**مقاله پژوهشی**

**علوم و تکنولوژی محیط زیست، دوره بیست و چهارم، شماره دوازده، اسفند ماه ۱۴۰۱ (۱۲۳-۱۳۹)**

# تاثیر ضایعات رز بر کاهش شوری و عناصر سنگین در کمپوست و خاک

**آنیتا خراطی** [۱]

**الناز صباغ تازه** [۲*]

elnazsabbagh@iaut.ac.ir

**تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۶/۲۹** **تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۶/۲**

**چکیده**

**زمینه و هدف:** امروزه افزایش شوری و آلودگی خاک ناشی از مصرف کمپوست زباله‌های شهری مشکلات عمده‌ای را به‌وجود آورده است. هدف اصلی از این تحقیق بررسی تاثیر اختلاط ضایعات گلخانه‌ای رز با زباله‌های شهری بر کیفیت کمپوست تولیدی و خواص شیمیایی و فیزیکی خاک پس از مصرف این کود می‌باشد.

**روش بررسی:** به‌منظور بررسی تاثیر ضایعات گلخانه‌ای رز بر کیفیت کمپوست تولیدی، آزمایشی در سال زراعی۹۷-۹۸ به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملا تصادفی با دو فاکتور ۱) نوع زباله با دو سطح تفکیک شده و تفکیک نشده و ۲) نسبت ماده اصلاحی با سه سطح الف) ۱۰۰ درصد زباله – صفر درصد ماده اصلاحی، ب) ۸۰ درصد زباله – ۲۰درصد ماده اصلاحی و ج) ۶۰ درصد زباله – ۴۰ درصد ماده اصلاحی در سه تکرار انجام شد. سپس جهت بررسی تاثیر کمپوست تولیدی بر خواص خاک، آزمایشی مزرعه‌ای در قالب طرح کاملا تصادفی با هفت تیمار (شامل خاک مخلوط شده با شش نوع کمپوست تولیدی در مرحله قبل و یک تیمار شاهد) و سه تکرار به اجرا درآمد.

**یافته‌ها:** نتایج نشان داد تفکیک زباله‌ها در مبدا، باعث افزایش کربن آلی به میزان ۶۹ درصد و افزایش ۲/۷۵ برابری نیتروژن، ۴/۱۴ برابری ظرفیت تبادل کاتیونی، ۲/۱۴ برابری فسفر و ۲ برابری ظرفیت نگهداشت آب در کمپوست گردید، ولی پتاسیم قابل جذب، pH و سدیم کمپوست تولیدی را کاهش داد. در خاک نیز باعث کاهش جرم مخصوص ظاهری، شوری و غلظت کادمیوم و سرب گردید و میانگین وزنی قطر خاکدانه ها را افزایش داد. اضافه کردن ضایعات گلخانه‌ای رز به میزان ۴۰ درصد، شوری کمپوست را ۵۸ درصد نسبت به شاهد کاهش داد. در خاک نیز باعث کاهش جرم مخصوص ظاهری، شوری و غلظت سرب و کادمیوم شد. تیمار خاک و کمپوست تفکیک شده با ۴۰ درصد ماده اصلاحی شاخص Si را ۰/۰۷۸ واحد و کربن آلی خاک را ۳۲ درصد نسبت به شاهد افزایش داد.

**بحث و نتیجه گیری:** نتایج نشان داد تفکیک زباله‌ها در مبدا و افزایش ضایعات گلخانه‌ای رز می‌تواند خواص شیمیایی و فیزیکی کمپوست تولیدی و خاک را بهبود بخشد.

**واژه‌های کلیدی:** آلودگی، تفکیک زباله، سرب، کادمیوم، مواد اصلاح‌کننده.

---

۱- گروه خاکشناسی، واحد تبریز، دانشگاه آزاد اسلامی، تبریز، ایران.

۲- گروه خاکشناسی، واحد تبریز، دانشگاه آزاد اسلامی، تبریز، ایران و مرکز تحقیقات مدیریت توسعه پایدار حوضه آبریز دریاچه ارومیه و رودخانه ارس، واحد تبریز، دانشگاه آزاد اسلامی، تبریز، ایران.* (مسوول مکاتبات)

*J. Env. Sci. Tech., Vol 24, No.12, March, 2023*

# Effect of Rose Wastes on Salinity and Heavy Metals Reduction in Compost and Soil

**Anita Kharrati** [1]
**Elnaz Sabbaghtazeh** [2] *
elnazsabbagh@iaut.ac.ir

Admission Date: August 24, 2022 Date Received: September 20, 2021

**Abstract**

**Background and Objective:** In recent years, salinity and pollution due to municipal solid waste compost, has caused many problems. The main purpose of this research is to investigate the effect of mixing rose greenhouse waste with urban waste on the quality of produced compost and the chemical and physical properties of the soil after using this fertilizer.

**Material and Methodology:** An experiment in CRD design as factorial was conducted to investigate the effect of Rose greenhouse wastes on quality of compost with two factors consisted of 1) waste type with 2 rates: a) separated and b) unseparated waste) and 2) amendment ratio with 3 rates: a) 100% waste-0% amendment, b) 80% waste-20% amendment and c) 60% waste-40% amendment, with three replications. Then a field experiment based on CRD, with 7 treatment (consisted of soil mixed with six types of produced compost in previous stage and control) and 3 replications was conducted to investigate the effects of produced compost on some characteristics of soil.

**Findings:** Results showed that the separation of wastes at the source, increased compost nitrogen by 2.75 times, cation exchange capacity by 4.14 times, phosphorus by 2.14 times, water holding capacity by 2 times and organic carbon by 69% compared to the non-separation. But reduced available potassium, pH and sodium of the compost. In soil, it also reduced bulk density, salinity, and cadmium and lead concentrations, and increased soil MWD. Adding Rose greenhouse waste in rate of 40%, reduced compost EC by 58% campared to control. It also reduced available sodium and potassium and increased pH of the compost. In soil, reduced bulk density, salinity and concentration of lead and cadmium. Treatment of soil and separated compost with 40% of amendment, increased soil Si by 0.078 unit and soil organic carbon by 32% compared to the control.

**Discussion and Conclusion:** Results showed that separation of wastes at the source and adding Rose greenhouse waste can improve physical and chemical properties of compost and soil.

**Keywords :** Amendments, Cadmium, Lead, Pollution, Waste separation.

1- Department of Soil Science, Tabriz Branch, Islamic Azad University, Tabriz, Iran.
2- Assistant Professor of Soil Science, Tabriz Branch, Islamic Azad University, Tabriz, Iran and Sustainable Development Management Research Center of Urmia Lake basin and Aras River, Tabriz Branch, Islamic Azad University, Tabriz, Iran. *(*CorrespondingAuthor*)

**مقدمه**

افزایش سریع جمعیت، توسعه و پیشرفت تکنولوژی و در نتیجه ازدیاد مواد زائد از جمله مسائلی است که اخیرا در جوامع بشری بحران‌های عظیمی را به‌وجود آورده است (۱). تبدیل زباله جامد شهری به کمپوست مزایای زیست محیطی بسیاری دارد (۲). پژوهشگران با بررسی تاثیر کاربرد انواع کمپوست بر گیاهان مختلف اثر مثبت آن را بر افزایش عملکرد مشاهده نموده اند (۳). تژادا و گونزالز (۴) با کاربرد کودهای آلی کمپوست، ورمی‌کمپوست و کود دامی در خاک، کاهش جرم مخصوص ظاهری و افزایش منافذ خاک را گزارش کردند و بیشترین اثر را به کمپوست نسبت دادند. اما کاربرد کمپوست در برخی تحقیقات حاکی از ایجاد برخی مشکلات از جمله افزایش شوری و یا برخی عناصر سنگین در خاک است. پرز و همکاران (۵) بیان کردند که کاربرد کمپوست زباله شهری باعث افزایش غلظت مس، سرب و کروم قابل جذب خاک گردید. کریم‌نیا و همکاران (۶)، تأثیر کمپوست قارچ را بر مؤلفه‌های رشد و جذب برخی از عناصر غذایی در جعفری بررسی کرده و گزارش کردند که با افزایش شوری غلظت برخی عناصر غذایی کاهش یافت. راهکارهای مختلفی تاکنون برای کاهش اثرات مخرب کمپوست در خاک پیشنهاد شده است. برای مثال شستشوی کمپوست می‌تواند نمک‌ها و مواد آلی محلول و مواد با قابلیت تجزیه سریع را خارج نماید. ولی شستشوی کمپوست در حجم زیاد با توجه به بحران کمبود آب مقرون به‌صرفه نیست. مخلوط کردن ضایعات کشاورزی مختلف با زباله‌های شهری از جمله راهکارهایی است که می‌تواند علاوه بر افزایش کیفیت کمپوست تولیدی، باعث کاهش شوری کمپوست نیز گردد. هدف از این تحقیق بررسی تاثیر مخلوط کردن ضایعات گلخانه‌ای رز با زباله‌های‌شهری بر کیفیت کمپوست تولیدی و خواص شیمیایی و فیزیکی خاک پس از مصرف این کود می‌باشد.

**روش بررسی**

**آزمایش اول (کمپوست)**

برای تهیه زباله تفکیک نشده مقداری زباله از سایت کمپوست‌سازی مرکز شهرداری تبریز به محل آزمایش انتقال یافت، سپس به منظور جداسازی مواد غیر قابل تجزیه از الک ۱/۴ اینچ عبور داده شد. برای تهیه زباله تفکیک شده (خانگی) از مناطق میوه و تره‌بار واقع در سطح شهر تبریز، زباله‌های میوه فروشی‌ها اعم از ضایعات میوه‌ها و سبزیجات و زباله‌های آبمیوه فروشی‌ها جمع‌آوری گردید. ساقه‌ها و ضایعات گل رز از گل فروشی‌های سطح شهر جمع‌آوری و با دستگاه خردکن به قطعات ریزتر تبدیل شد و سپس زباله‌ها با ماده اصلاحی به شرح زیر مخلوط شدند: الف) زباله ۱۰۰ درصد و ماده اصلاحی صفر درصد، ب) زباله ۸۰ درصد و ماده اصلاحی ۲۰ درصد و ج) زباله ۶۰ درصد و ماده اصلاحی ۴۰ درصد. برای مخلوط کردن زباله‌ها و تولید کمپوست از کیسه‌های پلاستیکی استفاده شد. در هر کیسه لایه‌ای از زباله با ضخامت هفت تا ۱۰ سانتی‌متر به همراه مقداری کود اوره ریخته و بر روی آن مقداری آب اضافه شد و پر کردن کیسه‌ها به همین ترتیب ادامه یافت. سپس کیسه‌ها به صورت افقی بر روی زمین قرار داده شد و قسمتی از کیسه‌ها برای به هم زدن زباله و تنظیم رطوبت داخل کیسه، بریده شد. آزمایش به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملا تصادفی با دو فاکتور در سه تکرار انجام گرفت. فاکتورها عبارت بودند از: ۱) نوع زباله (W): با دو سطح تفکیک شده ($w_1$) و تفکیک نشده ($w_2$) و ۲) نسبت زباله و ماده اصلاحی (R): با نسبت‌های الف) ۱۰۰ درصد زباله – صفر درصد ماده اصلاحی ($r_1$)، ب) ۸۰ درصدزباله – ۲۰درصد ماده اصلاحی ($r_2$) و ج) ۶۰ درصد زباله – ۴۰ درصد ماده اصلاحی ($r_3$). بنابراین شش ترکیب تیماری در این آزمایش وجود داشت: $w_1r_1$، $w_1r_2$، $w_1r_3$، $w_2r_1$، $w_2r_2$، $w_2r_3$. مقایسه میانگین‌ها با آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد و تجزیه آماری با نرم‌افزار SAS و رسم نمودارها با نرم افزار EXCEL صورت گرفت. بعد از آماده شدن و تولید کود کمپوست که ۵۰ روز طول کشید، نمونه‌برداری از کمپوست انجام و ظرفیت نگهداری آب در مکش ۰/۱ بار با استفاده از دستگاه محفظه فشار، کربن آلی کل با استفاده از روش والکلی و بلک اصلاح شده (۷)، ظرفیت تبادل کاتیونی با روش باور(۸)، نیتروژن کل به روش کجلدال (۹)، اسیدیته و هدایت الکتریکی (عصاره ۵/

۲: ۱) (۹)، پتاسیم قابل جذب (۱۰)، فسفر قابل جذب (۱۱)، سدیم قابل جذب (۱۰) اندازه‌گیری شد.

**آزمایش دوم (آزمایش مزرعه‌ای)**

آزمایش در سال زراعی ۹۷-۹۸ در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه آزاد اسلامی واحد تبریز انجام شد. ابتدا عملیات خاک‌ورزی شامل بریدن و پوک کردن خاک و دفن بقایای گیاهی و علف‌های هرز سطح خاک انجام شد. ۲۱ کرت به ابعاد یک متر در یک متر ایجاد گردید، در هر کرت دو ردیف به فاصله ۶۰ سانتی‌متر از یکدیگر در نظر گرفته شد. فاصله بین دو کرت نیم متر بود. سپس، کود تولیدی با خاک تا عمق ۳۰ سانتی‌متری به وسیله بیل مخلوط گردید و در نهایت زمین آماده کاشت نشاهای گوجه‌فرنگی شد. گیاه گوجه‌فرنگی پس از یک ماه نشاء در گلخانه به کرت‌ها منتقل شد. در هر کرت شش نشا کاشته شد. عمل آبیاری هر چهار الی پنج روز انجام شد و در این حین علف‌های هرز و مقدار کمی از شاخه‌ها هرس شدند. بعد از گذشت دو ماه عملیات برداشت انجام شد. آزمایش‌های خاک در قالب طرح کاملا تصادفی با هفت تیمار و سه تکرار انجام شد. تیمارها عبارت بودند از ۱) خاک مخلوط شده با کمپوست تفکیک شده بدون ماده اصلاحی ($T_1$)، ۲) خاک مخلوط شده با کمپوست تفکیک شده با ۲۰ درصد ماده اصلاحی ($T_2$)، ۳) خاک مخلوط شده با کمپوست تفکیک شده با ۴۰ درصد ماده اصلاحی ($T_3$)، ۴) خاک مخلوط شده با کمپوست تفکیک نشده بدون ماده اصلاحی ($T_4$)، ۵) خاک مخلوط شده با کمپوست تفکیک نشده با ۲۰ درصد ماده اصلاحی ($T_5$)، ۶) خاک مخلوط شده با کمپوست تفکیک نشده با ۴۰ درصد ماده اصلاحی ($T_6$) و ۷) خاک بدون کمپوست (شاهد) ($T_7$). مقایسه میانگین‌ها با آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد و تجزیه آماری با نرم افزار SAS و رسم نمودارها با نرم افزار EXCEL صورت گرفت. بعد از برداشت گوجه‌فرنگی، نمونه‌های خاک از عمق صفر تا ۳۰ سانتی‌متری تهیه شد. پس از هوا خشک شدن و عبور دادن از الک دو میلی‌متر مقداری از خاک جهت آزمایش‌های اولیه به آزمایشگاه منتقل شد. برخی ویژگی‌های خاک از جمله جرم مخصوص ظاهری به روش استوانه (۱۲)، میانگین وزنی قطر خاکدانه‌ها (۱۳)، کربن آلی به روش والکلی و بلک اصلاح شده (۷)، pH و EC به ترتیب در گل و عصاره اشباع و کادمیوم و سرب (۱۴) در نمونه‌های خاک اندازه‌گیری شد. برای بدست آوردن Si از داده های منحنی رطوبتی خاک استفاده شد. بدین منظور مقادیر رطوبت حجمی اندازه گیری شده در مکش های ۱۰، ۳۰، ۵۰، ۱۰۰ کیلو پاسکال به نرم افزارRETC وارد و پارامترهای معادله ون گنوختن (۱۵) در معادله زیر به دست آمد:

$$S_{\mathrm{i}} = -n(\theta_s - \theta_r)\left[1+\frac{1}{m}\right]^{-(1+m)} \qquad (۱)$$

در این معادله $\theta s$ و $\theta r$ به ترتیب مقادیر رطوبت اشباع و باقی مانده ($cm^3.cm^{-3}$) و m و n پارامترهای تجربی هستند.

**یافته‌ها (آزمایش کمپوست)**

نتایج تجزیه واریانس اثرات اصلی و متقابل تیمارهای مختلف بر ویژگی‌های اندازه‌گیری شده در کمپوست در جدول یک آمده است.

**جدول ۱- تجزیه واریانس ویژگی‌های اندازه‌گیری شده درکمپوست**

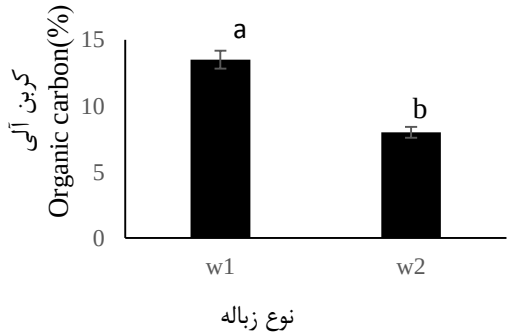
Table1.Analysis of variance of some measured properties of compost

| میانگین مربعات | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| منابع تغییر | درجه آزادی | کربن آلی | نیتروژن | پتاسیم قابل جذب | pH | EC | فسفر قابل جذب | سدیم قابل جذب | ظرفیت تبادل کاتیونی | ظرفیت نگهداشت آب |
| زباله | ۱ | ۱۱۴/۶۷$^{**}$ | ۰/۸۳$^{**}$ | ۷/۹۹ $^{**}$ | ۰/۱۸ $^{*}$ | ۱۲۳/۲۴ $^{ns}$ | ۱۹۴/۹۹$^{**}$ | ۴۴/۱۲$^{**}$ | ۱۹/۶۵$^{**}$ | ۱/۰۷۱$^{**}$ |
| نسبت ماده اصلاحی | ۲ | ۱۴/۹۱ $^{ns}$ | ۰/۱۱$^{ns}$ | ۵/۲۳$^{**}$ | ۰/۳۳$^{**}$ | ۶۰۲/۳۲$^{**}$ | ۲۰/۶۲ $^{ns}$ | ۵۳/۲۲$^{**}$ | ۱۵/۹۹ $^{ns}$ | ۰/۰۰۸ $^{ns}$ |
| زباله * نسبت ماده اصلاحی | ۲ | ۷/۹۷ $^{ns}$ | ۰/۰۵۹$^{ns}$ | ۵/۵۶$^{**}$ | ۰/۳$^{**}$ | ۱۴۰/۶۹ $^{ns}$ | ۲۰/۷۸ $^{ns}$ | ۴۳/۰۵$^{**}$ | ۱۴/۷۰ $^{ns}$ | ۰/۰۰۴ $^{ns}$ |
| | ۱۲ | ۴/۱۷ | ۰/۰۳۱ | ۰/۰۴۷ | ۰/۰۴ | ۴۰/۴۸ | ۱۲/۳۸ | ۴/۷۱ | ۲۲/۵۳ | ۰/۰۲۳ |
| CV | - | ۱۸/۹۹ | ۲۳/۴۸ | ۲۷/۵ | ۶/۹ | ۲۴/۷۹ | ۳۱/۹۹ | ۷/۲ | ۸/۸ | ۱۱/۲۱ |

** ، * و ns به ترتیب معنی دار در سطح احتمال یک درصد، پنج درصد و غیر معنی دار.

**کربن آلی کمپوست**

مطابق جدول ۱ اثر اصلی نوع زباله بر کربن آلی کمپوست معنی‌دار بود. تفکیک زباله مقدار کربن آلی را در کمپوست به میزان ۶۹ درصد افزایش داد (شکل ۱). تفکیک زباله در مبدا به علت خارج کردن مواد زاید از قبیل شیشه، پلاستیک و مواد مشابه، توانست کربن آلی کمپوست تولیدی را افزایش دهد. حداقل مقدار کربن آلی در کمپوست مطابق گزارش موسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران برای کمپوست رده یک، ۲۵ درصد و برای کمپوست رده دو، ۱۵ درصد می‌باشد (۱). مشاهده گردید کربن آلی کمپوست تهیه شده از زباله‌های تفکیک شده برابر ۱۳/۵درصد بود. چافنیو و همکاران (۱۶) بالا بودن مقدار کربن آلی و کلا نسبت کربن به نیتروژن در کمپوست را نامطلوب ارزیابی کرده و گزارش کردند که بالا بودن این نسبت (بیشتر از ۲۰) باعث کاهش تجزیه مواد آلی و از بین رفتن بسیاری از میکروارگانیسم‌ها در اثر کاهش نیتروژن و فسفر می‌گردد. کولیوند و همکاران (۱۷) علت کم بودن کربن آلی در نمونه‌های کمپوست تولیدی از پسماندهای شهر تهران را مخلوط بودن پسماندها با ضایعات شیشه‌ای و پلاستیک و فلزات اعلام کردند. یوسفی و همکاران (۱۸) نیز آزمایش مشابهی برای تولید ورمی‌کمپوست با زباله‌های تفکیک شده (با غالبیت کاهو) انجام دادند و نتیجه گرفتند که در مدت ۳۵ روز، میزان کربن آلی کود تولید شده از ۱/۹۵درصد در مواد اولیه به ۵/۸۵ درصد در بستر حاوی کرم خاکی افزایش یافت.

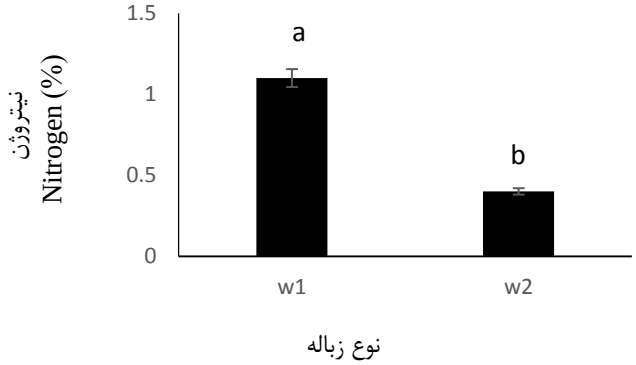



**شکل ۱- اثر اصلی نوع زباله بر کربن آلی کمپوست**

Figure 1. Main effect of waste type on compost organic carbon

**نیتروژن کمپوست**

مطابق جدول ۱ اثر اصلی نوع زباله بر نیتروژن کمپوست معنی‌دار بود. مطابق شکل ۲، مقدار نیتروژن در زباله تفکیک شده ۲/۷۵ برابر زباله تفکیک نشده بود. مطابق گزارش موسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران (۱)، مقدار قابل قبول نیتروژن برای کمپوست درجه یک، ۱/۲۵ تا ۱/۶۶ درصد و برای کمپوست درجه دو، یک تا ۱/۵ درصد می‌باشد. نیتروژن موجود در کمپوست زباله‌های تفکیک شده بالاتر از حداقل مقدار کمپوست درجه دو بود (شکل ۲). کمبود عناصر نیتروژن و فسفر به‌خصوص نیتروژن در کمپوست یکی از مشکلات عمده صنعت کمپوست‌سازی محسوب می‌شود (۱۹). اصغرنیا و همکاران (۲۰) نیز افزایش در نیتروژن کمپوست تولیدی به کمک کرم‌های خاکی را در طول زمان کمپوست شدن گزارش کردند. یوسفی و همکاران (۱۸) در طی تولید ورمی‌کمپوست از زباله‌های خانگی گزارش کردند که درصد نیتروژن از ۱/۱ در مواد اولیه به ۳/۶ در بستر حاوی کرم خاکی بعد از ۳۵ روز افزایش یافت.



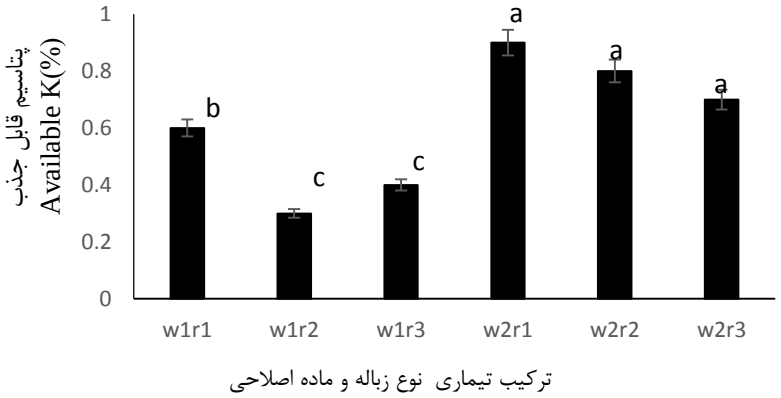

**شکل ۲- اثر اصلی نوع زباله بر نیتروژن کمپوست**

Figure 2. Main effect of waste type on compost N

**پتاسیم قابل جذب کمپوست**

همان‌طور که در شکل ۳ دیده می‌شود مقدار پتاسیم قابل جذب در تیمارهای زباله تفکیک نشده بیشتر از تیمارهای تفکیک شده بود. یکی از مشکلات کاربرد کمپوست به خصوص در نواحی خشک، شوری خاک پس از افزودن کمپوست به خاک است. این شوری، حاصل اضافه شدن عناصری از جمله پتاسیم و سدیم موجود در کمپوست می‌باشد. نتایج نشان داد که تفکیک زباله در مبدا می‌تواند پتاسیم کمپوست را کاهش دهد. در کمپوست زباله تفکیک شده، افزودن مواد اصلاحی باعث کاهش پتاسیم قابل جذب کود آلی تولیدی شد ولی در کمپوست زباله‌های تفکیک نشده تغییری ایجاد نکرد. سفیدکار و همکاران (۲۱) گزارش کردند که مقدار فسفر و پتاسیم در کمپوست به‌مراتب از مقدار نیتروژن کمتر است. این محققان میانگین پتاسیم در

نمونه‌های کمپوست تولیدی از پسماندهای شهری مشهد را ۱/۵ درصد گزارش کردند. مطابق گزارش موسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران (۱)، حد قابل قبول پتاسیم قابل جذب برای کمپوست درجه یک و دو، ۰/۵تا ۱/۸ درصد برحسب $K_2O$ می‌باشد.




**شکل ۳-اثر متقابل نوع زباله و نسبت ماده اصلاحی بر پتاسیم قابل جذب کمپوست**

Figure 3. Interaction effect of waste type and amendment rate on compost available K

**اسیدیته**

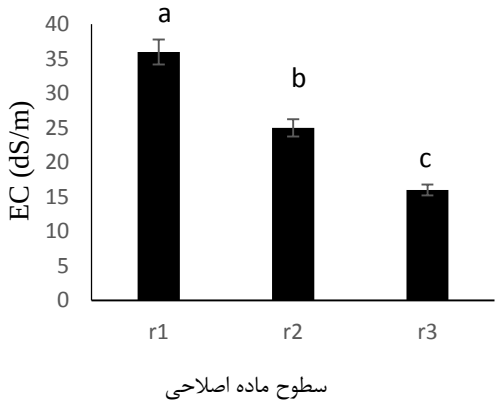
تفکیک زباله در مبدا باعث کاهش pH کمپوست تولیدی شد (شکل ۴). افزودن ضایعات گلخانه‌ای رز در زباله تفکیک نشده، مقدار pH کمپوست را تغییر نداد ولی در زباله تفکیک شده باعث افزایش اسیدیته شد. در شروع فرایند کمپوست شدن، باکتری‌های تشکیل دهنده مواد اسیدی، pH کمپوست را پایین می‌آورند ولی پس از گذشت چند روز، pH کمپوست افزایش می‌یابد. فعالیت متابولیکی میکروارگانیسم‌ها منجر به تولید مواد زاید می‌شود، مثلاً در اثر تجزیه قندها، اسیدهای مختلفی تولید می‌شود و یا در اثر تجزیه پروتئین‌ها، ترکیبات قلیایی تولید خواهد شد. با ادامه روند کمپوست‌شدن فرایند آمونیفیکاسیون سرعت بیشتری می‌یابد، این فرآیند که آمونیاک تولید می‌کند، منجر به افزایش pH محیط می‌گردد (۲۲). از سوی دیگر سنتز ماده آلی با افزایش جمعیت باکتریایی همراه است که از اسیدها به عنوان پیش‌ماده استفاده می‌کنند و پیامد آن افزایش pH کمپوست است (۱). دهقانی و همکاران (۲۳)، طی تحقیقی گزارش کردند در طول دوره زمانی کمپوست‌شدن زباله‌های شهری، pH کمپوست روند افزایشی طی کرد و از ۵/۵ در شروع بازه زمانی به ۸/۴ در پایان ۵۶ روز رسید. pH حدود ۷/۸ به عنوان pH نهایی کمپوست تولید شده از انواع زباله‌های شهری تفکیک شده معرفی شده است (۲۴).

**شکل ۴- اثرمتقابل نوع زباله و نسبت ماده اصلاحی بر pH کمپوست**

Figure 4. Interaction effect of waste type and amendment rate on compost pH

**شوری (EC)**

مطابق جدول ۱ اثر اصلی نسبت ماده اصلاحی بر شوری کمپوست معنی‌دار بود. نتایج مقایسه میانگین نشان داد که بیشترین مقدار EC (۳۶ dS/m) با کاربرد کمپوست با نسبت صفر به ۱۰۰ ضایعات گلخانه‌ای رز به کمپوست ($r_1$) و کمترین مقدار EC (۱۵ dS/m) با کاربرد کمپوست با نسبت ۴۰ به ۶۰ ضایعات گلخانه‌ای رز به کمپوست ($r_3$) مشاهده شد (شکل ۵). اضافه کردن این ضایعات توانست با کاهش تجزیه مولکول‌های آلی پیچیده به مواد ساده و معدنی شوری را کاهش دهد (۱۸). مطابق گزارش موسسه استاندارد و تحقیقات ایران (۱)، حداکثر شوری قابل قبول در کمپوست درجه یک، هشت و در کمپوست درجه دو، ۱۴ دسی‌زیمنس بر متر در محلول ۱۰ درصد ماده خشک بیان شده است. با توجه به اینکه شوری گزارش شده در این تحقیق در محلول ۵/ ۲: ۱ اندازه گیری شده است، می‌توان نتیجه گرفت شوری کمپوست تولیدی در حد مجاز قرار داشته است. سفیدکار و همکاران (۲۱) میانگین EC در نمونه‌های کمپوست زباله‌های شهری مشهد را ۴/۴۸ دسی‌زیمنس بر متر گزارش کردند.




**شکل ۵- اثر اصلی نسبت ماده اصلاحی بر شوری کمپوست**

Figure 5. Main effect of amendment rate on compost EC

**فسفر قابل جذب کمپوست**

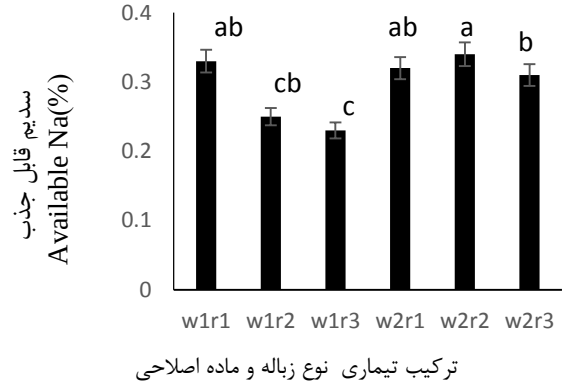
مطابق جدول ۱ اثر اصلی نوع زباله بر فسفر قابل جذب کمپوست معنی‌دار بود. تفکیک زباله در مبدا باعث افزایش غلظت فسفر قابل جذب کمپوست به میزان ۲/۱۴ برابر نسبت عدم تفکیک شد (شکل ۶). مطابق گزارش موسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران (۱)، حد قابل قبول فسفر در کمپوست درجه یک، یک تا ۳/۸ درصد و درکمپوست درجه دو، ۰/۳ تا ۳/۸ درصد بر حسب $P_2O_5$ می‌باشد. نتایج نشان داد کمپوست زباله‌های تفکیک شده از لحاظ مقدار فسفر در رنج کمپوست درجه دو قرار دارد. نتایج این تحقیق با نتایج اصغرنیا و همکاران (۲۰) نیز مطابقت دارد.

**شکل ۶- اثر اصلی نوع زباله بر فسفر کمپوست**

Figure 6. Main effect of waste type on compost available P

**سدیم کمپوست**

مطابق نتایج این تحقیق ، می‌توان با تفکیک زباله در مبدا میزان سدیم کمپوست تولیدی را کاهش داد (شکل ۷). از طرفی افزودن ضایعات گلخانه‌ای رز در زباله تفکیک شده باعث کاهش مقدار سدیم شد. سفیدکار و همکاران (۲۱) حداقل و حداکثر مقدار سدیم در کمپوست زباله‌های شهری مشهد را ۰/۶۴ و ۱/۴ درصد گزارش کردند.




**شکل ۷- اثر متقابل نوع زباله در نسبت ماده اصلاحی بر سدیم قابل جذب کمپوست**

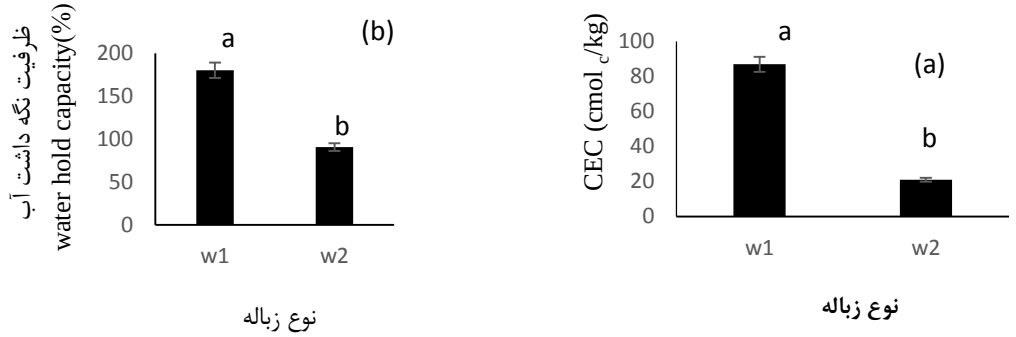
Figure 7. Interaction effect of waste type and amendment rate on compost available Na

**ظرفیت تبادل کاتیونی کمپوست**

مطابق جدول ۱ اثر اصلی نوع زباله بر ظرفیت تبادل کاتیونی کمپوست معنی‌دار بود. مطابق شکل ۸-الف تفکیک زباله ظرفیت تبادل کاتیونی کمپوست را ۴/۱۴ برابر نسبت به عدم تفکیک زباله افزایش داد. مطابق گزارش موسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران (۱)، حداقل ظرفیت تبادل کاتیونی قابل قبول در کمپوست درجه یک و دو ۱۰۰ سانتی‌مول شارژ بر کیلوگرم است. در این تحقیق تفکیک زباله، CEC کمپوست تولیدی را افزایش داد ولی نتوانست به حداقل مقدار قابل قبول برساند.

**ظرفیت نگهداشت آب در کمپوست**

مطابق جدول ۱ اثر اصلی نوع زباله بر ظرفیت نگهداشت آب در کمپوست معنی‌دار بود. مقایسه میانگین تیمارها (شکل ۸-ب) نشان داد تفکیک زباله در مبدا می‌تواند ظرفیت نگهداری آب در کمپوست را دو برابر کند. حذف مواد زاید از یک سو باعث از بین رفتن موادی شده است که قابلیت جذب و نگهداری آب ندارند و از یک سو با بهبود بستر فیزیکی، باعث گردیده که جمعیت میکروبی افزایش یابد و سنتز مواد آلی بیشتر گردد. در نتیجه ظرفیت نگهداری آب در کمپوست افزایش یافته است. مطابق گزارش استاندارد فروش محصولات کمپوست دپارتمان اکولوژی واشنگتن (۱)، حداقل مقدار ظرفیت نگهداری آب در کمپوست درجه یک ۱۵۰ و در کمپوست درجه دو، ۱۰۰ درصد است.




**شکل ۸- اثر اصلی نوع زباله بر ظرفیت تبادل کاتیونی (الف) و اثر اصلی نوع زباله بر ظرفیت نگهداشت آب (ب)**

Figure 8. Main effect of waste type on compost CEC (a) and main effect of waste type on compost water hold capacity (b)

**آزمایش‌های خاک**

برخی از ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک اولیه در جدول دو و نتایج تجزیه واریانس ویژگی‌های اندازه‌گیری شده در خاک در جدول شماره سه نشان داده شده است.

**جرم مخصوص ظاهری خاک**

افزودن کمپوست زباله تفکیک شده و نیز ضایعات گلخانه‌ای رز باعث کاهش جرم مخصوص ظاهری خاک نسبت به شاهد شد. کمترین مقدار جرم مخصوص ظاهری مربوط به تیمارهای زباله تفکیک شده با ۲۰ و ۴۰ درصد ضایعات گلخانه‌ای ساقه رز ($T_2$ و $T_3$) بود (شکل۹). شیرانی و همکاران (۲۵) در تحقیقی نشان دادند که افزودن ۳۰ و ۶۰ میلی‌گرم بر هکتار کود دامی در مدت دو سال به خاک به ترتیب باعث کاهش ۱۲ و ۱۶ درصد جرم مخصوص ظاهری خاک شد. میرزایی تالارپشتی و همکاران (۲۶) نیز با مصرف ورمی‌کمپوست کاهش ۱۴ درصدی در جرم مخصوص ظاهری خاک مشاهده کردند. تژادا و گونزالز (۴) کاهش در جرم مخصوص ظاهری خاک با مصرف چهار نوع ماده آلی از جمله کمپوست زباله‌های شهری گزارش کردند. مواد آلی به دلیل دارا بودن خلل و فرج فراوان قادر است تخلخل خاک را افزایش داده و جرم مخصوص ظاهری خاک را کاهش دهد. از سوی دیگر مواد آلی خاکدانه‌سازی در خاک را افزایش می‌دهد که این امر نیز می‌تواند موجب کاهش جرم مخصوص ظاهری در خاک شود (۲۷).

**میانگین وزنی قطر خاکدانه ها**

افزودن هر دو نوع کمپوست به خاک باعث افزایش MWD در خاک شد (شکل ۱۰). همچنین مشاهده شد که تیمارهای کمپوست زباله تفکیک شده با هر سه سطح نسبت ماده اصلاحی، باعث افزایش بیشتر MWD در خاک نسبت به تیمارهای زباله تفکیک نشده گردید. ملایی و همکاران (۲۸) گزارش کردند که مواد آلی خاک و همین‌طور EC دو عامل مهم در افزایش MWDو پایداری خاکدانه‌ها هستند. مواد آلی به دلیل افزایش خاکدانه‌سازی و تشکیل خاکدانه‌های بزرگتر باعث افزایش MWD می‌گردد (۲۹). دکستر (۳۰)، همبستگی مثبتی را میان کربن آلی خاک و MWD گزارش کرد

**جدول ۲- برخی از ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی نمونه خاک**

Table 2. Some physical and chemical properties of soil

| بافت | EC (dS/m) | pH | SAR $(meq/L)^{0.5}$ | OC (%) | Cd (mg/Kg) | Pb (mg/Kg) | MWD (mm) | Si | جرم مخصوص ظاهری $(gr/cm^3)$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| رس شنی | ۸/۷۶ | ۸ | ۸/۶ | ۱/۰۱ | ۰/۰۱ | ۰/۱۲ | ۱/۰۲ | ۰/۰۵ | ۱/۳۵ |

**جدول ۳- تجزیه واریانس ویژگی‌های اندازه‌گیری شده خاک**

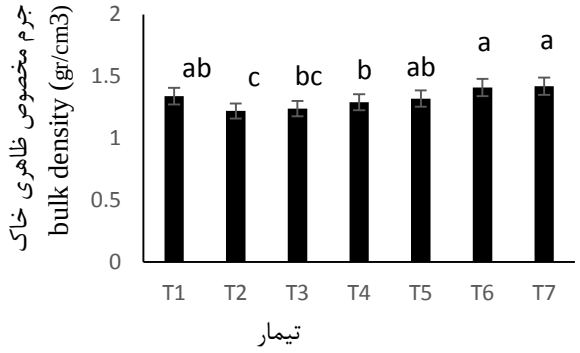
Table3. Analysis of variance of some measured properties of soil

| میانگین مربعات MS | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| منبع تغییر | درجه آزادی | جرم مخصوص ظاهری | میانگین وزنی قطر خاکدانه | Si | EC | کربن آلی | pH | Pb | Cd |
| تیمار | ۶ | ۰/۰۲** | ۰/۱۸** | ۰/۱۱** | ۰/۱۴** | ۰/۱۳* | ۰/۰۳۴ ns | ۰/۴۳** | ۰/۱۵** |
| خطا | ۱۴ | ۰/۰۰۶ | ۰/۰۰۳ | ۰/۰۲ | ۰/۰۱ | ۰/۰۵ | ۰/۰۶ | ۰/۰۹ | ۰/۰۳ |
| CV | - | ۶ | ۵/۵ | ۳۴ | ۱۱/۸ | ۱۸/۴۵ | ۴ | ۱۲/۵ | ۳۴ |

**، * و ns به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد، پنج درصد و غیر معنی‌دار

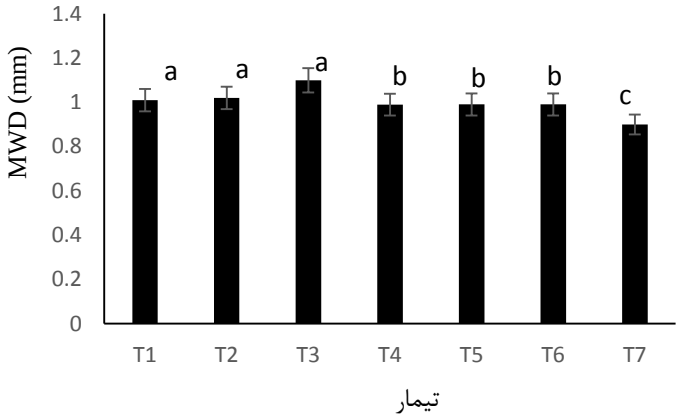
**شیب منحنی رطوبتی در نقطه عطف**

بیشترین مقدار Si خاک در تیمار خاک و کمپوست تفکیک شده با ۴۰ درصد ماده اصلاحی ($T_3$) مشاهده شد (شکل ۱۱). این تیمار با افزایش اتصال ذرات خاک باعث پایداری ساختمان خاک شده و Si خاک را ۰/۰۷۸ واحد نسبت به شاهد افزایش داد. کمترین مقدار Si در تیمار خاک و کمپوست تفکیک نشده بدون ماده اصلاحی مشاهده شد که بین این تیمار و شاهد اختلافی وجود نداشت. تمامی نمونه های خاک از لحاظ شاخص Si مطابق طبقه بندی دکستر (۳۱) در محدوده خوب قرار گرفتند. افزایش شاخص Si با افزایش مواد آلی توسط دکستر (۳۲) نیز گزارش شده است.



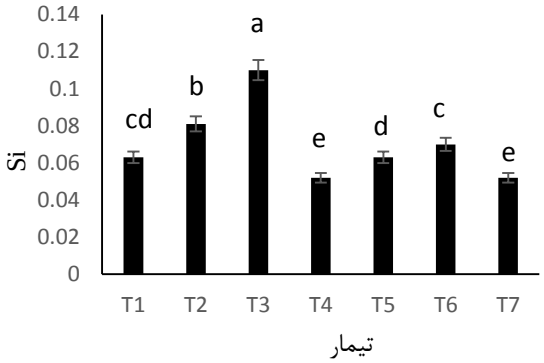

**شکل ۹- اثر تیمارهای متفاوت بر جرم مخصوص ظاهری خاک**

Figure 9. The effect of different treatments on soil bulk density




**شکل۱۰- اثر تیمارهای متفاوت بر MWD خاک**

Figure 10. The effect of different treatments on soil MWD

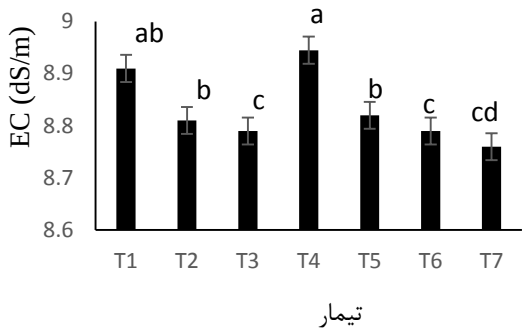



**شکل۱۱- اثر تیمارهای متفاوت بر Si خاک**

Figure 11. The effect of different treatments on soil Si

**EC خاک**

بیشترین مقادیر EC در تیمارهای خاک و کمپوست تفکیک شده و نشده بدون ماده اصلاحی ($T_1$ و $T_4$) مشاهده شد که به ترتیب EC برابر ۸/۹ و ۸/۹۴ ایجاد کردند. کمترین مقادیر EC در تیمارهای کمپوست تفکیک شده و نشده به همراه ۴۰ درصد ماده اصلاحی ($T_3$ و $T_6$) مشاهده شد که به ترتیب دارای EC برابر ۸/۷۸ و ۸/۷۹ بودند و میان این دو تیمار و شاهد، اختلافی وجود نداشت. این نتیجه بدان معنی است که افزودن مواد اصلاحی با نسبت ۴۰ درصد به زباله می‌تواند مانع از افزایش شوری خاک با مصرف کمپوست گردد. لاخدار و همکاران (۳۳) نیز افزایش EC خاک با کاربرد کمپوست را گزارش کردند. تحقیقات کشاورز (۳۴) نشان داد مصرف کمپوست شهری در خاک تحت کشت گوجه فرنگی باعث افزایش EC خاک شد.

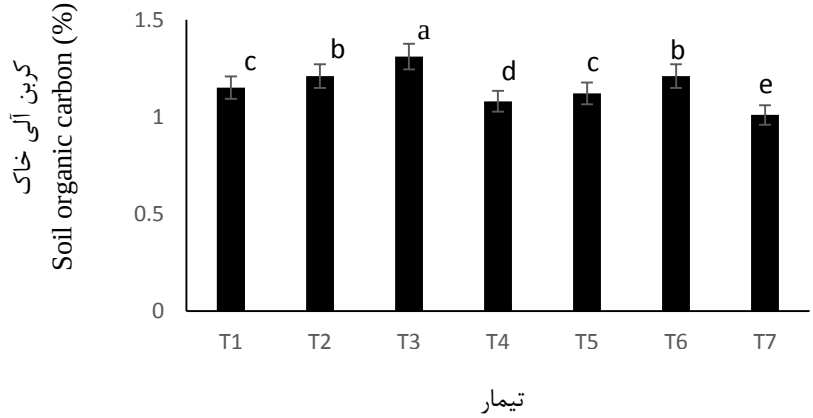



**شکل۱۲- اثر تیمارهای متفاوت بر EC خاک.**

Figure 12.The effect of different treatments on soil EC.

**کربن آلی خاک**

مشاهده گردید تیمارهایی که کمپوست آنها از نوع تفکیک شده بود کربن آلی خاک را نسبت به تیمارهای تفکیک نشده بیشتر افزایش دادند. بیشترین مقدار کربن آلی در تیمار کمپوست تفکیک شده با ۴۰ درصد ماده اصلاحی ($T_3$) مشاهده شد. این تیمار کربن آلی خاک را ۳۲ درصد نسبت به شاهد افزایش داد. کشاورز (۳۴)، با کاربرد کمپوست شهری در خاک تحت کشت گوجه فرنگی افزایش در کربن آلی خاک را گزارش کرد. وینال فرتاس و همکاران (۳۵) نیز تاثیر مثبت کاربرد کمپوست را بر کربن آلی خاک گزارش کردند.

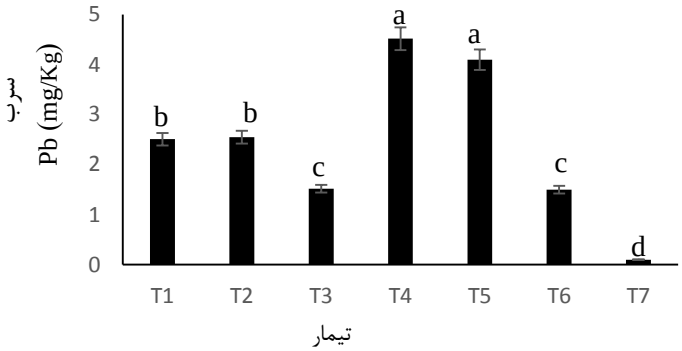



**شکل۱۳- اثر تیمارهای متفاوت بر کربن آلی خاک**

Figure 13. The effect of different treatments on soil OC

**سرب خاک**

چن و همکاران (۳۶) حد مجاز سرب در خاک را ۴۰۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم گزارش کرده‌اند. بر اساس استاندارد اتحادیه اروپا (EU)، حد مجاز سرب در خاک ۳۰۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم است (۳۷). مطابق نتایج، هیچ کدام از انواع کمپوست‌های تولید شده مشکلی از لحاظ سرب ایجاد نکردند. تفکیک زباله و افزودن ضایعات گلخانه‌ای رز باعث کاهش سرب آزاد شده به خاک گردید. از اشکالاتی که کمپوست می‌تواند به مرور زمان ایجاد کند، تجمع عناصر سنگین در خاک است (۳۸). پرز و همکاران (۵) بیان کردند که کاربرد کمپوست زباله شهری باعث افزایش غلظت مس، سرب و کروم قابل جذب خاک گردید.

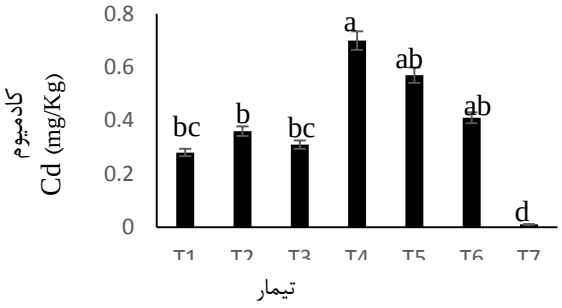



**شکل ۱۴- اثر تیمارهای متفاوت بر سرب خاک**

Figure 14. The effect of different treatments on soil Pb

**کادمیوم خاک**

آللووی (۳۹) گزارش داد خاک‌هایی که غلظت کادمیوم در آنها کمتر از یک میلی‌گرم بر کیلوگرم است غیرآلوده، خاک‌هایی که غلظت کادمیوم آنها یک تا سه میلی‌گرم بر کیلوگرم است نسبتا آلوده و خاک‌هایی که غلظت کادمیوم در آنها سه تا ۱۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم است آلوده محسوب می‌شوند. در حالی‌که کارینی (۴۰) حد مجاز کادمیوم در خاک را یک تا پنج میلی‌گرم بر کیلوگرم عنوان کرد. نتایج نشان داد کمپوست زباله شهری باعث افزایش عنصر سنگین کادمیوم شد اما مقدار کادمیوم در همه تیمارها کمتر از حد مجاز بود. تفکیک زباله و افزودن ضایعات گلخانه‌ای رز باعث کاهش کادمیوم خاک شد. وبر و همکاران (۴۱) گزارش کردند که کاربرد کمپوست در یک خاک لومی شنی در طی دو سال متوالی باعث افزایش غلظت روی، مس و سرب گردید. آیاری و همکاران (۴۲) بیان کردند که استفاده مکرر از کمپوست میزان فلزات سنگین در خاک های اصلاح شده را به طور قابل ملاحظه‌ای افزایش داده است.




**شکل۱۵- اثر تیمارهای متفاوت بر کادمیوم خاک**

Figure 15. The effect of different treatments on soil Cd

**نتیجه‌گیری**

افزایش شوری خاک و آلودگی با عناصر سنگین از جمله مشکلات کاربرد کمپوست زباله‌های شهری است. نتایج این تحقیق نشان داد تفکیک زباله‌ها در مبدا و افزایش ضایعات گلخانه‌ای رز می‌تواند خواص شیمیایی و فیزیکی کمپوست تولیدی را بهبود بخشد. تفکیک زباله در مبدا باعث افزایش کربن آلی، نیتروژن، ظرفیت تبادل کاتیونی، فسفر و ظرفیت نگهداشت آب در کمپوست گردید و پتاسیم قابل جذب، pH و سدیم کمپوست تولیدی را کاهش داد. کاهش pH و سدیم کود آلی تولیدی به خصوص در مناطق خشک و نیمه‌خشک که اکثرا در معرض شور و سدیمی شدن قرار دارند، بسیار مطلوب است. کاربرد کمپوست تولیدی از زباله‌های تفکیک شده در خاک نیز باعث کاهش جرم مخصوص ظاهری، شوری، غلظت سرب و کادمیوم گردید و میانگین وزنی قطر خاکدانه، شاخص Si و کربن آلی خاک را افزایش داد. اضافه کردن ضایعات گلخانه‌ای رز باعث کاهش

پتاسیم قابل جذب، شوری و سدیم و افزایش pH کمپوست گردید. در خاک نیز باعث کاهش جرم مخصوص ظاهری، شوری، سرب و کادمیوم و افزایش شاخص Si و کربن آلی شد.

**References**


1. Zazouli M.A., Bagheri Ardebilian M., Ghahramani E., and Ghorbanian M. 2018. Principles of Compost Production Technology. Khaniran, Teran, Iran. 340 p. (In Persian with English abstract).
2. Amini Fard A. 2019. Effect of compost level on absorption of some micronutrients and its relation to physiological parameters of saffron. Journal of Crop Production Research, 26: (1) 61-74.
3. Agassi M., Levy G.J., Hadas A., Benyamini Y., Zhevelev H., Fizik E., Gotessman M., and Sasson N. 2004. Effects on minimizing rainwater losses and on hazards to the environment. Soil and Tillage Research, 78:103-113.
4. Tejada M., and Gonzalez J.L. 2008. Influence of two organic amendments on the soil physical properties, soil losses, sediments and runoff water quality. Geoderma, 145: 325-334.
5. Perez D.V., Alcantra S., Ribeiro C.C., Pereira R.E., Fontes G.C., Wasserman M.A., Venezuela T.C., Meneguelli N.A., and Parradas C.A.A. 2007. Composted municipal waste effects on chemical properties of Brazilian soil. Bioresource Technology, 98: 525- 533.
6. Karimnia F., Rangzan F., Nadian Ghomsheh H., and Lotfi Jalal Abadi A. 2019. The effect of spent mushroom compost and its biochar on parsley yield under salinity stress. Iranian Journal of Soil and Water Research, 50(6): 1453-1465.
7. Nelson D.W., and Sommers L.E. 1986. Total carbon, organic carbon and organic matter. p. 539-579. In: Page AL, Miller RH and Keeney DR (eds), Methods of Soil Analysis. Part 2. Chemical and Microbiological Properties. Agronomy Monograph No. 9. ASA and SSSA, Madison, WI.
8. Bower C.A.R., Reitemeier F., and Fireman M. 1952. Exchangeable-cation analysis of salin and alkali soils. Soil Science, 73:251-261.
9. Gupta P.K. 1999. Soil, Plant, Water and Fertilizer Aanalysis. Agrobios publication, Bikaner, India.
10. Knudsen D., Paterson G.A., and Pratt P.F. 1982. Lithium, sodium and potasium. p. 225-246. In: Page et al. (Eds.), Methods of Soil Analysis. Part 2. ASA, SSSA, Madison, USA.
11. Olsen S., and Sommers L.E. 1982. Phosphorus. p. 403-430. In: Page et al. (Eds.), Methods of Soil Analysis. Part 2. Chemical and Microbiological Properties. Agronomy Monograph No. 9. ASA and SSSA: Madison, WI.
12. Blake G.R., and Hartge K.H. 1986. Bulk density. p. 363-375. In: A. Klute (ed.). Methods of Soil Analysis. 2nd ed. Agron. Monogr. 9, ASA, Madison, WI.
13. Van Bavel C.H.M. 1949. Mean weight diameter of soil aggregates as a statistical index of aggregation. Soil Science Society, 14: 20-23.
14. Zng Y.H. 2004. Evaluating heavy metal contents in nine composts using four digestion methods. Bioresource Technology, 95:53 – 59.
15. Van Genuchten M.Th. 1980. A closed-form equation for predicting the hydraulic conductivity of soils. Soil Science Society of American Journal, 44: 892-898.

16. Chafneau C.H., Rougeux G., Yepremian C., and Oudot J. 2005. Effects of nutrient concentration on the biodegradation of crude oil and associated microbial populations in the soil. Soil Biology and Biochemistry, 37:1490-1497
17. Koolivand A., Naddafi K., Nabizadeh R., Jonidi Jafari A., Yunesian M., Yaghmaiean, K., and Naseri S. 2016. Investigating the trend of changes of organic carbon, nitrogen, phosphorus, and temperature during oily sludge composting process. Iranian Journal of Health and Environment, 9(3): 299-308. (In Persian)
18. Yousefi Z., Amouei A. I., Asgharnia H., Nemati A. and Vaezzadeh M. 2011. Compost production from household solid wastes by earthworms. Journal of Babol University Medical Science, 14(1): 30-35. (in Persian with English abstract).
19. Heidarzade N., and Abdoli M. 2008. Quality assessment of compost in Iran and the need for standards and quality assurance. Journal of Environmental Studies, 34(48):29-40. (In Persian with English abstract).
20. Asgharni H.A., Omrani G.A., and Amooii A. I. 2004. Comparison of aerobic compost andvermicompost according to maturation time and microbial and chemical quality. In Proceeding of 6th National Congress of Environmental Health, Mazandaran, Iran. (In Persian with English abstract).
21. Sefidkar E., Kazemi M., Mohebbrad B., and Sadeghi A. 2013. Chemical analysis of the compost produced in Mashhad city andcomparison with standards. Journal of North Khorasan University of Medical Sciences, 5(4): 775-782. (in Persian with English abstract).
22. Khoshru B., Aliasgharzad N. and Jodmand A. 2019. The effect of pH adjustment of municipal compost on its enrichment with plant growth promoting bacterium "Entrobacter Cloacase". Soil Biology, 7(1): 103-113.
23. Dehghani R., Charkhloo E., Mostafaii G.H., Asadi M.A., Mousavi G. A., Saffari M., and Pourbabaei M. 2011. A study on the variations of temperature, moisture, pH and carbon to nitrogen ratio in producing compost by stack method**.** Medical Sciences, 15: 359-365. (In Persian with English abstract).
24. Rebollido R., Martinez J., Aguilera Y., Melchor K., Koerner I., and Stegmann R. 2008. Microbial populations during composting process of organic fraction of municipal solid waste.Applied Ecology and Environmental Research, 6(3): 61-67.
25. Shirani H., Hajabbasi M.A., Afyuni M., and Hemmat A. 2010. Impact of tillage systems farmyard manure on soil penetration resistance under corn cropping. Journal of Science and Technology of Agricalture and Natural Resources, 14(51): 141-155. (In Persian with English abstract).
26. Mirzaee Talarposhti R., Kambodia J., Sabahi H., and Mahdavi Damgani A. 2009. Effect of organic fertilizers on physicochemical properties of soil and production of tomato dry matter. Iranian Journal of Agricultural Research, 7(1): 257-267. (In Persian with English abstract).
27. Sadegi S., Eslahi N., and Dadashian F. 2015. Recycling chicken feather fibers for the production of absorbent porous keratin foam. The 10th National Conference on Textile Industry of Iran,

Isfahan, Faculty of Textile Engineering, Isfahan University of Technology (In Persian with English abstract).

28. Mollaei M., Bashari H., Basiri M., and Mosaddeghi M.R. 2015. Soil structural stability assessment using wet-sieving method in selected rangeland sites in Isfahan province.Water and Soil Science, 18(70): 121-133.
29. Mamedov A.I., Beckmann S., Huang C., and Levy G.J. 2007. Aggregate stability as affected by polyacrylamide molecular weight, soil texture and water quality. Soil Science Society of American Journal, 71(6): 1909-1918.
30. Dexter A.R. 1988. Advances in characterization of soil structure. Soil Tillage Research, 11:199–238.
31. Dexter A.R. 2004(b). Soil physical quality, Part III. Unsaturated hydraulic conductivity and general conclusions about S theory. Geoderma, 120: 227-239.
32. Dexter A.R. 2004(a). Soil physical quality. Part I: Theory, effects of soil texture, density, and organic matter, and effects on root growth. Geoderma, 120:201-214.
33. Lakhdar A., Scelza R., Scotti R., Rao M.A., Jedidi N., Gianfreda L., and Abdelly C. 2010. The effect of compost and sewage sludge on soil biologic activities in salt affected soil. Journal of Soil Science and Plant Nutrition, 10(1): 40-47.
34. Keshavarz P. 2013. Soil chemical changes, nutrient composition and tomato yield in response to consumption of municipal waste compost. Soil Research, 27(2): 169-178.
35. Vinhal-Freitas I.C., Wangen D.R.B., Ferreira, A.S., Correa G.F., and Wendling B. 2010. Microbial and enzymatic activity in soil after organic compositing. Biology and Soil, 34: 757-764.
36. Chen M., Ma L.Q., Cao R.X., Melamed R., and Singh S.P. 2003. Field demonstration of in situ immobilization of soil Pb using P amendments. Advanced Environmental Research, 8: 93-102.
37. Anonymous 1987. Guidance on the Assessment and Redevelopment of Contaminated land. Interdepartmental Committee on the Redevelopment of Contaminated Land. Guidance Note. 59/83. Department of Environment, London.
38. Achiba W.B., Gabteni N., Lakhar A., and Du Laing G. 2009. Effects of 5-year application of municipal solid waste compost on the distribution and mobility of heavy metals in a Tunisian calcareous soil. Agricultural Ecosystems and Environment, 130: 158-183.
39. Alloway B.J. 1995. Heavy Metals in Soils. Blackie Chapman and Hall, London.
40. Cariny T. 1995. The Reuse of Contaminated Land. John Wiley and Sons Ltd, Publisher. USA.
41. Weber J., Karczewska A., Drozd J., Licznar M., Licznar S., Jamroz E., and Kocowicz A. 2007. Agricultural and ecological aspects of a sandy soil as affected by the application of municipal solid waste composts. Soil Biology and Biochemistry, 39: 1299-1302.
42. Ayari F., Chairi R., and Kossai R. 2008. Sequential extraction of heavy metalsduring composting of urban waste. Chinian Journal of Geochemistry, 27: 121-125.