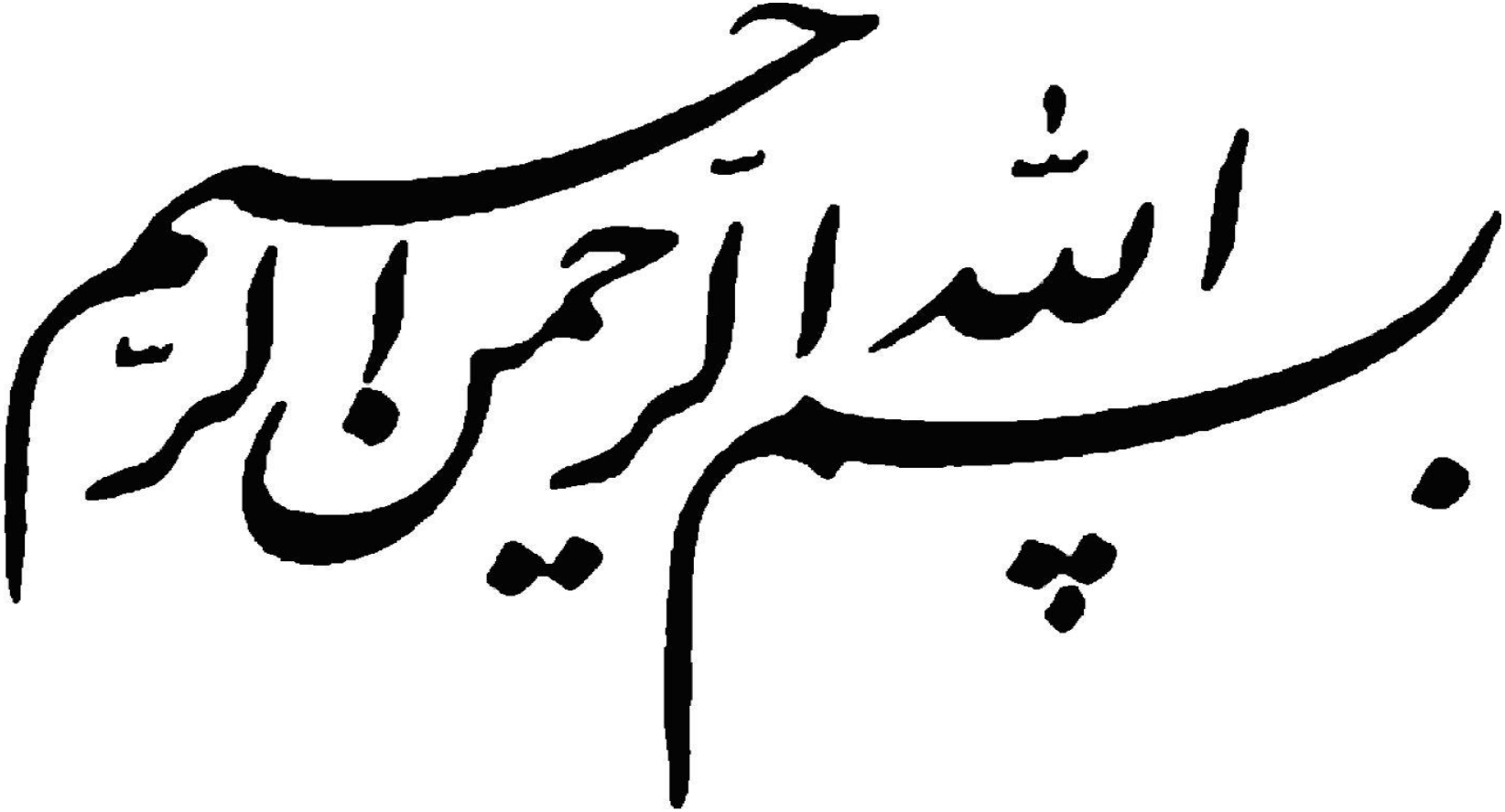

بسم الله الرحمن الرحیم

مرکز منطقه ای کنوانسیون های بازل و استکهلم

مدرسه زمستانه مدیریت پسماند

(بخش چهارم)

کمپوست

نادر مختارانی

(دانشیار دانشکده عمران و محیط زیست)

دانشگاه تربیت مدرس

زمستان ۱۴۰۱

مقدمه

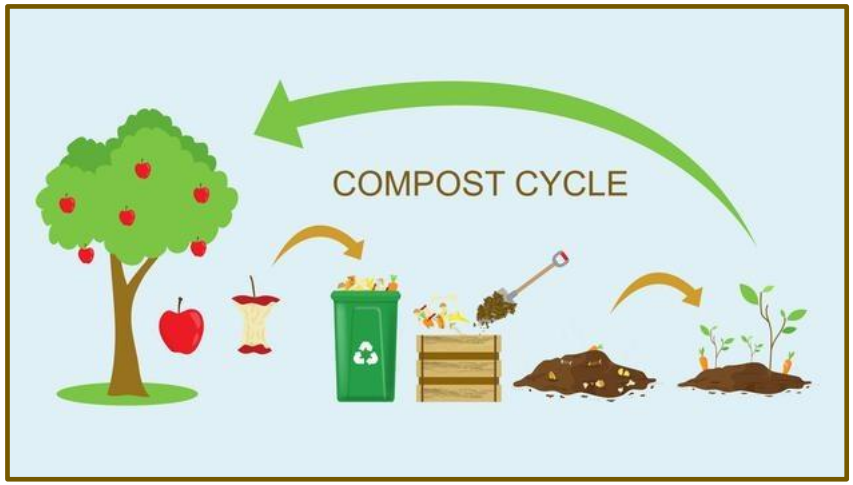
- یکی از شیوه‌های **بازچرخش** بخش آلی (قابل تجزیه بیولوژیکی) پسماندها، تبدیل آن به کود آلی یا کمپوست می‌باشد.
- این فرایند یک روش کارآمد و سازگار با محیط زیست برای مدیریت و بازچرخش پسماندهای آلی و تبدیل آنها به ترکیبی با کاربردهای متنوع می باشد.
- با این روش بخش آلی پسماندها تبدیل به محصولی مفید و با ارزش شده و بدین ترتیب میزان دورریزها به مقدار زیادی کاهش می یابد.

تعریف کمپوست (Compost)

کمپوست از کلمه لاتین (Compositus) به معنی مخلوط و یا مرکب اقتباس شده و از تجزیه مواد آلی نامتجانس بوسیله میکروارگانیزم‌های مختلف در رطوبت و دمای مناسب حاصل می شود.

فرایند کمپوست (Composting)

کمپوست کردن (Composting) فرآیندی بیولوژیکی است که طی آن مواد آلی موجود در پسماندها (مواد قابل تجزیه بیولوژیکی) در شرایط خاص و کنترل شده به موادی نسبتاً پایدار و هوموس مانند تبدیل می شوند.



توجه: منظور از کلمه پایدار، رسیدن به مرحله‌ای است که نگهداری، حمل و نقل و مصرف آن در زمین فاقد هرگونه اثرات منفی باشد.

تاریخچه تولید کمپوست

- ✓ اولین کارخانه کمپوست کشور در سال ۱۳۴۸ در شهر اصفهان با ظرفیت ۱۵۰ تن در روز احداث گردید.
- ✓ دومین کارخانه کمپوست کشور در سال ۱۳۵۱و در منطقه صالح آباد تهران ایجاد شد.
- ✓ در سال ۱۳۶۸ کارخانه جدید کمپوست اصفهان با ظرفیت ۵۰۰ تن در روز توسط یک شرکت سوییسی تاسیس شده و تاکنون مشغول به فعالیت می‌باشد.
- ✓ در سال ۱۳۷۲ مطالعات اولیه و طراحی کارخانه کمپوست کهریزک (آرادکوه) تهران با ظرفیت ۲,۰۰۰ تن در روز توسط جهاد دانشگاهی صنعتی شریف انجام و واحد اول کارخانه در سال ۱۳۷۷ به بهره برداری رسید.
- ✓ در سال ۱۳۷۸ کارخانه کمپوست مشهد با ظرفیت ۲۵۰ تن در روز با روش هوازی و مطابق طراحی شرکت آلمانی تیسن راه اندازی شد.
- ✓ در سال ۱۳۸۲ کارخانه کمپوست کرج با ظرفیت ۲۵۰ تن در هر شیفت به بهره برداری رسید.
- ✓ در سال ۱۳۸۱ همچنین دو واحد ۵۰۰ تنی کمپوست در شهرهای رشت و تبریز راه اندازی شد.
- ✓ ..... شهرهای انزلی، گرگان، کرمانشاه، بابل، تنکابن، نور و آزادشهر .....

ویژگی‌های کمپوست

مهم‌ترین ویژگی‌های استفاده کمپوست در خاک که آنرا به محصولی منحصر به فرد تبدیل می‌کند:

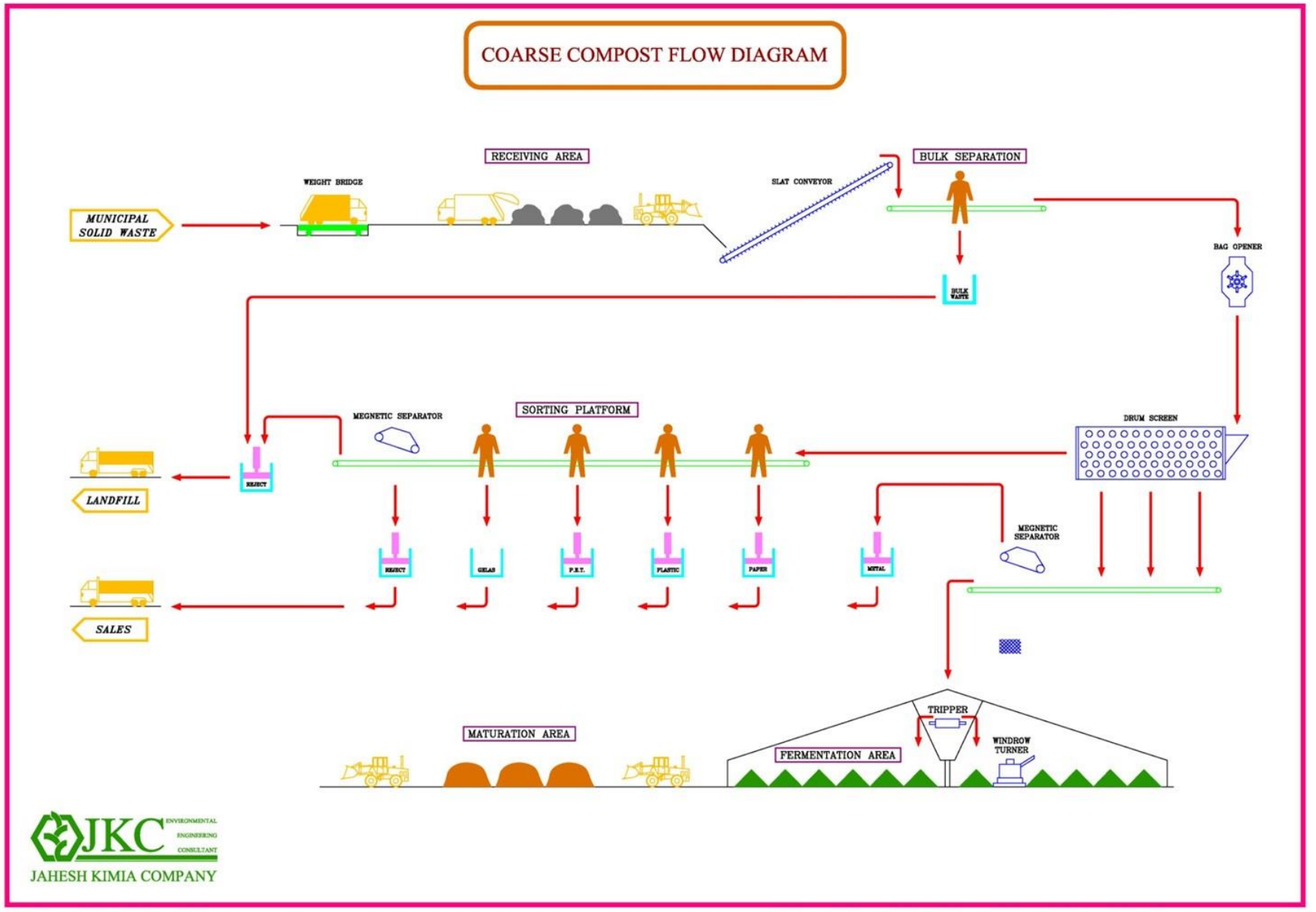
۱ - افزایش خلل و فرج خاک (افزایش هدایت هیدرولیکی) ؛
۲ - هوادهی بهتر (تهویه) خاک؛
۳- سبک‌کردن خاک‌های سنگین (کاهش دانسیته توده خاک)؛
۴- بهبود ظرفیت نگهداری رطوبت؛
۵- افزودن مواد مغذی به خاک و افزایش هوموس خاک؛
۶- افزایش pH خاک؛
۷- کاهش فرسایش خاک در اثر آب و باد؛
۸- افزایش ظرفیت تبادل یون؛
۹- افزودن مواد ریز مغذی (میکرونوترینت‌ها) به خاک؛
۱۰- رفع نقص نفوذ زیاد خاک‌های سبک و نفوذپذیری کم خاک‌های سنگین؛
۱۱- ....

کاربردهای کمپوست

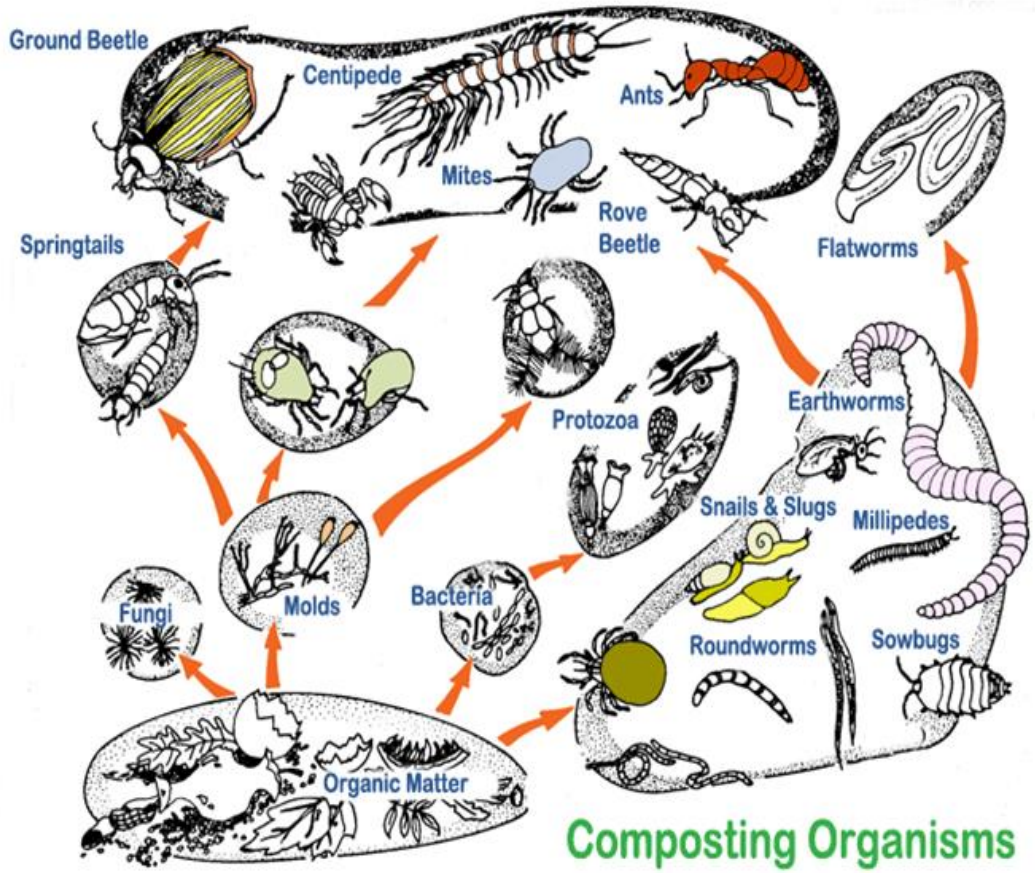
مهم‌ترین موارد مصرف کمپوست را می‌توان به شرح زیر برشمرد:

- استفاده به عنوان مالچ؛
- استفاده به عنوان پوشش مراکزدفن؛
- استفاده به عنوان بستر در کشت‌های گلخانه‌ای؛
- استفاده در راهسازی (خاکریز کنار جاده‌ها)؛
- استفاده بعنوان سوبسترا در کشت قارچ؛
- استفاده بعنوان عایق اکوستیک؛
- استفاده بعنوان ماده بوگیر (بیوفیلتر)؛
- استفاده بعنوان بستر حیوانات در دامداری‌ها؛
- استفاده بعنوان بستر مناسب برای کشت چمن در زمین‌های ورزشی؛
- استفاده بعنوان یکی از مواد اولیه تهیه آجرهای متخلخل.

فرآیند تولید کمپوست



فرآیند تولید کمپوست (میکروبیولوژی)



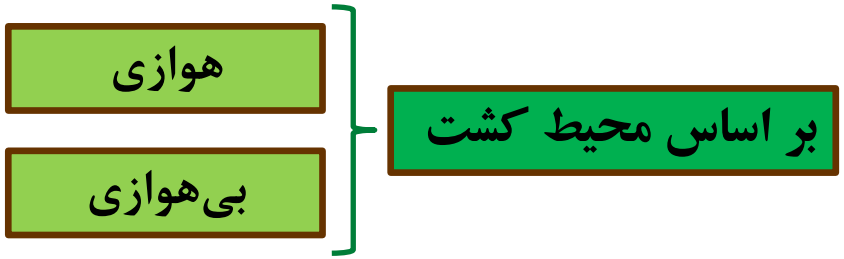
در طی فرآیند کمپوست، موجودات زنده مختلفی مسئولیت تجزیه و تثبیت مواد را بر عهده داشته که بر اساس فراوانی در محیط به صورت زیر دسته‌بندی می‌شوند:

- ✓ باکتری‌ها؛
- ✓ آکتینوماسیت‌ها؛
- ✓ قارچها؛
- ✓ پروتوزآ؛
- ✓ انواع کرمها؛
- ✓ نوزاد حشرات.

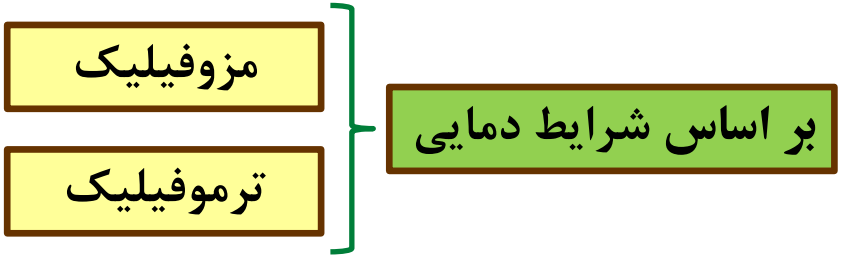
فرآیند تولید کمپوست (میکروبیولوژی)

- ✓ برای انجام فرایندهای میکروبی، مواد کمپوست شونده باید حداقل شامل ۲۵٪ مواد آلی فرار، ۵۰ تا ۶۰٪ رطوبت و دارای نسبت کربن به نیتروژن در محدوده ۲۰ تا ۴۰ باشند.
- ✓ برای انجام واکنش‌های میکروبی همچنین لازم است pH محیط بین ۶ و ۸ کنترل شود.
- ✓ در طی فرآیند کمپوست، وزن نهایی مواد به حدود ۵۰ درصد وزن مواد اولیه (مواد آلی) خواهد رسید و ۵۰ درصد بقیه عمدتاً به صورت گاز دی اکسید کربن و آب از محیط خارج می‌شوند.

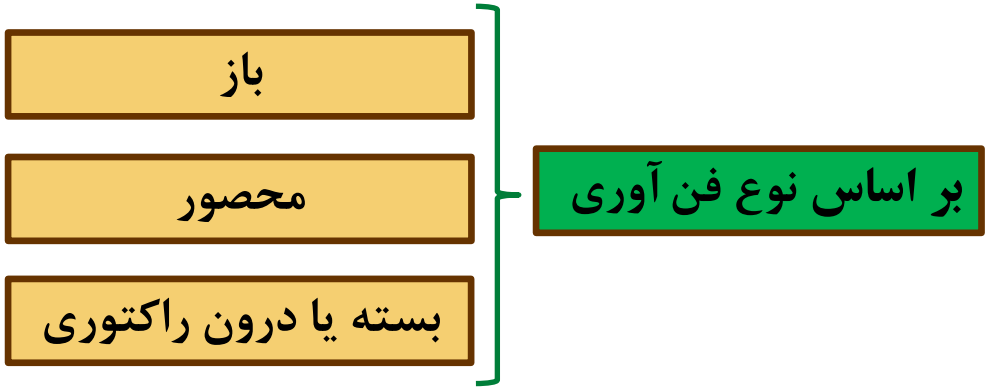
دسته‌بندی فرآیندهای کمپوست



دسته‌بندی فرآیندهای کمپوست

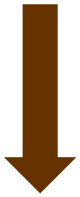


دسته‌بندی فرآیندهای کمپوست



فرآیند هوازی

مواد آلی + O_2 + مواد مغذی + میکروارگانیزم‌های هوازی

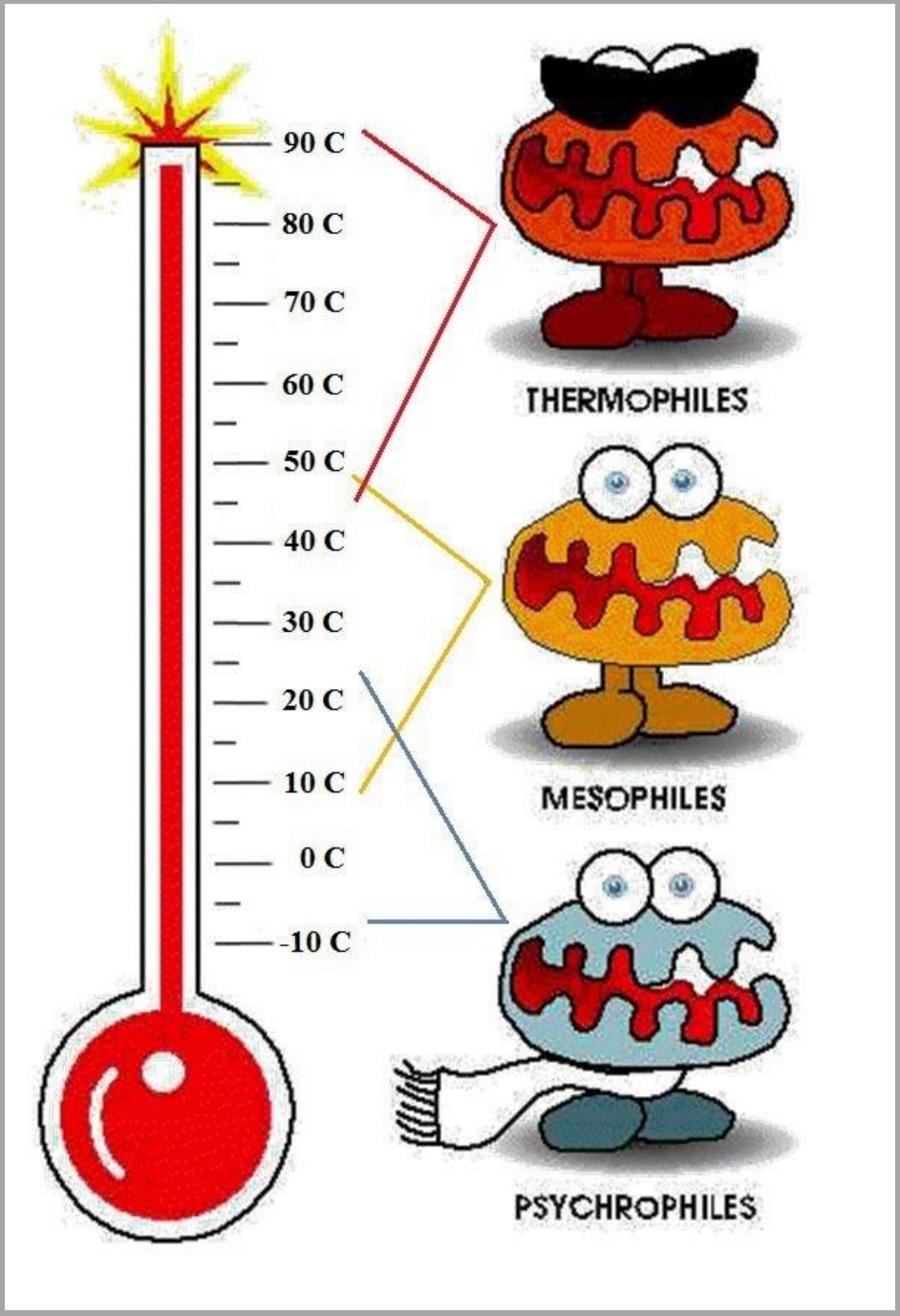


کمپوست+ سلول‌های جدید+ سلول‌های مرده+ CO_2 + H_2O + SO_4^{2-} + NO_3^- + حرارت

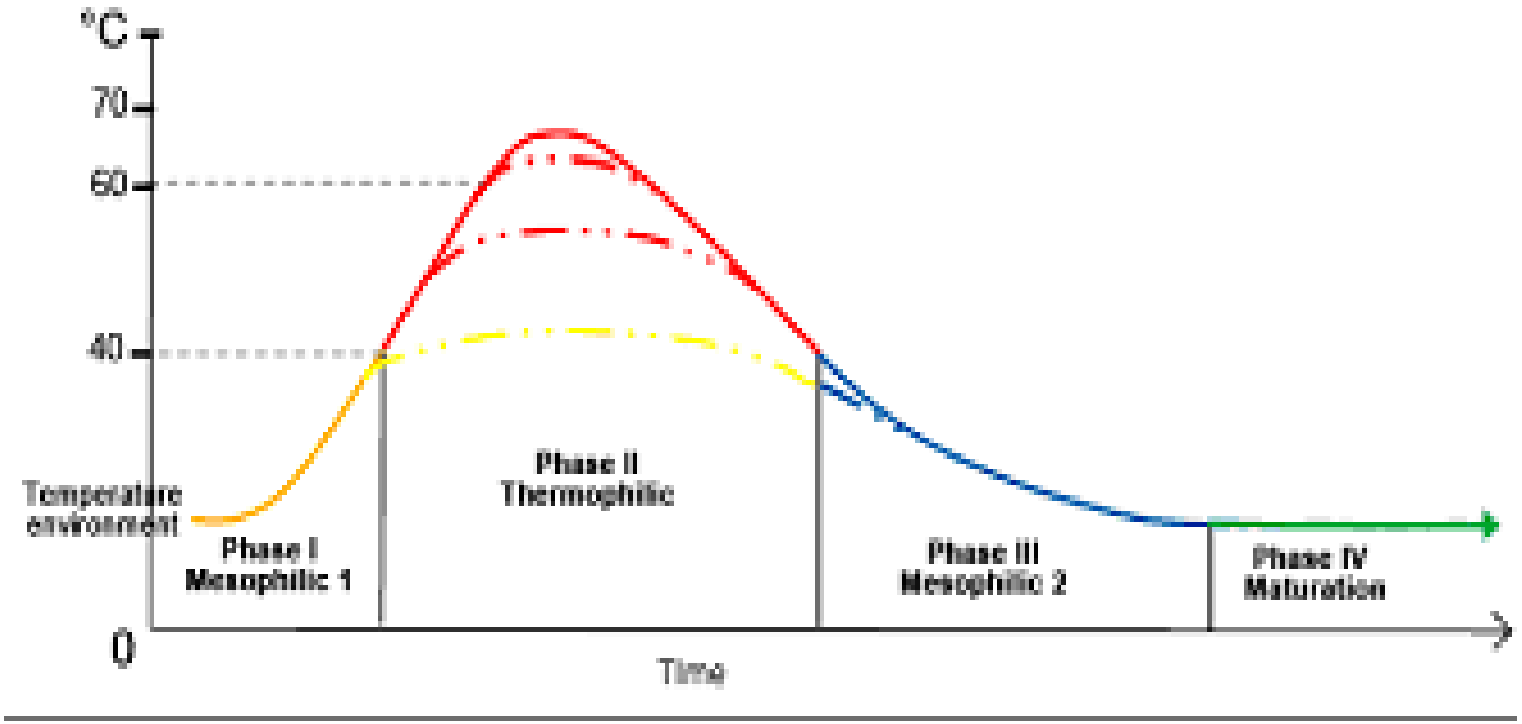
واکنش‌های بیولوژیکی فرآیند کمپوست

موفقیت انجام فرآیند تولید کمپوست در گرو انجام واکنش‌های بیولوژیکی توسط میکروارگانیزم هایی است که معمولاً به صورت طبیعی در پسماند وجود دارند.

- ✓ در اثر فعل و انفعالات بیولوژیکی، دمای توده پسماند تغییر خواهد نمود.
- ✓ دما می‌تواند به عنوان یکی از شاخص‌های پیشرفت فرآیند بیولوژیکی در کمپوست مطرح باشد.


90 C
80 C
70 C
60 C
50 C
40 C
30 C
20 C
10 C
0 C
-10 C
THERMOPHILES
MESOPHILES
PSYCHROPHILES

واکنش های بیولوژیکی فرآیند کمپوست



تغییرات دما نسبت به زمان در فرایند کمپوست هوازی

پارامترهای موثر بر فرآیند کمپوست

فاکتورهای محیطی و پارامترهای عملیاتی مختلف موثر بر فرآیند کمپوست:

- ✓ هوادهی؛
- ✓ دما؛
- ✓ میزان رطوبت؛
- ✓ pH؛
- ✓ نسبت کربن به نیتروژن؛
- ✓ پایداری.

پارامترهای موثر بر فرآیند کمپوست

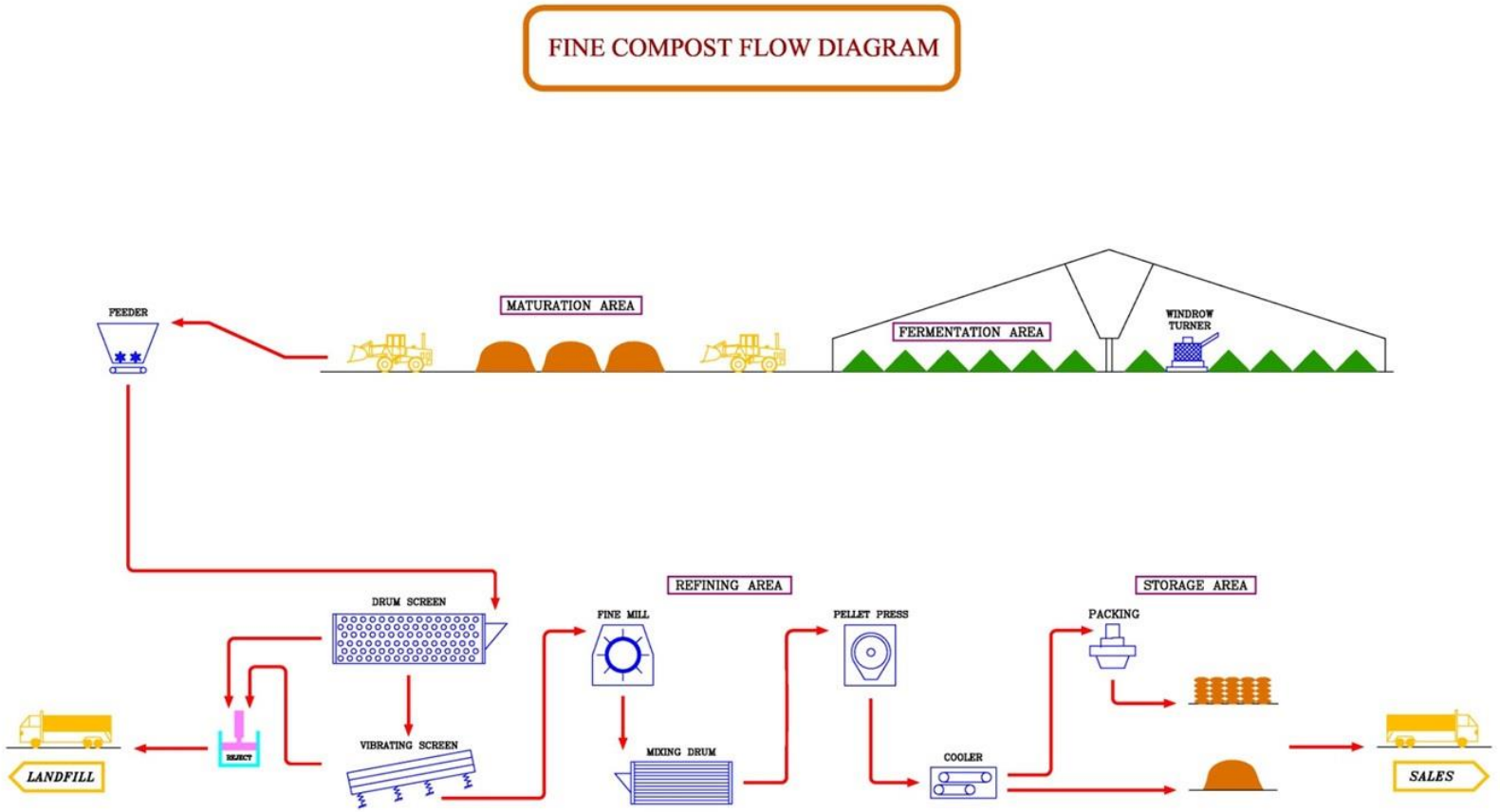
نسبت کربن به نیتروژن موجود در برخی از ترکیبات

ترکیبات	C/N
پسماندهای غذایی	۱۵-۲۳
کاغذ و مقوا	۲۰۰-۵۰۰
کود دامی	۱۵-۲۵
پسماندهای باغبانی تازه	۱۰-۲۰
خاک اره	۱۰۰-۵۰۰
کاه گندم	۶۰-۱۲۵
لجن فاضلاب	۵-۱۵
مخلوط پسماند شهری	۲۰-۴۰

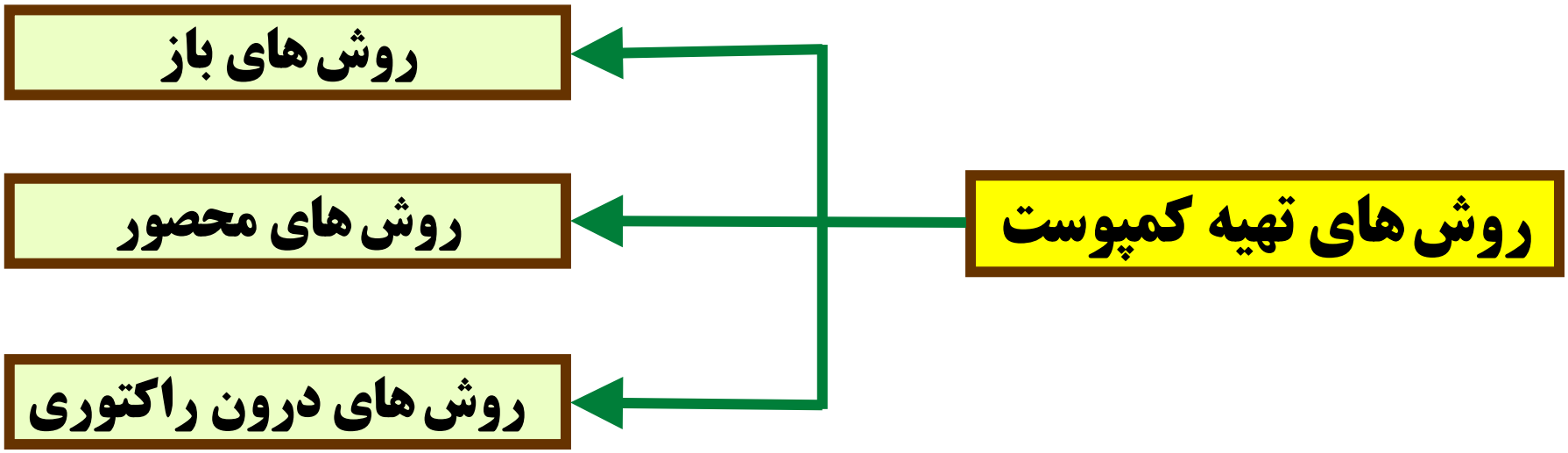
Thermal kill of pathogens and parasites

Microorganism	*Observations*
Salmonella typhosa	Growth ends at 46°C; death within 30 minutes at 55-60°C and within 20 minutes at 60°C
Salmonella sp.	Death within 1hour at 55°C and within 15-20 minutes at 60°C
Escherichia coli	Most die within 1 hour at 55°C and within 15-20 minutes at 60°C
Entamoeba histolytica cysts	Death within a few minutes at 45°C and within a few second at 55°C
Taenia saginata	Death within a few minutes at 45°C
Trichinella spiralis larvae	Quickly killed at 55°C; instant killed at 60°C
Brucella abortus or Br. Suis	Death within 3 minutes at 62-63°C and within 1 hour at 55°C
Micrococcus pyogenes var. aureus	Death within 10 minutes at 50°C
Strptococcus pyogenes	Death within 10 minutes at 54°C
Mycobacterium tuberculosis var. hominis	Death within 15-20 minutes at 66°C or after momentary heating at 67°C
Corynebacterium diphtheriae	Death within 45 minutes at 55°C
Necator americanus	Death within 50 minutes at 45°C
Ascaris lumbricoides eggs	Death in less than 1 hour at temperature over 50°C

فرآیند تولید کمپوست



JKC ENVIRONMENTAL ENGINEERING CONSULTANT
JAHESH KIMIA COMPANY


روش های تهیه کمپوست
روش های باز
روش های محصور
روش های درون راکتوری

روش های باز

۱–روش توده استاتیکی (Static Pile)

در این سیستم زباله ها پس از خرد و سرند شدن بصورت توده هایی به طول دلخواه با مقاطع مثلثی و یا مستطیلی (چنانچه که بین دو دیوار بتنی ریخته شوند) روی همدیگر انباشته شده و بصورت روزانه توسط دستگاههای مخصوص موسوم به Turner (برگردان) اقدام به زیر و رو کردن توده نموده ویا با استفاده از لوله گذاری در کف هوادهی میگردد.

شمایی از روش توده استاتیکی

شمایی از روش توده استاتیکی

۲– روش ویندرو (Windrow)

این روش کاملاً مشابه روش قبل (توده استاتیکی) بوده و تنها اختلاف آن در جابجایی توده ها به هنگام زیر و رو کردن آنها می باشد. در این روش مشخصاً از دستگاه Windrow و یا دستگاههای با قابلیت مشابه آن که بتواند توده را در عین زیر و رو کردن جابجا نیز نماید استفاده می شود.

شمایی از روش WINDROW

Halle Hall
C3
Tor Gate 3
BACKHUS
21.55
05/05/2014

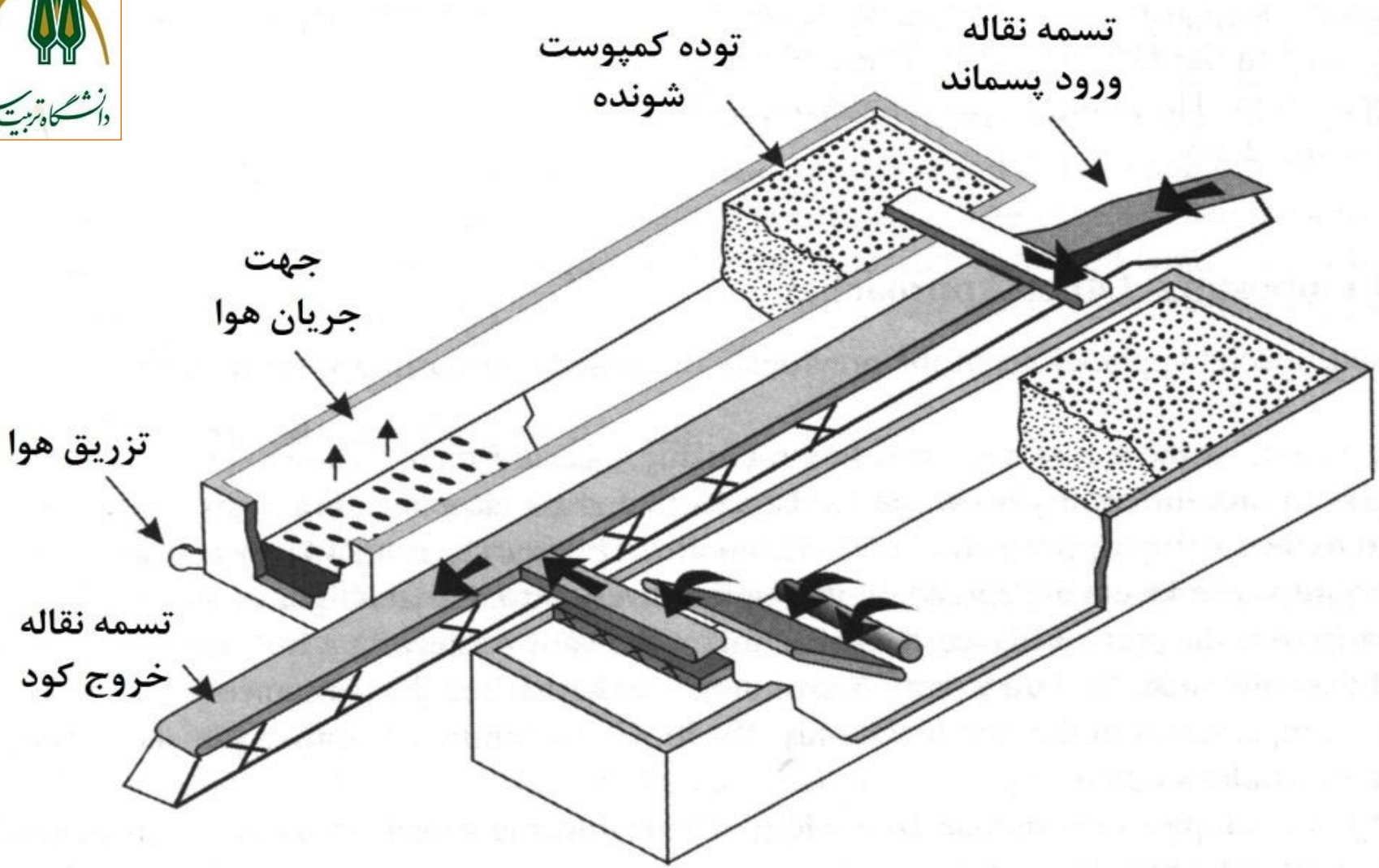
محوطه تخمیر به روش Windrow بصورت سرپوشیده و سرباز

روش های محصور

۱–روش LT

در این سیستم زباله ها پس از خرد و سرند شدن بصورت توده هایی به طول دلخواه با مقاطع مستطیلی (بین دو دیوار بتنی) روی همدیگر انباشته شده و بصورت روزانه توسط دستگاه های مخصوص موسوم به Lane Turner اقدام به زیر و رو کردن توده می شود.

تصاویری از محوطه تخمیر در روش LT



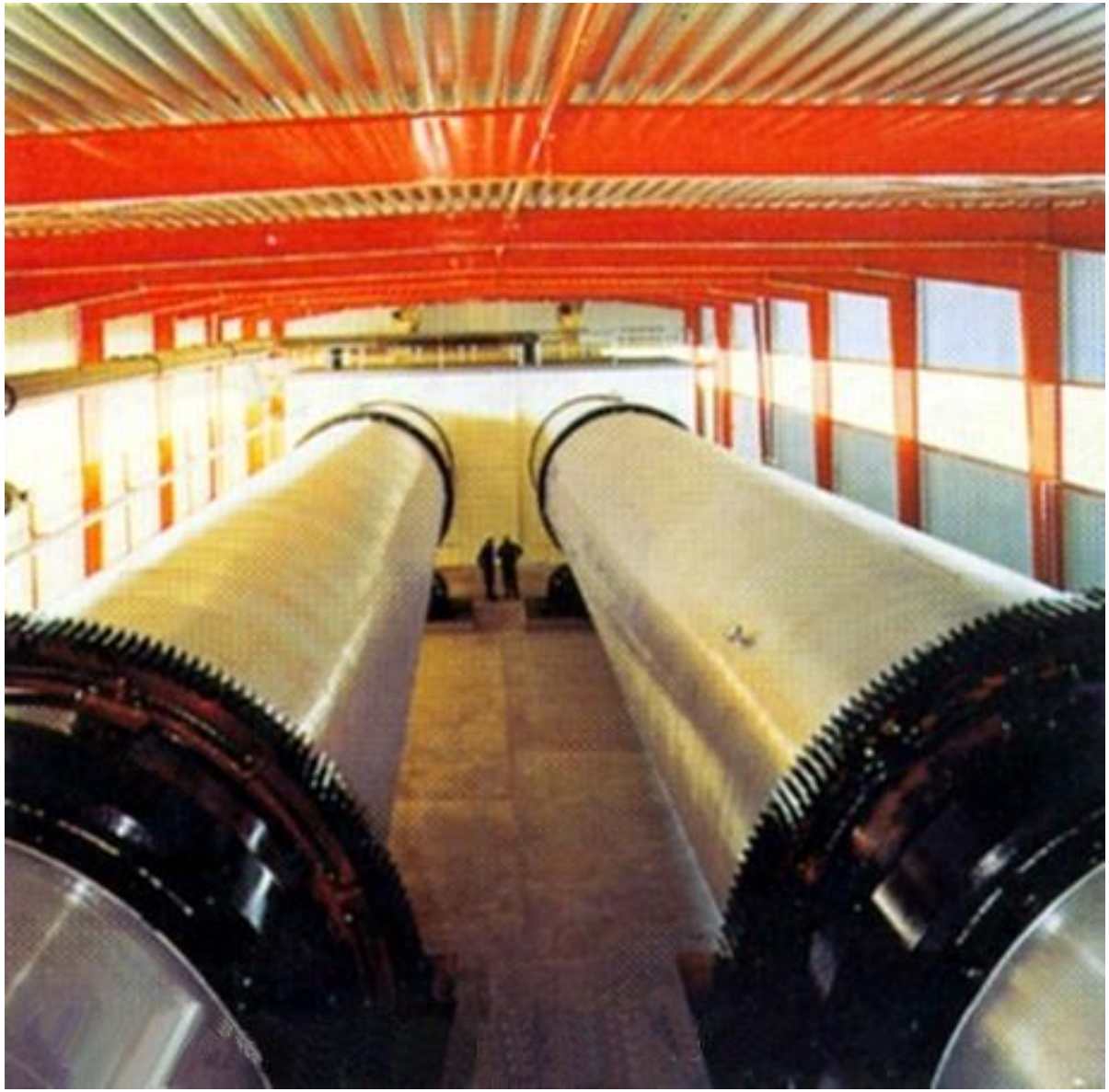
شماتیک فرایند کمپوست کانالی

روش‌های درون راکتوری (In-Vessel)

روش In-vessel یا روش کمپوست سازی درون راکتوری عبارت از تهیه کمپوست در محفظه های محصور و بسته بصورت هوازی و یا بی هوازی می باشد.

۱– سیستم درام

این سیستم یک روش هوازی به منظور تهیه کمپوست بوده که فرآیند تخمیر در درام های استوانه ای دوار مخصوص انجام می پذیرد. در این سیستم امکان کنترل هوادهی و همچنین تامین رطوبت مواد آلی وجود داشته و در نتیجه محصول آن دارای کیفیت مناسبی می باشد.



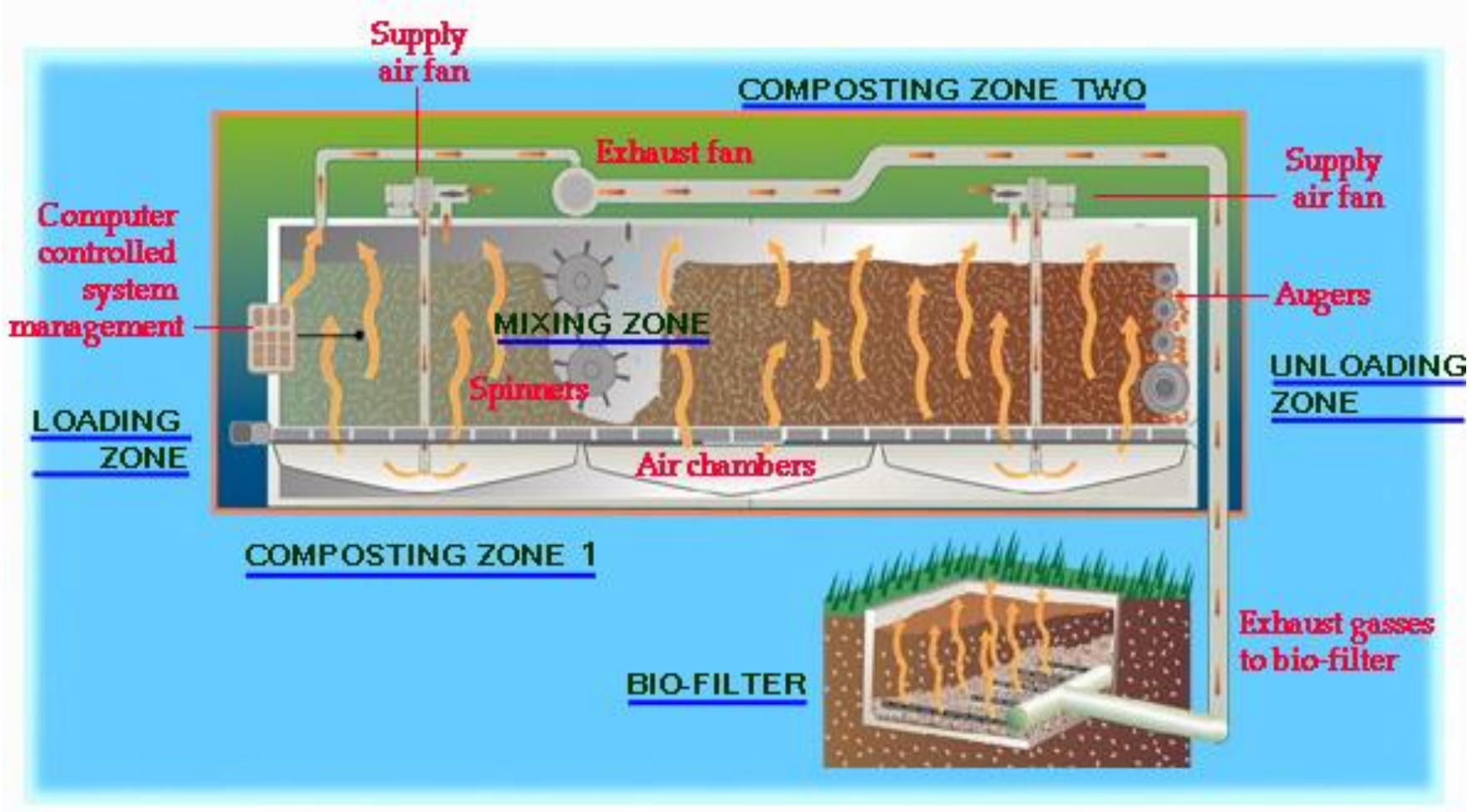
نمونه ای از یک سیستم تولید کمپوست به روش درام

نمونه ای از یک سیستم تولید کمپوست به روش درام

۲–سیستم تونل

این سیستم یک روش هوازی به منظور تهیه کمپوست بوده که فرآیند تخمیر در تونلهای مخصوص با ابعاد نسبتا بالا انجام می پذیرد. در این سیستم امکان هوادهی و همچنین تامین رطوبت مواد آلی از کف وهمچنین دیواره های تونل وجود دارد.

تصویر بالا، کارخانه با دو تونل و تصویر پایین ، داخل یک تونل کمپوست



نمایی از سیستم تولید کمپوست به روش تونلی

۳– سیستم کانتینر

این سیستم نیز یک روش هوازی به منظور تهیه کمپوست بوده که فرآیند تخمیر در کانینرهای مخصوص انجام می پذیرد. در این سیستم امکان هوادهی و همچنین تامین رطوبت مواد آلی از کف مخزن وجود دارد.

نمایی از سیستم تولید کمپوست به روش کانتینر

روش های تهیه کمپوست

مقایسه پارامترهای اصلی در سیستم های مختلف تولیدکمپوست

نوع سیستم / پارامتر	باز	محصور	بسته
میزان سرمایه گذاری اولیه	پایین	متوسط	بالا
امکان کنترل بو	مشکل	مشکل	قابل کنترل
تاثیر شرایط آب و هوایی بر فرایند	زیاد	متوسط تا زیاد	ناچیز
ظرفیت سیستم	زیاد	متوسط	پایین
هزینه تعمیر و نگهداری	پایین	پایین	بالا
راهبری سیستم	ساده	ساده	مشکل
امکان افزایش ظرفیت سیستم	ساده	متوسط	مشکل
میزان مصرف انرژی	پایین	پایین	بالا

براستی مشکل اصلی در راستای تولید کمپوست از زباله شهری در کشور چیست؟؟؟!!!

باتشکر از توجه شما

Nader Mokhtarani
mokhtarani@modares.ac.ir
0912 102 2775