Archive of SID

مدیریت آب و آبیاری
دوره ۸ ■ شماره ۱ ■ بهار و تابستان ۱۳۹۷
صفحه‌های ۲۵-۱۳

تأثیر رژیم‌های مختلف آبیاری بر توزیع شوری در خاک تحت سیستم آبیاری قطره‌ای زیرسطحی

حسین دهقانی سانیج[1*]، حمیدرضا حاجی‌آقا بزرگی[2]، علی‌اصغر قائمی[3]

۱. دانشیار پژوهشی مؤسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، سازمان تحقیقات آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران.
۲. کارشناس ارشد آبیاری زهکشی، دانشکده کشاورزی دانشگاه شیراز، ایران.
۳. دانشیار، بخش مهندسی آب دانشکده کشاورزی دانشگاه شیراز، ایران.

تاریخ وصول مقاله: ۱۳۹۶/۱۰/۰۷ تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۹۷/۰۱/۱۹

چکیده

مدیریت صحیح آبیاری بر تغییرات شوری در خاک بسیار مؤثر است. در این پژوهش تغییرات شوری خاک تحت رژیم‌های مختلف آبیاری یک باغ پسته تجهیز شده به سامانه آبیاری قطره‌ای زیرسطحی موردبررسی قرار گرفت. تیمارهای پژوهش شامل رژیم‌های آبیاری مبتنی بر مدیریت زارع (I_1)، نیاز آبی (I_2) و نیاز آبی و آبشویی (I_3)، سه عمق نمونه‌گیری ۲۵، ۵۰ و ۷۵ cm و دو زمان آبیاری قبل و بعد از آبیاری بود. نتایج نشان داد که در طول دوره رشد پسته مقدار شوری در پروفیل خاک تحت تأثیر رژیم آبیاری، زمان و عمق خاک بود. رژیم آبیاری I_2 به‌طور متوسط با کاهش مقدار شوری خاک (EC_e) در پروفیل خاک نسبت به دو رژیم دیگر برای انتقال شوری به حاشیه پروفیل رطوبتی موفق‌تر بود. با افزایش عمق، میزان شوری به‌طور معنی‌داری افزایش یافت و عمق ۷۵ cm با مقدار شوری ۱٤/۵ dS/m بالاترین مقدار شوری را به خود اختصاص داد. رژیم‌های آبیاری در انتقال نمک به لایه‌های سطحی خاک چندان مؤثر نبودند. اثر متقابل سه‌طرفه رژیم آبیاری، عمق خاک و زمان (قبل و بعد از آبیاری) نیز بالاترین مقدار شوری را در رژیم آبیاری I_3 در عمق ۷۵ cm و بعد از آبیاری برابر با ۱٤/۲ dS/m نشان داد. نتایج نشان داد که رژیم آبیاری I_3 به‌دلیل عمق آبیاری بیشتر، مقدار بیشتری نمک به خاک منتقل کرده است، بدون این‌که در آبشویی خاک مؤثر باشد.

کلیدواژه‌ها: آبشویی، برنامه‌ریزی آبیاری، پروفیل شوری، تجمع شوری، مدیریت آبیاری.

* نویسنده مسئول
Email: h.dehghanisanij@areeo.ac.ir

www.SID.ir

Archive of SID

مقدمه

در اکثر مناطق دنیا از جمله مناطق خشک و نیمه‌خشک یکی از عمده‌ترین تنش‌های محیطی پس از تنش خشکی، تنش شوری می‌باشد که از مهم‌ترین تنش‌های غیرزیستی به‌شمار می‌آید. تنش شوری باعث کاهش قابل‌ملاحظه در رشد و تولید گیاهان به‌خصوص در مناطق خشک و نیمه‌خشک شده است و آثار منفی آن بر رشد گیاهان، باعث انجام تحقیقات زیادی در زمینه کنترل شوری با هدف بهبود شرایط تحمل گیاهان به شوری می‌شود (۲۳). روش‌های آبیاری نیز بر کاهش روند شوری خاک و تولید مناسب‌تر در شرایط آب و خاک شور می‌توانند مؤثر باشند (۲۱). از بین روش‌های آبیاری، آبیاری قطره‌ای زیرسطحی به‌عنوان کارآمدترین روش در نظر گرفته شده و ارزیابی‌های صحرایی بر روی توزیع شوری در خاک برای طراحی، بهره‌برداری و مدیریت صحیح در استفاده از آب شور با استفاده از سیستم آبیاری قطره‌ای زیرسطحی لازم است (۱٤). طراحی و مدیریت صحیح این روش آبیاری می‌تواند با توزیع یکنواخت آب، اعمال دقیق آب در محیط ریشه و کاهش تبخیر از سطح خاک خطرات ناشی از شوری را به حداقل برساند (۱۳). در سیستم آبیاری قطره‌ای، توزیع و انباشتگی نمک‌های محلول خاک در نزدیکی سطح زمین خیلی بیشتر از لایه‌های عمقی‌تر است و با افزایش فاصله از قطره‌چکان‌ها بیشتر می‌شود (۱۹).

تحقیقات متفاوتی در ایران و جهان به‌منظور بررسی تغییرات شوری خاک تحت شرایط مختلف انجام شده است. در مناطقی با بافت خاک شنی که ریشه‌های گیاه عمدتاً در نزدیکی سطح خاک تمرکز می‌کنند، در مدیریت آبیاری با استفاده از آب شور تحت سیستم قطره‌ای تأثیرگذار است و باعث افزایش میزان شوری در نزدیکی سطح خاک می‌شوند (۲۲). مقادیر بالای شوری نیز برای خاک‌هایی با بافت‌های دیگر نیز در نزدیکی سطح خاک و در جایی که آب شور از طریق سیستم قطره‌ای استفاده می‌شود گزارش شده است (۱٦). در یک خاک شنی تحت سه رژیم آبیاری بر اساس نیاز خالص آبی (ET_c) سورگوم (ET_c، ۱/۲ ET_c و ۱/٤ ET_c)، کمترین میزان شوری در فاصله شعاعی cm ۱۰ از قطره‌چکان‌ها و در فاصله cm ۲۰ برای رژیم آبیاری ۱/٤ ET_c از قطره‌چکان‌ها گزارش شد و همچنین شروع آبیاری در قبل‌ازظهر بسته به رشد گیاه به‌منظور هماهنگ شدن حداقل میزان شوری با حداکثر تبخیر و تعرق پیشنهاد شد. تأثیر مقدار رطوبت در میزان شوری منحصر به شعاع‌های کوچک در محدوده cm ۲۰-۰ بود و فراتر از این محدوده افزایش در مقدار رطوبت تأثیر قابل‌توجهی در میزان شوری نداشت (۱۱).

تحقیقات انجام‌شده وابستگی میزان تجمع نمک در نزدیکی سطح خاک را به کیفیت آب و عمق نوارهای لوله‌های قطره‌چکان‌دار نشان دادند (۲۰). تجمع نمک در آبیاری قطره‌ای زیرسطحی بر روی زراعت‌های ردیفی و در عمق‌های نصب ۳۰، ٤۰ و cm ٦۰ نشان داد که تجمع شوری در لایه سطحی خاک در عمق‌های ۳۰ و ٤۰ بیشتر از مقدار آن در عمق نصب cm ٦۰ است، همچنین کاهش میزان تجمع نمک و شوری در سیستم قطره‌ای زیرسطحی نسبت به آبیاری قطره‌ای سطحی گزارش شد و آبشویی به میزان ۱۰ سانتی‌متر میزان شوری را در لایه سطحی خاک به‌طور معنی‌داری کاهش داد (۱۰). کمتر بودن میزان تجمع نمک در پروفیل خاک نیز در دره سالیناس کالیفرنیا تحت سیستم آبیاری قطره‌ای زیرسطحی در مقایسه با سیستم آبیاری قطره‌ای سطحی و جویچه‌ای گزارش شد (۱۲). در تحقیق مشابهی نیز افزایش رطوبت و میزان تجمع کمتر شوری خاک در عمق نصب cm ٦۰ در مقایسه با عمق نصب ۳۰ سانتی‌متر برای باغات پسته گزارش شد (۲).

با در نظر گرفتن تراکم بیشتر ریشه‌های فعال پسته در عمق ۳۰ تا cm ۱۰۰ و به‌دلیل هم‌خوانی بیشتر توزیع شوری با الگوی رشد ریشه، بهترین وضعیت رطوبت و شوری در

www.SID.ir

Archive of SID

سیستم آبیاری قطره‌ای زیرسطحی در عمق ۳۰ cm به‌دست آمد. همچنین تجمع کمتر میزان شوری در عمق‌های زیر قطره‌چکان نسبت به عمق‌های بالای قطره‌چکان و نیز افزایش میزان شوری به‌صورت شعاعی و عمقی با فاصله گرفتن از قطره‌چکان‌ها مشاهده شد (۳). پایین نگه‌داشتن میزان شوری در منطقه توسعه ریشه گیاهان حتی در زمان استفاده از آب شور تحت سیستم آبیاری قطره‌ای زیرسطحی در عمق نصب ۳۰ cm از سطح خاک در مقایسه با سیستم آبیاری قطره‌ای سطحی در باغات گلابی گزارش شد (۱۸). عمق نصب قطره‌چکان‌ها، فاصله از قطره‌چکان‌ها مدیریت آبیاری، بافت خاک و غیره از عوامل مؤثر بر میزان شوری هستند (۱۵). آشکارترین راه برای جلوگیری از کاهش عملکرد استفاده از آبشویی نمک از محیط ریشه به عمق خاک است. بر همین اساس ضرورت دارد که بتوان با مدیریت صحیح آبیاری محدوده تجمع نمک را در ناحیه ریشه کنترل کرده و در پایان فصل رشد نسبت به آبشویی نمک‌های تجمع‌یافته اقدام شود. اثربخشی آبشویی در سامانه‌های آبیاری میکرو در شرایط مزرعه همچنان مورد سؤال است. در این پژوهش سعی بر آن شد که وضعیت تجمع شوری در یک سیستم آبیاری قطره‌ای زیرسطحی در یک باغ پسته با اعمال رژیم‌های مختلف آبیاری، در عمق‌های مختلف خاک و همچنین تأثیر زمان آبیاری موردبررسی قرار دهد.

مواد و روش‌ها

مشخصات محل اجرای طرح

تحقیق حاضر تحت سه رژیم آبیاری مدیریت زارع (I_1)، نیاز آبی (I_2) و نیاز آبی و آبشویی (I_3)، سه عمق خاک (۲۵، ۵۰ و ۷۵ cm) و دو زمان آبیاری (قبل و بعد از رویداد آبیاری) در منطقه صفائیه، از توابع شهرستان سرخه در استان سمنان در یک باغ پسته که مجهز به سیستم آبیاری قطره‌ای زیرسطحی و ایستگاه هواشناسی بود انجام شد. اجرای پروژه در مساحتی حدود ۲ هکتار از این باغ که دارای درختان پسته با سن تقریبی ۱۰ سال بود صورت گرفت. آرایش درختان بر روی ردیف ۳ m و بین ردیف ۷ m بود. آب آبیاری باغ از طریق دو حلقه چاه تأمین می‌شد که آبدهی هر یک حدود ۶–۵ لیتر بر ثانیه بود. آب این چاه‌ها در استخر با گنجایش ذخیره حدود ۱۵۰۰–۱۶۰۰ مترمکعب جمع‌آوری و توسط پمپ در سیستم آبیاری قطره‌ای زیرسطحی مستقر در باغ پمپاژ می‌شد. سیستم پمپاژ مجهز به سیستم فیلتراسیون از نوع اسکن فیلتر بود. سیستم آبیاری قطره‌ای زیرسطحی باغ تجهیز شده به قطره چکان‌های ساخت شرکت یورودریپ (PC2) داخل خط (inline) به فاصله ۸۰ cm و با آبدهی ۲/۲۶ لیتر در ساعت بود که در عمق ۴۰ cm نصب گردیده بود. به‌منظور اطمینان از یکنواختی پخش آب در مزرعه شاخص‌های ضریب یکنواختی پخش آب مزرعه (EU′)، ضریب یکنواختی کریستیانسن (CU) و ضریب توزیع (DU) مورد ارزیابی قرار گرفت و بر اساس مقادیر پیشنهادی برای EU′، CU و DU پیشنهادی (۱۷ و ۶) رده‌بندی شدند و بر اساس طبقه‌بندی انجام شده در محدوده عالی قرار گرفتند. به منظور تعیین خصوصیات خاک نمونه‌گیری از اعماق ۲۵–۰، ۵۰–۲۵ و ۷۵–۵۰ cm خاک انجام شد که این مشخصات خاک در جدول ۱ ارائه شده است.

نمونه‌برداری‌هایی از دو حلقه چاه نیز جهت تعیین خصوصیات شیمیایی آن به لحاظ بررسی کل املاح محلول در آب TDS، EC، PH، کلسیم، سدیم، منیزیم انجام گردید که نتایج آن در جدول ۲ ارائه شده است.

با توجه به نتایج اسیدیته هر یک از چاه‌های آبیاری (چاه شماره ۱ و ۲) که به‌ترتیب برابر ۷/۱۶ و ۷/۱۷ بود، درجه کیفیت این آب‌ها در طبقه‌بندی متوسط قرار داشت (۴) و استفاده از آب این چاه‌ها برای روش آبیاری

www.SID.ir

Archive of SID

قطره‌ای دارای درجه محدودیت کم تا متوسط بود. آبیاری باغ مورد مطالعه به این صورت بود که از ابتدای فروردین سال زراعی ۹۲ آبیاری به روش متداول در مزرعه انجام شد ولی از ۹۲/۲/۲۵ لغایت ۹۲/۷/۳۰ در جهت رسیدن به اهداف تحقیق سه رژیم آبیاری در قطعه آزمایشی اعمال گردید که به شرح زیر می‌باشند:

۱. رژیم آبیاری I_1– در این رژیم، آبیاری طبق مدیریت زارع صورت گرفت و حجم آب داده‌شده، زمان آبیاری و دور آبیاری آن ثبت گردید.

۲. رژیم آبیاری I_2– در این رژیم، از داده‌های بهنگام هواشناسی مزرعه (داده‌های روزانه) برای محاسبه تبخیروتعرق (روش پنمن- مانتیث) استفاده شد و نیاز آبیاری محاسبه شد. دور آبیاری قطعه آزمایش همان دور آبیاری تیمار I_1 بود و تنها ساعت آبیاری تغییر کرد.

۳. رژیم آبیاری I_3 – که در واقع همان نیاز آبیاری (I_2) بود اما مقدار آب مورد نیاز آبشویی نیز به آن اضافه شد ($LR+I_2$).

برای محاسبه حجم آب مصرفی در رژیم دوم آبیاری، تبخیر و تعرق پتانسیل (ET_o) با استفاده از اطلاعات روزانه هواشناسی و با روش پنمن- مانتیث (PM) تعیین گردید (۸)، سپس با استفاده از ضریب گیاهی (K_c) برای پسته در دوره‌های مختلف رشد برای منطقه سمنان (شکل۱)، تبخیروتعرق گیاه مطابق رابطه (۱) به‌دست آمد:

$$ET_c = ET_0 \times K_c \qquad (۱)$$

در این رابطه ET_c: تبخیر و تعرق روزانه گیاه (mm/day)، ET_o: تبخیر و تعرق گیاه مرجع (mm/ day)، K_c: ضریب گیاهی روزانه برای پسته در دوره‌های مختلف رشد برای منطقه سمنان (۵).

عمق خالص آب آبیاری (d_n) براساس ET_c و با احتساب سطح سایه‌انداز درختان (براساس شرایط مزرعه ۴۳ درصد تعیین گردید) و دور آبیاری (یک روز در میان) محاسبه شد. عمق ناخالص آبیاری (d_g) بر حسب (mm) از رابطهٔ (۲) به‌دست آمد:

$$dg = \frac{dn}{Ea} \qquad (۲)$$

مقدار راندمان آبیاری مورد انتظار در سیستم آبیاری قطره‌ای زیرسطحی ۹۰ درصد تعیین و در محاسبه عمق ناخالص آبیاری اعمال شد.

برای کلیه تیمارها کنتور حجمی نصب شده بود. برای تیمار ۲ و ۳ میزان آب آبیاری محاسبه و با استفاده از کنتور حجمی اعمال گردید.

جدول ۱. مشخصات خاک منطقه مورد مطالعه

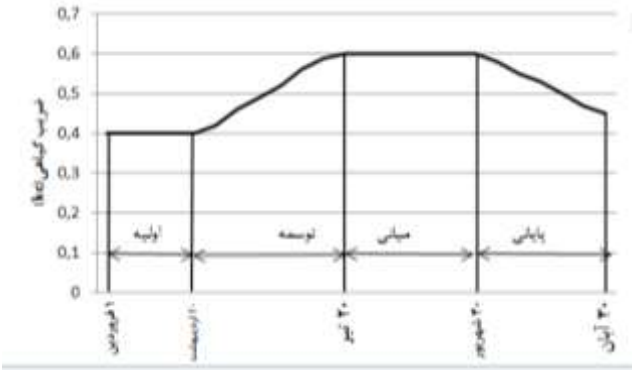
عمق خاک (cm)	بافت خاک	رس (٪)	شن (٪)	سیلت (٪)	جرم مخصوص ظاهری خاک (g/cm^3)	رطوبت وزنی در حد ظرفیت زراعی (٪)	رطوبت وزنی در حد پژمردگی دائم (٪)
۰-۲۵	لوم شنی	٦	۸۱	۱۳	۱/٦۲	۱۱/۸۵	٤/۳۹
۲۵-۵۰	لوم شنی	٤	۷۷	۱۹	۱/۵٦	۱۱/۹۷	۵/۱۲
۵۰-۷۵	لوم شنی	٤	۸۱	۱۵	۱/۵۵	۱۲/۸۸	۵/۵۲

جدول ۲. خصوصیات شیمیایی و کیفی آب آبیاری

چاه	Ca^{2+}	Mg^{2+}	Na+	K^+	Co_3^{-2}	Cl^-	Hco_3	So_4^{-2}	SAR	pH	EC (dS/m)	TDS (mg/l)	LSI
	(Meq/litr)												
۱	۲۷/۲	۱۷/۹	٤۲/۲	۰/٦۲	–	٤۹	۲/۲۵	۳۵/۸	۸/۸۸	۷/۱٦	۷/۹۵	۵۰۷۰	۰/۳٦
۲	۲٦/۳	۱٦/۸	۲٤/۱	۰/۵۱	–	۲۷/۵	۲/٦۵	۳۷/۰۵	۵/۲	۷/۱۷	٦/۱۰	۳۸۹۰	۰/٤۳

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۱. ضریب گیاهی و دوره‌های مختلف رشد گیاه مورد مطالعه (پسته)

همچنین مقدار نیاز آبشویی از رابطه (۳) محاسبه گردید (۹):

$$LF = \frac{EC_{iw}}{(5EC_e - EC_{iw})} \qquad (۳)$$

در این رابطه LF: کسر آبشویی لازم برای تنظیم نمک‌ها در محدودهٔ شوری، EC_e: شوری عصاره اشباع خاک dS/m ۲/۳ به‌ازای ۱۰ درصد کاهش محصول (۹) و EC_{iw}: شوری آب آبیاری برحسب dS/m می‌باشد. مقدار LF برای این مزرعه ۱۵ درصد به‌دست آمد.

هدایت الکتریکی (EC_{iw})

شوری کل آب آبیاری که با EC_{iw} نشان داده می‌شود به‌وسیله هدایت‌سنج (EC Meter) اندازه‌گیری می‌شود. که در این پژوهش از دستگاه هدایت‌سنج JENWAY مدل 4510 ساخت کشور انگلستان استفاده شد. ابتدا دستگاه را با استاندارد کلرید پتاسیم ۰/۰۱ نرمال در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد کالیبره کرده و سپس مقدار هدایت الکتریکی برای آب هر یک از چاه‌ها اندازه‌گیری شد. با توجه به نتایج هدایت الکتریکی هر یک از چاه‌های آبیاری ۱ و ۲ که به‌ترتیب برابر ۷/۹۵ و dS/m ٦/۱ می‌باشد و بر طبق پارامترهای استاندارد مهم کیفی آب مورد استفاده در سیستم آبیاری قطره‌ای (جدول ۳)، آب این دو چاه برای استفاده از سیستم آبیاری قطره‌ای دارای درجه محدودیت جدی می‌باشد که بر نامناسب بودن آب آبیاری با هدایت الکتریکی بالاتر از dS/m ۵ برای گیاه پسته دلالت دارد (۱).

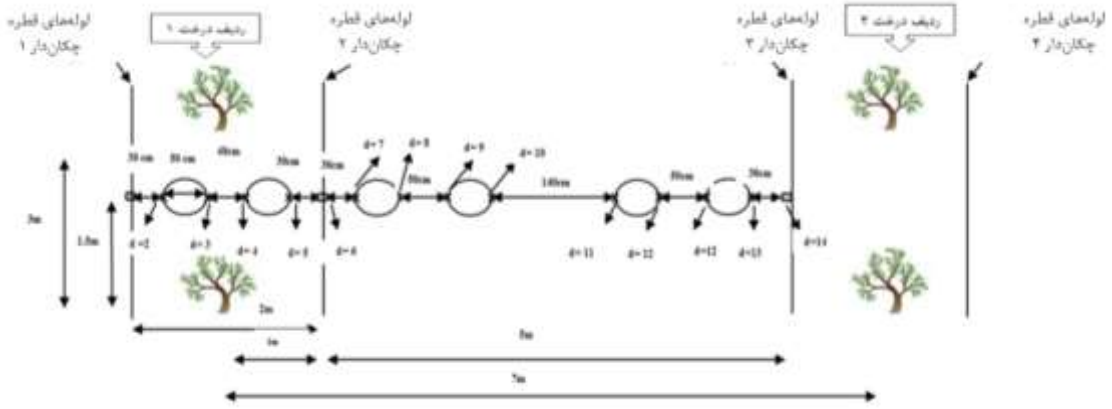
برای اندازه‌گیری میزان شوری در خاک در دوره‌های رشد گیاه (۸) به‌ترتیب شامل دوره اولیه رشد (Initial)، توسعه و پیشرفت (Development)، فصل میانی (Mid season)، فصل نهایی (Late season) نمونه‌هایی وزنی قبل و بعد از آبیاری به‌ترتیب بین دو لوله قطره‌چکان‌دار مربوط به ردیف درختان، روی لوله‌های قطره‌چکان‌دار و خارج از لوله‌های قطره‌چکان‌دار هر ردیف درخت برداشت شد (شکل ۲).

جدول ۳. درجه محدودیت استفاده از آب آبیاری برای روش آبیاری قطره‌ای (۷)

پارامتر موردنظر	بدون محدودیت	محدودیت کم تا متوسط	محدودیت جدی
هدایت الکتریکی (dS /m)	کم‌تر از ۰/۸	۰/۸–۳	بیش‌تر از ۳
مجموع املاح محلول (mg/lit)	کم‌تر از ۵۰۰	۵۰۰–۲۰۰۰	بیش‌تر از ۲۰۰۰
PH (dS/m)	کم‌تر از ۷	۷–۸	بیش‌تر از ۸

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۲. الگوی محل نمونه‌گیری‌ها

o: چاله نمونه‌گیری حفرشده توسط مته تراکتور به قطر ۵۰ سانتی‌متر

× = محل نمونه‌گیری‌های دستی در اعماق ۲۵، ۵۰ و ۷۵ سانتی‌متر از سطح خاک

رسم منحنی‌های هم‌شوری

برای رسم منحنی‌های هم‌شوری از نرم‌افزار Golden surfer8 استفاده گردید. این نرم‌افزار قابلیت میانگین‌گیری به روش‌های مختلف را دارا می‌باشد که در این تحقیق از روش میانگین‌گیری kriging استفاده گردید.

آنالیزهای آماری در بررسی شوری

به‌منظور بررسی اثرات رژیم آبیاری، عمق خاک، زمان آبیاری (قبل و بعد از رویداد آبیاری) و نیز اثرات متقابل دو و سه‌طرفه زمان بر تغییرات شوری در خاک، صفت موردبررسی، از طرح آزمایشی فاکتوریل در کرت‌های خردشده استفاده شد، به‌طوری‌که تیمار زمان قبل و بعد از آبیاری به‌عنوان تیمار اصلی و سطوح آبیاری و عمق به‌عنوان فاکتوریل (تیمار فرعی) در سه تکرار مورد تجزیه‌وتحلیل قرار گرفتند. به‌منظور آنالیزهای آماری از نرم‌افزار SPSS نسخه ۲۲ استفاده گردید و همچنین مقایسه میانگین‌های اثرات اصلی و نیز اثرات متقابل به روش آزمون چند دامنه دانکن (DMRT) انجام گرفت.

نتایج و بحث

بررسی تغییرات رطوبتی خاک

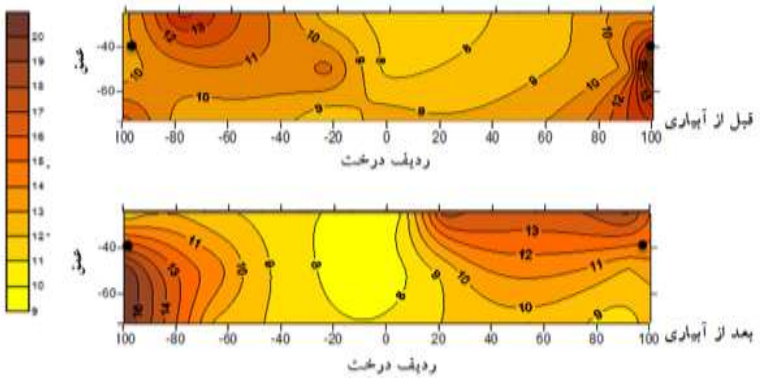
حجم کل مقدار آب آبیاری (dg) با دور آبیاری یک روز در میان (F) در تیمارهای رژیم آبیاری I_1، I_2 و I_3 به‌ترتیب برابر ٦٢٥٤/٢٩، ٩٢٩٠/٧٩ و ١٠٦٨٢/٢٤ مترمکعب در هکتار بود. پیشروی رطوبت و چگونگی توزیع آب قبل و بعد از آبیاری در دوره‌های مختلف رشد نشان داد میزان رطوبت در خاک بعد از آبیاری به‌طور معنی‌داری افزایش داشته است که این افزایش در تیمار رژیم آبیاری I_3 (پنمن- مانتیث با اعمال آبشویی) بیشترین مقدار بوده است. اختلاف میزان رطوبت در نزدیکی لوله‌های قطره‌چکان‌دار بیشترین مقدار بوده که با فاصله از لوله قطره‌چکان‌دار کاهش می‌یابد. اختلاف رطوبت در نزدیکی لوله قطره‌چکان‌دار با حدفاصل بین لوله‌های قطره‌چکان‌دار در تیمار رژیم آبیاری I_3 و I_2 بیشتر است. برای به تصویر کشیدن جبهۀ شوری در خاک، پروفیل EC_e (عصاره اشباع خاک) در هر سه رژیم آبیاری، قبل و بعد از آبیاری، در تاریخ‌های ۵ و ٦ تیرماه (۹۷ و ۹۸ روز پس از اولین آبیاری) که مقارن با مهم‌ترین دوره رشد گیاه پسته (دوره توسعه) است رسم گردید (شکل‌های ۳ تا ۵). مقدار

www.SID.ir

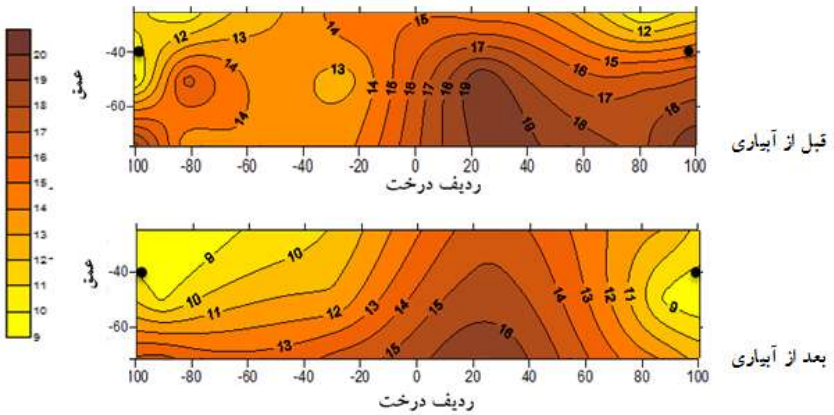
Archive of SID

آب مصرفی برای هر کدام از رژیم‌های آبیاری I_1، I_2 و I_3 در این تاریخ‌ها به‌ترتیب ۷/٦، ۱۳/۷ و ۱۵/۸ میلی‌متر بود. نتایج نشان داد که در روز نمونه‌برداری در هر سه رژیم آبیاری میزان EC_e بیشتر از حد مجاز قابل‌تحمل (۸ dS/m) برای پسته بوده است. در رژیم آبیاری I_1 (آبیاری به شیوه مدیریت زارع)، میزان شوری در اطراف قطره‌چکان بالا است و مقدار آب آبیاری قادر به جابجایی آن نیست. بعد از یک روز از آبیاری به نظر آب آبیاری مصرف‌شده و میزان شوری افزایش نشان می‌دهد. پایین بودن میزان آبیاری نتوانسته است رژیم خاصی از شوری در خاک ایجاد کند (شکل ۳).

در رژیم I_2 بعد از آبیاری (۹۸ روز پس از اولین آبیاری) مقدار EC_e به‌طور متوسط کاهش‌یافته است و در نزدیکی قطره‌چکان‌ها با کاهش بیشتری روبرو بوده است (شکل ٤). آب آبیاری توانسته است شوری را از اطراف قطره‌چکان دور کند و در حدفاصل بین دو لوله قطره‌چکان‌دار تمرکز دهد. در رژیم آبیاری I_3 اعمال جزء آبشویی میزان شوری را چندان تغییر نداده است. این تغییرات نشان‌دهنده آن است که به‌علت افزایش میزان آبیاری در حدفاصل بین دو لوله قطره‌چکان‌دار شوری یکنواختی حاکم شده است (شکل ۵).



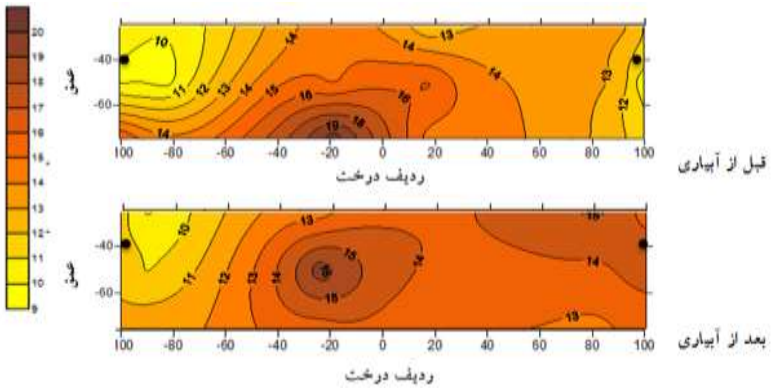
شکل ۳. توزیع EC_e (هدایت الکتریکی عصاره اشباع (dS/m)) در رژیم I_1، قبل از آبیاری در ۵ تیرماه (۹۷ روز پس از اولین آبیاری) و بعد از آبیاری در ٦ تیرماه (۹۸ روز پس از اولین آبیاری) در محدوده بین دو لوله قطره‌چکان‌دار اطراف ردیف درختان



شکل ٤. توزیع EC_e (هدایت الکتریکی عصاره اشباع (dS/m)) در رژیم I_2 قبل از آبیاری در ۵ تیرماه (۹۷ روز پس از اولین آبیاری) و بعد از آبیاری در ٦ تیرماه (۹۸ روز پس از اولین آبیاری)

www.SID.ir

Archive of SID



شکل۵. توزیع EC_e (هدایت الکتریکی عصاره اشباع (dS/m)) در رژیم I_3 قبل از آبیاری در ۵ تیرماه (۹۷ روز پس از اولین آبیاری) و بعد از آبیاری در ٦ تیرماه (۹۸ روز پس از اولین آبیاری)

بررسی آماری اثر رژیم‌های آبیاری، عمق خاک، زمان (قبل و بعد از رویداد آبیاری) بر میزان شوری

با توجه به نتایج تجزیه واریانس تیمارهای طرح بر میزان شوری مشاهده شد که اثر تکرار بر میزان شوری در سطوح مورد آزمون معنی‌دار نشد. اثر مستقل عمق خاک، رژیم آبیاری و قبل و بعد آبیاری و اثرات متقابل دوطرفه عمق خاک و رژیم آبیاری بر میزان شوری نیز بر میزان شوری در سطح ۱ درصد اختلاف معنی‌دار گذاشت (جدول ٤).

همچنین اثر متقابل رژیم آبیاری و قبل و بعد آبیاری و اثر متقابل عمق خاک و قبل و بعد از آبیاری و نیز اثرات متقابل سه‌طرفه عمق خاک، رژیم آبیاری و زمان (قبل و بعد از آبیاری) بر میزان شوری در سطح ۱٪ معنی‌دار شد. مقایسه میانگین‌ها نیز نشان داد که میزان شوری در زمان بعد از آبیاری نسبت به زمان قبل از آبیاری دارای افزایش معنی‌داری بود. بیشترین میزان شوری در کل نیمرخ خاک (متوسط همه اعماق) در زمان‌های مختلف (متوسط قبل و بعد از آبیاری) به رژیم‌های آبیاری I_2 وI_3 اختصاص یافت که نسبت به رژیم آبیاری I_1 افزایش معنی‌داری داشت که به ورود بیشتر نمک در اثر آبیاری ارتباط داده می‌شود. با افزایش عمق خاک میزان شوری نیز متناسب با عمق به‌طور معنی‌داری افزایش یافت و تیمار عمق ۷۵ cm با مقدار شوری ۱٤/۵ dS/m بالاترین مقدار شوری را به خود اختصاص داد که نشان‌دهنده حرکت شوری با لایه‌های پایین می‌باشد (جدول ۵). مقایسه شوری در بین تیمارهای آبیاری نشان‌دهنده آن است که با افزایش میزان آب آبیاری شوری بیشتری به خاک منتقل شده است.

به‌دلیل وجود اثر متقابل شدید بین عمق خاک و رژیم آبیاری، واکنش اعماق خاک در برابر سطوح رژیم آبیاری از لحاظ میزان شوری متفاوت بود، به‌طوری‌که در رژیم آبیاری I_1 تفاوت معنی‌داری بین اعماق ۲۵ و ۵۰ cm و همچنین عمق خاک ۵۰ و ۷۵ cm از لحاظ میزان شوری به‌وجود نیامد، اما عمق خاک ۷۵ cm نسبت به عمق خاک ۲۵ cm میزان شوری را به‌طور معنی‌داری افزایش داد. در رژیم آبیاری I_2 اختلاف معنی‌داری بین عمق خاک ۲۵ و ۵۰ cm به‌وجود نیامد اما عمق خاک ۷۵ cm نسبت به اعماق ۲۵ و ۵۰ cm از لحاظ میزان شوری به‌طور معنی‌داری افزایش یافت و بالاترین میزان شوری به ترکیب‌های رژیمی رژیم آبیاری I_2 و I_3 در عمق خاک ۷۵ cm اختصاص یافت که نسبت به سایر ترکیبات رژیمی دارای افزایش معنی‌داری بود که نشان‌دهنده حرکت شوری با لایه‌های پایین می‌باشد (جدول ٦). نتایج حاکی از آن است که میزان آب آبیاری در انتقال شوری به لایه‌های بالای قطره‌چکان چندان مؤثر نبوده است.

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ٤. جدول تجزیه واریانس میزان شوری بر پایه اطلاعات سه زمان نمونه‌گیری (۹۷–۹۸ روز بعد از اولین آبیاری، ۱۵۱–۱۵۲ روز بعد از اولین آبیاری و ۲۰۷–۲۰۸ روز بعد از اولین آبیاری)

منابع تغییرات	df	EC_e (dS/m)
تکرار	۲	۰/٤۳^{ns}
زمان (قبل– بعد از آبیاری)	۱	۲۱/۹۸**
خطا	۲	۱/۳٦
رژیم آبیاری	۲	۱۲/۲۳**
عمق خاک	۲	۲۵/۰۰**
عمق خاک × رژیم آبیاری	۲	٤/۳۸**
رژیم آبیاری × زمان (قبل–بعد)	۲	۱/٤۲**
عمق خاک × زمان (قبل–بعد آبیاری)	٤	٤/۰۹**
عمق خاک × رژیم آبیاری × زمان (قبل– بعد آبیاری)	۸	۱/۳۱*
خطا	۲۸	۰/۷۹
CV%		٦/۸

** معنی‌داری در سطح ۱٪، *معنی‌داری در سطح ۵٪ و ns غیر معنی‌دار.

جدول ۵. مقایسه میانگین‌های اثر مستقل میزان شوری (EC_e) در زمان قبل و بعد از آبیاری، رژیم‌های آبیاری و عمق خاک

صفت	زمان		رژیم آبیاری			عمق خاک (cm)		
موردبررسی	قبل آبیاری	بعد آبیاری	I_1	I_2	I_3	۲۵	۵۰	۷۵
EC_e (dS/m)	۱۱/۰^{b}	۱۲/۲^{a}	۱۰/٦^{b}	۱۲/۰^{a}	۱۲/۱^{a}	۱۰/٦^{c}	۱۱/۲^{b}	۱٤/۵^{a}

اعدادی که دارای حروف غیرمشابه هستند در سطح ۱٪ دارای اختلاف معنی‌دار می‌باشند.

با توجه به مقایسه میانگین اثر متقابل دوطرفه رژیم‌های آبیاری و زمان (قبل و بعد از آبیاری) بر میزان شوری مشاهده شد که در رژیم آبیاری I_3 میزان شوری در زمان بعد از آبیاری نسبت به قبل از آبیاری افزایش معنی‌داری داشت و با اختصاص مقدار ۱۳/۳ dS/m بالاترین مقدار شوری را به خود اختصاص داد، اما در سطح رژیم آبیاری I_1 و I_2 اختلاف معنی‌داری در میزان شوری مشاهده نشد (جدول ٦). همچنین اثر متقابل دوطرفه عمق خاک و زمان (قبل و بعد از آبیاری) نیز نشان داد که میزان شوری در زمان بعد از آبیاری در اعماق خاک ۲۵ و ۵۰ cm نسبت به زمان قبل از آبیاری افزایش معنی‌داری پیدا کرد، اما در عمق خاک ۷۵ cm تفاوت معنی‌داری بین تیمار زمان بعد از آبیاری و قبل از آبیاری مشاهده نشد. از بین همه تیمارها، تیمار عمق خاک ۷۵ cm در زمان بعد از آبیاری با مقدار ۱۳/۲ dS/m بالاترین مقدار و تیمار عمق خاک ۲۵ cm در زمان قبل از آبیاری با مقدار ۹/۸ dS/m کمترین مقدار شوری را به خود اختصاص دادند (جدول ٦).

اثرات متقابل سه‌طرفه رژیم‌های آبیاری، عمق خاک و زمان (قبل و بعد از آبیاری) بر میزان شوری نشان داد که در رژیم آبیاری I_1 در عمق‌های خاک ۲۵ و ۵۰ cm میزان شوری بعد از آبیاری نسبت به زمان قبل از آبیاری به‌طور معنی‌داری افزایش پیدا کرد ولی در عمق ۷۵ cm تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد. در رژیم آبیاری I_2 و در عمق ۲۵ cm میزان شوری بعد از آبیاری نسبت به قبل از آبیاری دارای افزایش معنی‌داری بود. همچنین نتایج نشان داد که در عمق‌های خاک ۵۰ و ۷۵ cm بین زمان قبل و بعد از آبیاری اختلاف معنی‌داری به‌دست نیامد و در رژیم آبیاری I_3 در هر سه عمق خاک میزان شوری بعد از آبیاری نسبت به قبل از آبیاری

www.SID.ir

Archive of SID

دارای افزایش معنی‌داری بود. درنهایت نتایج مقایسه میانگین‌های اثرات متقابل سه‌طرفه بر میزان شوری نشان داد که تیمار رژیم آبیاری I_3 در عمق خاک ۷۵ cm و بعد از آبیاری با مقدار ۱٤/۲ dS/m در رده‌بندی دانکن بالاترین رتبه و بیشترین میزان شوری را به خود اختصاص داد و کمترین میزان شوری نیز در این رده‌بندی به تیمار رژیم آبیاری I_1 در عمق ۲۵ cm و قبل از آبیاری اختصاص یافت (جدول ۷).

جدول ٦. مقایسه میانگین‌های اثرات متقابل دوطرفه رژیم آبیاری و عمق خاک، رژیم آبیاری و زمان (قبل و بعد از آبیاری)، عمق خاک و زمان (قبل و بعد از آبیاری) بر میزان شوری

اثرات متقابل		تیمار	EC_e (dS/m)
رژیم آبیاری و عمق خاک	I_1	۲۵	۱۰/۰^{d}
		۵۰	۱۰/۵^{cd}
		۷۵	۱۱/٤^{bc}
	I_2	۲۵	۱۱/۰^{bc}
		۵۰	۱۱/۲^{bc}
		۷۵	۱۳/۷^{a}
	I_3	۲۵	۱۰/۸^{cd}
		۵۰	۱۲/۰^{b}
		۷۵	۱۳/٦^{a}
رژیم آبیاری و زمان	I_1	قبل از آبیاری	۱۰/۲^{d}
		بعد از آبیاری	۱۱/۱^{cd}
	I_2	قبل از آبیاری	۱۱/۷^{bc}
		بعد از آبیاری	۱۲/۳^{ab}
	I_3	قبل از آبیاری	۱۱/۰^{cd}
		بعد از آبیاری	۱۳/۳^{a}
عمق خاک و زمان	۲۵	قبل از آبیاری	۹/۸^{e}
		بعد از آبیاری	۱۱/٤^{cd}
	۵۰	قبل از آبیاری	۱۰/۵^{de}
		بعد از آبیاری	۱۲/۰^{bc}
	۷۵	قبل از آبیاری	۱۲/٦^{ab}
		بعد از آبیاری	۱۳/۲^{a}

اعدادی که دارای حروف غیرمشابه هستند در سطح ۱٪ دارای اختلاف معنی‌دار می‌باشند.

جدول ۷. مقایسه میانگین‌های اثرات متقابل سه‌طرفه رژیم آبیاری، عمق خاک و زمان (قبل و بعد از آبیاری) بر میزان شوری

رژیم آبیاری	عمق خاک (cm)	زمان (قبل و بعد از آبیاری)	EC_e (dS/m)
I_1	۲۵	قبل از آبیاری	۹/۳^{k}
		بعد از آبیاری	۱۰/۸^{fg}
	۵۰	قبل از آبیاری	۱۰/۰^{ij}
		بعد از آبیاری	۱۱/۰^{ef}
	۷۵	قبل از آبیاری	۱۱/۳^{ef}
		بعد از آبیاری	۱۱/۵^{de}
I_2	۲۵	قبل از آبیاری	۱۰/٦^{gh}
		بعد از آبیاری	۱۱/٤^{ef}
	۵۰	قبل از آبیاری	۱۱/۰^{ef}
		بعد از آبیاری	۱۱/٤^{ef}
	۷۵	قبل از آبیاری	۱۳/٤^{bc}
		بعد از آبیاری	۱٤/۰^{ab}
I_3	۲۵	قبل از آبیاری	۹/٦^{jk}
		بعد از آبیاری	۱۲/۱^{d}
	۵۰	قبل از آبیاری	۱۰/۳^{hi}
		بعد از آبیاری	۱۳/٦^{bc}
	۷۵	قبل از آبیاری	۱۳/۰^{c}
		بعد از آبیاری	۱٤/۲^{a}

اعدادی که دارای حروف غیرمشابه هستند در سطح ۱٪ دارای اختلاف معنی‌دار می‌باشند.

نتیجه‌گیری

نتایج حاصل از این پژوهش نشان داد که میزان شوری تحت تأثیر رژیم آبیاری، زمان قبل و بعد از آبیاری و عمق خاک بود. بررسی پروفیل تغییرات شوری خاک نشان داد که در رژیم آبیاری بر اساس نیاز درختان پسته (I_2) به‌طور متوسط در کنترل شوری در خاک نسبت به دو رژیم دیگر موفق‌تر عمل کرد. بررسی آماری روند تغییرات شوری نشان داد که میزان شوری در زمان بعد از آبیاری نسبت به زمان قبل از آبیاری دارای افزایش معنی‌داری بود. بیشترین

www.SID.ir

Archive of SID

میزان شوری در کل نیمرخ خاک (متوسط همه اعماق) در زمان‌های مختلف (متوسط قبل و بعد از آبیاری) به رژیم‌های آبیاری I_2 و I_3 اختصاص یافت که نسبت به رژیم آبیاری I_1 افزایش معنی‌داری داشت. با افزایش عمق خاک میزان شوری نیز متناسب با عمق به‌طور معنی‌داری افزایش یافت و تیمار عمق خاک ۷۵ cm با مقدار شوری ۱٤/٥ dS/m بالاترین مقدار شوری را به خود اختصاص داد. با توجه به اثرات متقابل سه‌طرفه رژیم‌های آبیاری، عمق خاک و زمان (قبل و بعد از آبیاری) بر میزان شوری مشاهده شد که تیمار رژیم آبیاری I_3 در خاک ۷۵ cm و بعد از آبیاری با مقدار ۱٤/۲ dS/m در رده‌بندی دانکن بالاترین رتبه و بیشترین مقدار شوری را به خود اختصاص داد. نتایج نشان داد که در رژیم آبیاری I_3 با افزایش میزان آب آبیاری شوری بیشتری به خاک منتقل شده است.

تشکر و قدردانی

اطلاعات ارائه‌شده در این مقاله نتایج پروژه پژوهشی با عنوان "شاخص‌های طراحی، اجرا و مدیریت در آبیاری قطره‌ای زیرسطحی و ارزیابی آن در باغات سمنان" می‌باشد که با حمایت مؤسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی به اجرا رسیده است. همچنین از شرکت بنیز تجهیز که بستر این پژوهش را در مزرعه الگویی آن شرکت فراهم کرده است و همکاری صمیمانه و دلسوزانه مدیر مزرعه تشکر و قدردانی می‌شود.

منابع

۱. سجادی م.، زین‌الدینی ع. و محمودی ش (۱۳۹۱) تأثیر کیفیت آب آبیاری بر خصوصیات خاک و عملکرد پسته در دشت رباط شهر بابک. آبیاری و آب. ۲(۷): ٤٥-۳٦.

۲. سیاری ن.، قهرمان ب. و داوری ک (۱۳۸٦) بررسی کاتیون‌های خاک تحت سیستم آبیاری قطره‌ای زیرسطحی (SDI) در باغات پسته رفسنجان با آب‌های شور. علوم و صنایع کشاورزی. ۲۱(۱): ٥٦-٤۳.

۳. صداقتی ن.، حسینی‌فرد س ج. و محمدی محمدآبادی ا (۱۳۹۱) مقایسه اثرات دو سیستم آبیاری قطره‌ای سطحی و زیرسطحی بر رشد و عملکرد درختان بارور پسته. پژوهش‌های آب و خاک ایران. ۲٦(۳): ٥٨٥-٥۷٥.

٤. علیزاده ا (۱۳۸۸) آبیاری قطره‌ای (اصول و عملیات). چاپ‌دوم. انتشارات دانشگاه امام رضا. مشهد. ۲۳۸ ص.

٥. فرشی ع ا.، شریعتی م ج.، جارالهی ر.، قائمی م ح.، شهابی‌فر م. و تولائی م م (۱۳۷٦). برآورد آب مورد نیاز گیاهان عمده باغی و زراعی کشور. جلد دوم. تحقیقات آب و خاک ایران. ۳۹٤ ص.

٦. قاسم‌زاده مجاوری ف (۱۳٦۹) ارزیابی سیستم‌های آبیاری مزارع: مشهد: آستان قدس رضوی. شرکت بهنشر. ۳۲۹ ص.

۷. وزارت جهاد کشاورزی (۱۳۸٤) روش‌نامه مطالعات توجیه فنی، اقتصادی- اجتماعی و زیست‌محیطی سامانه‌های آبیاری تحت‌فشار. سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور. ۳۳٤: ۳۸-۳۳.

8. Allen R.G, Pereira L.S, Raes D and Smith M (1998) Crop evapotranspiration: guidelines for computing crop water requirements-FAO Irrigation and Drainage Paper 56. FAO, Rome. 300(9): D05109.
9. Ayers R.S. and Westcot D.W (1985). Water quality for agriculture. Irrigation and drainage. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Rome, Italy, 29: 1-117.
10. Burt C, Othman A.A and Paolini A (2003) Salinity patterns on row crops under subsurface drip Irrigation (SDI) on the Westside of the San Joaquin Valley of California .64 p.

www.SID.ir

Archive of SID

11. Dehghanisanij H, Agassi M, Anyoji H, Yamamoto T, Inoue M and Eneji A.E (2006) Improvement of saline water use under drip irrigation system. Agricultural Water Management. 85(3): 233-242.
12. Hansona B.R, Schwankl L. J, Schulbach K. F and Pettygrove G. S (1997) A comparison of furrow, surface drip, and subsurface drip irrigation on lettuce yield and applied water. Agricultural Water Management. 33(2-3): 139-157.
13. Karlberg L, Rockstrom J, Annandale J.G and Steyn J.M (2007) Low-cost drip irrigation. A suitable technology for southern Africa: An example with tomatoes using saline irrigation water. Agricultural Water Management. 89(1): 59-70.
14. Khan A.A, Yitayew M and Warrick, A.W (1996) Field evaluation of water and solute distribution from a point source. J. Irrigation and Drainage Engineering, ASCE. 22(4): 221-227.
15. Lamm F.R (2016) Cotton, tomato, corn, and onion production with subsurface drip irrigation: A review. Transactions of the ASABE (American Society of Agricultural and Biological Engineers). 59 (1): 263-278.
16. Mantell A, Frenkel H and Meiri A (1985) Drip irrigation for cotton with saline-sodic water. Irrigation Science. 6(2): 95-106.
17. Merriam J. L and Keller J (1978) Farm irrigation system evaluation: A guide for management. Agricultural and Irrigation Engineering, Utah State University. 271 p.
18. Oron G, DeMalach Y, Gillerman L, David I and Lurie S (2002) Effect of water salinity and irrigation technology on yield and quality of pears. Biosystems Engineering. 81: 237-247.
19. Palacios-Diaz M.P, Mendoza-Grimon V, Fernandez-Vera J.R, Rodriguez- Rodriguez F, Tejedor-Junco M.T and Hernandez-Moreno J.M (2009) Subsurface drip irrigation and reclaimed water quality effects on phosphorus and salinity distribution and forage production. Agricultural. Water Management. 96(11): 1659-1666.
20. Thorburn P. J, Cook F. J and Bristow K. L (2003). Soil-dependent wetting from trickle emitters: implications for system design and management. Irrigation Science. 22 (3): 121-127.
21. Wang R, Kang Y, Wan S, Hu W, Liu S and Liu S (2007) Salt distribution and the growth of cotton under different drip irrigation regimes in a saline area. Agricultural Water Management. 100(1): 58-69.
22. Yamamoto T and Cho T (1978) Distribution of soil moisture content in main root zone and water application efficiency of crops. II. Studies on trickle irrigation method in sand field. Transactions of the Japanese Society of Irrigation, Drainage and Reclamation Engineering. 75: 33-40.
23. Zhao G.Q, Ma B.L and Ren C.Z (2007) Growth, gas exchange, chlorophyll fluorescence and ion content of naked oat in response to salinity. Crop Science. 47: 123-131.

www.SID.ir

Archive of SID

Water and Irrigation Management
(Scientific Journal of Agriculture)
(*College of Abouraihan – University of Tehran*)
Vol. 8 ■ No. 1 ■ Spring & Summer 2018

Impact of irrigation regimes on salinity pattern in soil under subsurface drip irrigation

Hossein Dehghanisanij[1*], Hamidreza Haji Agha Bozorgi[2], AliAsghar Ghaemi[3]

1. Associate Researcher, Agricultural Engineering Research Institute, Agricultural Research, Education and Extension Organization, Karaj, Alborz, Iran. P.O.Box 31585-845.
2. Master of Science (MSc), Faculty of Agriculture, Shiraz University, Iran.
3. Associate Professor, Faculty of Agriculture, Shiraz University, Iran.

Received: December 28, 2017 Accepted: April 8, 2018

Abstract
Irrigation management is effective on soil salinity variation. Salinity pattern was studied in different soil layer under different irrigation regimes in a pistachio garden equipped to subsurface drip irrigation system. The treatments were three irrigation regimes; control (I_1), Irrigation based on irrigation requirement (I_2) and I_2 plus leaching requirement (I_3), three soil depth of 25, 50, and 75 cm from soil surface and before and after irrigation event. According to the results soil salinity change by irrigation regime, time and soil depth layer. The I_2 irrigation regime were more effective to move the salinity (ECe) to margin of wetted zone compared to other irrigation regimes. Salinity increased by soil depth and that was higher in 75 cm soil depth with 14.5 dS/m. Irrigation regimes were not effective in moving the salinity to upper part of dripper lateral line. Bilateral impact of irrigation regimes, soil depth, and time before and after irrigation event was also resulted in higher soil salinity in 75 cm soil depth with 14.2 dS/m. The I_3 irrigation regime applied more salt to the soil by higher irrigation depth but was not effective to leach out the salt.

Keywords: Irrigation management, Irrigation scheduling, Leaching, Salinity pattern, Salt accumulation.

Corresponding author: h.dehghanisanij@areeo.ac.ir

www.SID.ir