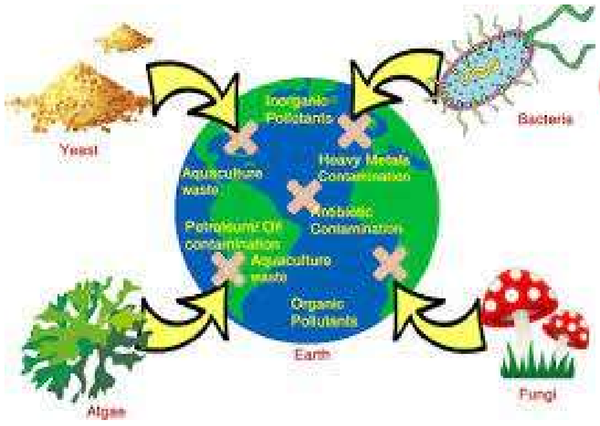
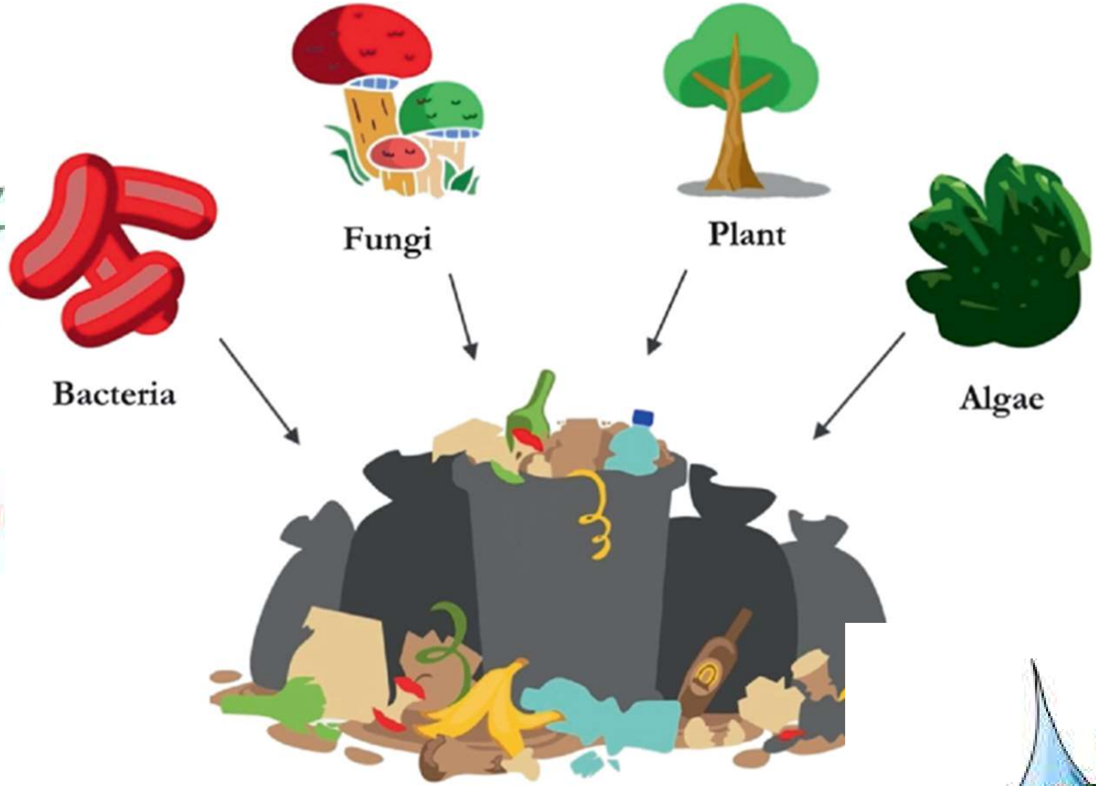
Introduction to Bioremediation technologies





- Jirapat Chanthamalee, Ph.D.
- jirapat_c@hotmail.co.th

- 2/2567

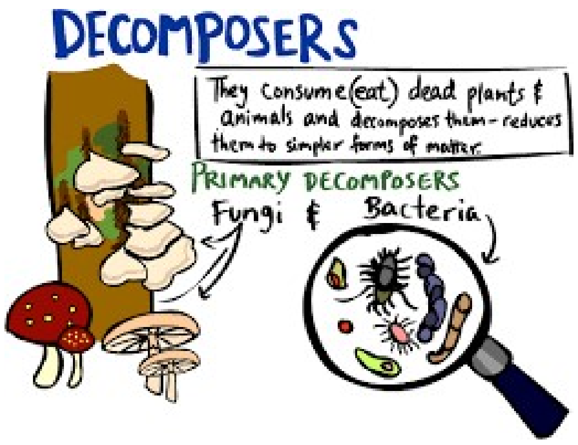
สรุปบทบาทด้านสิ่งแวดล้อมของจุลินทรีย์

1. จุลินทรีย์กับการแก้ปัญหาโลกร้อน

- การใช้จุลินทรีย์ในการผลิตเชื้อเพลิงชีวภาพ
- กระบวนการบำบัดของเสียด้วยวิธีชีวภาพ (Bioremediation)
- การพัฒนาจุลินทรีย์เพื่อลดคาร์บอนฟุตพริ้นท์ในอุตสาหกรรม

2. **เทคโนโลยีชีวภาพกับอาหารทางเลือก**

- การผลิตเนื้อเทียมจากโปรตีนจุลินทรีย์
- Alternative Protein จากการหมัก
- จุลินทรีย์กับการแก้ปัญหาความมั่นคงทางอาหาร



สรุปบทบาทด้านสิ่งแวดล้อมของจุลินทรีย์ (ต่อ)

3. จุลินทรีย์ในอุตสาหกรรมความงาม

- Probiotic Skincare
- จุลินทรีย์เพื่อการฟื้นฟูผิวหนัง
- เครื่องสำอางที่มีส่วนประกอบของจุลินทรีย์มีชีวิต

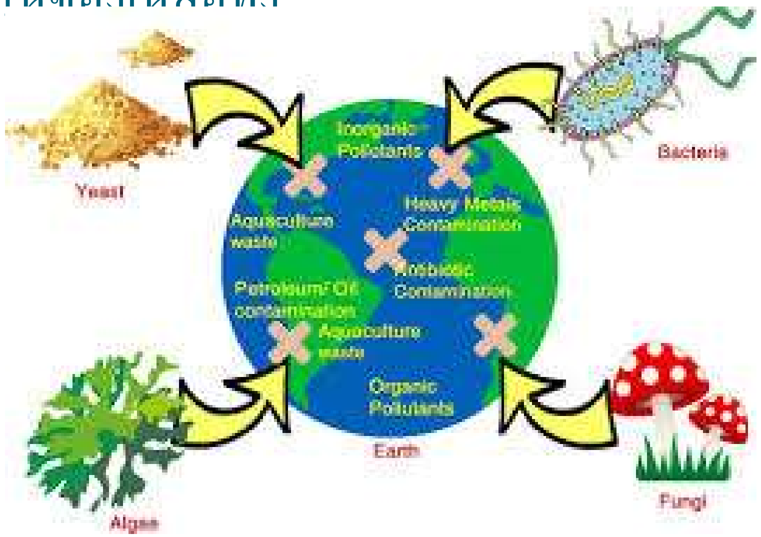
4. Personalized Probiotics

- การค้นคว้าจุลินทรีย์เพื่อสุขภาพส่วนบุคคล
- การวิเคราะห์ไมโครไบโอมเฉพาะบุคคล
- การออกแบบโพรไบโอติกที่เหมาะสมกับแต่ละคน

สรุปบทบาทด้านสิ่งแวดล้อมของจุลินทรีย์ (ต่อ)

5. จุลินทรีย์กับเศรษฐกิจหมุนเวียน

- การนำของเหลือทิ้งมาเพาะเลี้ยงจุลินทรีย์
- การผลิตวัสดุชีวภาพจากกระบวนการหมัก
- นวัตกรรมการนำจุลินทรีย์มาสร้างมูลค่าเพิ่มให้ของเหลือทิ้ง



จุลินทรีย์กับการแก้ปัญหาโลกร้อน

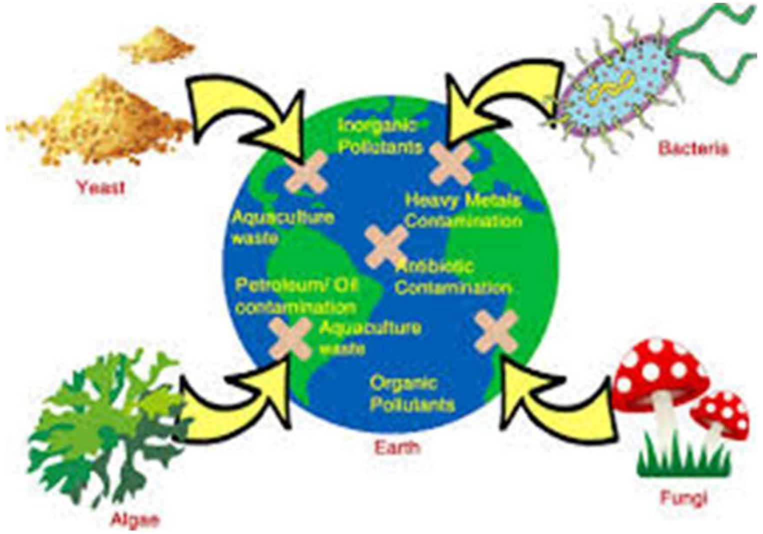
- ปัญหาโลกร้อนเกิดจากการสะสมของก๊าซเรือนกระจก เช่น **คาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2), มีเทน (CH_4), และไนตรัสออกไซด์ (N_2O)**
- จุลินทรีย์สามารถช่วยลดผลกระทบของภาวะโลกร้อนได้โดย
  - การตรึงคาร์บอนจากบรรยากาศ
  - การย่อยสลายสารอินทรีย์โดยไม่ปล่อยก๊าซเรือนกระจก
  - การใช้จุลินทรีย์เป็นแหล่งพลังงานทดแทน

จุลินทรีย์ที่ช่วยลดก๊าซเรือนกระจก

- Cyanobacteria และ Microalgae: สามารถดูดซับ CO_2 และนำไปใช้ในกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง
- Methanotrophs: จุลินทรีย์ที่ใช้มีเทนเป็นแหล่งพลังงาน ช่วยลดการปล่อย CH_4
- Denitrifying bacteria (เช่น *Pseudomonas* sp.): ลดปริมาณไนตรัสออกไซด์ (N_2O) ซึ่งเป็นก๊าซเรือนกระจกที่มีศักยภาพทำลายชั้นบรรยากาศสูงกว่า CO_2

การใช้จุลินทรีย์ในระบบนิเวศเพื่อลดโลกร้อน

- การใช้สาหร่ายและแบคทีเรียในระบบบำบัดน้ำเสียเพื่อลด CO_2
- การใช้จุลินทรีย์ช่วยเพิ่มคุณภาพดินและลดการปล่อยก๊าซจากการเกษตร
- การพัฒนาวัสดุชีวภาพที่ดูดซับก๊าซเรือนกระจกโดยใช้จุลินทรีย์



การใช้จุลินทรีย์ในการผลิตเชื้อเพลิงชีวภาพ

- เชื้อเพลิงชีวภาพคืออะไร
- เป็นพลังงานที่ได้จากการย่อยสลายสารอินทรีย์ โดยจุลินทรีย์ เช่น
  - ไบโอดีเซล (Biodiesel) จากน้ำมันพืชและไขมันสัตว์
  - เอทานอล (Bioethanol) จากการหมักแป้งและน้ำตาล
  - ไบโอมีเทน (Biomethane) จากกระบวนการหมักก๊าซชีวภาพ

กระบวนการผลิตเชื้อเพลิงชีวภาพจากจุลินทรีย์

- การผลิตเอทานอล: ยีสต์ (*Saccharomyces cerevisiae*) และแบคทีเรีย (*Zymomonas mobilis*)
- การผลิตไบโอดีเซล: จุลินทรีย์ผลิตเอนไซม์ไลเปสเพื่อแปลงน้ำมันเป็นไบโอดีเซล
- การผลิตไฮโดรเจนชีวภาพ (Biohydrogen): *Clostridium* และ *Rhodobacter* สามารถผลิต H_2 ได้จากของเสียอินทรีย์

ข้อดีและข้อเสียของเชื้อเพลิงชีวภาพจากจุลินทรีย์

ข้อดี

- ลดการปล่อย CO_2 และมีเทน
- ใช้วัตถุดิบจากของเสีย
- เป็นพลังงานหมุนเวียน

ข้อเสีย

- ต้นทุนการผลิตยังสูง
- การแข่งขันกับการใช้พืชเพื่อการเกษตร

กระบวนการบำบัดของเสียด้วยวิธีชีวภาพ (Bioremediation)

- Bioremediation คืออะไร?
- เป็นเทคนิคที่ใช้จุลินทรีย์ในการย่อยสลายของเสียและสารพิษ เช่น โลหะหนัก ปิโตรเลียม สารเคมีในอุตสาหกรรม

ประเภทของ Bioremediation

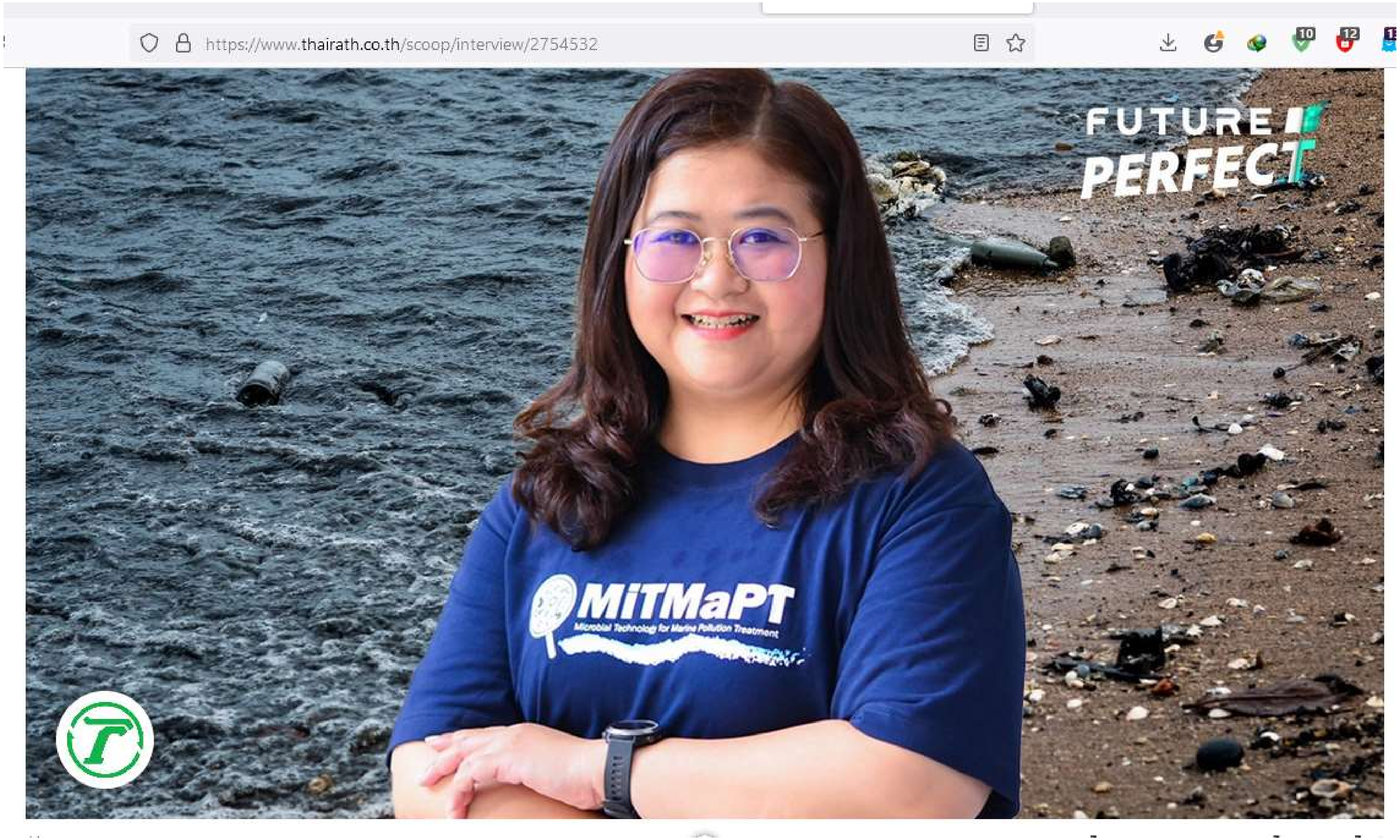
- *In Situ* Bioremediation (บำบัดในแหล่งปนเปื้อน)
- ใช้จุลินทรีย์ในธรรมชาติเพื่อย่อยสลายสารปนเปื้อนโดยตรง

- *Ex Situ* Bioremediation (บำบัดนอกแหล่งปนเปื้อน)
- นำดินหรือน้ำที่ปนเปื้อนออกมาบำบัดในโรงงาน

ตัวอย่างการใช้ Bioremediation

- ารบำบัดน้ำมันรั่วไหลในทะเล (*Alcanivorax borkumensis*)
- การกำจัดโลหะหนักจากน้ำเสียอุตสาหกรรม (*Pseudomonas putida*)
- การกำจัดสารเคมีทางการเกษตรในดิน (*Dehalococcoides)*

พัฒนา 20 ปี จุลินทรีย์ขจัดคราบน้ำมัน นวัตกรรมเพื่อสิ่งแวดล้อม



- https://www.thairath.co.th/scoop/interview/2754532

มน.คิดค้น สารกำจัดวัชพืชชีวภาพจากวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตร ปลอดภัยจากสารเคมี

14 พฤศจิกายน 2566 พิษณุโลกฮอตนิวส์

ที่มา - https://www.phitsanulokhotnews.com/2023/11/14/178021

THE STANDARD

STAND UP FOR THE PEOPLE

Search...

LOG IN SIGN UP

HOME NEWS WEALTH POP LIFE PODCAST VIDEO NOW OPINION EVENTS ABOUT CAREERS

SUSTAIN UPDATE / SCIENCE

นักวิทย์ค้นพบจุลินทรีย์ที่สามารถย่อยพลาสติกได้ในอุณหภูมิต่ำ หวังเป็นทางเลือกใหม่ในการรีไซเคิลแห่งอนาคต

โดย ปัทมาสน์ ชนะรัชชรักษ์
10.05.2023

1.1K

- https://thestandard.co/microbes-that-can-digest-plastics-low-temp/

นักวิจัยพบ ‘แบคทีเรีย’ ช่วยย่อยขยะพลาสติกในทะเล เปลี่ยนเป็นสารชีวภาพที่ปลอดภัย

หลังจากที่นักวิทยาศาสตร์พบข้อกังขามานานว่า ขยะพลาสติกที่ถูกทิ้งลงทะเลนั้น หายไปไหนบ้าง ผลวิจัยใหม่นี้ ช่วยหาคำตอบได้ส่วนหนึ่ง และยังเป็นความหวังใหม่ในการกำจัดขยะพลาสติกในมหาสมุทร

24 มกราคม 2566 20:00 น. ต่างประเทศ

- https://www.dailynews.co.th/news/1925653/

การพัฒนาจุลินทรีย์เพื่อลดคาร์บอนฟุตพริ้นท์ในอุตสาหกรรม

- คาร์บอนฟุตพริ้นท์คืออะไร?
- เป็นปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ปล่อยออกมาโดยกระบวนการอุตสาหกรรม
- จุลินทรีย์สามารถช่วยลดคาร์บอนฟุตพริ้นท์โดย
- ลดการใช้พลังงานในกระบวนการผลิต
- ช่วยดูดซับ CO_2 และก๊าซพิษ
- ใช้เป็นตัวเร่งปฏิกิริยาในกระบวนการผลิตที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม

ตัวอย่างเทคโนโลยีจุลินทรีย์ที่ช่วยลดคาร์บอนฟุตพริ้นท์

- การใช้จุลินทรีย์ในการผลิตพลาสติกชีวภาพ (Polyhydroxyalkanoates - PHA)
- การใช้สาหร่ายเพื่อดูดซับ CO_2 ในอุตสาหกรรมพลังงาน
- การใช้จุลินทรีย์ในกระบวนการผลิตปูนซีเมนต์ที่ลด CO_2

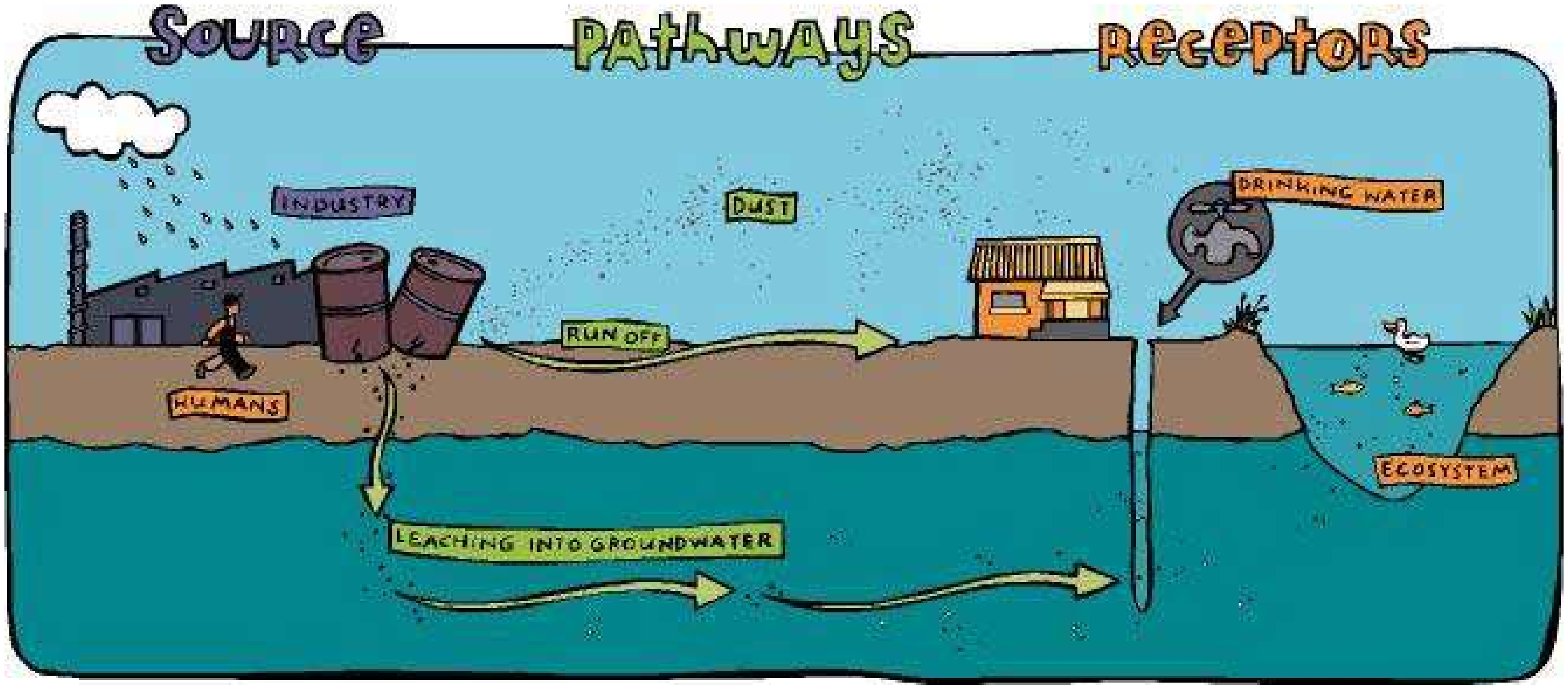
สรุป

- จุลินทรีย์มีบทบาทสำคัญในการช่วยลดโลกร้อนและปรับปรุงกระบวนการอุตสาหกรรมให้เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม
- เทคโนโลยีชีวภาพช่วยให้จุลินทรีย์สามารถใช้ใน เชื้อเพลิงชีวภาพ, Bioremediation และลดคาร์บอนฟุตพริ้นท์ ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

Bioremediation Technologies

Remediation of Contaminated Site

- Make sites safer (immediate goal)
- Make sites cleaner (long-term goal)



http://ecan.govt.nz/advice/your-land/contaminated-land/pages/remediation

Treatment Technologies

- Physical treatment
  - Air stripping, Carbon adsorption, Dewatering, Filtration, Flushing, Magnetic separation, Soil vapor extraction, Solidification/stabilization, etc.

- Chemical treatment
  - Chemical oxidation, Chemical reduction, Flocculation, Neutralization, UV oxidation, etc.

- Thermal treatment
  - Incineration, Thermal desorption, Hot air injection,, etc.

- Bioremediation
  - Biopile, Bioreactor, Bioventing, Biosparging, Fixed film reactors, Landfarming, Bioslurping, etc

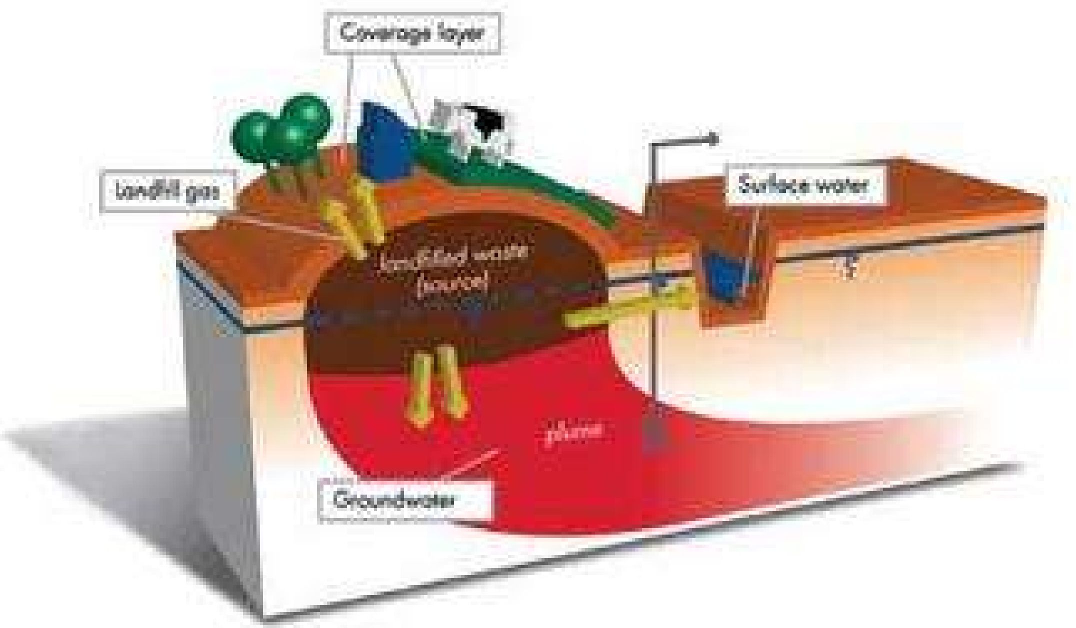
เทคโนโลยีในการบำบัดสารปนเปื้อนในดินและน้ำ

1. กายภาพ: การเผา ของเสียให้อยู่ในรูปของแข็งซึ่งถูกชะล้างได้ยาก (Stabilization and solidization)

2. เคมี: oxidation, hydrolysis, halogenation

3. ชีววิธี: จุลินทรีย์ย่อยสลายสารพิษในดินและน้ำ (Biormediation) เช่น Bacteria รา บางชนิด

Landfill: Land disposal
วิธีฝังกลบ



http://www.vertinfo.com/vertnew/vertnewsview.asp%3

Environmental and health Risk from landfill

Incineration : การเผาในเตาเผาขยะที่ออกแบบเป็นพิเศษ

Hazardous waste
: 980-1200 ^{o}C

Municipal waste
: 705-815 ^{o}C

www.seiler.co.at

Stabilization and solidification

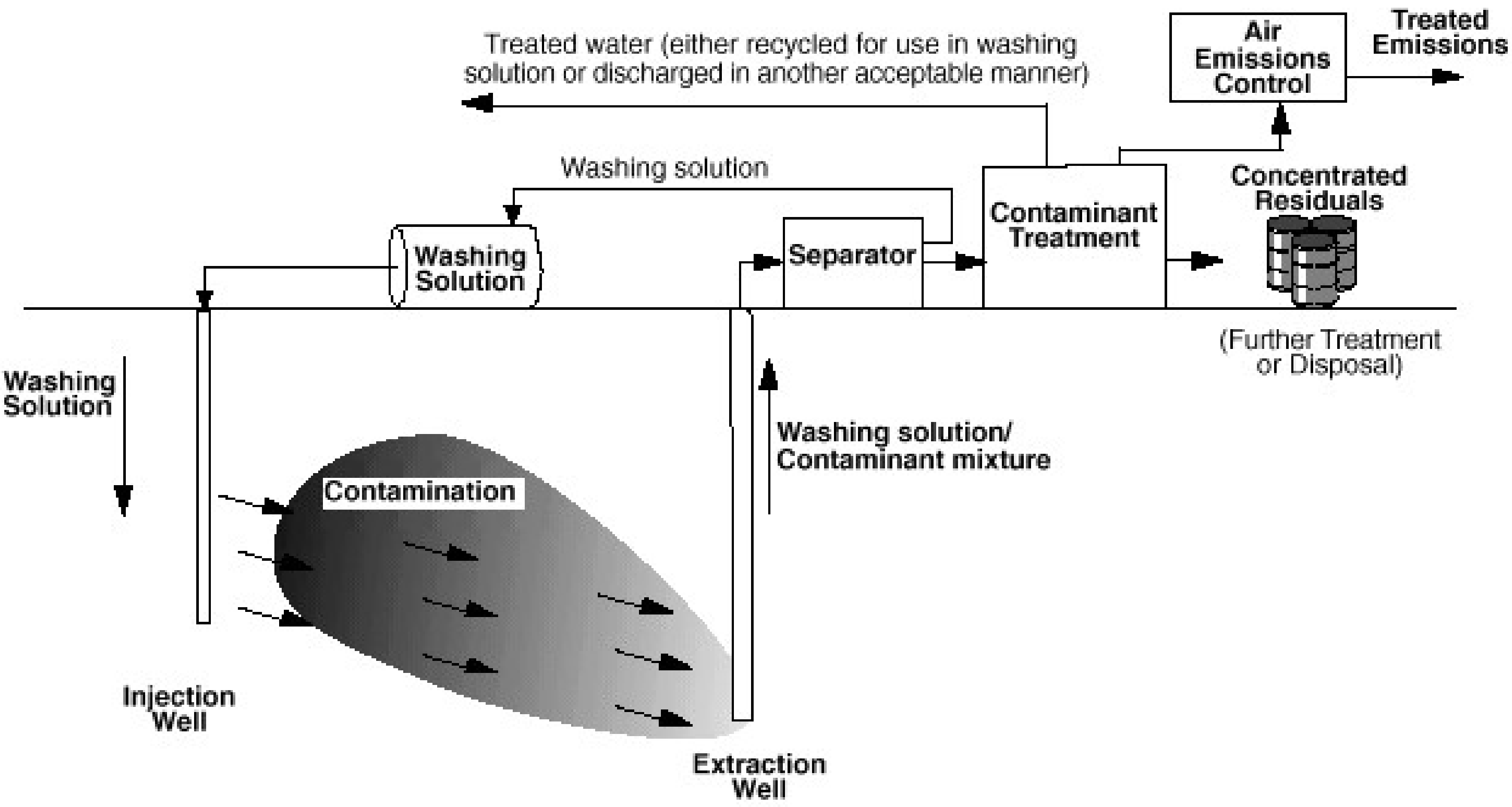
การเปลี่ยนรูปให้เป็นของแข็งและการปรับเสถียร

- The addition of binder e.g. portland cement, kiln dust, lime, etc.
  - To improve the handling and physical characteristics of the wastes
  - To decrease the rate of contaminant migration
  - To reduce the toxicity of certain contaminant

Soil flushing technology

การล้างดิน (soil washing) หลักการเบื้องต้น

คือ การแยกสารปนเปื้อนที่แทรกอยู่ในอนุภาคดินขนาดเล็กโดยใช้น้ำ



http://www.p2pays.org

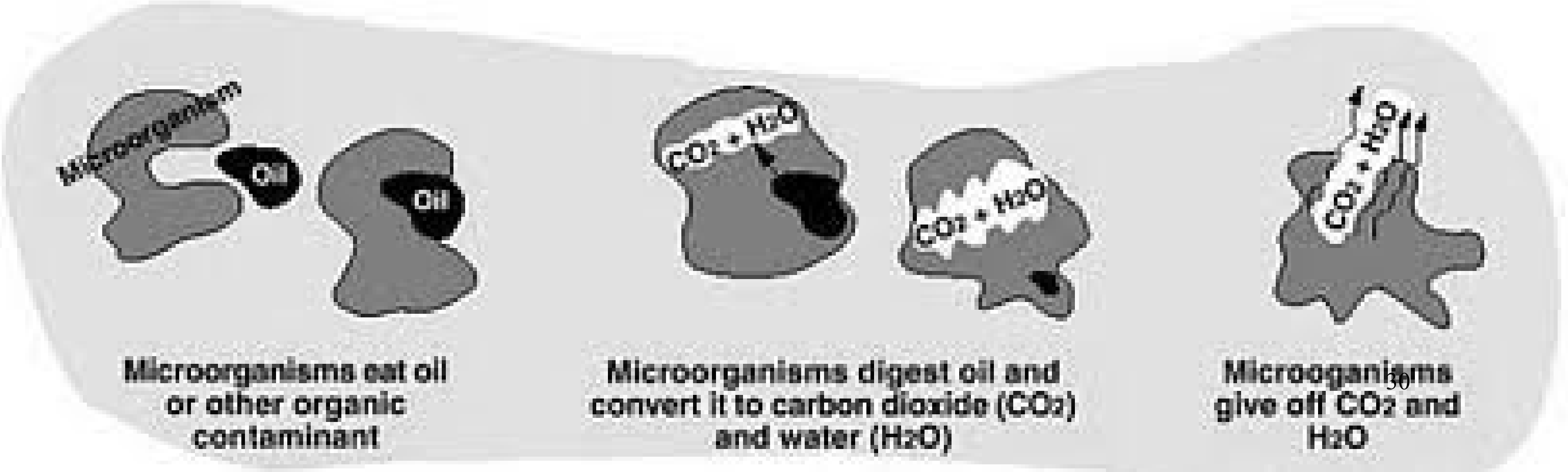
Most recent

- National Institute of Environmental Health Sciences established the Environmental Genome Project
  - Study impact of environmental chemicals on human disease
    - Identify genes and their products that are sensitive to toxic chemicals in the environment
    - Identify genes that encode for products that detoxify the chemicals

What is BIOREMEDIATION?

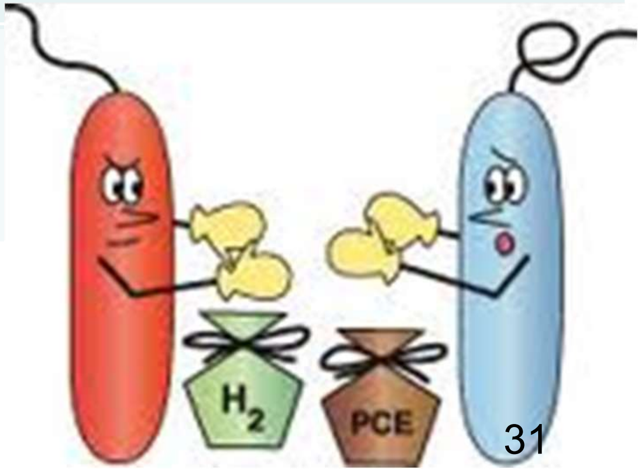
- The technology used to speed up the natural processes of waste degradation and recycling

- Use of naturally occurring microorganism such as bacteria, fungi, and yeast to degrade pollutants or hazardous substances in soil, water and air into non-toxic or less toxic substances



Advantages of Bioremediation

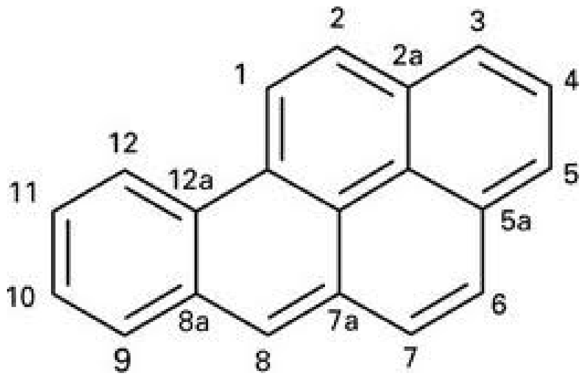
Advantages	Disadvantage
Cheap: 60-90% less than other technologies	Difficult to predict its performance
Simple	Difficult to scale up
Completely transform the contaminants toxic to non-toxic	Time-consuming
In situ treatment	



What are environmental contaminants?

- **Pollutants**
  - naturally-occurring compounds in the environment that are present in unnaturally high concentrations
  - Examples:
    - crude oil
    - refined oil
    - phosphates
    - heavy metals

- **Xenobiotics**
  - chemically synthesized compounds that have never occurred in nature
  - Examples:
    - pesticides
    - herbicides
    - plastics



Economics of *in-situ* vs. *ex-situ* remediation of contaminated soils

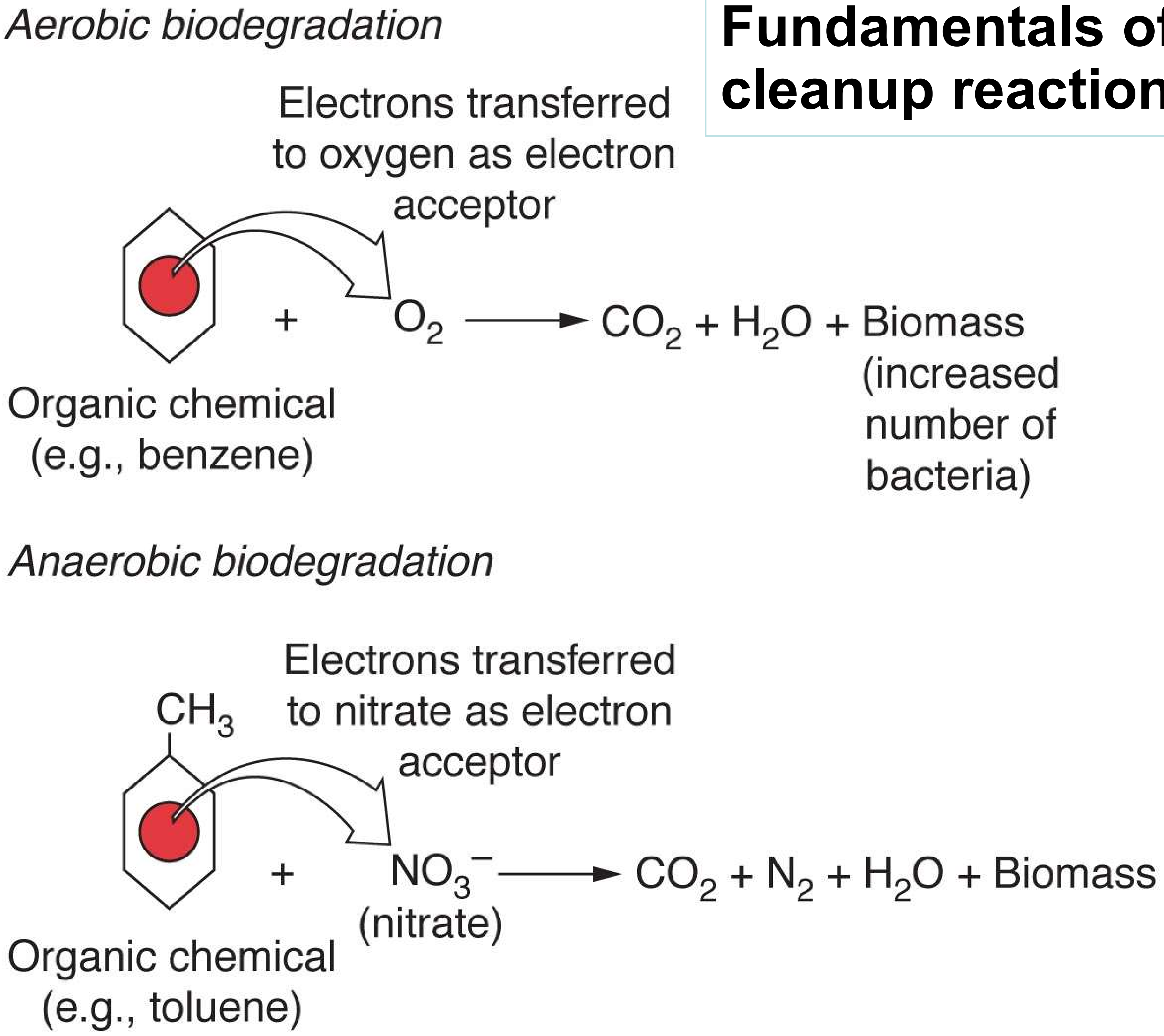
- Cost of treating contaminated soil in place \$80-\$100 per ton
- Cost of excavating and trucking contaminated soil off for incineration is \$400 per ton.
- Over 90% of the chemical substances classified as hazardous today can be biodegraded.

What challenges exist for bioremediation of pollutants and xenobiotics?

- **Pollutants**
  - may exist at high, toxic concentrations
  - degradation may depend on another nutrient that is in limiting supply

- **Xenobiotics**
  - microbes may not yet have evolved biochemical pathways to degrade compounds
  - may require a consortium of microbial populations (กลุ่มจุลินทรีย์ที่ใช้ในการย่อยสลายทางชีวภาพ)

Fundamentals of cleanup reactions



Copyright © 2009 Pearson Education, Inc.

Two types of microbial process

Aerobic

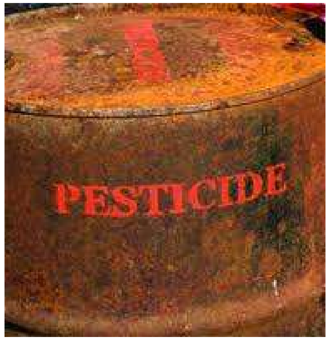
- Sufficient oxygen and nutrients convert many organic
- Contaminants to carbon dioxide, water and microbial mass

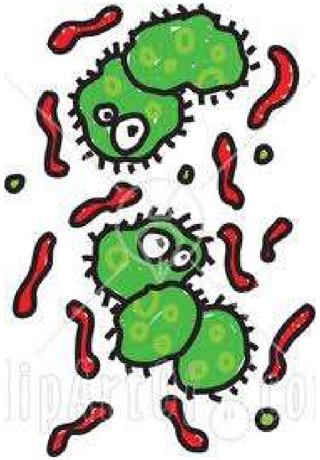
Anaerobic:

- An electron acceptor, other than oxygen, (e.g., sulfate, nitrate, or carbon dioxide)
- Contaminants metabolize to methane, carbon dioxide, and trace amounts of hydrogen gas

Factors influencing bioremediation

- 1. Microorganisms
- 2. Hazardous substances
- 3. Contaminated site

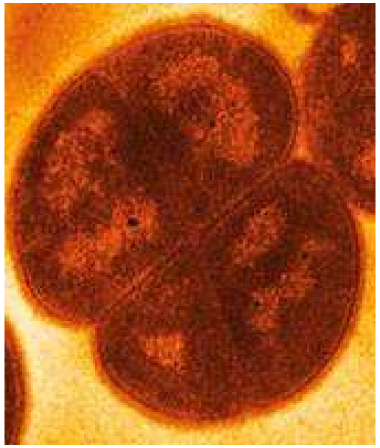




Ideal degrading microorganisms

- Fast reproductive rate
- Resistant to extremes in temperature and pH
- Facultative anaerobe
- Motile
- Spore forming
- Wide range of degrading enzymes

- No single species can degrade everything.



The world's toughest bacterium, *Deinococcus radiodurans*

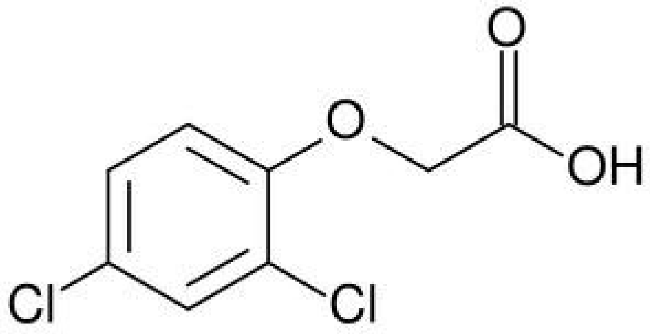
How can we find the ideal bacteria?

- Isolate from the contaminated site
- Enrichment technique
  - Natural selection

- Genetic engineering

Properties of hazardous materials

- **Chemical structure**
  - Degradable vs persistent
- **Concentration**
  - Too low → can not support growth or enzyme induction
  - Too high → toxicity
- **Bioavailability (ค่าความพร้อมใช้ทางชีวภาพ)**

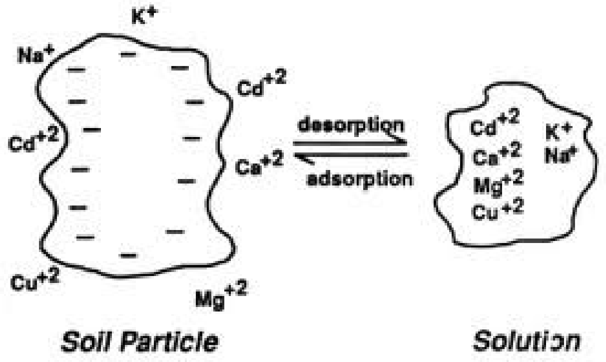


Bioavailability of pollutants in the environment

- Bioavailable
- Free to react with microbial enzymes
- Aqueous phase

- Non bioavailable

- Sorption onto surfaces
- Entrapment in soil micropores



- ***You need to know the type, properties, concentration, and location of the contaminants

Properties of the contaminated site

- Conductive to microbial growth
- Allow biodegradation reaction to occur
  - Soil structure
  - Moisture content
  - Oxygen
  - Nutrient availability
  - pH
  - Presence of other substances e.g. metals, co-contaminants

Bioremediation testing

- Bioassessment screening studies
  - To assess whether biological treatment can be utilized at a particular site

    - Optimize the site conditions e.g. nutrients, moisture, electron acceptor, pH, etc.

- Biotreatability studies
  - To identify factors and parameters involved fine tuning the bioremediation process

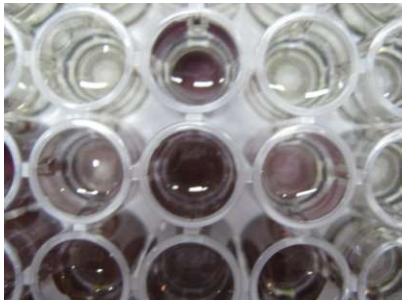
Types of biotreatability studies

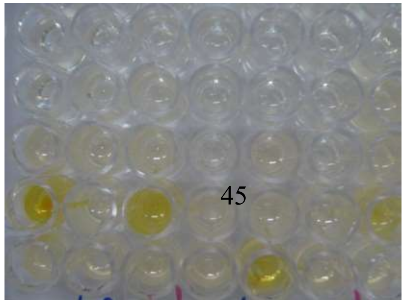
- Microcosms
- Bioreactors
- Field plots

Microbiological assay

- Number of microorganisms
  - Plate count
  - MPN testing
- Type of microorganisms
  - Biochemical test
  - Molecular biology techniques
- Microbial nutrient content
- Microbial degradation products

Chemical analysis





Types of bioremediation process

- **Accelerated Bioremediation**
  - Use engineered design
  - *In situ* or *Ex situ* treatment
  - Close the site after finish
- **Natural attenuation**
  - Use natural activities
  - *In situ* treatment only
  - Require long-term monitoring

Strategies for Accelerated Bioremediation I

- **Biostimulation** = Modifies the environment to enhance the growth of indigenous microbes
- Addition of nutrient and energy source
- Adjust moisture, pH, aeration, etc.

Strategies for Accelerated Bioremediation II

- **Bioaugmentation** = Addition of specialized microbes
  - Pure isolates
  - Mixed culture (consortium)
  - Genetically engineered microorganism (GMOs)

Natural Attenuation process:

- 1. Microbes that live in soil and groundwater use some HZW for food and result in HZW degradation.
- Intrinsic bioremediation

- 2. HZW can stick or sorb to soil, which will keep HZW from polluting groundwater and leaving the site.

- 3. As HZW moves through soil and groundwater, it can mix the clean water. This reduces or dilutes the pollution.

- 4. Some HZW, like oil and solvents, can evaporate. If these gases escape to the air at the ground surface, they can photolysis.

Bioremediation Company

BIO-IN-

Bioremediation

ओएनजीसी

ONGC

Oil and Natural Gas Corporation Ltd.
Ahmedabad Asset

Treatmen … soils
using bioremediation techniques

BIOREMEDIATION, INC.

BIOSITE

BAK TEK

BakTek Çevre Teknolojileri San. ve Tic. A.Ş.

WM

WASTE MANAGEMENT

บริษัทรับกำจัดสารพิษในประเทศไทย

บริษัท วิลด์เทค เมเน็จเม้นท์
รับกำจัดและบำบัด กากอุตสา

บริษัท โกรว์ กรีน เอ็นไวรอนเมนท์ จำกัด
GROW GREEN ENVIRONMEN CO.,LTD.

BUSINESS

“BWG” บริษัทจัดการกากอุตสาหกรรมแบบครบวงจรรายเดียวในไทย ที่อยากเห็นเมืองไทย ไร้มลพิษจากขยะอันตราย

โดย THE STANDARD TEAM
02.05.2023

1.7K

- ปริมาณขยะอุตสาหกรรมในประเทศไทยในปัจจุบันสูงถึง 22 ล้านตันต่อปี แต่ปัญหาที่แท้จริงไม่ใช่การเพิ่มขึ้นของปริมาณขยะ แต่คือวิธีการกำจัดที่ไม่ถูกต้อง ประกอบกับมีการลักลอบนำขยะไปทิ้งอย่างผิดกฎหมาย

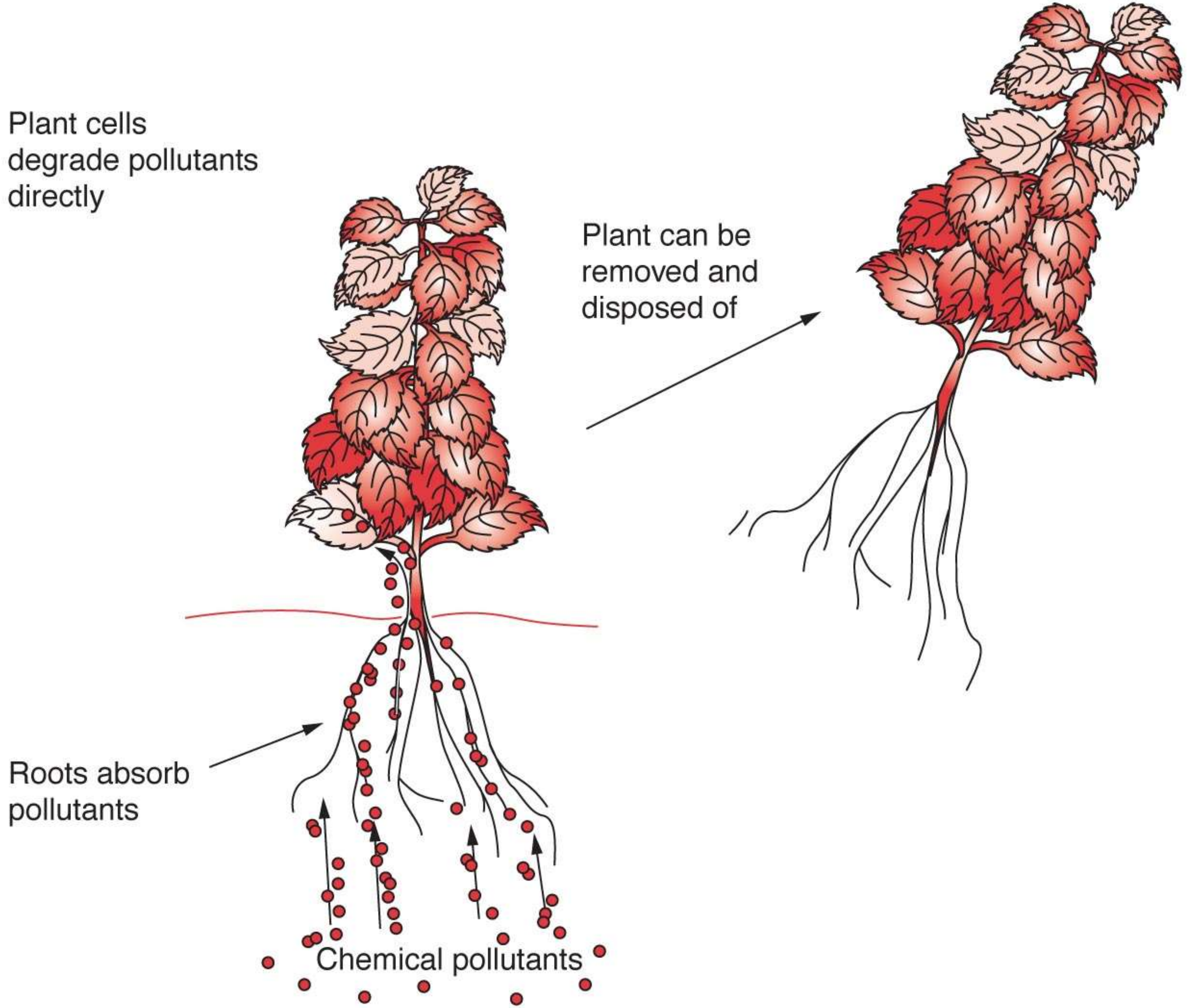
- BWG เป็นบริษัทเพียงหนึ่งเดียวในไทยที่ได้รับใบอนุญาตครบทุกการจัดการกากอุตสาหกรรมแบบครบวงจร มีบริการที่ครอบคลุมทุกประเภทการจัดการขยะอุตสาหกรรมทั้งที่เป็นอันตราย (Hazardous Waste) และไม่อันตราย (Non Hazardous Waste)

- ด้วยการบำบัดน้ำเสีย การกำจัด (ฝังกลบ) เผาทำลาย รีไซเคิล ตลอดจนการแปรรูปกากอุตสาหกรรมเพื่อนำไปใช้เป็นเชื้อเพลิงสำหรับผลิตไฟฟ้า

Phytoremediation

- ≈350 plant species naturally take up toxic materials
  - Sunflowers used to remove radioactive cesium and strontium from Chrenobyl site
  - Water hyacinths used to remove arsenic from water supplies in Bangladesh, India

- Drawbacks
  - Only surface soil (root zone) can be treated
  - Cleanup takes several years

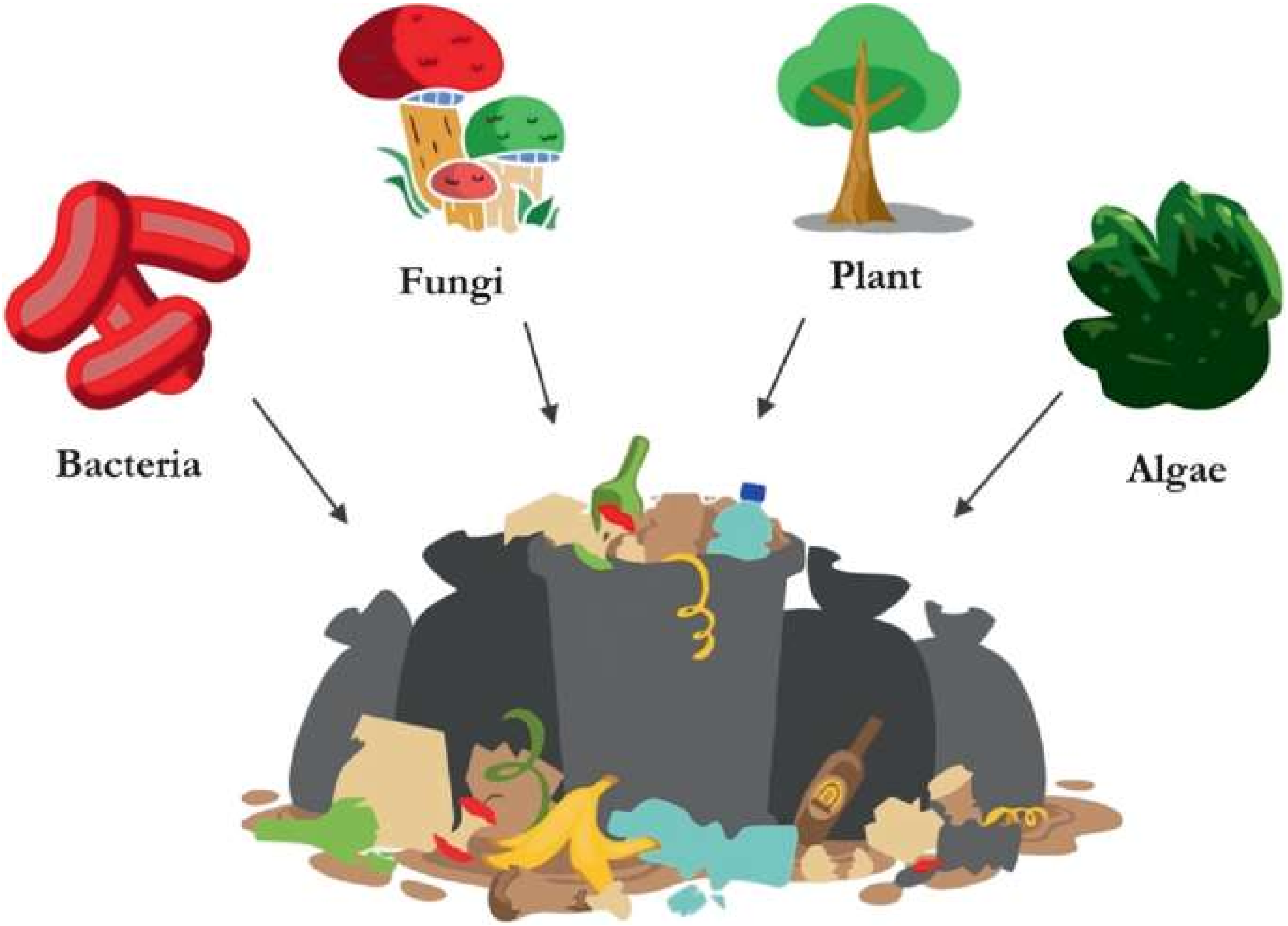


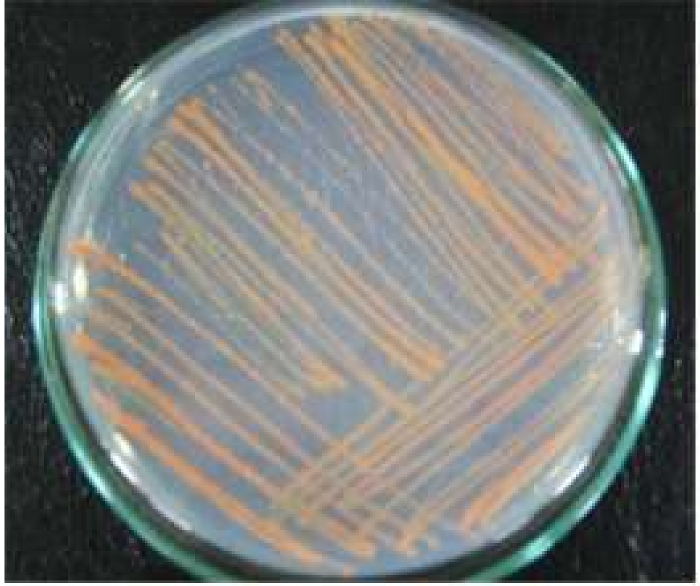
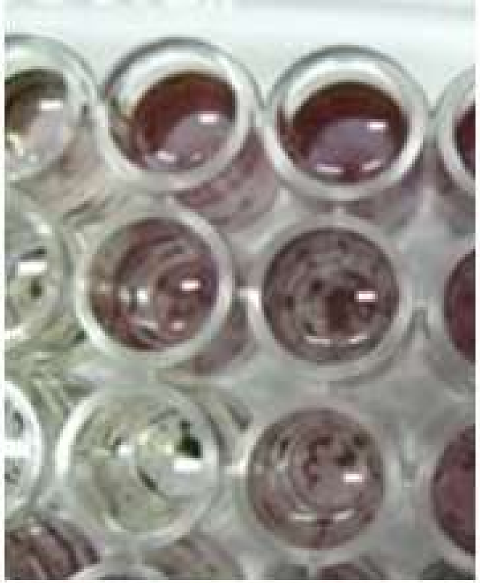
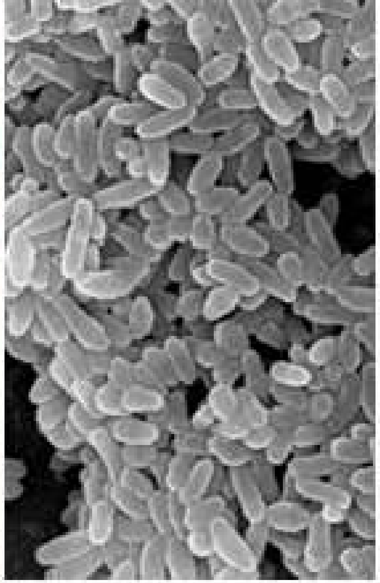
Copyright © 2009 Pearson Education, Inc.

References:

- *www.montana.edu/wwwmb/.../Chapter%209.**ppt***
- *biologyeastborneo.com/.../KULIAH_3_**BIOREMEDIA***

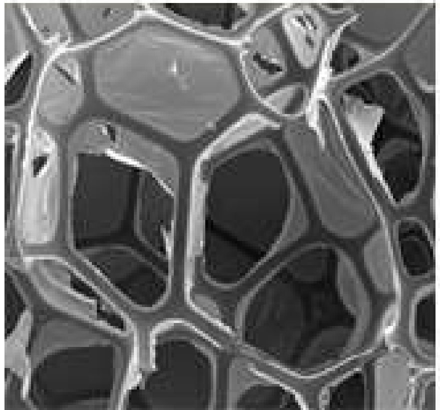
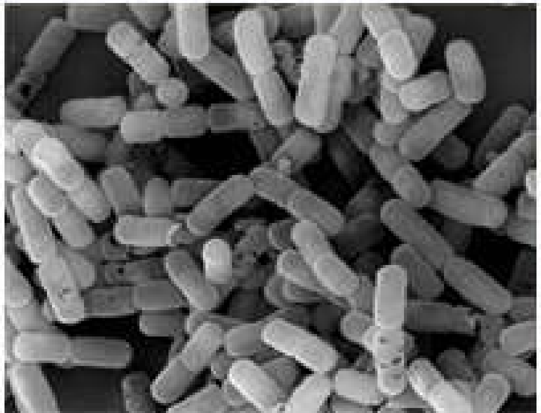
กรณีศึกษา I: การบำบัดสภาพแวดล้อมที่ปนเปื้อนด้วยจุลินทรีย์



การบำบัดเชิงชีวภาพของปิโตรเลียมไฮโดรคาร์บอนที่ปนเปื้อนในน้ำทะเลโดยแบคทีเรียตรึง

น.ส. จิรภัทร จันทมาลี

อาจารย์ที่ปรึกษา

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. เอกวัล ลือพร้อมชัย