

بررسی اثر شیرابه کمپوست زباله شهری بر غلظت برخی از کاتیون‌ها و آنیون‌های محلول خاک در

مدیریت‌های مختلف آبیاری

ابراهیم پناهور^{۱*}، ابراهیم پذیرا^۲، پیام نجفی^۳ و عبدالأمیر معزی^۴

*- استادیار گروه علوم خاک، دانشکده کشاورزی، واحد اهواز، دانشگاه آزاد اسلامی، اهواز، ایران، e.panahpour@iauhvaz.ac.ir

۲- استاد، گروه علوم خاک، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران،

ebrahimpazira@gmail.com

۳- دانشیار، گروه علوم خاک، دانشکده کشاورزی، واحد اصفهان (خوراسگان)، دانشگاه آزاد اسلامی، اصفهان، ایران، payam.najafi@gmail.com

۴- دانشیار، گروه علوم خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید چمران، اهواز، ایران، moezzi251@gmail.com

The Effects of Garbage Leachate Composting on Concentration of Some Soil Solution Cations and Anions in the Different Irrigation Managements

Ebrahim Panahpour^{1*}, Ebrahim Pazira², Payam Najafi³ and Abdolmir Moezzi⁴

1* - Assistant Professor, Department of Soil Science, Agriculture college, Ahvaz Branch, Islamic Azad University, Ahvaz, Iran, e.panahpour@iauhvaz.ac.ir

2- Professor, Department of Soil Science, Agriculture and Natural resources college, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran, ebrahimpazira@gmail.com

3- Associated Professor, Department of Soil Science, Agriculture college, Isfahan (Khorasgan) Branch, Islamic Azad University, Isfahan, Iran, payam.najafi@gmail.com

4- Associated Professor, Department of Soil Science, Agriculture college, Shahid Chamran University, Ahvaz, Iran, moezzi251@gmail.com

Abstract

The aim of this study was investigation the effects of garbage leachate compost on concentration of some soil solution anions in the different irrigation methods. The research was done by Split Split plot statistical design in randomized complete blocks design with three main treatments (irrigation) and two sub treatments (depth) and three times in the six-month periods. Main treatments include N: irrigation with well water such as control, I: Periodicity of irrigation with leachate and well water, C: mixing leachate and well water (25% leachate + 75% well water) and sub treatments was including DI: surface drip irrigation and SDI: sub-surface drip irrigation. For targeted irrigation, in the plots building, planted the 36 Seedlings of *Platanus Orientalis* and *Robinia Pseudoacacia Umbraculifera* with 2 years old randomly in the land with dimensions of 38 × 10 meters to the edge of the earth, and every tree seedlings were planted 2 meters and treatment operations began 4 months after the plants. The results showed a significant difference between periodicity and complex treatments with control one in the time duration, depth of applied leachate and irrigation management at the 5% level of Duncan test. The maximum amount of HCO_3^- , SO_4^{2-} , Cl^- and Na^+ in the mixing leachate and well water treatment compared to control treatment respectively achieved 10.8, 45.5, 56.6 and 25.82 percentages. Test results also showed that the amount of potassium in periodicity and complex treatments respectively 3.5 and 1.5 times increased compared to control. According to the results, the incorporation of compost leachate with irrigation water in the root zone of the plant to provide better environmental conditions, water and nutrition's need in this zone and soil quality modification in the land space belt of cities with subsurface drip irrigation method seemed appropriate.

Key Words: Drip irrigation, HCO_3^- , Mixing leachate, Periodicity of irrigation, SO_4^{2-}

فصلنامه زیست شناسی سلولی و مولکولی گیاهی

سال ۱۳۹۳، دوره ۹، شماره ۳ و ۴، صص ۱۷-۲۶

چکیده

هدف از انجام این تحقیق، بررسی اثر میزان و نحوه کاربرد شیرابه کمپوست زباله شهری اصفهان بر غلظت برخی از آنیون‌ها و کاتیون‌های محلول خاک در روش‌های مختلف آبیاری بود. آزمایش به صورت طرح آماری اسپلیت اسپلیت در قالب بلوک‌های کامل تصادفی با سه تیمار اصلی (آبیاری) و دو تیمار فرعی (عمق) و سه تکرار در سه دوره زمانی شش ماهه انجام گرفت. تیمارهای اصلی شامل N: آبیاری با آب چاه به عنوان شاهد، I: آبیاری متناوب با شیرابه و آب چاه، C: اختلاط شیرابه و آب چاه (۲۵ درصد شیرابه + ۷۵ درصد آب چاه) و تیمارهای فرعی شامل S و SS به ترتیب آبیاری قطره‌ای سطحی و زیر سطحی بود. به منظور هدفمند شدن آبیاری، در کرت‌های احداث شده تعداد ۳۶ اصله نهال دو ساله چنار (*Platanus Orientalis*) و ۳۶ اصله نهال افاتیا (*Robinia Pseudoacacia Umbraculifera*) در زمینی به ابعاد ۱۰×۳۸ متر به صورتی که فاصله‌ی هر نهال از کناره‌ی زمین و نهال‌های دیگر ۲ متر بود به طور تصادفی کاشته شد و چهار ماه بعد از استقرار نهال‌ها عملیات اعمال تیمار آغاز گردید. نتایج نشان داد که اختلاف معنی‌داری بین تیمارهای تناوب و اختلاط، با تیمار شاهد از نظر مدت زمان، عمق کاربرد شیرابه و مدیریت آبیاری در سطح احتمال ۵ درصد آزمون دانکن روی غلظت آنیون‌ها و کاتیون‌های محلول خاک وجود دارد. بیشترین مقدار افزایش بی‌کربنات، سولفات، کلسیم و سدیم در تیمار اختلاط شیرابه با آب چاه به ترتیب به میزان ۱۰/۸، ۴۵/۵، ۵۶/۶ و ۲۵/۸۲ درصد نسبت به تیمار شاهد به دست آمد. همچنین نتایج آزمایش نشان داد که مقدار پتاسیم در تیمارهای تناوب و اختلاط به ترتیب به میزان ۳/۵ و ۱/۵ برابر نسبت به شاهد افزایش یافت. بنا بر نتایج، اختلاط شیرابه کمپوست با آب آبیاری در عمق توسعه ریشه گیاه برای تأمین بهتر شرایط زیست محیطی، نیاز آبی و غذایی در آن عمق و اصلاح کیفیت خاک در فضای سبز کمربندی شهرها با انجام آبیاری قطره‌ای به روش زیر سطحی مناسب‌تر به نظر رسید.

کلمات کلیدی: آبیاری قطره‌ای، اختلاط شیرابه، بی‌کربنات، تناوب آبیاری، سولفات

فصلنامه زیست شناسی سلولی و مولکولی گیاهی

سال ۱۳۹۳، دوره ۹، شماره ۳ و ۴، صص ۱۷-۲۶

مقدمه و کلیات

با توجه به اینکه مقادیر زیاد آنیون‌ها سبب کاهش کیفیت خاک و همچنین افت کیفیت آب‌های سطحی و زیرزمینی می‌گردد بنابراین پایش مقدار آنیون‌ها در خاک و آب آبیاری ضروری به نظر می‌رسد. به عنوان مثال واکنش کربنات و بی‌کربنات با کلسیم و منیزیم محلول سبب افزایش نسبت جذبی سدیم (SAR) و سدیم تبادلی در خاک شده و کاهش نفوذ پذیری خاک را به دنبال دارد (Arora, and Ghibba, 1992). همچنین با توجه به افزایش روز افزون جمعیت و نیازمندی آن به افزایش تولید در واحد سطح از یک طرف و خشکسالی‌های اخیر و فقر خاک‌ها از نظر مواد غذایی از طرف دیگر، بشر را وادار به استفاده از پسماندها نموده است، باعث گردیده تا شیرابه کمپوست نیز جایگاه ویژه‌ای در بین این پسماندها باز نماید. شیرابه کمپوست به دلیل داشتن اثر مثبت بر عملکرد و جذب عناصر غذایی و همچنین افزایش زیست فراهمی غلظت عناصر غذایی در خاک، کود آلی مناسبی محسوب می‌شود. لیکن در مصرف شیرابه کمپوست به دلیل شوری زیاد به ویژه در سطوح بالا و در خاک‌های درشت بافت باید دقت کافی صورت گیرد (حاتم و رونقی، ۲۰۱۲). کارخانه کمپوست اصفهان روزانه با تبدیل ۷۰۰ تن زباله شهری به کمپوست به طور متوسط حدود ۱۲۵,۰۰۰ لیتر شیرابه کمپوست تولید می‌کند (رضوی طوسی، ۱۳۸۰ و پناهپور، ۲۰۱۰). کاربرد شیرابه کمپوست شهری به عنوان کود آلی مایع در زمین‌های کشاورزی، راهی برای مصرف بهینه شیرابه کمپوست می‌باشد که به دلیل وجود عناصر ضروری و ماده آلی می‌تواند سبب بهبود خصوصیات فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی خاک شود (رضوی طوسی، ۱۳۸۰). هر چند به دلیل غلظت بالای نمک‌های محلول در شیرابه کمپوست شهری، در صورت استفاده مداوم از آن برای آبیاری زمین‌های کشاورزی در مناطق خشک و نیمه خشک، باید در ابتدا آن را رقیق کرد (Arora, and Ghibba, 1992).

متوسط اکسیژن خواهی شیمیایی، در نمونه‌های شیرابه محل دفن، سالن دریافت و سالن تخمیر کارخانه کمپوستت مشهد به ترتیب ۱۷۴۱۸، ۲/۳۴ و ۶۵۸/۷۸ میلی‌گرم بر لیتر گزارش گردید. همچنین نسبت BOD₅/COD که نشان دهنده‌ی تجزیه‌پذیری بیولوژیک مواد آلی می‌باشد به ترتیب ۰/۴۴، ۰/۵۱ و ۰/۵۵ گزارش شد که نشان دهنده‌ی بیشتر بودن مواد آلی نسبت به شیرابه محل‌های دفن در دیگر کشورها می‌باشد (شکوه و همکاران، ۱۳۹۲). میزان نسبت BOD₅/COD شیرابه کمپوست زباله شهری ۰/۸ - ۰/۶۴ اندازه‌گیری گردید (Amin et al, 2014., Magda et al, 2015). در تحقیقی میزان آلاینده‌های فلزی موجود در شیرابه زباله شامل آهن، روی، نیکل، منیزیم و منگنز به ترتیب ۰/۱، ۰/۶۸، ۱۱/۵ و ۲/۱۴ میلی‌گرم بر لیتر و بالاتر از حد مجاز گزارش گردید (صالحی، ۱۳۸۸). نتایج مطالعات انجام شده در کشور آلمان نشان می‌دهد که مقدار کادمیوم و سرب در کمپوست مخلوط، هشت برابر بیشتر از بیوکمپوست می‌باشد. در طی این مطالعات آلاینده‌های فیزیکی از جمله شیشه، پلاستیک، فلزات، چرم و غیره درصد ناچیزی را در بیوکمپوست حاصله دارا بوده است. بر طبق پژوهش‌های انجام شده بر کمپوست کارخانجات موجود در ایران، مشکل اصلی از دیدگاه بهداشتی- محیط‌زیستی، وجود مقادیر زیاد و بالاتر از حد استاندارد فلزات سنگین در اغلب آن‌ها می‌باشد، به طوری که عناصر مس، کادمیوم و روی در کمپوست‌های تولیدی به ترتیب بیش‌ترین تفاوت‌ها را با مقادیر استاندارد دارا می‌باشد. pH کمپوست در حالت ایده‌آل بین ۸-۸/۵ می‌باشد که در بالاتر اتلاف ازت از طریق انتشار آمونیاک بصورت گاز زیادت‌تر خواهد بود و در pH پایین‌تر اسیدهای آلی تولید شده و کمپوست کردن هوازی کاهش می‌یابد. مخلوط شروع کننده کمپوست باید دارای ۳۵ تا ۵۵ درصد جامدات در حالت ایده آل باشد (۴۵ تا ۶۵ درصد رطوبت). ولی در کمپوست نهایی درصد جامدات کمپوست نهایی ۵۰ تا ۶۰ درصد است ۴۰ تا ۵۲ درصد رطوبت دارد). نسبت C/N

محلول خاک شامل بی‌کربنات، سولفات، کلرات، سدیم و پتاسیم در روش‌های مختلف آبیاری بود.

فرآیند پژوهش

محل مناسبی از مزرعه تحقیقاتی دانشگاه آزاد اسلامی واحد خوراسگان، واقع در شرق اصفهان جهت اجرای پایلوت انتخاب و آزمایش به صورت طرح آماری اسپلیت اسپلیت در قالب بلوک‌های کامل تصادفی با تیمار اصلی شامل N: آبیاری با آب چاه به عنوان شاهد، C: تیمار اختلاط (آبیاری با شیرابه‌ای که EC آن با آب چاه به ۶ dS/m رسیده است)، I: تناوب آبیاری به صورت یک دور آبیاری با شیرابه‌ای که EC آن به ۶ dS/m رسید و یک دور با آب چاه مزرعه و دو تیمار فرعی شامل S: آبیاری قطره‌ای سطحی و SS: آبیاری قطره‌ای زیر سطحی که قطره‌چکان‌ها در عمق ۳۰ سانتی‌متری قرار گرفتند بود. به منظور هدفمند شدن آبیاری، نهال‌های دو ساله‌ی افاقیا و چنار در زمینی به ابعاد ۱۰×۳۸ متر به صورتی که فاصله‌ی هر نهال از کناره‌ی زمین و نهال‌های دیگر ۲ متر بود به طور تصادفی کشت گردید (شکل ۱).

S	SS	SS	S
C		N	
*	+	*	+
+	*	*	+
+	*		*
N		I	
+	*	*	+
*	+	+	*
*	+	*	+
C		N	
+	*	*	+
*	+	+	*
+	*	+	*
I		I	
*	+	+	*
+	*	*	+
*	+	*	+
+	*	*	+
C		N	
*	+	+	*
*	+	*	+
+	*	*	+
I		C	
+	*	*	+
*	+	*	+
*	+	+	*

S: آبیاری قطره‌ای سطحی

SS: آبیاری قطره‌ای زیر سطحی

N: آبیاری با آب چاه به عنوان شاهد

C: آبیاری با اختلاط شیرابه و آب چاه به نسبت ۱ به ۴

I: تناوب آبیاری با شیرابه و آب چاه

*: نهال افاقیا

+: نهال چنار

شکل ۱. نقشه طرح آماری

Fig 1. Statistical design plan

یکی از اساسی‌ترین و مهم‌ترین پارامترهای مؤثر در فرایند کمپوست است که کاهش یا افزایش آن سبب بروز مخاطراتی در تهیه کود می‌شود. در کمپوست‌هایی که دارای نسبت بالای C/N باشند سمیت ناشی از اسیدهای آلی ایجاد می‌شود و اگر چنانچه نسبت C/N پایین باشد سمیت ناشی از آمونیاک اتفاق می‌افتد. در مراجع مختلف نسبت‌های C/N متفاوتی ارائه گردیده است که به طور کلی در دامنه ۱۹-۳۵ قرار دارد و تنظیم این نسبت حائز اهمیت است (فرمحمدی و همکاران، ۱۳۸۶). کاربرد شیرابه کمپوست به دلیل دارا بودن اسیدیته یا واکنش (pH) در محدوده اسیدی، در خاک‌های آهکی احتمالاً سبب افزایش قابلیت استفاده عناصر ضروری کم مصرف می‌شود. کاربرد مکرر شیرابه کمپوست زباله شهری همانند کمپوست، در صورتی که حاوی غلظت زیاد عناصر سنگین باشد، در دراز مدت می‌تواند سبب آلوده شدن خاک به این عناصر شود، بنابراین کاربرد شیرابه باید با احتیاط و مطالعه کافی انجام شود. با توجه به این که در سال‌های اخیر در ایران، کاربرد شیرابه کمپوست زباله شهری به عنوان کود مایع مورد توجه واقع شده، انجام تحقیقات بیشتری در مورد اثر شیرابه کمپوست بر میزان املاح محلول در خاک ضروری به نظر می‌رسد. در تحقیقات دیگر نیز افزایش غلظت کاتیون‌ها و آنیون‌های خاک با اضافه نمودن شیرابه، متناسب با مقدار شیرابه، گزارش گردید (محمدی‌نیا، ۱۳۷۴). همچنین با افزودن ۶۰۰ تن در هکتار شیرابه زباله به خاک حدود ۱۱۹۲ کیلوگرم در هکتار یون سولفات به خاک اضافه می‌گردد. وی همچنین گزارش نمود که کلیه تیمارهای شیرابه غلظت یون سولفات محلول خاک سطحی را به طور معنی‌داری افزایش می‌دهد. در واقع به علت وجود مقدار زیاد سولفات در شیرابه زباله، غلظت سولفات محلول خاک افزایش یافته است (خوشگفتارمنش، ۱۳۷۷). هدف از انجام این تحقیق، بررسی اثر میزان و نحوه کاربرد شیرابه کمپوست زباله شهری اصفهان بر غلظت یون‌های

ویژگی‌های شیرابه تحت تأثیر سن شیرابه (شیرابه تازه و شیرابه کهنه) قرار دارد. به طوری که این محققان نشان دادند، به جز pH، مقادیر اندازه‌گیری شده سایر ویژگی‌ها (غلظت کاتیون‌ها، آنیون‌ها، EC، BOD و COD) در شیرابه تازه بالاتر از شیرابه کهنه است. شیرابه کمپوست به علت حضور اسیدهای آلی مانند اسید استیک و اسید لاکتیک، همچنین اسیدهای آمینه که به وفور در میوه‌ها و غذاهای پخته یافت می‌شود و احتمالاً اسیدهای معدنی که همراه زباله وارد کارخانه می‌شود دارای pH اسیدی است. قابلیت هدایت الکتریکی بالای شیرابه علاوه بر اینکه به وجود املاح محلول فراوان که به باقیمانده‌ی غذاهای پخته شده نسبت داده می‌شود، به وجود مواد معدنی زیاد در شیرابه که از فرایند معدنی شدن در طی تجزیه بی‌هوازی زباله‌ها به وجود می‌آید نیز مربوط می‌شود (Al-Yaqout et al, 2003). تجزیه واریانس تیمارها بر غلظت بی‌کربنات، سولفات، کلر، سدیم و پتاسیم محلول نشان داد که اثر گذر زمان و تیمارهای مختلف آبیاری بر صفات مورد مطالعه معنی‌دار گردید. تأثیر عمق کاربرد شیرابه (سطحی، زیرسطحی) بر مقدار کربنات خاک معنی‌دار نبود ولی بر مقدار سولفات و کلر معنی‌دار بود و میزان آن را افزایش داد. همچنین استفاده از شیرابه کمپوست میزان غلظت سدیم و پتاسیم محلول خاک را به طور معنی‌داری در سطح ۱ درصد آزمون دانکن افزایش داد (جدول ۳).

اندازه‌گیری غلظت سولفات در خاک به روش کدورت سنجی بر اساس رسوب یون سولفات به شکل سولفات باریم و سپس تعیین مقدار سولفات باریم تشکیل شده در سوسپانسیون به وسیله اندازه‌گیری کدورت سوسپانسیون انجام گرفت (Page et al, 1986). اندازه‌گیری غلظت بی‌کربنات به روش تیتراسیون با اسید کلریدریک ۰/۰۵ نرمال در حضور معرف متیل اورانژ و اندازه‌گیری غلظت کلر به روش مور به وسیله تیتراسیون با نیترات نقره در حضور شناساگر کرومات پتاسیم انجام گرفت (Page et al, 1986). غلظت سدیم و پتاسیم محلول نیز در عصاره اشباع خاک توسط دستگاه فلیم فتومتر تعیین گردید. تجزیه و تحلیل داده‌های حاصل و بدست آوردن ضرایب همبستگی با استفاده از نرم افزار SAS، تعیین سطح معنی‌دار بودن آن‌ها توسط آزمون دانکن و برای ترسیم نمودارها از نرم افزار Excel استفاده شد.

نتایج و بحث

نتایج تجزیه شیمیایی شیرابه، آب چاه و خاک منطقه مورد مطالعه به ترتیب در جداول ۱ و ۲ آورده شده است. تجزیه شیمیایی شیرابه کمپوست زباله نشان داد که شیرابه دارای pH اسیدی (برابر ۵/۸۵)، شوری زیاد (۲۴/۸ dS/m) و مقدار زیادی نمک‌های محلول است. خاک منطقه مورد مطالعه دارای pH قلیایی، مواد آلی کم و مقادیر زیادی آهک بوده و از نظر بافت، لومی می‌باشد. Tatsi&Zoubulis, 2002 نشان دادند که

جدول ۱- میانگین برخی از ویژگی‌های شیرابه و آب چاه مورد استفاده

Table 1. The mean of some properties of leachate and well water

EC	pH	SO ₄ ²⁻	Cl ⁻	HCO ₃ ⁻	Na ⁺	K ⁺	Mg ²⁺	Ca ²⁺	P	N	عنصر
dS.m ⁻¹					meq.L ⁻¹				mg.L ⁻¹		واحد
۲۴/۸	۵/۸۵	۳۳/۲	۱۹۸/۴۲	۷/۷۳	۸۲/۷۶	۴۱/۷۹	۳۲/۴	۸۴	۱۳۵	۶۲	شیرابه ۱
۱/۷	۷/۶	۷/۱	۱۱/۶	۳/۲	۱۱/۲	۰/۸	۲/۳	۴/۳	SI		آب چاه
۷/۵۳	۶/۴۳	۱۳/۵۸	۵۷/۱۶	۴/۳۳	۲۸/۹	۱۱/۲۸	۹/۸۳	۲۴/۲	۳۵/۲۱	۱۶/۱	شیرابه ۲

جدول ۲- برخی مشخصات فیزیکی و شیمیایی خاک قبل از انجام آزمایش

Table 2. Some physical and chemical properties of soil before the experiment

K ⁺	Na ⁺	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	HCO ₃ ⁻	T,N,V	OM	Clay	Silt	Sand	pH	EC	عمق
meq/L					%					dS/m	cm	
۹/۴	۲۵/۳۸	۳۴/۵۸	۴۱/۹	۵/۶	۵۹	۰/۲	۲۶/۸	۳۰	۴۳/۷	۷/۸۹	۸/۹	۰-۳۰
۹/۳	۴۶/۴۹	۳۳/۳۱	۴۰/۴	۵/۱	۶۴	۰/۱۳	۱۰	۵۰	۴۰	۷/۹۵	۷/۸	۳۰-۶۰

جدول ۳. نتایج تجزیه واریانس اثر تیمارها بر غلظت برخی از آنیون‌ها و کاتیون‌های محلول خاک

Table 3. Treatments effect of variance analysis results on anions and cations in soil solution

میانگین مربعات						
K ⁺	Na ⁺	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	HCO ₃ ⁻	درجه آزادی	منبع تغییرات
۱۷/۹۸ ^{***}	۲۹۱/۰۹ ^{***}	۲۶۴/۰۳۸ ^{***}	۲۹۱/۱۴ ^{***}	۱/۶۰۷ ^{***}	۱۷	مدل
۳۹/۹۱ ^{***}	۷۴/۵۷ ^{***}	۱۱۲/۷۷ ^{***}	۹۲/۶۹ ^{***}	۱/۶۷۸ ^{***}	۲	زمان
۴/۵۹۴ ^{***}	۳۷۹/۷۹ ^{***}	۳۶۴/۲۱ ^{***}	۶۵۶/۳۳ ^{***}	۵۵/۰۰۰۹ ^{***}	۱	عمق
۸۹/۰۹۱ ^{***}	۲۱۴۵/۷ ^{***}	۱۷۶۰/۹۶ ^{***}	۱۸۸۷/۴ ^{***}	۲/۷۱۸ ^{***}	۲	م. آ.
۱/۳۵۰ ^{***}	۳/۵۰۲ ^{***}	۱۳/۷۵ ^{***}	۱۳/۶۸۷ ^{***}	۰/۰۶۲ ^{***}	۲	زمان×عمق
۳/۳۱۱ ^{***}	۸/۴۱۲ ^{***}	۲۲/۶۶۲ ^{***}	۹/۰۴۳ ^{***}	۰/۲۰۴ ^{***}	۴	زمان×م. آ.
۷/۲۸۸ ^{***}	۳۹/۵۸ ^{***}	۶۹/۶۹۸ ^{***}	۸۴/۸۶ ^{***}	۸/۱۸۵ ^{***}	۲	عمق×م. آ.
۳/۱۴۵ ^{***}	۲/۱۱۲ ^{***}	۲۹/۸۵۹ ^{***}	۱۴/۹۱ ^{***}	۰/۳۰۴ ^{***}	۴	زمان×عمق×م. آ.
۰/۰۰۰۳	۰/۰۰۰۶	۰/۰۰۱۶	۰/۰۰۰۷۹	۰/۰۰۰۳	۳۶	خطا

*** و * به ترتیب در سطح ۱ درصد و ۵ درصد معنی دار است. MS: معنی دار نیست؛ مدیریت آ: آبیاری

با توجه به نتایج تجزیه واریانس، اثرات متقابل زمان × عمق، زمان × مدیریت آبیاری، عمق × مدیریت آبیاری و زمان × عمق × مدیریت آبیاری بر مقدار بی‌کربنات، سولفات و کلر خاک معنی دار بود. کاربرد شیرابه کمپوست موجب افزایش بی‌کربنات محلول خاک شد، طوری که اختلاط شیرابه با آب چاه باعث افزایش بی‌کربنات محلول خاک به میزان ۱۲/۵ درصد نسبت به شاهد گردید. در تیمار تناوب نیز هر چند که باعث افزایش آن شد لیکن اختلاف معنی داری با تیمار اختلاط نداشت. از طرف دیگر با گذشت زمان نیز متوسط بی‌کربنات محلول در پایان دوره سوم به مقدار ۱۰/۸ درصد نسبت به ابتدای آزمایش افزایش نشان داد. به طور کلی بی‌کربنات محلول خاک متناسب با میزان شیرابه مصرفی افزایش یافت (جدول ۴). از آنجایی که پهاش خاک تعیین کننده شکل غالب کربنات در خاک بوده و چهار شکل کربنات شامل: ۱- دی اکسید کربن (CO₂)، ۲- اسید کربنیک (H₂CO₃)، ۳- بی‌کربنات (HCO₃⁻) و ۴- کربنات (CO₃²⁻) وجود دارد و از طرفی عوامل اصلی که باعث سدیمی شدن می‌شوند بیشتر کربنات‌ها و بی‌کربنات‌ها هستند (Petersen, 1996)، این دو آنیون سیستم بافری اصلی برای کنترل pH آب آبیاری و محلول محیط کشت به شمار می‌آیند (Lindsay and Thorpe, 1954). حتی در شرایط pH نرمال در محیط کشت، یون بی‌کربنات با پروتون (H⁺) واکنش داده و باعث افزایش pH تا سطح نامطلوب می‌شود (Bloom

and Inskeep, 1986). از این رو تعیین میزان بی‌کربنات ناشی از مصرف شیرابه کمپوست حائز اهمیت بود. در پژوهشی که توسط De la Guardia and Alca'ntara (۲۰۰۲) صورت گرفت، بی‌کربنات موجود در آب آبیاری و محلول خاک باعث کاهش غلظت پتاسیم، مس و منگنز در اندام‌های هوایی (شاخه) زیتون گردید. همچنین پهاش بالا تحت اثر افزایش غلظت یون بی‌کربنات سبب کاهش قابلیت جذب عناصر روی، مس و منگنز در گیاه انگور گزارش شده است (Bavaresco et al, 1999). تیمارهای بی‌کربنات سدیم با غلظت ۵۰ و ۱۰۰ میلی‌مولار نسبت به شاهد باعث کاهش محتوای آب نسبی برگ، افزایش پرولین و کاهش غلظت مس و منگنز در اندام هوایی و ریشه گیاه پسته شد (رجب‌بی و همکاران، ۱۳۹۱). کاهش رشد گیاه تحت افزایش غلظت بی‌کربنات توسط Alhendawi و همکاران (۱۹۹۷)، کسوری و همکاران (۲۰۰۷)، محمودی و همکاران (۲۰۰۹)، Ahmad and Sharma (۲۰۱۰) و Colla و همکاران (۲۰۱۰) گزارش شده است. به طور کلی اغلب اثرات سدیمی شدن بر رشد گیاه از طریق کاهش در قابلیت حل عناصر از جمله مس و منگنز توسط افزایش پهاش که به علت یون بی‌کربنات است ایجاد می‌شود (Lindsay and Thorpe, 1954). همچنین گزارش گردید که غلظت بالای بی‌کربنات در محلول خاک باعث غیر قابل حل کردن آهن در محلول محیط کشت و یا کاهش انتقال آهن در گیاه شده و به دنبال آن باعث کاهش سنتز

۳۰-۰ سانتی متر) بیشتر و برابر ۵۸/۶۵ میلی اکسی والان بر لیتر و در خاک زیر سطحی (عمق ۶۰-۳۰ سانتی متر) ۵۱/۶۸ میلی اکسی والان بر لیتر به دست آمد. با توجه به اینکه خاک منطقه مورد مطالعه از نظر طبقه بندی در رده ی Typic alcigipsids قرار دارد، بنابراین مشکل گچی بودن خاک مشهود می باشد، طوری که باعث کاهش محتوای عناصر غذایی خاک می گردد و از طرفی چون متوسط میزان آهک در خاک تا لایه ی ۶۰ سانتی متری ۶۱/۵ درصد می باشد (جدول ۴)، باعث می شود آن دسته از عناصر غذایی که متأثر از pH و میزان آهک هستند مانند فسفر، آهن، روی، مس و منگنز به شکل غیر قابل جذب برای گیاه درآیند. بنابراین وجود مقدار بالای یون سولفات می تواند در این زمینه مفید واقع گردد، طوری که با رطوبت موجود در خاک واکنش داده و تبدیل به اسید سولفوریک می گردد که باعث انحلال آهک و کاهش موضعی pH خاک گردیده و در نهایت عناصر موجود در خاک به شکل قابل جذب در آیند.

کلروفیل و رشد گیاه می گردد (Bialczyk and Lechowski, 1992., Mirzaei and Bahar, 2004). غلظت سولفات محلول در ابتدای انجام آزمایش ۴۱/۹ میلی اکسی والان بر لیتر بود (جدول های ۲ و ۵) که با گذشت زمان و متناسب با کاربرد حجم بیشتر شیرابه افزایش یافت طوری که متوسط غلظت این یون از ۵۳/۲ میلی اکسی والان بر لیتر در پایان دوره اول آبیاری (۴ ماهه ی اول) به ۵۴/۶۳ میلی اکسی والان بر لیتر در پایان دوره دوم (۴ ماهه ی دوم) و این مقدار نیز در پایان دوره سوم (۴ ماهه ی سوم) به ۵۷/۶۵ میلی اکسی والان بر لیتر رسید (جدول ۴). از نظر مدیریت آبیاری نیز اختلاف معنی داری بین تیمارها وجود داشت طوری که متوسط مقدار این یون از ۴۴ میلی اکسی والان بر لیتر در تیمار شاهد به ترتیب به ۵۶ و ۶۴ میلی اکسی والان بر لیتر در تیمارهای تناوب و اختلاط افزایش یافت. استفاده از شیرابه اختلاف معنی داری در غلظت این یون در دو عمق ۳۰-۰ و ۶۰-۳۰ سانتی متری خاک نشان داد. متوسط غلظت سولفات محلول در خاک سطحی (عمق

جدول ۴. مقایسه میانگین اثر تیمارهای مختلف مدیریت آبیاری بر صفات مورد مطالعه

** Table 4. Compare the average effect of different treatments of irrigation management on the traits

تیمار	بی کربنات meqL ⁻¹	سولفات	کلر	سدیم	پتاسیم
۱	۵/۶۵ ^c	۵۳/۲۱ ^c	۴۳/۱۸ ^c	۵۳/۳۹ ^a	۱۰/۸۷ ^c
۲	۵/۹۶ ^b	۵۴/۶۳ ^b	۴۴/۰۶ ^b	۵۷/۷۱ ^b	۱۲/۰۵ ^b
۳	۶/۲۶ ^a	۵۷/۶۵ ^a	۴۷/۸۹ ^a	۶۰/۳۸ ^c	۱۳/۸۶ ^a
۰-۳۰	۶/۳۱ ^a	۵۸/۶۵ ^a	۴۷/۶۴ ^a	۶۰/۸۱ ^a	۱۲/۵۴ ^a
۳۰-۶۰	۶/۰۵ ^a	۵۱/۶۸ ^b	۴۲/۴۴ ^b	۵۵/۵۱ ^b	۱۱/۹۶ ^b
N	۵/۵۱ ^b	۴۴/۲۶ ^c	۳۴/۵۸ ^c	۴۷/۲۳ ^c	۹/۹۸ ^c
C	۶/۲۱ ^a	۶۴/۵۷ ^a	۵۴/۲۴ ^a	۶۹/۰۷ ^a	۱۴/۴۲ ^a
I	۶/۱۶ ^a	۵۶/۶۶ ^b	۴۶/۲۹ ^b	۶۰/۳۸ ^c	۱۲/۳۵ ^b
۱S	۴/۷۸ ^d	۹۶/۹۷ ^{ab}	۴۶/۴۶ ^{ab}	۵۹/۳۴ ^b	۱۱/۴۰ ^b
۱SS	۵/۱۱ ^c	۴۹/۴۵ ^b	۳۹/۰۹ ^b	۵۳/۴۳ ^c	۱۰/۳۳ ^b
۲S	۶/۳۸ ^b	۵۸/۸۲ ^{ab}	۴۶/۹۶ ^{ab}	۶۰/۵۶ ^{ab}	۱۲/۴۰ ^{ab}
۲SS	۵/۳۲ ^c	۵۰/۴۴ ^b	۴۱/۱۵ ^b	۵۴/۸۵ ^c	۱۱/۷۰ ^{ab}
۳S	۶/۶۹ ^a	۶۰/۱۶ ^a	۴۹/۵۰ ^a	۶۲/۵۳ ^a	۱۳/۸۲ ^a
۳SS	۶/۳۷ ^b	۵۵/۱۴ ^{ab}	۴۶/۲۷ ^{ab}	۵۸/۲۴ ^b	۱۳/۸۳ ^a
SN	۶/۱۲ ^b	۴۸/۱۷ ^c	۳۵/۸۵ ^d	۴۹/۰۸ ^c	۹/۹۹ ^b
SC	۶/۸۷ ^a	۶۵/۷۱ ^a	۵۵/۹۱ ^a	۷۰/۸۱ ^a	۱۴/۲۶ ^a
SI	۴/۸۸ ^d	۶۲/۰۷ ^b	۵۱/۱۵ ^b	۶۲/۵۴ ^c	۱۳/۳۷ ^a
SSN	۶/۳۰ ^b	۴۰/۳۵ ^d	۳۳/۳۱ ^d	۴۵/۳۸ ^f	۹/۹۶ ^b
SSC	۵/۴۵ ^c	۶۳/۶۴ ^{ab}	۲۵/۵۸ ^{ab}	۶۷/۳۲ ^b	۱۴/۵۸ ^a
SSI	۶/۱۴ ^b	۵۱/۲۴ ^c	۴۱/۴۴ ^c	۵۳/۸۲ ^d	۱۱/۳۳ ^b

*: حروف یکسان نشان دهنده ی عدم وجود اختلاف معنی دار در تیمار مربوطه است.

شیرابه ی کمپوست و آب، سولفات محلول موجود در سطح خاک را نسبت به تیمارهای تناوب و شاهد افزایش

اثرات متقابل تیمارهای مختلف مدیریت آبیاری با عمق های سطحی و زیر سطحی نشان داد که اختلاط

داد. همچنین اثرات متقابل تیمارهای مختلف عمق و زمان نشان داد که کاربرد شیرابه کمپوست با گذشت زمان، یعنی در دوره‌های دوم و سوم انجام آزمایش سولفات محلول لایه سطحی خاک را نسبت به لایه زیر سطحی تا ۵۸/۶۵ میلی‌اکی‌والان بر لیتر افزایش داد (جدول ۴). آنیون‌های غیر آلی موجود در محلول خاک با تشکیل پیوند با فلزات سنگین جذب آن‌ها در خاک را تحت تأثیر قرار می‌دهد (Aryabod et al, 2006).

در مطالعه‌ای که Rajkumar و همکاران (۲۰۱۲) و انجام دادند، دریافتند که غلظت یون‌های کلر و سولفات در خاک و آب زیرزمینی به دلیل بالا بودن میزان آن در شیرابه‌ی تولید شده به طور معنی‌داری تحت تأثیر توزیع شیرابه کمپوست قرار دارد، طوری که در مناطق نزدیک به محل دفن زباله غلظت این یون‌ها بالا بوده و چنانچه خاک منطقه از نظر رطوبت نیز محدودیتی نداشته باشد به خاطر تحرک نسبتاً بالای این یون‌ها، دارای توزیع زیادی بوده و انتشار می‌یابند. در خاک‌های تیمار شده با محلول‌های حاوی یون‌های کلر و سولفات، مقادیر کاتیون قابل تبادل، اسیدیته قابل تبادل و ظرفیت تبادل کاتیونی به طور معنی‌داری افزایش نشان داد. متوسط غلظت کلر محلول در ابتدای انجام آزمایش ۳۳/۹۴ میلی‌اکی‌والان بر لیتر بود (جدول‌های ۲ و ۵) که کاربرد شیرابه کمپوست موجب افزایش کلر محلول خاک شد. با گذشت زمان، متوسط کلر از ۴۳/۱۸ میلی‌اکی‌والان بر لیتر با ۰/۸۸ و ۳/۸۲ واحد به ترتیب به ۴۴/۰۶ و ۴۷/۸۸ میلی‌اکی‌والان بر لیتر در پایان دوره‌های دوم و سوم رسید. بنابراین روند تغییرات یون کلر با گذشت زمان یک روند افزایشی بود. اثر شیرابه بر یون کلر در دو عمق سطحی و زیر سطحی اختلاف معنی‌داری در سطح ۱ درصد داشت، طوری که غلظت این یون در سطح خاک ۴۷/۶۳ میلی‌اکی‌والان بر لیتر و در خاک زیر سطحی ۴۲/۴۴ میلی‌اکی‌والان بر لیتر به دست آمد. تیمارهای مختلف مدیریت آبیاری نیز افزایش معنی‌دار یون کلر را نسبت به تیمار شاهد نشان دادند، بدین صورت که کلر محلول در تیمار شاهد (N)

از متوسط ۳۴/۵۸ میلی‌اکی‌والان بر لیتر به ۴۶/۲۹ میلی‌اکی‌والان بر لیتر در تیمار تناوب (I) و به ۵۴/۲۴ میلی‌اکی‌والان بر لیتر در تیمار اختلاط (C) متناسب با میزان شیرابه مصرفی افزایش یافت. با توجه به اینکه حد مجاز غلظت یون کلر محلول در خاک ۳۰ میلی‌اکی‌والان بر لیتر می‌باشد و از آنجایی که در ابتدای آزمایش نیز غلظت این یون در این محدوده بوده است، بنابراین چون کاربرد شیرابه کمپوست غلظت آن را به بیش از ۱/۵ برابر رسانده است، لذا این مورد را باید در استفاده از شیرابه در این خاک و یا خاکی با خصوصیات مشابه در نظر گرفت و تمهیدات لازم اندیشیده شود. میزان کلر موجود در آب زیرزمینی در شهر بنگلور در اثر استفاده شیرابه به طور متوسط تا ۳۴۲ میلی‌گرم بر لیتر افزایش یافت. در آزمایشی که از پساب شهری و صنعتی جهت آبیاری استفاده شد نیز یون کلرید در لایه‌های خاک افزایش یافت، این افزایش در لایه‌ی سطحی بیشتر از لایه‌ی زیر سطحی (۶۰ سانتی‌متری) بود (نجفی و همکاران، ۱۳۹۴). کلر یکی از عناصر غذایی ضروری برای گیاهان بوده ولی مقدار زیاد آن اثرات سوئی در رشد گیاهان دارد (ملکوتی و همایی، ۱۳۸۳). کلر در فتوسنتز در سیستم نوری II در چرخه و تحول اکسیژن نقش دارد، همچنین فشار اسمزی سلول را بالا می‌برد و بر تنظیم روزه‌ها تأثیر می‌گذارد و آبیاری بافت‌های گیاهی را افزایش می‌دهد (عابدی و هنرجو، ۱۳۸۲). استفاده از شیرابه کمپوست موجب شد تا متوسط سدیم از ۴۷/۹۹ میلی‌اکی‌والان بر لیتر در شروع آزمایش به ۵۶/۳۹، ۵۷/۸۱ و ۶۰/۳۸ میلی‌اکی‌والان بر لیتر در پایان دوره‌های اول، دوم و سوم افزایش یابد. بنابراین روند تغییرات یون سدیم در اثر کاربرد شیرابه با گذشت زمان یک روند افزایشی بود و اینطور به نظر می‌رسد که با ادامه آبیاری توسط شیرابه، توانایی خاک برای ذخیره‌ی آن از بین رفته و با کاهش غلظت کاتیون‌های دیگر از محل‌های تبادلی و جذب سدیم همراه خواهد شد که ادامه این فرایند موجب تخریب ساختمان خاک می‌گردد. اثر شیرابه بر سدیم نیز

برخوردار بود (جدول ۳)، طوری که غلظت این یون در خاک سطحی از ۸/۶۳ به ۱۲/۵۴ میلی‌اکی‌والان بر لیتر و در خاک زیر سطحی از ۶/۶۹ به ۱۱/۹۶ میلی‌اکی‌والان بر لیتر افزایش یافت. بنابراین هرچند غلظت این عنصر در سطح خاک زیاد است لیکن افزایش غلظت آن در خاک زیر سطحی به واسطه‌ی روش آبیاری قطره‌ای زیرسطحی به مراتب بیشتر از خاک سطحی گردید. تیمارهای مدیریت آبیاری نیز افزایش معنی‌دار پتاسیم محلول را نسبت به تیمار شاهد نشان دادند، طوری که پتاسیم محلول در تیمار شاهد (N) از متوسط ۹/۹۸ میلی‌اکی‌والان بر لیتر به ترتیب به ۳۵/۱۲ و ۱۴/۴۲ میلی‌اکی‌والان بر لیتر در تیمارهای تناوب (I) و اختلاط (C) رسید و این عامل حاکی از تناسب افزایش پتاسیم محلول با میزان شیرابه مصرفی بود. با توجه به این نکته که پتاسیم عنصری است که در کمیت و کیفیت محصول نقش مهم و اساسی داشته و شیرابه کمپوست نیز موجب افزایش آن در محلول خاک می‌گردد، کاربرد آن با در نظر گرفتن عوامل تأثیرگذار دیگر توصیه می‌گردد. گندمکار (۱۳۷۵) و محمدی‌نیا (۱۳۷۴) نیز دریافته‌اند که کاربرد شیرابه کمپوست در خاک باعث افزایش معنی‌دار پتاسیم قابل جذب خاک شده و مقدار افزایش، بستگی به نوع خاک و مقدار شیرابه اضافه شده دارد.

در دو عمق سطحی و زیر سطحی اختلاف معنی‌داری در سطح ۱ درصد داشت، طوری که غلظت این یون در سطح خاک ۶۰/۸۱ و در خاک زیر سطحی ۵۵/۵ میلی‌اکی‌والان بر لیتر به دست آمد. مدیریت‌های مختلف آبیاری نیز افزایش معنی‌دار سدیم را نسبت به تیمار شاهد نشان دادند، طوری که میزان سدیم محلول در تیمار شاهد (N) از متوسط ۴۷/۲۳ به ۵۸/۱۸ و ۶۹/۰۷ میلی‌اکی‌والان بر لیتر در تیمارهای تناوب (I) و اختلاط (C) رسید و افزایش سدیم محلول، متناسب با میزان شیرابه مصرفی بود (جدول ۴). بنابراین با توجه به این که سدیم عنصری است که در صورت غالب بودن باعث تخریب ساختمان خاک می‌گردد، لازم است در خاک‌های غیر آهکی با احتیاط بیشتری از شیرابه کمپوست استفاده گردد و طبق نتایج این آزمایش، کاربرد متناوب شیرابه و آب آبیاری توصیه می‌گردد. میزان پتاسیم محلول خاک نیز تحت تأثیر مصرف شیرابه کمپوست قرار گرفت. طوری که با گذشت زمان، متوسط غلظت آن از ۷/۶۶ میلی‌اکی‌والان بر لیتر در شروع آزمایش به ترتیب به ۱۰/۸۲، ۱۲/۰۵ و ۱۳/۸۳ میلی‌اکی‌والان بر لیتر در پایان دوره‌های اول، دوم و سوم افزایش یافت (جدول ۴). اثر شیرابه بر پتاسیم محلول در دو عمق سطحی و زیر سطحی نیز از اختلاف معنی‌داری در سطح ۱ درصد

جدول ۵- مقادیر غلظت یون‌های مورد مطالعه در خاک و مقایسه‌ی آن با حد مجاز خاک زراعی

Table 5. Concentration of ions in the studied soil and compared with limit of the agricultural soil

حد مجاز				پایان آزمایش				قبل از انجام آزمایش				
Na ⁺	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	HCO ₃ ⁻	Na ⁺	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	HCO ₃ ⁻	Na ⁺	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	HCO ₃ ⁻	عمق
meq/L				meq/L				meq/L				Cm
				۶۲/۵۳	۴۹/۵	۶۰/۱۶	۶/۶۹	۴۵/۳۸	۳۴/۵۸	۴۱/۹	۵/۶	۰-۳۰
۴۰	۳۰	۲۰	۱۰	۵۸/۲۴	۴۶/۲۷	۵۵/۱۴	۶/۳۷	۴۶/۴۹	۳۳/۳۱	۴۰/۴	۵/۱	۳۰-۶۰

و سدیم که در این تحقیق نیز مورد مطالعه قرار گرفت باعث ایجاد خسارت‌هایی در خاک می‌گردد. لیکن از آنجایی که جزو لاینفک شیرابه می‌باشد، می‌طلبند که استفاده از شیرابه با احتیاط بیشتر انجام پذیرد. در مجموع و بنا بر نتایج به دست آمده، اختلاط شیرابه کمپوست در روش آبیاری قطره‌ای و کاربرد آن در عمق توسعه ریشه گیاه برای تأمین بهتر شرایط زیست محیطی، تأمین نیاز

نتیجه‌گیری کلی

بالا بودن هدایت الکتریکی در شیرابه کمپوست به واسطه‌ی غلظت زیاد میزان کاتیون‌ها و آنیون‌ها در آن می‌باشد، آن دسته از کاتیون‌ها و آنیون‌ها که جزو عناصر غذایی هستند از محاسن شیرابه به حساب می‌آید، هرچند غلظت بالای این گونه از یون‌ها نیز باعث ایجاد مسمومیت گیاه خواهد شد. از طرفی یون‌های دیگر مانند بی‌کربنات

رسوب دهنده‌ی فلزات، پایان نامه کارشناسی ارشد، رشته شیمی تجزیه، دانشکده علوم پایه، دانشگاه پیام نور، ۶۸ صفحه.

۸. عابدی، م.، ج. و هنرجو، ن.، ۱۳۸۲. مرجع عناصر کمیاب (جزئی)، انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد، ۲۳۲ صفحه.

۹. گندمکار، ا.، ۱۳۷۵. اثر شیرابه زباله و شیرابه کمپوست بر خصوصیات خاک و رشد و عملکرد گیاه ذرت، پایان‌نامه کارشناسی ارشد خاکشناسی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان، صفحه ۳۵-۱.

۱۰. فرمحمادی، س.، عمرانی، ق. و آذرکمند، س. ۱۳۸۶. بررسی و امکان سنجی اجرای الگوهای استفاده از واحدهای بیوکمپوست در روستاهای استان اصفهان. سومین همایش ملی مدیریت پسماند.

۱۱. فیضی، م.، ۱۳۹۲. اثر کیفیت و مدیریت آب بر ویژگی‌های شیمیایی خاک، مجله پژوهشهای خاک، علوم خاک و آب، ۲۷(۲)، ۲۵۲-۲۳۹.

۱۲. محمدنیا، ع.، (۱۳۷۴)، ترکیب شیمیایی شیرابه کمپوست زباله و اثر آن بر خاک و گیاه، پایان‌نامه کارشناسی ارشد خاکشناسی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان، صفحه ۲۷-۱.

۱۳. ملکوتی، م. ج. و م. همایی، ۱۳۸۳. حاصلخیزی خاک‌های مناطق خشک و نیمه‌خشک، مشکلات و راه حل‌ها، انتشارات دانشگاه تربیت مدرس، ویرایش دوم، صفحه ۴۹۴.

۱۴. نجفی، پ.، طباطبایی، م. ح. و طاهری سودجانی، ه.، ۱۳۹۴. تأثیر درازمدت روش‌های مختلف آبیاری با پساب بر برخی خصوصیات شیمیایی خاک، نشریه آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی)، ۲۹(۱)، ص ۲۲-۱۲.

15. Ahmad P., and Sharma S. 2010. Physio-biochemical attributes in two cultivars of mulberry (*Morus alba* L.) under NaHCO₃ stress. International Journal of Plant production, 4: 1735-1743.

16. Alhendawi R.A., Romheld V., Kirkby E.A., and Marschner H. 1997. Influence of increasing

آبی و غذایی در این عمق و اصلاح کیفیت خاک، در فضای سبز کمربندی شهرها با انجام آبیاری قطره‌ای به روش زیر سطحی مناسب‌تر به نظر می‌رسد.

منابع

۱. پناهور، ا.، ۱۳۸۸. بررسی تأثیر شیرابه کمپوست بر کیفیت حاصلخیزی خاک و توزیع برخی از عناصر در پروفیل خاک تحت شرایط آبیاری قطره‌ای، رساله‌ی دکتری، دانشگاه آزاد اسلامی علوم و تحقیقات خوزستان، ۱۵۶ صفحه.

۲. حاتم. زهرا، رونقی. عبدالمجید (۱۳۹۰)، اثر کمپوست و شیرابه کمپوست بر رشد و ترکیب شیمیایی جو بهاره و زیست فراهمی برخی عناصر غذایی در خاک آهکی لوم رسی و شنی، مجله علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی، علوم آب و خاک، سال پانزدهم، شماره ۵۸، ص ۱۰۹-۱۲۲.

۳. خوشگفتار منش. امیرحسین (۱۳۷۷)، اثر شیرابه زباله بر رشد و عملکرد برنج و اثرات باقیمانده آن بر گندم، پایان‌نامه کارشناسی ارشد خاکشناسی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان.

۴. رجبی، م.، روستا، ح. ر.، کریمی، ح. ر. و حکم‌آبادی، ح.، ۱۳۹۱. بررسی میزان مقاومت پایه‌های پسته به بی‌کربنات سدیم، نشریه علوم باغبانی (علوم و صنایع کشاورزی)، ۲۶(۳): ۳۱۰-۳۰۱.

۵. رضوی طوسی، ا.، ن. ج. کریمیان، ۱۳۸۰. تأثیر استفاده از شیرابه کمپوست بر رشد خصوصیات شیمیایی برنج و اسفناج، مجموعه مقالات کوتاه هفتمین کنگره علوم خاک ایران، صفحه ۲۷.

۶. شکوه، ع.، صفری، ا. و هاشمی، س. ح.، ۱۳۹۲. بررسی کیفیت شیرابه حاصل از محل دفن زباله شهری و کارخانه کمپوست (مطالعه موردی: شهر مشهد)، مجله علوم و تکنولوژی محیط زیست، دوره پانزدهم، شماره ۴، ۹۷-۱۰۵.

۷. صالحی، ح.، ۱۳۸۸. تثبیت آلاینده‌های فلزی موجود در شیرابه‌ی زباله‌های شهری با استفاده از افزودنی‌های

28. Lunt O.R., Kohl H.C., and Kofranek A.M. 1956. The effect of bicarbonate and other constituents of irrigation water on the growth of azaleas. *Proceedings of the American Society for Horticultural Sciences*, 68: 537-544.
29. Magda, M., Abd El-Salam, Gaber, I. and Abu-Zuid, 2015. Impact of landfill leachate on the groundwater quality: A case study in Egypt, *Journal of Advanced Research*, 6, 579-586
30. Mahmoudi H., Hens-Werner K., Debez A., and Chedly A. 2009. Comparison of two chickpea varieties regarding their responses to direct and induced Fe deficiency. *Environmental and Experimental Botany*, 66: 349-356.
31. Mirzaei S., and Bahar M. 2004. A phylogenetic study of wild pistachio species and some cultivar existing in Iran using RAPD marker. Fourth international symposium on pistachio and Almonds. Tehran, Iran.
32. Page A. L., R. H. Miller. and D. R. Keeney. 1986. method of soil analysis, part 2: chemical and microbiological, Second Edition, Soil Sci. SOC. Am. Inc., 1159p.
33. Petersen F.H. 1996. Water testing and interpretation. pp: 31-49. In: Reed, D. Wm. (Editor). *Water, media and nutrition*, Ball Publishing, Batavia, IL.
34. Rajkumar, N., Subramani, T. and Elango, L. 2012. Impact of leachate on groundwater pollution due to non-engineered municipal solid waste landfill sites of erode city, Tamil Nadu, India, *Indian Journal of Environmental Health Science & Engineering*. 9:35. 12p.
35. Sampath, K. M. C. and Balasubramanya N. 2011. Environmental impact of leachate characteristics on water quality. *Environmental Monitoring and Assessment*, 178(1), pp 499-505.
36. Suman Mor, Khaiwal Ravindra, R. P. Dahiya, A. Chandra. 2006. Leachate Characterization and Assessment of Groundwater Pollution Near Municipal Solid Waste Landfill Site. *Environmental Monitoring and Assessment*, 118(1), pp 435-456.
37. Tatsi, A.A., and Zouboulis, A.I. 2002. A field investigation of the quantity and quality of leachate from a municipal solid waste landfill in a Mediterranean climate (Thessaloniki, Greece). *Advances in Environmental Research*. 6:207-219.
- bicarbonate concentrations on plant growth, organic acid accumulation in roots and iron uptake by barley, sorghum and maize. *Journal of Plant Nutrition*, 20: 1731-1735.
17. Amin, M.M., Hashemi, H., Bina, B., Ebrahimi, A., Pourzamani, H.R. and Ebrahimi, A. 2014. Environmental pollutants removal from composting leachate using anaerobic biological treatment process, *International Journal of Health System and Disaster Management*, Vol. 2, Issue 3, PP 136-141.
18. Arora, C. A. and I. M. Ghibba. 1992. Influence of sewage disposed on the micronutrient and sulfur status of soil and plant. *J. Ind. Soc. Soil Sci.* 40: 792-795.
19. Aryabod, S., A. Fotovat, A. Lakzian and G. Haghnia. 2006. Effect of municipal waste compost leachate on yield and trace elements uptake by lettuce and maize in calcareous and non-calcareous soils. 18th World Congress of Soil Science. July 9-15, Philadelphia, P. A.
20. Al-Yaqout, A.F., and Hamoda, M.F. 2003. Evaluation of landfill leachate in arid climate-a case study. *Environment International*. 29: 593-600.
21. Bavaresco L., Giachino E., and Colla R. 1999. Iron chlorosis paradox in grapevine. *Journal of Plant Nutrition*, 22: 1589-1597.
22. Bialczyk J., and Lechowski Z. 1992. Absorption of HCO₃⁻ by roots and its effect on carbon metabolism of tomato. *Journal of Plant Nutrition*, 15: 293-312.
23. Bloom P.R., and Inskeep W.P. 1986. Factors affecting bicarbonate chemistry and iron chlorosis in soils. *Journal of Plant Nutrition*, 9: 215-228.
24. Colla G., Roupheal Y., Cardarelli M., Salerno A., and Rea E. 2010. The effectiveness of grafting to improve alkalinity tolerance in watermelon. *Environmental and Experimental Botany*, 68: 283-291.
25. De la Guardia M.D., and Alca'ntara E. 2002. Bicarbonate and low iron level increase root to total plant weight ratio in olive and peach rootstock. *Journal of Plant Nutrition*, 25:1021-1032.
26. Ksouri, R., Debez A., Mahmoudi H., Ouerghi Z., Gharsalli M., and Lachaal M. 2007. Genotypic variability within Tunisian grapevine varieties (*Vitis vinifera* L.) facing bicarbonate-induced iron deficiency. *Plant Physiology and Biochemistry*, 45:315-322.
27. Lindsay W.L., and Thorpe D.W. 1954. Bicarbonate and oxygen as related to chlorosis. *Soil Sciences*, 77: 271-279.