نشریه آبیاری و زهکشی ایران
شماره۱، جلد ۱۸، فروردین - اردیبهشت ۱۴۰۳، ص. ۱۴-۱

Iranian Journal of Irrigation and Drainage
No.1, Vol. 18, Apr.-May. 2024, p. 1-14

مقاله علمی-پژوهشی

بررسی راهکارهای آبشویی در سیستم آبیاری موضعی پسته با رویکرد استفاده پایدار از منابع آب شور (مطالعه موردی دشت قزوین)

مهرداد حسن‌نیا[۱]، بیژن نظری[۲]*، عباس کاویانی[۳]، عباس ستوده نیا[۳]

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۰۵/۰۸ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۰۸/۳۰

چکیده

با توسعه آبیاری موضعی در مناطق خشک و نیمه‌خشک، خاک بیشتر در معرض شورشدن قرار می‌گیرد. تجمع شوری در خاک، طی سالیان متوالی می‌تواند به کاهش محصول، از بین رفتن گیاهان و حتی غیرقابل‌کشت شدن خاک بینجامد. در این مطالعه روش آبشویی غرقابی و روش آبشویی قطره‌ای (نواری) در یک باغ پسته مورد مطالعه قرار گرفت. نتایج نشان داد در روش قطره‌ای نسبت به روش غرقابی، مقدار آب آبشویی بکاربرده شده در آبشویی اول ۶۲/۷ ٪ و در کل ۲۶/۷ ٪ کاهش یافت. در روش آبشویی غرقابی کل سطح مزرعه آبشویی می‌شود، درحالیکه در روش قطره‌ای آب به‌طور مستقیم در مناطق تجمع املاح به‌کار می‌رود که باعث صرفه‌جویی می‌شود. همچنین ضریب یکنواختی توزیع شوری در روش قطره‌ای ۷ درصد و در روش غرقابی ۳ درصد نسبت به قبل از آبشویی افزایش یافت. در روش قطره‌ای فقط با یک مرحله آبشویی می‌توان بیلان جرم نمک اضافه شده در اثر آبیاری را خارج نمود، درحالیکه در روش غرقابی جرم نمک آبشویی شده کمتر از جرم نمک اضافه شده است. برای آبشویی باغات با آبیاری موضعی توصیه می‌شود بیشتر آب آبشویی به مناطق تجمع املاح اعمال شود و برای بهبود اثربخشی مدیریت املاح از آبشویی با نرخ کم و به‌صورت متناوب استفاده گردد.

واژه‌های کلیدی: آب لب‌شور، آبیاری قطره‌ای، شوری آب، شوری خاک، مدیریت نمک

مقدمه

بررسی بیلان آب در جهان نشان می‌دهد منابع آب شیرین رو به کاهش می‌باشد. با رشد سریع جمعیت، توسعه شهرنشینی و صنعتی شدن، بحران جدی آب زندگی بشری را تهدید می‌کند. باتوجه به‌اینکه بخش کشاورزی بالاترین مصرف آب را نسبت به بخش‌های مصرف‌کننده دیگر دارد، باید توجه زیادی به افزایش بهره‌وری آب و بهبود بازده آبیاری گردد. موضوع شوری خاک (تجمع املاح در خاک) ناشی از ناکارآمدی سیستم‌های آبیاری، به‌عنوان یک تهدید بزرگ و عامل محدودکننده برای تولید پایدار محصول کشاورزی در سراسر جهان به‌خصوص در مناطق خشک و نیمه‌خشک معرفی شده است (Dong et al., 2009; Oster, 1994; Scanlon et al., 2010; Wang et al., 2012). برای استفاده از آب شور رعایت نکاتی چون انتخاب گیاه مقاوم به شوری، بهبود مدیریت آب، استفاده از تکنیک‌های پیشرفته آبیاری، نگهداری و حفظ خصوصیات فیزیکی زمین کشت شده (نفوذپذیری خاک) الزامی می‌باشد (Rhoades, 1998).

خاک‌های تحت تاثیر شوری حدود ۹ میلیون کیلومترمربع از سطح زمین را پوشانده است (FAO, 2005). تقریبا ۲۰ درصد از زمین‌های تحت کشت و ۵۰ درصد از زمین‌های زراعی آبی در جهان تحت تاثیر شوری قرار دارند (Flowers and Yeo, 1995)، و حدود ۴۰ درصد از سطح زمین‌های جهان که متاثر از شوری بالا هستند، می‌توانند برای تولید محصولات کشاورزی مورد استفاده قرار گیرند (Lal, 2010). کشورهایی که مشکلات کشاورزی مرتبط با شوری دارند شامل استرالیا، چین، مصر، هند، عراق، مکزیک، پاکستان، اتحاد جماهیر شوروی سابق، سوریه، ترکیه و ایالات متحده هستند (Rhoades,

۱- دانشجوی دکتری، گروه مهندسی آب، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه بین‌المللی امام خمینی (ره)، قزوین، ایران
۲- دانشیار، گروه مهندسی آب، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه بین‌المللی امام خمینی (ره)، قزوین، ایران
۳- دانشیار، گروه مهندسی آب، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه بین‌المللی امام خمینی (ره)، قزوین، ایران
۴- دانشیار، گروه مهندسی آب، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه بین‌المللی امام خمینی (ره)، قزوین، ایران
(*- نویسنده مسئول: (Email: b.nazari@eng.ikiu.ac.ir

1998). بنابراین، توسعه شیوه‌های مناسب مدیریت کشاورزی از جمله آبشویی نمک‌ها برای مقابله همزمان با شوری خاک و نگرانی‌های زیست‌محیطی بسیار مهم است (Shahrokhnia and Wu, 2021).

حتی اگر آب بهترین کیفیت را نیز داشته باشد نمک‌ها همراه با آب آبیاری وارد خاک شده و پس از تبخیر املاح در خاک باقی می‌مانند و باعث افزایش تدریجی غلظت نمک در خاک می‌گردند (Burt and Isbell, 2005). مرکز تحقیقات ITRC[1] مشاهده کرد که آبیاری با یک سیستم قطره‌ای استاندارد مقدار قابل‌توجهی از نمک‌ها را در امتداد ردیف درختان باقی می‌گذارد (Burt and Isbell, 2005). در سیستم آبیاری قطره‌ای به‌طور طبیعی نمک‌ها در اطراف ناحیه رطوبتی (در حاشیه منطقه خیس شده) در خاک تجمع می‌یابند، در نتیجه غلظت نمک‌ها در سطح خاک بین ردیف لوله‌های قطره‌چکان‌دار یا انتهای ناحیه رطوبتی دارای بالاترین مقدار می‌باشد (Moolman et al., 1999). حذف نمک جمع شده در "پیشانی جبهه رطوبتی" در درازمدت باید انجام شود. شیوه‌های مدیریت گیاهان تحت آبیاری قطره‌ای برای کنترل نمک در درازمدت نیاز به تحقیق و بررسی بیشتر دارند (Rhoades, 1998).

به طور کلی آبیاری با پساب و یا آبیاری با آب شور باعث بروز خطرات خاصی می‌شود، به منظور خنثی کردن نمک تجمع یافته ناشی از آبیاری به‌وسیله آبی با شوری زیاد نیاز به برنامه‌های مدیریتی بیشتری می‌باشد (boman and stover, 2002). در سیستم‌های آبیاری قطره‌ای تجمع نمک روی سطح خاک یا نزدیک آن، باعث ایجاد مشکلاتی برای جوانه‌زنی می‌گردد که با طراحی دقیق و مدیریت مناسب از این مشکلات کاسته می‌شود (Camp et al, 2000; Enciso, 2003).

گریو و همکاران اظهار داشتند شوری همراه با سایر تنش‌های محیطی مانند دمای زیاد، طول روز زیاد و کمبود رطوبت تعداد سنبلچه‌ها را کاهش می‌دهد (Grieve et al., 1992). در مزارعی که سالیان زیادی با سیستم‌های آبیاری قطره‌ای آبیاری می‌شدند، هنگامی که درختان قطع و مزرعه مجدد کشت می‌شود، افزایش شوری ایجاد شده بسیار مهم می‌گردد. هنگام کاشت مجدد با محصولات حساس (جوانه‌زنی و یا پس از پیوند) نمکی که در خاک انباشته شده ممکن است رشد محصول تازه کشت شده را کاهش داده و سبب کاهش قدرت رشد و عملکرد محصول گردد (Burt and Isbell, 2005). شوری یکی از مهم‌ترین تنش‌های زیستی است که بهره‌وری محصولات کشاورزی را با کاهش جوانه زنی بذور، قدرت رشد گیاهان و در نهایت محصول تولیدی محدود می‌کند و با تغییر جذب آب باعث ایجاد سمیت یا عدم تعادل در یون‌ها می‌شود (Qadir et al., 2000 ؛ Munns and Tester, 2008).

نظر به‌اینکه رابطه مستقیمی بین افزایش شوری (در اثر تنش رطوبت در خاک) و بالا رفتن میزان فشار اسمزی (OP) برقرار است، بنابراین افزایش شوری خاک درواقع یک نوع تشنگی فیزیولوژیکی در گیاه به‌وجود می‌آورد که در اثر افزایش فشار اسمزی یا کاهش پتانسیل اسمزی است (عابدی، ۱۳۸۱). تبخیر و تعرق باعث می‌شود نمک موجود در محلول آب خاک، دریافت آب را از طریق کاهش دسترسی ریشه گیاه به آب، کاهش دهد. نمک‌ها دارای میل به ترکیب با آب هستند، از این رو گیاه باید نیروی اضافی را برای دریافت آب از خاک شور مصرف نماید (FAO 56, 1998).

طول دوره رشد درختان پسته حدود ۲۴۰ روز با دوره مراحل رشد: ابتدایی، توسعه، میانه و رشد تاخیری از ابتدا تا زمان برداشت می‌باشد. حساس‌ترین مرحله‌های رشد درختان پسته برای تولید محصول بیشتر و با کیفیت بهتر دوره گلدهی (فروردین تا اردیبهشت) و پر شدن مغز (تیر) است. استرس آب از اواسط خرداد تا اواخر ماه تیر بر شکاف اولیه پسته و خندان شدن تاثیر دارد (Dehghanisanij and Haji, 2016). پسته یک محصول نسبتاً مقاوم به کم آبی و شوری با ضریب گیاهی (Kcmid) بین ۱/۱۰ و ۱/۱۹ است و ۴۰٪=TAW (Total available water) می‌باشد (Goldhamer, 1996 ; FAO 56, 1998). هنگامی که میزان شوری در محدوده مناسب باشد تولید محصول در سطح بیشینه عملکرد باقی می‌ماند و اگر به فراتر از میزان آستانه افزایش یابد، تولید محصول به‌نسبت افزایش شوری به طور خطی کاهش می‌یابد (FAO 56, 1998). در مطالعه‌های مشابه، حد آستانه ECe را ۶/۵، ۷/۹ و ۱۰dS/m و بیش از ۸ dS/m گزارش کرده‌اند (Sepaskhah et al., 1985; Sepaskhah and Maftoun, 1988) رضوی نسب و همکاران، ۱۳۹۰؛ سیاری و همکاران، ۱۳۸۶). درخت پسته دارای تناوب تولید (سال‌آوری) می باشد.

اگر چه خاک‌های شور می‌توانند عملکرد قابل قبولی را ارائه دهند (Oron et al.,1999)، شوری بیش از حد آب آبیاری منجر به کاهش آب در دسترس برای استفاده گیاه می‌شود، که به نوبه خود می‌تواند باعث قطر پایین ساقه و متعاقباً عملکرد کمتر محصول شود (boman and stover, 2002). شیوه‌های مدیریتی خاصی باید بکاربرده شوند تا اطمینان حاصل شود که سطوح شوری در خاک برای رشد محصول مضر نیست و معمولا با استفاده از بکاربردن آب کافی برای جبران نیازهای گیاه و آبشویی نمک‌ها به خارج از منطقه ریشه انجام می‌شود. هافمن نشان داد که آبشویی متناوب اثر بیشتری در شستن نمک‌ها نسبت به آبشویی پیوسته دارد (Hoffman, 1986).

برت و همکاران یک آزمایش برای آبشویی نمک‌های خاک با استفاده از میکروآبپاش‌ها در۱۰ باغ که تحت آبیاری قطره‌ای بودند انجام دادند. هدف از این مطالعه تعیین الگوی توزیع نمک در پروفیل خاک و مقدار آب مورد نیاز برای حذف نمک‌های موجود در منطقه

---

۱ Irrigation training and research center

توسعه ریشه موثر درختان بود. یافته‌ها نشان دادند که مقداری از نمک‌های باقی‌مانده در محیط ریشه توسط آب باران یا آبیاری در فصل زمستان خارج می‌شوند. همچنین متوجه شدند که بافت خاک تا حدودی به‌صورت قطعی برروی تجمع شوری اثرگذار است و در خاک‌های سنگین تجمع شوری بیشتری در مقایسه با خاک‌های سبک مشاهده کردند (Burt et al., 2003a).

برت و همکاران یک آزمایش برای شستشوی نمک‌های خاک در مزارع با سیستم آبیاری SDI (آبیاری قطره‌ای زیرسطحی) انجام دادند. تمام مزارع SDI افزایش گرادیان غلظت نمک در بالای لترال آبیاری را به‌علت تبخیر از سطح خاک و جذب آب توسط گیاه نشان می‌دادند. درنهایت به این نتیجه رسیدند که روش‌های خاص آبشویی (به‌غیر از روش آبشویی بارانی) در مزارع آبیاری شده با سیستم SDI مورد نیاز نمی‌باشد (Burt et al., 2003b).

برت و ایزبل در مرکز تحقیقات ITRC آزمایشی برای آبشویی خاک در یک باغ پسته که تحت آبیاری قطره‌ای در جنوب منطقه هرن کالیفرنیا بود در طول زمستان سال ۲۰۰۲-۲۰۰۳ انجام دادند. هدف از این مطالعه تعیین مقدار آب مورد نیاز برای آبشویی تجمع شوری موجود در منطقه توسعه ریشه درختان بود. این آزمایش یک تکنیک آبشویی اصلاحی جدید را آزمایش کرد. در این تکنیک جدید چند خط نوار آبیاری قطره‌ای با فشار کم برای اعمال آب آبشویی در مناطق با تجمع شوری در امتداد خطوط درختان قرار داده شد. این روش جدید اجازه می‌دهد تا آب در منطقه‌ای که تجمع نمک در امتداد ردیف درختان وجود دارد به‌کار گرفته شود، در مقابل این روش به‌کار بردن آب در کل مساحت زمین است. از آنجا که آبشویی اصلاحی نیاز به عمق نسبتاً زیادی از آب دارد این روش جدید پتانسیل قابل توجهی را برای ذخیره آب آبشویی اصلاحی ارائه می‌دهد. در این روش نسبت به روش‌های سنتی حدوداً نصف آب آبشویی نیاز می‌باشد (Burt and Isbell, 2005).

با توجه به محدودیت استفاده از آب‌های نامتعارف از جمله آب‌های شور برای آبیاری (Pereira et al., 2002)، لازم است که اثر روش‌های مختلف آبشویی بر توزیع نمک محیط ریشه و راندمان هر روش مورد بررسی قرار گیرد. منطقه بویین‌زهرا در دشت قزوین در منطقه آب و هوایی گرم و خشک کشور ایران قرار دارد و با مسایل و مشکلات شوری مواجه است. تاکنون مطالعه‌ای برای بررسی روش‌های آبشویی بر روی مدیریت تجمع نمک در این منطقه انجام نشده است. هدف از این مطالعه: مقایسه روش‌های مختلف آبشویی و حداقل آب مورد نیاز برای آبشویی نمک موجود در منطقه ریشه گیاه می‌باشد.

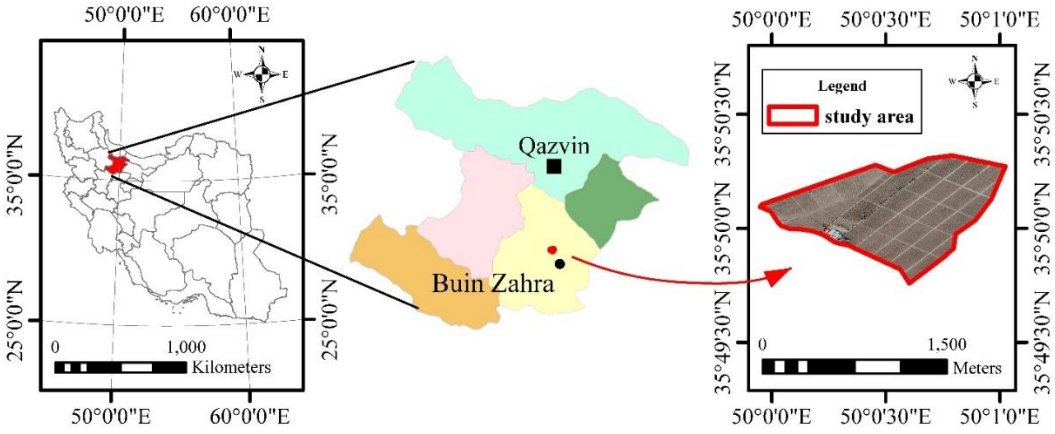
مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

نمونه‌های خاک مورد استفاده در این مطالعه در سال زراعی ۱۳۹۶-۱۳۹۵ از داخل باغ پسته متعلق به مجتمع کشاورزی و دامپروری ماهدشت واقع در روستای مشکین‌تپه، شهرستان بویین‌زهرا در استان قزوین جمع‌آوری شدند (Long=50°0'42.98"E، Lat=35°50'2.97" N) (شکل ۱). آب و هوای منطقه بویین‌زهرا استپی محلی می‌باشد. متوسط دمای سالیانه ۱۵/۱ °C و میانگین بارندگی سالیانه به ۲۸۵ mm می‌رسد (هدایتی و کاکاوند، ۱۳۹۱). داده های بارش و تشت تبخیر کلاس A از ایستگاه هواشناسی سینوپتیک بویین‌زهرا دریافت گردید. مقادیر تشت تبخیر با استفاده از ضرایب تشت بدست آمده از مطالعه ابراهیمی پاک و همکاران به تبخیر و تعرق گیاه مرجع (ET_O) تبدیل گردید (ابراهیمی پاک و همکاران، ۱۳۹۷). اطلاعات تکمیلی درباره مزرعه مورد مطالعه در جدول ۱ ارائه گردیده است. آب مورد نیاز برای آبیاری به‌وسیله چاه از آب زیرزمینی تامین می‌گشت. EC آب چاه در ابتدای کاشت درختان (سال ۱۳۷۶) حدود ۱/۹۲ dS/m و در زمان انجام تحقیق حدود ۲/۶۸ dS/m بود. سیستم آبیاری قطره‌ای در باغ پسته مورد مطالعه به‌صورت ۲ ردیفه (دو لترال برای هر ردیف درخت) طراحی شده بود ولی ۱ ردیف نصب گردید و پس از گذشت هر ۲ یا ۳ دور آبیاری لترال به‌صورت دستی به سمت دیگر (مخالف) ردیف درختان منتقل می‌گردد.

جدول ۱- اطلاعات مزرعه و سیستم آبیاری مورد مطالعه

محصول:	پسته	سیستم آبیاری:	قطره ای
سال کاشت درخت‌ها:	۱۳۷۶	سال احداث سیستم آبیاری:	۱۳۷۸
مساحت مزرعه:	۷۲هکتار	آرایش سیستم:	خطی ۲ ردیفه
طرح کشت:	مثلثی	فاصله قطره چکان ها:	۱ متر
فاصله ردیف ها:	۶ متر	دبی اسمی قطره چکان ها:	۴ لیتر بر ساعت داخل خط
فاصله درخت ها:	۲ متر	فاصله لترال از درخت‌ها:	۱ متر
دور ابیاری:	۱۰ تا ۱۴ روز	ساعت آبیاری:	۴۸ ساعت
شیب مزرعه:	۲٪	منبع تامین آب:	چاه



شکل ۱- موقعیت مکان مورد مطالعه

جدول ۲- لایه بندی و بافت خاک محل نمونه‌برداری

شماره لایه (Layer number)	عمق(Depth)(cm)	بافت خاک (Soil texture)	درصد رس (Clay percentage)	دانسیته ظاهری خاک خشک (g/cm^{-3})
۱	۵۰-۰	Loam fine Sandy	۹	۱/۶۵
۲	۸۵-۵۰	Fine Sand	۲/۵	۱/۴۸
۳	۱۲۰-۸۵	Loam fine Sandy	۶	۱/۵۷

روش نمونه‌برداری و آزمایش

تمام نمونه‌های مورد استفاده در این مطالعه از پروفیل خاک مزرعه که از ۳ لایه تشکیل شده بود به‌وسیله نمونه‌بردار دستی (اوگر) از اعماق ۵۰-۰، ۸۵-۵۰ و ۱۲۰-۸۵ به‌فاصله هر ۲۰ سانتی‌متر از سطح خاک برداشت گردید که اطلاعات آن در جدول (۲) ذکر گردیده است. در محل بین درختان و بعضی عمق‌ها به‌دلیل سفتی خاک نمونه برداشت نگردید. بافت خاک به‌وسیله روش الک‌کردن با دستگاه لرزاننده (shaker) و هیدرومتری (Day, 1982) تعیین گردید. میزان رطوبت هر نمونه به‌وسیله ترازوی با دقت ۰,۰۱ گرم اندازه‌گیری گردید. هر نمونه درون آون در دمای ۱۰۰° C خشک و از الک ۲ میلیمتر (#۱۰) عبور داده و تا زمان آزمایش درکیسه پلاستیکی ذخیره شد. برای تبدیل رطوبت جرمی به حجمی از فرمول (۱) استفاده گردید:

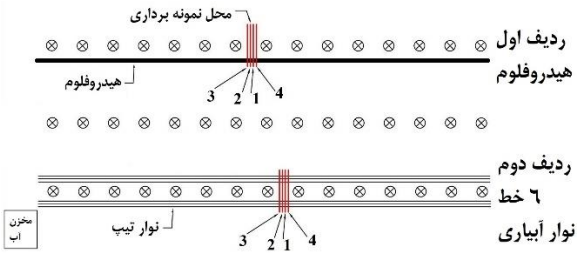
$$\theta_v = \frac{M_w}{M_s} \times \rho_b \qquad (۱)$$

در فرمول (۱) θ_v رطوبت حجمی، M_w جرم آب، M_s جرم خاک خشک و ρ_b دانسیته ظاهری خاک خشک می‌باشد. مقدار دانسیته ظاهری خاک خشک برای هر لایه (جدول ۲) از طریق انجام آزمایش سند باتل (sand bottle) انجام گردید. در این مطالعه در مجموع ۴۱۱ نمونه خاک از پروفیل‌های عرضی برداشت شد که برای تعیین روابط بین ECe و EC1:5 و کالیبراسیون روش تعیین هدایت‌الکتریکی از مقاله حسن‌نیا و همکاران استفاده گردید (Hassannia et al., 2020). سوسپانسیون آب‌خاک برای روش ۱:۵ با اضافه کردن ۵۰۰ میلی‌لیتر آب‌مقطر به ۱۰۰ گرم خاک خشک برای روش بهم‌زدن با دست تهیه گردید. تمامی نمونه‌ها (ECe و EC1:5) برای اطمینان کامل از تبادل کاتیونی به مدت ۲۴ ساعت نگه‌داری شدند. بهم‌زدن نمونه‌های محلول ۱:۵ با استفاده از یک میله شیشه‌ای به‌مدت ۱۰ ثانیه و ۳ بار تکرار در کل ۲۴ ساعت انجام و بعد از گذشت ۸ ساعت از آخرین بهم زدن آنالیز شدند (He et al., 2015). در نمونه‌های ۱:۵ مقداری از محلول را از بالای ظرف برداشته و از کاغذ فیلتر شماره ۴۱ واتمن اشلس (بدون خاکستر) سایز ۱۲/۵ با تخلخل ۲۰ میکرون (#۱) (ساخت انگلستان) عبور داده و داخل ظرف شیشه‌ای منتقل گردید. برای نمونه‌های گل اشباع پس از ریختن داخل قیف بوخنر به‌وسیله پمپ خلا، عصاره از همان نوع کاغذ صافی عبور و داخل ظرف شیشه‌ای منتقل شد. یک قطره سدیم هگزافسفات (6(PO3)Na) ۰/۱٪ برای جلوگیری از رسوب کربنات کلسیم به عصاره اضافه و هدایت‌الکتریکی هر عصاره با استفاده از دستگاه شوری‌سنج (Conductivity Starter 3000C OHAUS.co) تعیین گردید. همه روش‌ها و خواندن داده های EC در دمای ۲۵°C انجام گردید.

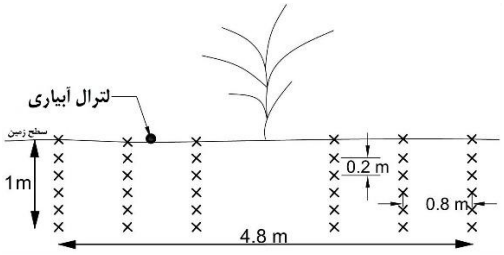
طرح آزمایش آبشویی

برای اطلاع از وضعیت پروفیل شوری و رطوبت خاک در آغاز فصل آبیاری، اولین نمونه‌برداری بعد از آخرین بارندگی (برای حذف اثر بارندگی) انجام گردید. سپس بعد از پایان یک فصل آبیاری برای مشاهده تغییرات شوری دومین نمونه‌برداری بعد از آخرین آبیاری

انجام شد. همچنین برای کاهش اثرگذاری تبخیر و تعرق عملیات آبشویی در فصل پاییز و زمستان انجام گردید. پس از نصب سخت‌افزار سیستم‌های آبشویی و اعمال آب آبشویی، در هر یک از روش‌ها نمونه‌برداری و تجزیه و تحلیل انجام گردید. محل و دفعات پروفیل‌های شوری و رطوبت برداشت شده در شکل ۲ و ۳ نمایش داده شده است.

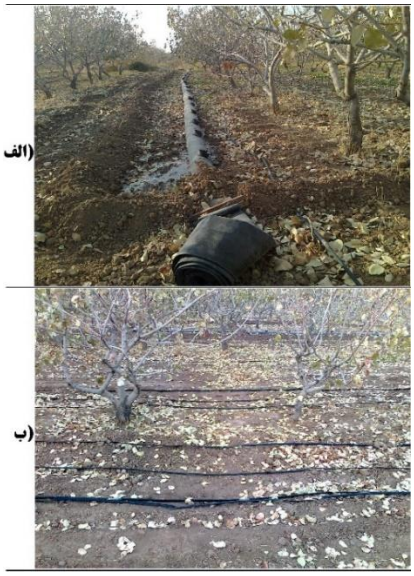


شکل ۲- پروفیل عرضی محل جمع‌آوری نمونه‌های خاک



شکل ۳- موقعیت و دفعات برداشت پروفیل‌های شوری و رطوبت در ردیف‌های مورد آزمایش

برای اجرای روش‌های آبشویی ۲ ردیف شامل ۱۵ عدد درخت در هر ردیف انتخاب شدند سپس سخت‌افزار روش‌های آبشویی در باغ پسته نصب گردید. در ردیف اول شش خط نوار قطره‌ای کم‌جریان (جریان اسمی ۲/۱ L/hr)، در کنار ۱۵ درخت قرار داده شد (شکل ۴ الف). سه خط در هر طرف ردیف درختان (Burt and Isbell, 2005)، با فاصله ۰/۳ متر در برگیرنده عرض کل ۱/۸ متر با یک خروجی (قطره‌چکان) در هر ۳۰ سانتی‌متر برای اعمال آب آبشویی استفاده گردید. در ردیف دوم برای روش آبشویی غرقابی یک خط هیدروفلوم (با فاصله خروجی‌های ۰/۸ متر) با فاصله نزدیک در کنار ۱۵ درخت قرار داده و برای اعمال آب آبشویی استفاده گردید (شکل ۴ ب).



شکل ٤- روش آبشویی غرقابی (هیدروفلوم) (الف)، روش آبشویی با چندین خط نوار آبیاری (قطره‌ای) (ب)

نمونه‌های خاک برای تعیین وجود تجمع شوری و الگوهای توزیع شوری در میان ردیف درختان جمع‌آوری شدند (شکل ۲). شبکه نمونه‌های گرفته شده در شکل ۳ نمایش داده شده است. نمونه‌های خاک پس از هر کاربرد آب آبشویی جمع‌آوری شدند (مجموعاً ۲ بار) (جدول ۳)، و سپس در آزمایشگاه برای تعیین مقدار شوری، آزمایش تعیین هدایت الکتریکی بر روی نمونه‌ها انجام گرفت.

برای اندازه‌گیری میزان آب آبشویی کاربردی از یک کنتور جریان ورودی مغناطیسی PMM Multi-Jet® 6/1 میلی‌متر استفاده شد. با استفاده از شیرهای نصب شده بعد از کنتور، فشار ورودی بر نوارهای قطره‌ای تنظیم می‌گشت تا نرخ جریان ثابت گردد. اطلاعات دفعات و مقدار و زمان اعمال آب آبشویی در جدول ۳ آورده شده است. در طی اولین کاربرد آب آبشویی خاک قبل از جمع‌آوری نمونه‌ها به‌مدت حداقل ۴ روز زهکشی شده بود. در ردیف هیدروفلوم با استفاده از پشته‌های ۱۰ سانتی‌متری که ایجاد شده بود از حرکت افقی آب بر روی سطح خاک جلوگیری گردید تا آب آبشویی فقط در منطقه مورد نظر قرار گیرد. در ردیف نوارهای قطره‌ای باتوجه به نرخ پایین کاربرد آب آبشویی سطح خاک خیس بود و آب ماندگی وجود نداشت. در دومین کاربرد آب آبشویی خاک قبل از جمع‌آوری نمونه‌ها به‌مدت حداقل ۷ روز زهکشی شده بود. در ردیف نوارهای قطره‌ای باتوجه به نرخ پایین کاربرد آب آبشویی مدت زمان اعمال آب آبشویی افزایش یافت.

روش‌های آماری

برای رسم نمودارهای پروفیل شوری و رطوبت از نرم‌افزار (Golden Software Surfer 16.5, 2019) و برای رسم جداول از نرم‌افزار excel استفاده گردید. همچنین برای بررسی یکنواختی آبشویی و توزیع یکنواخت شوری در محیط ریشه درختان ضریب یکنواختی توزیع شوری از فرمول (۲) محاسبه گردید (Wilcox and Swails, 1947):

$$UC = (1 - \frac{S}{\bar{X}}) \times 100 \quad (۲)$$

در فرمول (۲) UC ضریب یکنواختی توزیع شوری، S انحراف معیار، $\bar{X}$ میانگین مقادیر شوری نهایی پروفیل خاک می‌باشد. هرچه عدد ضریب یکنواختی بالاتر و نزدیک به ۱۰۰ باشد نشان‌دهنده یکنواختی بهتر آبشویی انجام شده می‌باشد.

برای بیان بیلام جرمی نمک در واحد متر خاک از فرمول (۳) محاسبه گردید:

$$TDS = 640 \times EC \quad (۳)$$

در فرمول (۳) TDS غلظت کل املاح برحسب میلی‌گرم در لیتر، EC میانگین هدایت‌الکتریکی نهایی پروفیل خاک می‌باشد.

نتایج و بحث:

الف) تجمع املاح در طی فصل آبیاری

در شکل ۵، (ب۲ و ت۲) مشاهده می‌گردد که در پایان فصل آبیاری در پروفیل خاک هر دو روش قطره‌ای و غرقابی افزایش شوری اتفاق افتاده است. در روش قطره‌ای تجمع شوری از سطح به عمق کاهش می‌یابد و بیشترین میزان تجمع در سطح رخ داده است. در روش غرقابی افزایش شوری بیشتر در کناره‌ها اتفاق افتاده و مشاهده می‌گردد که بیشتر املاح از راست به چپ منتقل گردیده است. این تغییر به‌علت جابجایی محل لترال توسط کشاورز بعد از هر ۲ یا ۳ دور آبیاری می‌باشد که باعث شده محل تجمع نمک به‌صورت موقتی جابجا شود. به احتمال زیاد بعد از بازگشت لترال به محل قبلی، دوباره محل تجمع نمک تغییر می‌یابد. لازم به ذکر است در باغ مورد مطالعه سیستم زهکشی عمقی لوله‌ای و یا سیستم‌های زهکشی سطحی وجود نداشته است و به همین دلیل مشکل تجمع نمک در محدوده توسعه ریشه باغات موجب نگرانی شده بود. سامانه مطالعه حاظر به‌عبارتی طراحی سامانه زهکشی خشک که انتقال نمک از محدوده توسعه ریشه به محدوده خارج از محدوده توسعه ریشه را در نظر می‌گیرد طراحی شده است. در جدول ۳ مشاهده می‌گردد که در یک فصل ۱۱۹ سانتی‌متر آبیاری و ۸۶/۳۹ سانتی‌متر تبخیر و تعرق صورت گرفته است. متوچیس گزارش داد که شوری خاک در شرایط آبیاری قطره‌ای با آب شور برای مقادیر بارندگی کمتر از ۲۵۰ میلیمتر احتمال خطر شور شدن خاک را دارد (Metochis, 1999) در حالی که بارندگی سالیانه منطقه مورد مطالعه در سال قبل از آزمایش ۲۲۰/۶ میلیمتر بود. در پایان فصل آبیاری میزان املاح خاک افزایش یافته که این مسئله می‌تواند به‌علت تبخیر و تعرق و تغییر در کیفیت آب باشد. همچنین باید دقت شود مقدار املاح تجمع یافته در شکل۵ پروفیل های (ب۲ و ت۲) یکسان نیست که می‌توان نتیجه‌گیری کرد الگوی تجمع املاح در طول ردیف‌های کشت درختان متغیر می‌باشد. لازم به‌ذکر است که در برخی نقاط میزان تجمع نمک در عمق ۴۰-۰ و ۱۰۰-۷۰ سانتی‌متری بیشتر است که مربوط به سه لایه بودن پروفیل خاک می‌باشد. چون بافت خاک در لایه دوم شنی می‌باشد نرخ زهکشی این لایه نسبت به دو لایه دیگر که بافت لومی شنی دارند بیشتر است. این عامل باعث شده که املاح بعد از وارد شدن به لایه دوم با سرعت بیشتری حرکت کرده و در لایه سوم تجمع یابند.

ب) اثرات آبشویی بر الگوی توزیع املاح

در این مطالعه توزیع مکانی املاح در هریک از روش‌های آبشویی با یکدیگر مورد مقایسه قرار گرفت. تعداد زیاد نمونه‌های خاک تا حدی می‌تواند بر تغییرات شوری در خاک غلبه یابد و ارزیابی دقیقتری

از توزیع شوری در پروفیل خاک ارائه دهد (Richards, 1954). آب موردنیاز برای آبشویی توسط برنامه‌های آبیاری غرقابی متناوب به‌ویژه برای خاک‌های با بافت شنی می‌تواند کاهش یابد. این مسئله از این جهت مهم است که انجام آبشویی نیاز به عمق زیادی از آب دارد. در این آزمایش برای دستیابی به بهره‌وری بالای آبشویی از آبشویی متناوب در سطح خاک و نوار قطره‌ای (تیپ) استفاده گردید. استفاده از نوار قطره‌ای کم فشار اجازه می‌دهد تا به‌جای کاربرد آب در کل زمین، در جایی که انباشت نمک در امتداد ردیف درختان وجود دارد اعمال گردد.

عمق آب آبشویی در محدوده آبشویی با تقسیم حجم آب اندازه‌گیری شده به کل سطح آبشویی شده محاسبه گردید. تبخیرتعرق و بارش در هنگام محاسبه آب آبشویی لحاظ گردیدند (جدول۳). در زمان آبشویی درختان در حالت خواب بودند. فرض بر این بود که آب اعمال شده به‌صورت عمودی و مورب از طریق مساحت آبشویی که عرض آن ۲/۱ متر می‌باشد حرکت می‌نماید. به این معنی که هر حرکت جانبی جریان آب در خارج از محدوده محیط ریشه ناشی از اعمال آب آبشویی به‌کاربرده شده است. باتوجه به اطلاعات جدول ۳ مشاهده می‌گردد در اولین آبشویی در روش غرقابی ۲/۶ برابر بیشتر از روش قطره‌ای، آب آبشویی به‌کار برده شده است. همچنین زمان آبشویی در روش قطره‌ای ۲۷/۵ برابر بیشتر از روش غرقابی می‌باشد. در این آزمایش استفاده از نوارهای کم جریان و کاربردهای متناوب آب آبشویی سبب ایجاد رواناب غرقابی نگردید.

بعد از اولین آبشویی در روش غرقابی و قطره‌ای (شکل۵ ب۳ و ت۳) در قسمت وسط مابین درختان در سطح خاک از میزان شوری کاسته گردیده اما در عمق، شوری افزایش کمی پیدا کرده است. در هر دو کناره چپ و راست افزایش زیاد در مقدار شوری مشخص می باشد که نشان می‌دهد شوری تجمع یافته بعد از اعمال آب آبشویی با حرکت از قسمت آبشویی شده (محدوده ریشه درختان) به‌سمت قسمتی که آبشویی نشده (محدوده خارج از محیط ریشه درختان) رفته و به‌صورت جانبی منتقل گردیده است.

در دومین آبشویی (شکل۵ ب۴ و ت۴) چون رطوبت خاک در هر دو روش بالا بود در نتیجه مقدار آب آبشویی یکسان گردید تا مقایسه بین نرخ و زمان آبشویی صورت گیرد. زمان آبشویی در روش قطره‌ای ۲۹ برابر روش غرقابی می‌باشد (جدول ۳). پس از دومین آبشویی چون از زمان اعمال آب آبشویی مدت زیادی می‌گذشت (۷ روز) جابجایی املاح در پروفیل خاک به‌تعادل رسیده بودند. در روش قطره‌ای (شکل۵ ب۴) تاثیر بهتر و بیشتر آبشویی در دورکردن نمک‌ها از محیط ریشه مشاهده گردید. با توجه به جدول ۳، این شاید به‌علت میزان نفوذ عمقی بیشتر، زمان بیشتر اعمال آب آبشویی و فرصت بیشتر اثرگذاری باشد. همچنین مشاهده می‌گردد در کناره‌ها و سطح خاک همچنان نقاط با تمرکز بالای شوری وجود دارند که به‌علت حرکت نمک‌ها به‌سمت محدوده خارج از ناحیه آبشویی می‌باشد. این تجمع املاح ناشی از افزایش پتانسیل تبخیری در محدوده خارج از ناحیه آبشویی می‌باشد که به زهکشی خشک معروف است. در پروفیل روش غرقابی (شکل۵ ت۴) مشاهده می‌گردد که بیشتر محیط ریشه (بجز افزایش میزان کم شوری در لایه پایینی) به‌حد قابل‌قبول شوری رسیده‌اند. در سمت راست پروفیل تجمع شوری در سطح خاک مشاهده می‌گردد که این تجمع در پروفیل قبلی هم قابل مشاهده بود اما تمرکز کمتری داشت. این تمرکز ممکن است به مکان قراردادن هیدروفلوم مربوط باشد. همچنین زمان اعمال آب آبشویی در روش غرقابی بسیار کمتر از قطره‌ای بوده و زمان بیشتری برای اثرگذاری تبخیر و سایر پارامترهای محیطی بر روی پروفیل شوری وجود داشته است. از این مشاهده می‌توان نتیجه گرفت بعد از آبشویی قسمتی از نمک‌ها با تبخیر به‌سمت سطح خاک برگشته و باعث تشدید شوری می‌گردند.

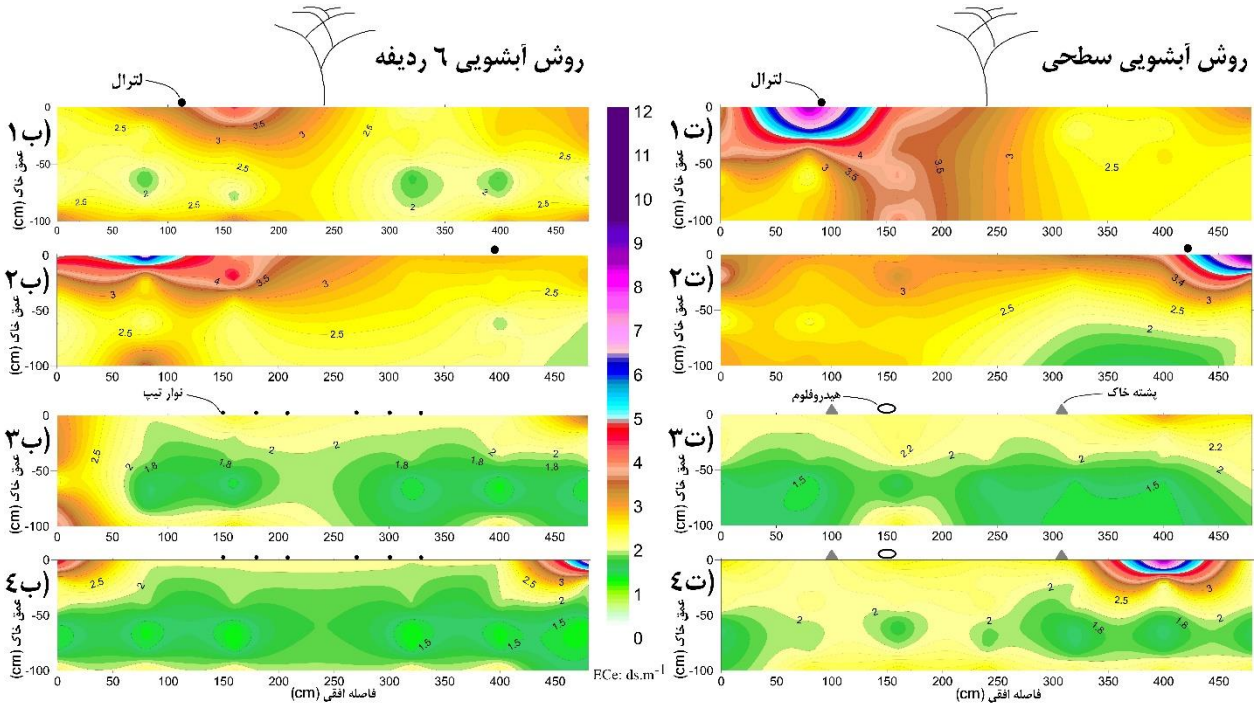
در پژوهش حاضر با مقایسه مقدار آب آبشویی استفاده شده مشاهده می‌گردد ۲ روش در آبشویی اول ۶۲/۷ درصد و در مجموع ۲۶/۷ درصد با یکدیگر اختلاف دارند (جدول ۳). این کاهش مصرف در آب آبشویی همراه با عملکرد بهتر روش قطره‌ای در آبشویی لایه‌های خاک نسبت به روش غرقابی می‌باشد. برت و ایزبل در مطالعه خود به این نتیجه رسیدند در روش قطره‌ای تنها نیاز به یک سوم آب آبشویی در مقایسه با روش غرقابی می‌باشد (Burt and Isbell, 2005). همچنین برت و ایزبیل آب آبیاری را به ۱/۸ متر از عرض ردیف درختان اعمال کرده بودند که در این پژوهش با افزایش این مقدار به ۲/۱ متر شاهد عملکرد مشابهی بودیم. روش آبشویی قطره‌ای به‌دلیل اینکه با نرخ جریان کمتری آبشویی را انجام می‌دهد، نسبت به روش غرقابی کارآیی بهتری در شستشویی املاح در لایه های مختلف خاک دارد.

با مقایسه شکل ۵ و جدول ۳ متوجه خواهیم شد که در روش غرقابی به‌دلیل سرعت بالای اعمال آب آبشویی (مجموع ۲۲۵ دقیقه) یکنواختی در میزان آبشویی لایه‌های مختلف نسبت به روش قطره‌ای کمتر می‌باشد و دلیل افزایش یکنواختی در روش قطره‌ای سرعت پایین اعمال آب آبشویی می‌باشد (مجموع ۷۲۰۰ دقیقه).

جدول ۳- اطلاعات کاربرد آب آبشویی و نمونه‌برداری در واحد سطح ۱ مترمربع

تاریخ‌های نمونه‌برداری	رویداد	غرقابی		قطره‌ای		آب آبیاری بکار برده شده (سانتی‌متر)	مجموع بارش (سانتی‌متر)	مجموع تبخیر (سانتی‌متر)	مقدار خالص آب آبشویی بکاربرده شده (سانتی‌متر)	
		مقدار آب آبشویی (سانتی‌متر)	زمان آبشویی (دقیقه)	مقدار آب آبشویی (سانتی‌متر)	زمان آبشویی (دقیقه)				غرقابی	قطره‌ای
۱۳۹۵/۰۳/۱۴	اولین نمونه برداری	۰	۰	۰	۰	–	۰	–	–	–
۱۳۹۵/۰۸/۱۴	دومین نمونه برداری	۰	۰	۰	۰	۱۱۹	۰	۸۶/۳۹۱	۳۲/۶۰۹	۳۲/۶۰۹
۲۷، ۱۳۹۵/۰۸/۲۸ ۱۳۹۵/۰۹/۰۱	اولین آبشویی	۸۶/۱۴	۱۰۵	۳۲/۱۵	۲۸۸۰	۰	۰/۵۰۸	۱/۹۲۷	۸۴/۷۲۱	۳۰/۷۳۱
	سومین نمونه برداری									
۰۲، ۱۳۹۵/۰۹/۰۳ ۱۳۹۵/۰۹/۱۱	دومین آبشویی	۱۱۵/۷۱	۱۲۰	۱۱۵/۸۷	۳۴۸۰	۰	۰	۱/۲۴۵	۱۱۴/۴۶۵	۱۱۴/۶۲۵
	چهارمین نمونه برداری									
مجموع		۲۰۱/۸۵	۲۲۵	۱۴۸/۰۲	۷۲۰۰	۱۱۹	۰/۵۰۸	۸۹/۵۶۳	۲۳۱/۷۹۵	۱۷۷/۹۶۵

مقدار خالص آب آبشویی بکاربرده شده= (مقدار آب آبشویی+ آب آبیاری بکاربرده شده + مجموع بارش)- مجموع تبخیر

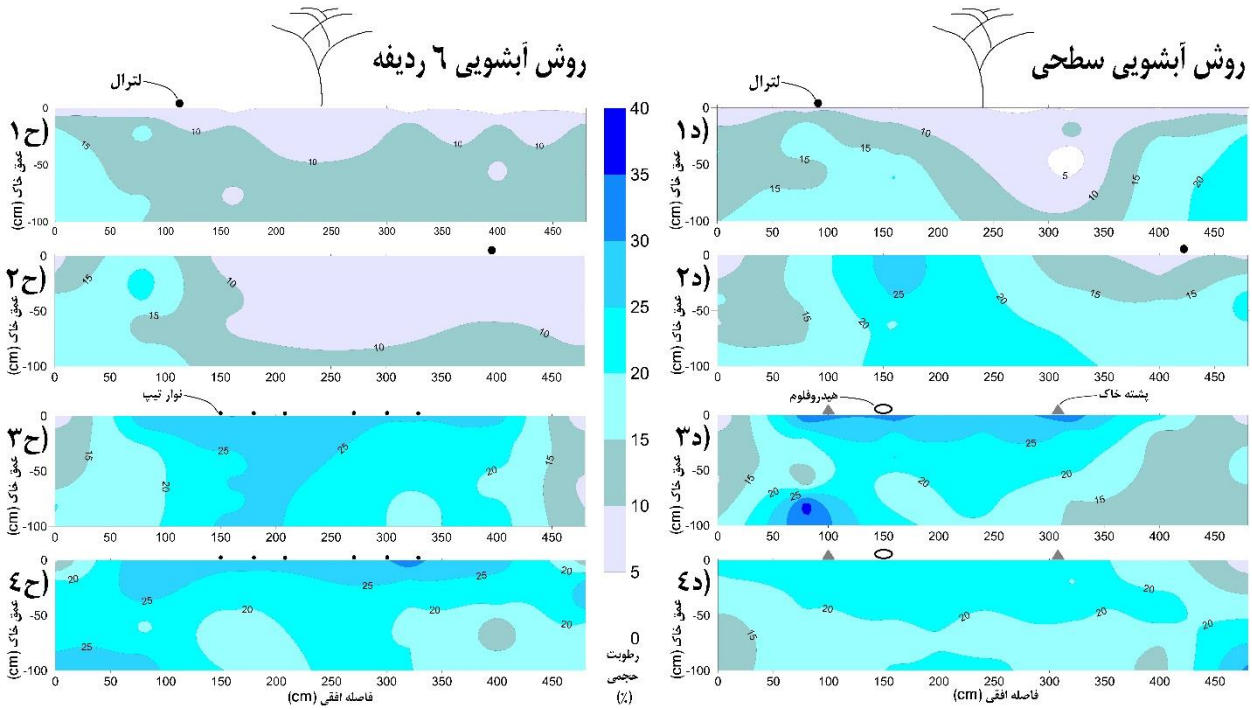


شکل ۵- پروفیل‌های شوری در روش قطره‌ای (ب۱: ابتدای فصل آبیاری، ب۲: انتهای فصل آبیاری، ب۳: بعد از اولین آبشویی، ب۴: بعد از دومین آبشویی) و روش غرقابی (ت۱: ابتدای فصل آبیاری، ت۲: انتهای فصل آبیاری، ت۳: بعد از اولین آبشویی، ت۴: بعد از دومین آبشویی)

ج) اثرات آبشویی بر الگوی توزیع رطوبت

علاوه بر شوری، حرکت آب از طریق لایه‌های خاک با مقایسه مقادیر رطوبت حجمی خاک پس از هر آبشویی بررسی گردید. شکل ۶ (ح۱،ح۲، د۱، د۲) پروفیل‌های رطوبت در نمونه‌برداری از روش‌های قطره‌ای و غرقابی در طی فصل آبیاری را نمایش می‌دهد. مشاهده می گردد در پایان فصل آبیاری (ح۲ و د۲) میزان رطوبت خاک افزایش یافته که به‌علت انجام آبیاری در طی فصل آبیاری می‌باشد. شکل ۶ (ح۳، ح۴، د۳ و د۴) پروفیل‌های رطوبت در آبشویی اول و دوم را نمایش می‌دهد. مشاهده می‌گردد پس از اولین آبشویی میزان رطوبت موجود در خاک حتی با وجود اینکه نمونه‌برداری پس از ۴ روز از اعمال آب آبشویی انجام گردید (به‌علت اینکه پروفیل خاک به‌طور کامل زهکشی گردد) به میزان زیادی بیشتر از رطوبت قبل از آبشویی

می‌باشد که این می‌تواند به‌علت کمبود رطوبتی خاک قبل از آبشویی باشد. پس از دومین آبشویی نمونه‌برداری از روش قطره‌ای (ح۴) بعد از ۷ روز از اعمال آب آبشویی انجام گردید و رطوبت تغییر چندانی با آبشویی اول نداشت. نمونه‌برداری از روش غرقابی (د۴) پس از ۹ روز از اعمال آب آبشویی انجام گردید و چون از زمان اعمال آب آبشویی مدت زیادی می‌گذشت مقدار رطوبت کمتر از آبشویی اول بود. در آبشویی اول هر دو روش (ح۳ و د۳) مشاهده می‌گردد که رطوبت به‌صورت عمقی نفوذ نموده و حرکت کمی به کناره محدوده آبشویی دارد. در آبشویی دوم (ح۴ و د۴) به‌خاطر کاربرد حجم آبشویی بیشتر (جدول ۳) رطوبت به کناره‌ها حرکت کرده و در تمامی پروفیل افزایش یافته است. البته وجود بافت شنی در لایه میانی خاک بی‌تأثیر نمی‌باشد.



شکل ٦- پروفیل‌های رطوبت در روش قطره‌ای (ح۱: ابتدای فصل آبیاری، ح۲: انتهای فصل آبیاری، ح۳: بعد از اولین آبشویی، ح٤: بعد از دومین آبشویی) و روش غرقابی (د۱: ابتدای فصل آبیاری، د۲: انتهای فصل آبیاری، د۳: بعد از اولین آبشویی، د٤: بعد از دومین آبشویی)

د) کارایی تکنیک‌های آبشویی

در جدول ۴ اطلاعات درصد تغییر شوری برای مقایسه میانگین شوری باقی‌مانده در محدوده آبشویی ریشه درختان نسبت به نمونه‌برداری قبلی محاسبه گردید. در نمونه‌برداری دوم (انتهای فصل) نسبت به نمونه‌برداری اول (ابتدای فصل)، در روش قطره‌ای در محدوده آبشویی نزدیک به ۱۰ درصد میانگین مقدار شوری افزایش یافته ولی در روش غرقابی ۱۸ درصد کاهش یافته است که می‌تواند به‌دلیل جابجایی نمک‌ها باشد. در مطالعه برت و ایزبل نتایج حاصل از تعادل نمک نشان داد که حدود ۱/۳ نمکی که از طریق آب آبیاری وارد خاک می‌شود در ۱/۵ متری ناحیه ریشه باقی می‌ماند (Burt and Isbell, 2005). بعد از آبشویی اول مقدار شوری محدوده آبشویی در هر ۲ روش در مقایسه با نمونه‌برداری قبلی کاهش یافته است. در روش قطره‌ای میانگین محدوده شوری ۳۰ درصد و در روش غرقابی ۲۳/۹۵ درصد کاهش یافته است. میزان کاهش شوری روش قطره‌ای در تمامی اعماق (بجز عمق ۱۰۰ سانتی‌متر) بیشتر از روش غرقابی می‌باشد. در یک آزمایش میدانی که بر روی یک خاک سیلتی رسی توسط اوستر و همکاران انجام گردید مشاهده شد بهره‌وری آبشویی غرقابی متناوب از بارانی و غرقابی مداوم بیشتر می‌باشد (Oster et al., 1972). بعد از آبشویی دوم میانگین مقدار شوری محدوده آبشویی در روش قطره‌ای نسبت به نمونه‌برداری قبلی مجدد کاهش یافته که ناشی از زمان بیشتر و نرخ کمتر کاربرد آب آبشویی می‌باشد. همچنین میانگین مقدار شوری محدوده آبشویی در روش غرقابی در مقایسه با نمونه‌برداری قبلی در بعضی اعماق افزایش یافته است که ممکن است به‌خاطر زمان بیشتر اثرگذاری تبخیر و سایر پارامترهای محیطی بر روی پروفیل شوری و برگشت نمک‌ها به محدوده آبشویی باشد. اگر گسیلنده‌ها نرخ تخلیه پایین‌تری داشته باشند فرض می‌گردد که کارایی حذف نمک بیشتر گردیده است. مصرف مقادیر کم آب آبشویی و برنامه کاربرد آبشویی متناوب موجب کاهش اثرات جریان بالارونده

گردیده و مانع انتشار نمک می‌شود.

در مجموع اگر عملکرد آبشویی در ۲ روش بررسی گردد (جدول ۴) متوجه خواهیم شد در روش قطره‌ای میزان آبشویی نسبت به روش غرقابی بیشتر می‌باشد. باتوجه بیشتر به اعداد ECe جدول ۴ مشاهده می‌گردد روند نزولی تا عمق ۶۰ سانتی‌متر و سپس روند صعودی تا عمق ۱۰۰ سانتی‌متر وجود دارد. این روند افزایش یا کاهش شوری در خاک مربوط به تفاوت در بافت خاک می‌باشد. چون بافت لایه اول و سوم یکسان است شوری این لایه‌ها نزدیک به یکدیگر بوده و همچنین به جهت سرعت بیشتر زهکشی در لایه دوم (بافت شنی) نمک‌ها سریعتر آبشویی شده و به‌سمت لایه بعدی حرکت می‌کنند. باتوجه به اعداد بیلان جرم نمک وارد و یا خارج شده از هر مترمکعب خاک مشاهده می‌شود در روش قطره‌ای فقط با یک مرحله آبشویی می‌توان میزان نمک اضافه شده در طی فصل آبیاری را خارج نمود. درحالیکه در روش غرقابی جرم نمک آبشویی شده کمتر از جرم نمک اضافه شده در اثر آبیاری است، همچنین در مرحله دوم آبشویی جرم نمک مجدد افزایش یافته است.

جدول٤- میانگین شوری محدوده آبشویی و درصد تغییر شوری نسبت به نمونه‌برداری قبلی

عمق خاک (cm)	میانگین شوری روش قطره‌ای (dS/m)						
	اولین نمونه برداری	دومین نمونه برداری	تغییرات شوری نمونه‌برداری دوم به اول (٪)	سومین نمونه برداری	تغییرات شوری نمونه‌برداری سوم به دوم (٪)	چهارمین نمونه برداری	تغییرات شوری نمونه‌برداری چهارم به سوم (٪)
۰	۳/۳۱	۳/۴۱	۳	۲/۳۱	-۳۲	۲/۰۳	-۱۲
۲۰	۲/۸۹	۳/۷۳	۲۹	۱/۹۶	-۴۷	۱/۹۴	-۱
۴۰	۲/۵۳	۲/۶۳	۴	۱/۹۶	-۲۶	۱/۹۲	-۲
۶۰	۲/۰۷	۲/۳۷	۱۵	۱/۴۰	-۴۱	۱/۳۲	-۵
۸۰	۱/۸۵	۲/۳۱	۲۵	۱/۶۳	-۲۹	۱/۳۴	-۱۸
۱۰۰	۲/۷۲	۲/۲۹	-۱۶	۲/۱۹	-۴	۲/۲۶	۳
میانگین	۲/۵۶	۲/۷۹	۹/۹۶	۱/۹۱	-۳۰	۱/۸۰	-۵/۷۹
بیلان جرم نمک (گرم)			□۱۷۵,۱۶		◄-۱۸۳,۹۲		◄-۸۱,۵۷
یکنواختی آبشویی(٪)	۷۴	۷۷		۸۳		۸۴	
عمق خاک (cm)	میانگین شوری روش غرقابی (dS/m)						
	اولین نمونه‌برداری	دومین نمونه برداری	تغییرات شوری نمونه‌برداری دوم به اول (٪)	سومین نمونه برداری	تغییرات شوری نمونه‌برداری سوم به دوم (٪)	چهارمین نمونه برداری	تغییرات شوری نمونه‌برداری چهارم به سوم (٪)
۰	۳/۴۳	۳/۲۱	-۶	۲/۲۳	-۳۱	۲/۶۸	۲۰
۲۰	۳/۰۰	۲/۹۷	-۱	۲/۲۰	-۲۶	۲/۰۵	-۷
۴۰	۳/۰۷	۲/۵۷	-۱۶	۲/۱۴	-۱۷	۲/۱۳	-۱
۶۰	۳/۲۸	۲/۳۴	-۲۹	۱/۵۳	-۳۵	۱/۶۲	۶
۸۰	۳/۱۰	۲/۲۴	-۲۸	۱/۶۸	-۲۵	۱/۷۸	۶
۱۰۰	۳/۳۶	۲/۲۷	-۳۲	۲/۰۲	-۱۱	۲/۵۰	۲۴
میانگین	۳/۲۱	۲/۶۰	-۱۸/۷۸	۱/۹۷	-۲۳/۹۵	۲/۱۳	۸/۰۵
بیلان جرم نمک (گرم)			□۴۶۴,۵۷		◄-۳۴۹,۳۶		◄۱۱۸,۴۸
یکنواختی آبشویی(٪)	۸۲	۸۱		۸۲		۸۴	

□در محاسبه از مقدار مجموع آبیاری در طی فصل آبیاری استفاده شده است. مقدار نمک در ۱ مترمکعب از خاک محاسبه شده است.

◄در محاسبه از مقدار مجموع آب آبشویی به‌علاوه مجموع بارندگی استفاده شده است. مقدار نمک در ۱ مترمکعب از خاک محاسبه شده است.

ضریب یکنواختی توزیع شوری در روش‌های آبشویی

برای توصیف یکنواختی آبشویی و توزیع یکنواخت شوری نهایی در محدوده آبشویی ریشه درختان، از ضریب یکنواختی توزیع شوری استفاده شد. در این روش، کل مساحت محدوده آبشویی ریشه درختان به ۱۰ قسمت برابر تقسیم شد و مقادیر شوری آن‌ها برای محاسبه ضریب یکنواختی به‌کار گرفته شد. یکنواختی توزیع شوری در نیمرخ خاک قبل و پس از آبشویی، در جدول ۴ نشان داده شده است. ضریب یکنواختی در شرایط قبل و بعد از آبشویی، در روش قطره‌ای ضریب

یکنواختی به‌ترتیب ۷۷ و ۸۴ درصد و در روش غرقابی ۸۱ و ۸۴ درصد محاسبه شد. از این‌رو با اجرای آبشویی در این پژوهش، ضریب یکنواختی توزیع شوری در روش قطره‌ای ۷ درصد و در روش غرقابی ۳ درصد افزایش یافت. در پژوهشی که درباره یکنواختی آبشویی نیمرخ خاک توسط سعیدی و ستوده نیا انجام گردید مشاهده شد از طریق کرت‌بندی علاوه بر توزیع مناسب و مساوی آب در سطح خاک، فرصت بیشتری داده شد تا نیمرخ خاک آن ناحیه شستشوی بهتری داشته باشد (سعیدی و ستوده نیا، ۱۳۹۹).

نتیجه‌گیری

امروزه شوری خاک به‌عنوان یک عامل مهم برای توسعه کشاورزی پایدار مطرح می‌باشد. با توسعه آبیاری موضعی در مناطق خشک و نیمه‌خشک خاک بیشتر در معرض شورشدن قرار می‌گیرد. این پژوهش در یک باغ پسته با ۱۸ سال سابقه اجرای سیستم آبیاری موضعی واقع در شهرستان بویین‌زهرا در استان قزوین انجام گردید. در این آزمایش روش‌های آبشویی موضعی با قطره‌ای (تیپ) و آبشویی غرقابی(هیدروفلوم) به‌منظور حذف شوری در درختان پسته مورد استفاده قرار گرفت.

در پایان فصل آبیاری شوری محیط ریشه درختان افزایش یافت و الگوی تجمع املاح در طول ردیف‌های کشت درختان متغیر بود. بعد از اعمال اولین آب آبشویی در روش غرقابی و قطره‌ای در قسمت وسط مابین درختان در سطح خاک از میزان شوری کاسته گردیده اما در عمق شوری افزایش نسبتا کمی پیدا کرد. در دومین آبشویی در روش قطره‌ای تاثیر بهتر و بیشتر آبشویی در دورکردن نمک‌ها از محیط ریشه مشاهده شد. در روش غرقابی شوری نسبت به نمونه‌برداری قبلی در بعضی اعماق افزایش یافت که این عامل ممکن است به‌خاطر زمان بیشتر اثرگذاری تبخیر و سایر پارامترهای محیطی برروی پروفیل شوری و برگشت نمک‌ها به محدوده آبشویی بوده باشد. در پژوهش حاظر با مقایسه مقدار آب آبشویی به‌کاربرده شده مشاهده می‌گردد ۲ روش در آبشویی اول ۶۲/۷ درصد و در مجموع ۲۶/۷ درصد با یکدیگر اختلاف دارند. این کاهش مصرف در آب آبشویی همراه با عملکرد بهتر روش قطره‌ای در آبشویی لایه‌های خاک نسبت به روش غرقابی می‌باشد. در روش آبشویی غرقابی به‌دلیل سرعت بالای اعمال آب آبشویی، یکنواختی آبشویی لایه‌های مختلف خاک نسبت به روش قطره‌ای کمتر می‌باشد. روش آبشویی قطره‌ای به‌دلیل اینکه با نرخ جریان کمتری عمل آبشویی را انجام می دهد برتر از سایر روش‌های آبشویی به‌کار گرفته شده در این مطالعه می‌باشد.

براین اساس، می‌توان گفت آبشویی با نوارهای آبیاری فرصت خوبی را برای صرفه‌جویی آب آبشویی در سیستم‌های آبیاری موضعی فراهم می‌سازد. همچنین نتایج نشان داد روش قطره‌ای با یک‌بار کاربرد آب آبشویی می‌تواند شوری محیط ریشه را به حدقابل‌قبولی برساند. برای آبشویی باغات با آبیاری موضعی توصیه می‌شود بیشتر آب آبشویی به مناطق تجمع املاح اعمال شود و برای بهبود اثربخشی مدیریت املاح از آبشویی با نرخ کم و به‌صورت متناوب استفاده گردد.

فهرست منابع

عابدی، م. ج.، نیریزی، س.، ابراهیمی بیرنگ، ن.، ماهرانی، م.، خالدی، ه.، مهردادی، ن. و چراغی، ع.م. ۱۳۸۱. استفاده از آب شور در کشاورزی پایدار. کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران.

ابراهیمی پاک، ن.، تافته، آ.، اگدرنژاد، ا. و اسدی کپورچال، ص. ۱۳۹۷. تعیین ضرایب تبخیر- تعرق ماهانه گندم زمستانه با استفاده از روشهای مختلف تخمین تبخیر- تعرق و تشت تبخیر در دشت قزوین، نشریه علمی پژوهشی مهندسی آبیاری و آب ایران. ۸(۴):۱۲۱-۱۰۷.

هدایتی دزفولی، ا. و کاکاوند، م. ۱۳۹۱. پهنه‌بندی اقلیمی‌استان قزوین. مجله علمی ترویجی سازمان هواشناسی ایران. ۳۶(۷۷-۷۶):۶۶-۵۹.

رضوی نسب، ا.، شیرانی، ح.، تاج آبادی پور، ا. و دشتی، ح. ۱۳۹۰. تأثیر شوری و ماده آلی بر ترکیب شیمیایی و مرفولوژی نهال های پسته. به زراعی کشاورزی. ۱۳(۱):۴۲-۳۱. DOR:۲۰,۱۰۰۱,۱,۸۳۳۷۲۰۰۸,۱۳۹۰,۱۳,۱,۳,۷

سعیدی، ر. و ستوده نیا، ع. ۱۳۹۹. اثر کرت‌بندی بر یکنواختی آبشویی نیمرخ خاک در مدل آزمایشگاهی. تحقیقات آب و خاک ایران. ۵۱(۱۱):۲۷۳۹-۲۷۴۹.
https://doi.org/10.22059/ijswr.2020.307559.668693

سیاری، ن.، قهرمان، ب. و داوری، ک. ۱۳۸۶. بررسی کاتیون های خاک تحت سیستم آبیاری قطره ای زیرسطحی (SDI) در باغات پسته رفسنجان با آب های شور. آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی). ۲۱(۱):۴۳-۵۶. https://sid.ir/paper/446861/fa

Boman, BJ. and Stover, EW. 2002. Managing salinity in florida citrus. Univ. of Florida, IFAS, Coop. Ext. Circ 1411. https://journals.flvc.org/edis/article/view/108089

Burt, CM., Othman, AA. and Paolini, A. 2003. Salinity patterns on row crops under subsurface drip irrigation (SDI) on the west side of the san Joaquin valley of California. Irrigation training and research center (ITRC). California Department of water resources, water conservation office. Report No 3:004. http://www.itrc.org/reports/pdf/rowcropsalinity.pdf

salt-stressed wheat. Crop science. 32(3):697-703. https://doi.org/10.2135/cropsci1992.0011183X003200030025x

Hassannia, M., Nazari, B., Kaviani, A. and Sotoodehnia, A. 2020. Evaluation and analysis of different regression models for estimation of ECe from EC1: 5—With a case study from Buin-Zahra, Iran. Irrigation and Drainage. 69(5):1192-1203. https://doi.org/10.1002/ird.2488

He, Y., DeSutter, TM., Hopkins, DG., Wysocki, DA. and Clay, DE. 2015. Relationship between 1:5 Soil/water and Saturated Paste Extract Sodium Adsorption Ratios by Three Extraction Methods. Soil Science Society of America Journal. 79(2):681-687. https://doi.org/10.2136/sssaj2014.09.0384

Hoffman, GJ. 1986. Guidelines for reclamation of salt-affected soils. Applied agricultural research. 1(2):65-72. ISSN: 0179-0374

Lal, R. 2010. Carbon sequestration in saline soils. Journal of soil salinity and water quality. 1:30-40.

Metochis, C. 1999. Irrigation of 'Koroneiki' olives with saline water. Olivae. 76: 22–24.

Moolman, JH., De Clercq, WP., Wessels, WPJ., Meiri, A. and Moolman, CG. 1999. The use of saline water for irrigation of grapevines and the development of crop salt tolerance indices. Water Research Commission Report. (303/1):99. ISBN: 1-86845-343-X

Munns, R. and Tester, M. 2008. Mechanisms of Salinity Tolerance. Annual review of plant biology. 59:651-81. https://doi.org/10.1146/annurev.arplant.59.032607.092911

Oron, G., DeMalach, Y., Gillerman, L., David, I. and Rao, VP. 1999. Improved saline-water use under subsurface drip irrigation. Agricultural water management. 39:19-33. https://doi.org/10.1016/S0378-3774 (98)00088-2

Oster, JD. 1994. Irrigation with poor quality water. Agricultural water management. 25(3):271-297. https://doi.org/10.1016/0378-3774 (94)90064-7

Oster, JD., Willardson, LS. and Hoffman, GJ. 1972. Sprinkling and ponding techniques for reclaiming saline soils. Transactions of the ASAE. 15(6):1115-1117.

Pereira, LS., Oweis, T. and Zairi, A. 2002. Irrigation management under water scarcity. Agricultural water management. 57(175):206. https://doi.org/10.1016/S0378-3774 (02)00075-6

Qadir, M., Ghafoor, A. and Murtaza, G. 2000. Amelioration strategies for saline soils: a review. Land Degradation & Development. 11(6):501-521. https://doi.org/10.1002/1099-145X

Burt, CM. and Isbell, B. 2005. Leaching of accumulated soil salinity under drip irrigation. Transactions of the ASAE 48(6):2115-2121. https://doi.org/10.13031/2013.20097

Burt, CM., Isbell, B. and Burt, L. 2003. Long-term salinity buildup on drip/micro irrigated trees in California. In Proc. Irrigation Assoc. Tech. Conf November 46-56. http://www.itrc.org/papers/dripmicrotrees/dripmicrotrees.pdf

Camp, CR., Lamm, FR., Evans, RG. and Phene, CJ. 2000. Subsurface drip irrigation–Past, present and future. In Proc. Fourth Decennial Nat'l Irrigation Symp. Nov 14-16.

Day, PR. 1982. Particle Fractionation and Particle Size Analysis. Soil Science Society of America, Madison, Wisconsin. 545.

Dehghanisanij, H. and Bozorgi, FHA. 2016. Improvement in sub-surface drip irrigated pistachio under saline water use. 2nd World Irrigation Forum (WIF2), 6-8 November, Chiang Mai, Tailand.

Dong, H., Li, W., Tang, W. and Zhang, D. 2009. Early plastic mulching increases stand establishment and lint yield of cotton in saline fields. Field Crops Research. 111(3):269-275. https://doi.org/10.1016/j.fcr.2009.01.001

Enciso, JM., Unruh, BL., Colaizzi, PD. and Multer, WL. 2003. Cotton response to subsurface drip irrigation frequency under deficit irrigation. Applied Engineering in Agriculture. 19(5):555. https://doi.org/10.13031/2013.15319

FAO. 1998. Crop evapotranspiration: guidelines for computing crop water requirements. FAO irrigation and drainage paper No. 56, Rome, Italy. ISBN: 92-5-104219-5

FAO. 2005. Global network on integrated soil management for sustainable use of salt-affected soils. FAO Land and Plant Nutrition Management Service, Rome. http://www.fao.org/ag/agl/agll/spush/intro.htm

Flowers, TJ. and Yeo, AR. 1995. Breeding for salinity resistance in crop plants: where next?. Functional Plant Biology. 22(6):875-884. https://doi.org/10.1071/PP9950875

Golden softwear. 2019. Contouring and 3D Surface Mapping for Scientists and Engineers. Version 7, Golden Software, Inc. www.goldensoftware.com

Goldhamer, DA. 1996. Unpublished document. Evaluation of Regulated Deficit Irrigation for Pistachio Orchards. Department of Land, Air and Water Resources, Kearney Agriculture Center, University of California. Parlier, CA.

Grieve, CM., Lesch, SM., Francois, LE. and Maas, EV. 1992. Analysis of main-spike yield components in

Rhoades, JD. 1998. July. Use of saline and brackish water for irrigation. Implications and role in increasing food production, conserving water, sustaining irrigation and controlling soil and water degradation. In Proceedings of the International Workshop on the Use of Saline and Brackish Water for Irrigation (pp. 23-24). Bali, Indonesia: Indonesian National Committee on Irrigation and Drainage, Ministry of Public Works.

Richards, LA. .1954. Diagnosis and improvement of saline and alkali soils. US Government Printing Office. 78(2):154. https://doi.org/1128/10/AAC.03728-14

Scanlon, BR., Reedy, RC. and Gates, JB. 2010. Effects of irrigated agroecosystems: 1. Quantity of soil water and groundwater in the southern High Plains, Texas. Water Resources Research. 46(9). https://doi.org/10.1029/2009WR008427

Sepaskhah, AR., and Maftoun, M. 1988. Relative salt tolerance of pistachio cultivars. Journal of Horticultural Science. 63(1):157-162. https://doi.org/10.1018/14620316.1988.11515841

Sepaskhah, AR., Maftoun, M. and Karimian, N. 1985. Growth and chemical composition of pistachio as affected by salinity and applied iron. Journal of Horticultural Science. 60(1):115-121. https://doi.org/10.1080/14620316.1985.11515609

Shahrokhnia, H. and Wu, L. 2021. SALEACH: A new web-based soil salinity leaching model for improved irrigation management. Agricultural water management. 252:106905. https://doi.org/10.1016/j.agwat.2021.106905

Wilcox, JC. and Swails, GE. 1947. Uniformity of water distribution by some undertree orchard sprinkler. Scientific agriculture. 27:565-586.

Wang, L., d'Odorico, P., Evans, JP., Eldridge, DJ., McCabe, MF., Caylor, KK. and King, EG. 2012. Dryland ecohydrology and climate change: critical issues and technical advances. Hydrology and Earth System Sciences. 9(4):4777-4825. https://doi.org/10.5194/hess-16-2585-2012

Iranian Journal of Irrigation and Drainage
No.1, Vol. 18, Apr.-May. 2024, p. 1-14

نشریه آبیاری و زهکشی ایران
شماره۱، جلد ۱۸، فروردین - اردیبهشت ۱۴۰۳، ص. ۱۴-۱

Investigating Leaching Methods in Pistachio Micro Irrigation System with Sustainable Use of Saline Water Resources Approach (Case Study: Qazvin Plain)

M Hassannia[1] , B Nazari[2]*, A kaviany[3], A sotoodehnia[3]

Recived: Jul.30, 2023 Accepted: Nov.21, 2023

Abstract

With the development of localized irrigation in arid and semi-arid areas, the soil is more susceptible to salinization. The salt accumulation in the soil can reduce crop yields, destruction of plants and even resulting the soil uncultivable. In this research, flood leaching and trickle leaching methods (tape) were investigated in a pistachio orchard. Comparing with the flood method, the results showed that, the amount of leaching water used in the trickle method was reduced by 62.7% for the first leaching leading to a total reduction of 26.7%. In the flood leaching method, the entire surface of the farm is leached, while in the 6-row method water to be directly use in saline accumulation areas, which saves leaching water. Also, in the trickle and flood methods the uniformity coefficient of salinity distribution increased by 7% and 3% respectively. In the trickle method, the salt mass balance added due to irrigation can be removed with only one washing step, while in the flood method, the mass of leached salt is less than the mass of added salt. For orchards leaching with localized irrigation, it is recommended to apply more leaching water to salts accumulation areas and for improving the salts management effectiveness low-leaching rates applied alternately is recommended.

Keywords: Semi-Saline Water, Localized Irrigation, Water Salinity, Soil Salinity, Salt Management

1- PHD Student of Irrigation and Drainage Engineering, Department of Water Engineering, College of Agriculture and Natural Resources, Imam Khomeini International University, Qazvin, Iran
2- Associate Professor, of Water Engineering Department, College of Agriculture and Natural Resources, Imam Khomeini International University, Qazvin, Iran
3- Associate Professor, of Water Engineering Department, College of Agriculture and Natural Resources, Imam Khomeini International University, Qazvin, Iran
4- Associate Professor, of Water Engineering Department, College of Agriculture and Natural Resources, Imam Khomeini International University, Qazvin, Iran
(*-Corresponding Author Email: b.nazari@eng.ikiu.ac.ir)