The Effect of Sprinkler and Surface Irrigation with Treated Wastewater on Soil Salinity

Abedi Koupai, J. (Ph.D), Afyuni, M. (Ph.D), Mousavi, S.F. (Ph.D), Mostafazadeh, B. (Ph.D), and Bagheri, M.R. (M.Sc)

Colledge of Agriculture, Isfahan University of Technology, Iran

Abstract

World population growth is reaching the point where available freshwater is insufficient for the basic needs of mankind. This is becoming particularly acute in arid and semi-arid regions of the world likes Iran. Hence, there is a growing need to utilize low quality water where freshwater is in scarce. In the respect, urban wastewater is a promising resource, but there are many concerns about the environmental and health aspects of using such water. This is particularly the case where wastewater effluent is used but proper monitoring is not carried out. There is a need for suitable guidelines for water users on the different aspects of using non-conventional water resources safely.

One-year experiment including wastewater and groundwater with two irrigation systems (Sprinkler and surface) and three crops (sugar beet, corn and sunflower) was conducted in Borkhar region in Isfahan province in central Iran. Soil samples in different depths of 0-20, 20-40, 40-80 and 80-120 cm were collected to determine the soil electric conductivity (EC) in there stages (beginning, middle and end of growing season).

The results indicated, in the wastewater treatment, the soil EC decreased significantly compared with the groundwater treatment. Sprinkler irrigation system had a significant effect on the soil EC, compared with the surface irrigation system. This could be related to the less production of suspended materials in the sprinkler system and therefore less possibility of the soil porosity

تأثیر آبیاری بارانی و سطحی با پساب تصفیه شده بر شوری خاک

(دریافت ۸۱/۸/۲۰ پذیرش ۸۲/۲/۱۰)

جهانگیر عابدی کوپایی* مجید افیونی** بهروز مصطفی‌زاده*** سید فرهاد موسوی**** محمدرضا باقری*****

چکیده

با توجه به محدودیت منابع آب کشور و روند رو به رشد مصرف آب در سال‌های اخیر، ناشی از افزایش جمعیت و توسعه صنعتی، سیاست‌های جدید منابع آب کشور مبتنی بر افزایش میزان آب‌های قابل دسترس و جایگزین نمودن منابع آب می باشد. در این راستا اجرای تدابیری، به خصوص در بخش کشاورزی، که بیشترین سهم مصرف آب را به خود اختصاص داده است، می‌تواند در کاهش تأثیرات بحران آب مؤثر باشد. با توجه به این که حدود ۶۰ تا ۷۰ درصد آب مورد مصرف شهرها به فاضلاب تبدیل می‌شود، پساب فاضلاب های شهری می‌تواند به عنوان یک منبع با ارزش در کشاورزی محسوب شود، به شرط آنکه استفاده اصولی از آن با تصفیه مناسب و روش آبیاری متناسب با کیفیت پساب همراه باشد. همچنین عوارض سوء زیست محیطی و اثرات تجمعی و طولانی مدت استفاده از پساب، از جمله تجمع املاح و فلزات سنگین در خاک و گیاه، رفع گردد و با تحقیقات مستمر در زمینه‌های ذکر شده مقررات متناسب با هر منطقه ارائه شود.

در این تحقیق، به منظور بررسی تأثیر پساب تصفیه‌خانه شاهین‌شهر اصفهان و سیستم های آبیاری بر روی EC خاک، آزمایش هایی برای چند محصول زراعی به مدت یک‌سال انجام گردید. تیمارهای آب آبیاری شامل آبیاری با پساب و آبیاری با آب چاه می باشد. تیمارهای سیستم آبیاری شامل سیستم آبیاری بارانی و سیستم آبیاری سطحی و محصولات کشت شده، چغندرقند، ذرت و آفتابگردان است. نمونه‌برداری از خاک، در چهار عمق ۲۰- ۰، ۴۰-۲۰، ۸۰- ۴۰ و ۱۲۰-۸۰ سانتی‌متری در سه مرحله اول، وسط و انتهای فصل رشد انجام گرفت. نتایج نشان می‌دهد که استفاده از پساب، کاهش شوری خاک را در پی داشته است، به طوری که این کاهش در مقایسه با تیمار آب چاه معنی‌دار است. بهره‌گیری از پساب برای آبیاری باعث شده است که خاک های شور و سدیمی منطقه به یک خاک با شوری بین ۱/۲۵ تا ۲/۴۹ دسی زیمنس بر متر تغییر یابد. آبیاری بارانی تأثیر معنی‌داری بر کاهش شوری خاک در مقایسه با آبیاری سطحی داشته است. املاح در طول فصل رشد، در اثر آبشویی کاهش یافته و به زیر عمق توسعه ریشه‌ها منتقل گردیده است. مقدار این کاهش بستگی به نسبت آبشویی و بافت خاک در عمق‌های مختلف خاک دارد. روند آبشویی املاح، در کشت چغندر و ذرت به جهت بالا بودن نیاز آبی، بیش از کشت آفتابگردان بود. در تیمار آب چاه که میزان املاح آن بالاست، چنانچه نیاز آبشویی کاهش یابد، می‌تواند باعث افزایش املاح در عمق توسعه ریشه شود که کاهش عملکرد را بدنبال خواهد داشت. عامل دیگری که بر حرکت املاح خاک تأثیر دارد، خلل و فرج درشت ناشی از درز و ترک های سطحی خاک و خلل و فرج ناشی از وجود ریشه‌های قدیمی در خاک است. از دیگر عوامل مؤثر بر حرکت املاح، پخش آب در سطح خاک است که در سیستم آبیاری بارانی به خاطر افزایش راندمان پخش آب در سطح خاک، راندمان آبشویی املاح بیش از آبیاری سطحی می‌باشد، و ممکن است این مسئله در نتیجه کاهش جریان ترجیحی در سیستم آبیاری بارانی باشد.

واژه‌های کلیدی: آبیاری با پساب، سیستم های آبیاری، شوری خاک.

* استادیار گروه آبیاری، دانشکده کشاورزی دانشگاه صنعتی اصفهان
** دانشیار گروه خاک‌شناسی، دانشکده کشاورزی دانشگاه صنعتی اصفهان
*** دانشیار گروه آبیاری، دانشکده کشاورزی دانشگاه صنعتی اصفهان
**** استاد گروه آبیاری، دانشکده کشاورزی دانشگاه صنعتی اصفهان
***** دانشجوی سابق کارشناسی ارشد آبیاری و زهکشی، دانشکده کشاورزی دانشگاه صنعتی اصفهان

مقدمه

با توجه به کمبود آب در مناطق خشک و نیمه خشک، جایگزینی منابع جدید و مطمئن آب، برای استفاده در بخش کشاورزی، باید مورد توجه خاص قرار گیرد. پساب فاضلاب های کشاورزی، صنعتی، شهری و روستایی می‌تواند به عنوان یک منبع بالقوه آب مورد توجه و مصرف قرار گیرد، تا نه تنها بخشی از کمبود آب کشاورزی کشور جبران شود، بلکه از اثرات سوء تخلیه بی‌رویهٔ فاضلاب ها و خسارات آنها به محیط زیست نیز جلوگیری به عمل آید.

با افزایش جمعیت و توسعه اغلب شهرهای کشور و فعالیت های صنعتی در آینده، پیوسته منابع آب جدید به آنها اختصاص می‌یابد که پس از مصرف، بخش قابل توجه آن قابل بازیافت خواهد بود و می‌تواند به چرخهٔ تولید کشاورزی بازگردانده شود. پیش‌بینی می‌شود که در سال ۱۴۰۰ بیش از ۱۰ میلیارد متر مکعب آب در سال، در بخش شرب شهری و روستایی و صنعت، مصرف خواهد شد. با فرض ضریب بازیافت ۶۰ تا ۷۰ درصد این مصارف، حدود ۶ تا ۷ میلیارد متر مکعب آب در سال قابل بازیافت بوده و می‌تواند به طور مستقیم ظرفیت تأمین آب کشور برای مصارف کشاورزی و صنعت را افزایش دهد.

گزارش‌های متعدد نشان داده است که تداوم آبیاری با فاضلاب خانگی، تغییر معنی‌داری را در ظرفیت تبادل کاتیونی و pH خاک ایجاد کرده است [۸]. جووارکار و سوبرمانیام [۱۰] با بررسی اثر تفاله و فاضلاب کارخانه کاغذسازی بر روی محصول و خاک، نشان دادند که استفاده از فاضلاب برای آبیاری، قابلیت تبادل خاک را افزایش داده و pH خاک به اندازه ۲/۳ واحد افزایش یافته است. آلهندز و همکاران[۵]، گزارش کرده‌اند که در اثر آبیاری با فاضلاب با pH برابر با ۷/۵، مقدار pH خاک به ۰/۱± ۷ رسیده است.

میزان نمک و شوری در فاضلاب شهری، به شوری منابع مورد استفادهٔ خانگی و مواد شیمیایی افزوده شده به آن، بستگی دارد. نمک هایی که مشکل شوری را به وجود می‌آورند، حلالیت زیادی داشته و به وسیله آب جابجا می‌گردند. مقدار املاح در لایه سطحی خاک، معادل شوری آب آبیاری است و در عمق خاک و نزدیکی ناحیه توسعه ریشه‌ها تا چندین برابر افزایش می‌یابد[۱۳]. بول و همکاران [۷]،با بررسی اثر آبیاری با فاضلاب بر روی شوری خاک در مدت ۶ سال، نشان دادند که در دو سال اول به دلیل بالا بودن درصد آبشویی، شوری خاک کاهش و در چهار سال انتهایی، در نتیجه کاهش درصد آبشویی، شوری خاک افزایش یافته است.

صفری سنجانی[۲] ، بیان نموده که ۷ سال آبیاری با پساب توانسته است زمین های شور و سدیمی منطقه برخوار اصفهان را بدون هیچ تیمار دیگری، به یک خاک مناسب برای کشاورزی دگرگون کند و شوری محلول تبادلی و همچنین سدیم کل خاک را به اندازهٔ چشمگیر کاهش دهد. زادهوش [۱]، در تحقیقات خود در منطقه شمال اصفهان بیان می‌دارد که پساب نه تنها هیچ‌گونه مسئله‌ای از لحاظ شوری و قلیاییت در منطقه ایجاد ننموده، بلکه شوری و قلیاییت خاک های منطقه را کاهش داده است.

تحقیق حاضر، مبتنی بر بخشی از نیازهای تحقیقاتی در این زمینه است که اثرات فاضلاب تصفیه شده و سیستم های آبیاری بر شوری خاک را در یک مطالعه موردی مورد بررسی قرار داده است.

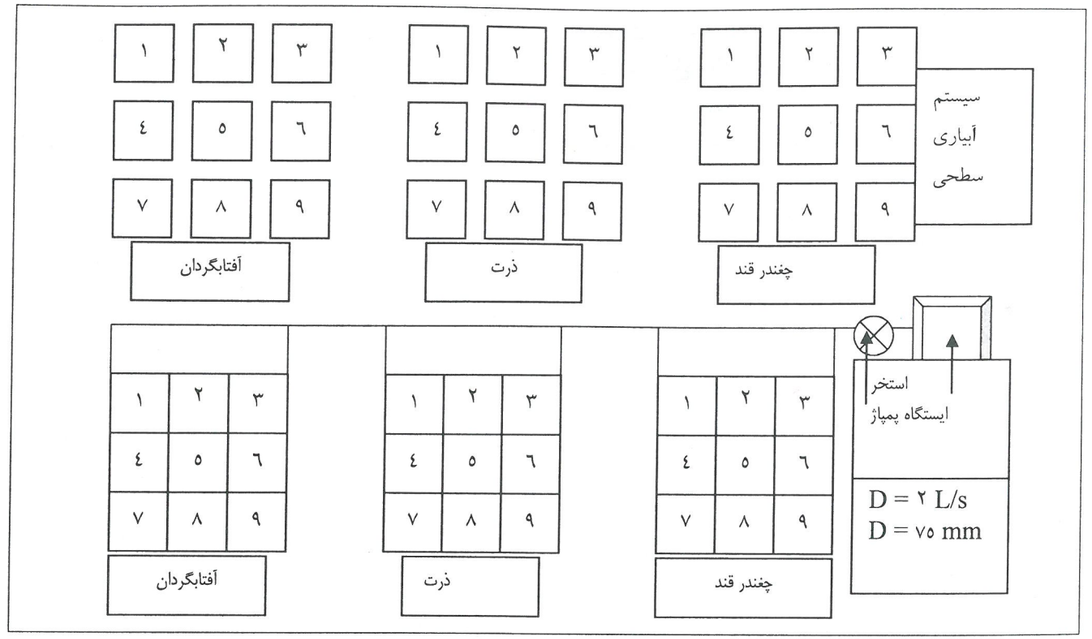
روش انجام کار

دشت برخوار در شمال اصفهان واقع شده و از شمال به ارتفاعات جعفرآباد، از شرق به زیر حوضه کوهپایه، سگزی و بخش قهاب، از جنوب به شهر اصفهان و از غرب به کوه محمودآباد، کوه‌خان و سنگاریات محدود می‌شود.

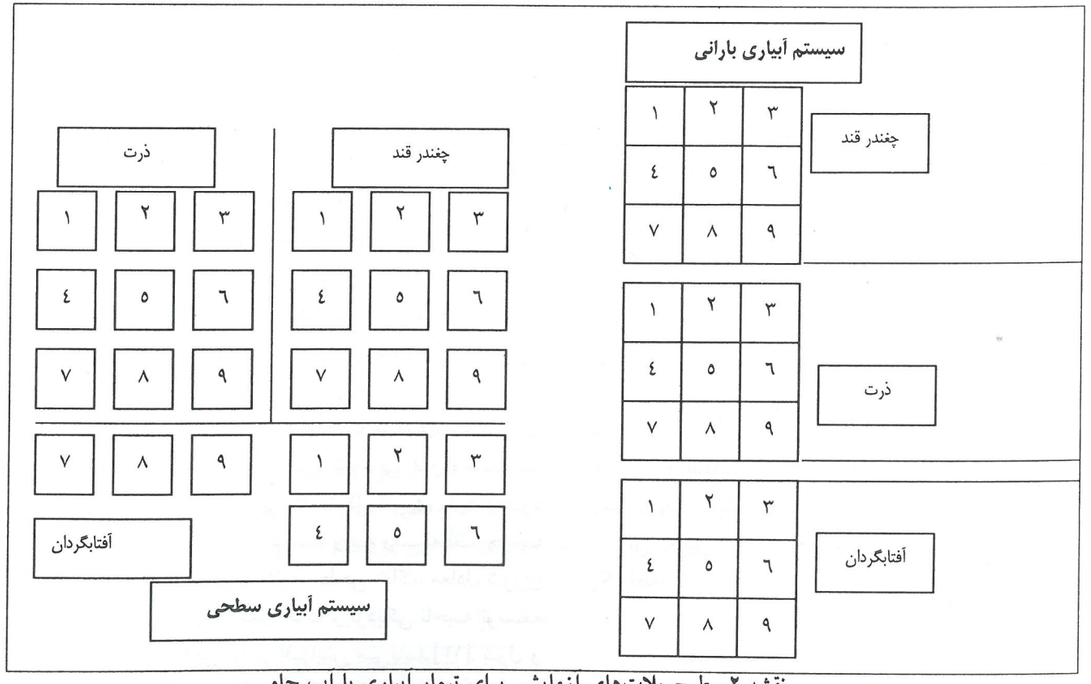
براساس روش آمریکایی، خاک‌های نمونه‌برداری شده از ردهٔ اریدی سولز می‌باشد. خاک‌های آبیاری شده با پساب، تحت گروه کلسیک آرجی جیپسیک[1] و خاکهای آبیاری شده با آب چاه تحت گروه کلسی آرجید[2] طبقه‌بندی می‌گردد. این خاک‌ها، دارای ساختمان دانه‌ای ضعیف و کوچک، پایداری سست و آهک در افق سطحی هستند. در طبقات پایین آن، آهک بسیار زیاد و به قطر بیش از پانزده میلی‌متر وجود دارد.

این تحقیق در دو قطعه زمین، با فاصله ۵۰۰ متر، که یک قطعه با پساب تصفیه‌خانه شاهین‌شهر (نقشه ۱) و

[1] Calcic Argigypsics
[2] Calci Argids



نقشه ۱- طرح پلات‌های آزمایشی برای تیمار آبیاری با پساب.



نقشه ۲- طرح پلات‌های ازمایشی برای تیمار ابیاری با اب چاه

قطعهٔ دیگر با آب چاه آبیاری می‌گردید، (نقشه ۲) انجام گرفت. تیمارهای آزمایشی برای گیاه شامل دو تیمار کیفیت آب و دو تیمار سیستم آبیاری است. تیمارهای آبیاری شامل فاضلاب تصفیه شده و آب چاه و تیمارهای سیستم آبیاری شامل سیستم آبیاری سطحی (غرقابی) و سیستم آبیاری بارانی می‌باشند. تیمارهای فوق برای گیاهان چغندرقند، ذرت و آفتابگردان مورد آزمایش قرار گرفت. در هر قطعه، به طور مجزا آبیاری بارانی (نوع نیمه متحرک با جابجایی دستی) و آبیاری سطحی (به صورت کرتی) بر روی سه محصول، هر یک در ۹ تکرار اجرا شد. دور آبیاری با توجه به آب مورد نیاز گیاه در دوره حداکثر نیاز، برای آفتابگردان و ذرت ۱۰ روز و برای چغندرقند ۸ روز در نظر گرفته شد. سپس برای هر یک از سیستم های آبیاری بارانی و سطحی، با توجه به راندمان آبیاری، عمق توسعه ریشه و کمبود رطوبت خاک میزان آب آبیاری در هر آبیاری محاسبه و اعمال گردید. توضیح بیشتر در مورد محاسبات آب آبیاری در مرجع [۳] ارائه شده است. برای بررسی اثرات پساب و سیستم‌های آبیاری از آزمون t جفت شده در سطح معنی‌دار ۰/۰۵ استفاده گردید.

برای بررسی اثر پساب ونوع سیستم آبیاری بر خاک ، سه کرت آزمایشی به صورت تصادفی انتخاب و از چهارعمق ۲۰-۰، ٤۰-۲۰، ۸۰-٤۰ و ۱۲۰-۸۰ سانتی‌متری خاک با آگر نمونه‌برداری شد. نمونه‌برداری در سه مرحله ابتدا (قبل از کاشت گیاه)، وسط و انتهای فصل رشد انجام گرفت. نمونه‌های خاک در کیسه‌های پلاستیکی به آزمایشگاه منتقل شده و در هوا خشک گردید و با چکش چوبی خرد و از الک ۲ میلی‌متری گذرانده شد.

نتایج و بحث

تجزیه شیمیایی پساب تصفیه‌خانه شاهین‌شهر اصفهان

در این تحقیق، خصوصیات فیزیکی، شیمیایی و آلودگی پساب آزمایش شده است. جدول ۱ نتایج تجزیه فیزیکی، شیمیایی و آلودگی پساب تصفیه‌خانه شاهین‌شهر و همچنین آب چاه را نشان می‌دهد.

تعیین مرز استاندارد سراسری برای بهره‌گیری از پساب در آبیاری و کشاورزی به نظر درست نمی‌رسد. بهتر است که تصفیهٔ فاضلاب و مرز استاندارد پساب برای بهره‌گیری از آن در کشاورزی، با آگاهی از ویژگی های آب و هوایی، خاک، گیاه و روش های مدیریتی کشاورزی در هر منطقه، جداگانه انجام شود. گذشته از گوناگونی این ویژگی ها در مناطق مختلف، نیاز است که در بهره‌گیری از پساب در آبیاری کشتزارها به آلاینده‌های مهم دیگر که برای آنها مرزی تعیین نشده است، نیز توجه شود. برای مثال در جدول استاندارد پیشنهادی سازمان حفاظت محیط زیست ایران، برای ویژگی های بنیادی چون هدایت الکتریکی، کاتیون ها و آنیون های محلول (به ویژه بیکربنات سدیم)، نسبت جذب و عناصر غذایی (به ویژه ازت) که در کشاورزی و آبیاری نمی‌توان از آنها چشم پوشید، مرزی تعیین نشده است. برای جبران این کمبودها، جدول رهنمودهای ارزیابی چگونگی آب آبیاری که به وسیله فائو در سال ۱۹۸۵ و ۱۹۹۲ ارائه شده، کمک بسیار خوبی است [۱۱و۱۲]. همان‌گونه که در جدول ۱ مشاهده می شود، میانگین هدایت الکتریکی ۱/۸۱دسی زیمنس بر متر است؛ ولی به طور کلی EC پساب تصفیه خانه شاهین شهر اصفهان، با ۹۵٪ اطمینان از ۱/۹٤ دسی زیمنس بر متر کمتر است و در دامنه شوری گزارش شده پساب‌ها (۰/۲ تا ۲/۲) جای می گیرد [٤ ، ۹ و ۱۰] . فائو در سال ۱۹۹۲ مرز استاندارد EC را در پساب کاربردی برای آبیاری، تا ۲/۹۷ دسی زیمنس بر متر تعیین نموده است. EC پساب تصفیه خانه شاهین شهر اصفهان کمتر از این مقدار می باشد [۱۲]. کاتیون غالب در پساب، سدیم است. غلظت کلسیم، کمی بیش از منیزیم و مقدار بی کربنات بیشتر از کلرید و سولفات است. سازمان حفاظت محیط زیست ایران در سال ۱۳۷۳، مرز استاندارد Mg ، Cl و SO_4 را در پساب، برای مصارف کشاورزی وآبیاری، به ترتیب ۱۰۰ ، ٦۰۰ ،و ۵۰۰ میلی گرم بر لیتر گزارش نموده که مقدار استاندارد Mg ، Cl و SO_4 پساب تصفیه خانه شاهین شهر کمتر از این حدود مجاز است. اما غلظت این یون‌ها در آب چاه، بیشتر از حد مجاز تعیین شده توسط این سازمان است. فائو در سال ۱۹۸۵ حد مجاز SAR را برای آبیاری تا ۹ تعیین نموده است که SAR پساب و آب چاه مورد آزمایش از آن کمتر است [۱۱] .

ادامه جدول ۱- میانگین و دامنه پارامترهای فیزیکی، شیمیایی و آلودگی پساب تصفیه‌خانه شاهین‌شهر اصفهان و آب چاه.

پارامتر	پساب		واحد	آب چاه		مرز استاندارد آلوده‌کننده‌ها درپساب [1]		استاندارد ارائه شده[2] برای آبیاری با فاضلاب	گسترهٔ مجاز آب آبیاری [3]	
	میانگین	دامنه با اطمینان ۹۵٪		آب مورد آزمایش	استاندارد ارائه شده	بهره‌گیری در آبیاری و کشاورزی	تخلیه به آب‌های سطحی		برای استفاده مداوم در همه خاک‌ها	برای استفاده تا ۲۰ سال در خاک‌های ریزبافت PH=۶-۸/۵
هدایت الکتریکی (EC)	۱/۸۱	۱/۶۹-۱/۹۴	دسی‌زیمنس بر متر	۴/۷۸	۲/۶۱	—	—	۲/۹۷	—	—
ازت کل	۲۷/۶۷	۱۹/۳۵-۳۵/۹۹	میلی‌گرم برلیتر	—	—	—	—	۲/۵-۴۳	—	—
پتاسیم	۲۵/۶۴	۲۳/۰۷-۲۸/۲	—	—	—	—	—	—	—	—
فسفر	۱۰/۷۷	۹/۱۳-۱۳/۹۷	—	—	—	—	۶	—	—	—
ازت نیتراتی (N-NO3)	۸/۹۷	۳/۹۷-۱۳/۹۷	—	۱۳/۷۵	—	—	۵۰	—	—	—
ازت آمونیاکی (N-NH4)	۲/۸۲	۱/۸۴-۳/۸	—	۰/۲۲	—	—	۲/۵	—	—	—
سدیم	۷/۴۱	۶/۴۲-۸/۴۱	میلی‌اکی‌والان بر لیتر	۲۲/۹۵	۳۹/۱	—	—	—	—	—
کلسیم	۴/۳	۳/۷۹-۴/۸	—	۱۳/۹۳	۲۰	—	۷۵	—	—	—
منیزیم	۳/۶۸	۳/۰۴-۴/۳۳	—	۱۲/۳۲	۴/۹۱	۱۰۰	۱۰۰	—	—	—
کلر	۶/۳۴	۵/۲-۷/۴۹	—	۳۳/۹۲	۴	۶۰۰	۶۰۰	—	—	—
سولفات	۳/۲۶	۲/۲۱-۴/۳۲	—	۲۲/۳۴	۱۰/۴۲	۵۰۰	۴۰۰	—	—	—
بیکربنات	۷/۹۳	۶/۶۶-۹/۲	—	۳/۳	۹/۸۴	—	—	—	—	—

جدول ۱- میانگین و دامنه پارامترهای فیزیکی، شیمیایی و آلودگی پساب تصفیه‌خانه شاهین‌شهر اصفهان و آب چاه.

پارامتر	پساب		واحد	آب چاه		مرز استاندارد آلوده‌کننده‌ها درپساب [1]		استاندارد ارائه شده[2] برای آبیاری با فاضلاب	گسترهٔ مجاز آب آبیاری [3]	
	میانگین	دامنه با اطمینان ۹۵٪		آب مورد آزمایش	استاندارد ارائه شده	بهره‌گیری در آبیاری و کشاورزی	تخلیه به آب‌های سطحی		برای استفاده مداوم در همه خاک‌ها	برای استفاده تا ۲۰ سال در خاک‌های ریزبافت PH=۶-۸/۵
اکسیژن‌خواهی زیست شیمیایی (BOD)	۲۸/۹	۲۳/۰۲-۲۵/۷۸	میلی‌گرم بر لیتر	—	—	۱۰۰	۳۰ (لحظه‌ای ۵۰)	—	—	—
اکسیژن‌خواهی شیمیایی (COD)	۵۸/۴۳	۶۲/۴۸-۵۴/۳۸	—	—	—	۲۰۰	۶۰(لحظه‌ای ۱۰۰)	—	—	—
کل مواد جامد (TS)	۸۷۵/۱	۱۰۹۷/۶۳-۶۵۲/۵۶	—	—	—	—	—	—	—	—
کل مواد جامد محلول (TDS)	۹۰۸	—	—	—	—	—	—	—	—	—
کل مواد جامد معلق (TSS)	۴۴	—	—	—	—	۱۰۰	۴۰ (لحظه‌ای ۶۰)	—	—	—
مواد قابل ته‌نشینی (SS)	۳۷/۱۳	۴۱/۶۵-۳۲/۵۹	—	—	—	—	۰	—	—	—
اکسیژن محلول (DO)	۲/۸۴	۳/۵۷-۲/۱	—	—	—	۲	۲	—	—	—
کدورت	۱۰/۴۲	۱۱/۶۵-۹/۱۸	N.T.U	—	—	۵۰	۵۰	—	—	—
درجه حرارت (T)	۲۱/۹۵	۲۲/۸-۲۱/۰۹	°C	—	—		—	—	—	—
پ- هاش (PH)	۷/۸۳	۷/۹۶-۷/۶۹	—	۷/۴۸	۷/۶	۶-۸/۵	۶/۵-۸/۵	۷/۶	—	—

حداکثر شوری در ابتدای فصل رشد، مربوط به لایه بالایی خاک می‌باشد که این شوری در طول فصل رشد، همان طور که در شکل ۱ نشان داده شده، در اثر آبشویی کاهش یافته و به لایه‌های زیرین خاک انتقال یافته است.

شکل ۲ اثر آبیاری بارانی با پساب، بر شوری خاک را نشان می‌دهد. همان طور که در شکل دیده می‌شود، شوری خاک در لایه‌های بالایی خاک از ابتدای فصل رشد به انتهای فصل رشد روند کاهشی داشته است. به طوری که مقدار شوری سطحی خاک در انتهای فصل رشد، به حداقل رسیده است و تغییرات شوری خاک نسبت به عمق خاک کمتر می گردد. بهره‌گیری از پساب با سیستم آبیاری بارانی، باعث کاهش چشمگیر شوری خاک در وسط فصل رشد شده است . شکل ۷ تأثیر آبیاری سطحی با آب چاه بر میزان پخش شوری در نیمرخ خاک را نشان می‌دهد. شوری لایه‌های ۲۰-۰ و ۴۰-۲۰ سانتی‌متری خاک، در وسط فصل رشد افزایش یافته است. به طوری که میانگین شوری خاک که در ابتدای فصل رشد ۶٫۶۶ دسی زیمنس بر متر بوده است، در وسط فصل رشد، به ۷٫۵۳ دسی زیمنس بر متر رسیده است. حداکثر شوری در لایه دوم می‌باشد و مقدار آن ۹ دسی زیمنس بر متر است که این افزایش شوری، در عمق توسعه ریشه در طول فصل رشد، تأثیر زیان‌آوری بر عملکرد محصول خواهد داشت. میانگین شوری خاک در انتهای فصل رشد در اثر آبشویی کاهش یافته و به مقدار ۴/۱۸ دسی زیمنس بر متر رسیده است. آبیاری بارانی، میانگین شوری خاک را در طول فصل رشد کاهش داده، به طوری که میانگین شوری خاک در ابتدا، وسط و انتهای فصل رشد به ترتیب ۶۷، ۶۱ و ۲/۹ دسی‌زیمنس بر متر است (شکل ۸). اثر سیستم آبیاری بر شوری خاک آبیاری شده با آب چاه، در انتهای فصل رشد، چشمگیر است. کاهش شوری خاک در آبیاری بارانی، بیشتر از آبیاری سطحی و میزان تأثیر آن در نیمرخ خاک یکنواخت‌تر است.

کشت ذرت

شکل های ۳ و ۴، تأثیر آبیاری سطحی و بارانی با پساب را، بر میزان پخش شوری در نیمرخ خاک نشان می‌دهد. در آبیاری سطحی، با افزایش عمق خاک، شوری خاک افزایش

اثر پساب و سیستم آبیاری بر شوری خاک تحت سه کشت چغندر، ذرت و آفتابگردان

اثر پساب

بهره‌گیری از پساب ، کاهش شوری خاک را در پی دارد، به طوری که این کاهش میانگین شوری خاک، در مقایسه با اول فصل رشد معنی‌دار نیست، اما در مقایسه با تیمار آب چاه، معنی‌دار است. این کاهش شوری، سودمندترین پیامد بهره‌گیری از پساب بر خاک می‌باشد.

صفری سنجانی [۲]، در تحقیقی که در منطقه برخوار اصفهان انجام داده است، گزارش نموده که هفت سال آبیاری با پساب توانسته است زمین های شور و سدیمی منطقه را به یک خاک مناسب برای کشاورزی تبدیل کند و شوری آن را به اندازه چشمگیری کاهش دهد که با نتایج این تحقیق همخوانی دارد.

اثر سیستم آبیاری

در آبیاری با پساب، میانگین شوری خاک تیمار آبیاری سطحی در وسط فصل رشد و انتهای فصل رشد، به ترتیب ۳/۳۱ و ۲/۶۵ دسی‌زیمنس بر متر است و در آبیاری بارانی به ترتیب ۲/۲۱ و ۱/۹۳ دسی‌زیمنس بر متر می‌باشد. این نتیجه نشان می‌دهد که کاهش شوری خاک آبیاری شده با آبیاری بارانی، بیش از آبیاری سطحی است و کاهش شوری خاک در آبیاری بارانی در مقایسه با اول فصل رشد معنی دار است. کاهش شوری خاک آبیاری شده با آبیاری بارانی، در رابطه با پخش یکنواخت آب در سطح خاک است. هم‌چنین در آبیاری بارانی نسبت به آبیاری سطحی، احتمال شکستن خاکدانه‌ها و تولید ذرات ریزتر خاک کمتر است و در نتیجه احتمال پر شدن خلل و فرج خاک نیز کمتر است. این عامل در تغییر برخی از خصوصیات فیزیکی خاک مؤثر بوده و نهایتاً بر شست‌وشوی املاح خاک تأثیر گذاشته است [۴]. عوامل موثر دیگر می توانند پوشش گیاهی و چگونگی توزیع ریشه گیاهان باشد. مثلا برگ‌های چغندر قند در مقایسه با دو گیاه دیگر پهن تر و ارتفاع گیاه کمتر از آنهاست، بنابراین اغلب قطرات آب در سیستم آبیاری بارانی قبل از برخورد به سطح خاک به برگ‌ها اصابت کرده و با انرژی کمتری به خاک برخورد می کند. لذا انتظار می رود شوری خاک در قشر سطحی خاک کمتر از شوری خاک دو گیاه دیگر باشد.

کشت چغندر قند

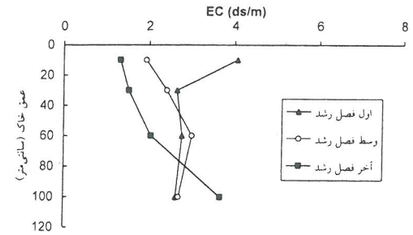
ادامه جدول ۱- میانگین و دامنه پارامترهای فیزیکی، شیمیایی و آلودگی پساب تصفیه‌خانه شاهین‌شهر اصفهان و آب چاه.

پارامتر	پساب		واحد	آب چاه		مرز استاندارد آلوده‌کننده‌ها درپساب[1]		استاندارد ارائه شده[2]	گسترهٔ مجاز آب آبیاری[3]	
	میانگین	دامنه با اطمینان ۹۵٪		آب مورد آزمایش	استاندارد ارائه شده	بهره‌گیری در آبیاری و کشاورزی	تخلیه به آبهای سطحی	برای آبیاری با فاضلاب	برای استفاده مداوم در همه خاک‌ها	برای استفاده تا ۲۰ سال در خاک‌های ریزبافت PH=۶-۸/۵
آهن	۰/۰۷	۰/۰۰۶	میلی‌گرم برلیتر	۰/۰۱	۰/۱۱	۳	۳	۰/۳۳	۵	۲۰
مس	۰/۰۱	—	—	۰	۰/۰۲	۰/۲	۱	۰/۰۳	۰/۲	۵
منگنز	۰/۱۱	۰/۱۳۴-۰/۰۴۶	—	۰/۰۸	—	۱	۱	—	۰/۲	۱۰
روی	۰/۰۵۴	۰/۲۰۳-۰	—	۰/۰۱	—	۲	۲	—	۲	۱۰
نیکل	۰/۰۱	—	—	۰/۰۱	۰/۰۵	۲	۲	۰/۰۶	۰/۲	۲
کادمیم	۰/۰۱	—	—	۰/۰۱	—	۰/۰۵	۰/۱	—	۰/۰۱	۰/۰۵
کبالت	۰/۰۵۵	۰/۰۸۲-۰/۰۲۷	—	۰/۰۸	۰/۰۴	۰/۰۵	۱	۰/۰۵	۰/۰۵	۵
سرب	۰/۰۱۶	۰/۰۲۵-۰/۰۰۸	—	۰/۰۲	۰/۱۶	۱	۱	۰/۱۹	۵	۰/۰۷۵
کرم	۰/۰۱	—	—	۰/۰۱	—	—	—	۰/۰۲	۰/۱	۱

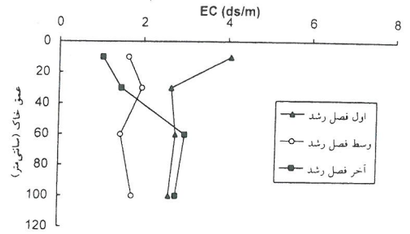
۱- برگرفته شده از سازمان حفاظت محیط زیست ایران، ۱۳۷۳

۲- برگرفته شده از فائو، ۱۹۹۲

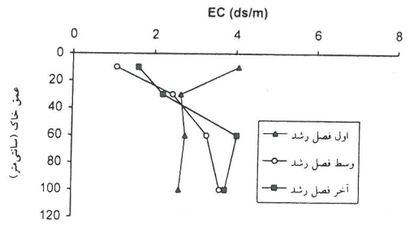
۳- برگرفته شده از فائو، ۱۹۸۵



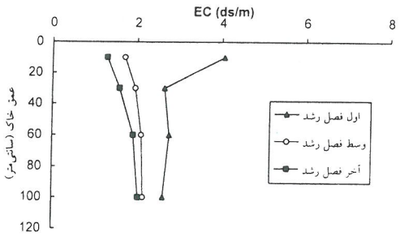
شکل ۱- اثر آبیاری سطحی با پساب بر EC خاک در کشت چغندر قند



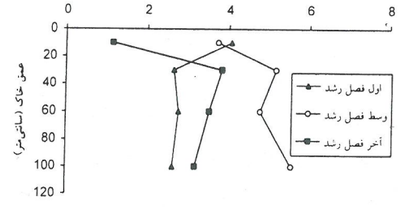
شکل ۲- اثر آبیاری بارانی با پساب بر EC خاک در کشت چغندر قند



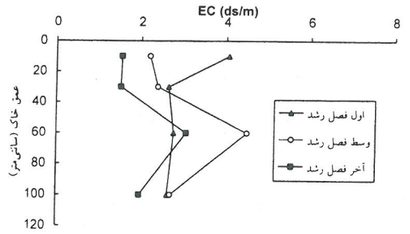
شکل ۳- اثر آبیاری سطحی با پساب بر EC خاک در کشت ذرت



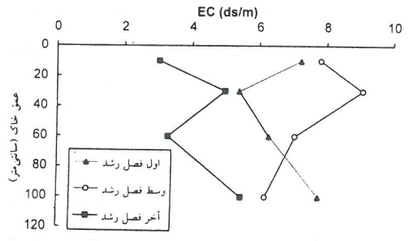
شکل ٤- اثر آبیاری بارانی با پساب بر EC خاک در کشت ذرت



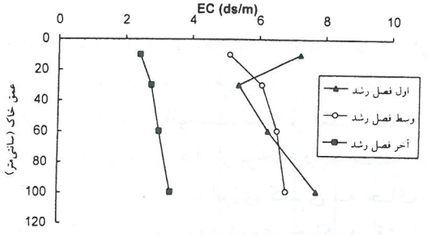
شکل ٥- اثر آبیاری سطحی با پساب بر EC خاک در کشت آفتابگردان



شکل ٦- اثر آبیاری بارانی با پساب بر EC خاک در کشت آفتابگردان



شکل ۷- اثر آبیاری سطحی با پساب بر EC خاک در کشت آفتابگردان

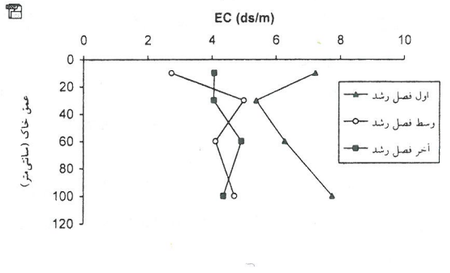


شکل ۸- اثر آبیاری بارانی با آب چاه بر EC خاک در کشت چغندرقند

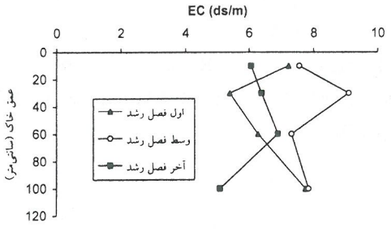
می‌یابد، اما میزان پخش شوری خاک در آبیاری بارانی، تقریباً یکنواخت است. همچنین میانگین شوری خاک آبیاری شده با آبیاری بارانی و سطحی، در پایان فصل رشد به ترتیب ۱/۷۱ و ۲/۹ دسی‌زیمنس بر متر می باشد که نشان دهنده کاهش بیشتر شوری خاک در آبیاری بارانی در مقایسه با آبیاری سطحی است. شکل‌های ۹ و ۱۰ نشان دهنده تأثیر سیستم آبیاری بر شوری خاک با آب چاه است. میانگین شوری خاک در طول فصل رشد کاهش می‌یابد و این کاهش در آبیاری بارانی بیشتر است.

کشت آفتابگردان

افزایش شوری نیمرخ خاک در وسط فصل رشد را، می‌توان با میزان شوری پساب (۱/۸۱ دسی‌زیمنس بر متر) و بالا بودن درصد رس و سیلت در لایه‌های بالایی خاک وابسته دانست. که این شوری در انتهای فصل از ٤/۸ به ۲/۹۲ دسی زیمنس بر متر رسیده است (شکل‌های ٥ و ٦).



شکل ۹- اثر آبیاری سطحی با پساب بر EC خاک در کشت ذرت

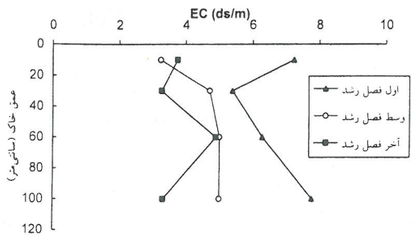


شکل ۱۱- اثر آبیاری سطحی با آب چاه بر EC خاک در کشت آفتابگردان

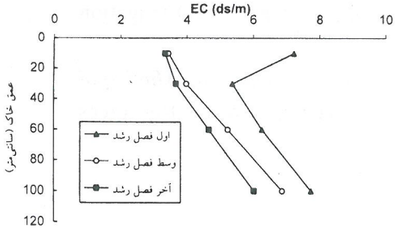
میانگین شوری خاک در وسط فصل رشد در دو تیمار سیستم بارانی و سطحی به ترتیب ۲/۹٤ و ٤/۸ دسی‌زیمنس بر متر است. شوری خاک در وسط فصل رشد در لایه‌های بالایی خاک آبیاری شده با آبیاری بارانی، کاهش یافته که این کاهش را می‌توان در ارتباط با سیستم آبیاری بارانی و بافت خاک دانست. افزایش شوری خاک در لایه سوم با افزایش رس در ارتباط می‌باشد (شکل ۱۰)، چرا که آبشویی از خاک های با بافت سنگین کم است. نوع سیستم آبیاری تأثیر معنی‌داری بر شوری خاک آبیاری شده با آب چاه داشته است، (شکل‌های ۱۱ و ۱۲).

تقدیر و تشکر

این پروژه تحقیقاتی از طریق طرح ملی تحقیقات کد M58 با حمایت شورای تحقیقات علمی کشور انجام گرفته است که بدینوسیله قدردانی می‌شود.



شکل ۱۰- اثر آبیاری بارانی با پساب بر EC خاک در کشت ذرت



شکل ۱۲- اثر آبیاری بارانی با آب چاه بر EC خاک در کشت ذرت

منابع و مراجع

۱- صفری سنجانی، ع.، (۱۳۷٤). *"پیامد آبیاری با پساب بر برخی از ویژگی‌های شیمیایی خاک‌های ناحیه برخوار اصفهان و انباشتگی برخی عناصر در گیاه یونجه"*، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان، ۱۲۳ صفحه.

۲- زادهوش، ع. (۱۳۷۵). *"پیامد آبیاری با پساب بر خاک و گیاه"*، پایان‌نامه کارشناسی ارشد آبیاری و زهکشی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تهران.

۳- یاریان کوپایی، م.،(۱۳۷۹). *"اثرات پساب و سیستم های آبیاری با پساب بر عملکرد چند محصول زراعی"*، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان، ۱۱۳ صفحه.

4-Abedi Koupai, J., Afyuni, M., Mostafazadeh, B. and Bagheri, M. R. (2001). *"Influence of Treated Wastewater and Irrigation Systems on Soil Physical Properties in Isfahan Province"*, 52nd , IEC, Meeting of the International Commission on Irrigation and Drainage, International Workshop on Wastewater Reuse Management, Seoul, Korea, pp: 165-173.

5- Allhands, M. N., Allick, S. A., Overman, A. R., Leseman, W. G. and Vidak, W. (1995). *"Municipal Water Reuse at Tallassee, Florida"*, Transactions of the ASAE, Vol. 38, No. 2., pp: 411-418.

6- An Institution of Civil Engineers Symposium, (1985). *"Reuse of Sewage Effluent"*, Thomas Telford Ltd, London.

7- Bole, J. B., Carefoot, J. M., Chang, C. and Osterveld, M. (1981). *"Effect of Wastewater Irrigation and Leaching Percentage on Salt and Ground Water Chemistry"* J. Environ., Vol. 40, No., 2, pp: 177-183.

8- Cramer, R. N., Tompkins, D., Barr, J. and Hompnas, P.(1984). *"Irrigation of monterey pine with wastewater: effects on soil chemistry and groundwater composition"*, J. Environ. Qual., Vol. 13, No. 4, pp. 539-542.

9- Elliot, L. F. and Stevenson, F. J. (1984). *" Soil for Management of Organic Wastes and Wastewater"*,second printing, Soil Sci. Soc. Am., Madison, U.S.A., 650p.

10- Juwarkar, A. S. and Subrahmanyam, P. V. R. (1987). *"Impact of Pulp and Paper Mill Wastewater on Crop and Soil"*, Wat. Sci. Tech., Vol .19, No. 51, pp: 693-700

11- Pescod, M. B. and Arar, A. (1985). *"Treatment and Use of Sewage Effluent for Irrigation"*, Proc. of the FAO Regional Seminar on the Treatment and Use of Sewage Effluent for Irrigation, FAO, Rome, Italy, 388p.

12- Pescod, M. B. (1992). *"Wastewater Treatment and Use in Agriculture"*, FAO Irrigation Drainage paper 47, Rome, Italy, 125p.

13- Pettygrove, G. S. and Asano, T. (1984) *"Irrigation with Reclaimed Municipal Wastewater"*, A Guidance Manual, Report No. 84-1 Wr. California State, Water Resources Control Board.