سال اول، شماره ۲، شهریور ۱۳۹۳، صفحات ۴۷ تا ۵۴
نشریه آب و توسعه پایدار

2014, Vol.1, No.2, Pages 47 to 54
Journal of Water and Sustainable Development

بررسی تأثیر پساب و روش‌های آبیاری بر شوری خاک در منطقه‌ی نیمه‌خشک دشت کربال

ایمان صالح[۱*]، علی مراد حسن‌لی[۲]

۱- دانشجوی دکتری آبخیزداری، دانشکده‌ی منابع طبیعی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری.
۲- استاد دانشکده‌ی کشاورزی، دانشگاه شیراز.
*(نویسنده مسئول، E-Mail: salehiman61@gmail.com)
تاریخ دریافت: ۹۳/۲/۲۸
تاریخ پذیرش: ۹۳/۴/۲۲

چکیده

پژوهش حاضر، با هدف بررسی تاثیر روش‌های آبیاری تحت فشار و سطحی جویچه‌ای بر چگونگی توزیع شوری در خاک انجام شد. آزمایش در قالب طرح کرت‌های یک بار خرد شده با سه روش آبیاری (جویچه‌ای با هیدروفولوم، قطره‌ای سطحی و قطره‌ای زیرسطحی) و دو کیفیت آب (فاضلاب خانگی تصفیه‌شده با شوری ۰/۵۰۹ دسی‌زیمنس بر متر و آب معمولی با شوری ۱/۵۲ دسی‌زیمنس بر متر) در مزرعه‌ی آزمایشی ذرت در منطقه‌ی کربال فارس انجام شد. نمونه‌برداری خاک در دو نوبت (پیش از شروع آبیاری و پس از برداشت محصول)، در سه عمق ۲۰-۰، ۴۰-۲۰ و ۶۰-۴۰ سانتیمتری و در ۱۵ نقطه‌ی اطراف محل نشت آب انجام شد. نتایج تجزیه‌ی واریانس شوری‌ها نشان داد که در هر دو نوبت اندازه‌گیری بین روش‌های آبیاری و بین تیمارهای کیفیت آب تفاوت معنی‌داری از نظر تجمع شوری در هر سه عمق اندازه‌گیری در سطح یک درصد وجود دارد. بیشترین مقدار شوری، ۱/۶۶ دسی‌زیمنس بر متر در عمق ۲۰-۰ سانتیمتری در آبیاری قطره‌ای زیرسطحی و کمترین آن، ۰/۹۲ دسی‌زیمنس بر متر در عمق ۴۰-۲۰ سانتیمتری در روش جویچه‌ای به دست آمد. بررسی الگوی توزیع شوری در نیم‌رخ خاک نشان داد در روش جویچه‌ای بیشترین شوری در رأس پشته‌ها وجود دارد و با حرکت به سمت کف جویچه‌ها کاهش شوری مشاهده می‌گردد. در روش‌های تحت فشار، محل قرارگرفتن قطره‌چکان‌ها از کمترین مقدار شوری برخوردار بودند و با دور شدن از قطره‌چکان‌ها میزان شوری افزایش پیدا می‌کرد. انجام عملیات آبشویی، کنترل سطح آب زیرزمینی، کاشت گیاه در نزدیکی قطره‌چکان‌ها و در دامنه‌ی پشته‌ها و انجام تحقیقات بیشتر در زمینه‌ی چگونگی و میزان تجمع عناصر مختلف در خاک به هنگام استفاده از پساب و همچنین اثرات زیست‌محیطی آن توصیه‌هایی است که در پایان این تحقیق به آنها اشاره شده است.

واژه‌های کلیدی: شوری، پساب، آبیاری قطره‌ای سطحی، آبیاری قطره‌ای زیرسطحی، آبیاری جویچه‌ای.

Evaluating the effect of water quality and irrigation methods on the distribution of soil salinity in the semi-arid region of Corbal plain

I.Saleh [1*], A.M. Hassanli [2]

1- Ph.D Student in Watershed Management Engineering, Faculty of Natural Resources, Sari Agricalture and Natural Resources Sciences University, Iran.
2- Professor, Faculty of Agriculture, Shiraz University, Iran.
* (Corresponding author Email: salehiman61@gmail.com)
Received: 18-05-2014
Accepted: 13-07-2014

Abstract

The current study was carried out with the aim of evaluating the effects of pressurized and furrow irrigation methods on the distribution of salinity and moisture in the soil profile. The experimental study design was a split plot layout with three irrigation method including furrow, surface drip (SD) and subsurface drip irrigation (SSD) using two water qualities, municipal effluent (0.509 dS/m salinity) and fresh water (1.52 dS/m salinity) which was carried out in a corn field located in Corbal plain, Iran. Soil sampling was conducted in two sessions, prior to irrigation and after harvesting, at three depths of 0-20, 20-40, 40-60 cm and 15 points around areas where water seeped. Variance analysis of salinity showed a significant difference ($p < 0.01$) between irrigation methods and the two water qualities in terms of salinity concentration, for three sampled depths of soil. The maximum salinity value, 1.66 dS/m, was found at the depth of 0-20 cm in subsurface drip irrigation and the minimum value, 0.92 dS/m, was observed at the depth of 20-40 cm in furrow irrigation. Evaluation of the salinity distribution pattern in the soil profile indicated that the maximum amount of salinity was at the top of the stacks and decreased as it moved towards the bottom of the furrows. In pressurized irrigation methods, the minimum salinity value was observed where the droppers were placed and it increased by getting away from them. In the end, considering the results of the study, it is advised to carry out leaching operations, control groundwater level, plant vegetation near droppers and on the ridge of the stacks, conduct more research on how and to what extent various elements are accumulated in the soil when using effluent and what their environmental impacts are.

Keywords: salinity, effluent, surface drip irrigation, subsurface drip irrigation, furrow irrigation.

مقدمه

وجود آب شیرین برای ادامه‌ی حیات بشر ضرورتی اجتناب‌ناپذیر است. این در حالی است که تنها سه درصد از کل آب‌های کره‌ی زمین، شیرین است که دو سوم از این سه درصد نیز در قطب‌ها به صورت یخ‌زده است.

بنابراین تنها یک درصد از کل آب‌های کره‌ی زمین به‌صورت آب‌های سطحی و زیرزمینی قابل استفاده است که آب‌های زیرزمینی ۶۵ درصد آن را شامل می‌شوند (Pescod، ۱۹۹۲).

رشد روزافزون جمعیت و افزایش استانداردهای سطح زندگی باعث ایجاد محدودیت در استفاده از آب‌های شیرین برای کشاورزی شده است که بخش عمده‌ای از آب قابل دسترس را مصرف می‌کند و در درازمدت مسأله‌ی بحران آب به‌صورت یک مسأله‌ی جدی مطرح است.

توجه به منابع آب‌های غیرمتعارف مانند پساب تصفیه‌شده و یا آب‌های شور و لب‌شور، یک ضرورت اجتناب‌ناپذیر است (نجفی و همکاران، ۱۳۸۰). بررسی‌ها نشان داده است بهترین شیوه‌ی دفع پساب تصفیه‌شده پس از انجام مراحل تصفیه‌ی اولیه، کاربرد آن در کشاورزی است (Murtaza و همکاران، ۲۰۰۶) .

آب‌های غیرمتعارف همانند آب‌های شور زهکش‌ها و پساب‌ها می‌توانند برای پرکردن اختلاف بین منابع آب شیرین قابل دسترس و تقاضا برای آب شیرین، مؤثر واقع شوند (Bole و همکاران، ۱۹۸۱). حدود ۶۰ تا ۷۰ درصد آب مورد مصرف شهرها به فاضلاب تبدیل می‌شود (عابدی کوپایی و همکاران، ۱۳۸۲) و پساب‌های تصفیه‌شده‌ی شهری می‌توانند به‌عنوان یك منبع باارزش و قابل دسترس در کشاورزی محسوب شوند. از جمله تأثیرات احتمالی آبیاری با پساب حتی تصفیه‌شده بر خاك با توجه به کیفیت آن می‌توان به افزایش آلودگی‌های میکروبیولوژیک خاك، افزایش فلزات سنگین و مواد آلی و افزایش املاح به‌ویژه شوری در خاك اشاره کرد (عرفانی آگاه، ۱۳۸۰).

از آنجائی که شوری عامل محدودکننده‌ی رشد گیاه و به‌عنوان یکی از شاخص‌های بیابان‌زایی مطرح است، بررسی جریان تغییرات شوری در روش‌های مختلف آبیاری به‌خصوص در هنگام استفاده از آب‌های غیر متعارف به‌منظور انتخاب روش صحیح آبیاری و مدیریت صحیح در هنگام استفاده از این‌گونه آب‌ها ضروری به نظر می‌رسد (Sharma و Minhas ، ۲۰۰۵).

تاریخچه‌ی گسترش استفاده از پساب، در اروپا به سال ۱۸۰۰ میلادی بر می‌گردد: از سال ۱۸۹۷ تاکنون در استرالیا و در شهر ملبورن[1] پساب حوضچه‌های تثبیت برای آبیاری حدود ۱۰۰۰۰ هکتار زمین به کار می‌رفته‌است. کاربرد پساب در ایالات متحده‌ی آمریکا سابقه‌ای طولانی دارد و در سال ۱۹۰۴، در این کشور ۱۴ طرح آبیاری با پساب گزارش شده است (Shuval و همکاران، ۱۹۸۶).

Perez و همکاران (۲۰۰۳) در تحقیقی فضای زیادی از یك منطقه را با آب شور آبیاری کرد و نشان داد که مقادیر مختلف شوری آب آبیاری تأثیر بسزایی در خصوصیات خاك از جمله شوری آن دارد. Qadir و همکاران (۲۰۰۱) در تحقیقی به بررسی اثر آبیاری سطحی با آب شور (۲/۹ دسی‌زیمنس بر متر) بر شوری و اسیدیته‌ی خاک پرداختند و اعلام نمودند پس از یک فصل آبیاری با آب شور، شوری خاک افزایش یافته و شوری در ۱۵ سانتیمتر فوقانی خاک بیشتر بوده است. Pescod (۱۹۹۲) گزارش کرد که روش آبیاری قطره‌ای مشکلات خاص ناشی از کاربرد پساب را تا حدودی مرتفع می‌نماید.

AbdelGawad و همکاران (۲۰۰۵) اعلام کردند که روش آبیاری قطره‌ای از لحاظ راندمان و همچنین استفاده از آب شور بسیار مناسب‌تراست.

صفری سنجانی (۱۳۷۴) در گزارشی اعلام کرد ۷ سال آبیاری با پساب توانسته زمین‌های شور و سدیمی منطقه‌ی برخوار اصفهان را بدون هیچ تیمار دیگری در لایه‌های بالایی به یک خاک مناسب برای کشاورزی تبدیل سازد و شوری خاک را از ۳۱ به ۱/۲ دسی‌زیمنس بر متر کاهش دهد.

حسن‌لی و سعادت (۱۳۸۴)، طی ۲۵ ماه، ۱۴ گونه درخت را مورد آبیاری قطره‌ای با پساب قرار دادند و اعلام نمودند شوری خاک در اعماق ۳۰-۰، ۶۰-۳۰ و ۹۰-۶۰ سانتیمتری به ترتیب از ۸/۲، ۶/۸ و ۷ دسی‌زیمنس بر متر به ۱/۰۷، ۱/۱۲ و ۳/۵ دسی‌زیمنس بر متر کاهش یافت.

از آنجائی که شوری عامل محدودکننده‌ی رشد گیاه و به‌عنوان یکی از شاخص‌های بیابان‌زایی مطرح است بررسی جریان تغییرات شوری در روش‌های مختلف آبیاری به‌خصوص در هنگام استفاده از آب‌های غیرمتعارف به‌منظور انتخاب روش صحیح آبیاری و مدیریت صحیح در هنگام استفاده از این‌گونه آب‌ها ضروری به نظر می‌رسد.

پژوهش حاضر با هدف بررسی چگونگی توزیع شوری در نیم‌رخ خاک و تعیین مناسب‌ترین روش آبیاری در کاربرد آب‌های غیرمتعارف (یا پساب تصفیه‌شده‌ی شهری) برای اعمال مدیریت مناسب جهت کاهش اثرات شوری خاک بر گیاه بوده است.

مواد و روش‌ها

به‌منظور بررسی تأثیر دو کیفیت متفاوت آب آبیاری (پساب تصفیه‌شده‌ی شهری و آب معمولی) (جدول ۱) و سه روش آبیاری (قطره‌ای زیرسطحی، قطره‌ای سطحی (نواری) و جوی و پشته‌ای با هیدروفلوم) بر چگونگی توزیع شوری در کشت گیاه چغندرقند، آزمایشی در محدوده‌ی ایستگاه تصفیه‌خانه‌ی فاضلاب شهر مرودشت (عرض جغرافیایی '۲۹°۴۷ شمالی و طول جغرافیایی '۵۲°۴۳ شرقی، ارتفاع ۱۶۰۴ متر از سطح دریا، متوسط بارندگی سالانه ۳۴۰ میلیمتر، تبخیر سالانه ۲۵۸۵ میلیمتر و با اقلیم نیمه‌خشک معتدل) اجرا شد. آزمایش در قالب طرح کرت یك بار خردشده (اسپلیت پلات)، که فاکتور اصلی آن روش آبیاری (قطره‌ای زیرسطحی، قطره‌ای نواری و هیدروفلوم جویچه‌ای) است و فاکتور فرعی آن نوع آبیاری (پساب تصفیه‌شده و آب معمولی) در ۳ تکرار (جمعاً ۱۸ کرت به ابعاد ۷×۶ متر) برای گیاه چغندرقند که فاصله بوته‌ها و ردیف‌ها در آن به ترتیب، ۳۰ و ۵۰ سانتیمتر بود، اجرا گردید.

در روش آبیاری جویچه‌ای مجهز به هیدروفلوم، آب با یک لوله‌ی ۶ اینچ پولیکا و از طریق روزنه‌ای که در مقابل هر جویچه ایجاد شده بود، وارد جویچه‌ها می‌شد. در روش قطره‌ای نواری (تیپ)که از مزایای آن راندمان بالا، کاهش تبخیر و در آبیاری با فاضلاب، کاهش اثرات سوءزیست‌محیطی است (نجفی، ۱۳۸۵) آب از طریق لوله‌های فرعی ۱۶ میلیمتری که در طول ردیف گیاهان مستقر بودند در طول گیاهان پخش می‌شدو در روش آبیاری زیرسطحی که علاوه‌بر راندمان بالا و سایر مزایای روش قطره‌ای نواری، از تماس مستقیم انسان با پساب جلوگیری می‌کند، آب از طریق لوله‌های پلاستیکی ۱۶ میلیمتری (تیپ) که زیر سطح خاک و در عمق ۱۵ تا ۲۰ سانتیمتری نصب شده بودند در اختیار گیاه قرار می‌گرفت. قطر لوله های اصلی، ۵۰ میلیمتر، قطر لوله‌های مانیفلد، ۳۲ میلیمتر و قطر لوله‌های فرعی، ۱۶ میلیمتر و از جنس پلی‌اتیلن انتخاب شدند. قطره‌چکان‌های آبیاری قطره‌ای سطحی از نوع قطره‌چکان‌های تنظیم‌کننده‌ی فشار بوده‌است و در فواصل ۳۰ سانتیمتری از یکدیگر قرار داشتند و در ابتدای کار دارای دبی ۴ لیتر بر ساعت در هر متر بودند.

پس از مشخص‌شدن جایگاه هر تیمار و کرت‌های مربوطه به‌روش تصادفی، در اردیبهشت ماه، سامانه‌های آبیاری در کرت‌های موردنظر طراحی و نصب شدند. در جدول (۱) برخی ویژگی‌های دو نوع آب آبیاری و در جدول (۲) برخی ویژگی‌های خاک مزرعه‌ی آزمایشی پیش از کاشت نشان داده شده است.

جدول۱- برخی ویژگی‌های شیمیایی آب آبیاری

نوع آب	EC(dS/m)	pH	SAR	HCO_3^-	Cl^-	SO_4^{2-}	Ca^{2+}	Mg^{2+}	Na^+	K^+
				(meq/l)						
پساب	۱/۵۲	۷/۶۲	۴/۲۹	۸/۴۶	۴/۷۶	۱/۸۳	۳/۴۱	۳/۱۴	۷/۷۷	۰/۱۳۴
آب معمولی	۰/۵۰۹	۷/۷۷	۰/۸۹	۳/۴۷	۱/۵	۰/۸۳	۳/۰۳	۱/۰۵	۱/۲۸	۰/۰۲۷

جدول۲- برخی ویژگی‌های شیمیایی و فیزیکی خاك مزرعه پیش از کاشت

عمق خاك (سانتی‌متر)	درصد رس	درصد سیلت	درصد شن	چگالی ظاهری (g/cm۳)	EC dSm^{-1}	pH	کربن آلی(٪)	SAR	N (٪)	P(ppm)	K(ppm)
۰-۲۰	۴۵	۴۳/۳	۱۱/۷	۱/۲۴	۰/۷۰۳	۸/۳۳	۰/۹۹۶	۰/۳۹۵	۰/۰۹۱	۱۸/۷۹	۵۵۰
۲۰-۴۰	۴۶	۴۳/۴	۱۰/۶	۱/۲۶	۱/۰۸۶	۸/۳	۰/۷۶	۰/۵۰۸	۰/۰۷	۱۶/۷۱	۴۴۵
۴۰-۶۰	۴۹/۴	۴۰	۱۰/۶	۱/۵۳	۱/۲۸۷	۸/۳	۰/۵۷	۱/۴۲۵	۰/۰۷۳۵	۱۴/۶۲	۴۱۰
۶۰-۸۰	۵۰	۴۵	۵	-	۲/۳۵۳	۸/۲۸	۰/۷۶	۲/۵۲۹	۰/۰۶۵	۹/۶۱	۳۴۰

در هر نوبت نمونه‌برداری، از هر کرت آزمایشی ۱۵ نمونه خاک در عمق‌های ۲۰-۰، ۴۰-۲۰ و ۶۰-۴۰ سانتیمتری برداشت شدند.

در روش آبیاری جویچه‌ای، از ۱۵ نقطه به ترتیب از کف جویچه و به فواصل ۱۵ و ۳۰ سانتیمتر از دو طرف آن به گونه‌ای که هم از کف

و هم از روی پشته‌هانمونه‌برداری شده باشد، نمونه‌برداری شد. از آنجاکه ظرف یک سال گذشته مزرعه‌ی مورد مطالعه تحت آبیاری با تیمارهای مشابه با تحقیق حاضر قرار گرفته بود، نمونه‌برداری از خاک در دو نوبت متفاوت انجام گرفت. نوبت اول در اردیبهشت‌ماه ۱۳۹۰ و قبل از کاشت گیاه و قبل از شروع آبیاری و نوبت دوم در آذرماه ۱۳۹۰ پس از برداشت محصول چغندر قند بوده است. نمونه‌های خاک به وزن تقریبی ۳۰۰ الی ۴۰۰ گرم تهیه و در کیسه پلاستیک‌های مخصوص به آزمایشگاه منتقل می‌شدند.

نمونه‌های برداشت‌شده بلافاصله به آزمایشگاه منتقل می‌شدند. برای تعیین میزان شوری از پارامتر قابلیت هدایت الکتریکی (EC) استفاده شد. به‌منظوراندازه‌گیری EC عصاره‌ی اشباع ابتدا از هر نمونه خاک، عصاره‌ی اشباع تهیه شد و پس از تهیه‌ی عصاره‌ی اشباع، به‌وسیله‌ی دستگاه شوری‌سنج دیجیتالی، مدل JENWAY ۴۱۵۰، شوری خاک همه‌ی نمونه‌ها اندازه‌گیری شد. تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها با نرم‌افزار SAS انجام پذیرفت.

نتایج و بحث

شوری ثانویه یکی از مشکلات جدی در اراضی فاریاب مناطق خشک و نیمه‌خشک است و به همین دلیل بررسی چگونگی توزیع شوری در روش‌های مختلف آبیاری می‌تواند در مدیریت شوری موثر باشد. در نوبت اول اندازه‌گیری، کرت‌هایی که با روش آبیاری جویچه‌ای آبیاری شده‌اند با متوسط شوری ۱/۲، ۱/۰۷ و ۱/۰۹ دسی‌زیمنس برمتر به ترتیب در اعماق ۲۰-۰، ۴۰-۲۰ و ۶۰-۴۰ سانتیمتری خاک کاهش معنی‌داری نسبت به میزان تجمع شوری خاک در روش‌های آبیاری تحت فشار نشان داد. در نوبت دوم نیز روش آبیاری جویچه‌ای با متوسط ۱/۳۲، ۰/۹۲ و ۱/۱ دسی‌زیمنس بر متر به ترتیب در اعماق ۲۰-۰، ۴۰-۲۰ و ۶۰-۴۰ سانتیمتری، کمترین تجمع شوری خاک را بین سه روش آبیاری نشان داد (جدول ۳).

در مجموع، روش آبیاری جویچه‌ای به دلیل حجم آب مصرفی بیشتر در طول دوره‌ی رشد (۱۱۴۰۰ مترمکعب در مقایسه با دو روش دیگر آبیاری که ۸۲۰۰ متر مکعب بود) و در نتیجه آبشویی بیشتر، موجب کاهش شوری خاک در مقایسه با روش‌های تحت فشار گردید. مقایسه‌ی دو روش آبیاری قطره‌ای سطحی و قطره‌ای زیرسطحی در نوبت اول، تجمع شوری بیشتر در عمق‌های ۲۰-۰ و ۴۰-۲۰ سانتیمتری در روش قطره‌ای سطحی با مقدار ۱/۹ و ۱/۳۸ دسی‌زیمنس بر متر و در عمق ۶۰-۴۰ سانتیمتری در روش زیرسطحی با مقدار ۱/۲۷ دسی‌زیمنس بر متر را نشان داد؛ هر چند تفاوت این دو روش تحت فشار در عمق‌های ۲۰-۰ و ۴۰-۲۰ سانتیمتری از نظر آماری معنی‌دار نشد.

در نوبت دوم بیشترین میزان شوری در عمق سطحی خاک (۲۰-۰ سانتیمتر) در روش زیرسطحی با مقدار ۱/۶۶ دسی-زیمنس بر متر و کمترین مقدار شوری در روش جویچه‌ای با مقدار ۰/۹۲ دسی‌زیمنس بر متر در عمق ۴۰-۲۰ سانتیمتری مشاهده شد. در عمق ۶۰-۴۰ سانتیمتری نیز بیشترین شوری با تفاوت معنی‌داری نسبت به دو روش دیگر، در روش قطره‌ای زیرسطحی با مقدار ۱/۵۸ دسی‌زیمنس بر متر مشاهده شد.

جدول ۳- مقایسه‌ی میانگین‌های شوری (دسی‌زیمنس بر متر) در لایه‌های خاک، تحت تاثیر روش‌های آبیاری

روش آبیاری	شوری(dS/m)(نوبت اول)			شوری(dS/m)(نوبت دوم)		
	۰-۲۰	۲۰-۴۰	۴۰-۶۰	۰-۲۰	۲۰-۴۰	۴۰-۶۰
	(سانتیمتر)					
جویچه‌ای	۱/۲b*	۱/۰۷b	۱/۰۹b	۱/۳۲c	۰/۹۲c	۱/۱c
قطره‌ای زیرسطحی	۱/۷a	۱/۲۵a	۱/۲۷a	۱/۶۶a	۱/۲۹b	۱/۵۸a
قطره‌ای سطحی	۱/۹a	۱/۳۸a	۱/۱۷ab	۱/۵۳b	۱/۳۹a	۱/۴۵b

*- در هر ستون، میانگین‌ها با حروف غیرمشابه طبق آزمون دانکن تفاوت معنی‌دار در سطح ۵ درصد دارند.

جدول۳- مقایسه‌ی میانگین‌های شوری (دسی‌زیمنس بر متر) در لایه‌های خاک، تحت تاثیر کیفیت آب آبیاری

روش آبیاری	شوری(dS/m)(نوبت اول)			شوری(dS/m)(نوبت دوم)		
	۰-۲۰	۲۰-۴۰	۴۰-۶۰	۰-۲۰	۲۰-۴۰	۴۰-۶۰
	(سانتیمتر)					
پساب	۱/۸۲a*	۱/۵۷a	۱/۴۶a	۱/۶a	۱/۳a	۱/۴a
آب معمولی	۱/۳۸b	۰/۹b	۰/۸۹b	۱/۴b	۱/۰۸b	۱/۲۸b

*- در هر ستون، میانگین‌ها با حروف غیرمشابه طبق آزمون دانکن تفاوت معنی‌دار در سطح ۵ درصد دارند.

آبیاری با پساب در هر دو نوبت و در هر سه عمق باعث افزایش شوری خاک نسبت به آبیاری با آب معمولی شده است. بیشترین میزان شوری در اثر آبیاری با پساب در عمق ۲۰-۰ سانتیمتری خاک با متوسط شوری ۱/۸۲ و ۱/۶۱ دسی‌زیمنس بر متر به ترتیب در نوبت اول و در نوبت دوم اندازه‌گیری شد (جدول ۴).

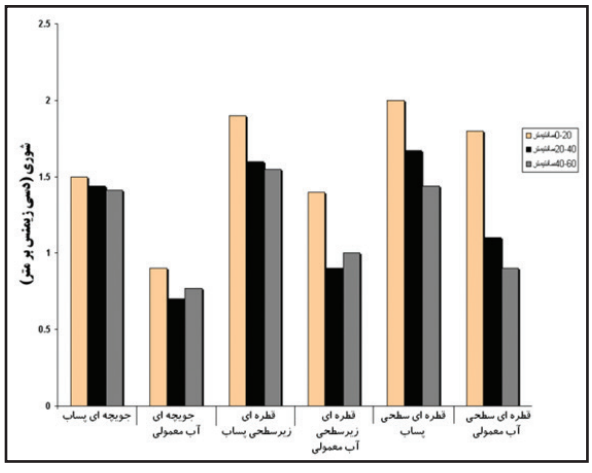
به‌طور کلی آبیاری با پساب به‌دلیل بالاتر بودن میزان هدایت الکتریکی پساب نسبت به آب معمولی (به ترتیب ۱/۵۲ و ۰/۵۰۹ دسی‌زیمنس بر متر) بدون توجه به روش آبیاری موجب تجمع بیشتر شوری در هر سه عمق مورد مطالعه‌ی خاک شده است که با نتایج Franco و همکاران (۱۹۹۹) و Bole و همکاران (۱۹۸۱) مطابقت دارد. بین تیمارهای برهمکنش روش‌های آبیاری و کیفیت آب آبیاری، اختلاف معنی‌دار در نوبت دوم و در هر سه عمق مورد مطالعه‌ی خاک مشاهده شد. نتایج متوسط شوری در تیمارهای مختلف مورد بررسی، در جدول (۵) نشان داده شده است. بیشترین میزان تجمع شوری در تیمارهای برهمکنش روش‌های آبیاری و کیفیت آب آبیاری در عمق ۲۰-۰ سانتیمتری خاک در تیمار قطره‌ای زیرسطحی- پساب با متوسط ۱/۹۷ و ۱/۷۸ دسی‌زیمنس بر متر به ترتیب در نوبت اول و در نوبت دوم مشاهده شد. کمترین مقدار شوری مشاهده‌شده نیز در عمق ۴۰-۲۰ سانتیمتری خاک در تیمار جویچه‌ای- آب معمولی با متوسط ۰/۷ و ۰/۷۶ دسی‌زیمنس بر متر به ترتیب در نوبت اول و نوبت دوم بوده است (جدول ۵).

جدول۵- متوسط شوری در لایه‌های خاک برای اجزای مختلف برهمکنش روش‌های آبیاری و کیفیت آب آبیاری

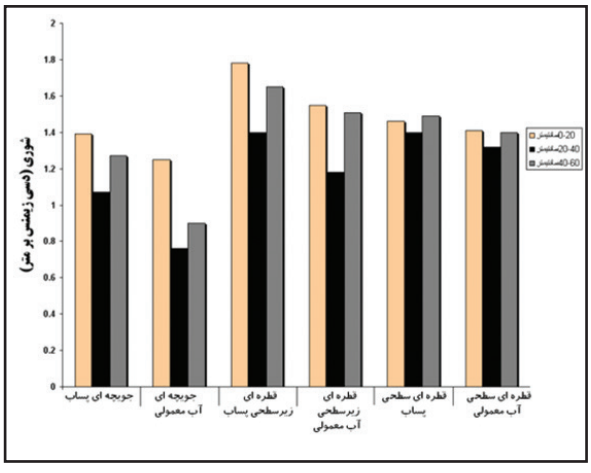
تیمارهای مورد بررسی	شوری(dS/m)(نوبت اول)			شوری(dS/m)(نوبت دوم)		
	۰-۲۰	۲۰-۴۰	۴۰-۶۰	۰-۲۰	۲۰-۴۰	۴۰-۶۰
	(سانتیمتر)					
جویچه‌ای- پساب	۱/۵	۱/۴۴	۱/۴۱	۱/۳۹bc*	۱/۰۷b	۱/۲۷c
جویچه‌ای- آب معمولی	۰/۹	۰/۷	۰/۷۷	۱/۲۵c	۰/۷۶c	۰/۹d
قطره‌ای زیرسطحی- پساب	۱/۹۷	۱/۶	۱/۵۵	۱/۷۸a	۱/۴a	۱/۶۵a
قطره‌ای زیرسطحی- آب معمولی	۱/۴	۰/۹	۱/۰	۱/۵۵ab	۱/۱۸b	۱/۵۱ab
قطره‌ای سطحی- پساب	۲/۰	۱/۶۷	۱/۴۴	۱/۴۶ab	۱/۴a	۱/۴۹ab
قطره‌ای سطحی- آب معمولی	۱/۸	۱/۱	۰/۹	۱/۴۱bc	۱/۳۲ab	۱/۴b

*- در هر ستون، میانگین‌ها با حروف غیرمشابه طبق آزمون دانکن تفاوت معنی‌دار در سطح ۵ درصد دارند.

همان‌گونه که در شکل‌های(۱) و (۲) مشاهده می‌شود در تمام تیمارها و در هر دو نوبت اندازه‌گیری، شوری لایه‌ی سطحی خاک (۲۰-۰ سانتیمتر) بیشتر از شوری لایه‌های زیرین است. از این دو نمودار تأثیر بیشتر پساب بر شوری خاک نیز به‌خوبی دیده می‌شود.



شکل۱- تغییرات شوری در نوبت اول غونه برداری



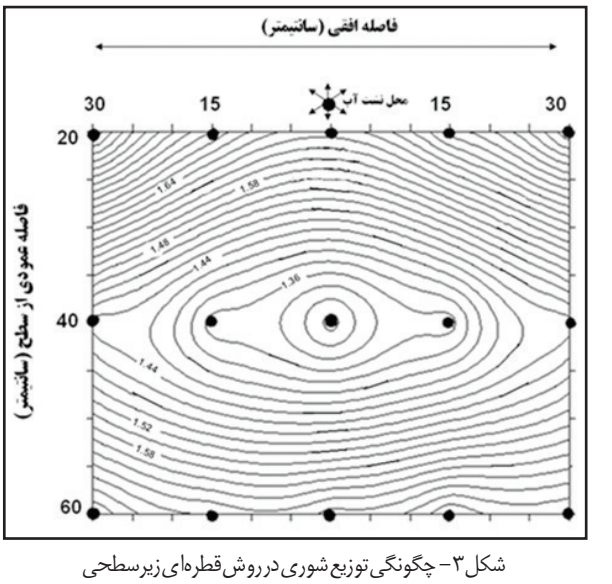
شکل۲- تغییرات شوری در نوبت دوم غونه برداری

چگونگی توزیع رطوبت و شوری در نیم‌رخ خاک

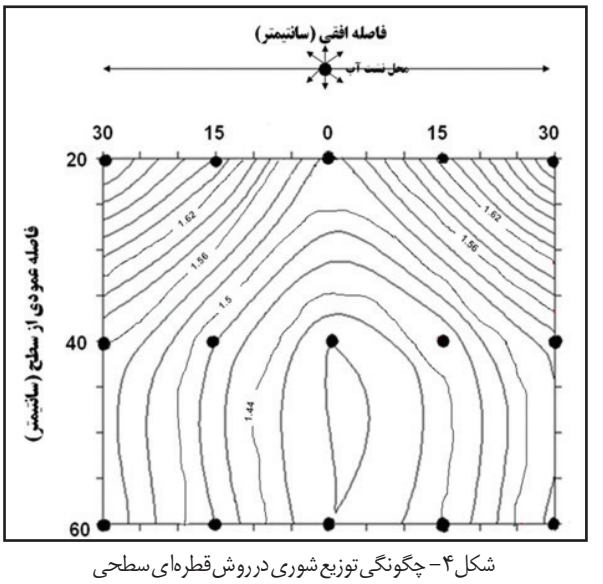
چگونگی توزیع شوری در خاک پیرامون محل نشت آب در روش قطره‌ای زیرسطحی در شکل (۳) نشان داده شده است. درروش آبیاری قطره‌ای زیرسطحی، بیشترین میزان شوری در فاصله‌ی ۳۰ سانتیمتری از قطره‌چکان و در عمق ۲۰-۰ سانتیمتری مشاهده شد. با نزدیک‌شدن (افقی) به محل نشت آب، شاهد کاهش شوری هستیم. کمترین مقدار شوری در عمق ۴۰-۲۰ سانتیمتریو در راستای قطره‌چکان وجود دارد. بیشترین مقدار شوری نیز در قسمت سطحی خاک مشاهده می‌شود.

همانگونه که در شکل (۴) مشاهده می‌شود توزیع شوری در روش قطره ای سطحی (نواری) نشان می‌دهد که بیشترین میزان شوری از نظر عمقی در محل قطره چکان و در عمق ۲۰-۰ سانتیمتری می‌باشد (سطح خاک) و هر چه فاصله از قطره چکان بیشتر می‌شود شاهد افزایش شوری می‌باشیم. در حقیقت در محدوده دو قطره چکان که در ردیف ها قرار دارند هر چه از قطره چکان‌ها دورتر می‌شویم تجمع شوری بیشتر است چون آبشویی کمتر اتفاق می‌افتد و آب بصورت نشتی به آن قسمت می‌رسد.

در روش جویچه‌ای بیشترین میزان تجمع شوری در رأس پشته‌ها است (عمق ۲۰-۰ سانتیمتر). کف جویچه‌ها کمترین مقدار شوری را نشان می‌دهد (شکل ۵).



شکل۳- چگونگی توزیع شوری در روش قطره‌ای زیرسطحی

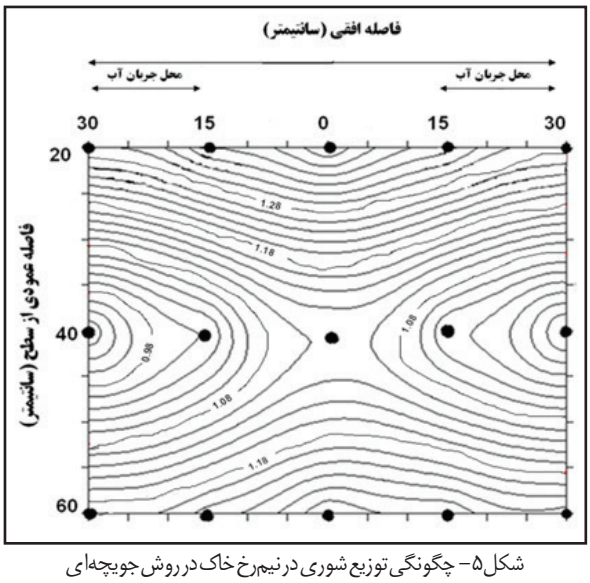


شکل۴- چگونگی توزیع شوری در روش قطره‌ای سطحی

نتیجه گیری

همان‌طور که در تجزیه و تحلیل داده‌های به دست‌آمده مشاهده شد، آبیاری با پساب در شورشدن خاک تأثیر قابل توجهی (۱۲۰٪ در سطح و حدود ۲۰٪ در اعماق پایین‌تر) دارد که با تحقیق صفری سنجانی در تضاد است. علت این تضاد می‌تواند خاک بسیار شور مورد آزمایش در تحقیق صفری سنجانی و همچنین مدت زمان طولانی آبیاری قطره‌ای و در نتیجه آبشویی مکرر خاک باشد.

براساس نتایج این تحقیق، در روش آبیاری جویچه‌ای در کلیه‌ی کرت‌های آزمایشی شوری خاک نسبت به دو روش تحت فشار افزایش کمتری داشته است اما حجم آبی که در این روش آبیاری استفاده شده است بیشتر از دو روش آبیاری تحت فشار بوده است. روش‌های آبیاری تحت فشار به‌دلیل تلفات کمتر آب و خروج تدریجی آب از قطره‌چکان‌ها موجب شورتر شدن خاک نسبت به روش جویچه‌ای به‌خصوص در بخش سطحی خاک شده‌اند که با افزایش تعداد دفعات آبیاری و در نظرگرفتن آبشویی می‌توان اثرات شوری را کاهش داد.



شکل۵- چگونگی توزیع شوری در نیم‌رخ خاک در روش جویچه‌ای

توصیه‌ها و پیشنهادات

با توجه به نتایج حاصل از این تحقیق، رعایت نکات زیر در استفاده از پساب‌ها توصیه می‌گردد:

۱- در روش‌های آبیاری که دارای بازده‌ی نسبتاً بالایی هستند به‌دلیل کاهش تلفات عمقی و درنتیجه عدم امکان آبشویی به‌تدریج تجمع نمک در بخش سطحی خاک افزایش می یابد. چنانچه این روش بدون در نظرگرفتن آبشوئی ادامه پیدا کند به‌تدریج خاک شور شده و باعث کاهش حاصل‌خیزی خاک می‌شود؛ بنابراین توصیه می‌شود عملیات آبشویی با آب‌های دارای کیفیت مناسب در هنگام استفاده از پساب در کشاورزی خصوصاًدر روش‌های تحت فشار برای جلوگیری از تخریب خاک در مواقع مناسب انجام شود.

۲- کاشت گیاه در دامنه‌ی پشته‌ها در روش آبیاری جویچه‌ای جهت اجتناب از اثرات شوری که معمولاً در رأس پشته‌های جویچه‌ها بیشترین تجمع نمک رخ می‌دهد.

۳- انجام تحقیقات بیشتر در زمینه‌ی چگونگی و میزان تجمع عناصر مختلف در خاک به هنگام استفاده از پساب و همچنین اثرات زیست‌محیطی آن توصیه می‌شود.

۴- در هنگام استفاده از پساب‌ها به‌دلیل شوری بیشتر نسبت به آب‌های معمولی، کاهش دور آبیاری و افزایش دفعات آبیاری به‌منظور کاهش غلظت نمک پیرامون ریشه‌ها توصیه می‌گردد.

منابع

حسن‌لی، ع. م. و سعادت، ی. ۱۳۸۴. تغییرات برخی ویژگی‌های شیمیایی خاك در اثر آبیاری با پساب. مجموعه مقالات نهمین کنگره‌ی علوم خاك ایران، ۱: ۴۳۸-۴۳۹.

صفری سنجانی، ع.ا. ۱۳۷۴. پیامد آبیاری با پساب بر برخی از ویژگی‌های شیمیایی خاك‌های ناحیه‌ی برخوار اصفهان و انباشتگی برخی عناصر در گیاه یونجه. پایان‌نامه‌ی کارشناسی ارشد خاك‌شناسی. دانشکده‌ی کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان.

عابدی کوپایی، ج.، افیونی، م.، مصطفی زاده، ب.، موسوی، س. و باقری، م. ۱۳۸۲. تأثیر آبیاری بارانی سطحی با پساب تصفیه‌شده بر شوری خاك. آب و فاضلاب، (۴۲): ۳۲-۴۴.

عرفانی آگاه، ع. ۱۳۸۰. بررسی کارایی فاضلاب‌های تصفیه‌شده‌ی خانگی در آبیاری زراعت کاهو و گوجه فرنگی. مجموعه مقالات کمیته‌ی ملی آبیاری و زهکشی. همایش جنبه‌های زیست‌محیطی استفاده از پساب‌ها در آبیاری. تهران: ۲۱-۱۲.

نجفی، پ.، موسوی، م.و عابدی، م.ج. ۱۳۸۰. اثرات کاربرد روش آبیاری قطره‌ای در بهبود وضعیت بهره‌برداری از پساب

تصفیه‌شده‌ی شهری. مجموعه مقالات همایش اثرات زیست محیطی پساب‌های کشاورزی بر آب‌های سطحی و زیرزمینی. کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران. کمیته منطقه‌ای آبیاری و زهکشی مازندران، شماره انتشار ۸۵: ۵۳-۹۲.

نجفی، پ. ۱۳۸۵. اثر آبیاری قطره‌ای زیرسطحی در افزایش WUE در آبیاری برخی محصولات کشاورزی. پژوهش و سازندگی، (۷۳): ۱۵۶-۱۶۲.

Abou Shady A., Peng C., Bi J., Xu H. and Juan Almeria O. 2012. Recovery of Pb (II) andremoval of NO3 from aqueous solutions using integrated electrodialysis, elec-trolysis, and adsorption process. Desalination 286: 304– 315.

AbdelGawadG., ArslanA. and Kaadouri F. 2005. The effect ofsaline irrigation water management and salt tolerant tomato varieties on sustainable production of tomato in Syria. Agric. Water Manage, 78: 39-53.

Bole J.B., Carefoot J.M., VhangC. and osterveld M. 1981. Effect of wastewater irrigation and leaching percentage on salt and ground water chemistry. J. Environ, 40: 177-183.

Franco J.A., Abrisqueta J.M., Hernansaes A. and Moreno F. 1999. Water balance in a young almond orchard under drip irrigation with water of low quality. Agric. Water Manage, 43: 75-98.

Murtaza G., Ghafoor A., and Qardir M. 2006. Irrigation and soil management strategies for using saline- sodic water in cotton- wheat rotation Agric. Water Manage, 81: 98-114.

Perez G., Martinez M.J., Vidal J. and Sanchez A. 2003. The role of low quality irrigation water in the desertification of semi-arid zones in Murcia, SE Spain. Geoderma, 21: 109-125.

Pescod M.B. 1992. Wastewater treatment and use in agriculture. FAO,Irrigation and Drainage Paper, No. 47, 113 P.

Qadir M., Ghafoor A. andMurtaza G. 2001. Use of saline–sodic waters through phytoremediation of calcareus saline–sodic soils. Agric. Water Manage, 50: 197-210.

Sharma B.R. and Minhas P.S. 2005. Strategies for managing saline alkalin waters sustainable agricultural production in South Asia. Agric.Water Manage, Vol.78 : 136-151.

Shuval H.I., Adin, A. and Fattal, B.1986. Wastewater irrigation in developing countries: Health effects and technical solutions. Technical Paper No.51. The World Bank, Washington, D.C.