مجله مهندسی بهداشت محیط، زمستان ۱۳۹۸، سال ۷، شماره ۲: ۱۶۵-۱۷۸

# بررسی اثر سن کمپوست بر کیفیت کمپوست ساخته شده(مطالعه موردی کارخانه کمپوست سازمان مدیریت پسماند شهرداری اصفهان)

**طیب مرادی[۱]، محمد هادی ابوالحسنی[۲*]**

[۱] کارشناسی ارشد محیط زیست، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد اصفهان(خوراسگان)، اصفهان، ایران

[۲] استادیار، گروه محیط زیست، مرکز تحقیقات پسماند و پساب، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد اصفهان(خوراسگان)، اصفهان، ایران

**تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۹۷/۱۲/۲؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/٤/۱۱**

## چکیده

**مقدمه:** امروزه مسئله مواد زائد جامد شهری یا پسماند شهری یکی ازمسایل و مشکلات جدی در کل شهرهای دنیا است. کمپوست کارخانه‌های بازیافت از زمان تولید و رسیدن تا مرحله فروش و مصرف آن مدت زمان قابل توجهی نگهداری می‌شود. در این پژوهش بررسی اثر سن کمپوست بر کیفیت آن در کارخانه کمپوست سازمان مدیریت پسماند شهرداری اصفهان انجام شد.

**روش کار:** جهت انجام این پژوهش یک توده کمپوست به وزن حدودا ۳۰۰ تن از کمپوست تازه تولید شده و آماده شده برای فروش در محل خاصی از کارخانه بصورت جدا نگهداری شد و در زمان‌های صفر، چهار و نه هفته انجام شد. در کمپوست‌ها فاکتورهای آمونیاک، نیترات، آمونیوم، فسفر، پتاسیم، نیتروژن کل، نیتروژن معدنی، نیتروژن آلی، سدیم، کلسیم، منیزیم، کربن، چگالی، EC، pH، اکسیژن خواهی شیمیایی و نسبت کربن به نیتروژن در هر مقطع زمانی با سه تکرار آزمایش صورت گرفت.

**یافته‌ها:** نتایج این تحقیق نشان داد فاکتورهای آمونیاک، نیترات، آمونیوم، نیتروژن کل، نیتروژن معدنی، نیتروژن آلی، EC، pH، رطوبت، چگالی و نسبت کربن به نیتروژن در کمپوست اولیه به ترتیب ۱۸۰۰، ۳۵/۵۸، ۲۳۱٤/۲۸، ۱٤۰۰۰، ۲٤۰۰، ۱۱٦۰۰، ۷/۱٤۵، ۷/۲٤۵، ٦/۸۵، ۲۸٦ و ۱۲/۵٤ بود و در نهایت در هفته نهم ۸۷۳/۱٤۵، ۸۱/۳۲۵، ۱۱۲۲/٦۱، ۱۵۰٦۵/٦۳، ۱۲۱۵/٦۳، ۱۳۸۵۰، ۵/۷۱، ۷/۳۵، ۵/۰۰۵، ۲۷۹/۵ و ۲۲/۰٤ شد که میزان آمونیاک، آمونیوم فسفر، نیتروژن معدنی، EC، رطوبت و چگالی با اختلاف معنی‌داری کاهش پیدا کرد و بقیه فاکتورها با اختلاف معنی‌داری افزایش یافت. نتایج فسفر نیز با یکدیگر اختلاف معنی‌داری نداشتند. همچنین نتایج این تحقیق نشان داد فاکتورهای آمونیاک، آمونیوم، فسفر، نیتروژن کل، نیتروژن معدنی، نیتروژن آلی، EC و COD در شیرابه در هفته صفر ۲٤٤/۲٦، ۳۱٤/۰۵، ۲۹۸/۷۳، ۱۱۵۳/٦، ۳۲۵/۳٦، ٦۲۸۹/۲، ۳۷/۰۸۸ و ۳٦۳۵/۲٤ بود و در هفته نهم به ترتیب ۱۱۰/۳٦، ۱٤۱/۸۹، ۲۸۵/٤۳، ۳٦٦، ۱٤۸/۹۸، ۲۱۷، ۱۵/۷۲۸ و ۵۷۳۳/۷٦ شد که میزان پارامترهای آمونیاک، نیترات، آمونیوم، نیتروژن کل، نیتروژن معدنی، نیتروژن آلی و EC با اختلاف معنی‌داری کاهش یافت ولی میزان COD با اختلاف معنی‌داری افزایش یافت و نتایج فسفر و نیترات با یکدیگر اختلاف معنی‌داری نداشتند.

**نتیجه‌گیری:** در نهایت می‌توان نتیجه گرفت که کیفیت کمپوست با گذشت زمان کاهش می‌یابد و هرچه از مدت زمان تولید کمپوست بگذرد به‌صورت کلی عناصر غذایی مورد مصرف گیاهان در کمپوست کاهش می‌یابد.

**کلمات کلیدی**: کمپوست، شیرابه، افزایش سن کمپوست، پارامترهای تاثیرگذار در کیفیت کمپوست

[*] **نویسنده مسئول:** استادیار، گروه محیط زیست، مرکز تحقیقات پسماند و پساب، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد اصفهان(خوراسگان)، اصفهان، ایران
ایمیل: hadi.mha2001@yahoo.com - تلفن تماس: ۳۵۳۵۴۱۱۷ -۰۳۱

## مقدمه

افزایش سریع جمعیت، توسعه و پیشرفت تکنولوژی و تمایل بشر به افزایش مواد مصرفی و در نتیجه ازدیاد مواد زائد از جمله مسائلی است که اخیرا در جوامع بشری بحران‌های عظیمی را به وجود آورده است. مضاف بر اینکه جمع‌آوری و دفع چنین موادی در اغلب کشورهای جهان به‌ویژه کشورهای در حال توسعه از تکنولوژی چندان پیشرفته‌ای برخوردار نیست [۱و۲].

آنالیز زباله‌های شهری در ایران نشان می‌دهد که بیش از ۷۰ درصد از ترکیب زباله‌ها را پسماندهای غذایی با فسادپذیری بالا تشکیل می‌دهند. دفن غیربهداشتی حدود ۸۵ درصد از زباله‌های شهری در ایران مشکلات زیست محیطی زیادی را در پی داشته است. تولید شیرابه‌های بسیار آلوده، ایجاد گازهای گلخانه‌ای، تخریب کیفیت آب، خاک و هوا و از بین بردن منابع تجدیدپذیر موجود در زباله از جمله این مسائل به شمار می‌روند [۳]. یکی از روش‌های افزایش حاصل‌خیزی خاک، مصرف کودهای شیمیایی حاوی نیتروژن و فسفر بوده که هر ساله شاهد افزایش مصرف چندین برابر آن می‌باشیم. کودهای شیمیایی علی‌رغم مزایای زیاد در باروری خاک و افزایش تولید محصولات کشاورزی، در صورت کاربرد بی‌رویه و غیر علمی سبب افت کیفیت و اختلال در عملکرد خاک‌های زراعی و در نهایت کاهش رشد گیاهان و محصولات کشاورزی می‌گردد.

از سوی دیگر قسمت اعظم ترکیبات مواد زائد جامد شهری از مواد آلی تشکیل گردیده است. اگر این مواد آلی از میان ترکیبات مواد زائد جدا شود و مورد تجزیه باکتری‌ها قرار گیرند، محصول نهایی از فعالیت همانندسازی(Assimilatory) و غیر همانندسازی(Dissimilatory) باکتری‌ها، کود ترکیبی یا هوموس خوانده می‌شود. به عبارتی تبدیل پس مانده مواد زائد جامد یعنی مواد آلی زباله پدیده‌ای است که به نام کمپوست مشهور است [۱و۴].

کمپوست به عنوان فراورده نهایی تجزیه کنترل شده ضایعات آلی، خصوصیات فیزیکوشیمیایی خاک را بهبود می‌دهد. کاربرد کمپوست میزان مواد آلی خاک را افزایش می‌دهد و میزان مواد آلی خاک از مهمترین عوامل در تعیین کیفیت و باروری خاک‌های زراعی است. فقر خاک‌های زراعی ایران از نظر مواد آلی حاصل‌خیزی خاک را در حد بحرانی کاهش داده و امنیت تولید را با خطر مواجه کرده است. با این وصف در چشم انداز سال ۱۴۰۰ ایران، مقرر شده است تا در این سال، میزان مواد آلی خاک‌های زراعی کشور به حداقل ۱٪ برسد. بنابراین برای جامه عمل پوشاندن به این هدف یعنی افزایش میزان مواد آلی خاک، کاربرد مواد آلی کمپوست شده با منشاء ضایعات کشاورزی و پسماندهای شهری در خاک‌های زراعی تا حد زیادی به رفع این معضل کمک می‌کند [۵و۶]. مواد آلی درون زباله مسئول بسیاری از مشکلات زیست‌محیطی در اماکن دفن می‌باشند خصوصا به خاطر ایجاد رواناب‌های شیرابه زباله که اگر به درستی کنترل نگردد، می‌تواند سبب آلودگی منابع آب و سفره‌های آب زیرزمینی شود [۳و۷]. در کشور ما روزانه، سرانه تولید زباله هر نفر ایرانی به طور متوسط ۶۰۰ گرم در روز است که از این مقدار بالغ بر ۲۹ هزار تن مواد آلی و ضایعات گیاهی می‌باشد، که بطور متوسط ۱۰ هزار تن کود کمپوست آلی در صورتی که از مبدا ضایعات گیاهی و مواد آلی تفکیک شده جمع‌آوری شود، بدست می‌آید که سالانه می‌توان بالغ بر ۳۶۵۰ هزار تن کود کمپوست آلی تولید نمود که این کود فاقد عوارض نامطلوب کودهای شیمیایی می‌باشد و موجب تقویت بافت خاک می‌گردد [۸]. کمپوست تولیدی به خوبی می‌تواند در زمین‌های کشاورزی به عنوان کود و در اراضی نامرغوب به عنوان عامل اصلاح کننده بافت خاک به‌کار گرفته شود. بدین ترتیب با توجه به ضرورت کنترل بهداشتی و بازیافت مواد آلی فسادپذیر در زباله‌های شهری کشور از یک طرف و نیاز روزافزون به کود و عامل اصلاح کننده خاک در زمین‌های کشاورزی از طرف دیگر، تولید کمپوست از زباله‌های شهری

در ایران از توجیهات فنی و اقتصادی مطلوبی نیست و بیشتر توجیه محیط زیستی دارد.

کمپوست کردن یکی از اجزای سیستم یکپارچه مدیریت مواد زائد جامد است که می‌تواند به خوبی در مورد زباله‌های شهری، زایدات باغبانی و غذایی و زایدات تفکیک شده به کار گرفته شود [۳و ۹]. در دهه‌های اخیر تعداد کارخانه‌های کمپوست در کشور روند رو به رشدی داشته با این وجود کیفیت کمپوست تولیدی در این کارخانه‌ها به ندرت مورد ارزیابی و پایش قرار گرفته است [۳]. در برخی موارد کمپوست حاصله از زباله شهری به‌دلایل متعدد از جمله بوی نامطبوع، وجود مواد خارجی و درجه رسیدگی ناکافی مورد استقبال کشاورزان قرار نگرفته است. این امر باعث شده است که نه تنها صدها هزار تن کمپوست که منبع مفیدی برای تامین مواد آلی خاک‌های زراعی می‌باشد، بدون استفاده باقی بماند بلکه موجبات آلودگی محیط زیست را نیز در پی خواهد داشت [۱۰].

در مطالعه‌ای که توسط صفا و همکاران در سال ۱۳۹۷ بر روی تأثیر ترکیب مواد ورودی بر کیفیت کمپوست تولیدی به روش توده‌های استاتیک با هوادهی فعال در روستای سولقان انجام شد، نتایج مقایسه محصول نهایی با استانداردهای ایران، آمریکا و کانادا نشان می‌دهد که روش استاتیک در هر دو ترکیب سبب تثبیت پسماندهای جامد و در نهایت منجر به تولید کمپوست مناسب شده است. از نظر ارزیابی اقتصادی ملاحظه شد که نرخ بازده داخلی برای تولید کمپوست به روش استاتیک برابر با ۱۲/٤ درصد می‌باشد. در مطالعه دیگری که حیدری و میرکی در سال ۱۳۹۵ بر روی بررسی کیفی کود کمپوست تولیدی کارخانه زاهدان با در نظر گرفتن خواص فیزیکی و شیمیایی انجام گرفت، نتایج نشان داد که کمپوست تولیدی در کارخانه زاهدان از لحاظ فلزات سنگین در محدوده استانداردهای اتحادیه اروپا، آمریکا و کانادا (BNQ و CCME و AAFC) در حد قابل قبول استاندارد ملی ایران می‌باشد. درصد کربن و ازت در اکثر موارد استانداردهای کمپوست را تامین می‌نماید ولی لازم است با توجه به این‌که نسبت کربن به ازت بیش‌تر است ضایعات سبزی‌ها و میوه‌ها که حاوی نیتروژن بالایی می‌باشد را به مواد اولیه کمپوست اضافه گردند. میزان فسفر در رده ۲ استاندارد ملی ایران قرار می‌گیرد. میزان pH تقریبا بیش از حد استاندارد است که در این مورد افزوده کمی سولفور منجر به حل مشکل می‌گردد. میزان هدایت الکتریکی در حد قابل قبول رده استاندارد ملی می‌باشد. نمونه های کود کمپوست قابلیت مصرف به عنوان عامل اصلاح کننده بافت خاک را دارد و نیز جهت ارتقاء کیفیت کود کمپوست عملیات تفکیک از مبداء در زباله‌ها و ایجاد شرایط کاملا ترموفیلیک در توده به عنوان دو استراتژی تاثیرگذار می‌بایست مورد توجه قرار گیرد. در مطالعه دیگری که آلوارنگا و همکاران(Alvarenga et al.) در سال ۲۰۱۸ بر روی بازیافت زباله های زیست محیطی در زمین های کشاورزی به عنوان راهی برای بهبود کیفیت آن پرداختند، نتایج نشان داد که اگر در تولید کمپوست از ضایعات کشاورزی بالغ‌تر استفاده شود تأثیر مثبت بیشتری بر ویژگی‌های کمپوست و استفاده بهتری در ویژگی‌های خاک دارند.

بنابراین در این مطالعه به بررسی کیفیت و اثر سن کمپوست بر مرغوبیت کمپوست تولیدی در کارخانه کمپوست سازمان مدیریت پسماند شهرداری اصفهان پرداخته شد.

## مواد و روش‌ها

### نوع فرآیند کمپوست در کارخانه اصفهان

در کارخانه کمپوست اصفهان پس از انتقال مواد زیر سرندی به سایت کمپوستینگ، بر طبق میزان رطوبت، دما و pH برنامه ترن(عمل هوادهی تنها در فرآیند ترن شدن صورت می‌پذیرد) داده می‌شود. روش کمپوست سازی ویندرو است. به بلوغ رسیدن هر توده تقریبا ۱۰±۱۰۰ روز به طول می‌انجامد. بر روی کمپوست تولیدی هیچ گونه فرآیند تکمیلی

به غیر از ترن شدن صورت نمی‌گیرد [1].

## نمونه‌برداری

به منظور بررسی اثر سن کمپوست بر رهاسازی مواد مغذی، نمونه برداری از پساب و کمپوست به روش مرکب در ۳ بازه زمانی از زمان تولید(۰، ٤ و ۹ هفته) انجام گرفت. در هر بازه زمانی تعداد ۳ نمونه مرکب از کمپوست رسیده کارخانه کمپوست سازمان مدیریت پسماند شهرداری اصفهان تهیه شد. نمونه‌ها درون کیسه پلاستیکی مقاوم با پوشش فویل آلومینیومی قرار داده شد و جهت آنالیز به آزمایشگاه ارسال شد. در مجموع تعداد ۹ نمونه جمع‌آوری شد. نمونه‌برداری به روش نمونه‌برداری مرکب(Test Methods for the : TMECC Examination of Composting and Compost) انجام گرفت [11 و 12]. جهت نمونه‌برداری از هر توده در ۵ قسمت توده برش ایجاد شد(۳ برش در یک طرف و ۲ برش در طرف دیگر) و در هر برش ۱۵-۱۰ نمونه ۱ کیلوگرمی برداشت و کاملا مخلوط شد و سپس حجم نمونه را به یک چهارم کاهش داده شد تا مقدار نمونه به حدود ۱۲ کیلوگرم برسد. در نهایت از نمونه ۱۲ کیلوگرمی نمونه‌های ۱ کیلوگرمی کاملاً مخلوط تهیه شد [13].

## اندازه‌گیری خصوصیات فیزیکی- شیمیایی کمپوست و شیرابه

در این مطالعه خصوصیات فیزیکی- شیمیایی کمپوست و شیرابه با روش‌های زیر اندازه‌گیری شد. فرایند کمپوست کردن شامل یک دوره هوا دهی با چرخش مکرر کمپوست، تنظیم رطوبت و کنترل دما می‌باشد. این عمل به‌وسیله زیر و رو کردن و چرخش هفتگی صورت گرفت. مقدار رطوبت و مواد آلی فرار در کمپوست تولیدی به‌وسیله عمل ثقل‌سنجی تعیین شد. جهت اندازه‌گیری رطوبت مقدار ۵۰ گرم از کمپوست وزن شد. سپس در دستگاه آون به مدت ٢٤ ساعت در دمای ۱۰۵ درجه سانتی‌گراد خشک شد. سپس دوباره عمل وزن کردن انجام شد و اختلاف بین وزن خشک و وزن اولیه کمپوست مقدار آن را نشان داد. جهت تعیین مقدار جامدات فرار نیز مقدار ۵۰ گرم از کمپوست را وزن کرده و سپس در دستگاه کوره در دمای ۵۵۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ٢٤ ساعت قرار داده شد. سپس دوباره عمل وزن‌دهی انجام شد و اختلاف وزن کمپوست نشان‌دهنده مقدار جامدات فرار بود. تراکم توده خشک کمپوست نیز به‌وسیله برداشت حجم مشخصی از کمپوست و وزن کرده آن تعیین شد. جهت آنالیز شیمیایی، مقدار ۰/۵ گرم از کمپوست آسیاب شده را وزن کرده و به آن مقدار ۵ میلی‌لیتر اسید نیتریک غلیظ اضافه شد، سپس اجازه داده شد که تا شب در این حالت باقی بماند. همه انواع نیتروژن موجود در کمپوست به وسیله روش کلرومتریک اندازه‌گیری شد [14].

به‌منظور حذف رطوبت، نمونه‌ها در دستگاه آون در دمای ۱۰۵-۱۰۳ درجه سانتی‌گراد به مدت ۲ ساعت قرار داده شد، سپس نمونه‌ها آسیاب شد و از الک عبور داده شدند [15].

جهت تعیین درصد کربن کل از روش سوزاندن باقیمانده خشک در دمای ۷۵۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۲ ساعت و اندازه‌گیری خاکستر با استفاده از فرمول (درصد خاکستر- ۱۰۰=c ۱/۸) استفاده شد. جهت تعیین فسفر و پتاسیم کل از روش سوزاندن خشک و ترکیب با اسید کلریدریک عصاره‌گیری شد، آنگاه پتاسیم کل به روش فلیم‌فتومتری و فسفر کل به روش کالری‌متری(اندازه‌گیری با اسید آسکوربیک) تعیین شد [16]. جهت تعیین ازت(نیتروژن) از روش کجلدال استفاده شد، برای این منظور ابتدا نمونه در هاضم مدل HACH هضم و سپس توسط دستگاه اسپکتروفتومتر قرائت شد [17]. جهت اندازه‌گیری pH در ابتدا سوسپانسیون از نمونه کمپوست به نسبت ۱:۱۰ وزن به حجم(کمپوست به آب مقطر) تهیه و به مدت ٤٠ دقیقه هم‌زده شد و در نهایت توسط دستگاه pHمتر قرائت شد [18]. جهت

تعیین درصد مواد آلی از روش تیتراسیون روش سرد یا الکیل بلاک استفاده شد [۱۵]. تمامی پارامترهای مورد مطالعه به همراه روش سنجش، شماره آزمایش و مرجع استاندارد در جدول ۱ آورده شد.

## روش تجزیه و تحلیل اطلاعات

داده‌های بدست آمده توسط نرم افزارهای Excel و SAS نسخه‌ی ۹/٤ مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. برای تجزیه و تحلیل داده از طرح کاملا تصادفی استفاده شد و جهت مقایسه میانگین پارامترهای اندازه‌گیری شده در کمپوست تولیدی در کارخانه کمپوست سازمان مدیریت پسماند شهرداری اصفهان در ۳ بازه زمانی مختلف از آزمون دانکن در سطح $\alpha$=۰/۰۵ استفاده شد. همچنین جهت بررسی همبستگی بین پارامترهای اندازه‌گیری شده در کمپوست با یکدیگر از آزمون همبستگی پیرسون استفاده شد.

## نتایج

در این پژوهش تاثیر افزایش سن کمپوست بر کیفیت کمپوست ساخته شده در کارخانه کمپوست سازمان مدیریت پسماند شهرداری اصفهان مطالعه شد. برای این منظور خصوصیات کمپوست و شیرابه مانند آمونیاک، نیترات، آمونیوم، فسفر، پتاسیم، نیتروژن کل، نیتروژن معدنی، نیتروژن آلی، سدیم، کلسیم، منیزیم، EC، pH، رطوبت و چگالی در هفته‌های صفر، چهارم و نهم اندازه‌گیری شد. در کمپوست تولیدی طبق آزمایشات انجام شده میزان کلی‌فرم مدفوعی و سالمونلا صفر به‌دست آمد بنابراین در ادامه به بررسی پارامترهای بیولوژیکی پرداخته نشد از آنجایی که دما در توده های ویندرو حدود یک هفته تا حدود ٦٨ درجه سانتی‌گراد بالا می‌رود و چندین مرتبه هوادهی می‌شود و تمام قسمت‌های بیرونی و زیرین هم به این دما می‌رسند و تمام باکتری‌ها و تخم انگل‌ها و علف‌های هرز آن از بین می‌رود.

در جدول (۲) تجزیه واریانس هر کدام از مقادیر مربوط به خصوصیات کمپوست شامل آمونیاک، نیترات، آمونیوم، فسفر، پتاسیم، نیتروژن کل، نیتروژن معدنی، نیتروژن آلی، سدیم و کلسیم در هفته‌های صفر، چهارم و نهم نشان داده شد.

**جدول ۱:** پارامترهای مورد مطالعه را به همراه روش سنجش، شماره آزمایش و مرجع استاندارد

| پارامترهای مورد بررسی | روش سنجش | مرجع استاندارد |
|---|---|---|
| رطوبت | ثقل سنجی | استاندارد متد |
| جامدات فرار | ثقل سنجی | استاندارد متد |
| درصد کربن | سوزاندن باقی‌مانده خشک | استاندارد متد |
| فسفر | کالری متری | استاندارد متد |
| پتاسیم | فلیم فتومتری | استاندارد متد |
| ازت | کجلدال | استاندارد متد |
| مواد آلی | تیتراسیون روش سرد | استاندارد متد |
| pH | دستگاهی | - |

**جدول ۲:** تجزیه واریانس مرتبط با خصوصیات کمپوست هفته‌های ۰، ٤ و ۹

| ویژگی | درجه آزادی | مقدار F |
|---|---|---|
| آمونیاک | ۲ | ٦۱/۳۳** |
| نیترات | ۲ | ٤۲۲/٤۰** |
| آمونیوم | ۲ | ٦۱/۳۳** |
| فسفر | ۲ | ۱/۱۸ns |
| پتاسیم | ۲ | ۳٤۰٤/٤۳** |
| نیتروژن کل | ۲ | ۸/۳٤ns |
| نیتروژن معدنی | ۲ | ٦۱/۹۲** |
| نیتروژن آلی | ۲ | ۷/۵۳ns |
| سدیم | ۲ | ۳۵۹۰۷** |
| کلسیم | ۲ | ۹/۷۳* |
| منیزیم | ۲ | ۲۸۹۸/۲۲** |
| EC | ۲ | ٦۳۹۲/۷۹** |
| pH | ۲ | ۱/٦۷ns |
| رطوبت | ۲ | ۱۳۵/۹۱** |
| چگالی | ۲ | ۲۵/٤۷* |

**جدول ۳:** نتایج مربوط به آنالیز کمپوست اصلی هفته۰، هفته٤ و هفته۹

| هفته | آمونیاک(mg/l) | نیترات(mg/l) | آمونیوم(mg/l) | فسفر(mg/l) |
|---|---|---|---|---|
| ۰ | ۱۸۰۰±۰$^{A}$ | ۳۵/۵۸±۲/۸۷ $^{C}$ | ۲۳۱٤/۲۸±۰$^{A}$ | ٤۹۵۲۲/۸±۵۷۳۰۱/۷$^{A}$ |
| ٤ | ۳۵۳/٤±۷/۰۷۱$^{C}$ | ٤۵/۰۸±۰$^{B}$ | ٤۵٤/۳۷±۹/۰۹$^{C}$ | ۷٦۳۰±۲۸/۲۸$^{A}$ |
| ۹ | ۸۷۳/۱٤۵±۲۲۹/۰۹۵$^{B}$ | ۸۱/۳۲۵ ±۰/۰٤۹$^{A}$ | ۱۱۲۲/٦۱±۲۹٤/۵٤$^{B}$ | ۳٦۹۹/۲±۸۲/۰۲٤$^{A}$ |
| **هفته** | **نیتروژن کل(mg/l)** | **نیتروژن معدنی(mg/l)** | **نیتروژن آلی(mg/l)** | **EC(mg/l)** |
| ۰ | ۱٤۰۰۰±۵٦۵/٦۸$^{AB}$ | ۲٤۰۰±۰$^{A}$ | ۱۱٦۰۰ ±۵٦۵/٦۸$^{AB}$ | ۷/۱٤۵ ±۰/۰۰۷$^{A}$ |
| ٤ | ۱۰۹۲۲/۸۵±۵٦٦/۸۸$^{B}$ | ۵۲۲/۸۵±۱/۲$^{C}$ | ۱۰٤۰۰ ±۵٦۵/٦۸$^{B}$ | ۵/۵۹۵ ± ۰/۰۲۱ |
| ۹ | ۱۵۰٦۵/٦۳±۱٦۳۸/۹۸$^{A}$ | ۱۲۱۵/٦۳ ±٤۸/۲۹۵$^{B}$ | ۱۳۸۵۰ ±۱۳٤۳/۵۰$^{A}$ | ۵/۷۱ ±۰/۰۱٤$^{B}$ |
| **هفته** | **pH** | **رطوبت(٪)** | **چگالی(میلی‌گرم بر سانتی‌متر مکعب)** | **نسبت کربن به نیتروژن** |
| ۰ | ۷/۲٤۵±۰/۰۲۱$^{A}$ | ٦/۸۵±۰/۰۷$^{B}$ | ٤۸٦±۱/٤۱٤$^{A}$ | ۱۲/۵٤ |
| ٤ | ۷/٤۷±۰/۰۱٤$^{A}$ | ۷/۷۵ ۰±/۲۱$^{A}$ | ٤۷٤±۱/٤۱٤$^{C}$ | ۲۳/۲۱ |
| ۹ | ۷/۳۵±۰/۰۲۱$^{A}$ | ۵/۰۰۵±۰/۱۹$^{C}$ | ٤۷۹/۵±۲ | ۲۲/۰٤ |

وجود حروف متفاوت نشان دهنده اختلاف معنی دار در سطح ۰,۰۵ می باشد.

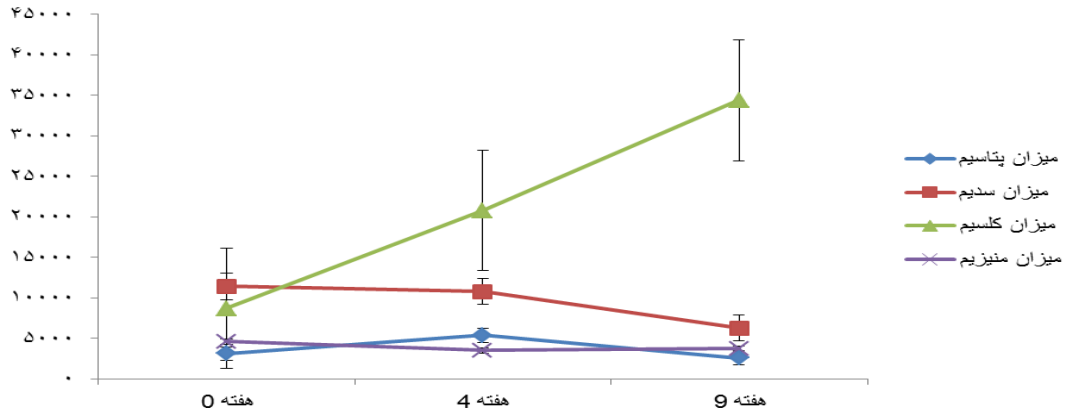
در جدول(۳) میزان هر کدام از پارامترهای آمونیاک، نیترات، آمونیوم، فسفر، نیتروژن کل، نیتروژن معدنی و نیتروژن آلی، EC، pH، رطوبت، چگالی و نسبت کربن به نیتروژن در هفته‌های صفر، چهارم و نهم آورده شد.

همان طور که در جدول ۳ نشان داده شد، در فاکتورهای آمونیاک، آمونیوم، نیتروژن معدنی، EC و چگالی در هفته صفر با اختلاف معنی‌داری بیشترین میزان خود در هفته‌های مختلف را داشت(۱۸۰۰، ۲۳۱٤/۲۸، ۲٤۰۰، ۷/۱٤٥ و ۲۸٦؛ p<۰/۰٥) و در هفته چهارم با اختلاف معنی‌داری کمترین میزان را داشت(۳٥۳/٤، ٤٥٤/۳۷، ٥۲۲/۸٥، ٥/٥۹٥ و ۲۷٤؛ p<۰/۰٥). در مورد نیتروژن آلی و نیتروژن کل میزان آن در هفته نهم با اختلاف معنی‌داری به بیشترین میزان خود رسید(۱۳۸٥۰/٥۰، ۱٥۰٦٥/٦۳؛ p<۰/۰٥) و در هفته چهارم با اختلاف معنی‌داری به کمترین میزان را داشت(۱۰٤۰۰/٦۸، ۱۰۹۲۲/۸٥؛ p۰/۰٥). میزان فسفر و pH در نتایج خود در هفته‌های مختلف با یکدیگر تفاوت معنی‌داری نداشتند(p>۰/۰٥). در ارتباط با نیترات میزان آن در هفته نهم با اختلاف معنی‌داری بیشترین میزان را داشت(۸۱/۳۲٥؛ p<۰/۰٥) و در هفته صفر با اختلاف معنی‌داری کمترین میزان را داشت(۳٥/٥۸؛ p<۰/۰٥). در ارتباط با رطوبت در هفته چهارم با اختلاف معنی‌داری به بیشترین میزان خود رسید(۷/۷٥؛ p<۰/۰٥) و در هفته نهم با اختلاف معنی‌داری به کمترین میزان خود(٥/۰۰٥؛ p<۰/۰٥ رسید. نسبت کربن به نیتروژن نیز با گذشت زمان افزایش داشت به گونه‌ای که در هفته صفر کمترین میزان را داشت(۱۲/٥٤) و در هفته چهارم و نهم افزایش پیدا کرد(۲۳/۲۱ و ۲۲/۰٤).

در نمودار(۱) میزان پتاسیم، سدیم، کلسیم و منیزیم در کمپوست هفته صفر، هفته اول و هفته چهارم بررسی شد.

همان‌طور که در شکل(۱) مشاهده شد، سدیم و منیزیم در هرسه زمان خود تفاوت معنی‌داری با نتایج دیگر خود داشتند(p<۰/۰٥) به‌طوری که در هفته صفر بیشترین مقدار را داشت در هفته چهارم کاهش داشتند و در هفته نهم نتایج به کمترین مقدار خود رسید. پتاسیم در هر سه نتایج خود در زمان‌های مختلف اختلاف معنی‌دار داشت(p<۰/۰٥) به‌طوری که در هفته چهارم بیشترین افزایش را داشت و در هفته نهم بیشترین کاهش و در هفته صفر نتیجه بین نتایج این دو زمان بود. کلسیم در هفته صفر و هفته نهم بایکدیگر اختلاف معنی-داری داشتند(p<۰/۰٥) ولی با هفته چهارم اختلاف معنی‌دار نداشتند(p>۰/۰٥) و در هفته نهم نسبت به هفته صفر افزایش پیدا کرد.

جدول(٤) تجزیه واریانس هر کدام از مقادیر مربوط به خصوصیات پساب شامل آمونیاک، نیترات، آمونیوم، فسفر، پتاسیم، نیتروژن کل، نیتروژن معدنی، نیتروژن آلی، سدیم و کلسیم در هفته‌های صفر، چهارم و نهم نشان داده شد.




**شکل ۱:** میزان پتاسیم، کلسیم، منیزیم و سدیم در کمپوست صفر، اولیه و چهارم

**جدول ٤:** تجزیه واریانس مرتبط با خصوصیات پساب هفته‌های ۰، ٤ و ۹

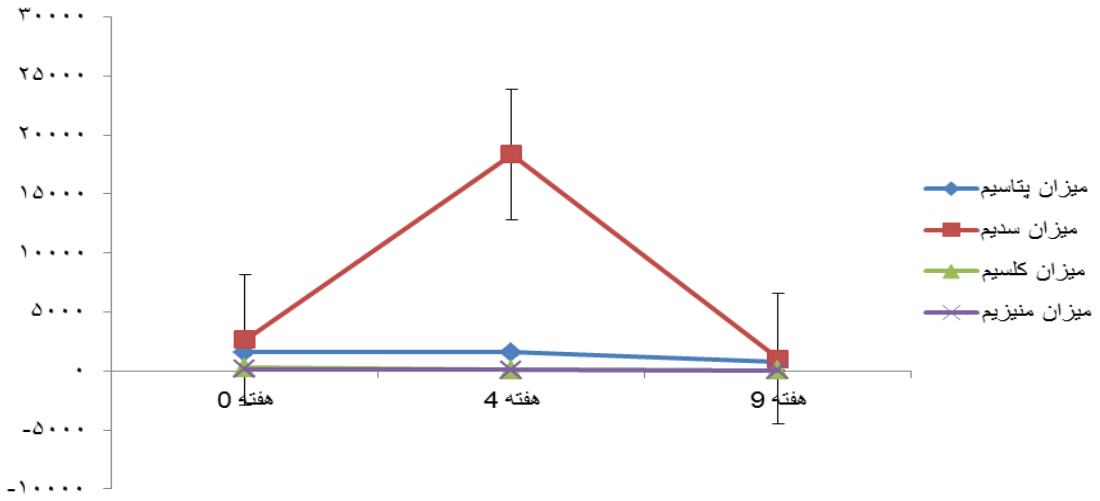
| ویژگی | درجه آزادی | مقدار F |
|---|---|---|
| آمونیاک | ۲ | ٤/٥١* |
| نیترات | ۲ | ۱/۰۲ns |
| آمونیوم | ۲ | ٤/٥١* |
| فسفر | ۲ | ۰/۱۱ns |
| پتاسیم | ۲ | ۲/۸۳ns |
| نیتروژن کل | ۲ | ۸/۲۳** |
| نیتروژن معدنی | ۲ | ٤/۱٦* |
| نیتروژن آلی | ۲ | ۳/٥۷ns |
| سدیم | ۲ | ۲/٤٤ns |
| کلسیم | ۲ | ۱۹/۸٥** |
| منیزیم | ۲ | ۳٤/۰٦** |
| EC | ۲ | ۲۰/٥۳** |
| COD | ۲ | ۱۹/٤۹** |

**جدول ٥:** مقایسه میانگین خصوصیات پساب هفته‌های ۰، ٤ و ۹

| هفته | آمونیاک(mg/l) | نیترات(mg/l) | آمونیوم(mg/l) | فسفر(mg/l) | نیتروژن کل(mg/l) |
|---|---|---|---|---|---|
| ۰ | ۲٤٤/۲٦±۱۱۱/۹٤$^{A}$ | ۱۲/۹٦۸±۲/۰٤$^{A}$ | ۳۱٤/۰٥±۱٤۳/۹$^{A}$ | ۲۹۸/۷۳±۱٥۹/۳$^{A}$ | ۱۱٥۳/٦±٥٦۱/٤$^{A}$ |
| ٤ | ۱۸٥/۸۲±۷۱/۲۷$^{AB}$ | ۱۰/۲۷۰±۰/۸٥$^{A}$ | ۲۳۸/۹۱±۹۱/٦۳$^{AB}$ | ۳۲٥/۹۳±۱٦۷/۱٤$^{A}$ | ٦۲۸/۹±٥۱/٦۲$^{B}$ |
| ۹ | ۱۱۰/۳٦±۱۹/۷۲$^{B}$ | ۱۰/٦۲۷±٥/۷٤$^{A}$ | ۱٤۱/۸۹±۲٥/۳٦$^{B}$ | ۲۸٥/٤۳±۱۳۷/۹۸$^{A}$ | ۳٦٦±۱۸٤/۳۱$^{B}$ |

| هفته | نیتروژن معدنی(mg/l) | نیتروژن آلی(mg/l) | EC(میلی زیمنس بر سانتی‌متر) | COD(mg/l) |
|---|---|---|---|---|
| ۰ | ۳۲٥/۳٦±۱۳۸/۷$^{A}$ | ٦۲۸۹/۲±٦۷٤/۰۳$^{A}$ | ۳۷/۰۸۸±۷/۸$^{A}$ | ۳٦۳٥/۲٤±۲۹۰/٥۰$^{A}$ |
| ٤ | ۲٦۸/۷۱±۱۲۳/٦۲$^{AB}$ | ۳٦۰/۲±۱٤۲/۹٤٤$^{AB}$ | ۱۹/۳۰۹±۲/٤۳$^{B}$ | ۷٦۲۹/۸۳±۱٤٤/٥۸$^{B}$ |
| ۹ | ۱٤۸/۹۸±۲٤/۲۸$^{B}$ | ۲۱۷±۲۰۰/۸$^{B}$ | ۱٥/۷۲۸±٦/۹$^{B}$ | ٥۷۳۳/۷٦±۸۳/۷۳$^{B}$ |

وجود حروف متفاوت نشان دهنده اختلاف معنی دار در سطح ۰,۰٥ می باشد.




**شکل ۲:** میزان پتاسیم، کلسیم، منیزیم و سدیم در پساب صفر، اولیه و چهارم

در جدول(۵) میزان هر کدام از پارامترهای آمونیاک، نیترات، آمونیوم، فسفر، نیتروژن کل، نیتروژن معدنی و نیتروژن آلی در پساب آورده شد.

همان‌طور که در جدول(۵) مشاهده شد، آمونیاک، آمونیوم، نیتروژن معدنی و نیتروژن آلی در هفته صفر با اختلاف معنی‌داری بالاترین حد خود را داشتند(به میزان ۲٤٤/۲٦، ۳۱٤/۰۵، ۳۲۵/۳٦ و ٦۲۸۹/۲؛ p<۰/۰۵) و در هفته نهم این فاکتورها با اختلاف معنی‌داری کاهش یافتند و به کمترین حد خود رسیدند(۱۱۰/۳٦، ۱٤۱/۸۹، ۱٤۸/۹۸ و ۲۱۷؛ p>۰/۰۵). نتایج برای پارامترهای فسفر و نیترات در هر سه زمان با یکدیگر اختلاف معنی‌داری نداشتند(p>۰/۰۵). نتایج در کل نیتروژن، EC و COD در هفته صفر با اختلاف معنی‌داری به بالاترین حد خود رسیدند(۱۱۵۳/٦، ۳۷/۰۸۸ و ۲۹۰/۵۰؛ p<۰/۰۵) و در هفته چهارم و هفته نهم بدون اختلاف معنی‌داری با یکدیگر کاهش پیدا کردند(p>۰/۰۵).

بر طبق نتایج پتاسیم در هر سه زمان اختلاف معنی‌داری وجود نداشت(p>۰/۰۵). کلسیم در هفته صفر با اختلاف معنی‌داری به بالاترین حد خود رسید و در هفته چهارم و هفته نهم کاهش پیدا کرد(p<۰/۰۵). نتایج در منیزیم در هفته صفر با اختلاف معنی‌داری به بالاترین حد خود رسید و در هفته چهارم کاهش پیدا کرد و در هفته نهم با اختلاف معنی‌داری به کمترین حد خود رسید(p<۰/۰۵).

## بحث و نتیجه‌گیری

در این پژوهش که بر روی کارخانه کمپوست سازمان مدیریت پسماند شهرداری اصفهان انجام گرفت یک توده کمپوست که دوره هوادهی و کمپوست شدن را گذرانده بود و آماده فروش بود در نظر گرفته شد که از زمان روز اول تا هفته چهارم و هفته نهم سه زمان در نظر گرفته شد و فاکتورهای مورد نظر نتایج متفاوتی را با گذشت زمان نشان دادند.

با افزایش سن کمپوست نیترات و همچنین نسبت کربن به نیتروژن افزایش یافت. میزان نیترات از ۳۵/۵۸ میلی‌گرم در لیتر در هفته صفر به میزان ۸۱/۳۲۵ میلی‌گرم در لیتر افزایش داشت و همچنین نسبت کربن به نیتروژن کمپوست از میزان ۱۲/۵٤ در هفته صفر به میزان ۲۲/۰٤ در هفته چهارم افزایش یافت. در حالی که آمونیوم، آمونیاک، فسفر، نیتروژن کل، نیتروژن معدنی، نیتروژن آلی، EC، رطوبت و چگالی با افزایش سن کمپوست، کاهش پیدا کردند. به گونه‌ای که به ترتیب میزان هر کدام از پارامترهای آمونیوم، آمونیاک، فسفر، نیتروژن کل،

نیتروژن معدنی و نیتروژن آلی از ۲۳۱٤/۲۸، ۱۸۰۰، ۵۷۳۰۱/۷۹، ۱٤۰۰۰، ۲٤۰۰ و ۱۱٦۰۰ میلی‌گرم در لیتر در هفته صفر به میزان به ترتیب ۱۱۲۲/٦۱، ۸۷۳/۱٤۵، ۳٦۹۹/۲، ۱۵۰٦۵/٦۳، ۱۲۱۵/٦۳ و ۱۳۸۵۰ میلی‌گرم در لیتر در هفته نهم کاهش یافت.

سدیم و منیزیم در هرسه زمان خود تفاوت معنی‌داری با نتایج دیگر خود داشتند($p<۰/۰۵$) به‌طوری‌که در هفته صفر بیشترین مقدار را داشتند در هفته چهارم کاهش داشتند و در هفته نهم نتایج به کمترین مقدار خود رسید. پتاسیم و رطوبت در هر سه نتایج خود در زمان‌های مختلف اختلاف معنی‌دار داشتند($p<۰/۰۵$) به‌طوری‌که در هفته چهارم بیشترین افزایش را داشت و در هفته نهم بیشترین کاهش و در هفته صفر نتیجه بین نتایج این دو زمان بود. کلسیم در هفته صفر و هفته نهم بایکدیگر اختلاف معنی‌داری داشتند($p<۰/۰۵$) ولی با هفته چهارم اختلاف معنی‌دار نداشتند($p>۰/۰۵$) و در هفته نهم نسبت به هفته صفر افزایش پیدا کرد.

دلیل افزایش سدیم مشاهده شده در بارش هفته چهارم و کلسیم در بارش هفته نهم می‌تواند به خاطر افزایش پوسیدگی کمپوست و خارج شدن یون‌ها از اجزایی که در ابتدا به خوبی تجزیه نشده‌اند باشد(به عبارتی مربوط به اجزایی باشد که جهت تجزیه شدن توسط باکتری‌ها به رطوبت و گذشت زمان نیاز دارند باشد) [۱۹].

افزایش‌ها برای محتوای کل نیتروژن و نیتروژن آلی بین هفته چهارم و هفته نهم با هفته صفر معنی‌دار نبودند، در حالی که کاهش معنی‌داری برای آمونیوم دیده شد. با افزایش سن کمپوست، نسبت کربن به نیتروژن افزایش پیدا کرد. همچنین با افزایش سن کمپوست محتوای فسفر و pH بصورت ثابت ماند و تفاوت معنی‌داری بین هفته‌ها مشاهده نشد، پتاسیم شرایط خاصی داشت به‌طوری که در هفته‌ی چهارم افزایش یافت ولی در هفته نهم به طور معنی‌داری کاهش یافت. کاهش آمونیاک و افزایش نیترات به دلیل نیتریفیکاسیون است که آمونیاک به نیترات تبدیل می‌شود [۱۹].

عموئی و همکاران(۱۳۸۸) بر روی بررسی کیفیت کود کمپوست تولیدی ازپسماندهای روستایی درشهرستان بابل انجام شد به این نتیجه رسیدند که میانگین مقادیر پارامترهای شیمیایی در کودهای تولیدی از پسماندهای مخلوط، زباله‌های خانگی وفضولات حیوانی به ترتیب شامل C/N(۱/۵ ± ۱٤، ۱/۷ ± ۲۰ و ۱/۸ ± ۱۷)، درصد ماده آلی(۳/۹ ± ۷۳، ۳/۸ ± ٦٤، ۲/۵ ± ۷٦)، درصد کربن(۲/۲ ± ۳۲، ۲/٤ ± ٤۰، ٤/۵ ± ۳۷)، درصد نیتروژن(۰/۵ ± ۲/۵، ۰/٦ ± ۱/۵، ۰/۳ ± ۱/۹)، سرب و کادمیوم بر حسب میلی‌گرم بر کیلوگرم به ترتیب(۰/۷ ± ۳/۵، ۲/۹ ± ۱٦، ۱/۹ ± ۱۱) و(۰/۰۵ ± ۰/۳ و ۰/۹ ± ۳، ٤/ ۰± ۱/۵) به‌دست آمد [۲۰]. در مطالعه‌ای که توسط همایون‌نژاد و همکاران(۱۳۹۱) بر روی بررسی خصوصیات کیفی کودهای کمپوست و بیوکمپوست در شهر زاهدان صورت گرفت که با توجه به ساز و کار تولید کود کمپوست و بیوکمپوست که شامل دو مرحله، مرحله اول ٤ تا ٦ هفته و مرحله دوم ۵ تا ۱۰ هفته هوادهی و رطوبت‌دهی بعد از پردازش پسماندها در سایت تخمیر می‌شود. نتایج حاصل از بررسی‌های آزمایشگاهی حاکی از آن است که غلظت فلزات سنگینی چون کادمیوم و روی و درصد رطوبت در کودها به خصوص در فصل تابستان به دلیل گرمای بالای هوا و تبخیر شدید از سطح توده‌های کود در حد مطلوبی نمی‌باشد، ولی غلظت مواد مغذی همچون ازت، فسفر و پتاسیم در توده‌های کود در حد استاندارد می‌باشد. به‌طور کلی تغییرات کیفیت کودهای کمپوست و بیوکمپوست تولیدی سازمان بازیافت شهرداری زاهدان به صورت فصلی بوده به گونه‌ای که در فصل زمستان بهتر از تابستان است که شرایط جوی منطقه، تغییرات درجه حرارت و وزش بادهای فصلی عامل اصلی بروز چنین شرایطی است [۲۱]. باکتری‌های نیتروژن احتمالا مسئول بیشتر کاهش‌ها در آمونیاک موجود هستند چون افزایش سن کمپوست با تولید نیترات همراه است.

غلظت نیترات حاصل شده از کمپوست با افزایش سن کمپوست افزایش پیدا کرد ولی این افزایش در مقایسه با کاهش در غلظت آمونیاک ناچیز بود و مشخص نیست آیا دلیل این موضوع گونه‌هایی بجز نیترات هستند یا اینکه نیترات تولید شده بطور موثری در جریان آزمایشات موثر بوده است [۱۹]. یوسفی و یونسی در سال ۱۳۸۹ مطالعه‌ای در رابطه با کمپوست‌سازی همزمان پسماند شهری و خاک اره جهت حفظ رطوبت و جلوگیری از دست رفتن نیتروژن توده کمپوست انجام دادند آن‌ها به این نتیجه رسیدند که، در شهر زاهدان روزانه حدود ۸۰۰ کیلوگرم خاک اره تولید شده در کارگاه‌های چوب بری، استفاده‌ای نداشته و دور ریخته می‌شود. به این منظور ٤ توده زباله تهیه و یک توده به عنوان شاهد در نظر گرفته شد. سه توده دیگر میزان ۷۰، ۳۲ و ١٦ درصد خاک اره افزوده شد هفته‌ای یک بار از توده‌ها نمونه‌برداری به عمل آمد و نسبت C/N، میزان رطوبت، کربن و نیتروژن آن‌ها سنجیده شد. با توجه به نتایج به دست آمده می‌توان نتیجه گرفت نسبت C/N از اهمیت بالایی در کیفیت کمپوست برخوردار است و باید نسبت نامطلوب و پایین C/N اولیه را بهبود بخشید [۱۹].

طبق نتایج جدول(۲) باگذشت زمان چگالی در هفته چهارم کاهش معنی‌داری داشت ولی در هفته نهم چگالی دوباره زیاد شد که دلیل این کاهش رطوبت و خرد شدن ذرات کمپوست و تبدیل آن‌ها به قطعات ریزتر می‌باشد. پژوهش‌ها نشان داد که کاربرد طولانی مدت با جرم مخصوص ظاهری پایین می‌تواند سبب بهبود ویژگی‌های فیزیکی خاک از جمله میزان تخلخل و میزان نگه‌داشت آب در خاک شود، که به نوبه خود می‌تواند نفوذ ریشه در خاک را تسهیل نموده و توان دسترسی گیاه به آب و عناصر غذایی را افزایش دهد[۲۲]. طبق نتایج جدول(۲) در این پژوهش متوسط چگالی کمپوست در هفته ۰، هفته ٤ و هفته ۹ به ترتیب ۲۸٦، ۲۷٤، ۲۷۹ کیلوگرم در مترمکعب بدست آمد. این نتایج نشان داد که با گذشت زمان چگالی کمپوست کاهش پیدا کرد و در هفته آخر چگالی رو به افزایش رفت که البته تغیرات چگالی مربوط به فرایند فرآوری بود و هرچه زمان فرآوری در کود افزایش یافت، میزان ذرات ریزتر در کود افزایش یافت [۲۳]. ولی از طرفی با گذشت زمان مقدار رطوبت نیز کاهش یافت که این عامل روی چگالی تاثیرگذار بود و چگالی را کاهش داد(جدول ۲). در پژوهشی که دنیل و همکاران در سال ۲۰۱۰ در آمریکا بر روی تولید قارچ و بررسی کمپوست آن انجام دادند به این نتیجه رسیدند که، کشت دوباره و حتی سه‌گانه محصولات با استفاده از تکه تکه کردن کمپوست بصورت یک تا سه تکه باعث افزایش ۹۹ تا ۱۰۸ درصدی تولید و در نتیجه افزایش بهره‌وری و افزایش سودآوری شد. در مطالعه دیگری که توسط یوسفی و یونسی در سال ۱۳۹۲ بر روی کمپوست‌سازی همزمان پسماند شهری و خاک اره جهت حفظ رطوبت و جلوگیری از دست رفتن نیتروژن توده کمپوست انجام شد، به این نتیجه رسیدند که میزان رطوبت تمامی توده‌ها در ابتدای فرایند در محدوده ۵۵ تا ٦۰٪ قرار دارد. پس از یک هفته محتوای رطوبت توده‌ها کاهش یافت و برای توده شاهد، ١٦٪، ۳۲٪ و ۷۰٪ خاک اره به ترتیب به ٤۰/٦٦٪، ۵۰/۳٦٪، ٤۷/۷۵٪ و ٤۹/٤۸٪ رسید. تیمار شاهد ۳۳٪ کاهش رطوبت را طی هفته اول نشان داد، در حالی که میزان درصد کاهش در تیمارهای ١٦٪، ۳۲٪ و ۷۰٪ به ترتیب ۱۵٪، ۱۵٪ و ۱۰٪ بود. بیشترین میزان کاهش رطوبت در تیمار بدون خاک اره مشاهده شد و با افزایش میزان خاک اره میزان از دست رفتن رطوبت کاهش یافت [۲۳].

همان‌طور که در جدول(٤) مشاهده شد، میزان پارامترهای آمونیاک، آمونیوم، نیتروژن معدنی و نیتروژن آلی در هفته صفر در شیرابه با اختلاف معنی‌داری بالاترین حد خود را داشتند (به میزان ۲٤٤/۲٦، ۳۱٤/۰۵، ۳۲۵/۳٦ و ٦۲۸۹/۲؛ p<۰/۰۵) و در هفته نهم این فاکتورها با اختلاف معنی‌داری کاهش یافتند و به کمترین حد خود رسیدند(۱۱۰/۳٦، ۱٤۱/۸۹، ۱٤۸/۹۸ و ۲۱۷؛ p>۰/۰۵). فاکتورهای فسفر و نیترات شیرابه در هر سه

زمان با یکدیگر اختلاف معنی‌داری نداشتند($p>0/05$). نتایج در کل نیتروژن، EC و COD شیرابه در هفته صفر با اختلاف معنی‌داری به بالاترین حد خود رسیدند(۱۱۵۳/٦، ۳۷/۰۸۸ و ۲۹۰/۵۰؛ $p<0/05$) و در هفته چهارم و هفته نهم بدون اختلاف معنی‌داری با یکدیگر کاهش پیدا کردند($p>0/05$).

در مطالعه‌ای که توسط شکوه و همکاران(۱۳۹۲) بر روی بررسی کیفیت شیرابه حاصل از محل دفن زباله شهری و کارخانه کمپوست در شهر مشهد انجام شد. نتایج حاصل از این پژوهش نشان داد که میانگین کیفیت نمونه‌های شیرابه در زباله‌های شهر برای پارامترهای COD، $BOD_5$، کل مواد جامد معلق، کل مواد جامد محلول، pH، کلراید، نیتروژن نیتراتی، نیتروژن آمونیاکی و فسفات در محل دفن به میزان به ترتیب ۱۷٤۱۸، ۷۵۹۲، ۰/٤٤، ۸۳۰، ۱۲۳٦۰، ۸/۵۵، ۵۱۸۸/۵، ۲/۳٤، ٦۵۸/۷۸ و ۲/٤ بود. در نهایت مشخص شد که مواد آلی در شیرابه محل دفن با توجه به بالا بودن سن آن به‌طور قابل توجهی نسبت به شیرابه‌های حاصل از کارخانه کمپوست پایین‌تر بود. همچنین غلظت مواد آلی در نمونه‌های شیرابه نسبت به شیرابه محل‌های دفن در دیگر کشورها بسیار بالاتر به‌دست آمد که دلیل آن می‌تواند شرایط آب و هوایی و عدم مدیریت صحیح مواد زاید باشد. در مطالعه دیگری که توسط کاظمی و همکاران بر روی بررسی ترکیبات شیرابه پسماند جامد شهری در کارخانه بازیافت اصفهان صورت گرفت به این نتیجه رسیدند که غلظت بالایی از پارامترهای فسفات(میزان ٦۲٤/۸۸ میلی‌گرم در لیتر)، سولفات(۵۵/۱۹۵۵ میلی‌گرم در لیتر)، BOD(۳۲۳۰۰ میلی‌گرم در لیتر)، COD(٦۸۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر)، TS(۸٦۵۰۰ میلی‌گرم در لیتر)، TDS(۵۵۹۰۰ میلی‌گرم درلیتر)، TSS(۳۱٦۰۰ میلی‌گرم در لیتر)، pH(۳/۵) و EC(۹/۱۲) اندازه‌گیری شد. پتانسیل آلودگی شیرابه کارخانه کمپوست اصفهان با استفاده از شاخص پتانسیل آلودگی(LPI) بررسی شد. مقدار شاخص پتانسیل آلودگی شیرابه شهر اصفهان برابر ۵٤/٦۵ شد. این نتیجه نشان داد که شیرابه تولید شده از محل کارخانه کمپوست در اصفهان پتانسیل بالایی برای آلوده کردن زمین‌های اطراف و آب‌ها به وسیله شیرابه را داشت.

## نتیجه‌گیری کلی

امروزه مسئله مواد زائد جامد شهری یا پسماند شهری یکی ازمسایل و مشکلات جدی در کل شهرهای دنیا است. کمپوست کارخانه‌های بازیافت از زمان تولید و رسیدن تا مرحله فروش و مصرف آن مدت زمان قابل توجهی نگهداری می‌شوند. این پژوهش بررسی اثر سن کمپوست بر کیفیت آن در کارخانه کمپوست سازمان مدیریت پسماند شهرداری اصفهان انجام شد. با توجه به نتایج افزایش مدت ماند کمپوست باعث افزایش محتوای نیترات آن می‌شود و این موضوع در محصولات کشاورزی باعث کاهش کیفیت در محصولات و حتی در موارد شدیدتر غیر قابل مصرف شدن آن محصول می‌شود. نگهداری کمپوست باعث کاهش آمونیاک و آمونیوم می‌شود که در نهایت به دلیل ناقص بودن چرخه نیتروژن و کمبود آمونیاک شرایط فیزیکی و شیمیایی کمپوست مناسب نمی‌باشد. نتایج نشان داد که با گذشت زمان کاهش محتوای منیزیم در کمپوست وجود داشت، چون منیزیم یک نقش اساسی در کلروفیل دارد که باعث کاهش رشد در گیاه می‌شود و می‌توان گفت کیفیت کمپوست در این مورد با گذشت زمان کم می‌شود. بصورت کلی فاکتورهای آمونیاک، آمونیوم، نیتروژن معدنی، سدیم، منیزیم، EC و رطوبت کاهش پیدا کرد و بقیه فاکتورها به جز فسفر و pH که ثابت ماند افزایش یافت. در نتیجه می‌توان بیان کرد با گذشت زمان از کیفیت کمپوست کاسته خواهد شد.

## تشکر و قدردانی

بدینوسیله از حمایت مالی و معنوی شهرداری اصفهان و سازمان مدیریت پسماند شهرداری اصفهان برای انجام این پروژه تشکر و قدردانی به عمل می آید.

## References


1. Zazuli M A, Bagheri Ardabilian M, Ghahramani A, GhorbanianAllahAbad M. Principles of Compost Production Technology, Khaniran Publishing 2013; 340 pages. [in Persian].
2. Adejumo A V, Adejumo O O. Sustainable Development: Implications for Energy Policy in Nigeria. Towards a Sustainable Bioeconomy: Principles, Challenges and Perspectives 2018; 395.
3. Salehi S. 2009 Economic and Technical Study of Khomein Compost Plant Compared to Tehran Compost Plant, PhD thesis, Tehran University of Medical Sciences. [in Persian].
4. Negassa W, Sileshi GW. Integrated soil fertility management reduces termite damage to crops on degraded soils in western Ethiopia. Agriculture, ecosystems & environment 2018; 251: 124-131.
5. Quedraogo E, Mndo A, Zombre NP. Use of compost to improve soil properties and crop productivity under low input agricultural system in West Africa. Agriculture, Ecosystem and Environ 2001; 84: 259-266.
6. Nevens F, Reheul D. The application of vegetable, fruit and garden waste (VFG) compost in addition to a cattle slurry in a silage maize monoculture: Nitrogen availability and use. European Journal of Agron 2003; 19: 189-203.
7. Olabode AD. Assessment of Waste Generation and Sanitation Strategies for Sustainable Environmental Management in Akungba-Akoko, Nigeria. J Waste Manag Disposal 2018; 1: 102.
8. 8. SangSefidi Z, Ahmadi A. Gourchian H. 2005. Environmental hazards Use of compost from municipal waste mixtures. Eighth National Conference on Environmental Health Tehran, Tehran University of Medical Sciences. [ in Persian].
9. Tchobanoglous G, Kreith F. 2002. Handbook of Solid Waste Management. 2nd ed. New York: McGraw- Hill.
10. Samavat S. Study of the possibility of improving the quality of urban waste compost and comparing it with current standards. Soil and Water Research Institute 2004; 1: 35-41. [ in Persian].
11. Gerngross CA, Farland MC, Thompson WH. 2006. Compost sampling guideline dairy compost utilization. Prepared in cooperation with Texas commission on environmental quality and USA.
12. Waste Recycling and Recycling Organization of Isfahan Municipality. Quality Control of Organic Fertilizer, Quarterly Journal of Management of Waste Management 2008; 8: 22-31. [ in Persian].
13. Farzadkia M, Salehi S, Ameri A, Jenniidi Jafari A, Nabi zadeh R. Qualitative study and comparison of compost produced at Khomein and Tehran compost plants, Journal of Health and Environment. Iranian Journal of Environmental Health Research Journal 2009; 3 (2): 16-169. [ in Persian].
14. Al-Bataina BB, Young TM, Ranieri E. Effects of compost age on the release of nutrients. International Soil and Water Conservation Research 2016; 4: 230–236
15. WEF, APHA, AWWA. 2000. Standard methods for examination of water and waste water.19th ed, USA, Washington: American Public Health Association.
16. Parvaresh A A, Haydarian Dana N. 2007. Importance and Position of Compost Standards in the Composting Industry, 9th National Conference on Environmental Health, Isfahan. [ in Persian].
17. We F, Aph A, Aww A. 1995. Standard methods for examination of water and waste water. 19 ed. Washington: American Public Health Association.
18. Jalili M., Ebrahimi A., Karimi H. Mokhtari M. The effect of composting process of pistachio processing waste with different treatments on heavy metals concentration, Tolo-e-san 2017; 3 (15): 103-114. [ in Persian].
19. Yusufi J, Younesi H A. Compositing of municipal solid waste and sawdust to maintain moisture and prevent loss of nitrogen in the compost mass. Environmental science and technology 2013; 59 (15): 75-84. [ in Persian].
20. Amuei, AA, Asgharnia HA, Khodadadi, A. Evaluation of the quality of manure produced from rural poppies in Babol. Journal of Mazandaran University of Medical Sciences 2009; 19 (74): 54-61. [ in Persian].
21. HomayounNejad A, Amirian P, Piri A. Roodsi Quality Characteristics of Compost and Biocompulse Fertilizers in Zahedan. Journal of Environmental Science and Technology 2013; 14 (2): 99-105. [ in Persian].
22. Fournel S, Godbout S, Ruel P, Fortin A, Duquette-Lozeau K, Létourneau V, Duchaine C. Production of recycled manure solids for use as bedding in Canadian dairy farms: II. Composting methods. Journal of dairy science 2018.
23. Daniel J. Royse. Effects of fragmentation, supplementation and the addition of phase II compost to 2nd break compost on mushroom (Agaricus bisporus) yield. Bioresource Tecnology 2010; 101: 188-192.
24. Safa M, Omrani Gh. Effect of composition of input materials on the quality of compost produced by static mass with active aeration in rural areas(Case study: Sulaghan village). Quarterly Journal of Environmental Science and Technology 2018. Published.
25. Heydari F. Qualitative study of manure production of Zahedan plant with regard to physical and chemical properties. Quarterly Journal of Environmental Science and Technology 2016; 18(2): 335-341.
26. Alvarenga P, Palma P, Mourinha C, Farto M, Dôres J, Patanita M, Cunha-Queda C, Natal-da-Luz T, Renaud M, Sousa JP. Recycling organic wastes to agricultural land as a way to improve its quality: a field study to evaluate benefits and risks. Waste management 2017; 1(61): 582-92.

*Journal of Environmental Health Engineering, February 2019; Vol. 7, No. 2: 165-178*

# The Study of the Age of Compost on the Quality of the Produced Compost (A Case Study of Compost Municipal Waste Management Organization)

**Tyeb Moradi[1], Mohammad Hadi Abolhasani[2*]**

*1. Master of Environmental Science, Islamic Azad University, Isfahan Branch (Khorasgan), Isfahan, Iran*
*2. Assistant Professor, Department of Environment, Waste and wastewater Research Center, Isfahan Branch, Isfahan, Iran*

**** E-mail: hadi.mha2001@yahoo.com***

***Received: 21 Feb. 2019 ; Accepted: 2 Jul. 2019***

**ABSTRACT**

**Introduction:** Today, the issue of urban solid waste or urban waste is one of the most serious problems in the whole world. Composting plants have a significant amount of time from the production and production stage to the sale and consumption stage. In this study, the effect of compost age on the quality of the compost factory was carried out in Isfahan City waste management organization.

**Method:** To conduct this study, a compost mass of about 300 tons of newly produced compost and prepared for sale at a particular site from the plant and was done in a special place of four and nine weeks. There are ammonia, nitrate, ammonium, phosphorus, potassium, total nitrogen, mineral nitrogen, organic nitrogen, sodium, calcium, magnesium, carbon, density, EC, pH, oxygen, sulfur, and the ratio of carbon to nitrogen was done at any time with three iterations of the experiment.

**Findings:** Findings indicate that ammonia, nitrate, ammonium, total nitrogen, mineral nitrogen, EC, pH, moisture, density, and the ration of carbon to nitrogen in the initial compost are respectively as follows: 1800, 58.35, 28.2314, 14000, 2400, 11600, 145.7, 245.7, 85.6, 286, and 54.12. Finally in the 9$^{th}$ week, they changed as follows: 145.873, 325.81, 61.1122, 63.15065, 63.1215, 13850, 71.5, 35.7, 005.5, 5.279 and 04.22. The amount of ammonia, ammonium phosphor, mineral nitrogen, EC, moisture and density was reduced with a significant difference whereas other factors increased with a significant difference. The results of phosphor were not significantly different. Also, the results of the study revealed that ammonia, ammonium, phosphorus, total nitrogen, nitrogen, EC and COD in the zero weeks were respectively as follows: 244.26, 314.05, 298.73, 1153.6, 325.36, 6289.2, 37.088 and 3635.24, whereas in the ninth week, they changed as follows: 110.36, 141.89, 285.43, 366, 148.98, 217, 728.15, 5733.76. The amount of ammonia, nitrate, ammonium, total nitrogen, mineral nitrogen, organic nitrogen, as well as EC reduced with a significant difference, but the amount of COD increased with a significant difference. The results of phosphor and nitrate were not significantly different.

**Conclusion:** Ultimately it can be concluded that the quality of compost is decreased with time lapse and the more it passes after the compost production, the less the food elements in the compost consumed by vegetarians would be.

**Keywords:** Compost, Leachate, Increase the age of compost, Effective parameters in compost quality