



جمهوری اسلامی ایران  
Islamic Republic of Iran

سازمان ملی استاندارد ایران

Iranian National Standardization Organization



استاندارد ملی ایران

۱۸۱۶۲

چاپ اول

۱۳۹۲

INSO

18162

1st.Edition

2013

تعیین پایداری کمپوست با اندازه‌گیری  
مصرف اکسیژن - روش آزمون

**Determining the stability of compost by  
measuring oxygen consumption- Test  
method**

ICS:13.030.40

## به نام خدا

### آشنایی با سازمان ملی استاندارد ایران

مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران به موجب بند یک ماده ۳ قانون اصلاح قوانین و مقررات مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران، مصوب بهمن ماه ۱۳۷۱ تنها مرجع رسمی کشور است که وظیفه تعیین، تدوین و نشر استانداردهای ملی (رسمی) ایران را به عهده دارد.

نام موسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران به موجب یکصد و پنجاه و دومین جلسه شورای عالی اداری مورخ ۹۰/۶/۲۹ به سازمان ملی استاندارد ایران تغییر و طی نامه شماره ۲۰۶/۳۵۸۳۸ مورخ ۹۰/۷/۲۴ جهت اجرا ابلاغ شده است. تدوین استاندارد در حوزه های مختلف در کمیسیون های فنی مرکب از کارشناسان سازمان، صاحب نظران مراکز و مؤسسات علمی، پژوهشی، تولیدی و اقتصادی آگاه و مرتبط انجام می شود و کوششی همگام با مصالح ملی و با توجه به شرایط تولیدی، فناوری و تجاری است که از مشارکت آگاهانه و منصفانه صاحبان حق و نفع، شامل تولیدکنندگان، مصرف کنندگان، صادرکنندگان و وارد کنندگان، مراکز علمی و تخصصی، نهادها، سازمان های دولتی و غیر دولتی حاصل می شود. پیش نویس استانداردهای ملی ایران برای نظرخواهی به مراجع ذی نفع و اعضای کمیسیون های فنی مربوط ارسال می شود و پس از دریافت نظرها و پیشنهادات در کمیته ملی مرتبط با آن رشته طرح و در صورت تصویب به عنوان استاندارد ملی (رسمی) ایران چاپ و منتشر می شود.

پیش نویس استانداردهایی که مؤسسات و سازمان های علاقه مند و ذی صلاح نیز با رعایت ضوابط تعیین شده تهیه می کنند در کمیته ملی طرح و بررسی و در صورت تصویب، به عنوان استاندارد ملی ایران چاپ و منتشر می شود. بدین ترتیب، استانداردهایی ملی تلقی می شوند که بر اساس مفاد نوشته شده در استاندارد ملی ایران شماره ۵ تدوین و در کمیته ملی استاندارد مربوط که سازمان ملی استاندارد ایران تشکیل می دهد به تصویب رسیده باشد.

سازمان ملی استاندارد ایران از اعضای اصلی سازمان بین المللی استاندارد (ISO)<sup>۱</sup>، کمیسیون بین المللی الکتروتکنیک (IEC)<sup>۲</sup> و سازمان بین المللی اندازه شناسی قانونی (OIML)<sup>۳</sup> است و به عنوان تنها رابط<sup>۴</sup> کمیسیون کدکس غذایی (CAC)<sup>۵</sup> در کشور فعالیت می کند. در تدوین استانداردهای ملی ایران ضمن توجه به شرایط کلی و نیازمندی های خاص کشور، از آخرین پیشرفت های علمی، فنی و صنعتی جهان و استانداردهای بین المللی بهره گیری می شود.

سازمان ملی استاندارد ایران می تواند با رعایت موازین پیش بینی شده در قانون، برای حمایت از مصرف کنندگان، حفظ سلامت و ایمنی فردی و عمومی، حصول اطمینان از کیفیت محصولات و ملاحظات زیست محیطی و اقتصادی، اجرای بعضی از استانداردهای ملی ایران را برای محصولات تولیدی داخل کشور و/یا اقلام وارداتی، با تصویب شورای عالی استاندارد، اجباری نماید. سازمان می تواند به منظور حفظ بازارهای بین المللی برای محصولات کشور، اجرای استاندارد کالاهای صادراتی و درجه بندی آن را اجباری نماید. همچنین برای اطمینان بخشیدن به استفاده کنندگان از خدمات سازمان ها و مؤسسات فعال در زمینه مشاوره، آموزش، بازرسی، ممیزی و صدور گواهی سیستم های مدیریت کیفیت و مدیریت زیست محیطی، آزمایشگاه ها و مراکز کالیبراسیون (واسنجی) وسایل سنجش، سازمان ملی استاندارد ایران این گونه سازمان ها و مؤسسات را بر اساس ضوابط نظام تأیید صلاحیت ایران ارزیابی می کند و در صورت احراز شرایط لازم، گواهینامه تأیید صلاحیت به آن ها اعطا و بر عملکرد آن ها نظارت می کند. ترویج دستگاه بین المللی یکاها، کالیبراسیون (واسنجی) وسایل سنجش، تعیین عبار فلزات گرانبها و انجام تحقیقات کاربردی برای ارتقای سطح استانداردهای ملی ایران از دیگر وظایف این سازمان است.

1- International Organization for Standardization

2- International Electrotechnical Commission

3- International Organization of Legal Metrology (Organisation Internationale de Metrologie Legale)

4- Contact point

5- Codex Alimentarius Commission

**کمیسیون فنی تدوین استاندارد**  
**«تعیین پایداری کمپوست با اندازه‌گیری مصرف اکسیژن - روش آزمون»**

**رئیس :**

میات علمی دانشگاه شهید چمران اهواز

شاکرزاده، احسان  
(دکتری شیمی فیزیک)

**دبیر :**

کارشناس شرکت زرگستر روبینا

آتشی، مژگان  
(فوق لیسانس شیمی)

**اعضاء :** ( اسامی به ترتیب حروف الفبا )

کارشناس شرکت کشت و صنعت حکیم  
فارابی

آریز، افشین  
(فوق لیسانس کشاورزی)

کارشناس معاونت بهداشت استان خوزستان

احمد پور، مریم  
(لیسانس بهداشت)

کارشناس دانشگاه شهید چمران اهواز

اعرابی، سید مهدی  
(فوق لیسانس شیمی)

مسئول آزمایشگاه محیط زیست خوزستان

افشاری، مریم  
(فوق لیسانس شیمی)

هیأت علمی دانشگاه جندی شاپور اهواز

بابایی، علی  
(دکتری مهندسی بهداشت)

کارشناس اداره کل استاندارد استان  
خوزستان

چراغی، حسین  
(فوق لیسانس مواد و متالورژی)

مدیر عامل شرکت پرشیا پژوهش شریف

حاتمی، امیر  
(فوق لیسانس شیمی)

کارشناس اداره کل استاندارد استان  
خوزستان

خوشنام، فرزانه  
(فوق لیسانس شیمی)

کارشناس شرکت پرشیا پژوهش شریف

دایی، مینا  
(فوق لیسانس شیمی)

صفدری، فرهاد (فوق لیسانس مهندسی بهداشت محیط)	کارشناس آلودگی دانشگاه جندی شاپور اهواز
علوی، نادعلی (دکتری بهداشت محیط)	هیأت علمی دانشگاه جندی شاپور اهواز
علیمحمدی، علیرضا (فوق لیسانس خاک شناسی)	کارشناس آزمایشگاه شرکت بانیان پی
کریمی، مریم (فوق لیسانس شیمی)	کارشناس فنی شرکت پارس لیان ارونند
گل محمدی قانع، حامد (فوق لیسانس شیمی)	هیأت علمی جهاد دانشگاهی اهواز
مهرمولایی، فاطمه (فوق لیسانس شیمی)	کارشناس اداره کل استاندارد استان خوزستان
نقدی، تینا (فوق لیسانس شیمی)	کارشناس شرکت زرگستر روبینا
نجفی، زینب (فوق لیسانس شیمی)	کارشناس پرشیا پژوهش شریف

## فهرست مندرجات

صفحه	عنوان
ب	آشنایی با سازمان ملی استاندارد
ج	کمیسیون فنی تدوین استاندارد
و	پیش گفتار
ز	مقدمه
۱	۱ هدف و دامنه کاربرد
۱	۲ مراجع الزامی
۲	۳ اصطلاحات و تعاریف
۲	۴ اصول آزمون
۲	۵ وسایل
۴	۶ مواد و/ یا واکنشگرها
۵	۷ کمپوست تثبیت شده
۵	۸ آزمایشها
۶	۹ روش انجام آزمون
۷	۱۰ محاسبات
۸	۱۱ تفسیر نتایج
۸	۱۲ گزارش آزمون
۹	۱۳ دقت و انحراف

## پیش گفتار

استاندارد " تعیین پایداری کمپوست با اندازه‌گیری مصرف اکسیژن- روش آزمون " که پیش‌نویس آن در کمیسیون‌های مربوط توسط شرکت زرگستر روبینا تهیه و تدوین شده و در یک هزار و هشتاد و سومین اجلاس کمیته ملی استاندارد صنایع شیمیایی و پلیمر مورخ ۹۲/۴/۱۶ مورد تصویب قرار گرفته است، اینک به استناد بند یک ماده ۳ قانون اصلاح قوانین و مقررات مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران، مصوب بهمن ماه ۱۳۷۱، به عنوان استاندارد ملی ایران منتشر می‌شود.

برای حفظ همگامی و هماهنگی با تحولات و پیشرفت‌های ملی و جهانی در زمینه صنایع، علوم و خدمات، استانداردهای ملی ایران در مواقع لزوم تجدیدنظر خواهد شد و هر پیشنهادی که برای اصلاح و تکمیل این استانداردها ارائه شود، هنگام تجدید نظر در کمیسیون فنی مربوط مورد توجه قرار خواهد گرفت. بنابراین، باید همواره از آخرین تجدیدنظر استانداردهای ملی استفاده کرد.

منبع و مآخذی که برای تهیه این استاندارد مورد استفاده قرار گرفته به شرح زیر است:

ASTM D 5975: 2010, Standard Test Method for Determining the Stability of Compost by Measuring Oxygen Consumption

اندازه‌گیری پایداری کمپوست به چند دلیل مورد نیاز است. پایداری کمپوست به ارزیابی میزان پیشرفت فرآیند کمپوست‌سازی جهت تایید استفاده برای کاربرد مورد نظر کمک می‌کند. ممکن است برای کاربردهای گوناگون کمپوست پایداری متفاوت کمپوست لازم باشد.

هم‌چنین اندازه‌گیری پایداری کمپوست جهت تایید این که کارخانه کمپوست پردازش پسماند را مطابق با سطوح پایداری مورد توافق قبلی انجام داده باشد، مورد نیاز است. این اندازه‌گیری در جهت صدور مجوز کارخانه کمپوست و تایید این که بهره‌برداران کارخانه به‌طور رضایت‌بخشی پروانه صادر شده را به‌کار ببرند مفید می‌باشد.

هم‌چنین سطح پایداری کمپوست پتانسیل آن را در تولید بوها در صورتی که بدون هوادهی نگهداری شود و به‌علاوه سطح بهداشتی آن و میزان قابلیت کمپوست در فعالیتهای مجدد باکتریایی و بیماری‌زایی ممکن را نشان می‌دهد. پایداری کمپوست یک عامل مهم در مسمومیت گیاهی<sup>1</sup> و قدرت تحمل گیاه نسبت به کمپوست می‌باشد.

اندازه‌گیری پایداری کمپوست امکان انتخاب تکنولوژی‌های کمپوست‌سازی مناسب و هم‌چنین کاربرد ایمن آن را در بازارهای گوناگون فراهم می‌سازد. این روش درجه‌ای از پایداری را نشان می‌دهد، اما الزاماً سطح پایداری برتر را نسبت به سطح دیگر پایداری نشان نمی‌دهد.

## تعیین پایداری کمپوست با اندازه‌گیری مصرف اکسیژن - روش آزمون

هشدار- این استاندارد به تمام موارد ایمنی مرتبط با کاربرد آن اشاره نمی‌کند. در صورت وجود چنین مواردی، مسئولیت برقراری ایمنی، سلامتی و تعیین قوانین حدود کاربردی قبل از استفاده به عهده کاربر می‌باشد.

### ۱ هدف و دامنه کاربرد

هدف از تدوین این استاندارد، ارایه‌ی روشی برای تعیین پایداری نمونه کمپوست با استفاده از اندازه‌گیری مصرف اکسیژن بعد از در معرض قرار گرفتن کمپوست<sup>۱</sup> آزمون در برابر یک کمپوست به خوبی تثبیت شده، تحت شرایط کمپوست‌سازی کنترل شده در مقیاس آزمایشگاهی تحت هوادهی فعال می‌باشد. این استاندارد برای به‌دست آوردن نتایج تکرارپذیر و تجدیدپذیر تحت شرایط کنترل شده مشابه انتهای فاز کمپوست‌سازی فعال طراحی شده است. نمونه‌های کمپوست در معرض یک مایه تلقیح (اینوکولوم)<sup>۲</sup> کمپوست تثبیت شده قرار می‌گیرند که از پسماند جامد شهری یا پسماندی شبیه مواد آزمون تهیه می‌شود. کمپوست شدن هوازی در محیطی که دما، هوادهی و رطوبت به‌دقت پایش و کنترل می‌شود، اتفاق می‌افتد. این استاندارد برای تعیین مقدار تجمعی اکسیژن مصرف شده بر گرم جامدات فرار در نمونه‌ها در طول یک دوره چهار روزه کاربرد دارد. نرخ مصرف اکسیژن نیز پایش می‌شود. این استاندارد برای انواع متفاوتی از نمونه‌های کمپوست شامل کمپوست‌های مشتق شده از پسماندها مانند پسماندهای جامد شهری، پسماند باغی<sup>۳</sup>، مواد آلی تفکیک شده در مبدا تولید، جامدهای زیستی و انواع پسماندهای آلی دیگر که سمیت آن‌ها به حدی نیست که برای حضور میکرو ارگانیسم‌ها در سیستم‌های کمپوست‌سازی هوازی محدودیتی ایجاد کنند، کاربرد دارد.

### ۲ مراجع الزامی

مدارک الزامی زیر حاوی مقرراتی است که در متن این استاندارد ملی ایران به آن‌ها ارجاع داده شده است. بدین ترتیب آن مقررات جزئی از این استاندارد ملی ایران محسوب می‌شود. در صورتی که به مدرکی با ذکر تاریخ انتشار ارجاع داده شده باشد، اصلاحیه‌ها و تجدیدنظرهای بعدی آن مورد نظر این استاندارد ملی ایران نیست. درمورد مدارکی که بدون ذکر تاریخ انتشار به آن‌ها ارجاع داده شده است، همواره آخرین تجدیدنظر و اصلاحیه‌های بعدی آن‌ها مورد نظر است. استفاده از مراجع زیر برای کاربرد این استاندارد الزامی است:

2-1 ASTM D 515, Test Methods for Phosphorus in Water

2-2 ASTM D 883, Terminology Relating to Plastics

---

1- Compost  
2- Inoculum  
3- Yard



2-3 ASTM D 1293, Test Methods for pH of Water

2-4 ASTM D 1888, Test Methods for Particulate and Dissolved Matter in Water

2-5 ASTM D 2908, Practice for Measuring Volatile Organic Matter in Water by Aqueous-Injection Gas Chromatography

2-6 ASTM D 3590, Test Methods for Total Kjeldahl Nitrogen in Water

2-7 ASTM D 4129, Test Method for Total and Organic Carbon in Water by High Temperature Oxidation and by Coulometric Detection

2-8 ASTM D 5338, Test Method for Determining Aerobic Biodegradation of Plastic Materials Under Controlled Composting Conditions

2-9 2540 D, Total Suspended Solids Dried at 103°–105 °C<sup>3</sup>

2-10 2540 E, Fixed and Volatile Solids Ignited at 550 °C<sup>3</sup>

### ۳ اصطلاحات و تعاریف

در این استاندارد اصطلاحات و تعاریف تعیین شده در استاندارد ASTM D 883 به کار می‌رود.

### ۴ اصول آزمون

نمونه‌ای از کمپوست برای تعیین پایداری انتخاب می‌شود. سپس کمپوست کاملاً تثبیت شده‌ای از یک جریان پسماند مشابه، تحت شرایط آزمایشگاهی کاملاً کنترل شده تولید می‌شود. آزمایش‌های کمپوست در معرض کمپوست کاملاً تثبیت شده تحت شرایط کمپوست سازی کنترل شده قرار می‌گیرند. نرخ مصرف اکسیژن و مصرف تجمعی اکسیژن اندازه‌گیری می‌شود. سطح پایداری از مصرف تجمعی اکسیژن به دست می‌آید.

### ۵ وسایل

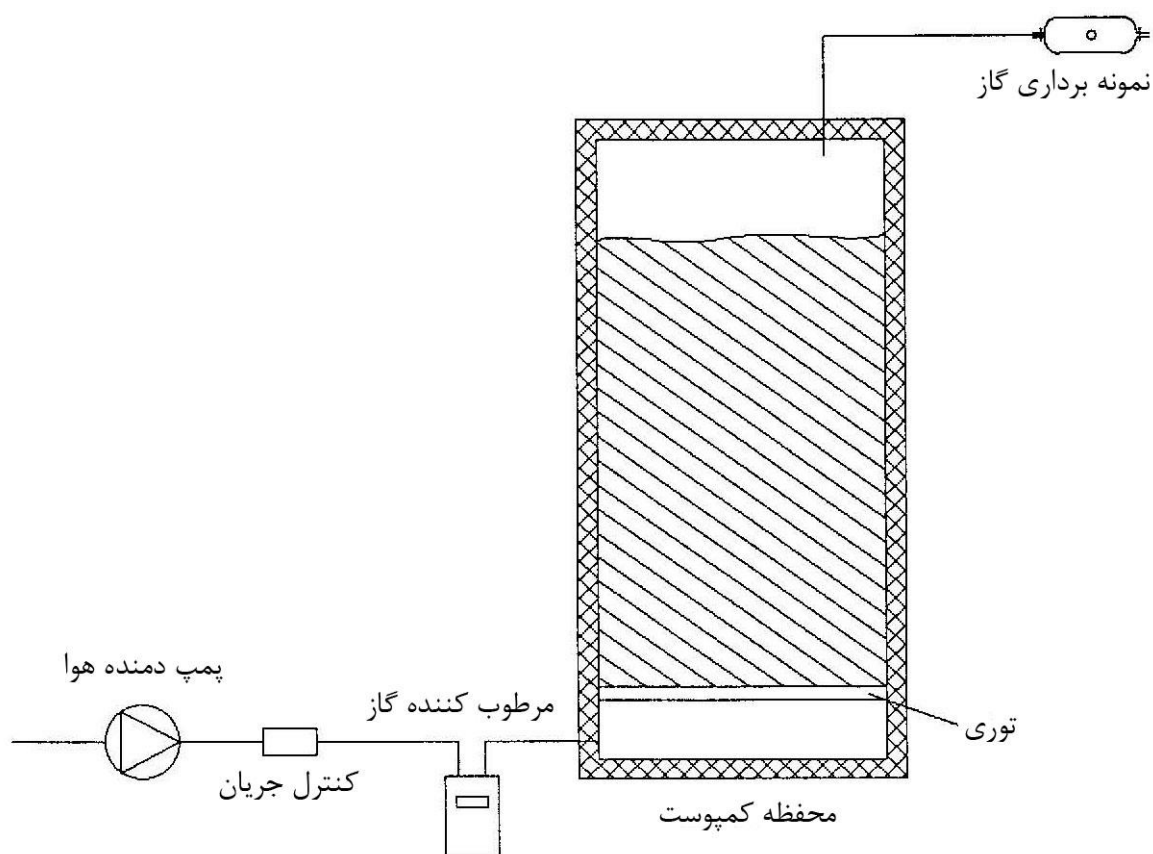
۵-۱ محفظه آماده‌سازی مایه تلقیح کمپوست تثبیت شده (شکل ۱ را ببینید)

۵-۱-۱ محفظه آماده‌سازی مایه تلقیح کمپوست تثبیت شده با حجم ۱۰۰ l تا ۲۰۰ l، با عایق‌بندی مناسب برای حفظ دماهای کمپوست سازی، از ۵۰ °C تا ۶۵ °C طی یک دوره حداقل دو هفته‌ای برای کمپوست کردن پسماند شبیه پسماند نمونه و مجهز به صفحه توزیع هوا، ورودی، خروجی و سرپوش هوابندی شده

۵-۱-۲ هوای تحت فشار، فراهم شده برای مخزن کمپوست سازی با دقت و نرخ قابل کنترل تا حداکثر ۲۰۰ l/kg پسماند در روز

۵-۱-۳ دماسنج، با قابلیت اندازه‌گیری دما تا ۲ (± ۸۰) °C

۵-۱-۴ وسایل مناسب برای اندازه‌گیری غلظت‌های اکسیژن و CO<sub>2</sub> (اختیاری) در هوای خروجی مخزن کمپوست سازی مثل حس‌گرها یا کروماتوگرافی گازی مناسب



شکل ۱- نحوه آرایش اختیاری<sup>۱</sup> محفظه آماده سازی کمپوست

۲-۵ وسایل کمپوست سازی (شکل ۲ را ببینید)

۱-۲-۵ مجموعه ای با حداقل ۹ محفظه کمپوست سازی (یک ماده آزمون، شاهد، مرجع مثبت، هر یک با سه تکرار) با حجم ۲۱ تا ۵۱

۲-۲-۵ گرمخانه<sup>۲</sup>، شامل حمام های آب یا دیگر وسایل کنترل کننده قادر به نگهداری دمای ظروف کمپوست سازی در دمای  $(58 \pm 2) ^\circ C$

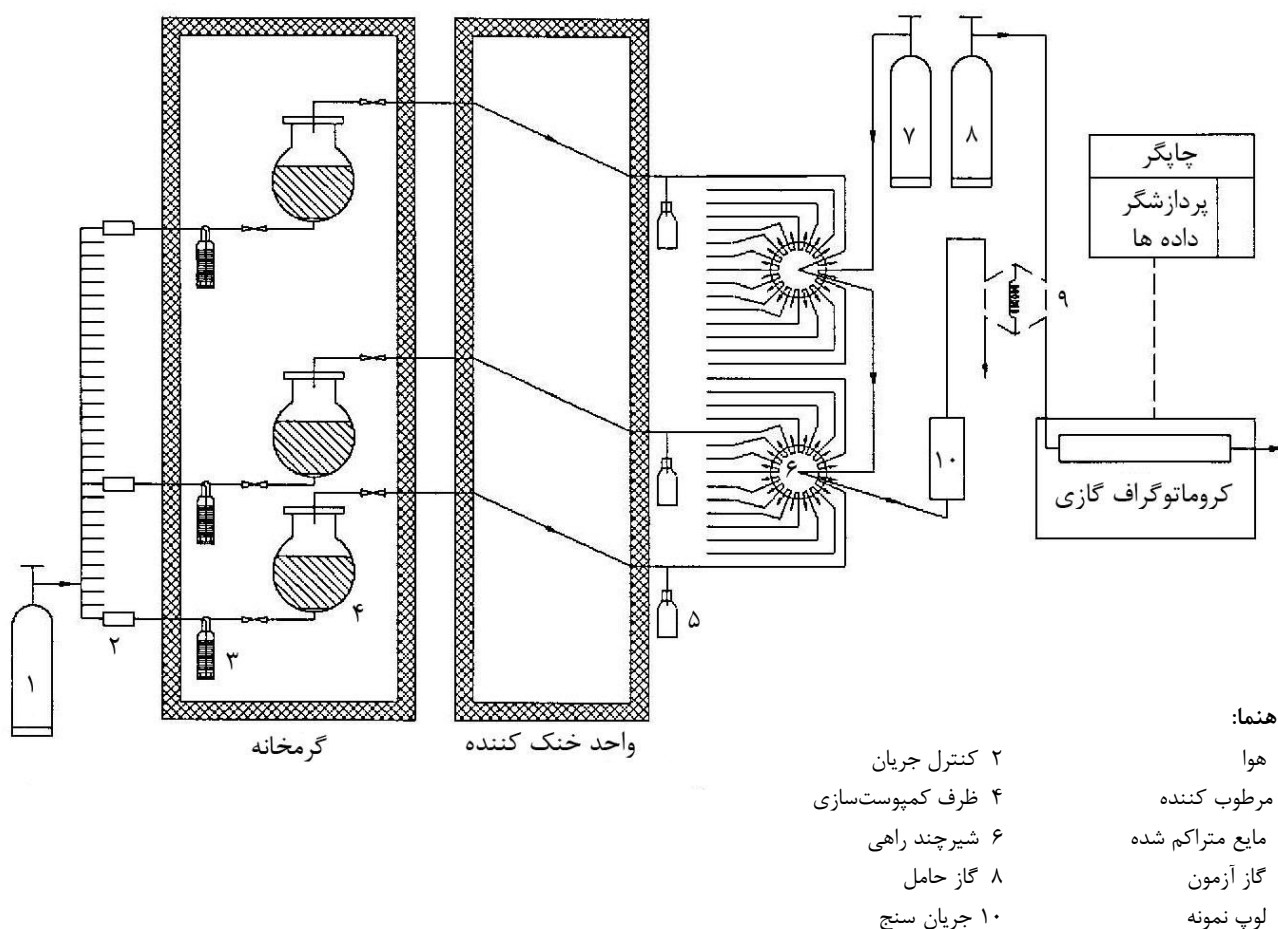
۳-۲-۵ سیستم هوای تحت فشار، تامین کننده هوای اشباع از آب در هر ظرف کمپوست سازی با نرخ های هوادهی مناسب

۴-۲-۵ وسایل مناسب برای اندازه گیری غلظت اکسیژن در هوای خروجی ظروف کمپوست سازی مانند حسگرهای ویژه یا کروماتوگرافی گازی مناسب

۳-۵ وسایل مورد نیاز دیگر:

۱-۳-۵ ترازو، با درستی  $(\pm 1 \text{ mg})$  برای توزین نمونه و کمپوست تثبیت شده

1-Optional  
2- Incubator



شکل ۲- نحوه آرایش اختیاری با استفاده از کروماتوگرافی گازی (استاندارد D 5338 را ببینید)

۲-۳-۵ پیمانه‌ها، با درستی  $(\pm 0.1 \text{ kg})$  برای توزین پسماند کمپوست سازی برای تولید کمپوست تثبیت شده

۳-۳-۵ ظروف شیشه‌ای آزمایشگاهی معمولی، تجهیزات و مواد شیمیایی

۴-۳-۵ وسایل و تجهیزات تجزیه‌ای مناسب برای اندازه‌گیری جامدات خشک (در دمای  $105^\circ \text{C}$ )، جامدات فرار (در دمای  $550^\circ \text{C}$ )، اسیدهای چرب فرار به وسیله کروماتوگرافی با تزریق محلول آبی و نیتروژن کل به روش کج‌لدال<sup>۱</sup>

## ۶ مواد و/یا واکنشگرها

در طول تجزیه فقط از واکنشگرهای با خلوص تجزیه‌ای مشخص و فقط از آب مقطر یا آب با خلوص معادل استفاده کنید.

1 -Total Kjeldahl nitrogen

۶-۱ سلولز با درجه تجزیه‌ای (ریز بلور، مورد استفاده در کروماتوگرافی لایه نازک) با اندازه ذرات کوچک‌تر از  $10\text{ }\mu\text{m}$  به عنوان یک کنترل مثبت

هشدار ۱- در این استاندارد مواد شیمیایی خطرناک استفاده می‌شود. از تماس با آن‌ها بپرهیزید و دستورکار سازنده و اطلاعات ایمنی داده شده بر روی برگه‌ها پیروی کنید.

هشدار ۲- در تولید کمپوست تثبیت شده، مواد پسماند مورد استفاده ممکن است شامل ابزار تیزی باشد، هنگام جابه‌جایی مراقب باشید.

هشدار ۳- ظروف کمپوست‌سازی برای تحمل فشار بالا طراحی نشده‌اند. توصیه می‌شود سیستم نزدیک به فشار محیط عمل کند.

## ۷ کمپوست تثبیت شده

۷-۱ کمپوست تثبیت شده‌ای که به عنوان مایه تلقیح و بافت آزمون به کار می‌رود بهتر است کمپوستی باشد با عمر ۲ تا ۴ ماه که به خوبی هوادهی شده و از کسر آلی پسماند جامد شهری یا مواد آلی جدا شده از مبدا تهیه شده و توسط الک با اندازه منافذ کوچک‌تر از  $10\text{ mm}$  غربال شده باشد.

پیشنهاد می‌شود که نرخ مصرف اکسیژن نمونه کنترل کمپوست تثبیت شده  $15\text{ mg}$  تا  $80\text{ mg}$  بر گرم جامدات فرار در طول دوره آزمون چهار روزه باشد. در کمپوست تثبیت شده مقدار جامدات کل باید بین ۵۰ تا ۶۰٪ بر پایه وزن تر، مقدار خاکستر کمتر از ۷۰٪ کل جامدات، pH بین ۷ و ۸ داشته باشد و عاری از اسیدهای چرب فرار باشد (کم‌تر از  $100\text{ mg/l}$  بر حسب استیک اسید). توصیه می‌شود نسبت C/N بین ۱۰ و ۲۰ و نسبت C/P بین ۳۰ و ۶۰ باشد.

۷-۲ توصیه می‌شود کمپوست تثبیت شده تا حد امکان، عاری از مواد بی‌اثر با اندازه بزرگ (مثل شیشه، سنگ‌ها و فلزات) باشد. برای تولید یک ماده همگن بهتر است آن‌ها را به صورت دستی حذف کرد.

## ۸ آزمایش‌ها

۸-۱ آزمایش باید نماینده کمپوستی باشد که برای کیفیت کمپوست مورد ارزیابی قرار می‌گیرد. ترجیحاً بهتر است آزمایش، ترکیبی از نمونه‌های ساده تصادفی<sup>۱</sup> گوناگون گرفته شده از میان توده باشد. در غیر این صورت نمونه‌ها را از عمق‌های گوناگون یک توده کمپوست بردارید و این نمونه‌های کمپوست را برای ارزیابی هر نوع تغییر با توده کمپوست خودش به طور جداگانه آنالیز کنید.

۸-۲ در هنگام افزودن آزمایش کمپوست به کمپوست تثبیت شده، بهتر است همه عوامل کمپوست‌سازی اولیه، مانند اکسیژن در ظرف کمپوست‌سازی، تخلخل و مقدار رطوبت به گونه‌ای تنظیم شود که امکان یک فرایند کمپوست‌سازی خوب را فراهم کند. توصیه می‌شود سطوح اکسیژن در ظرف کمپوست‌سازی در همه زمان‌ها حداقل ۶٪ باشد و هیچ گونه آب آزاد یا کلوخه مواد حضور نداشته باشد.

---

1-Grab Sample

## ۹ روش انجام آزمون

### ۹-۱ آماده سازی نمونه‌ها

۹-۱-۱ مایه تلقیح کمپوست تثبیت شده را از نمونه کمپوست تهیه شده از پسماندهای مشابه پسماند آزمون در یک محفظه کمپوست‌سازی در مقیاس آزمایشگاهی مناسب تهیه کنید.

۹-۱-۱-۱ کمپوست تثبیت شده را با الک کوچک‌تر از ۱۰ mm غربال کنید و هرگونه مواد بی‌اثر بزرگ (تکه-های شیشه، سنگ، چوب) که از الک ۱۰ mm عبور کرده‌اند را به صورت دستی خارج و حذف کنید. در قسمت‌های کم‌تر از ۱۰ mm، جامدات فرار، جامدات خشک و کربن، نیتروژن و مقادیر فسفر را مطابق با استانداردهای D 515، D 1888، D 3590، D 4129، D 2540، D 2540 E تعیین کنید. pH و اسیدهای چرب فرار را هم همان‌طور که در بند ۹-۴-۲ تشریح شده تعیین کنید. در صورتی که نسبت C/N بیش‌تر از ۲۰ باشد آمونیوم کلرید اضافه کنید و این نسبت را روی ۱۵ تنظیم کنید. در صورتی که C/P بیش‌تر از ۶۰ باشد  $\text{NaH}_2\text{PO}_4$  اضافه کرده و این نسبت را روی ۴۵ تنظیم کنید.

۹-۱-۱-۲ مقدار جامدات فرار و جامدات خشک همه آزمایش‌های کمپوست را مطابق با استانداردهای D 2540 اندازه‌گیری کنید.

۹-۱-۱-۳ مقادیر مایه تلقیح کمپوست تثبیت شده و آزمایش‌های کمپوست را به دقت وزن کنید (تقریباً ۵۰۰ g برای هر ظرف کمپوست‌سازی) و کاملاً مخلوط کنید. بهتر است نسبت بین وزن خشک کمپوست تثبیت و وزن خشک مواد آزمون حدود ۱:۱ باشد. مقدار جامدات خشک مخلوط را با آب تقریباً روی ۵۰٪ تنظیم کرده و مخلوط را به سه ظرف کمپوست‌سازی اضافه کنید. ظروف را همراه با محتویات آن وزن کنید.

۹-۱-۱-۴ شاهد تنها شامل کمپوست تثبیت شده می‌باشد که شامل حدود ۱۰۰۰ g وزن تر در هر ظرف کمپوست‌سازی هر یک با سه تکرار می‌باشد. برای کنترل مثبت ۵۰ g سلولز ریز بلور به ۱۰۰۰ g کمپوست تثبیت شده در سه تکرار اضافه کنید.

۹-۲ روش راه‌اندازی آزمون، هوادهی ظروف کمپوست‌سازی را با نرخ‌های جریانی که به اندازه کافی بالا بوده برای اطمینان از افت نکردن سطوح اکسیژن به کم‌تر از ۶٪ در هوای خروجی حاصل شود، هوادهی کنید. بهتر است سطوح اکسیژن را در طول ۳۶ ساعت اول به دقت کنترل و روزانه حداقل چهار بار اندازه‌گیری کنید. در صورت لزوم برای ادامه آزمون نرخ جریان هوا را تنظیم کنید.

### ۹-۳ روش اجرای کار

۹-۳-۱ ظروف کمپوست‌سازی را برای یک دوره چهار روزه در تاریکی در گرمخانه قرار دهید. دما را در طول آزمون در  $20 \pm 5^\circ\text{C}$  نگه‌دارید. در صورتی که نرخ مصرف اکسیژن در ظروف نمونه‌ها در طی ۲۴ ساعت گذشته بیش‌تر از ۲۴ ساعت قبلی باشد زمان عمل‌آوری ممکن است طولانی شود.

۹-۳-۲ روزانه چهار مرتبه غلظت‌های اکسیژن در هوای خروجی را با حداکثر فاصله زمانی پنج ساعت بررسی کنید.

۳-۳-۹ برای اطمینان از این که در کل سیستم هیچ گونه نشتی وجود ندارد، جریان هوا را در اتصالات قبل و بعد از ظروف کمپوست سازی و در خروجی ها روزانه بررسی کنید. جریان هوا را برای نگه داشتن غلظت اکسیژن در حداقل ۶٪ (حجمی/حجمی) در هوای خروجی تنظیم کنید.

۴-۳-۹ از مناسب بودن شرایط کمپوست سازی مطمئن شوید و ظروف کمپوست سازی را بعد از روز اول آزمون تکان دهید.

#### ۴-۹ انتهای آزمون

۱-۴-۹ در انتهای آزمون محفظه را همراه با محتویات آن وزن کنید و مقدار جامدات خشک باقی مانده در کمپوست را تعیین کنید.

۲-۴-۹ pH را مطابق با استاندارد D 1293 اندازه گیری کنید. pH را با رقیق کردن نمونه تا نسبت ۱:۵ (وزنی/وزنی) مخلوط آب مقطر و کمپوست اندازه گیری کنید. نمونه را به صورت دستی مخلوط کنید و فوراً اندازه گیری کنید. در صورتی که pH کمتر از ۷ است، اسیدهای چرب فرار در فاز مایع را بعد از سانتریفوژ نمونه رقیق شده با نیروی G ۳۰۰۰ مطابق با استاندارد D 2908 اندازه گیری کنید. غلظت اسیدهای چرب فرار مثل استیک اسید باید کمتر از ۲۰۰۰ mg/l باشد.

#### ۱۰ محاسبات

۱-۱۰ مصرف تجمعی اکسیژن را به صورت حجمی برای هر ظرف کمپوست سازی در طول آزمون با استفاده از رابطه ۱ اندازه گیری کنید.

$$V_1 = (O_i - O_e) \times F \times \Delta t \quad (1)$$

که در آن:

$V_1$  مصرف تجمعی اکسیژن به صورت حجمی، بر حسب لیتر؛

$O_i$  غلظت اکسیژن در هوای ورودی بر حسب درصد حجمی؛

$O_e$  غلظت اکسیژن در هوای خروجی بر حسب درصد حجمی؛

$F$  نرخ جریان هوا بر حسب لیتر بر ساعت؛

$\Delta t$  دوره زمانی می باشد.

۲-۱۰ مصرف تجمعی اکسیژن را که از محاسبات قبلی به دست آمده به صورت حجمی بر حسب لیتر، در دما و فشار استاندارد از رابطه ۲ مجدداً محاسبه کنید.

$$V_2 = V_1 \times \frac{T_2}{T_1} \times \frac{P_1}{P_2} \quad (2)$$

که در آن:

$V_1$  مصرف تجمعی اکسیژن به صورت حجمی، بر حسب لیتر؛  
 $V_2$  مصرف تجمعی اکسیژن به صورت حجمی تحت شرایط استاندارد بر حسب لیتر؛  
 $T_2$  دمای استاندارد (۲۷۳ K)؛  
 $T_1$  دمای محیط بر حسب کلوین؛  
 $P_1$  فشار محیط بر حسب اتمسفر؛  
 $P_2$  فشار استاندارد که برابر ۱ اتمسفر می باشد.  
 سپس مصرف اکسیژن را از رابطه ۳ مجدداً حساب کنید.

$$C = V_2 \times \frac{32 \text{ g}}{22.414 \text{ l}} \quad (3)$$

که در آن:

$C$  مصرف اکسیژن، بر حسب گرم؛

۲۲/۴۱۴ l حجم یک مول اکسیژن تحت شرایط دما و فشار استاندارد؛

۳۲ g وزن یک مول اکسیژن می باشد.

۱۰-۳ مصرف تجمعی خالص اکسیژن آزمایش کمپوست را با کم کردن مصرف مایه تلقیح کمپوست تثبیت شده در ظرف آزمون از مصرف اکسیژن کل ظرف آزمون تعیین کنید (مصرف اکسیژن مایه تلقیح در ظرف آزمون برابر با مصرف مایه تلقیح در ظروف کنترل بر حسب گرم ضرب در وزن مایه تلقیح در ظرف آزمون).  
 ۱۰-۴ مصرف اکسیژن را بر حسب میلی گرم اکسیژن بر گرم جامدات فرار و در طی ۴ روز بیان کنید.

## ۱۱ تفسیر نتایج

۱۱-۱ نتایج آنالیزهای دیگر آزمایش کمپوست مانند اسیدهای چرب فرار، pH، محلول آمونیاک، نیترات و درجه پوسیدگی و اطلاعات سمیت اکولوژیکی<sup>۱</sup> ماده آزمون می تواند در شرح اثرات بازدارنده مفید باشد.

۱۱-۲ یک ماده مرجع یا یک ماده کنترل شناخته شده قابل تجزیه زیستی برای بررسی فعالیت کمپوست تثبیت شده که به عنوان یک مایه تلقیح به کار می رود، لازم است. در صورتی که مصرف اکسیژن مناسبی با مرجع مثبت مشاهده نشود (حداقل ۲۰٪ اکسیژن مورد نیاز تئوریک برای سلولز در طول آزمون)، آزمون باید نادرست در نظر گرفته شود و بهتر است با استفاده از مایه تلقیح کمپوست تثبیت شده جدید مجدداً تکرار شود.

## ۱۲ گزارش آزمون

۱۲-۱ اطلاعات مایه تلقیح کمپوست تثبیت شده شامل منبع، درصد جامدات خشک، درصد جامدات فرار،

---

1-Ecotoxicity

pH، اسیدهای چرب فرار، کربن، نیتروژن کل کج‌لدا، فسفر، C/N، C/P، فعالیت (مصرف اکسیژن)، تاریخ جمع‌آوری، ذخیره‌سازی و جابه‌جایی

۱۲-۲ اطلاعات نمونه کمپوست شامل منبع، درصد جامدات خشک، درصد جامدات فرار، pH، تاریخ جمع‌آوری، ذخیره‌سازی و جابه‌جایی

۱۲-۳ وسایل مورد استفاده برای اجرای روش آزمون. وزن محفظه، محتویات آن با مقادیر ابتدا و انتهای آزمون

۱۲-۴ مصرف تجمعی اکسیژن در هر زمان (نمایش گرافیکی)

۱۲-۵ مصرف متوسط اکسیژن در هر کمپوست آزمون بر حسب میلی‌گرم اکسیژن بر گرم جامدات فرار و در طول ۴ روز همراه با انحراف استاندارد

۱۲-۶ کامل شدن آزمون طی دوره چهار روز و درصد نهایی معدنی شدن مرجع مثبت

۱۲-۷ pH باقی‌مانده نهایی. غلظت اسیدهای چرب فرار برای ظروف با pH نهایی کمتر از ۷

۱۲-۸ نسبت مصرف اکسیژن در برابر مصرف CO<sub>2</sub> (اختیاری)

### ۱۳ دقت و انحراف

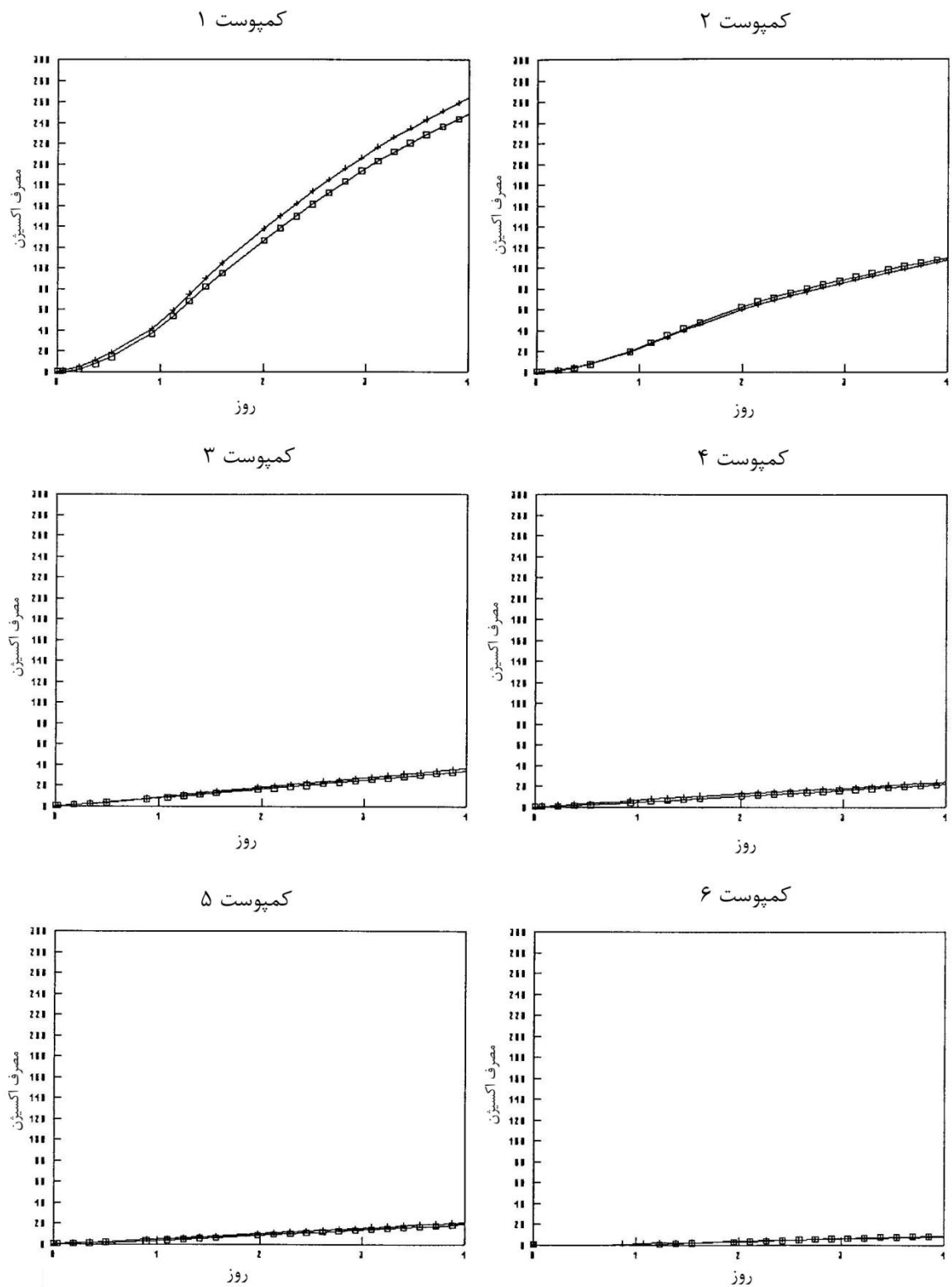
۱۳-۱ دقت و انحراف این روش آزمون تعیین شده است.

۱۳-۲ نتایج مقدماتی یک آزمون با شش کمپوست مختلف در جدول ۱ داده شده است. پایداری کمپوست از طریق مصرف اکسیژن بر حسب میلی‌گرم اکسیژن بر گرم جامدات فرار و در طی ۴ روز با نسبت NO<sub>3</sub>/NH<sub>4</sub> و با درجه پوسیدگی به دست آمده در روش تنفس‌سنجی بدون (اینوکلوم شدن)<sup>۱</sup> بدون تلقیح مقایسه شد. تکمیل مصرف اکسیژن برای شش کمپوست مختلف در شکل ۳ نشان داده شده است. آنالیزها با دو تکرار انجام شده است.

جدول ۱- نتایج نسبت NO<sub>3</sub>/NH<sub>4</sub>، درجه پوسیدگی و پایداری کمپوست برای شش کمپوست مختلف

شماره کمپوست	نسبت NO <sub>3</sub> /NH <sub>4</sub>	درجه پوسیدگی	پایداری mg O <sub>2</sub> /g VS.4d
کمپوست ۱	۰	II	۲۵۸
کمپوست ۲	۰	III	۱۰۹
کمپوست ۳	۰	IV	۳۵
کمپوست ۴	∞	IV	۲۳
کمپوست ۵	∞	IV	۲۰
کمپوست ۶	۵۳	IV	۸





شکل ۳- مصرف اکسیژن شش کمپوست مختلف در طول زمان