na) از محدوده ریشه درختان آبیاری شده با سیستم آبیاری زیرسطحی سفالی در یک باغ پسته در محدوده شهر کرمان مورد ارزیابی قرار گرفت.

مواد و روش‌ها

محدوده‌ی مطالعاتی

عملیات اصلاح و آبشویی در باغ پسته واقع در ایستگاه تحقیقاتی موسسه پژوهشی آب و توسعه پایدار فلات در منطقه فتح‌آباد کرمان (۳۰ درجه و ۱۹ دقیقه شمالی، ۵۶ درجه و ۵۷ دقیقه شرقی)، انجام شد. ویژگی‌های محدوده‌ی منتخب از دیدگاه کشت و نوع سیستم آبیاری در جدول ۱ ارایه شده است. همچنین، جدول ۲، خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک تا عمق ۱۰۰ سانتی‌متری را نشان می‌دهد. نمونه‌برداری‌های انجام شده در ابتدای دوره‌ی مطالعه نشان داد که بافت خاک تا عمق ۱۰۰ سانتی‌متری شنی‌لومی می‌باشد. برای آبشویی خاک، از منبع آب آبیاری (**جدول**) مزرعه استفاده شد زیرا این آب تنها منبع موجود برای

انجام عملیات آبشویی بود.

جدول ۱- برخی اطلاعات مربوط به زمین و سیستم آبیاری منطقه مورد مطالعه

نوع گیاه: پسته رقم فندقی کل مساحت باغ: ۲۵ هکتار فاصله ردیف درختان: ۵ متر مساحت منطقه مورد مطالعه: ۰/۲۵ هکتار	سیستم آبیاری: آبیاری زیرسطحی سفالی عمق کارگذاری: ۵۵ سانتی‌متر فاصله کارگذاری از درخت: ۴۰ سانتی‌متر نحوه کارگذاری: در دو سمت ردیف درختان قطر منطقه خیس شده: ۳۰ سانتی‌متر

جدول ۲- برخی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک منطقه مورد مطالعه

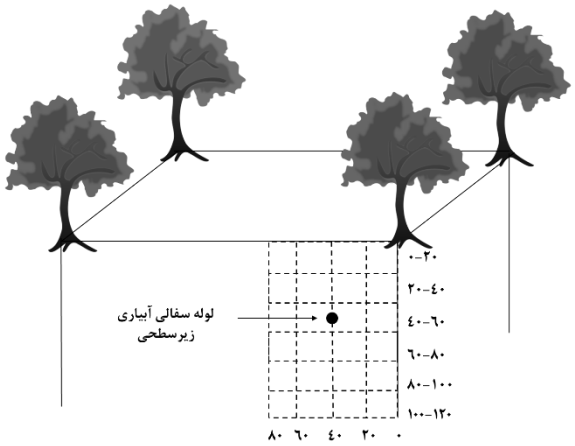
گچ (%)	آهک (%)	کاتیون‌های محلول ($meq\ l^{-1}$)			pH	EC ($dS\ m^{-1}$)
		Mg^{2+}	Ca^{2+}	Na^+		
۲/۸۸	۲۰/۸۵	۱۲/۷۱	۳۰/۸۵	۱۰/۱۱	۷/۶۵	۹/۹۳
SAR	PWP (%)	FC (%)	شن (%)	سیلت (%)	رس (%)	چگالی ظاهری ($g\ cm^{-3}$)
۲/۱۷	۴/۹	۳۸	۵۰/۸	۳۲/۸	۱۶/۴	۱/۵۸

جدول ۳- برخی خصوصیات شیمیایی آب مورد استفاده برای آبشویی

SAR	کربنات ($meq\ l^{-1}$)	بیکربنات ($meq\ l^{-1}$)	کاتیون‌های محلول ($meq\ l^{-1}$)			pH	EC ($dS\ m^{-1}$)
			Mg^{2+}	Ca^{2+}	Na^+		
۷/۸۱	-	۵/۷۲	۰/۶۷	۵/۵۷	۱۳/۷۹	۷/۴۲	۲/۵

نمونه‌برداری از خاک

قبل از انجام آبشویی، پروفیل‌هایی به عمق ۱۲۰ سانتی‌متر از سطح خاک و طول ۸۰ سانتی‌متر عمود بر ردیف درختان حفر شد. نمونه‌ها از دیواره پروفیل و به صورت شبکه ۲۰×۲۰ برداشت شد و پس از قرار دادن در بسته‌های پلاستیکی مجزا، برای اندازه‌گیری EC و سایر کاتیون‌ها به آزمایشگاه منتقل گردید (شکل ۱).



شکل ۱- ابعاد شبکه نمونه‌برداری cm ۸۰ ×۱۲۰ با فواصل cm ۲۰. لوله زیرسطحی سفالی در فاصله cm ۴۰ از ردیف درخت و عمق cm ۵۵ از سطح خاک کارگذاری شده است.

هدایت الکتریکی خاک در عصاره اشباع و با استفاده از دستگاه EC سنج تعیین گردید. برای تبدیل EC به میزان کل نمک‌های محلول TDS نیز از روابط زیر استفاده گردید (رسولی و کیانی‌پویا، ۱۳۸۹):

$$TDS = 640\times EC \qquad 0/1<EC \qquad (1)$$

$$TDS = 800\times EC \qquad EC>5 \qquad (2)$$

در این فرمول میزان کل نمک‌های محلول (TDS) بر حسب $mg\ l^{-1}$ و هدایت الکتریکی (EC) بر حسب $dS\ m^{-1}$ می‌باشد.

برای تعیین میزان کاتیون‌ها از عصاره ۱ به ۲ خاک به آب استفاده شد. میزان سدیم با استفاده از دستگاه فلیم فوتومتر (Flame Photometer) تعیین گردید.

آزمایش‌های آبشویی

آزمایش‌ها در قالب طرح بلوک تصادفی و در چهار تکرار انجام شد. تیمارها شامل: ۱- آب آبیاری بدون کاربرد مواد اصلاح کننده (شاهد)؛ ۲- گچ پودری مطابق با نیاز گچی به مقدار ۴۰ تن در هکتار؛ ۳- اسیدسولفوریک با خلوص ۹۸ درصد معادل با نیاز گچی به مقدار ۲۲/۷ تن در هکتار.

برای انجام آبشویی، از دو خط لوله تیپ در فاصله ۴۰ سانتی‌متری در دو طرف ردیف درختان و در سطح خاک استفاده شد. فاصله و شدت جریان خروجی از قطره‌چکان‌های تیپ بر مبنای سرعت نفوذپذیری خاک به‌گونه‌ای تنظیم گردید تا از پدیده ایست آبی و رواناب در سطح خاک که می‌تواند راندمان آبشویی املاح را کاهش دهد، جلوگیری شود. با توجه به تست‌های اولیه، عملیات آبشویی با فاصله قطره‌چکان ۲۰ سانتی‌متر و شدت جریان خروجی ۳ لیتر در ساعت در هر یک متر لوله انجام شد. این نحوه مدیریت آبشویی به منظور دستیابی به راندمان بالای شستشوی املاح در شرایط غیر اشباع خاک، اعمال گردید.

عملیات مربوط به آبشویی قطعه مورد نظر زمستان ۱۳۹۴ انجام شد. محل دقیق لوله‌های زیرسطحی با استفاده از میخ و ریسمان مشخص گردید. از آنجاییکه در زمان نصب سیستم آبیاری زیرسطحی درختان جوان بودند، فاصله لوله‌های سفالی از ردیف درختان ۴۰ سانتی‌متر در نظر گرفته شده بود، لذا لوله‌های تیپ نیز در همین فاصله از ردیف درختان و بر سطح زمین قرار داده شد تا بیشترین تاثیر را بر خروج املاح از منطقه مرطوب اطراف لوله زیرسطحی داشته باشد. این محدوده که فاصله ۲۰ سانتی‌متری از دو سمت محل قرارگیری لوله تیپ می‌باشد، اصطلاحا منطقه موثر آبشویی نامیده شد. تیمارهای گچ و اسیدسولفوریک مطابق با مقدار محاسبه شده، در دو سمت ردیف درختان در بلوک‌های مورد نظر و در زیر لوله‌های تیپ پاشیده شد. سپس در بلوک‌های تیمار شده لوله‌های تیپ بر روی مواد اصلاح‌کننده و در بلوک‌های شاهد لوله‌های تیپ بر سطح زمین قرار داده شد و با استفاده از بست در محل کارگذاشته شده، ثابت گردید.

بر مبنای آزمایش‌های قبلی انجام شده (حسینی‌نیا و همکاران، ۱۳۹۵)، ارتفاع ناخالص آب آبشویی حدود ۱۰۰۰ میلی‌متر در نظر گرفته شد. هدف از آبشویی در این باغ، خروج املاح از عمق ۸۰ سانتی‌متری خاک بود. زیرا با توجه به نوع خاک و نوع روش آبیاری، محدوده اصلی فعالیت ریشه عمق ۴۰- ۸۰ سانتی‌متری خاک می‌باشد. میزان کل آب خالص داده شده به زمین با کسر مقدار تبخیر برآورد شده و افزودن میزان بارندگی ۱۰۳۰/۶ میلی‌متر بوده که در مدت زمان ۵ روز متوالی به زمین داده شد.

برای ارزیابی میزان کاهش شوری، باید آب خالص آبشویی که صرف شستشوی املاح خاک می‌شود، محاسبه گردد. زیرا آن مقدار از آب آبشویی که صرف رساندن رطوبت خاک به حد ظرفیت مزرعه می‌رسد، عملا در آبشویی املاح تاثیری ندارد. بر این اساس قبل از انجام عملیات آبشویی رطوبت اولیه خاک و درصد رطوبت تا حد ظرفیت زراعی تعیین شد. سپس با کسر میزان کسری رطوبت تا حد ظرفیت مزرعه از آب خالص داده شده، میزان آب خالص آبشویی محاسبه گردید. از آنجاییکه در روش زیرسطحی سفالی، آبیاری باغ از اوایل آبان (حدود ۴ ماه قبل) قطع شده و در این مدت نیز بارندگی قابل ملاحظه‌ای رخ نداده، میزان رطوبت اولیه لایه‌های خاک تقریبا یکنواخت و در حدود ۱۶ درصد حجمی بود. لذا بر مبنای میزان درصد رطوبت ظرفیت زراعی میزان ۸۱۰ میلی‌متر آب بطور خالص برای آبشویی استفاده گردید.

پس از ۷ روز از اتمام عملیات آبشویی، برای مشابهت بیشتر بین داده‌های قبل و بعد از آبشویی، در هر بلوک یک پروفیل به ابعاد ۸۰×۱۲۰ سانتی‌متر نزدیک به محل نمونه‌برداری اولیه حفر گردید. شبکه نمونه‌برداری مشابه حالت قبل بصورت ۲۰×۲۰ سانتی‌متر در نظر گرفته شد.

آنالیز داده‌ها

داده‌های بدست آمده در این پژوهش با استفاده از نرم‌افزار SPSS20 مورد تجزیه و تحلیل آماری قرار گرفت. تجزیه و تحلیل واریانس (ANOVA) بین تیمارها و پس از آن آزمون LSD برای مقایسه میانگین‌ها در سطح معنی‌داری یک درصد انجام شد. برای رسم نقشه‌های خطوط تراز و بررسی چگونگی توزیع املاح در دو حالت قبل و بعد از آبشویی نیز از نرم‌افزار Surfer8 استفاده شد.

بحث و نتایج

تاثیر اصلاح‌کننده‌ها بر آبشویی سدیم

در شکل ۲ نقشه‌های خطوط تراز سدیم برای سه تیمار آب آبیاری (شاهد)، گچ و اسیدسولفوریک در دو حالت قبل و بعد از آبشویی نشان داده شده است. در حالت قبل از آبشویی، بیشترین میزان سدیم در لایه ۴۰ سانتی‌متری سطح خاک تجمع یافته که با ریزش باران‌های فصلی و برف احتمال آبشویی املاح مضر سدیم به منطقه فعالیت ریشه و ایجاد خسارت به درختان وجود دارد (Hanson and Bendixen, 1995). تاثیر مضر یون سدیم بر تخریب ساختار خاک، رشد و کاهش عملکرد محصولات مختلف در پژوهش‌های قبلی گزارش شده است (Ahmad et al., 2013؛ Rasouli et al., 2013؛ Cucci et al., 2015).

با کارگذاری لوله تیپ در فاصله ۴۰ سانتی‌متری از درخت، بیشترین میزان سدیم از این منطقه آبشویی شد. میزان آبشویی سدیم از این منطقه و تا عمق ۸۰ سانتی‌متری، برای دو تیمار آب آبیاری و گچ حداکثر بود (شکل ۲ b و d). در فواصل ۲۰ و ۶۰ سانتی‌متری از درخت (فاصله ۲۰ سانتی‌متری در دو سمت لوله تیپ) نیز روندی تقریبا مشابه با فاصله ۴۰ سانتی‌متری (زیر لوله تیپ) وجود داشت.

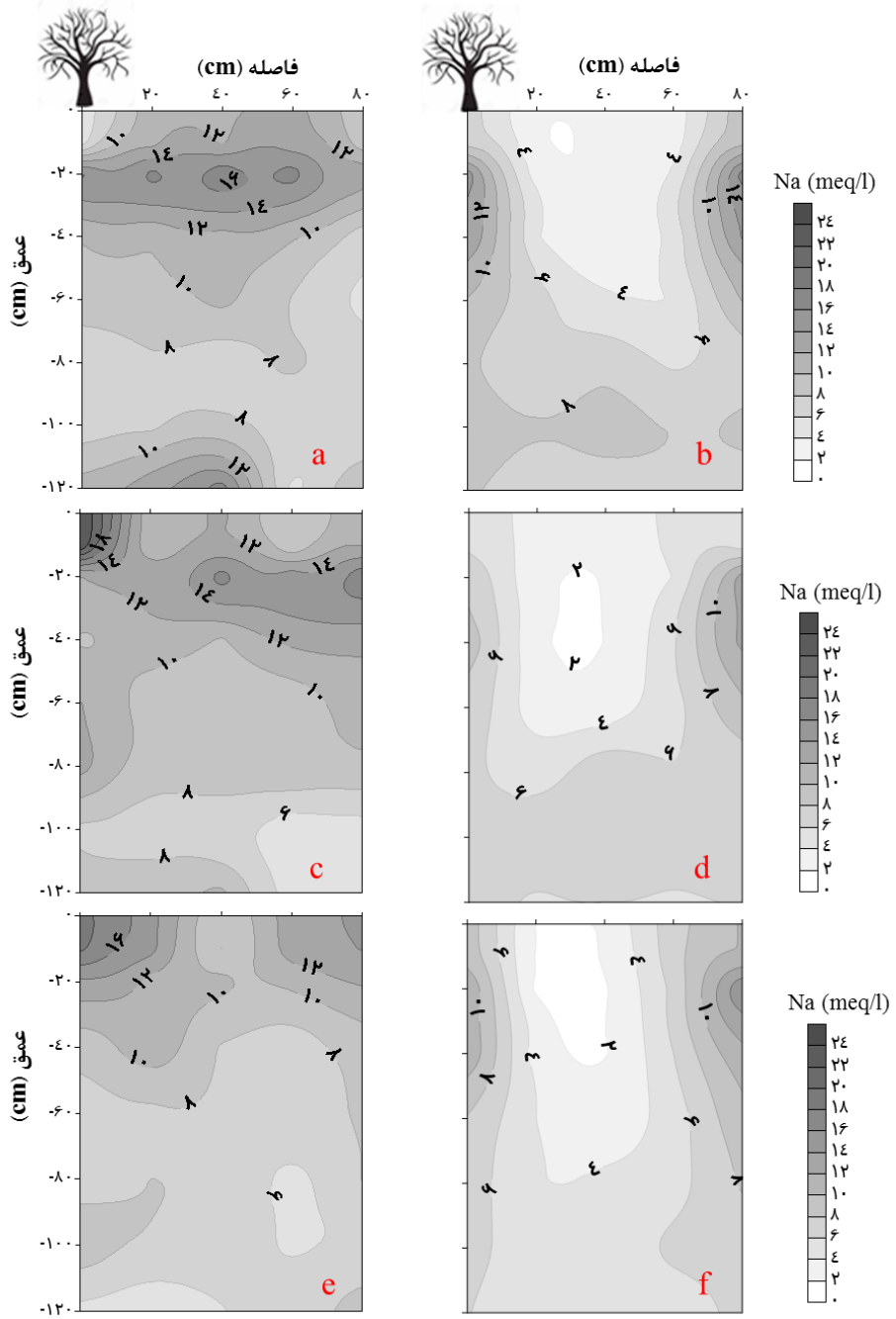
میزان کل سدیم اولیه و باقی‌مانده در خاک برای کل عمق ۱۲۰ سانتی‌متر در فاصله صفر تا ۸۰ سانتی‌متری عمود بر ردیف درخت (بر حسب گرم) در شکل ۳ (سمت چپ) نشان داده شده است. واحد محاسبه مقدار کل سدیم در هر فاصله از درخت، حجمی از خاک به ابعاد ۲۰×۲۰×۱۲۰ سانتی‌متر می‌باشد. محدوده اطمینان نشان داده شده قبل و بعد از آبشویی نیز بیانگر ضریب اطمینان بالای اعداد اندازه‌گیری شده می‌باشد.

در فاصله ۴۰ سانتی‌متری از درخت (محل قرارگیری لوله تیپ) درصد سدیم خارج شده برای تیمار آب آبیاری بیش‌تر از دو تیمار گچ و اسیدسولفوریک بوده و لذا در این منطقه بیش‌ترین میزان سدیم به ازای تیمار آب آبیاری از زمین خارج شده است. کم‌تر بودن مقدار نهایی سدیم باقی‌مانده در خاک بعد از پروسه آبشویی با تیمار اسیدسولفوریک نسب به دو تیمار دیگر، به دلیل کم بودن اولیه میزان سدیم در خاک این منطقه می‌باشد (شکل ۳ a,c,e). از آنجاییکه در طبیعت، غیر همگنی خاک سبب تفاوت در میزان املاح نقاط مختلف می‌شود، برای مقایسه بهتر نتایج آبشویی، بجای در نظر گرفتن یک میانگین برای کل تیمارها، نمونه‌برداری از خاک در حالت قبل و بعد از آبشویی برای هر تیمار از نقاط نزدیک بهم با چهار تکرار انجام شد تا اثر آبشویی املاح برای هر تیمار با دقت بیشتری مشخص گردد. تفاوت موجود در میزان املاح اولیه خاک برای تیمارهای مختلف به همین دلیل می باشد.

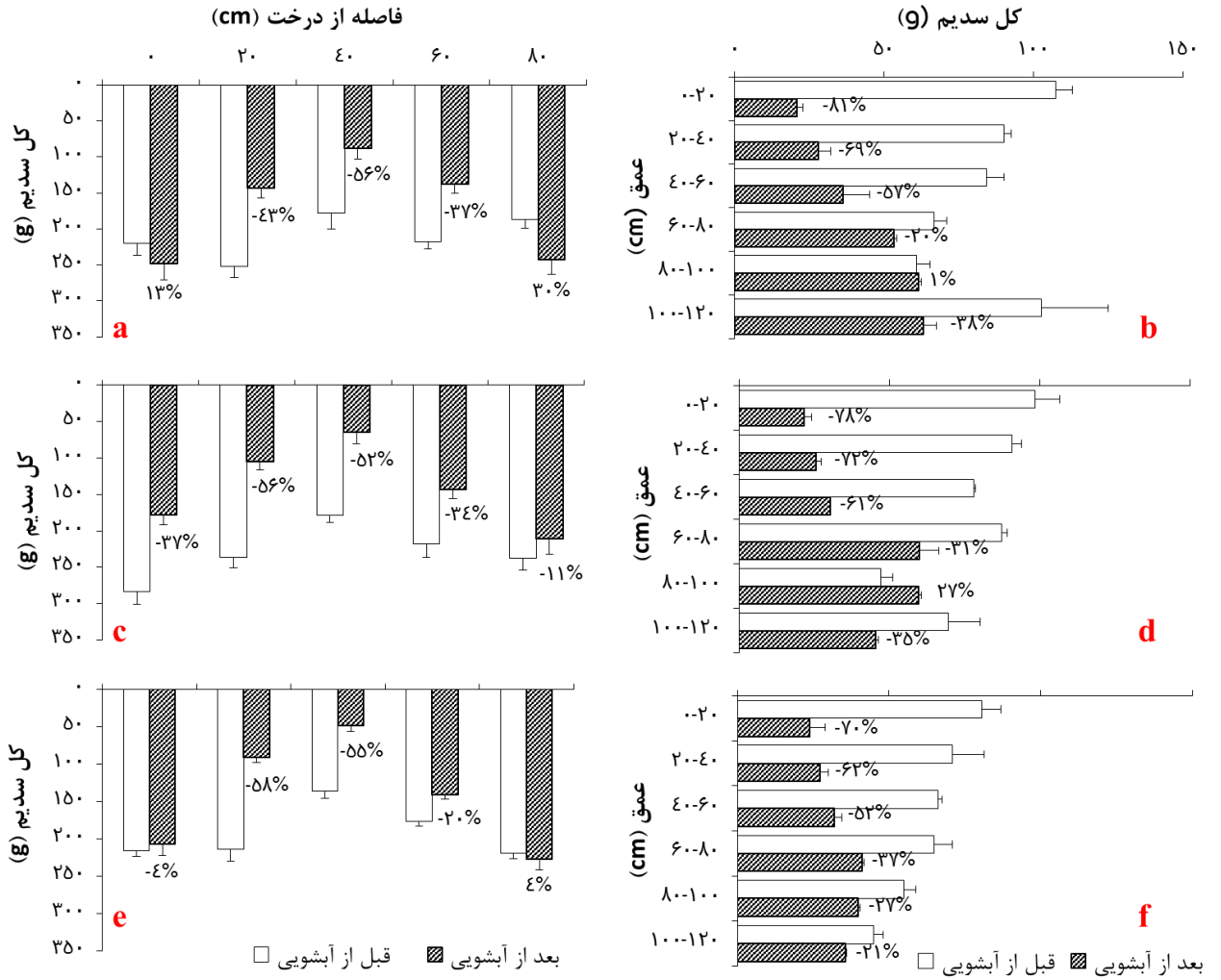
در فاصله ۲۰ سانتی‌متری از درخت درصد کاهش سدیم برای دو تیمار اسیدسولفوریک و گچ بترتیب در حدود ۵۸ و ۵۶ درصد و بیشتر از تیمار آب آبیاری بود. در دو ناحیه ۸۰ سانتی‌متری و کنار درخت نیز راندمان آبشویی برای تیمار آب آبیاری منفی بوده و آبشویی سبب افزایش میزان سدیم این دو منطقه نسبت به حالت اولیه و در مقایسه با دو تیمار دیگر گردید. بیشتر بودن راندمان آبشویی گچ نسبت به دو تیمار دیگر در فواصل ۸۰ سانتی‌متری و کنار درخت می‌تواند بدلیل مسدود شدن منافذ لایه سطحی خاک توسط ذرات گچ و کاهش سرعت عمقی آب باشد (Yahia et al., 1975). همچنین گچ منبع غنی برای یون‌های کلسیم بوده که کاهش سرعت حرکت آب می‌تواند منجر به جایگزینی بیشتر یون کلسیم با سدیم‌های تبادلی و افزایش آبشویی سدیم از پروفیل خاک گردد (Rasouli et al., 2013).

در شکل ۳ (سمت راست) میزان کل سدیم اولیه و باقی‌مانده در خاک برای اعماق مختلف ۲۰ سانتی‌متری از سطح خاک در محدوده ۴۰ سانتی‌متری در دو سمت لوله تیپ (محدوده موثر آبشویی) نشان داده شده است. بنابراین میزان کل سدیم برای هر عمق در حجمی از خاک به ابعاد ۲۰×۲۰×۴۰ سانتی‌متر محاسبه گردید. ازآنجایی‌که محدوده اصلی فعالیت ریشه نیز جزئی از این منطقه است، آبشویی کاتیون‌ها از این محدوده، می‌تواند بیانگر خروج آن‌ها از محدوده اصلی جذب آب و مواد مغذی توسط ریشه باشد.

روند حرکت املاح در محدوده موثر آبشویی نشان داد که عمق موثر آبشویی برای دو تیمار آب آبیاری و گچ ۸۰ سانتی‌متر بوده که بطور کلی راندمان آبشویی گچ بیش‌تر از آب بوده است (شکل ۳ d,e). این نتیجه با یافته‌های بدست آمده توسط رسولی و همکاران مطابقت دارد. در این تحقیق کاربرد گچ در کشت گندم سبب کاهش معنی‌دار میزان سدیم خاک نسبت به تیمار شاهد گردید (Rasouli et al., 2013). بر خلاف دو تیمار دیگر، در خاک تیمار شده با اسیدسولفوریک آبشویی تا عمق ۱۲۰ سانتی‌متری ادامه داشته است (شکل ۳ f). افزایش عمق آبشویی در تیمار اسیدسولفوریک در مقایسه با تیمار گچ در درجه اول می‌تواند به دلیل انسداد منافذ لایه سطحی خاک با ذرات گچ (Yahia et al., 1975) و سپس بواسطه افزایش غلظت الکترولیت و توانایی اسید در انحلال ترکیبات هیدروکسیل آلومینیوم و آهن بوده که منجر به تثبیت ساختار خاک می‌گردد (Prather et al., 1975). بنابراین در محاسبات درصد آبشویی سدیم از کل ناحیه موثر آبشویی چنانچه عمق خاک آبشویی شده ۱۲۰ سانتی‌متر در نظر گرفته شود، راندمان آبشویی برای هر سه تیمار یکسان و در حدود ۴۸ درصد خواهد بود. این در حالی است که با توجه به تجمع بیشتر سدیم در عمق ۸۰ سانتی‌متری خاک، راندمان آبشویی از این عمق برای تیمار گچ بیشتر از دو تیمار اسیدسولفوریک و آب بوده است (جدول۴). در مطالعات قبلی اصلاح خاک نیز بر تاثیر بیشتر گچ بر آبشویی سدیم از خاک در مقایسه با اسیدسولفوریک اشاره شده است (Ahmad et al., 2013، Miyamoto and Enriquez., 1990). در خاک‌های با درجه سدیمی کم (SAR<15)، همانند شرایط آزمایش میاموتو و انریکویز حلالیت گچ می‌تواند برای مقابله با اثرات مخرب سدیم کافی باشد (Miyamoto and Enriquez., 1990). لذا با کاربرد ۴۰ تن در هکتار گچ و ۸۱۰ میلی‌متر عمق خالص آبشویی، حدود ۶۱ درصد سدیم از عمق ۸۰ سانتی‌متری خاک خارج گردید. نتایج آزمایش‌های صحرایی انجام شده توسط بهسی‌سی در دشت اریگلی ترکیه نشان داد که با کاربرد ۴۰ تن در هکتار گچ و عمق آبی معادل با ۲/۵ برابر عمق خاک تنها ۲۰ درصد سدیم تا عمق ۱۰۰ سانتی‌متری از خاک آبشویی شده است (Bahceci., 2009). افزایش اثر بخشی تکنیک آبشویی موضعی ضمن صرفه‌جویی در میزان آب مصرفی، بواسطه آبشویی در شرایط غیراشباع می‌باشد (Li et al., 2013).



شکل ۲- الگوی توزیع سدیم تا عمق ۱۲۰ cm و فاصله ۸۰ cm از درخت در دو حالت قبل از آب‌شویی (سمت چپ) و بعد از اتمام عملیات آب-شویی (سمت راست) برای سه تیمار آب آبیاری (a و b)، گچ (c و d) و اسیدسولفوریک (e و f). لوله زیرسطحی سفالی در فاصله ۴۰ cm از درخت و عمق ۵۵ cm از سطح خاک قرار دارد.

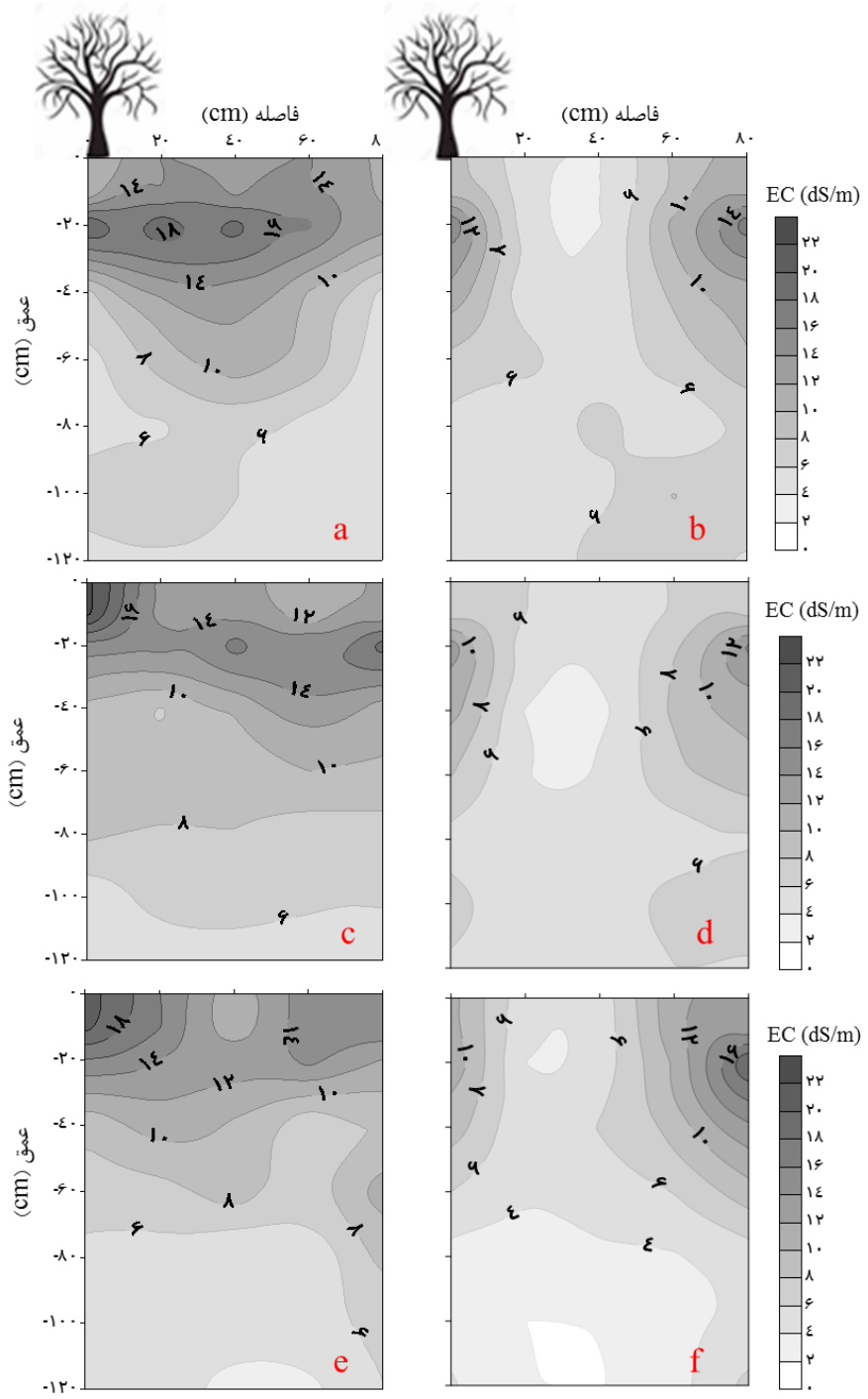


شکل ۳- میزان سدیم اولیه، باقی‌مانده و درصد سدیم آب‌شویی شده در فواصل عرضی مختلف تا عمق cm ۱۲۰ (سمت چپ) و در اعماق مختلف ازمحدوده موثر آب‌شویی (سمت راست) برای سه تیمار آب آبیاری (a و b)، گچ (c و d) و اسیدسولفوریک (e و f).

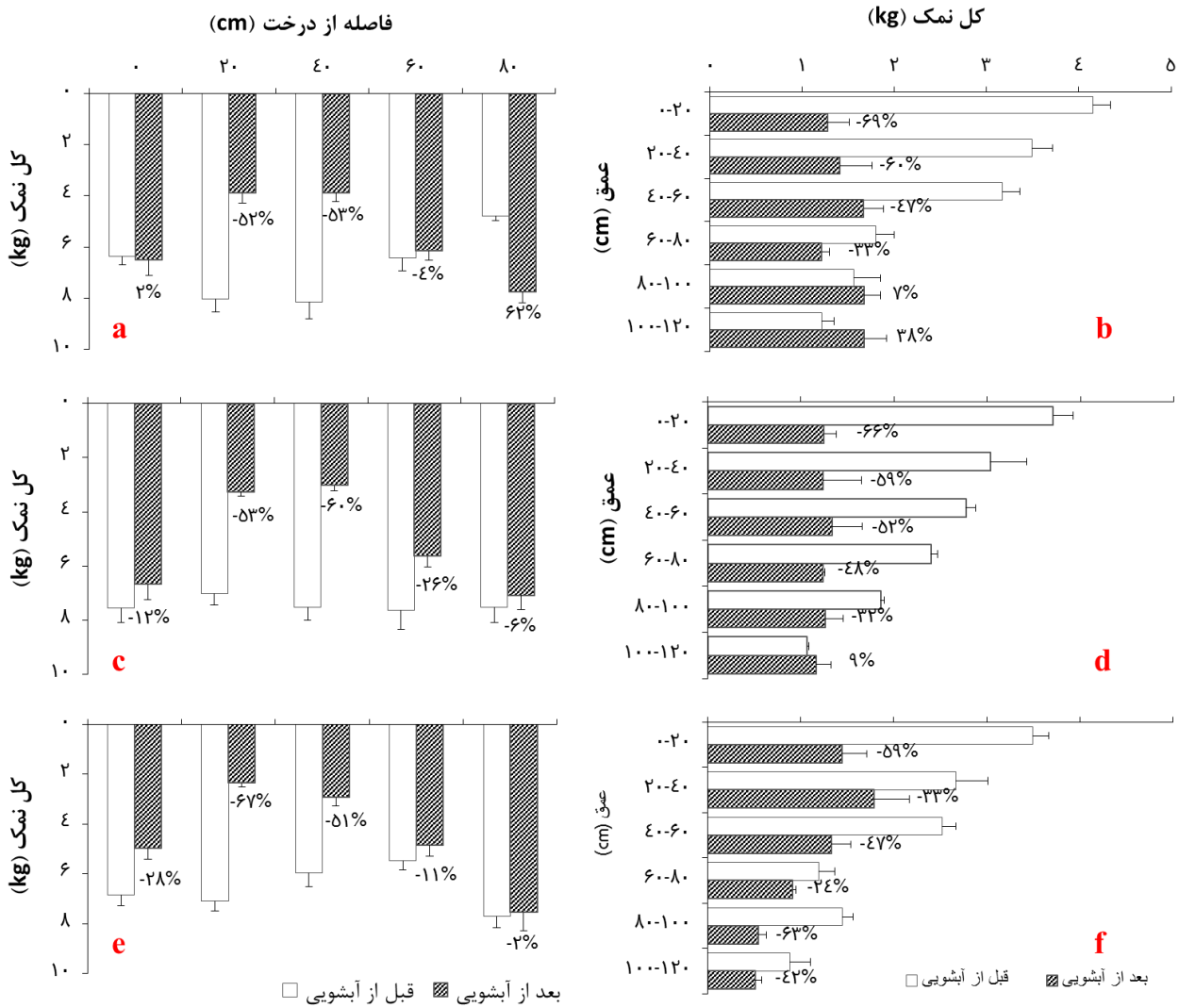
تاثیر اصلاح‌کننده‌ها بر آبشویی نمک‌های محلول

روند تغییرات هدایت الکتریکی (EC) قبل و بعد از آبشویی برای سه تیمار آب آبیاری، گچ و اسیدسولفوریک در شکل ۴ نشان داده شده است. بطور کلی برای هر سه تیمار، میزان املاح موجود در خاک قبل از آبشویی در لایه ۰-۴۰ سانتی‌متری خاک بیشتر بوده و با حرکت به سمت عمق از میزان آن کاسته شده است. میانگین EC خاک قبل از آبشویی از حدود ۱۶ دسی‌زیمنس بر متر در سطح تا ۶ دسی‌زیمنس در عمق ۱۲۰ سانتی‌متری خاک متغییر بوده است. در تحقیق انجام شده توسط هانسون و می گزارش شده که در سامانه‌های زیرسطحی هدف حذف تلفات تبخیر از سطح خاک می‌باشد، اما در سامانه‌هایی که طراحی و مدیریت به درستی صورت نگرفته، رطوبت به سطح خاک رسیده و عامل تبخیر سبب تجمع بیشتر املاح در بالای خط لوله خواهد شد (Hanson and May, 2011). در تحقیق حاضر بر طبق اظهارات مالک باغ، تجمع املاح در لایه فوقانی خاک امری شناخته شده در باغات این منطقه است. باغداران منطقه از قدیم الایام همواره قبل از اقدام به کاشت درختان پسته، لایه سطحی خاک را خارج و در اطراف باغ دپو می‌کردند. این در حالی است که پس از احداث باغ نیز استفاده دراز مدت از روش‌های آبیاری سنتی با میزان تبخیر بالا (مطابق با شرایط آب و هوایی منطقه)، کمبود آب برای انجام آبشویی سالانه و کاهش کیفیت آب آبیاری مجدد سبب تجمع شوری در لایه فوقانی خاک می‌گردید.

با انجام فرایند اصلاح و آبشویی خاک، بیشترین میزان املاح از منطقه موثر آبشویی (۲۰ سانتی‌متر در دو سمت لوله تیپ) خارج شد (شکل ۴). بعد از اصلاح و آبشویی، میانگین EC خاک این منطقه برای هر سه تیمار در حدود ۴ تا ۵ دسی‌زیمنس بر متر گردید.



شکل ٤- الگوی توزیع شوری خاک (EC) تا عمق ۱۲۰ cm و فاصله ۸۰ cm از درخت در دو حالت قبل از آب‌شویی (سمت چپ) و بعد از اتمام عملیات آب‌شویی (سمت راست) برای سه تیمار آب آبیاری (a و b)، گچ (c و d) و اسیدسولفوریک (e و f). لوله زیرسطحی سفالی در فاصله ٤٠ cm از درخت و عمق ۵۵ cm از سطح خاک قرار دارد.



شکل ۵- میزان اولیه، باقی‌مانده و درصد خروج املاح در فواصل عرضی مختلف تا عمق ۱۲۰ cm (سمت چپ) و در اعماق مختلف از محدوده موثر آب‌شویی (سمت راست) برای سه تیمار آب آبیاری (a و b)، گچ (c و d) و اسیدسولفوریک (e و f).

جدول ٤- میانگین درصد سدیم و املاح آبشویی شده از محدوده موثر آبشویی برای دو عمق آبشویی ۸۰-۰ و ۱۲۰-۰ سانتی‌متر.

	درصد سدیم خارج شده (٪)		درصد املاح خارج شده (٪)	
	۰-۸۰ cm	۰-۱۲۰ cm	۰-۸۰ cm	۰-۱۲۰ cm
آب آبیاری (شاهد)	۴۷^{c}	۴۹^{a}	۵۶^{a}	۴۲^{c}
گچ	۶۱^{a}	۴۸^{a}	۵۸^{a}	۵۰^{a}
اسیدسولفوریک	۵۶^{b}	۴۸^{a}	۴۵^{b}	۴۷^{b}

حروف لاتین متفاوت بیانگر تفاوت معنی‌دار بین سه تیمار می‌باشد.

فرگوسن و همکاران گزارش کردند که برخلاف دیگر درختان میوه (مرکبات، بادام و آلو) پسته گیاهی است که شوری را تا هدایت الکتریکی عصاره اشباع ۸ دسی زیمنس بر متر بدون کاهش محصول تحمل می‌کند و به ازای هر یک واحد افزایش شوری خاک از حد آستانه ۸/۴ درصد کاهش می‌یابد (Ferguson et al., 2002). در مطالعه اخیر انجام شده حد آستانه تحمل شوری برای درخت پسته ۴ دسی زیمنس بر متر گزارش شده است (Ferguson et al., 2010).

در شکل ۵ (سمت چپ) میزان املاح موجود و باقی‌مانده برای فواصل عرضی ۰-۸۰ سانتی‌متری از درخت تا عمق ۱۲۰ سانتی‌متری بر حسب کیلوگرم نشان داده شده است. واحد حجم خاک برای

محاسبه مقدار کل املاح، مشابه سدیم می‌باشد. بیشترین میزان املاح از دو فاصله ۲۰ و ۴۰ سانتی‌متری درخت آبشویی شد که تیمار گچ در مقایسه با آب آبیاری و اسیدسولفوریک بیشترین بازدهی را در خروج املاح از این دو ناحیه داشت.

در فواصل ۶۰، ۸۰ سانتی‌متری و کنار درخت نیز درصد آبشویی املاح از خاک برای تیمار گچ بیشتر از دو تیمار دیگر بوده است. این در حالی است که در تیمار آب آبیاری راندمان آبشویی در محدوده ۸۰ سانتی‌متری از درخت منفی بوده و بنظر می‌رسد که حرکت جانبی املاح طی فرایند آبشویی سبب افزایش میزان املاح این منطقه گردیده است.

بررسی روند عمقی حرکت املاح (شکل ۵ – سمت راست) نیز نشان داد که بیشترین میزان املاح از لایه ۰–۸۰ سانتی‌متری خاک آبشویی گردید. درصد آبشویی املاح در این عمق برای دو تیمار آب آبیاری و گچ تقریبا مشابه و بیشتر از تیمار اسیدسولفوریک بوده است. این در حالی است که در تیمار گچ در مقایسه با دو تیمار دیگر، کاهش عمقی املاح روند یکنواخت‌تری داشته است. بنابراین در مقایسه میزان کل املاح خارج شده از محدوده موثر آبشویی تا عمق ۱۲۰ سانتی‌متر، گچ با راندمان ۵۰ درصد بیشترین و تیمار آب آبیاری با راندمان ۴۲ درصد کمترین میزان املاح را از خاک خارج کردند (جدول ۴). این نتیجه با نتایج بدست آمده توسط داهاب، رحمان و ساقب و همکاران مطابقت دارد. آن‌ها معتقدند که گچ با افزایش هدایت هیدرولیکی خاک سبب آبشویی بیشتر املاح از خاک می‌گردد (Dahab., 1984; Rahman., 2015; Saqib et al., 2017). کاهش هدایت الکتریکی خاک (EC) در نتیجه کاربرد ماده اصلاح کننده گچ توسط سینگ و سینگ و احمد و همکاران نیز گزارش شده است (Singh., 2014; Singh and Ahmed et al., 2015). از سوی دیگر مشاهدات عینی از توزیع ریشه نشان داد که بیشترین جمعیت ریشه‌های موثر در جذب آب و مواد غذایی در محیط مرطوب اطراف لوله و تا عمق ۸۰ سانتی‌متری متمرکز می‌باشند. بنابراین با کسر مقدار نمک ورودی توسط مواد اصلاح‌کننده (که مقدار آن بسیار اندک و در حدود ۱ درصد میزان کل املاح موجود در خاک می‌باشد)، چنانچه عمق موثر آبشویی ۸۰ سانتی‌متر در نظر گرفته شود، راندمان آبشویی برای تیمار گچ، آب آبیاری و اسیدسولفوریک بترتیب ۵۸، ۵۶ و ۴۵ درصد می‌باشد (جدول ۴). این مقادیر در رنج گزارش شده توسط ورکو و همکاران می‌باشد که با افزودن گچ و اسید سولفوریک، میزان شوری خاک ۶۰ درصد کاهش یافته است (Worku et al., 2016). در مطالعات قبلی با تکنیک‌های متداول آبشویی نیز به کاهش ۷۰–۸۰ درصدی املاح خاک، با کاربرد عمق آبی معادل با عمق خاک اشاره شده است (Reeve et al., 1957; Khosla., 1979; Hoffman., 1986; Bahceci., 2009). این در حالی است که برای آبشویی ۱۰۰ سانتی‌متر عمق خاک با این روش‌ها در شرایط آزمایش موجود، به ۱۰۰۰۰ مترمکعب آب در هکتار نیاز می‌باشد، در حالی که در آبشویی موضعی، با آبشویی حدود ۱۲ درصد کل سطح باغ، مقدار آب به حدود ۱۲۵۰ مترمکعب در هکتار کاهش یافت. همچنین با توجه به قطع آبیاری در فصل زمستان (فصل خواب درختان)، این میزان آب برای انجام عملیات آبشویی قابل تامین می‌باشد.

نتیجه‌گیری

از آنجاییکه در سامانه‌های آبیاری زیرسطحی محدوده اصلی فعالیت ریشه محدود به منطقه مرطوب اطراف لوله زیرسطحی می‌باشد، در این تحقیق بجای آبشویی کل باغ، از روش آبشویی و اصلاح موضعی برای خروج املاح از محدوده اصلی فعالیت ریشه درخت پسته استفاده شد. نتایج این تحقیق نشان داد که با انجام آبشویی موضعی می‌توان مقدار قابل ملاحظه‌ای املاح و یون مضر سدیم را از خاک خارج نمود. در مقایسه بین سه تیمار آب آبیاری، گچ و اسیدسولفوریک، اثر گچ در خروج سدیم از محدوده موثر آبشویی و تا عمق ۸۰ سانتی‌متری خاک بیشتر از دو تیمار دیگر بود. بررسی روند عمقی حرکت املاح نیز نشان داد که کاربرد گچ (با راندمان آبشویی ۵۸ درصد) در مقایسه با دو تیمار دیگر سبب خروج بیشتر املاح از عمق ۸۰ سانتی‌متری خاک شد. از سوی دیگر با توجه به ملاحظات اقتصادی و تفاوت اندک دو تیمار آب آبیاری و گچ، آب آبیاری نیز پتانسیل قابل توجه‌ای در خروج املاح از خاک داشته که می‌تواند در کاربردهای عملی برای اصلاح خاک‌های مشابه با منطقه مطالعاتی، مورد استفاده قرار گیرد. لذا اگر چه کاربرد مواد اصلاح‌کننده در خاک‌های شورو سدیمی متداول است، در خاک‌های شور توصیه نمی‌گردد. نتایج مرحله قبلی این تحقیق (حسینی‌نیا و همکاران، ۱۳۹۵) نیز بیانگر غیرضروری بودن استفاده از اصلاح‌کننده‌ها در خاک شور منطقه مورد مطالعه بوده اما با توجه به فراگیر بودن این ذهنیت در بین برخی کارشناسان و باغداران که استفاده از گچ و اسیدسولفوریک می‌تواند برای اصلاح خاک‌های شور مفید باشد، در این تحقیق این دو تیمار نیز استفاده گردید تا کارشناسان و باغداران علاقمند بر مبنای داده های اندازه گیری شده در شرایط صحرایی، قادر به ارزیابی هزینه و سود هر کدام از اقدامات و اخذ تصمیم صحیح باشند.

منابع

حسینی‌نیا،م.، حسن‌پور،ف.، نقوی،ه.، عباسیف.، باستانی،ش. ۱۳۹۵. تاثیر آب‌شویی با شرایط مختلف بر کیفیت زه‌آب خروجی از ستون‌های خاک شور و آهکی.مجله مهندسی آبیاری و آب ایران. ۷. ۲: ۷۸-۸۹.

دفتر آمار و فناوری اطلاعات، معاونت برنامه‌ریزی و اقتصادی وزارت

جهاد کشاورزی. ۱۳۹۰. آمار سطح زیر کشت، میزان تولید و عملکرد محصولات باغی استان کرمان.

رسولی،ف و کیانی‌پور،ع. ۱۳۸۹. مدیریت شوری در تولید گیاهان زراعی. چاپ اول. شیراز: انتشارات کوشامهر. صفحات ۱۷ و ۱۵۰.

Ahmad,S., Ghafoor,A., Akhtar,M.E., Khan,M.Z. 2013. Ionic displacement and reclamation of saline-sodic soils using chemical amendments and crop rotation. Land Degradation and Development. 24.2:170-178.

Ahmed,K., Qadir,G., Jami,A.R., Nawaz,M.Q., Rehim,A., Jabran,K., Hussain,M. 2015. Gypsum and Farm Manure Application with Chiseling Improve Soil Properties and Performance of Fodder Beet under Saline-sodic Conditions. International Journal of Agriculture and Biology.17: 1225-1230

Amezketa,E., Aragues,R., Gazol,R. 2005. Efficiency of sulfuric acid, mined gypsum and two gypsum by products in soil crusting prevention and sodic soil reclamation. Agronomy journal. 97:983–989.

Amini,S., Ghadiri,H., Chen,C., Marschner,P. 2016. Salt-affected soils, reclamation, carbon dynamics, and biochar: a review. Journal of soils and sediments. 16.3:939-953.

Asadi Kapourchal,S., Homaee,M and Pazira,E. 2013. A parametric desalinization model for large scale saline soil reclamation. Journal of Basic and Applied Scientific Research.3.3:774-783.

Bahceci,I. 2009. Determination of salt leaching and gypsum requirements with field tests of saline–sodic soils in central turkey. Irrigation and drainage.58:332–345.

Burt,C.M., Isbell,B. 2005. Leaching of accumulated soil salinity under drip irrigation. Transactions of the American Society of Agricultural Engineers. 48.6:2115-2121.

Chaganti,V.N., Crohn,D.M., Šimůnek,J. 2015. Leaching and reclamation of a biochar and compost amended saline–sodic soil with moderate SAR reclaimed water. Agricultural Water Management. 158:255-265.

Cucci,G., Lacolla,G., Pagliai,M., Vignozzi,N. 2015. Effect of reclamation on the structure of silty-clay soils irrigated with saline-sodic waters. International agrophysics. 29.1:23-30.

Dahab,M.H. 1984. The effect of irrigation quantity and frequency andsome amendments on salt leaching in a saline - sodic clay soil M.Sc. Thesis, University of Khartoum, Shambat, Sudan.

Dahiya,I.S., Malik,R.S., Singh,M. 1981. Field studies on leaching behavior of a highly saline-sodic soil under two modes of water application in the presence of crops. Agricultural science.97:383-389.

Ferguson,L., Poss,P.A., Grattan,S.R., Grieve,C.M., Want,D., Wilson,C., Donovan,T.J and Chao,C.T. 2002. Pistachio rootstocks influence scion growth and ion relations under salinity and boron stress. Journal of the American Society for Horticultural Science. 127.2:194-199.

Ferguson,L., Sanden,B and Grattan,G. 2010. Understanding the effects of salinity on pistachios. California: Fruit and nut research and information center. [Online]<http://fruitsandnuts.Ucdavis.edu> [2 April 2013].

Gharaibeh,M.A., Eltaif,N.I and Shunnar,O.F. 2011. Leaching and reclamation of calcareous saline-sodic soil by moderately saline and moderate-SAR water using gypsum and calcium chloride. Plant Nutrition. J. Soil Sci. 172:713–719.

Gupta,S.k and Abrol,I.P. 1990. Salt-Affected Soils: their reclamation and management for crop production. Advances in soil science. 11:223-288.

Hanson,B.L., May,D. 2011. Drip irrigation salinity management for row crops. University of California Agriculture and Natural Research Publications.

Hanson,B.R., Bendixen,W.E. 1995. Drip irrigation salinity under controls soil row crops. California agriculure. 49:19-23.

Hendrikus Barnard,J., Van Rensburg,L.D and Peter Bennie,A.L. 2010. Leaching irrigated saline sandy to sandy loam apedal soils with water of a constant salinity. Irrigation science. 28:191–201.

Hoffman,G.J. 1980. Guidelines for reclamation of salt-affected soils. Proceedings of technical conference on International American salinity and water management. December 1-12, 1997, Juarez, Mexico: 49-64.

Kandelous,M.M., Šimůnek,J. 2010. Numerical simulations of water movement in a subsurface drip irrigation system under field and laboratory conditions using HYDRUS-2D. Agricultural Water Management. 97.7: 1070-1076.

Kang,Y., Chen,M., Wan,S. 2010. Effects of drip irrigation with saline water onwaxy maize (Zea mays.L,var. ceratina Kulesh) in North China Plain. Agriculture Water Management. 97:1303–1309.

Khosla,B.K., Gupta,R.K and Abrol,I.P. 1979. Salt leaching and the effect of gypsum application in a saline-sodic soil. Agricultural water management. 2.3:193-202.

Li,X.B., Kang,Y.H., Wan,S.Q., Chen,X.L., Chu,L.L., Xu,J.C. 2015. First and second-year assessments of the rapid reconstruction and re-vegetation method for reclaiming two saline–sodic, coastal soils with drip-irrigation. Ecological engineering. 84:496-505.

Liu,S., Kang,Y., Wan,S., Wang,Z., Liang,Z., Jiang,S.,

Rizwan,M., Zaka,M.A., Warraich,I.A. 2017. Comparison the Efficient Reclamation of Different Inorganic Materials with Organic Amendments to Rice-Wheat Crop Sustainable Production in Salt-Affected Soils. Cercetari Agronomice in Moldova. 50.1:19-29.

Singh,A., Singh,J.K. 2014. Effect of Gypsum on the Reclamation and Soil Chemical Properties in Sodic Soils of Raebareli District, Uttar Pradesh. International Journal of Scientific Research in Environmental Sciences. 2.12:429.

Sun,J.X., Kang,Y.H., Wan,S.Q. 2013. Effects of an imbedded gravel–sand layer on reclamation of coastal saline soils under drip irrigation and on plant growth. Agriculute Water Management. 123:12–19.

Vance,G.F., King,L.A., Ganjegunte,G.K. 2008. Soil and plant responses from land application of saline-sodic waters: implications of management. Journal of Environmental Quality. 37:139–148.

Wan,S., Jiao,Y., Kang,Y., Hu,W., Jiang,S., Tan,J., Liu,W. 2012. Drip irrigation of waxy corn (Zea mays L. var. ceratina Kulesh) for production in highly saline conditions. Agricultural water management. 104:210-220.

Wang,L., Zhao,Z.Y., Zhang,K., Tian,C.Y. 2013. Reclamation and utilization of saline soils in Arid Northwestern China: a promising halophyte drip-irrigation system. Environmental Science Technology. 47:5518–5519.

Worku,A., Minaleshewa,M., kidan,H.G. 2016. Impact of Gypsum and Sulfuric Acid Application on Cotton Yield under Saline Sodic Soil Condition in Melka Sadi Irrigated Farm. Academia Journal of Agricultural Research 4.2:091-095

Yahia,T.A., Miyamoto,S and Stroehlein,J.L. 1975. Effect of surface applied sulfuric acid or water penetration into dry calcareous and sodic soils. Soil Science Society American Journal. 39:1201-1204.

Yazdanpanah,N., Mahmoodabadi,M. 2013. Reclamation of calcareous saline–sodic soil using different amendments: Time changes of soluble cations in leachate. Arabian Journal of Geosciences. 6.7:2519-2528.

Wang,R. 2012. Germination and growth of Puccinellia tenuiflora in saline–sodic soil under drip irrigation. Agricultare Water Management 109:127–134.

Mahmoodabadi,M., Yazdanpanah,N., Sinobas,L. R.,Pazira., Neshat,A. 2013. Reclamation of calcareous saline sodic soil with different amendments (I): Redistribution of soluble cations within the soil profile. Agricultural water management. 120:30-38.

Miller,R.J., Nielsen,D.R and Biggar,J.W. 1965. Chloride displacement in Panoche clay loam in relation to water movement and distribution. Water Resources Research. 1:63-73.

Miyamoto,S and Enriquez,C. 1990. Comparative effects of chemical amendments on salt and NA leaching. Irrigation Science.11:83-92.

Niazi,B., Ahmed,M., Hussain,N., Salim,M. 2001. Comparison of sand,gypsum and sulphuric acid to reclaim a dense saline sodic soil. International Journal of Agriculture and Biology. 3:316–318.

Nielsen,D.R and Biggar,J.W. 1961. Miscible displacement in soils. Soil Science Society American. 25:1–5.

Prather,R.J., Goertzen,J.O., Rhoades,J.D and Frenkel,H. 1978. Efficient amendment use in sodic soil reclamation. Soil science society of American journal. 42:782 -786

Rahman,A., Hassan,M. 2015. Effect Of Different Levels Of Some Soil Amendments, Methods Of Application And Wet/Dry Cycles On Water Flow In Two Clay Soils Type (Doctoral dissertation, University of Khartoum), 93.

Rasouli,F., Pouya,A.K., Karimian,N. 2013. Wheat yield and physico-chemical properties of a sodic soil from semi-arid area of Iran as affected by applied gypsum. Geoderma. 193:246-255.

Reeve,R.C. 1957. The relation of salinity to irrigation and drainage requirements. Third Congress of International Commission on Irrigation and Drainage, Transactions. 5.10:175-187.

Saqib,A.I., Ahmed,K., Qadir,G., Nawaz,M.Q.,

Iranian Journal of Irrigation and Drainage
No. 3, Vol. 12, Agu.-Sep. 2018, p. 696-708

نشریه آبیاری و زهکشی ایران
شماره۳، جلد ۱۲، مرداد - شهریور ۱۳۹۷، ص. ۷۰۸-۶۹۶

Efficiency Analysis of Localized Leaching Method to Remove Salts From the Soil Case Study: Pistachio Orchard in Fath-Abad Area of Kerman

Sh. Bastani[1], M. Hosseininia[2*]

Recived: Feb.26, 2018 Accepted: Apr.22, 2018

Abstaract

The aim of localized leaching is to remove accumulatedsalts from the main activeroot zone in orchards and fields under localized irrigation systems and in the absence of sufficient water for leaching.The efficiency of this method has not been examined in subsurface-irrigated orchard or in conditions of localized application of amendments. Therefore, this study was carried out in winter of 1394 in a pistachio orchard in Fath-Abad area in Kerman to evaluate the potential of localized leaching method along with three treatments of irrigation water, gypsum, sulfuric acid with four repetitions to remove soluble salt from the main active pistachio root zone (wet areas around the subsurface pipe). In this leaching technique which was carried out for 5 consecutive days,two lines of low-flow drip tape at a distance of 40 cm from two sides of the tree row were used to leach salt from wet areas around the subsurface clay pipe. To compare leaching efficiency and changes in sodium and EC levels, soil sampling was carried out before and after leaching at 80 (Length)*120 (Depth) cm profile in 20 cm intervals. The results showed that application of 1000 mm of water led to effective salt leaching from the main active pistachio root zone. The application of gypsum increased the sodium and salts removal compare to irrigation water and sulfuric acid treatments. The percentage of sodium and salts leachate in gypsum treatment was about 61 and 58 percentage, respectively.Iirrigation water treatment with 56% leaching efficiency was more than the efficiency of sulfuric acid treatment (45%). Thus, due to the high efficiency of irrigation water compared to sulfuric acid, no significant differencewith gypsum treatment in salt removal and taking into account economic issues related to the amendments,applying irrigation water alone could be recommended as the appropriate strategies for practical reclamation of the studied soil.

Keywords: Gypsum, Leaching effciency, Salinity, Subsurface irrgation, Sulfuric acid

1- Research Institute for Water and Sustainable Development Plateau, Kerman, Iran
2- Research Institute for Water and Sustainable Development Plateau, Kerman, Iran
(*- Corresponding Auther Email: m.hosseinyniya@yahoo.com)