



KÖRNYEZETTOXIKOLÓGIA

Környezettoxikológia helye, szerepe– toxicitási tesztek.

Molnár Mónika

Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem

Alkalmazott Biotechnológia és Élelmiszertudományi Tanszék

Mérnöktanári Mesterszak 2018



TEMATIKA - 2. előadás

- ❖ Környezettoxikológia jelentősége, szerepe
- ❖ Toxicitási tesztek osztályozása
- ❖ Tesztorganizmusok
- ❖ Egy fajt alkalmazó tesztek
 - Szárazföldi ökoszisztéma tesztelése - egy fajt alkalmazó talajtesztek
 - Vízi ökoszisztéma tesztelése - egy fajt alkalmazó tesztek
- ❖ Több fajt alkalmazó tesztek csoportjai
 - Mikrokozmosz, mezokozmosz
 - Szabadföldi vizsgálatok



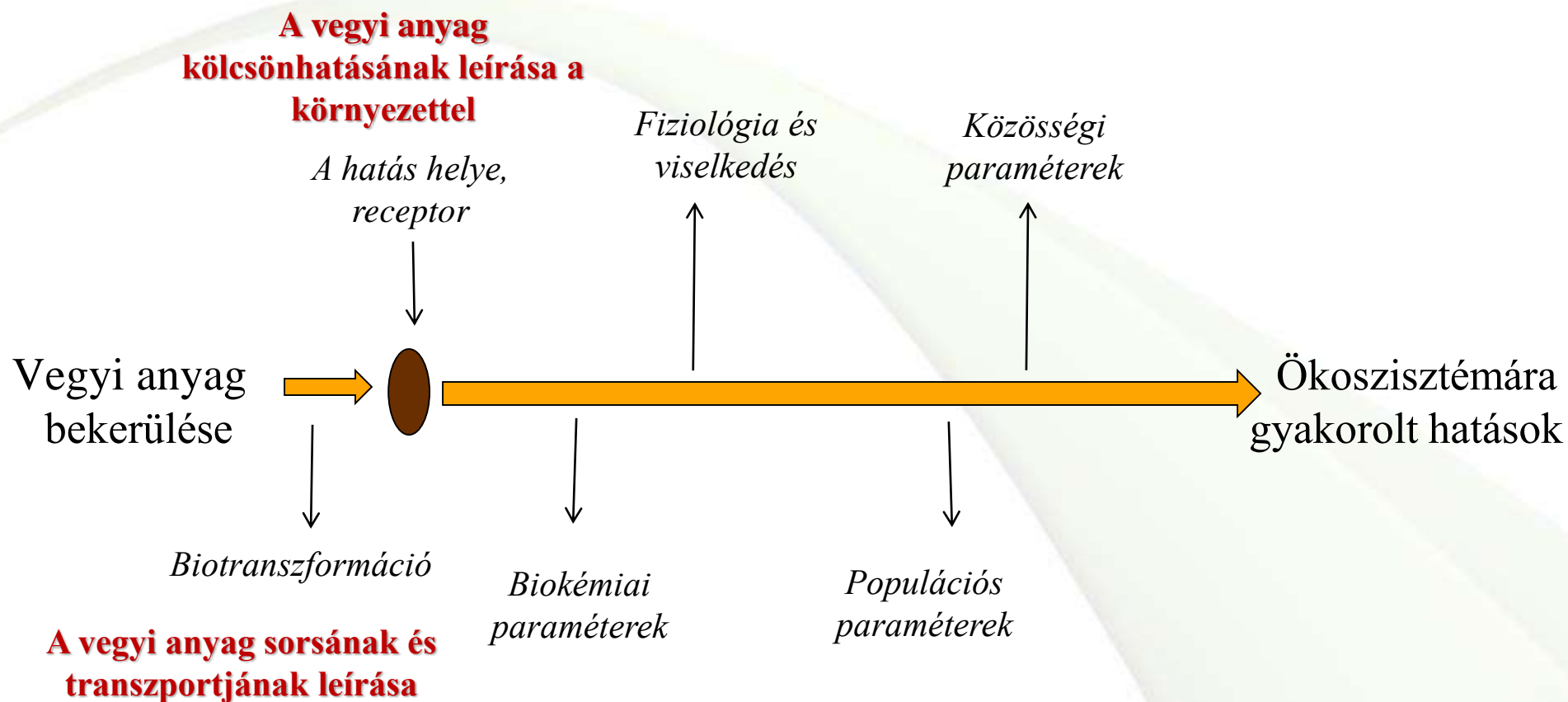
DEFINÍCIÓK

- **Környezettoxikológia:** a környezettoxikológia a környezetbe került **vegyi anyagok káros hatását** vizsgálja. Vizsgálja az **ökoszisztémára és az emberre gyakorolt káros hatásokat**. Mérési, tesztelési módszerei fizikai-kémiai és biológiai végpontok alapján következtet a káros hatások nagyságára. Teljes ökoszisztémák minden részletére kiterjedő vizsgálata nem lehetséges, ezért **kiválasztott, jellemző fajok vagy laboratóriumi tesztorganizmusok** válasza alapján következtetünk az ökoszisztéma egészére.
- **Vegyianyag:** **vegyi úton előállított vagy átalakított anyag**, melyet kémiai sajátosságai miatt gyártunk és használunk fel. A vegyi anyag **környezeti kockázata veszélyességéből és a környezettel való kölcsönhatásából adódik**, nagysága a vegyi anyag környezeti koncentrációjának és az ártalmatlan koncentrációnak a hányadosa. A **környezetbe kikerült veszélyes vegyi anyag a szennyezőanyag**.

A vegyi anyag kölcsönhatása a környezettel 1.

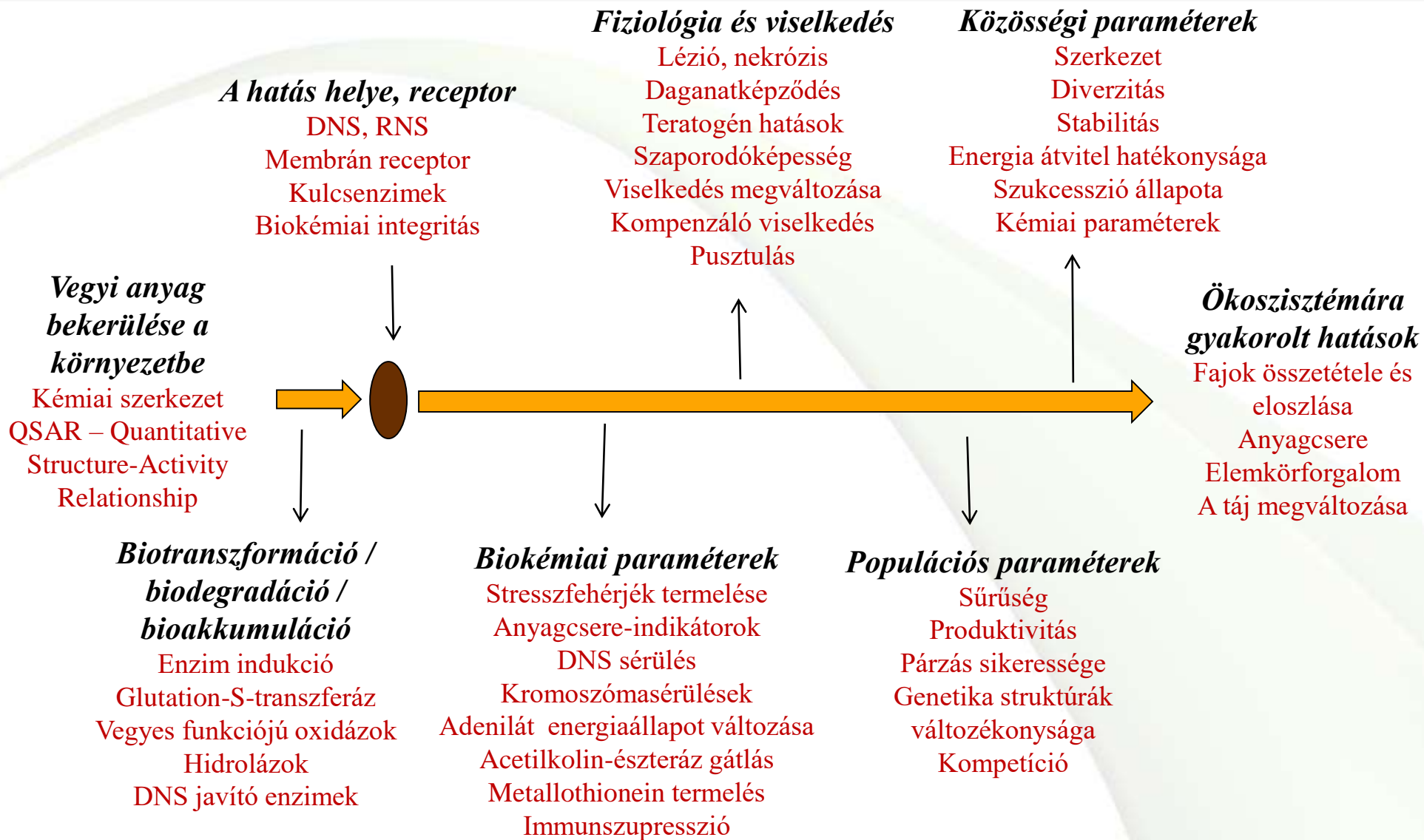
1. A vegyi anyag környezetbe kerülése után **kölcsönhatásba lép a környezettel**. Terjed, megoszlik a különböző fázisok között, átalakul, degradálódik, stb. Ezek a folyamatok határozzák meg a vegyi anyag környezeti koncentrációját, azt, amely eléri a biota tagjait és hat rájuk.
2. A vegyi anyag kölcsönhatásba lép az **élőlény egy aktív helyével**, melyet **molekuláris szinten** kell értelmeznünk. A hatás molekuláris szinten lehet egy élőlény életfontosságú szerkezeti eleme vagy valamely fontos szereppel bíró molekulája, pl. enzimfehérje, nukleinsav vagy membránreceptor.
3. A molekuláris szintű kölcsönhatás eredményeképpen **magasabb szintekre** is áttevődik és megjelenik a hatás, pl. biokémiai vagy fiziológiai szinten, a viselkedés szintjén, a populáció, a közösség vagy az egész ökoszisztéma szintjén.

A környezettoxikológia fő funkciói



A vegyi anyag hatásainak leírása és jellemzése a környezettel

A vegyi anyag és a környezet kölcsönhatásának mérhető paraméterei az egyes szinteken (példák!)

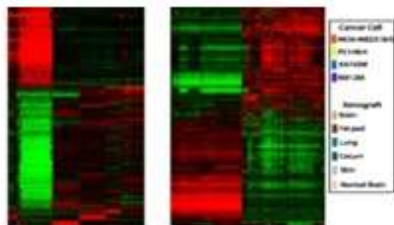


Mechanisztikus
betekintés

Reprodukálhatóság, specifikusság

Molekuláris paraméterek

- Genomika
- Transzkriptomika
- Proteomika
- Metabolomika



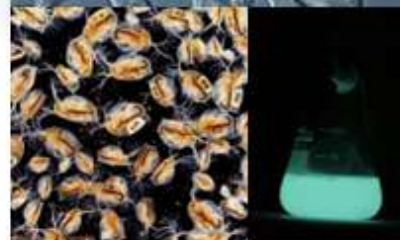
Organizmus (egyed) szintjén

- Viselkedés és fiziológia
- Túlélés, pusztulás
- Szaporodási funkciók
- Mozgás, táplálkozás, keringés
- Endokrin metabolizmus



Populáció

- Kolonizáció
- Predáció
- Reprodukció



Ökoszisztéma

- Viselkedés
- Dinamika
- Szolgáltatások



Környezeti relevancia

Ökológiai
betekintés

INTEGRÁLT MÓDSZEREGYÜTTES

Fizikai-kémiai
módszerek

Talajökoszisztéma
jellemezése

Ökotoxikológiai
tesztek



Ökotoxikológiai tesztek osztályozása

- Fajok száma
- Tesztorganizmus rendszertani besorolása
- Tesztelendő ökoszisztéma
- Vizsgált környezeti elemek és fázisok
- Teszt időtartalma
- A tesztrendszer komplexitása
- Expozíciós scenárió
- Tesztelés célja
- Teszt típusa
- Mérési végpontok

Ökotoxikológiai tesztek osztályozása

▪ Fajok száma szerint

- Egy fajt alkalmazó teszt
 - Jól ismert, kontrollált forrásból
- **Több fajt alkalmazó teszt (mikrokozmosz, mezokozmosz, szabadföldi vizsgálatok)**
 - Kölcsönhatás a fajok között

▪ A tesztorganizmus rendszertani besorolása

- Baktérium
- Alga
- Protozoa
- Gomba
- Növény
- Állat
- Több faj együtt

Több fajt alkalmazó ökotoxikológiai tesztek

Több fajt alkalmazó tesztek (Callow, 1993) – két vagy több faj kölcsönhatása

A bioteszt leírása	Vizsgált tulajdonság
Két baktérium törzs kompetíciós tesztje Időtartam: 5 nap	<i>A kompetíció eredménye</i>
Mikrobiális préda- predátor teszt Időtartam: 3–5 hét	<i>Préda, predátor egyedszáma</i>
Mikrokozmosz tesztek* Időtartam: 3–10 hét	<i>Egyedszám, fajösszetétel, légzés, heterotróf aktivitás</i>
Mezokozmosz tesztek* Időtartam: 5–6 hónap	<i>Egyedszám, fajösszetétel, anyagcsere körforgalmak</i>

+ **Szabadföldi vizsgálatok** (direkt)

***Mikrokozmosz:** 100 cm³ térfogatú rázatott lombiktól vagy 500 kg-os tenyészedény kísérlettől több száz liter térfogatig. Laboratóriumban. **Mezokozmosz:** valóságos ökoszisztéma hűségesebb modellje. Több trófikus szint. Általában szabadban. Sokszor az ökoszisztéma izolált része.

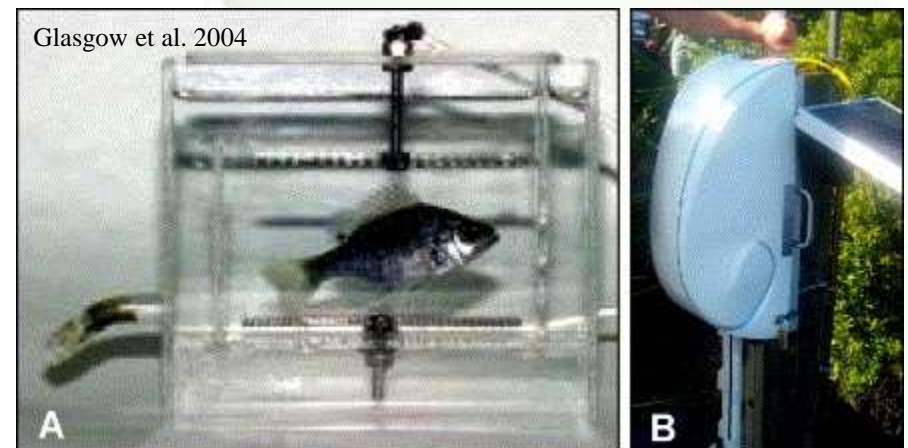
Mikrokozmosz / mezokozmosz

<http://www.glerl.noaa.gov>



Szabadszíri vizsgálát

- Megfigyelés vagy kísérlet
 - Pl. *in situ* biomonitoring
 - Indikátor-organizmusok vizsgálata (passzív biomonitoring)
 - Vizsgáló által a környezetbe helyezett organizmus (aktív biomonitoring)
- Természetes rendszerek időszakos, térbeli és evolúciós heterogenitása
- Nehéz, drága, ellentmondásos



Ökotoxikológiai tesztek osztályozása

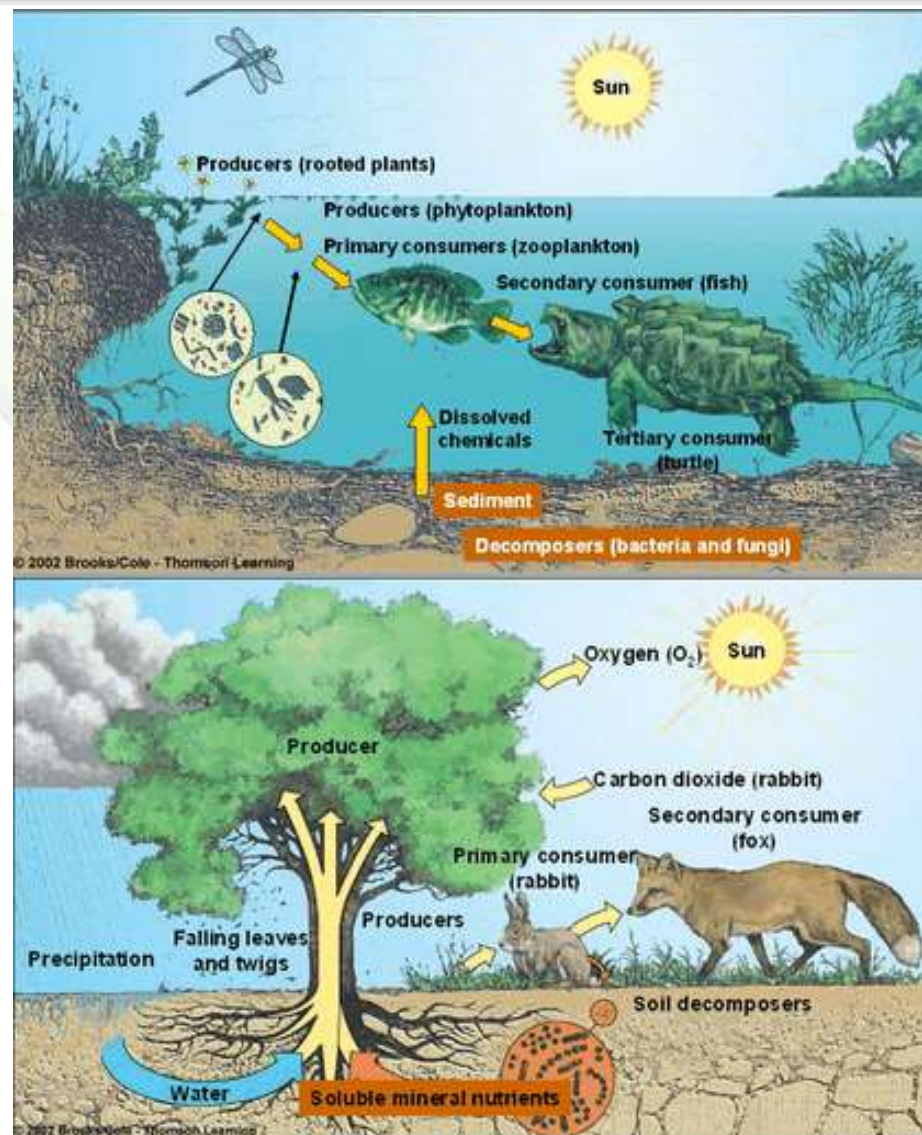
▪ Tesztelendő ökoszisztéma

– *Vízi ökoszisztéma*

(víz + üledék)

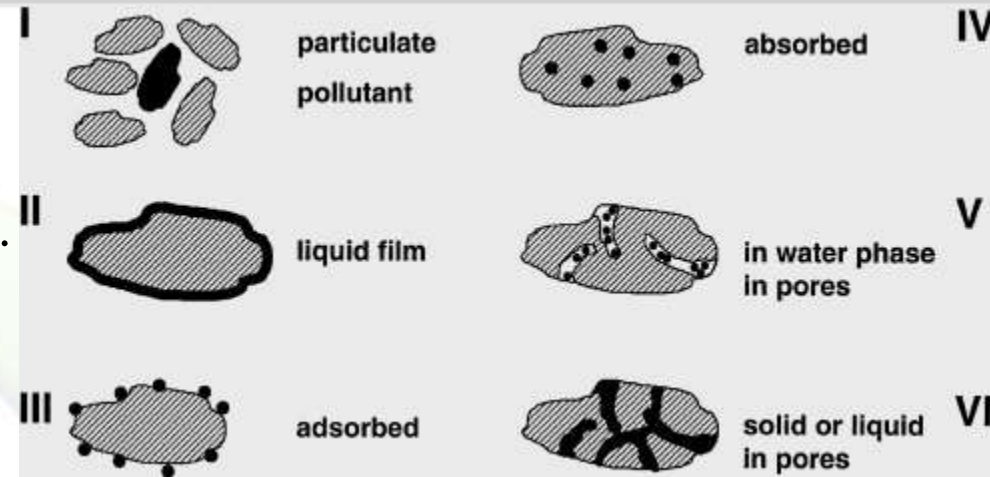
- Tengeri ökoszisztémák
- Édesvízi ökoszisztémák

– *Szárazföldi ökoszisztéma*



Ökotoxikológiai tesztek osztályozása

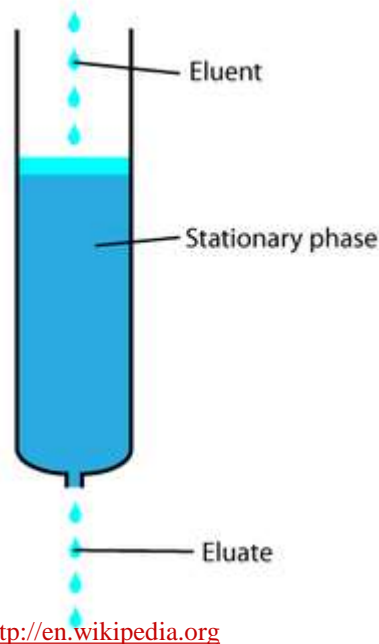
- A vizsgált környezeti elemek és fázisok
 - Víz és pórusvíz
 - Extraktumok, eluátumok, csurgalékok, stb.
 - Szilárd fázisú minták: teljes talaj, teljes üledék, szilárd hulladék



F. Volkering, A.M. Breure, W.H. Rulkens: Microbiological aspects of surfactant use for biological soil remediation , Biodegradation, 8 (1998), p. 401



<http://essre.rpcs.org/>



<http://en.wikipedia.org>



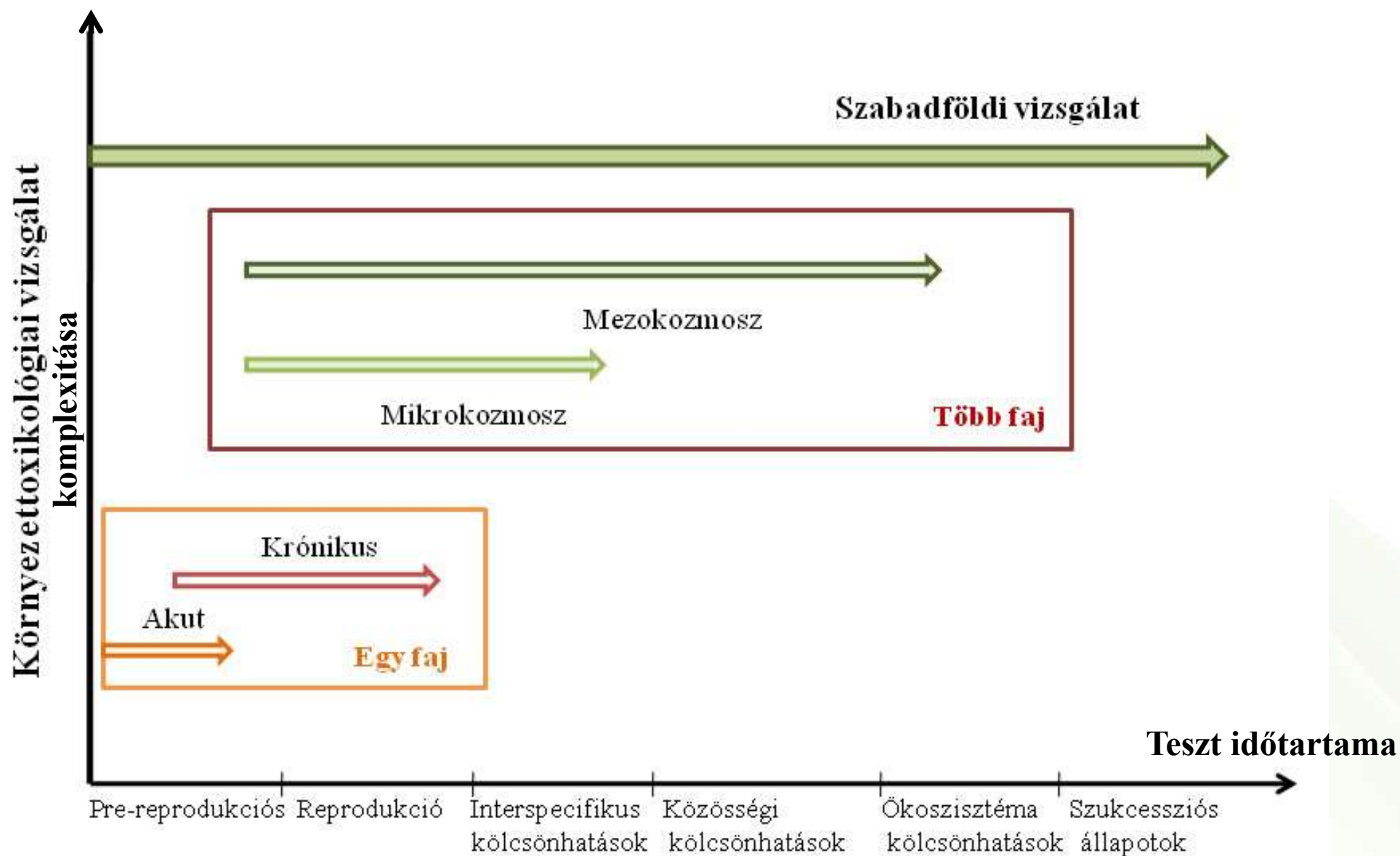
<http://www.epa.gov/region8/superfund/siteassess.html>

Ökotoxikológiai tesztek osztályozása

▪ Teszt időtartama

- **AKUT = Rövid idejű (a tesztorganizmus élettartamához képest)**
 - 24–48 óra (*Daphnia*, hal, patkány stb.), mikroorganizmusok esetén néhány perc is lehet (pl. *Aliivibrio fischeri* lumineszcencia gátlás)
 - Nincs reprodukció
- **KRÓNIKUS = Hosszú idejű (a tesztorganizmus élettartamához képest)**
 - Függ: tesztorganizmus élettartalma és reprodukciós ciklusa
 - Tesztorganizmus élettartamának nagy részét magába foglalja
 - Ált. egy-két generációt fognak át
 - **Növekedési (szaporodási) teszt**
 - Mikroorganizmusok, algák, állati egysejtűek biomassza produkciója vagy sejtszáma, mint végpont
 - **Reproduktivitási teszt**
 - Szaporodási képesség és utódok fejlődési rendellenességei (magasabb rendű élőlények)

Osztályozás a rendszer komplexitása alapján



Ökotoxikológiai tesztek osztályozása

▪ Expozíciós scenárió

- Teljes test
- Belélegzés
- Bőrkontaktus
- Szájon át / etetési kísérletek
- Kontrollált mennyiség gyomorba juttatása
- Ismert mennyiség beinjektálása (intramuszkuláris, intravénás)



<http://beachvethospital.blogspot.hu/>



<http://www.lssu.edu/>

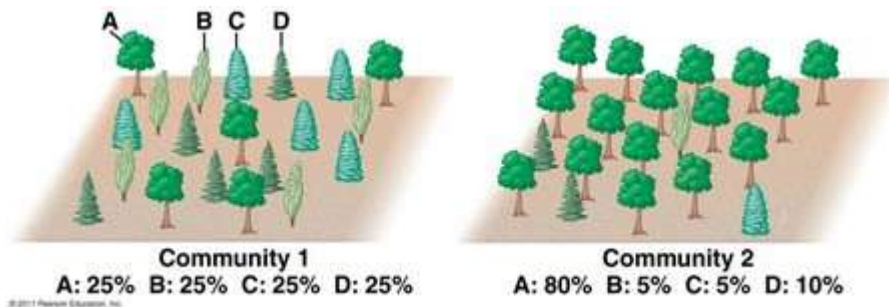


<http://rheearagones-clinicalchemistry.blogspot.hu/>

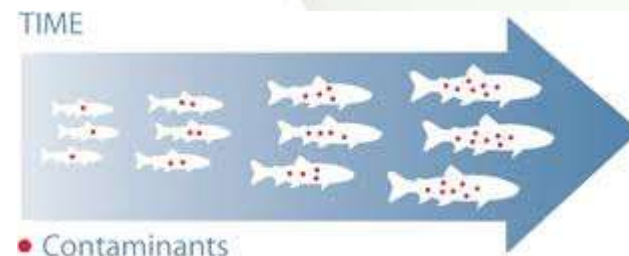
Ökotoxikológiai tesztek osztályozása

■ Teszt típus

- Laboratóriumi teszt (bioassay): akut, krónikus toxicitás, mutagenitás, teratogenitás
- Mikrokozmosz, mezokozmosz (több fajt alkalmazó toxicitási teszt)
- *In situ* biomonitoring (aktív, passzív)
- Diverzitás
- Biodegradáció
- Bioakkumuláció



<http://www.bio.miami.edu/>



Ökotoxikológiai tesztek osztályozása

Az ökotoxikológiai tesztelés célja

- Vegyi anyagok
- Környezeti minták
- Keverékek, hulladékok
- Biomonitoring (integrált monitoring)
- Korai figyelmeztető rendszerek
- Hatáson alapuló környezetminőségi kritériumok képzése
- Közvetlen, hatáson alapuló döntési rendszerek

toxicitásának, mutagenitásának
és teratogenitásának vizsgálata



<http://www.vims.edu/>



<https://www.dnr.illinois.gov/>



www.academia.dk/

Ökotoxikológiai tesztek osztályozása

▪ Leggyakoribb mérési végpontok

- ***Toxicitási tesztek:*** növekedés (sejtszám, tömeg, gyökérhossz, klorofill tartalom), túlélés, halál, immobilizáció, légzés: O₂ fogyasztás, CO₂ termelés, enzimaktivitások, stressz-fehérjék megjelenése, ATP termelés, szaporodás, lumineszkálás etc.
- ***Mutagenitási teszt:*** mutánsok száma, revertánsok száma, kromoszóma hibák
- ***Rákkeltő hatás:*** tumorok
- ***Teratogenitási teszt:*** reprodukтивitás, citogenetikai jellemzők
- ***Biodegradációs tesztek:*** O₂ fogyasztás, szubsztrát fogyás, termék képzés, CO₂ termelés
- ***Bioakkumulációs tesztek:*** az akkumulált vegyi anyag kémiai analízise

Értékelés és interpretáció

Koncentráció (dózis) – válasz összefüggés tesztelése

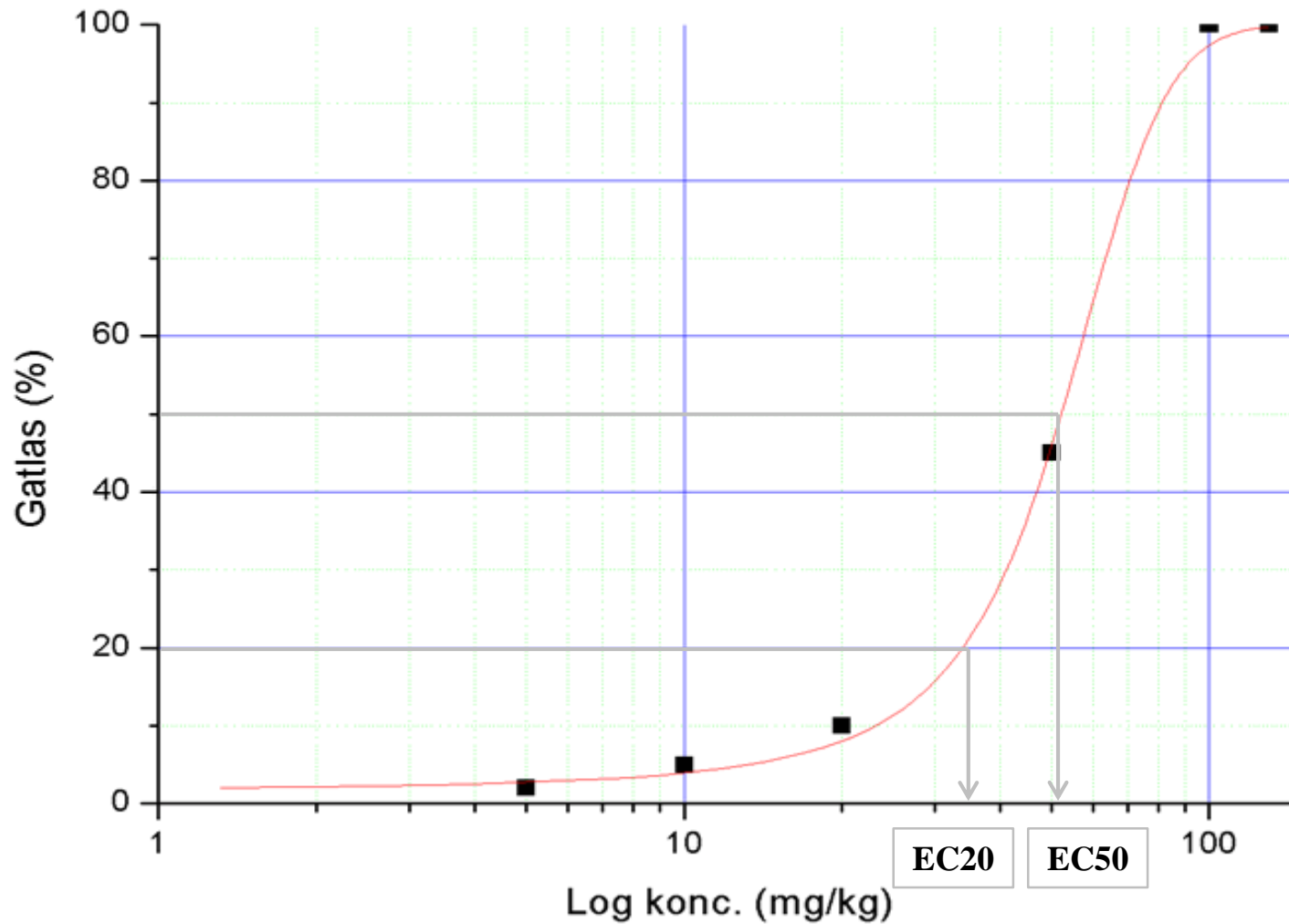
- **Mérési végpont:** a tesztorganizmus mérhető válasza; biokémiai, fiziológiai, viselkedési, populációs, közösségi jellemzők és ökoszisztéma hatások (bárhol megválasztható).
- **Vizsgálati (teszt) végpont:** a mérési végpontból statisztikai értékeléssel és számítással kapott, a toxicitást vagy más káros hatást jellemző érték. Kockázat mértékének megállapításához, döntések előkészítéséhez.

A jellemző koncentrációt a **koncentráció (dózis) – válasz (hatás) görbéről** olvassuk le: az értékelés mindig statisztikai / grafikus.

- **Dózis:** az aktuális anyagmennyiség, amely az organizmusba bekerül a különböző expozíciós útvonalakon keresztül.
 - Humán toxikológia (beinjektált, megetetett mennyiség)
- **Koncentráció:** a vegyi anyag aktuális koncentrációja a környezeti elemekben vagy fázisban, mellyel a tesztorganizmus kapcsolatba kerül.

Koncentráció-válasz összefüggés

Szigmoid (S-alakú) görbe



Akut toxicitás - végpontok

Akut toxicitás mérése esetén (rövid idejű kitettség) a koncentráció – hatás görbéről leolvashatjuk a 10, 20, 50 vagy 90 %-os gátlást okozó koncentrációt:

LC₁₀, LC₂₀, LC₅₀, LC₉₀ = letális koncentráció (**Lethal Concentration**), mely a teszt-organizmus 10, 20, 50 vagy 90%-ának pusztulását okozza.

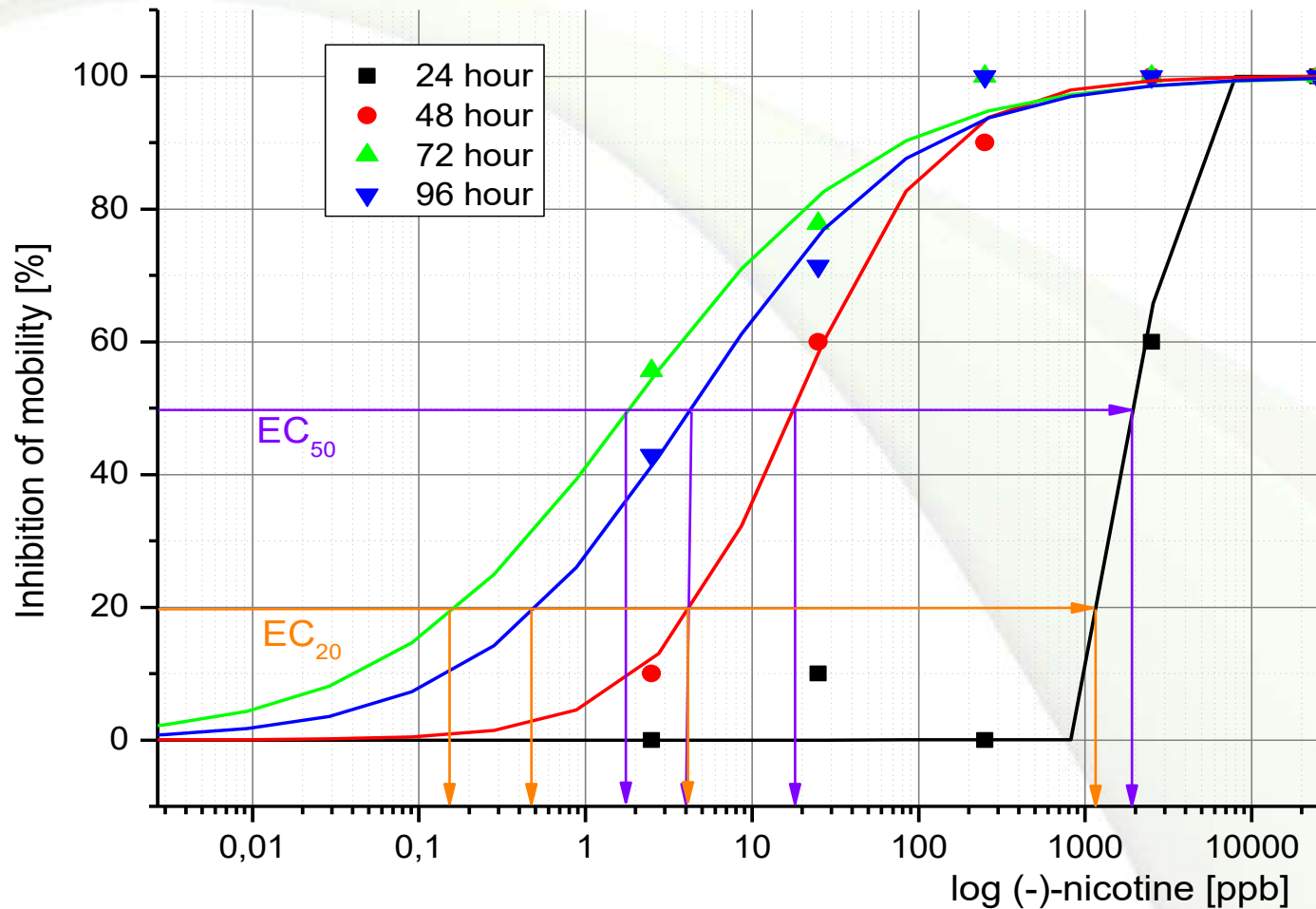
EC₁₀, EC₂₀, EC₅₀, EC₉₀ = hatásos koncentráció (**Effect Concentration**), mely a mérési végpont 10, 20, 50, 90%-os gátlását okozza.

LD₁₀, LD₂₀, LD₅₀, LD₉₀ = letális dózis (**Lethal Dose**), mely a tesztorganizmus 10, 20, 50 vagy 90%-ának pusztulását okozza.

ED₁₀, ED₂₀, ED₅₀, ED₉₀ = hatásos dózis (**Effect Dose**), mely a mérési végpont 10, 20, 50, 90%-os gátlását okozza.

Koncentráció-válasz görbe: példa

Concentration-response curve of *Daphnia magna* with (-)-nicotine



Koncentráció-válasz összefüggés - egyenértékek

- Környezeti minta: ismeretlen vegyi anyagok ismeretlen koncentrációban
 - Toxicitás valamilyen vegyület ekvivalens koncentrációjában történő megadása
 - Rézegyenérték (pl. *Aliivibrio fischeri* lumineszcencia gátlási teszt)
 - 4-klórfenol egyenérték

$$\sum_{Cu} 50 = \text{Összegzett gátlás } 50 = (EC50_{Cu} / EC50_{minta}) * 10^3$$

Krónikus toxicitás - végpontok

Krónikus toxicitás vizsgálatából , a koncentráció-hatás görbe alapján grafikusan, vagy statisztikai módszerekkel meghatározott értékeket szokták megadni:

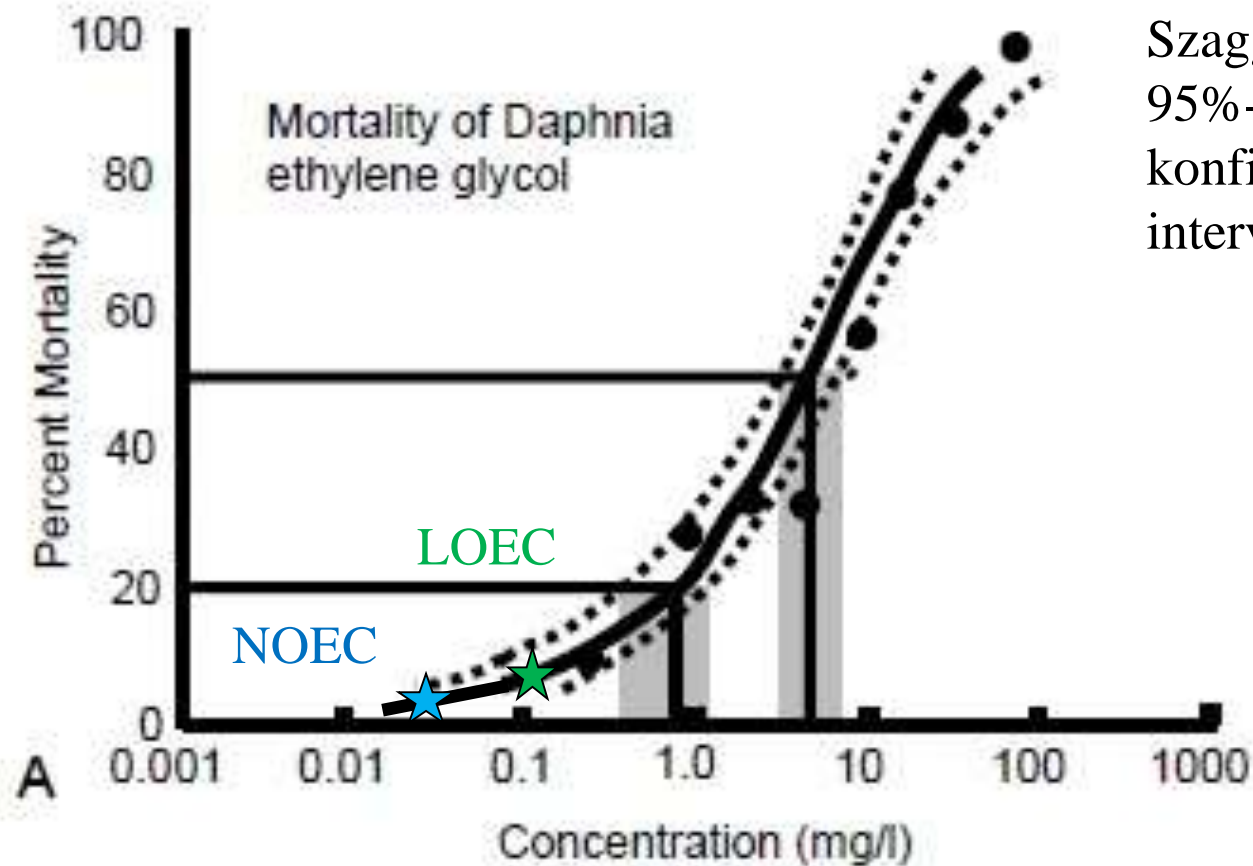
NOEC/NOEL = (No Observed Effects Concentration/Level), az a legnagyobb koncentráció/dózis, amelynek nincs megfigyelhető hatása.

NOAEC/NOAEL = (No Observed Adverse Effects Concentration/Level), az a legnagyobb koncentráció/dózis, amely még nem okoz megfigyelhető káros hatást.

LOEC/LOEL = (Lowest Observed Effects Concentration/Level) az a legkisebb koncentráció/dózis, amelynek hatása már megfigyelhető.

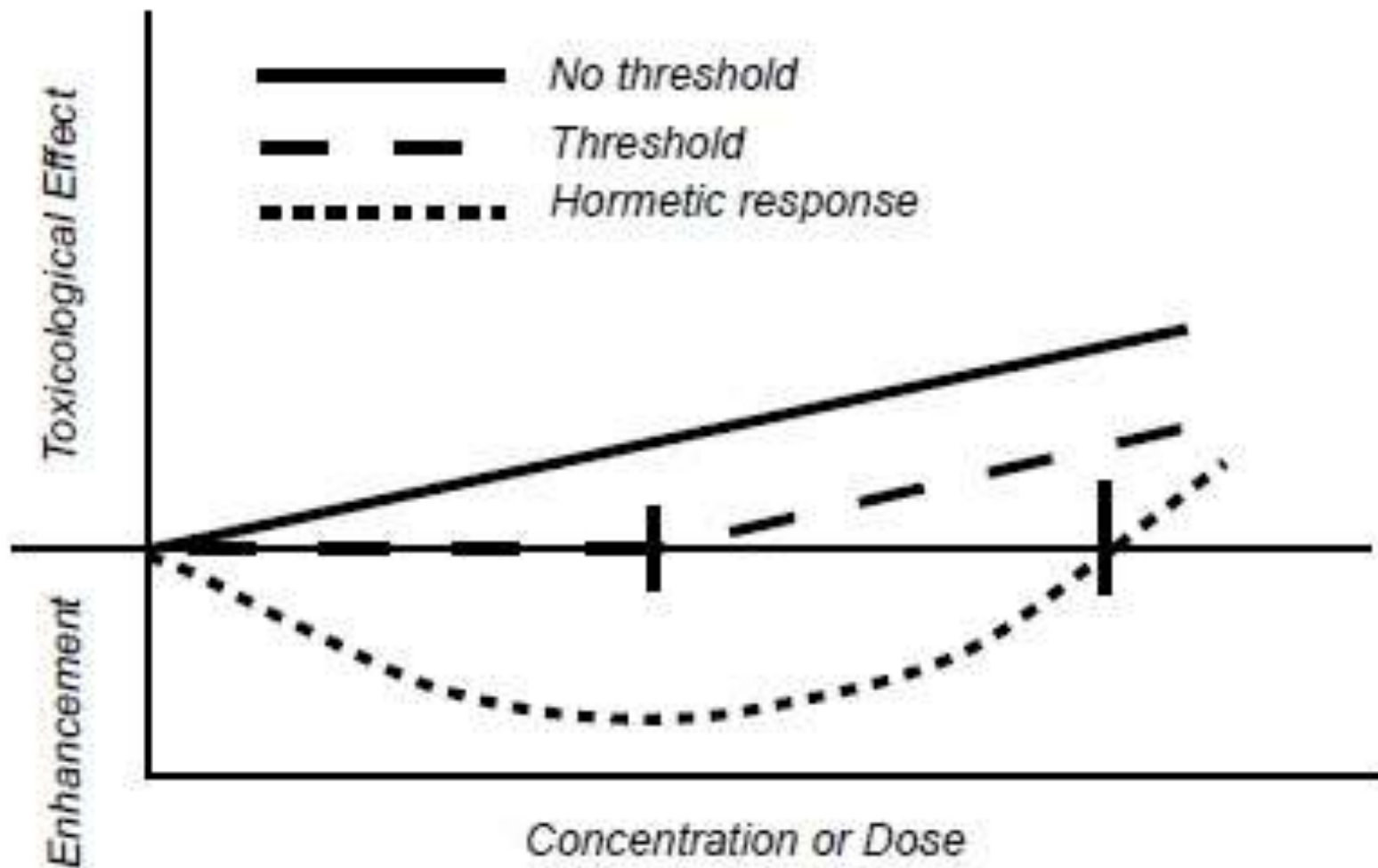
MATC = (Maximum Allowable Toxicant Concentration), a szennyezőanyag maximális, még megengedhető koncentrációja.

Krónikus toxicitás – végpontok számítása, statisztikai értékelés



Szaggatott vonal:
95%-os
konfidencia
intervallum.

Vegyianyagok hatása kis koncentrációknál



Toxicitási tesztek eredményeinek megbízhatóságát, jóságát befolyásoló tényezők

- A minta mérete és az ismétlések száma
- A megfigyelt végpontok száma
- A vizsgált koncentrációsor (dózissorozat) tagjainak száma, a vízszintes tengely felbontása
- A végpont mérhetősége
- A vizsgált szervezet vagy populáció változékonysága a végpont szempontjából
- Az értékeléshez alkalmazott statisztikai módszer

A tesztorganizmus: általános követelmények

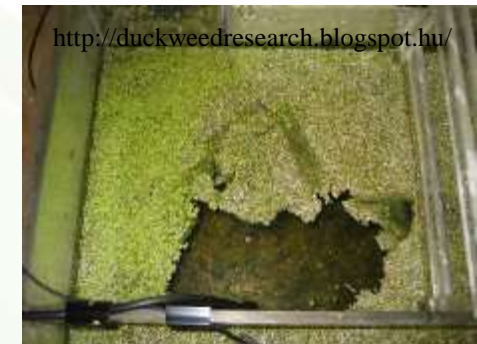
1. Hozzáférhetőség: a tesztorganizmus széles körben elérhető legyen

- Laboratóriumi kultúra
- Más kultúrák, törzsgyűjtemények
- Gyűjtés szabadföldről



2. Fenntartás

- Laboratóriumban fenntartható és tenyészthető legyen
 - Fenntartási nehézségek: táplálás, túlszaporodás, stressz
- Nagy mennyiségben elérhető, beszerezhető legyen



3. A tenyészet genetikai tulajdonságai

- Ismert genetikai összetétel
- Ismert genetikai történet (norvég patkány, *Escherichia coli*)

4. Érzékenysége

- Relatív érzékenység a toxikus szennyezőanyagra
 - Speciális érzékenység egy vagy több szennyezőanyagra
 - Széles spektrumú érzékenység



<http://ratremover.com/>

A tesztorganizmus: általános követelmények

5. Mérés végpontja

- Jól mérhető végpont pl. sejtszám, növényi gyökér- és szárhossz stb.

6. Ne legyen patogén, ne hordozzon más kockázatot

7. Mennyire reprezentálja az ökoszisztémát

- Érzékenysége legyen jellemző rendszertani egységére
 - Lehet a legérzékenyebb
 - Érzékenyebb, mint az ökoszisztéma átlaga
 - “Átlagos” érzékenységű
- Milyen rendszertani egységet (család, stb.) reprezentál

8. Koncentráció - válasz összefüggés

- A válasz legyen arányos a toxikus anyag koncentrációjával
- A hatásos koncentrációtartomány széles legyen

9. A teszt ismételhetsége, statisztikája

Tesztmódszerek standardizációja

- ASTM (American Society for Testing and Materials)
- OECD (Organization of Economic Cooperation and Development)
- ISO (International Organization for Standardization)
- DIN (Deutsches Institute für Normung)
- MSZ (Magyar Szabvány)
- ...



A standardizálás előnyei

- A teszt eredmények egységessége és összehasonlíthatósága
- Standard tesztorganizmusok törzsgyűjteményekből, kereskedelmi forgalomban kapható
- Eredmények ismételhősége más laborok által
- Döntések támogatására alkalmas
- Egyszerű logisztika, kicsi vagy nincs fejlesztési munka
- Más laborok eredményeinek használhatósága ha nagy mennyiségű adatra van szükség (pl. QSAR, kockázatfelmérés)
- Alapul szolgálhat és módosítható specifikus kutatási kérdések megválaszolásához

A standardizálás hátrányai

- Általánosan megtervezett módszerek specifikus kérdések megválaszolására
 - A vegyi anyagok toxicitásának rangsorolására alkalmas
- Bonyolultabb kérdések és különleges tulajdonságú vegyületek → a standard módszertől való eltérés szükséges
- Nem szabad vakon használni!
- Először fel kell tenni a kérdést, utána megtalálni vagy kidolgozni a legmegfelelőbb módszert!



KÖRNYEZETTOXIKOLÓGIA

Laborgyakorlatok, követelmények, értékelés, időpontok

Laborgyakorlatok

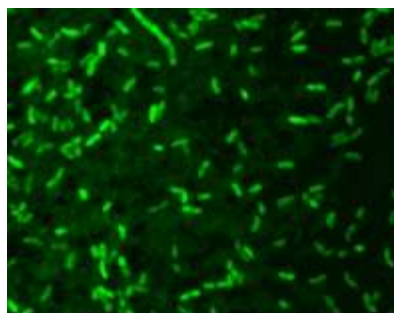
- *Aliivibrio fischeri* biolumineszcencia-gátlási teszt
- *Folsomia candida* mortalitási teszt
- Csíranövényteszt
- Talajlégzés mérése és jellemzése különböző rendszerekben
- Talajmikrobiológiai vizsgálatok
- Vízi tesztorganizmusok környezettoxikológiai tesztelésre

Aliivibrio fischeri biolumineszcencia gátlási teszt

- Tesztorganizmus: *Aliivibrio fischeri* (*Vibrio fischeri*, *Photobacterium phosphoreum*)
Tengeri baktérium, fényt emittál
A kurtafarkú tintahal hordozza a *Aliivibrio fischeri*-t az úgynevezett "fény szervben".
- A teszt elve a *Aliivibrio fischeri* által emittált lumineszcens fény detektálása; toxikus anyagok jelenlétében a fényemisszió csökken.



Kurtafarkú tintahal
Euprymna scolopes



Baktériumszuszpenzió
mikroszkópos képe
(fluoreszcens festett sejtek)



Folyadék kultúra
jól megvilágított
helyen



Folyadék kultúra
sötétben

Aliivibrio fischeri biolumineszcencia gátlási teszt

- **Teszt típusa:** bakteriális, akut toxicitási teszt
- **Az *Aliivibrio fischeri* érzékenysége:** mind nehézfémekre, mind szerves makro- és mikro-szennyezőanyagokra érzékeny
- **Végpont:** lumineszcencia intenzitáscsökkenése, a minta hígítási sorából EC_{20} , EC_{50} illetve ED_{20} , ED_{50} határozható meg
- **Szükséges műszer:** luminométer
- **Tesztelés időtartama:** 30, 60... perc
- **Alkalmazási terület:** előzetes és részletes állapotfelmérés, kockázatfelmérés, remediáció követése, utómonitoring



FLUOstar OPTIMA készülék

Folsomia candida mortalitási teszt

A *Folsomia candida* (*Collembola*) az ugróvillások rendjébe tartozó, ősi rovar. Apró (3–4 mm hosszú) fehér állatkák.

- Talajban élnek (m²-enként ~ 100 000 állatka)
- Fontos szerepük van a „talajfunkció” fenntartásában
- Hasi tömlővel lélegeznek, talajgőzökre érzékenyen reagálnak.

A vizsgálathoz azonos korú (14 napos) állatkák szükségesek



Kifejlett állat petékkel



Kifejlett egyedek fiatal állatokkal



Kifejlett *Collembola*

Folsomia candida mortalitási teszt

- **Teszt típusa:** állati, akut toxicitási és krónikus (reproduktivitási) teszt
- **A *Folsomia candida* érzékenysége:** nehézfémekre kevésbé, szerves szennyezőanyagokra érzékeny, főleg az illékonyakra és a bőrön át felszívódókra
- **Végpont:** hígításból LD₂₀ és LD₅₀, reproduktivitási teszténél NOEC
- **Szükséges műszer:** citoplaszt mikroszkóp vagy vizuális
- **Tesztelés időtartama:** akut: 5–10 nap, reprodukciós: 20 nap



Növényi biotesztek



<http://www.kertvarazsmagazin.hu/>

- Alkalmazott tesztnövények: fehér mustár (*Sinapis alba*), borsó (*Pisum sativum*), kerti zsázsa (*Lepidium sativum*), retek (*Raphynus sativus*), búza (*Triticum sativum*), zab (*Avena sativa*) és kukorica (*Zea mays*), angolperje (*Lolium perenne*), stb.
- A növényi magokat közvetlenül a talajba (v. agarral kevert talajba) ültetjük → direkt kontakt a növényi gyökerek és a talaj között.

Csíranövény gyökér-, szárnövekedés gátlási teszt

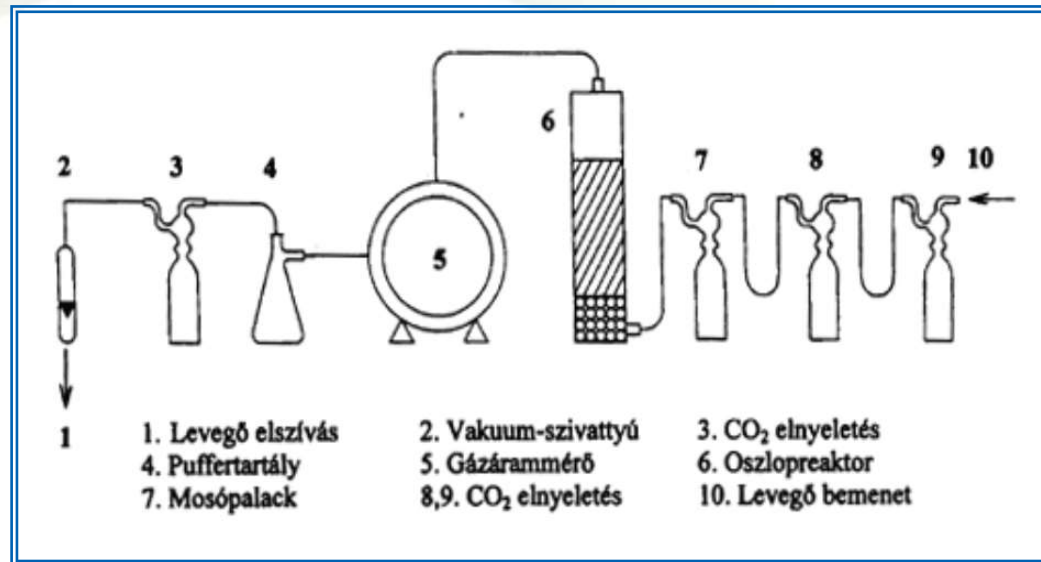
- **Teszt típusa:** növényi, akut toxicitási teszt
- **A *Lepidium sativum* érzékenysége:** a szennyezőanyagok széles skálájára érzékeny
- **Végpont:** biomassa, szár- és gyökernövekedés gátlás százalékban megadva, vagy ED_{20} és ED_{50} a minták hígítási sorozatából.
- **Tesztelés:** Petri-csésze, 5 g nedvesített talaj, 20 mag, 20 °C-on, sötétben
- **Szükséges műszer:** mérleg, vonalzó, vizuális értékelés
- **Tesztelés időtartama:** 3–7 nap

Talajlégzés mérése

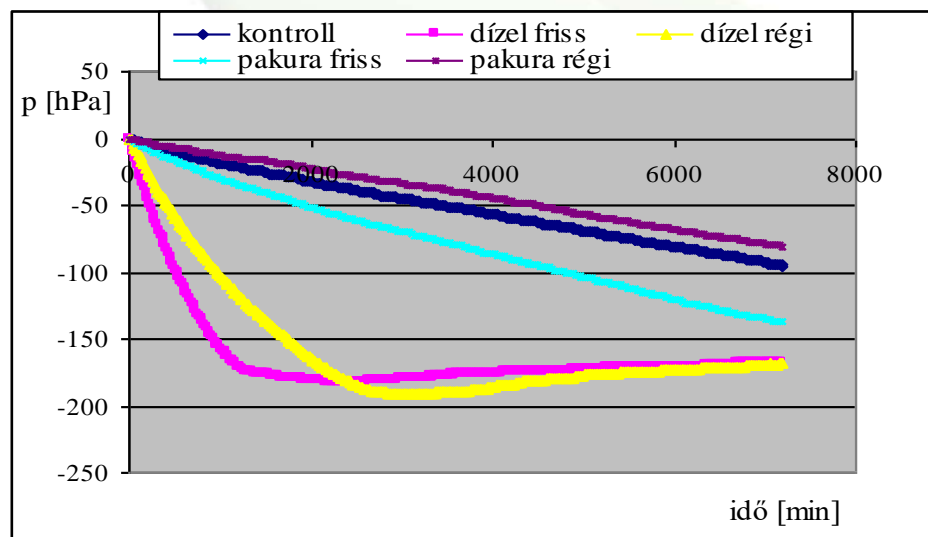
- A talajban lévő mikroorganizmusok aktivitása mérése CO₂ termelés mérésével
 - aktivitás és aktiválhatóság mérés
 - szennyezőanyag bontás intenzitásának mérése (biodegradáció, termelt CO₂ mennyisége arányos az elbontott szennyezőanyag mennyiséggel)
 - remediáció tervezése (pl. levegőztetés hatása, tápanyagadagolás hatása, hozzáférhetőséget növelő adalékanyag hozzáadása)



Dinamikus talajlégzés-mérés

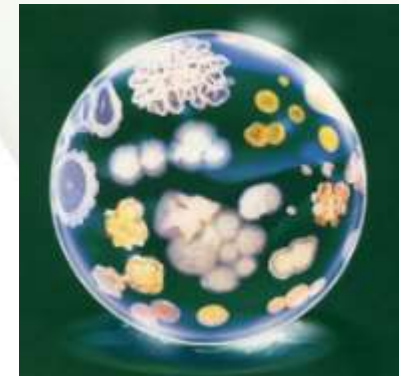
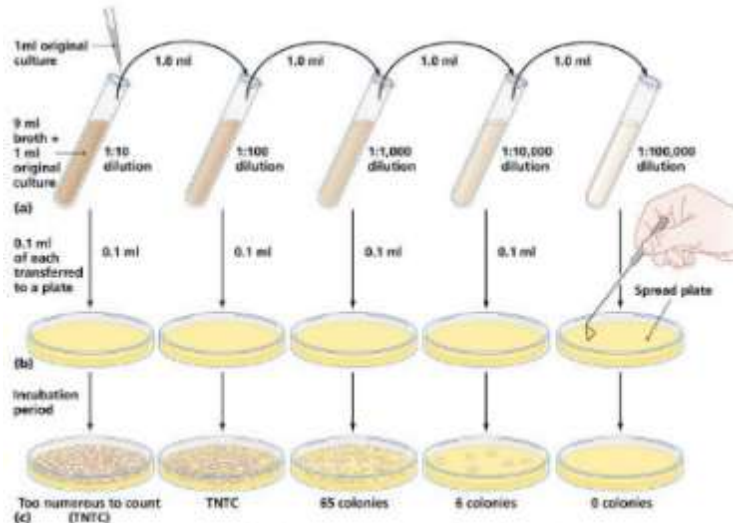


Talajlégzés mérésére zárt palack tesztben



Talajmikrobiológiai vizsgálatok

- Általános talajmikrobiológiai vizsgálatok
 - Összcsíraszám meghatározása
 - Gombaszám meghatározása
- Higiénés talajmikrobiológiai vizsgálatok
 - Coliformszám, fekálcoliformszám meghatározása
 - Fekálstreptococcus-szám meghatározása ...

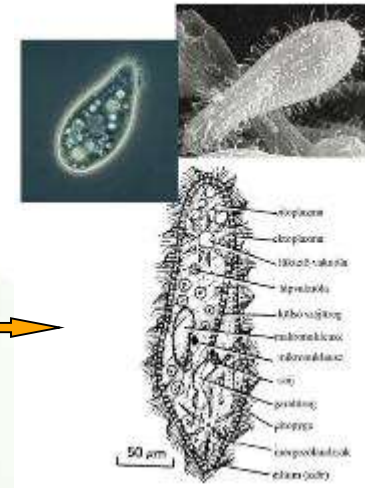


Vízi tesztorganizmusok környezettoxikológiai tesztelésre



← Békalencse: *Lemna minor*

Protozoa: *Tetrahymena pyriformis* (állati egysejtű)



← Vízibolha: *Daphnia magna*

Édesvízi kagylósrák: *Heterocypris incongruens*



Guppi: *Poecilia reticulata*



Halak

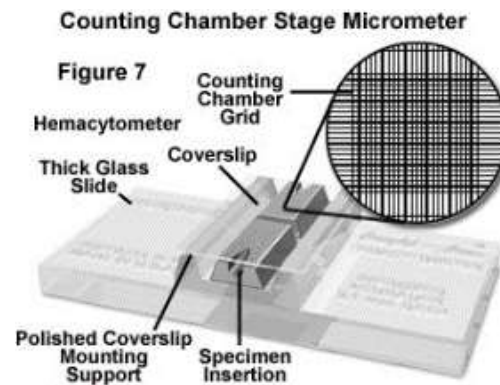
Vízi tesztorganizmusok: felismerés és számolás



Algák



Tetrahymena pyriformis



<http://www.microscopyu.com/>

Feladat: Bürker-kamrás sejtszámlálás

Környezettoxikológia

Feladatok, követelmények

▪ **Laborgyakorlat**

▪ Laborgyakorlat teljesítésének feltétele:

- a laborgyakorlaton való részvétel és
- jegyzőkönyvek leadása (egyéni jegyzőkönyv!)
- Határidő egyeztetése az oktatókkal
- Gyakorlatonként 1 jegy, átlagolás – laborjegy

Elmélet

- Egyéni feladat leadás
- Kis vizsga

IRODALOM

- **KÖRINFO adatbázis:** Dinamikus információs rendszer a környezethatékony és környezettudatos döntéshozatal szolgálatában

www.enfo.hu, www.korinfo.hu

- Hallgatói információk, előadásanyagok:

<http://envirotox.hu/hu/oktatasi-anyagok-hallgatoknak/>

Gruiz K., Horváth B. és Molnár M. (2001):

Környezettoxikológia, Műegyetemi Kiadó, Budapest



Folytatás következik...
Köszönöm a figyelmet!