بنام خدا

اگر از کوه زر سازی هزینه
به پایان میرسد روزی دفینه
شود افزون تو برداری زعلمت
چنان گردد نگنجد هیچ خزینه

لوت دری(سید زکی خاتمی)

آلودگی خاک و روش های تصفیه

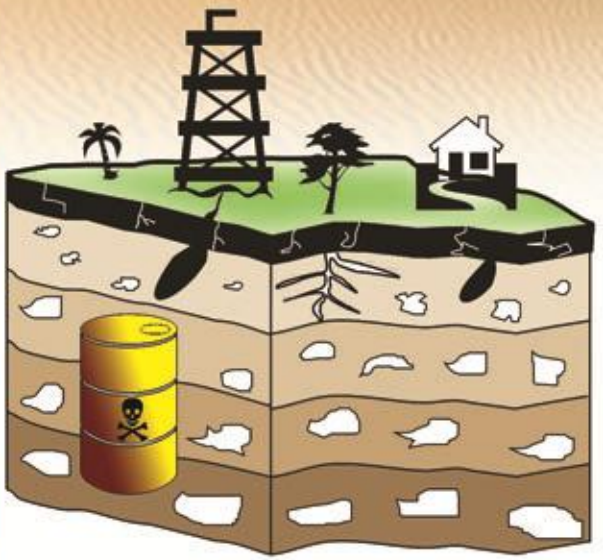
دکتر سیدهادی خاتمی

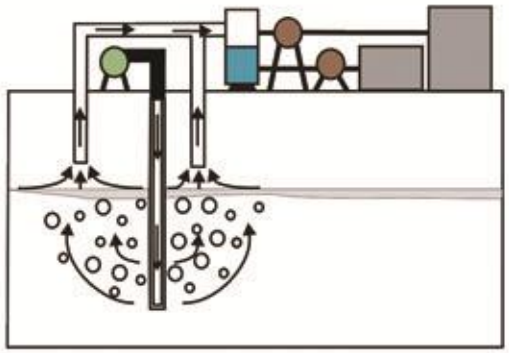
آذر ۱۳۹۰

روش‌های تصفیه خاک‌های آلوده

تألیف: دکتر سید هادی خاتمی

۱۳۸۷





روش‌های تصفیه خاک‌های آلوده

تألیف: دکتر سید هادی خاتمی

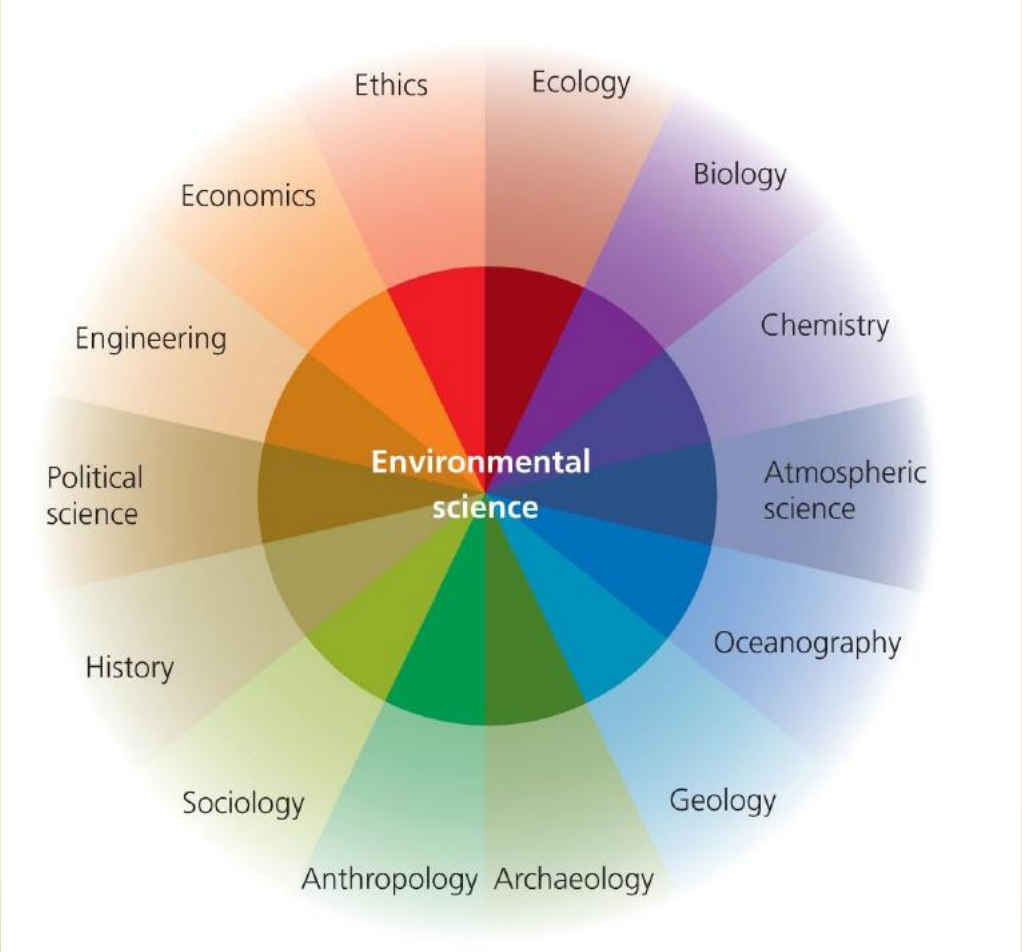
Polluted Soils Treatment Methods

Dr.S.H.KHATAMI

2008

۹۷۸-۹۶٤-۰٤-۱۱۷
ISBN: 978-964-0

محیط زیست


Ethics
Ecology
Economics
Biology
Engineering
Chemistry
Environmental science
Political science
Atmospheric science
History
Oceanography
Sociology
Geology
Anthropology
Archaeology

تعریف خاک

– خاک محیط استقرار و پروش گیاهان می باشد.

– خاک مخلوطی از مواد جامد (آلی و معدنی)، هوا آب و موجودات ذره بینی می باشد.

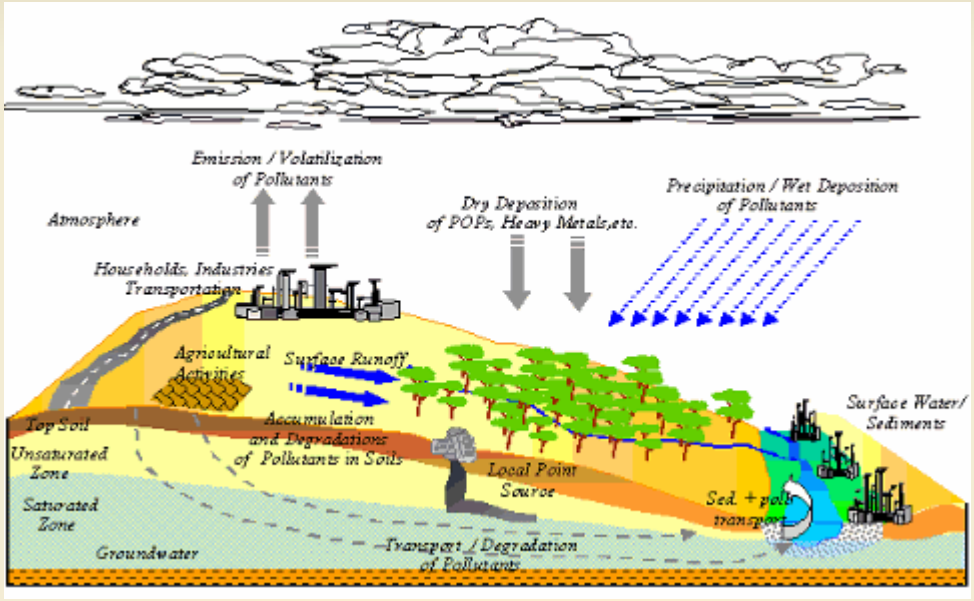
– خاک‌ها مخلوطی ازمواد معدنی و آلی هستند که از تجزیه و تخریب سنگ ها در نتیجه هوازدگی بوجود می‌آیند.

-خاک بدنه طبیعی توسعه یافته در بخش غیر یکپارچه مواد معدنی و آلی سطح زمین می باشد که دارای خصوصیات ناشی از تاثیرات آب و هوا و عمل مواد زنده در سنگ مادر بوده به طوری که توسط توپوگرافی در طی یک دوره زمانی بازتاب می یابد.

اهمیت خاک

در سالهای دور خاک بعنوان بخش بی ارزش پوسته زمین به شمار می رفت. تا اینکه در سال ۱۸۸۰ میلادی توسط دانشمندی روسی به نام ✂داکوچائف ✂بعنوان بخشی زنده و دارای ارزش مورد مطالعه قرار گرفت.

خاک ها به عنوان منبع تولید مواد غذایی از اهمیت بسزایی در شکوفایی تمدن ها موثر بوده، به طوری که برخی از ملل بر اثر از بین رفتن قدرت زایش خاک تحلیل رفته، رشد و توسعه آنها سد شده است.



فشار آلودگی منتشر در خاک : خاک های آلوده در نهایت سست شده، عملکرد مهم خود را به عنوان فیلتر و بافر در چرخه آب از دست خواهند داد.خاک ها عنصر کلیدی در چرخه آب تعیین کیفیت آب زیرزمینی، آب سطحی، و در نهایت آب آشامیدنی می باشند.

عوامل موثر در تشکیل خاک

۱–آب و هوا

۲– موجودات زنده

۳–پستی و بلندی زمین

۴–مواد مادری

۵–زمان

فرآیند تشکیل خاک

۱– شکسته شدن مکانیکی

۲– شکسته شدن شیمیایی

۲–۱– -محلول شدن

۲–۲– اکسیداسیون و احیاء

۲–۳– هیدرولیز

در تشکیل خاک، عوامل بیولوژیکی نیز موثر بوده که ترکیبی از اثرات مکانیکی و شیمیایی را سبب می شوند:

۱– مکانیکی – ریشه ها، حیوانات حفار و غیره سبب تشکیل و جابجایی خاک می شوند.

۲– شیمیایی – گیاهان تولید اسید و دیگر مواد شیمیایی نموده که با سنگ مادر و اجزاء محیط وارد واکنش در تشکیل خاک می شوند.

مشخصات خاک

عوامل تشکیل دهنده محیط خاک در ذیل اشاره شده است:

۱– مشخصات ریخت شناسی و زمین شناسی

۲– مشخصات جغرافیایی و پستی و بلندی

۳– مشخصات پوشش گیاهی

۴– مشخصات پروفیل و تعیین حدود افق ها

اجزاء اصلی خاک عبارتنداز:

۱– مواد معدنی – پایه اصلی تشکیل دهنده خاک، مواد معدنی می باشند.

اجزا خاک

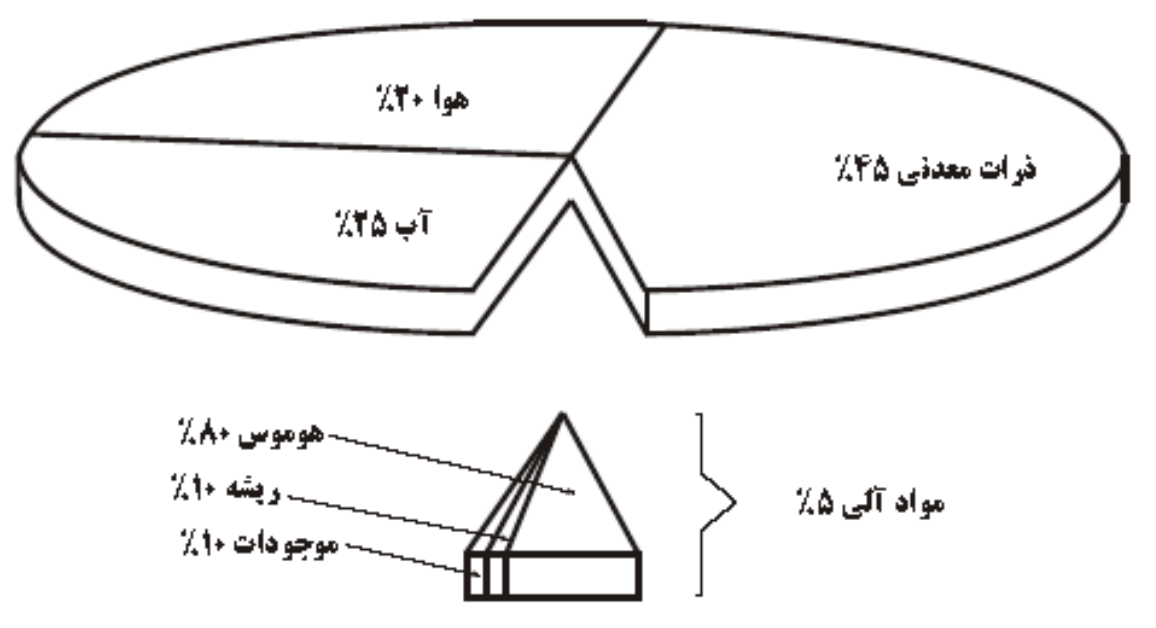
خاک ها دارای خصوصیاتی بوده که باتوجه به شرایط تشکیل و محل می تواند متفاوت باشند. اجزاء اصلی خاک عبارتنداز:

۱– مواد معدنی – پایه اصلی تشکیل دهنده خاک، مواد معدنی می باشند.

۲– مواد آلی – مواد آلی خاک از جمله اجزای مهم بوده که دارای خصوصیات فیزیکی و شیمیای مهمی بوده، به صورت زنده و مرده می باشند. موجودا ت زنده بخشی از یک خاک تکامل یافته و حاصلخیز بوده که به صورت های گوناگون با نقش های متفاوت در خاک حضور دارند. مواد بیجان شامل هوموس و ریشه ها می باشد.

۳– آب – آب به صورت های گوناگون درخاک بوده که نقش مهمی را در تشکیل آن دارد.

۴– هوا – هوا نقش مهمی برای تشکیل و حیات موجودات خاک دارد.



متوسط نسبت درصد اجزا تشکیل دهنده خاک

پروفیل خاک

-شامل لایه بندی عمودی خاک می باشد.

-این لایه بندی را می توان در محل کاشت درخت هنگامی که گودال حفر می شود، مشاهد نمود.

پروفیل خاک

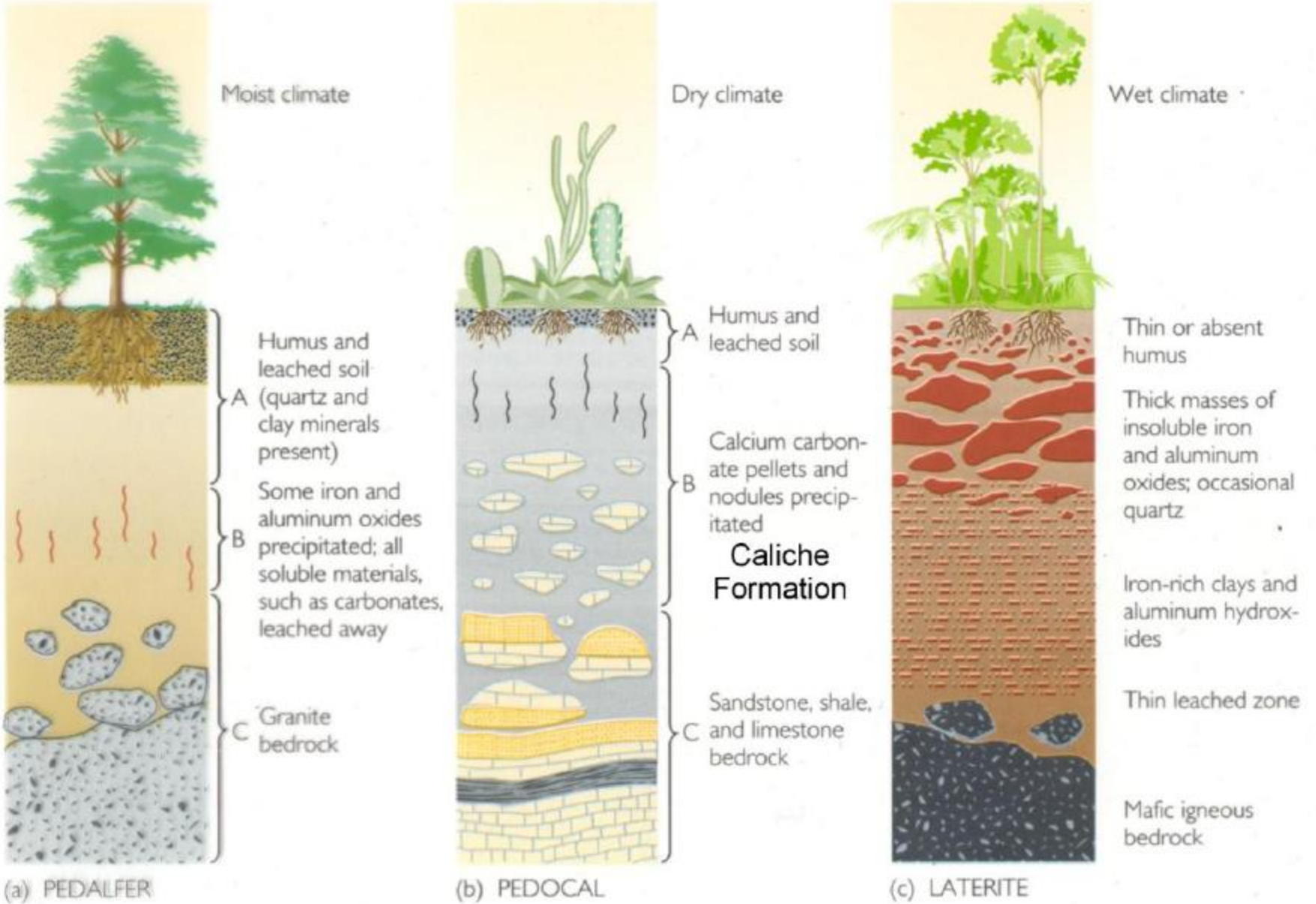
فواید هوموس

۱– هوموس توانایی نگهداری آب در خاک را افزایش می دهد.

۲– هوموس سبب کاهش انتقال مواد مغذی محلول می شود.

۳– هوموس منبع مهمی از کربن و نیتروژن مورد نیاز گیاه می باشد.

۴– هوموس سبب بهبود ساختمان خاک برای رشد گیاه می شود


Moist climate
A
Humus and leached soil (quartz and clay minerals present)
B
Some iron and aluminum oxides precipitated; all soluble materials, such as carbonates, leached away
C
Granite bedrock
(a) PEDALFER
Dry climate
A
Humus and leached soil
B
Calcium carbonate pellets and nodules precipitated
Caliche Formation
C
Sandstone, shale, and limestone bedrock
(b) PEDOCAL
Wet climate
Thin or absent humus
Thick masses of insoluble iron and aluminum oxides; occasional quartz
Iron-rich clays and aluminum hydroxides
Thin leached zone
Mafic igneous bedrock
(c) LATERITE

رنگ خاک

خاک دارای رنگ مجزا در بخش های افقی و عمودی می باشد. عوامل متعددی در رنگ خاک موثر می باشند. خاک های محتوی هوموس به طور کلی در اثر وجود آهن یا آلومینیوم اکسید شده قرمز یا زرد رنگ می باشند. در مراتع مناطق معتدله حضور هوموس رنگ سیاه به خاک می دهد. شستشوی زیاد آهن در جنگل های سوزنی برگ سبب رنگ خاکستری خاک می شود.

بالابودن سطح آب زیرزمینی سبب احیاء آهن و رنگ سبز و آبی خاکستری خاک می شود. حضور مواد آلی سبب رنگ سیاه خاک می شود. ترکیب اکسید آهن و مواد آلی رنگ قهوه ای خاک را موجب می گردد. گاهی دیگر مواد رنگی شامل کربنات کلسیم سفید، اکسید منگنز سیاه و ترکیبات کربن سیاه در خاک وجود دارند.

pH خاک

حاصلخیزی خاک به طور مستقیم تحت تاثیر pH در محلول بودن بسیاری از مواد مغذی می باشد. در pH کمتر از ۵/۵ بسیاری از مواد مغذی، محلول و به سهولت از پروفیل خاک شسته می شوند. در pH بالاتر مواد مغذی غیر محلول بوده، گیاهان نمی توانند به سهولت آنها را جذب نمایند. بیشترین حاصلخیزی خاک در بین ۶/۲ الی ۷/۲ یافت می شود.

چگونه pH خاک را اندازه گیری کنیم

۱– ابتدا توسط بیلچه حفره کوچکی به عمق ۲۰ سانتی متر در زمین حفر شود.

۲– کلیه مواد به ابعاد ۲۰ در ۲۰ سانتی متر یا ابعاد بیلچه از زمین خارج شوند.

۳– حفره (چاله) توسط آب مقطر پر شود، به طوری که در گودال گل بوجود آید.

۴– انتهای دستگاه اندازه گیری pH را در گل ته گودال فروبرده شود.

۵– دستگاه مدت ۶۰ ثانیه در گل نگهداشته شود. سپس میزان pH خوانده شود.

۶– به منظور دقت اندازه گیری چندین بار تکرار شود.

بافت خاک

به میزان نسبی هر یک از سه بخش شن، سیلت و رس خاک بافت خاک گفته می شود.

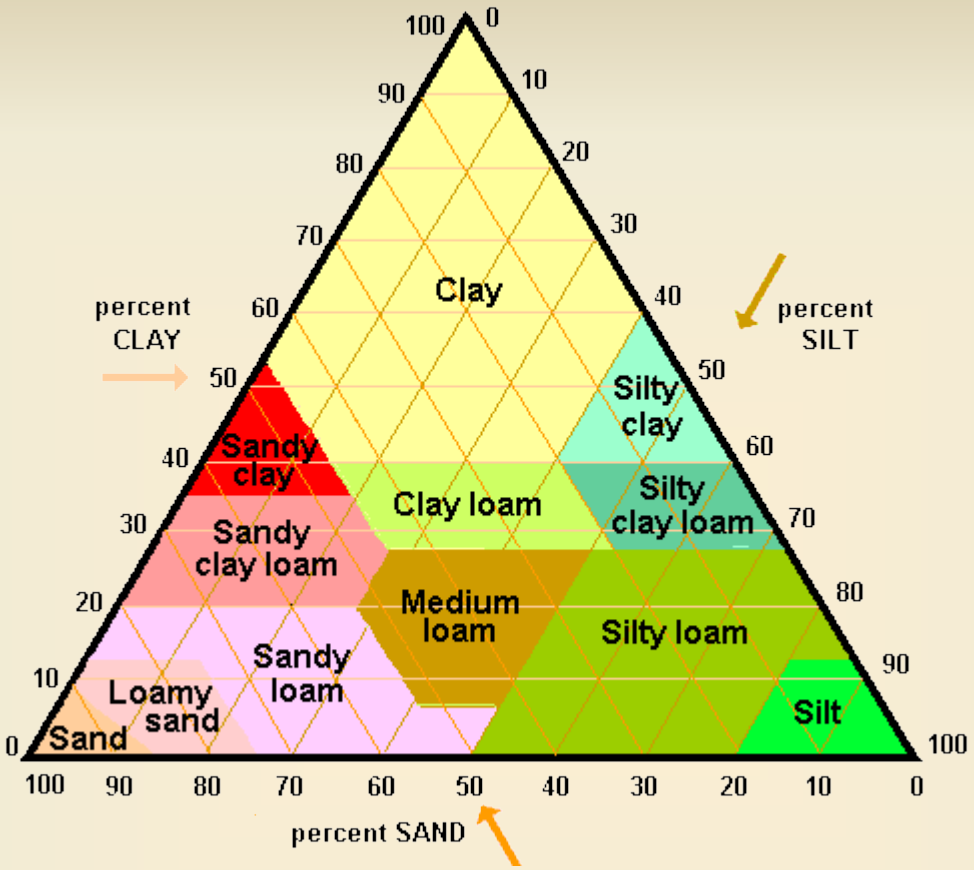
– شن از ذرات دارای اندازه ۰/۰۲ تا ۲ میلی متر

– سیلت از ذرات دارای اندازه ۰/۰۰۲ تا ۰/۰۲ میلی متر

– رس از ذرات دارای اندازه کمتر ۰/۰۰۲ میلی متر

اگر هر یک از این بخش ها در میزان نسبی افزایش یابد خاک شنی، سیلتی و رسی نامیده می شود.

به خاک محتوی ۴۰٪ شن، ۴۰٪ سیلت و ۲۰٪ رس لوم (Loam) می گویند.



مثلث بافت خاک

ملاحظات اساسی بافت خاک

ملاحظات اساسی، پژوهشگر را قادر به تعیین نفوذ پذیری، ظرفیت تغذیه، ظرفیت نگهداری آب ونفوذ پذیری هوا در بافت خاک می سازد:

۱– ذرات بزرگ دارای فضای بیشتری نسبت به ذرات ریز می باشند. در این خصوص می توان قرار دادن توپ های بسکتبال و گلف را در یک حجم معین مورد ملاحظه قرار داد.

۲– ذرات ریزتر دارای سطح بیشتری نسبت به حجم در مقایسه با ذرات درشتر می باشند. در این خصوص تکه تکه کردن یک حجم معین که با هربار تکه کردن، سطح افزایش یافته لیکن حجم کل ثابت بوده را میتوان مورد توجه قرار داد.

۳– یون های غذایی و مولکول های آب تمایل به چسبیدن به سطوح ذرات دارند. این مورد را می توان در زهکشی از یک سطح غیر روغنی مورد ملاحظه قرار داد.

طبقه بندی خاک

1-Alfisols
2-Andisols
3-Aridisols
4-Entisols
5-Gelisols
6-Histosols
7-Inceptisols
8-Mollisols
9-Oxisol
10-Spodosols
11-Ultisols
12-Vertisols

طبقه بندی خاک

بافت خاک	قدرت فعالیت در خاک	دارابودن هوا	ظرفیت نگهداری مواد غذایی	ظرفیت نگهداری آب	نفوذ پذیری نسبت به آب
شنی	خوب	خوب	کم	کم	خوب
سیلتی	متوسط	متوسط	متوسط	متوسط	متوسط
رسی	کم	کم	خوب	خوب	کم
لوم	متوسط	متوسط	متوسط	متوسط	متوسط

ارتباط بین بافت خاک و خصوصیات خاک

دانه بندی (Granulometry)

دانه بندی به عبارتی نسبت بین اندازه دانه های مختلف خاک در رسوبات، یکی از عوامل مهم اکوسیستم خاک می باشد. برای مثال رسوب دارای درصد بالای سیلت و رس دارای تخلخل زیاد بوده لیکن آب به آهستگی در آن حرکت کرده، حیات جانوری توسط موجودات کوچک و متوسط غالب می باشد.

تخلخل (Porosity)

میزان خلل و فرج موجود در خاک و توسط نسبت فضای خالی خاک به کل حجم خاک محاسبه می شود.

$$\alpha = \frac{100 \times \omega}{V}$$

α =تخلخل (بر حسب درصد)

ω =میزان آب مورد نیاز اشباع فضای خالی موجود در خاک (سانتی متر مکعب)

V =حجم کل خاک (سانتی متر مکعب)

- **خلل و فرج های کوچک که دارای قطری کمتر از ۰/۰۶ میلی متر بوده ایجاد فضاهایی نموده که آب را در خود نگهداشته مانع سهولت جریان آب و هوا می شوند.**
- **خلل و فرج های بزرگ که دارای قطری بیشتر از ۰/۰۶ میلی متر بوده ایجاد فضاهایی نموده که آب و هوا براحتی جریان یافته، ریشه گیاهان در آنها توسعه می یابد.**

تخلخل موثر (Effective porosity)

عبارت است از نسبت آبی که بعد از عمل اشباع شدن خاک از طریق زهکشی توسط نیروی ثقلی خارج شده به حجم کل خاک.

$$S_y = \frac{100 \times \omega_y}{V}$$

S_y =تخلخل موثر (برحسب درصد)

ω_y =حجم آب زهکشی (سانتی متر مکعب)

V =حجم کل خاک (سانتی متر مکعب)

تخلخل موئر بستگی به خصوصیات خاک ارایه شده در زیر دارد:

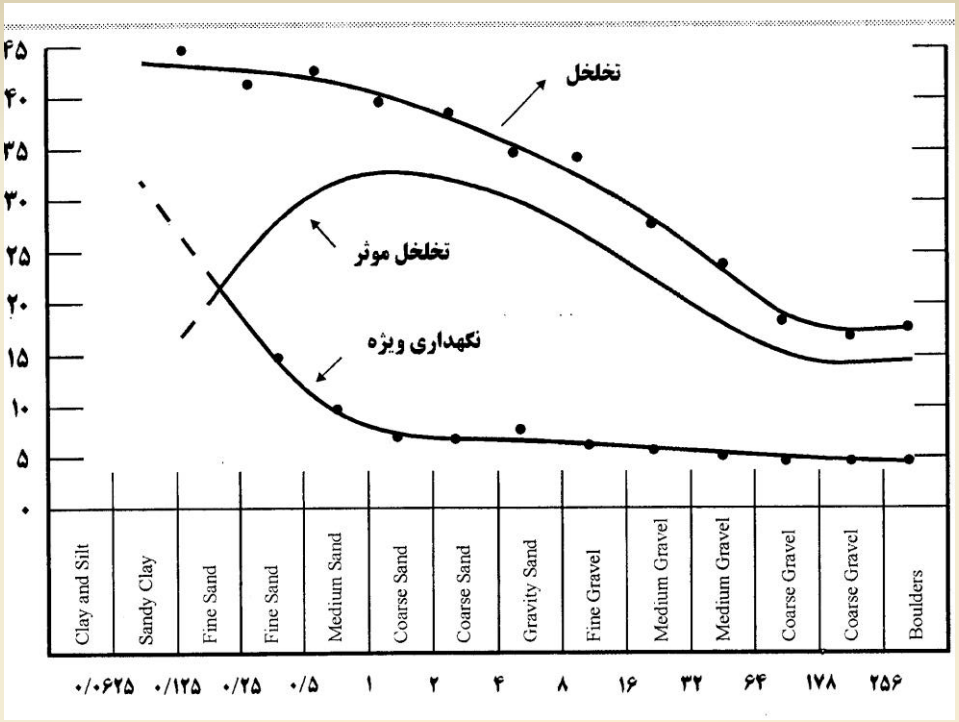
۱– اندازه دانه بندی خاک

۲– ترتیب قرارگرفتن دانه بندی خاک

۳– فشردگی خاک

۴– نسبت طبقه بندی مختلف دانه ها در خاک

خاک با دانه بندی یکدست دارای خلل و فرج زیادتر و تخلخل موئر بیشتر خواهد بود.



تغییرات تخلخل و تخلخل موثر با اندازه دانه بندی خاک

نور (Light)

نوردر لایه های اولیه خاک ناپدید شده و مرز ناپدید شدن آن بستگی به اندازه دانه های خاک و میزان تراکم دانه بندی خواهد داشت.

وظایف خاک در اکوسیستم

۱– استقرار و نگهداری گیاه و تولید موجودات جانوری

۲– پایه و اساس تولید هر اکوسیستم

۳– تنظیم جریان آب در محیط زیست

۴– عمل سپر گونه در مقابل تغییرات در کیفیت هوا، آب و آب و هوای جهانی

۵– حمایت از سلامتی و زیستگاه انسان

موارد توجه به خاک در اکوسیستم

۱– آلودگی آب های زیرزمینی برای مثال در ارتباط با نیترات و آفت کش ها

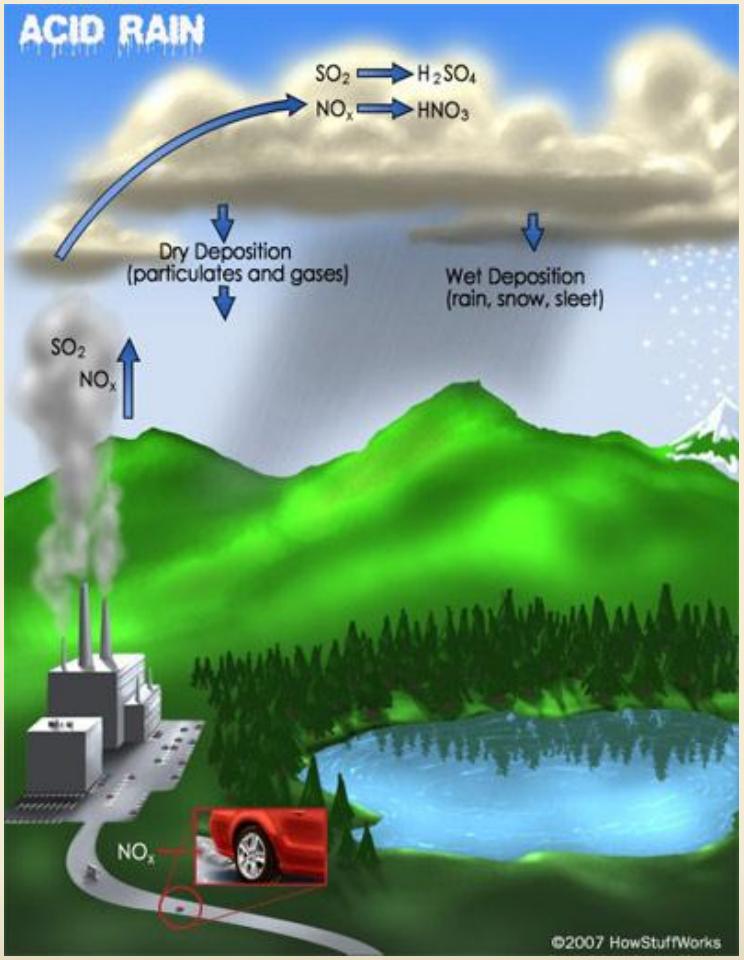
۲– آلودگی خاک با فلزات سنگین

۳– باران اسیدی

۴– فرسایش خاک که سبب آلودگی آب های سطحی می شود.

۵– دفع مواد زائد در خاک

باران اسیدی


ACID RAIN
$SO_2 \rightarrow H_2SO_4$
$NO_x \rightarrow HNO_3$
Dry Deposition
(particulates and gases)
Wet Deposition
(rain, snow, sleet)
SO_2
NO_x
NO_x
©2007 HowStuffWorks

شرایط خاک برای تولید خوب محصول

۱– داشتن مواد مغذی و ظرفیت خوب نگهداری مواد غذایی

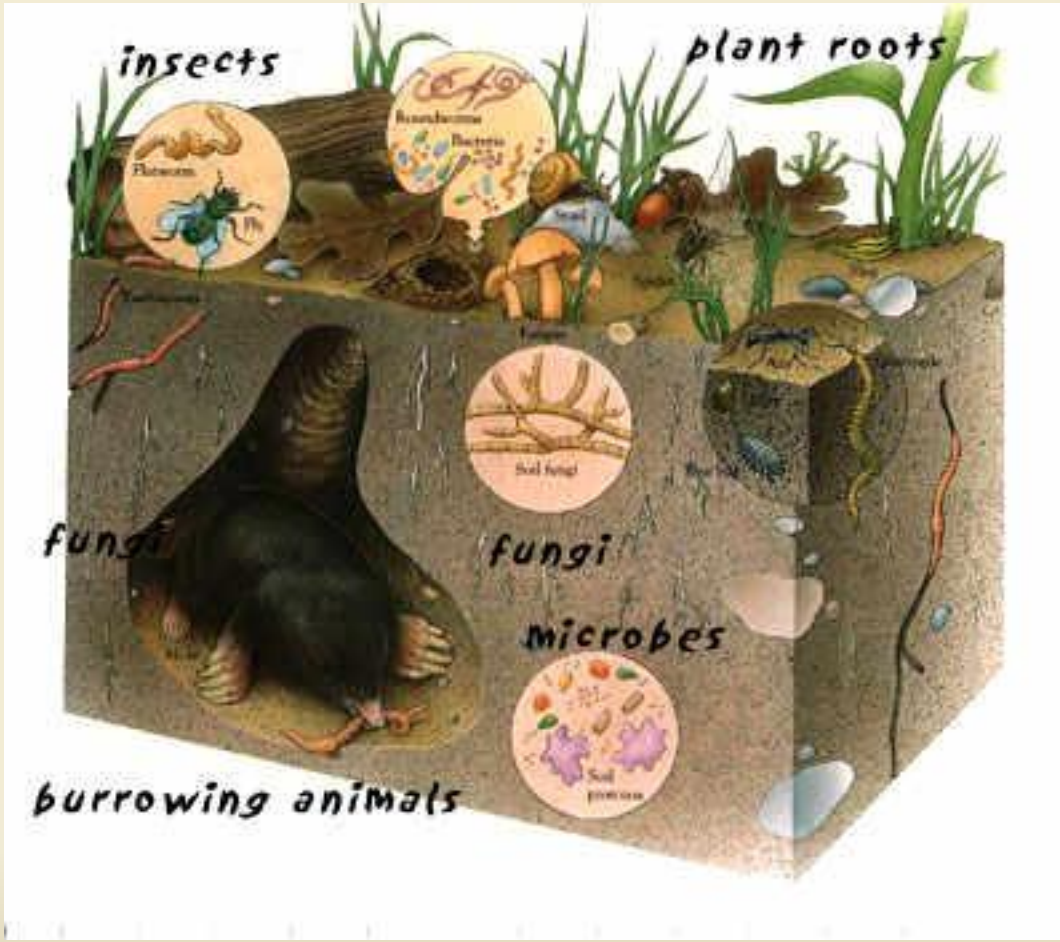
۲– نفوذ پذیری خوب، ظرفیت نگهداری خوب و مقاومت در مقابل تبخیر آب

۳– داشتن ساختمان متخلخل و هوادهی خوب

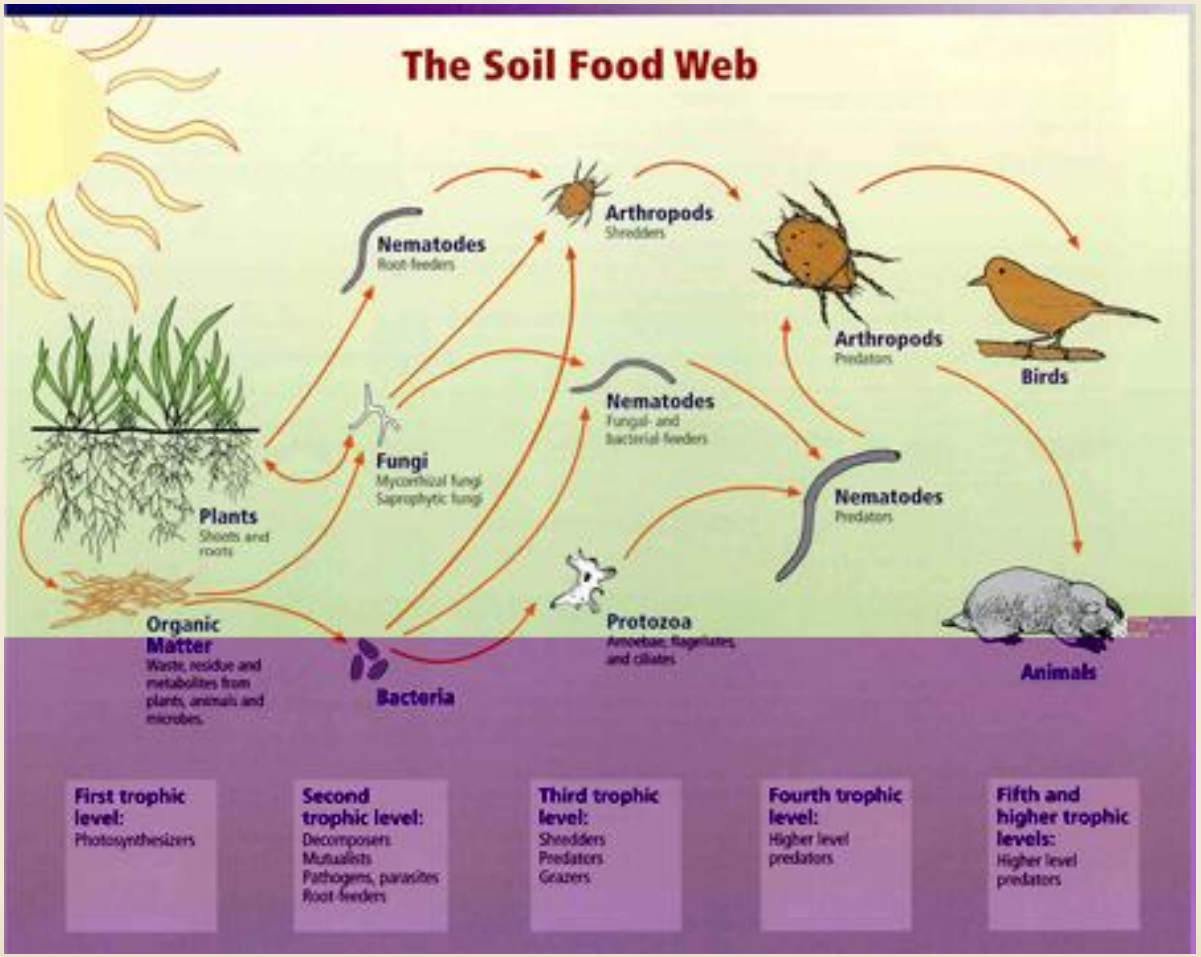
۴– داشتن pH خنثی

۵– محتوی کم نمک

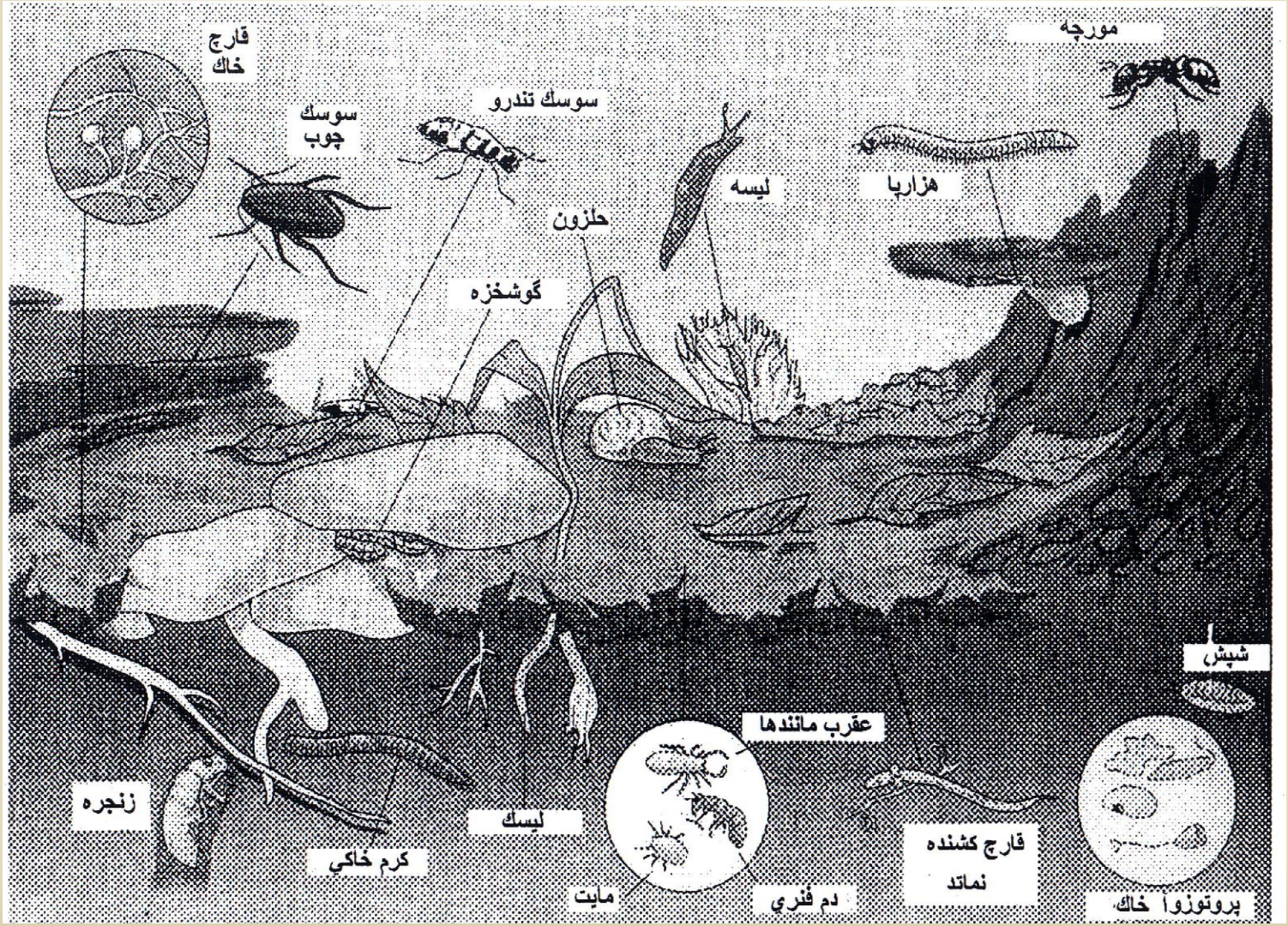
برخی از موجودات خاک



چرخه غذایی خاک



خاک به عنوان پایه ای برای اکوسیستم



تخریب خاک

تخریب خاک، به از بین رفتن خصوصیات موجود خاک گفته می شود. بعبارتی در این پدیده هیچ چیزی به خاک افزوده نمی شود که موجب تغییر شرایط بیولوژیکی و شیمیایی آن گردد. در این حالت خاک با دارا بودن همان شرایط جابجا شده در محل اصلی خود از بین می رود.

سالانه میزان زیادی از زمین های کشاورزی تحت تاثیر استفاده غیر اصولی تخریب می شوند. این تخریب به صورت های گوناگون رخ میدهد که در ذیل به آنها اشاره می شود:

عوامل انسانی فرآیند تخریب خاک	
اسیدی شدن خاک	باران اسیدی
	مه اسیدی
	رسوب خشک
آلودگی خاک	فلزات سنگین
	مواد شیمیایی
	رادیواکتیو
فرسایش خاک	لایه ای
	جویباری و گالی
	آبی
	بادی
فرآیندهای مرکب	بیابان زایی
	تخریب جنگل های بارانی
	بیماری های جنگلی
	تغییرات آب و هوایی

فرسایش

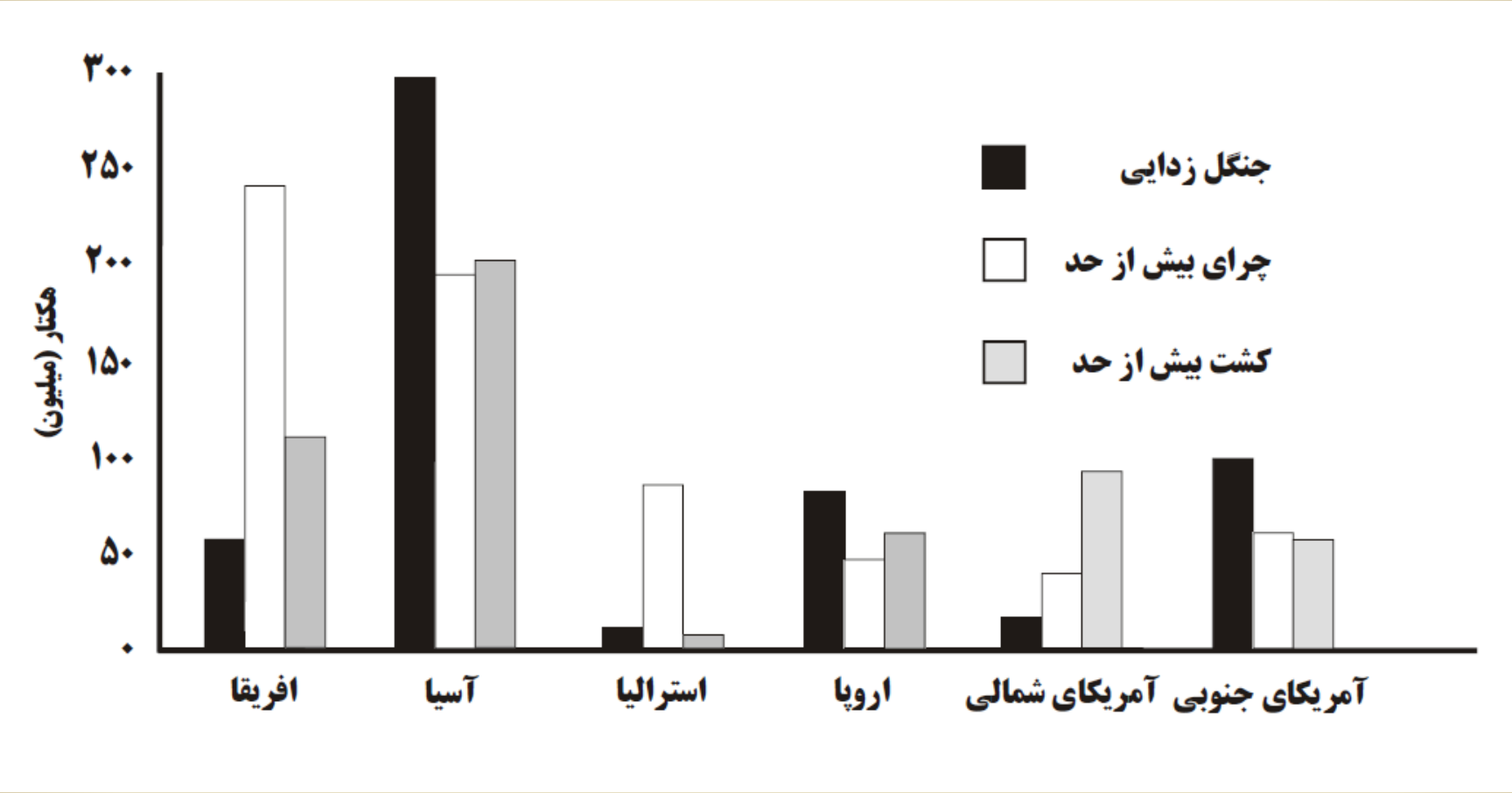
سه عامل مهم در ایجاد فرسایش خاک ها موثر می باشند:

۱– استفاده از کشت متراکم و به دفعات بیشمار بر روی زمین

۲– برداشت بیش از حد پوشش گیاهی زمین

۳– زودودن جنگل

دلایل عمده تخریب زمین های خشک



عواملی فرسایش آبی

۱– میزان شدت باران

۲– مشخصات خاک (برای مثال چه میزان آب توسط خاک جذب می شود)

۳– طول و مرطوب بودن شیب

۴– پوشش سطح خاک

۵– مدیریت عملیات کشاورزی (برای مثال حداقل کشت و زرع)

شورشدن (Salination)

عبارت از انباشته شدن نمک در خاک به میزانی که مانع رشد گیاه شود. عمل شورشدن خاک زمانی رخ می دهد که خاک با آب محتوی ۲۰۰ الی ۵۰۰ میلی گرم در لیتر (۰/۰۲ تا ۰/۰۵٪) نمک محلول آبیاری شود.

شوری در حقیقت می تواند نوعی آلودگی طبیعی نیز محسوب شود که در برخی از مناطق پدیدار می گردد.

تعریف آلودگی

هرگونه تغییر که عمدتاً تحت تاثیر فعالیت های انسان در ویژگی های اجزا متشکله محیط زیست رخ داده، به طوری که استفاده و کاربرد پیشین از محیط مقدور نشده و مستقیم یا غیر مستقیم منافع بشر و حیات موجودات را به مخاطره اندازد، آلودگی نامیده می شود.

آلودگی خاک (Soil Pollution)

تعریف:عبارت از انباشته شدن ترکیبات سمی مقاوم، مواد شیمیایی، مواد رادیو اکتیو، نمک ها یا عوامل بیماریزا در خاک بوده که اثرات مختلف زیان آور بر سلامت انسان، گیاهان و حیوانات دارد.

تخمین زده می شود سالیانه براثر آلودگی خاک ۵۰٪ از غذای حیاتی جمعیت موجود جهان از بین می رود.

چگونگی آلودگی خاک

- از طریق رسوب مواد سمی توسط حمل و نقل هوایی و ورود مستقیم انسانی
- از طریق فلزات سنگین در نتیجه فعالیت های انسانی در :
- خاک های شهری
- مناطق صنعتی
- مناطق ترافیک
- فعالیت های نظامی
- آلودگی خاک توسط علف کش ها، حشره کش ها قارچ کش ها و دیگر مواد آلی
- آلودگی رادیو اکتیو توسط آزمایش های اتمی و حوادث نیروگاه های اتمی تولید برق

مواد آلوده کننده خاک

- عوامل بیماریزا شامل: باکتری ها، ویروس ها، پارازیت ها
- مواد آلی: از جمله پلاستیک ها
- مواد معدنی:از جمله فلزات سنگین
- مواد رادیو اکتیو

منابع آلوده کننده خاک

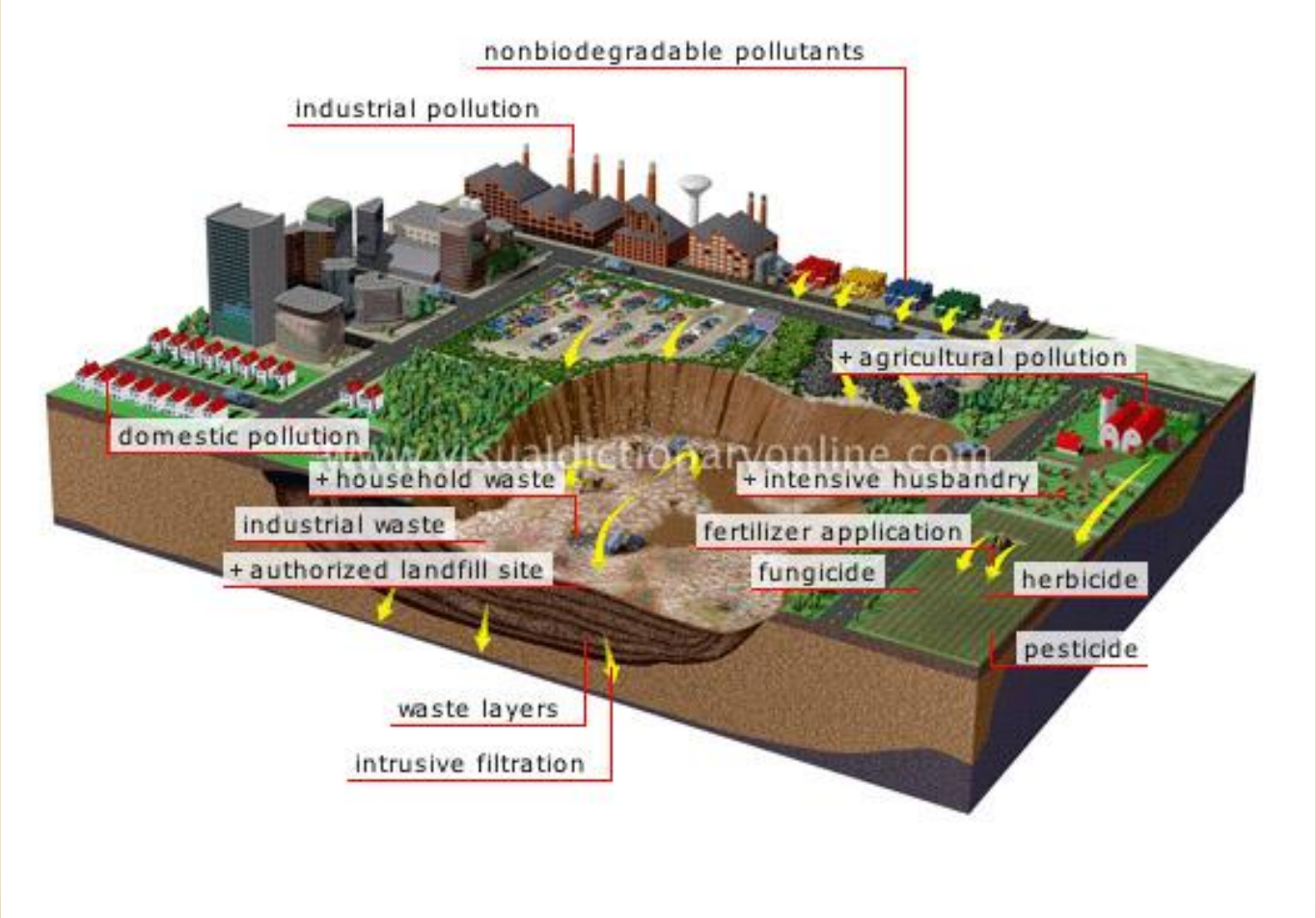
۱– منابع شهری و روستایی
دفع فاضلاب ها و مواد زائد حاوی مواد مضر باطری ها، پلاستیک ها و فلزات سنگین اشاره نمود. دفن غیر اصولی زباله های خانگی در خاک از جمله موارد ایجاد خاک آلوده می باشد.

۲– منابع صنعتی
از جمله فلزات سنگین، مواد نفتی

۳–منابع کشاورزی
سموم، کوده و فاضلاب کشاورزی

۴– منابع طبیعی
سیلاب ها ، آتشفشان ها

منابع آلاینده خاک



منابع شهری و روستایی

فاضلاب خانگی

زباله خانگی

منابع کشاورزی

کودها

سموم

فاضلاب کشاورزی

منابع صنعتی

زباله های صنعتی

مواد خطرناک

فاضلاب صنعتی

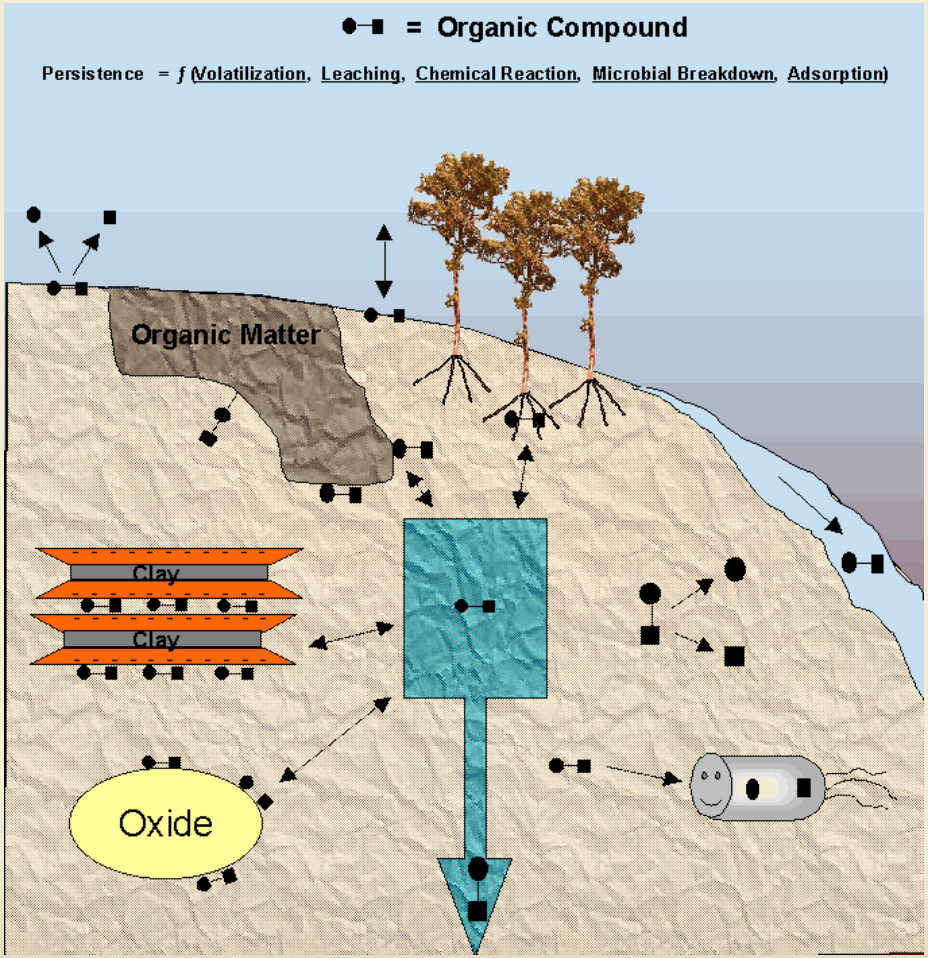
فن آوری های اصلاح و بهبودی خاک های آلوده

به طورکلی فن آوری های تصفیه خاک می توانند در استفاده از روش های فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی گروه بندی شوند.

فن آوری های تصفیه خاک های آلوده، همچنین می توانند توسط نحوه تاثیرگذاری بر تصفیه طبقه بندی شوند. برخی از روش ها مواد زائد را از طریق واکنش هایی که تولید مواد کمتر مضر و یا بی ضرر نموده، حذف می نمایند. روش های حرارتی و بیولوژیکی (بکارگیری باکتری ها) نمونه هایی از این نوع می باشند.

روش های دیگر مواد زائد را در یک توده تغلیظ نموده، نتیجتاً ممکن است بتوان ساده تر درخصوص آنها مدیریت، خنثی سازی یا دفع را اعمال نمود. شستشوی خاک و تبخیر نمودن آلاینده ها در این دسته طبقه بندی می باشند.

ترکیبات آلی ورودی به خاک



برخورد دیگر تثبیت آلاینده ها در محل، جهت حذف یا کاهش موثر در معرض خطر بودن عموم مردم می باشد.

در هر صورت روش و بکارگیری فن آوری می بایست به طور صحیح جهت به حداقل رساندن خطراتی که همراه فرآیند تصفیه بوده کنترل شود.

فن آوری های تصفیه آلودگی خاک، دو طبقه بندی وسیع تصفیه در محل و در خارج از محل آلودگی را ارایه کرده و تحت این عناوین گروه بندی بعدی مطابق با سازوکار بکارگرفته شده گروه بندی شیمیایی، فیزیکی و بیولوژیکی می شوند.

فن آوری های اصلاح و بهبودی خاک های آلوده در خارج از محل

فن آوری های اصلاح و بهبودی خاک در خارج از محل دربرگیرنده انتقال و تصفیه خاک آلوده در محلی خارج از محل اولیه خاک می باشد. آشکار است که هزینه حمل و انتقال نباید زیاد بوده و حجم مواد حمل شده قابل اجرا از جهت تصفیه باشد.

همچنین این فن آوری ها، ممکن است دارای معایب تخریب جدی برای حالت و وضعیت طبیعی محل بوده و در جریان آب های سطحی و زیرزمینی اخلال ایجاد نمایند.

روش های فیزیکی

۱– احتراق (Incineration)

احتراق یا سوختن یک پی رفت مرکبی از فعل و انفعالات شیمیایی گرمازا بین یک ماده و یک اکسیدان بوده که با تولید حرارت یا حرارت و نور در شکل شعله یا تابش همراه می شود.

– آلاینده های مورد هدف روش تصفیه :کلیه ترکیبات آلی

– مزایا:

۱– روش احتراق یکی از فن آوری های مشهور و تکامل یافته تصفیه می باشد.
۲– روش احتراق می تواند دامنه وسیعی از مواد زائد آلی شامل مـواد زائـد کلـر دار را تصفیه نماید.

– عیب:

در این روش ممکن است پیش تصفیه برای فلزات سنگین مورد نیاز باشد زیراکه:
۱– فلزات سنگین ممکن است در باقی مانده جامد وجود داشته یا همراه گازهای تولیدی خارج شوند.
۲– فلزات سنگین ممکن است با کلر مواد زائد وارد واکنش شده تشکیل ترکیب با فراریت بیشتر یا ترکیبات سمی تر از آلاینده های اولیه بدهد.

۲– زدایش حرارتی (Thermal Desorption)

زدایش حرارتی روشی است که در آن خاک مجدداُ می تواند مورد استفاده قرار گیرد.
زدایش حرارتی دارای سه مرحله مقدماتی می باشد:

۱– تبخیر
۲– برهنه سازی یا زودودگی
۳– احتراق یا تخریب

– آلاینده های مورد هدف روش تصفیه :مواد آلی نیمه فرار هالوژنه و غیر هالوژنه

– مزایا:

۱– به طور معمول هزینه این روش تصفیه کمتر از روش احتراق می باشد.
۲– این روش برای دامنه وسیعی از آلاینده ها کاربرد دارد.

– عیب:

روش زدایش حرارتی در ارتباط با فلزات سنگین دارای برخی از محدودیت ها می باشد. این محدودیت ها عمدتاً در باقی ماندن فلزات سنگین در باقی مانده جامد بوده که ممکن است تشکیل تولیدات سمی در طی فرآیند تصفیه نمایند.

۳– استخراج آلودگی به صورت تبخیر از خاک (Soil Vapour Extraction)

این روش به تهویه خاک نیز اطلاق می شود. در این روش خاک خارج شده در یک محفظه قرار گرفته با ایجاد مکش ترکیبات آلی فرار جمع آوری می شوند.

– آلاینده های مورد هدف روش تصفیه :مواد آلی هالوژنه فرار و غیر هالوژنه

– مزیت:

فرآیند این روش ساده تر از دیگر روش هایی بوده که نیازمند حرارت برای فرار نمودن مواد زائد قبل از تصفیه می باشند. در این روش نیازی به حرارت جهت فرار نمودن مواد نمی باشد. در برخی از شرایط آلاینده می تواند به صورت محصول مفید بازیابی شود.

– معایب:

۱– در این روش، میزان زیاد مواد آلی مانع تبخیر مواد آلی می شود.
۲– این روش در برخی از انواع خاک ها بخوبی عمل نمی نماید.

۴– جداسازی مکانیکی (Mechanical Separation)

روش جداسازی، حجم خاک آلوده را توسط انتقال بخش محتوی آلاینده ها کاهش می دهد.

– آلاینده های مورد هدف روش تصفیه: مواد آلی نیمه فرار سوخت ها و مواد رادیو اکتیو

– مزایا:
۱– این فن آوری می تواند حجم خاک آلوده را به طور قابل ملاحظه ای کاهش دهد.
۲– این روش به طور موفقیت آمیزی برای سال ها در تصفیه مواد زائد شهری بکار گرفته شده است.

– معایب:
۱– این روش در شرایطی که مواد غیر مطلوب به طور یکنواخت آمیخته در خاک باشد (حجم زیادی از خاک کاهش نمی یابد) بخوبی کار نمی نماید.
۲– در این روش خاک جدا شده ابداً پاک نبوده، فرآیند بعدی برای جداسازی واقعی آلاینده ها از ذرات خاک مورد نیاز می باشد.

۵– استخراج و دفع (Excavation and Disposal)

در این روش خاک آلوده استخراج شده در محل مناسب دفن می گردد.

– آلاینده های مورد هدف روش تصفیه: کلیه آلاینده ها

– مزیت:
معمولاً برای آلاینده های معین احتیاط ها و روش های کار بخوبی معین شده است.

– معایب:
۱– در این روش هزینه ها می تواند کاملاً زیاد باشد.
۲– در این روش خاک درمان نشده و باید توسط خاک تمیز جانشین شود.
۳– این روش می تواندمخالفت جدی عمومی برای حمل مواد نزدیک محل های آلوده را موجب شود.

روش های شیمیایی

۱– شستشوی خاک (Soil Washing)

در این روش آلاینده هایی که در ذرات خاک جذب شده در یک محیط آبی از خاک جدا می شوند.

– آلاینده های مورد هدف روش تصفیه :مواد آلی نیمه فرارهالوژنه و غیر هالوژنه،هیدروکربورهای سوختی

– مزیت:

روش شستشوی خاک بخوبی و روان کاربرد داشته، مورد تصدیق قرار گرفته است.

– معایب:

۱– این روش همیشه برای کلیه خاک ها موثر نبوده و بهترین کارکرد را برای ذرات درشت و خاک های شنی دارد.

۲– در این روش میزان زیاد مواد آلی مانع جداسازی آلاینده ها از ذرات خاک می شود.

۳– در این روش انتقال ذرات ریز خاک (سیلت ها، رس) از محلول شستشو مشکل بوده و به طور معمول غلظت های بالای آلاینده ها را دارا می باشد. در برخی موارد این ذرات ریز تشکیل لجن با حجم کمتر و غلظت آلودگی بیشتر از خاک اولیه را نتیجه می دهند.

۴– در این روش نیازمند تصفیه آب شستشو قبل از دفع می باشد.

۵– در این روش بدلیل وجود مخلوطی از آلاینده های پیچیده، اصلاح و بهبودی خاک ممکن است با یک سیستم ساده شستشو امکان پذیر نباشد.

۲– جامد سازی یا تثبیت سازی (Solidification/Stabilization)

آلاینده ها به طور فیزیکی متصل یا احاطه شده در بین یک توده با نفوذ پذیری کم (جامدسازی) بوده یا فعل و انفعالات شیمیایی میان عامل تثبیت سازی و آلاینده ها موجب می شود تا حرکت و جنبش آنها کاهش یابد (تثبیت سازی).

– آلاینده های مورد هدف روش تصفیه: مواد معدنی و فلزات سنگین

– مزایا:

۱– روش های تثبیت سازی یا جامد سازی به طور نسبی روش های ارزانتر برای تصفیه خاک های آلوده به مواد معدنی می باشند.

۲– در این روش ها فن آوری های بسیار ساده بکار گرفته می شوند.

– معایب:

۱– در این روش ها آلاینده انتقال نیافته و از سمیت آنها کاسته نشده، بلکه فقط آلاینده ها کمتر متحرک می شوند.

۲– زمانیکه روش تثبیت سازی مورد استفاده قرار می گیرد، ممکن است حجم توده نهایی دو برابر خاک آلوده اولیه گردد.

۳– هالوژن زدایی (Dehalogenation)

در این روش، یک پلی اتیلن گلیکول قلیایی (Alkaline Polyethylene Glycol=APEG) که معمولاً پتاسیم پلی اتیلن (KPEG) بوده برای هالوژن زدایی ترکیبات آروماتیک هالوژنه در یک عمل کننده (رآکتور) مورد استفاده قرار می گیرد.

– آلاینده های مورد هدف روش تصفیه: مواد آلی نیمه فرار هالوژنه و آفت کش ها

– مزایا:

۱– این روش یکی از معدود فن آوری هایی بوده که با موفقیت PCBs (Polychlorinated biphenyls) را حذف می نماید.

۲– این روش می تواند خاک های بسیار آلوده را تصفیه نماید.

– عیب:

این فن آوری برای حجم زیاد مواد زائد مقرون به صرفه نمی باشد.

۴– استخراج از طریق حلال (Solvent Extraction)

در این روش خاک آلوده و حلال یا اسید در یک عمل کننده مخلوط شده، آلاینده ها به درون حلال انتقال می یابند. سپس مخلوط مورد تصفیه قرار گرفته، آلاینده ها انتقال و حلال مجدداً مورد استفاده قرار می گیرد.

– **آلاینده های مورد هدف روش تصفیه:** مواد آلی نیمه فرار هالوژنه و غیر هالوژنه، آفت کش ها و فلزات سنگین

– **مزایا:**

۱– این روش می تواند برای جداسازی دامنه وسیعی از آلاینده ها مورد استفاده قرار گیرد.

۲– با این روش می توان غلظت های بالای آلاینده ها را مورد تصفیه قرار داد.

– **معایب:**

۱– به طور کلی این روش بر مواد آلی با وزن مولکولی زیاد یا مواد آب دوست کمتر موثر می باشد.

۲– در این روش استفاده از حلال های معینی در برخی از انواع خاک ها یا زمانی که رطوبت زیادی وجود داشته غیر موثر خواهد بود.

۳– در این روش تصفیه حلال یا دفع آنها می تواند عوامل مهمی باشند.

۵– اکسید یا احیای شیمیایی (Chemical Reduction/Oxidation)

اکسید یا احیاء شیمیایی آلاینده های مضر را به مواد غیر مضر یا ترکیبات کمتر سمی تبدیل کرده که بیشتر پایدار بوده، کمتر متحرک و یا دارای جنبش می باشند.

– **آلاینده های مورد هدف روش تصفیه:** مواد معدنی، آلاینده هایی که در روش اکسیداسیون و احیاء می توانند مورد تصفیه قرار گیرند.

– **مزیت:**
این فن آوری بخوبی برقرار شده برای دهه ها در ارتباط با فرآیندهای شیمیایی (ضد عفونی، حذف سیانید) مورد استفاده قرار گرفته است.

– **معایب:**
۱– در این روش روغن و گریس زیادی با آلاینده ها واکنش های شیمیایی مقابله کرده که در نتیجه ممکن است نیازمند حذف آنها قبل از تصفیه باشد.
۲– در این روش، عمل حذف آلاینده ها ممکن است برای آلاینده های معین یا شرایط فرآیند کامل نشده یا سبب تشکیل آلاینده های واسطه ای شود.
۳– این روش برای غلظت های زیاد آلاینده ها بدلیل نیاز به مقدار زیاد عامل اکسیدکننده مقرون به صرفه نمی باشد.

روش های بیولوژیکی

۱– رهاسازی (Landfarming)

این روش دارای دو مرحله اصلی می باشد:

–مرحله تصفیه دوغاب

– مرحله تصفیه مواد جامد

– آلاینده های مورد هدف روش تصفیه :مواد آلی فرارغیر هالوژنه و هیدروکربورهای سوختی

-مزایا:

۱– این روش بسیار ساده و ارزان بوده، نیاز به کنترل فرآیند نمی باشد.

۲– به طور نسبی افراد غیر متخصص می توانند این روش را انجام دهند.

۳– در این روش آلاینده های معینی می توانند به طور کامل از خاک حذف شوند.

– معایب:

۱– این روش نیازمند فضا و زمان زیاد می باشد.

۲– این روش یک فرآیند بیولوژیکی بوده که به طور طبیعی رخ داده و توسط برگرداندن خاک به آن کمک می شود.

۳– این روش برای تعدادی از آلاینده ها موثر بوده و آلاینده های معینی هرگز به سطح غلظت پایین قابل قبول کاهش نمی یابند.

۴– در این روش رواناب می بایست کنترل شده و ممکن است نیازمند تصفیه باشد.

۱– راکتورهای بیولوژیکی (Bioreactors)

در این روش میکروب ها عمل شکستن آلاینده ها را انجام می دهند.

– آلاینده های مورد هدف روش تصفیه :مواد آلی فرارغیر هالوژنه و هیدروکربورهای سوختی

-مزایا:

۱– فرآیند بیولوژیکی در مقایسه با دیگر روش های بیولوژیکی سریعتر می باشد.
۲– فن آوری آنها به صورت وسیع در دسترس می باشد.
۳– این روش به ویژه بر خاک های رسی آلوده موثر می باشد.

– معایب:

۱– این روش بستگی زیادی به ویژگی خاک و خصوصیات شیمیایی محیط آلوده دارد.
۲– این روش کنترل فرآیند پیچیده تر از مرحله جامدسازی فن آوری های اصلاح و بهبودی بیولوژیکی خاک می باشد.
۳– هزینه بستگی زیادی به عواملی چون درجه تصفیه بعدی (برای آب و خاک)، تدارک پیش تصفیه و جمع آوری گاز و تجهیزات بکار گرفته شده، دارد .

فن آوری های اصلاح و بهبودی خاک های آلوده در محل

روش های تصفیه خاک های آلوده در محل، دارای مزایای انجام تصفیه خاک به طور مستقیم در محل آلوده می باشد.

در این روش ها احتمال درمعرض بودن انسان و محیط زیست در طی عمل استخراج، حمل و نقل کاهش یافته، تصفیه بدون هزینه استخراج خاک صورت می گیرد.

روش های فیزیکی

۱– استخراج مواد آلوده به صورت تبخیر از خاک (Soil Vapour Extraction)

این روش در برگیرنده چاه های استخراج با عمل مکش و ایجاد اختلاف فشار در محل های غیر اشباع می باشد. بخارات حاصل جمع آوری شده توسط تجهیزات جداگانه مورد تصفیه قرار می گیرند.

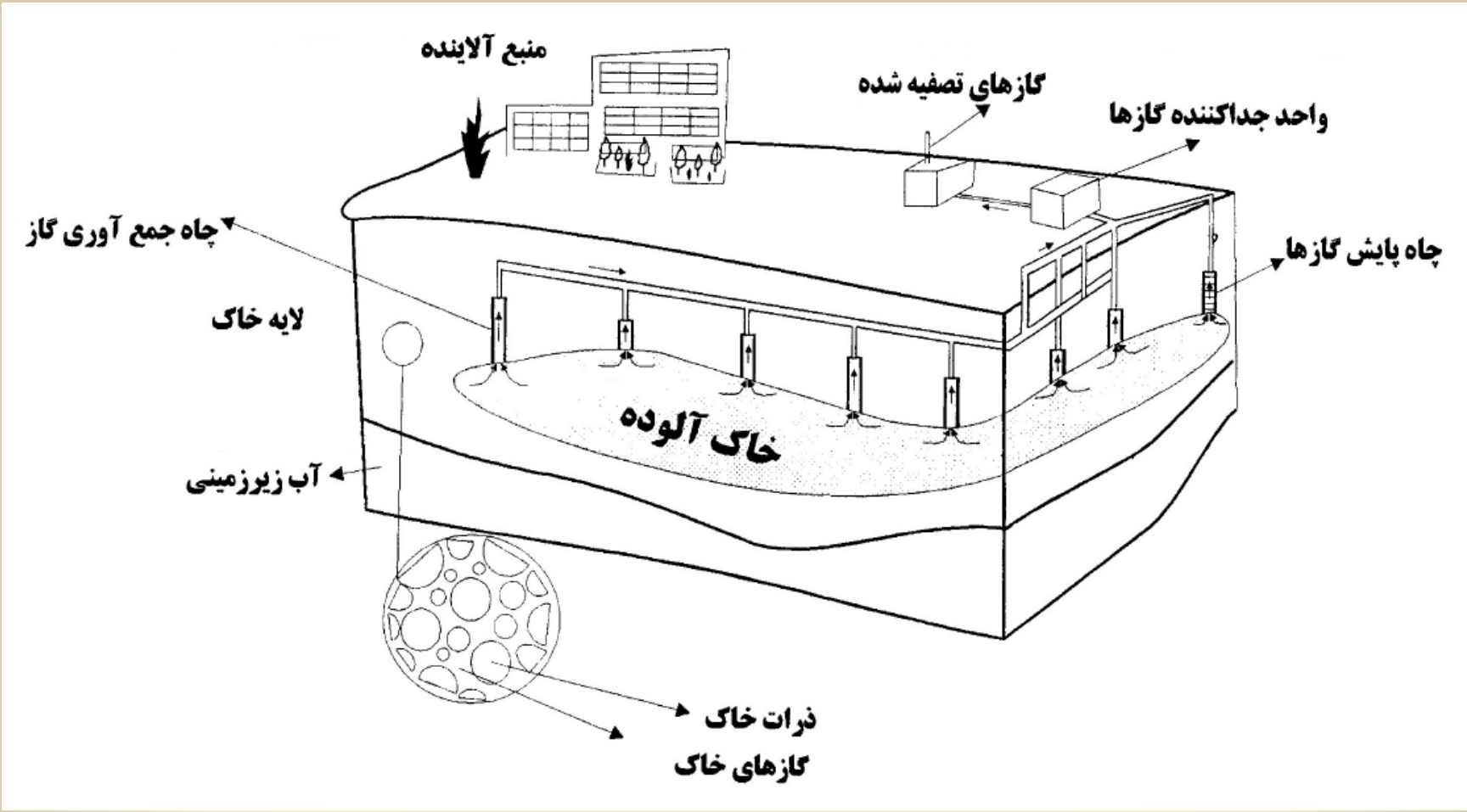
– آلاینده های مورد هدف روش تصفیه :مواد آلی فرار هالوژنه و غیر هالوژنه و هیدروکربورهای سوختی

– مزایا:

۱– در این روش نیازمند توجه نسبتاً کمی به تجهیزات در طی عملیات می باشد.
۲– هنگامیکه آلاینده تحت مکش بوده، شانس کمی برای رها سازی آلاینده درطی بکارگیری روش در محیط زیست می باشد.
۳– این فن آوری بخوبی شناخته شده و به طور وسیع مورد استفاده قرار گرفته است.

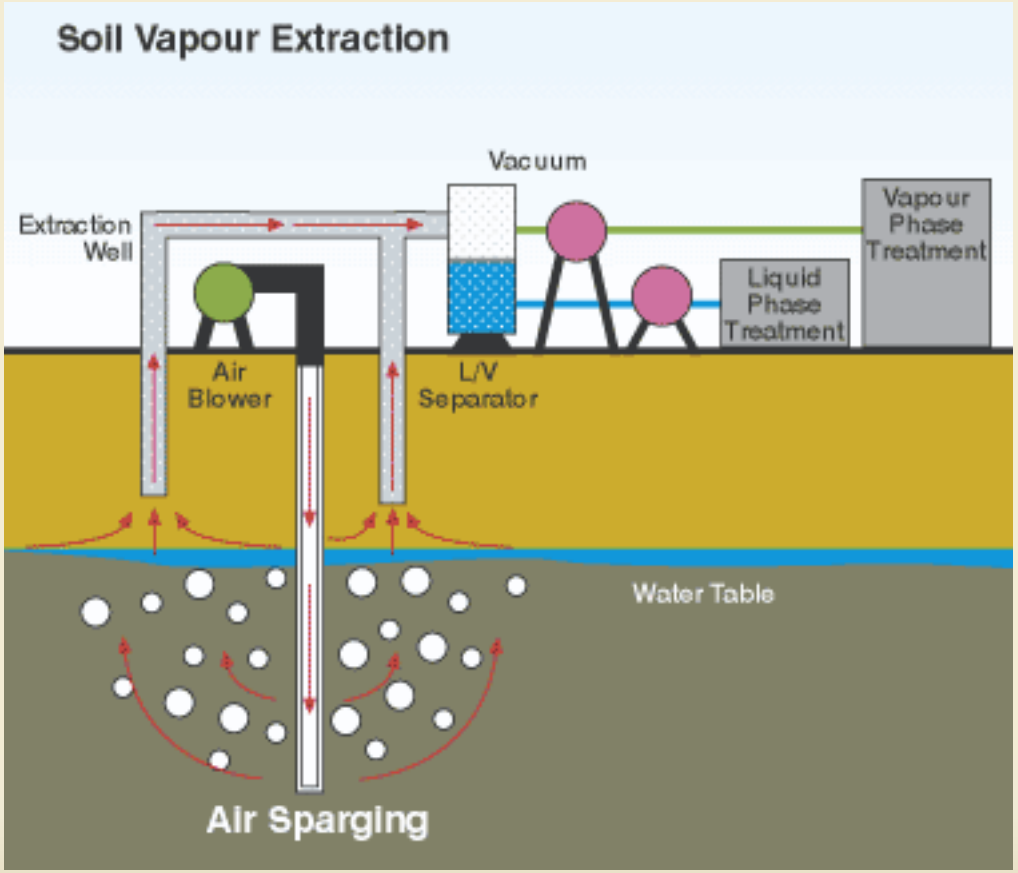
– عیب:

در این روش غلظت های بالای مواد آلی تبخیر شدن آلاینده ها را محدود می نماید.



شمایی از روش رفع آلودگی خاک از طریق تبخیر آلاینده ها

روش تصفیه تبخیراز خاک



۲– استخراج بخارات توسط افزایش دما (Thermally-enhanced Soil Vapour Extraction)

این روش شبیه روش استخراج تبخیر از خاک با افزودن یک منبع حرارت از طریق هوای گرم یا تزریق جریان، یا حرارت دادن الکتریکی یا فرکانس رادیویی برای تبخیر آلاینده های آبی و کمک به حذف آنها می باشد.

– آلاینده های مورد هدف روش تصفیه: مواد آلی نیمه فرار هالوژنه و غیر هالوژنه

-مزیت:
در این روش شانس کمی برای رها شدن آلاینده های تحت مکش در محیط به طور تصادفی می باشد.

– معایب:
۱– فن آوری می تواند در نتیجه ناهمگنی محیط در رسیدن به سطح مطلوب تصفیه ناموفق باشد.
۲– در این روش رطوبت زیادی می تواند مانع انتقال و حذف آلاینده ها شود.
۳– فن آوری فقط در منطقه غیر اشباع کار می کند.

۳– سیستم های جدا کننده یا حصارهای فعال یا عایق بندی (Containment Systems/Reactive Walls/Barriers)

سیستم های رفع آلودگی از طریق جداکننده ها و موانع، سیستم های فیزیکی بوده که برای جلوگیری از پخش آلودگی ماورای محل های آلوده نصب می شوند. آنها معمولاً به منظور بستن مسیر حرکت آلاینده ها قرار داده می شوند.

– آلاینده های مورد هدف روش تصفیه: کلیه آلاینده ها

-مزایا:

۱– در این روش دیوار جداکننده می تواند سریعاً در زمان کوتاهی نصب شده، پخش آلاینده ها توسط حمل مایع را کنترل نماید.

۲– در این روش از آنجاییکه هدف سیستم جداکننده اصلاح و بهبودی محل آلوده نبوده، بنابراین مشخصات کامل محل مورد نیاز نمی باشد.

– معایب:

۱– در این روش سیستم های جداکننده تنها متوقف کننده جریان آلودگی بوده و فقط از گسترش آلودگی از محل اصلی تا برقراری سیستم تصفیه جلوگیری می نماید.

۲– در این روش پایش سیستم برای اطمینان از موثر بودن سیستم ها در ایجاد مانع در مقابل حرکت آلاینده ها ضروری می باشد.

۳– در این روش اگر سیستم عایق یا جداکننده ترک بر دارد از تاثیر آن به طور جدی کاسته می شود.

۴– در این روش جهت طراحی صحیح سیستم جریان آب زیرزمینی می بایست بخوبی شناخته شود.

۴– احیای الکتریکی (Electroreclamation)

دراین روش الکترودها در خاک بین منطقه آلوده شده قرار داده شده، یک جریان مستقیم الکتریکی برقرار شده که سبب هدایت آلاینده ها درون خاک به قطب های مثبت و منفی می شود.

– آلاینده های مورد هدف روش تصفیه: فلزات سنگین و مواد آلی قطبی

-مزایا:

۱– این روش به عنوان تنها روشی بوده که می تواند سطح بالای فلزات آلوده کننده در محل را حذف نماید.

۲– دراین روش بسیاری از فلزات به طور همزمان می توانند حذف شوند.

– معایب:

۱– این فن آوری کماکان در حال توسعه بوده، مشخص نیست که آن بر روی دامنه وسیعی از انواع خاک ها و انواع آلودگی ها و شرایط محل موثر باشد.

۲– این روش به طور زیاد می تواند تحت تاثیر ناهمگنی منطقه تصفیه بوده که انجام پیش تصفیه محل را پیشنهاد می نماید.

۳– کاربرد این روش سبب اسیدی شدن محل تصفیه می شود (معمولاً میزان pH بین ۲ الی ۴)

۴– در این روش فرآیند شیمیایی (برای مثال خاک و واکنش های شیمیایی و سازوکار هدایت فلزت) رخ داده کاملاً پیچیده می باشد. بسیاری از محل های تصفیه نیازمند آزمایش ها قبل از انجام اصلاح کامل می باشد.

۵– در این روش واکنش های اکسیداسیون و احیاء می تواند تشکیل تولیدات غیر مطلوب بدهد.

۵– پوشش محل آلوده (Landfill Cap)

در این روش یک لایه غیر قابل نفوذ روی محل آلوده نصب شده به طور موثر محل را از تماس بیشتر جدا می سازد.

– آلاینده های مورد هدف روش تصفیه: نوع آلاینده های مورد حذف در دسترس نمی باشد.

– مزایا:

۱– این روش بسیار ارزان می باشد.
۲– این روش بسرعت می تواند محل های خطرناک را پس از پخش آلودگی جدا نماید.

– معایب:

۱– در این روش محل آلوده همچنان آلوده باقی می ماند.
۲– در این روش ممکن است محل آلوده نیازمند پایش نامحدود باشد.
۳– این روش شدیداً قابلیت استفاده های بعدی برای محل را محدود می سازد.

روش های شیمیایی

۱– شستشوی خاک (Soil Washing)

این روش شبیه فن آوری شستشو خاک در خارج از محل بوده با این تفاوت که آب همراه با مواد افزودنی مورد نیاز بر روی زمین ریخته تا آلاینده ها از خاک شسته شوند.

– آلاینده های مورد هدف روش تصفیه :مواد آلی فرار هالوژنه و غیر هالوژنه، مواد معدنی و مواد رادیو اکتیو

– مزایا:

۱– این روش قابل کاربرد برای دامنه وسیعی از آلاینده ها می باشد.
۲– این فن آوری می تواند به سرعت موثر واقع شده، تصفیه کافی از آلاینده های تازه انباشت کرده از قبیل آلودگی حاصل از نشت ناشی از حوادث را انجام دهد.

– معایب:

۱– در این روش کانال های زیرزمینی می تواند سبب تصفیه ناکافی و انباشت آلاینده های باقی مانده شود. همچنین ممکن است درجه بالایی از مشخصه سازی آب زیرزمینی برای آشکارسازی وضعیت نیاز باشد.
۲– در این روش ممکن است استفاده از مواد افزودنی برای رها سازی اتصال آلاینده ها نیازمند تصفیه بعدی خاک برای رساندن آن به وضعیت قابل قبول باشد.
۳– در این روش مشکل است خاک ها با نفوذ پذیری کم را تصفیه نمود.

۲– تثبیت سازی یا جامد سازی (Stabilization/Solidification)

به طور اساسی همانند روش تثبیت سازی یا جامد سازی در خاک خارج از محل آلودگی می باشد.

– آلاینده های مورد هدف روش تصفیه: مواد آلی و فلزات سنگین

– مزایا:

۱– تثبیت سازی یا جامد سازی روش های نسبتاً ارزان برای تصفیه خاک های آلوده به مواد معدنی می باشند.
۲– این فن آوری ها کاربری ساده دارند.

– معایب:

۱– در این روش آلاینده ها تصفیه نشده بلکه فقط تحرک کمتر آلاینده ها انجام می گیرد.
۲– در روش جامد سازی حجم توده نهایی ممکن است دو برابر خاک آلوده اولیه شود.
۳– ممکن است عوامل زیست محیطی بر دوام این روش ها تاثیر بگذارد.
۴– در این روش ها ممکن است توده حاصل هنوز به عنوان مواد زائد خطرناک نیازمند کنترل باشد.
۵– در این روش ممکن است مطالعات تصفیه پذیری برای تعیین سازگاری فرآیند با آلاینده ها و محیط زیست نیاز باشد.

روش های بیولوژیکی

۱– اصلاح بیولوژیکی (Bioremediation)

در حال حاضر این فن آوری نگاه بسیار عمیقی را بخود جلب نموده، موضوع قابل ملاحظه تحت پژوهش می باشد. به طور طبیعی میکروب ها برای شکستن آلاینده ها توسط افزودن مواد غذایی، اکسیژن و یا دیگر اصلاح کننده ها به خاک تحریک می شوند.

– آلاینده های مورد هدف روش تصفیه :مواد آلی نیمه فرار و فرار هالوژنه و غیر هالوژنه و سوخت ها

– مزایا:

کاربرد این فن آوری اجازه استفاده از محل در طی زمان تصفیه را می دهد.

– معایب:

۱– فن آوری حساس به ناهمگنی زیر سطح خاک بوده، و ممکن است تجمع آلاینده ها یا سطوح غیر قابل پذیرش اصلاح را نتیجه ندهد.

۲– ممکن است میزان زیاد آلاینده ها خاک را نابارور سازد.

۳– برای اطمینان از تحرک پذیری یا شستشوی آلاینده ها که می تواند استخراج شوند، می بایست بخوبی الگوهای جریان آب زیرزمینی شناخته شود

۴– در این روش جامعه طبیعی میکروب ها ممکن است نتواند بر کلیه آلاینده های موجود، موثر واقع شده و آنها را مورد تجزیه قرار دهد.

۵– توسط این فن آوری فلزات سنگین تصفیه نمی شوند.

۲– اصلاح گیاهی (Phytoremediation)

روش استفاده از گیاهان به فن آوری استفاده از گیاهان زمینی خاص برای حذف، تثبیت یا تخریب آلاینده ها از خاک مربوط می شود.

– **آلاینده های مورد هدف روش تصفیه:** مواد آلی انتخابی، فلزات سنگین و مواد رادیو اکتیو

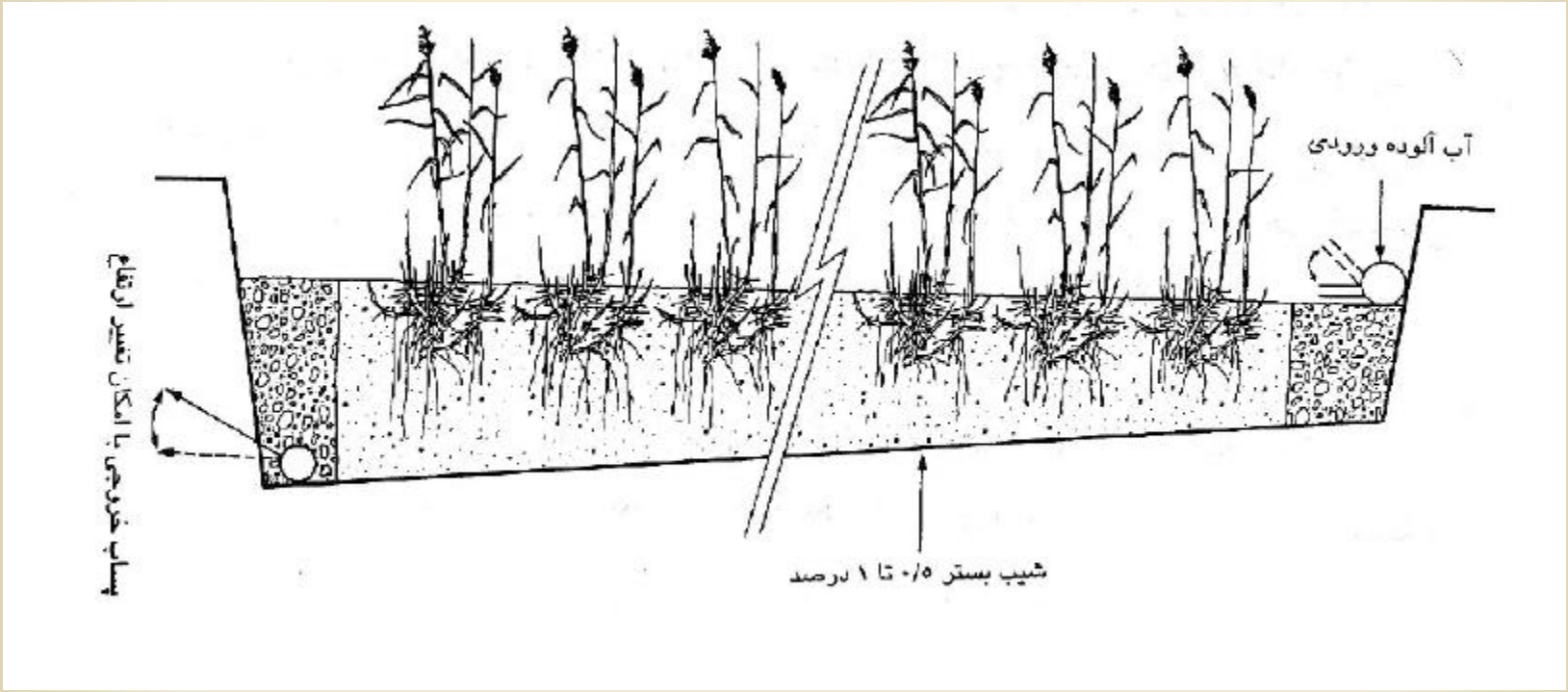
– **مزایا:**

۱– این روش هزینه های زیادی برای اصلاح خاک های مورد تصفیه در بر ندارد.
۲– این روش از فن آوری ساده برخوردار بوده اجرای آن کمی بیشتر از عملیات کشاورزی می باشد.

– **معایب:**

۱– این روش یک روش نوظهور بوده که مشخصات عملیات و هزینه های آن برای یک مقیاس بزرگ کاملاً مشخص نمی باشد.
۲– در این روش ریشه گیاهان می تواند به طور موثر خاک را در عمق محدودی پاک نماید.
۳– در این روش کلیه آلاینده ها به طور مساوی مورد تصفیه قرار نگرفته، برخی بیشتر از دیگران از محیط حذف می شوند.
۴– در این روش باقیمانده گیاهان در عمل تصفیه ممکن است نیازمند برخورد همچون مواد زائد خطرناک باشد.
۵– در این روش ممکن است خاک های بشدت آلوده زمان زیادی جهت اصلاح نیاز دارد. از این رو این روش برای خاک های آلوده با غلظت کم مناسب می باشد.

شمایی از تصفیه توسط گیاه نی



۳– کاهش طبیعی (Natural Attenuation)

کاهش طبیعی، فن آوری اصلاح فعال خاک نبوده، معمولاً آن متکی بر توانایی محیط زیست از طریق فعالیت باکتریایی برای پاک نمودن خود از آلاینده ها می باشد.

– آلاینده های مورد هدف روش تصفیه: مواد آلی غیر هالوژنه و هیدروکربورهای سوختی

– مزیت:

کاربرد این فن آوری برای موارد ساده ارزان می باشد.

– معایب:

۱– این روش به طور متداول نیازمند مشخص نمودن خصوصیات محل و پایش برای اطمینان از نبود خطر برای محیط زیست بیرونی قبل از کامل نمودن اصلاح می باشد.

۲– در این روش فرآیندهای طبیعی آلوده زایی ممکن است هرگز آلودگی را به سطح مورد نیاز نرساند.

۳– این فن آوری ممکن است به زمان طولانی نیازمند باشد.

فن آوری های جدید غیر تجارتی اصلاح خاک های آلوده

تعدادی فن آوری جدید در جهت تصفیه خاک های آلوده در آزمایشگاه های مختلف مورد مطالعه و پژوهش قرار گرفته، لیکن تاکنون به صورت روش تجاری قابل عمل در محیط، مورد استفاده قرار نگرفته شده اند. از آنجایی که فن آوری های مذکور کاملاً به صورت تجاری نبوده فاقد شماره کد می باشند.

فن آوری های اصلاح و بهبودی خاک های آلوده در خارج از محل

۱– جذب پلی مری (Polymer Adsorption)

پلی مرهای محلول در آب از خاک عبور داده می شوند، فلزات از خاک جدا شده به پلی مرها متصل می شوند.

– آلاینده های مورد هدف روش تصفیه: فلزات سنگین

– مزیت:

این فن آوری موثر در حذف فلزات سنگین از جمله Pb، Cr و Cd می باشد.

– معایب:

۱– اکسیدان های موجود در آب ممکن است خاصیت جذب پلی مر را تخریب نماید.
۲– استفاده اقتصادی فن آوری در ظرفیت بالا به طور کامل شرح داده نشده است.

۲– سم زدایی تشعشعی (Solar Detoxification or Photolysis)

پس از تغلیظ، آلاینده ها با کاتالیزور نیمه هادی (از قبیل اکسید تیتانیوم) مخلوط و تغذیه در یک عمل کننده (راکتور) توسط نور خورشید یا در معرض اشعه ماوراء بنفش (Ultraviolet=UV) حاصل از لامپ های الکتریکی حذف می شوند.

– آلاینده های مورد هدف روش تصفیه: ترکیبات آلی فرار و نیمه فرار،هیدروکربورهای معطر، ترکیبات هالوژنه و غیر هالوژنه، دی اکسین ها یا فوران ها، آفت کش ها، فلزات سنگین و مواد انفجاری

– مزایا:

۱– فن آوری به طور کامل ترکیبات سمی در آب یا خاک را بجای انتقال تخریب می نماید.
۲– فن آوری موثر برای حذف آلاینده های مختلف تا سطح حداقل غلظت ها می باشد.

– معایب:

۱– هرچند باور براین است که این فن آوری در مصرف سوخت صرف جویی نموده و انتشارات کم آلاینده هوا را دربر داشته به طوری که آن را قابل رقابت با سایر روش ها می سازد، باوجود این تعداد کمی از مقیاس کامل این فن آوری کاربرد داشته و اطلاعات کافی درخصوص هزینه وجود ندارد.
۲– آلودگی بیولوژیکی و فیزیکی با مواد معلق جامد یا رسوبات می تواند تاثیر این فن آوری را محدود نماید.

۳– قوس پلاسما (Plasma Arc)

در این فن آوری از دمای بالا ۱۰۰۰۰°C یا حتی بیشتر که ناشی از تخلیه جریان زیاد الکتریکی در یک گاز خنثی بوده برای تبدیل مواد شیمیایی خطرناک از جمله PCBs، آفت کش ها، CFCs و گازهای هالون به صورت بی ضرر و تولیدات ایمن استفاده می شود.

– آلاینده های مورد هدف روش تصفیه: دی اکسین ها یا فوران ها، آفت کش ها و PCBs

– مزیت:

فن آوری موثر برای تخریب ایمن PCBs، دی اکسین ها، فوران ها و آفت کش ها می باشد.

– معایب:

۱– نیازمند فرآیند استخراج جداگانه از جمله استخراج حلال یا جذب حرارتی برای انتقال آلاینده ها از توده محیط جامد دارد.

۲– دراین فن آوری جامدات ابتدا می بایست تبدیل به مایع (شبیه دوغاب) یا گاز برای تصفیه شوند.

۳– فلزات ممکن است عمل تصفیه را مانع شده، از این رو می بایست به منظور موثر بودن فن آوری جدا شوند.

۴– شیشه ای شدن (Vitrification)

اصل اساسی فن آوری شیشه ای شدن برای خاک مورد نظر، دمای بالای کافی که سبب ذوب شدن و تشکیل شیشه پس از سرد شدن بوده، می باشد.

– آلاینده های مورد هدف روش تصفیه: ترکیبات آلی، فلزات و مواد رادیو اکتیو

– مزیت:

این فن آوری فلزات سنگین را غیر متحرک می سازد.

– معایب:

۱– این روش یک فرآیند تخریب بوده و خاک نمی تواند مدت طولانی استفاده کشاورزی را مورد حمایت قرار دهد.

۲– اگر این فن آوری در محل مورد استفاده قرار گیرد قالب شیشه ای ممکن است استفاده بعدی محل را محدود سازد.

۵– فرآیند لازاگنا (Lasagna Process)

فن آوری، مرکب از فرآیندهای اسمز الکتریکی موثر، تخریب بیولوژیکی (استفاده از میکروب ها یا آنزیم ها) و تصفیه فیزیکوشیمیایی (بدام انداختن فیزیکی، کاتالیزورها یا معرف ها) برای تصفیه خاک می باشد.

– آلاینده های مورد هدف روش تصفیه: ترکیبات آلی فرار و نیمه فرار، مواد آلی هالوژنه و فلزات سنگین

– مزیت:
این فن آوری مجموعه مزایای فن آوری های مختلف (بیولوژیکی و فیزیکوشیمیایی) را در بر دارد.

– معایب:
۱– این فن آوری نیازمند خنثی سازی pH نزدیک قطب های منفی و مثبت می باشد.
۲– در این فن آوری دانش تصفیه شیمیایی و طرز عمل ها محدود می باشد.
۳– در این روش امکان انتشار از منطقه غیر تصفیه در طی عمل تصفیه ممکن است به طور موثر تصفیه را مانع شود.

منابع آلاینده خاک در ایران

در ایران عمده منابع تهدید کننده خاک ها واحدهای صنعتی شامل پالایشگاه ها، پتروشیمی ها، کارخانجات سیمان، کارخانجات تولید فلزات و معادن بویژه معادن استخراج فلزات و در برخی از موارد استفاده از کودهای فسفره وارداتی در خاک های کشاورزی که دارای میزان کادمیم بیش از حد استاندارد می باشند.

جلوگیری از آلودگی خاک

۱– جلوگیری از آلودگی هوا و آب

۲– تصفیه گازهای خروجی مراکز آلودگی هوا

۳– تصفیه فاضلاب های خانگی، کشاورزی و صنعتی

۴– استفاده از آب های پاک در کشاورزی

۵– استفاده صحیح و مناسب از سموم و کودها در کشاورزی

۶– ارتقاء فرهنگ مردم از طریق شناخت اثرات زیان آور خاک های آلوده

۷– استفاده از روش های تصفیه خاک های آلوده

با سپاس فراوان
بجای آنکه تاریکی را لعنت کنی
شمعی را روشن کن