



## مدیریت آب و آبیاری

دوره ۸ ■ شماره ۱ ■ بهار و تابستان ۱۳۹۷

صفحه‌های ۱۳-۲۵

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

حسین دهقانی سانجی<sup>۱\*</sup>، حمیدرضا حاجی‌آقا بزرگی<sup>۲</sup>، علی اصغر قائمی<sup>۳</sup>

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 پذیرش مقاله: ۱۳۹۷/۰۱/۱۹

تاریخ وصول مقاله: ۱۳۹۶/۱۰/۰۷

#### 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 مورد بررسی قرار گرفت. تیمارهای پژوهش شامل رژیم‌های آبیاری مبتنی بر مدیریت زارع ( $I_1$ )، نیاز آبی ( $I_2$ ) و نیاز آبی و آبخویی ( $I_3$ )، 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  $14/5$  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  $14/2$  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 آبخویی خاک مؤثر باشد.

**کلیدواژه‌ها:** آبخویی، برنامه‌ریزی آبیاری، پروفیل شوری، تجمع شوری، مدیریت آبیاری.

## مقدمه

می شود گزارش شده است (۱۶). در یک خاک شنی تحت سه رژیم آبیاری بر اساس نیاز خالص آبی ( $ET_c$ ) سورگوم ( $ET_c$ ،  $1/2 ET_c$  و  $1/4 ET_c$ )، کمترین میزان شوری در فاصله شعاعی ۱۰ cm از قطره چکان ها و در فاصله ۲۰ cm برای رژیم آبیاری  $ET_c$  از قطره چکان ها گزارش شد و همچنین شروع آبیاری در قبل از ظهر بسته به رشد گیاه به منظور هماهنگ شدن حداقل میزان شوری با حداکثر تبخیر و تعرق پیشنهاد شد. تأثیر مقدار رطوبت در میزان شوری منحصر به شعاع های کوچک در محدوده ۲۰-۰ cm بود و فراتر از این محدوده افزایش در مقدار رطوبت تأثیر قابل توجهی در میزان شوری نداشت (۱۱).

تحقیقات انجام شده وابستگی میزان تجمع نمک در نزدیکی سطح خاک را به کیفیت آب و عمق نوارهای لوله های قطره چکان دار نشان دادند (۲۰). تجمع نمک در آبیاری قطره ای زیرسطحی بر روی زراعت های ردیفی و در عمق های نصب ۳۰، ۴۰ و ۶۰ cm نشان داد که تجمع شوری در لایه سطحی خاک در عمق های ۳۰ و ۴۰ بیشتر از مقدار آن در عمق نصب ۶۰ cm است، همچنین کاهش میزان تجمع نمک و شوری در سیستم قطره ای زیرسطحی نسبت به آبیاری قطره ای سطحی گزارش شد و آبشویی به میزان ۱۰ سانتی متر میزان شوری را در لایه سطحی خاک به طور معنی داری کاهش داد (۱۰). کمتر بودن میزان تجمع نمک در پروفیل خاک نیز در دره سالیانس کالیفرنیا تحت سیستم آبیاری قطره ای زیرسطحی در مقایسه با سیستم آبیاری قطره ای سطحی و جویچه ای گزارش شد (۱۲). در تحقیق مشابهی نیز افزایش رطوبت و میزان تجمع کمتر شوری خاک در عمق نصب ۶۰ cm در مقایسه با عمق نصب ۳۰ سانتی متر برای باغات پسته گزارش شد (۲).

با در نظر گرفتن تراکم بیشتر ریشه های فعال پسته در عمق ۳۰ تا ۱۰۰ cm و به دلیل هم خوانی بیشتر توزیع شوری با الگوی رشد ریشه، بهترین وضعیت رطوبت و شوری در

در اکثر مناطق دنیا از جمله مناطق خشک و نیمه خشک یکی از عمده ترین تنش های محیطی پس از تنش خشکی، تنش شوری می باشد که از مهم ترین تنش های غیرزیستی به شمار می آید. تنش شوری باعث کاهش قابل ملاحظه در رشد و تولید گیاهان به خصوص در مناطق خشک و نیمه خشک 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 می شود (۲۳). روش های آبیاری نیز بر کاهش روند شوری خاک و تولید مناسب تر در شرایط آب و خاک شور می توانند مؤثر باشند (۲۱). از بین روش های آبیاری، آبیاری قطره ای زیرسطحی به عنوان کارآمدترین روش در نظر گرفته شده و ارزیابی های صحرائی بر روی توزیع شوری در خاک برای طراحی، بهره برداری و مدیریت صحیح در استفاده از آب شور با استفاده از سیستم آبیاری قطره ای زیرسطحی لازم است (۱۴). طراحی و مدیریت صحیح این روش آبیاری می تواند 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 قطره ای، توزیع و انباشتگی نمک های محلول خاک در نزدیکی سطح زمین خیلی بیشتر از لایه های عمقی تر است و با افزایش فاصله از قطره چکان ها بیشتر می شود (۱۹).

تحقیقات متفاوتی در ایران و جهان به منظور بررسی تغییرات شوری خاک تحت شرایط مختلف انجام شده است. در مناطقی با بافت خاک شنی که ریشه های گیاه عمدتاً در نزدیکی سطح خاک متمرکز می کنند، در مدیریت آبیاری با استفاده از آب شور تحت سیستم قطره ای تأثیرگذار است و باعث افزایش میزان شوری در نزدیکی سطح خاک می شوند (۲۲). مقادیر بالای شوری نیز برای خاک هایی با بافت های دیگر نیز در نزدیکی سطح خاک و در جایی که آب شور از طریق سیستم قطره ای استفاده

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 یوردریپ (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 ۰-۲۵، ۲۵-۵۰، ۵۰-۷۵ و ۷۵-۱۰۰ 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 اسیدیتیه هر یک از چاه‌های آبیاری (چاه شماره ۱ و ۲) که به ترتیب 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

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

سپس با استفاده از ضریب گیاهی ( $K_c$ ) برای پسته در دوره‌های مختلف رشد برای منطقه سمنان (شکل ۱)، تبخیر و تعرق گیاه مطابق رابطه (۱) به دست آمد:

$$ET_c = ET_0 \times K_c \quad (1)$$

در این رابطه  $ET_c$ : تبخیر و تعرق روزانه گیاه ( $mm/day$ )،  $ET_0$ : 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 رابطه (۲) به دست آمد:

$$d_g = \frac{d_n}{E_a} \quad (2)$$

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.

قطره‌ای دارای درجه محدودیت کم تا متوسط بود. آبیاری باغ مورد مطالعه به این صورت بود که از ابتدای فروردین سال زراعی ۹۲/۲/۲۵ آبیاری به روش متداول در مزرعه انجام شد ولی از ۹۲/۷/۳۰ 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 تبخیر و تعرق (روش پنمن-مانتیت) 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 آبتجویی نیز به آن اضافه شد ( $LR+I_2$ ).

برای محاسبه حجم آب مصرفی در رژیم دوم آبیاری، تبخیر و تعرق پتانسیل ( $ET_0$ ) با استفاده از اطلاعات روزانه هواشناسی و با روش پنمن-مانتیت (PM) تعیین گردید (۸)،

جدول ۱. مشخصات خاک منطقه مورد مطالعه

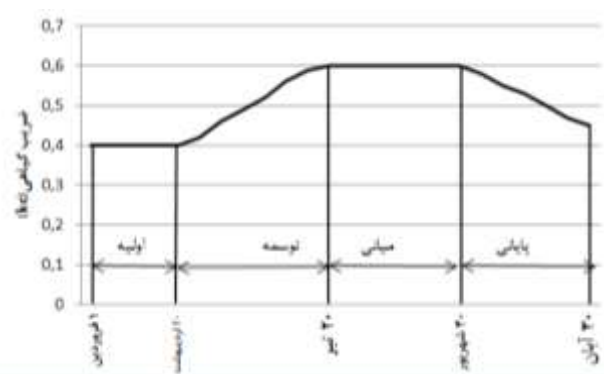
| عمق خاک (cm) | بافت خاک | رس (%) | شن (%) | سیلت (%) | جرم مخصوص ظاهری خاک ( $g/cm^3$ ) | رطوبت وزنی در حد ظرفیت زراعی (%) | رطوبت وزنی در حد پژمردگی دائم (%) |
|--------------|----------|--------|--------|----------|----------------------------------|----------------------------------|-----------------------------------|
| ۰-۲۵         | لوم شنی  | ۶      | ۸۱     | ۱۳       | ۱/۶۲                             | ۱۱/۸۵                            | ۴/۳۹                              |
| ۲۵-۵۰        | لوم شنی  | ۴      | ۷۷     | ۱۹       | ۱/۵۶                             | ۱۱/۹۷                            | ۵/۱۲                              |
| ۵۰-۷۵        | لوم شنی  | ۴      | 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 <sup>-</sup> | $HCO_3^-$ | $SO_4^{2-}$ | SAR  | pH   | EC (dS/m) | TDS (mg/l) | LSI  |
|-----|-----------|-----------|------|-------|-------------|-----------------|-----------|-------------|------|------|-----------|------------|------|
|     |           |           |      |       |             |                 |           |             |      |      |           |            |      |
| ۱   | ۲۷/۲      | ۱۷/۹      | ۴۲/۲ | ۰/۶۲  | -           | ۴۹              | ۲/۲۵      | ۳۵/۸        | ۸/۸۸ | ۷/۱۶ | ۷/۹۵      | ۵۰۷۰       | ۰/۳۶ |
| ۲   | ۲۶/۳      | ۱۶/۸      | ۲۴/۱ | ۰/۵۱  | -           | ۲۷/۵            | ۲/۶۵      | ۳۷/۰۵       | ۵/۲  | ۷/۱۷ | ۶/۱۰      | ۳۸۹۰       | ۰/۴۳ |

## مدیریت آب و آبیاری

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



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

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 به ترتیب برابر ۷/۹۵ و ۶/۱ dS/m 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 ۵ dS/m برای گیاه پسته دلالت دارد (۱).

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

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

$$LF = \frac{EC_{iw}}{(5EC_e - EC_{iw})} \quad (3)$$

در این رابطه LF: کسر آبتوی لازم برای تنظیم نمک‌ها در محدوده شوری،  $EC_e$ : شوری عصاره اشباع خاک ۲/۳ dS/m 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

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    |

## مدیریت آب و آبیاری

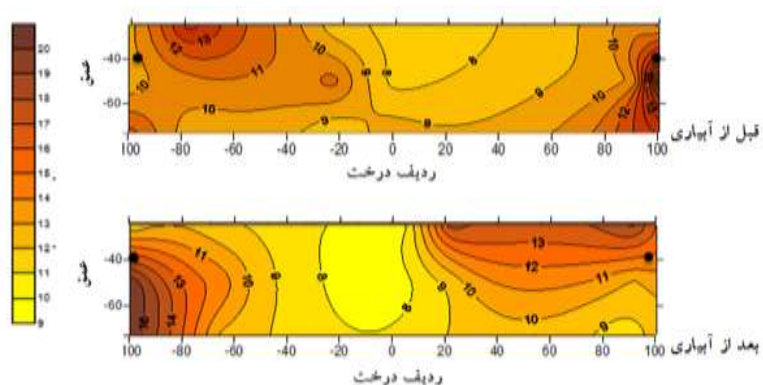
دوره ۸ ■ شماره ۱ ■ بهار و تابستان ۱۳۹۷



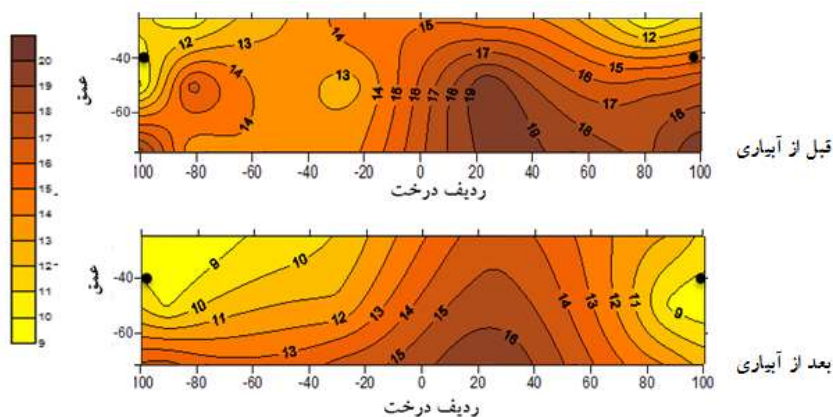
## تأثیر رژیم‌های مختلف آبیاری بر توزیع شوری در خاک تحت سیستم آبیاری قطره‌ای زیرسطحی

در رژیم  $I_2$  بعد از آبیاری (۹۸ روز پس از اولین آبیاری) مقدار  $EC_e$  به‌طور متوسط کاهش یافته است و در نزدیکی قطره‌چکان‌ها با کاهش بیشتری روبرو بوده است (شکل ۴). 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).

آب مصرفی برای هر کدام از رژیم‌های آبیاری  $I_1$ ،  $I_2$  و  $I_3$  در این تاریخ‌ها به ترتیب ۷/۶، 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 قابل تحمل ( $8 \text{ dS/m}$ ) 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).



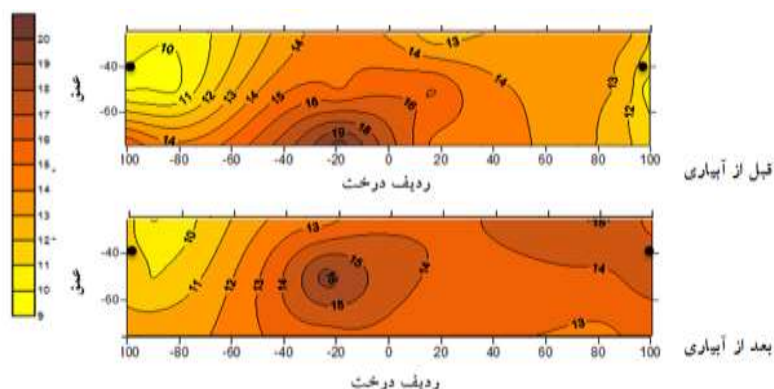
شکل ۳. توزیع  $EC_e$  (هدایت الکتریکی عصاره اشباع (dS/m)) در رژیم  $I_1$  قبل از آبیاری در ۵ تیرماه (۹۷ روز پس از اولین آبیاری) و بعد از آبیاری در ۶ تیرماه (۹۸ روز پس از اولین آبیاری) در محدوده بین دو لوله قطره‌چکان‌دار اطراف ردیف درختان



شکل ۴. 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 ۶ تیرماه (۹۸ روز پس از اولین آبیاری)

## مدیریت آب و آبیاری

دوره ۸ ■ شماره ۱ ■ بهار و تابستان ۱۳۹۷



شکل ۵. 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 ۶ تیرماه (۹۸ روز پس از اولین آبیاری)

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.

به دلیل وجود اثر متقابل شدید بین عمق خاک و رژیم آبیاری، واکنش اعماق خاک در برابر سطوح رژیم آبیاری از لحاظ میزان شوری متفاوت بود، به طوری که 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 به وجود نیامد، اما عمق خاک ۷۵ cm نسبت به عمق خاک ۲۵ cm میزان شوری را به طور معنی‌داری افزایش داد. در رژیم آبیاری  $I_2$  اختلاف معنی‌داری بین عمق خاک ۲۵ و ۵۰ cm به وجود نیامد اما عمق خاک ۷۵ cm نسبت به اعماق ۲۵ و ۵۰ cm از لحاظ میزان شوری به طور 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 ۶). نتایج حاکی از آن است که میزان آب آبیاری در انتقال شوری به لایه‌های بالای قطره‌چکان چندان مؤثر نبوده است.

### 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 ۴).

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  $I_2$  و  $I_3$  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 به طور معنی‌داری افزایش یافت و تیمار عمق ۷۵ cm با مقدار شوری  $14/5 ds/m$  بالاترین



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

جدول ۴. 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)

| EC <sub>e</sub> (dS/m) | df | منابع تغییرات                                  |
|------------------------|----|--|
| ۰/۴۳ <sup>ns</sup>     | ۲  | تکرار  |
| ۲۱/۹۸ <sup>**</sup>    | ۱  | زمان (قبل - بعد از آبیاری)                     |
| ۱/۳۶                   | ۲  | خطا  |
| ۱۲/۲۳ <sup>**</sup>    | ۲  | رژیم آبیاری                                    |
| ۲۵/۰۰ <sup>**</sup>    | ۲  | عمق خاک  |
| ۴/۳۸ <sup>**</sup>     | ۲  | عمق خاک × رژیم آبیاری                          |
| ۱/۴۲ <sup>**</sup>     | ۲  | رژیم آبیاری × زمان (قبل-بعد)                   |
| ۴/۰۹ <sup>**</sup>     | ۴  | عمق خاک × زمان (قبل-بعد آبیاری)                |
| ۱/۳۱ <sup>*</sup>      | ۸  | عمق خاک × رژیم آبیاری × زمان (قبل- بعد آبیاری) |
| ۰/۷۹                   | ۲۸ | خطا  |
| ۶/۸                    |    | CV%  |

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

جدول ۵. مقایسه میانگین‌های اثر مستقل میزان شوری (EC<sub>e</sub>) در زمان قبل و بعد از آبیاری، رژیم‌های آبیاری و عمق خاک

| صفت                    | زمان              |                   | رژیم آبیاری       |                   |                   | عمق خاک (cm)      |                   |                   |
|------------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
|                        | قبل آبیاری        | بعد آبیاری        | I <sub>1</sub>    | I <sub>2</sub>    | I <sub>3</sub>    | ۲۵                | ۵۰                | ۷۵                |
| موردبررسی              | ۱۱/۰ <sup>b</sup> | ۱۲/۳ <sup>a</sup> | ۱۰/۶ <sup>b</sup> | ۱۲/۰ <sup>a</sup> | ۱۲/۱ <sup>a</sup> | ۱۰/۶ <sup>c</sup> | ۱۱/۳ <sup>b</sup> | ۱۴/۵ <sup>a</sup> |
| EC <sub>e</sub> (dS/m) |                   |                   |                   |                   |                   |                   |                   |                   |

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

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 ۶).

اثرات متقابل سه‌طرفه رژیم‌های آبیاری، عمق خاک و زمان (قبل و بعد از آبیاری) بر میزان شوری نشان داد که در رژیم آبیاری I<sub>1</sub> 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<sub>2</sub> 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<sub>3</sub> در هر سه عمق خاک میزان شوری بعد از آبیاری نسبت به قبل از آبیاری

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<sub>3</sub> 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<sub>1</sub> و I<sub>2</sub> اختلاف معنی‌داری در میزان شوری مشاهده نشد (جدول ۶). 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

جدول ۷. مقایسه میانگین‌های اثرات متقابل سه‌طرفه رژیم آبیاری،

عمق خاک و زمان (قبل و بعد از آبیاری) بر میزان شوری

| EC <sub>e</sub><br>(dS/m) | زمان (قبل و بعد<br>از آبیاری) | عمق خاک<br>(cm) | رژیم آبیاری    |
|---------------------------|-------------------------------|-----------------|----------------|
| ۹/۳ <sup>k</sup>          | قبل از آبیاری                 | ۲۵              | I <sub>1</sub> |
| ۱۰/۸ <sup>fg</sup>        | بعد از آبیاری                 |                 |                |
| ۱۰/۰ <sup>ij</sup>        | قبل از آبیاری                 | ۵۰              |                |
| ۱۱/۰ <sup>ef</sup>        | بعد از آبیاری                 |                 |                |
| ۱۱/۳ <sup>ef</sup>        | قبل از آبیاری                 | ۷۵              |                |
| ۱۱/۵ <sup>de</sup>        | بعد از آبیاری                 |                 |                |
| ۱۰/۶ <sup>gh</sup>        | قبل از آبیاری                 | ۲۵              | I <sub>2</sub> |
| ۱۱/۴ <sup>ef</sup>        | بعد از آبیاری                 |                 |                |
| ۱۱/۰ <sup>ef</sup>        | قبل از آبیاری                 | ۵۰              |                |
| ۱۱/۴ <sup>ef</sup>        | بعد از آبیاری                 |                 |                |
| ۱۳/۴ <sup>bc</sup>        | قبل از آبیاری                 | ۷۵              |                |
| ۱۴/۰ <sup>ab</sup>        | بعد از آبیاری                 |                 |                |
| ۹/۶ <sup>jk</sup>         | قبل از آبیاری                 | ۲۵              | I <sub>3</sub> |
| ۱۲/۱ <sup>d</sup>         | بعد از آبیاری                 |                 |                |
| ۱۰/۳ <sup>hi</sup>        | قبل از آبیاری                 | ۵۰              |                |
| ۱۳/۶ <sup>bc</sup>        | بعد از آبیاری                 |                 |                |
| ۱۳/۰ <sup>c</sup>         | قبل از آبیاری                 | ۷۵              |                |
| ۱۴/۳ <sup>a</sup>         | بعد از آبیاری                 |                 |                |

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<sub>2</sub>) 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

دارای افزایش معنی‌داری بود. در نهایت نتایج مقایسه میانگین‌های اثرات متقابل سه‌طرفه بر میزان شوری نشان داد که تیمار رژیم آبیاری I<sub>3</sub> در عمق خاک ۷۵ cm و بعد از آبیاری با مقدار ۱۴/۲ 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<sub>1</sub> در عمق ۲۵ cm و قبل از آبیاری اختصاص یافت (جدول ۷).

جدول ۶. 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 <sub>e</sub> (dS/m) |
|--------------------------|-----------------------|------------------------|
| رژیم آبیاری<br>و عمق خاک | I <sub>1</sub>        | ۱۰/۰ <sup>d</sup>      |
|                          | I <sub>2</sub>        | ۱۰/۵ <sup>cd</sup>     |
|                          |                       | ۱۱/۴ <sup>bc</sup>     |
|                          | I <sub>3</sub>        | ۱۱/۰ <sup>bc</sup>     |
|                          |                       | ۱۱/۳ <sup>bc</sup>     |
|                          | رژیم آبیاری<br>و زمان | I <sub>1</sub>         |
| I <sub>2</sub>           |                       | ۱۲/۰ <sup>b</sup>      |
|                          |                       | ۱۳/۶ <sup>a</sup>      |
| I <sub>3</sub>           |                       | ۱۰/۳ <sup>d</sup>      |
|                          |                       | ۱۱/۱ <sup>cd</sup>     |
| عمق خاک<br>و زمان        |                       | I <sub>1</sub>         |
|                          | I <sub>2</sub>        | ۱۲/۳ <sup>ab</sup>     |
|                          |                       | ۱۱/۰ <sup>cd</sup>     |
|                          | I <sub>3</sub>        | ۱۳/۳ <sup>a</sup>      |
|                          |                       | ۹/۸ <sup>e</sup>       |
|                          | عمق خاک<br>و زمان     | ۲۵                     |
| ۵۰                       |                       | ۱۰/۵ <sup>de</sup>     |
|                          |                       | ۱۲/۰ <sup>bc</sup>     |
| ۷۵                       |                       | ۱۲/۶ <sup>ab</sup>     |
|                          |                       | ۱۳/۳ <sup>a</sup>      |

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

۲. سیاری ن.، قهرمان ب. و داوری ک (۱۳۸۶) بررسی کاتیون‌های خاک تحت سیستم آبیاری قطره‌ای زیرسطحی (SDI) در باغات پسته رفسنجان با آب‌های شور. علوم و صنایع کشاورزی. ۲۱(۱): ۵۶-۴۳.
۳. صداقتی ن.، حسینی فرد 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. ۲۶(۳): ۵۸۵-۵۷۵.
۴. عزیزاده ا (۱۳۸۸) آبیاری قطره‌ای (اصول و عملیات). چاپ دوم. انتشارات دانشگاه امام رضا. مشهد. ۲۳۸ ص.
۵. فرشی ع ا.، شریعتی م ج.، جاراللهی ر.، قائمی م ح.، شهابی فر م. و تولائی م م (۱۳۷۶). برآورد آب مورد نیاز گیاهان عمده باغی و زراعی کشور. جلد دوم. تحقیقات آب و خاک ایران. ۳۹۴ ص.
۶. قاسم‌زاده مجاوری ف (۱۳۶۹) ارزیابی سیستم‌های آبیاری مزارع: مشهد: آستان قدس رضوی. شرکت بهنشر. ۳۲۹ ص.
۷. وزارت جهاد کشاورزی (۱۳۸۴) روش‌نامه مطالعات توجیه فنی، اقتصادی- اجتماعی و زیست‌محیطی سامانه‌های آبیاری تحت فشار. سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور. ۳۳۴: 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.

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 ۱۴/۵ 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 ۱۴/۲ 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 سمنا" 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): ۴۵-۳۶.

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.



## 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<sup>1\*</sup>, Hamidreza Haji Agha Bozorgi<sup>2</sup>, AliAsghar Ghaemi<sup>3</sup>

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.