

FYTOREMEDIACE LÉČIV A JEJICH REZIDUÍ

Petr Soudek

Ústav experimentální botaniky
Akademie věd ČR

*Centralizovaný rozvojový projekt MŠMT č. C29:
„Integrovaný systém vzdělávání v oblasti výskytu a eliminace reziduí léčiv v životním prostředí“*





Dříve, než přistoupíme k výuce, ráda bych se vám předem omluvila za
nevyžádané informace...

NOVÉ KONTAMINANTY

Druhy

- Farmaceutika
- Retardanty hoření
- Antikoncepce
- Parfémy
- Prací prostředky
- Osobní kosmetika

Zdroje



PŘÍČINY KONTAMINACE ŽP LÉČIVY

- Stárnutí populace
- Zvýšený počet cílových receptorů
- Individualizovaná terapie
- Nutraceutika (např. vitamíny)
- Kosmetika
- Citlivější analytické techniky
- Vývoj v oblasti toxikologie a ekotoxikologie



SPOTŘEBA LÉČIV V ČR



Ústav experimentální
botaniky AV ČR, v. v. i.

Léčiva s největším objemem distribuce v počtu balení
v roce 2007

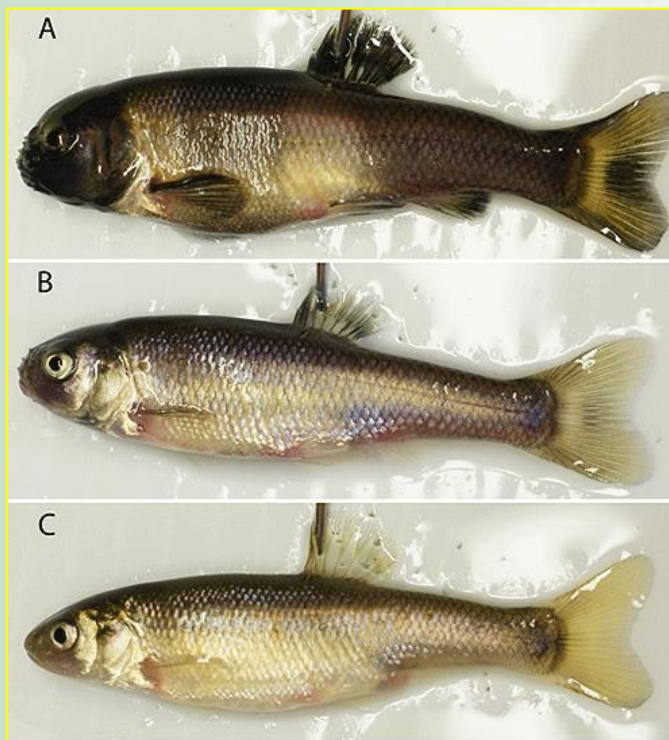
	Léčivá látka	Balení [mil]
1.	paracetamol	15,38
2.	elektrolyty parenterální	10,94
3.	ibuprofen	10,49
4.	kyselina acetylsalicylová (antikoagulancia, antitrombotika)	5,47
5.	paracetamol, kombinace mimo psycholeptik	4,69
6.	kyselina acetylsalicylová (analgetika, antipyretika)	4,08
7.	ambroxol	3,66
8.	xylometazolin	3,58
9.	atorvastatin	3,54
10.	metoprolol	3,54

- uvolňována postupně (od 50. let)
- zvýšený zájem v polovině 90. let
- různorodé látky (různé vlastnosti)
- těžko odhadnutelná toxicita
- prokázaný vliv na vodní organismy (střevle, žáby)
- úměrné prodeji léčiv na daném území
- široké koncentrační rozmezí (ng/l – mg/l)
- prakticky ve všech složkách (voda, půda)
- v ČR zatím nedostatek průzkumů
- nalezeny pouze estrogény v řádu ng/l

COUNTERTHINK



FACT: PHARMACEUTICALS DESTROY
AQUATIC ECOSYSTEMS.



A normalní samec

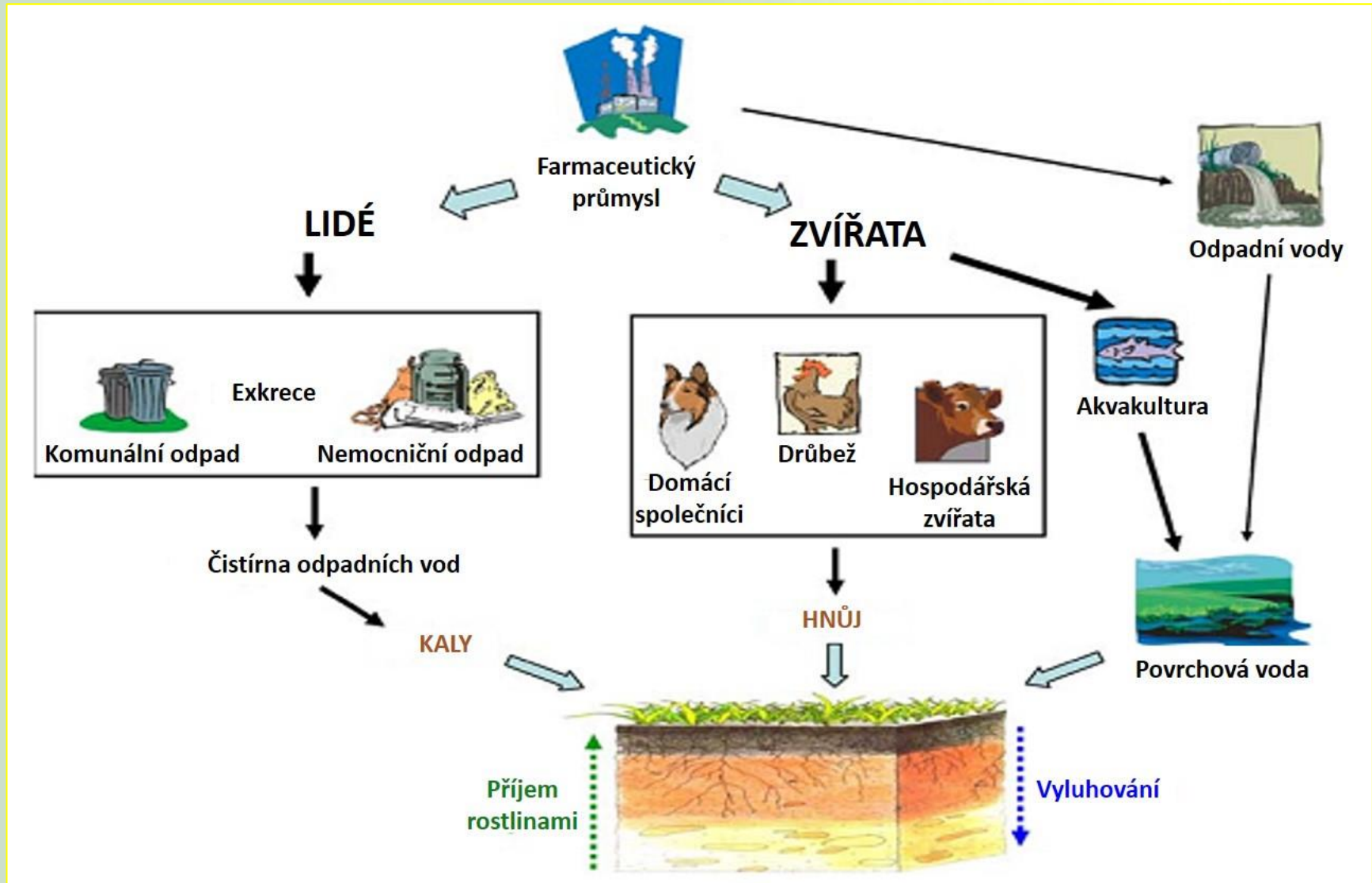
B samec exponovaný ženskými
hormony

C normalní samička

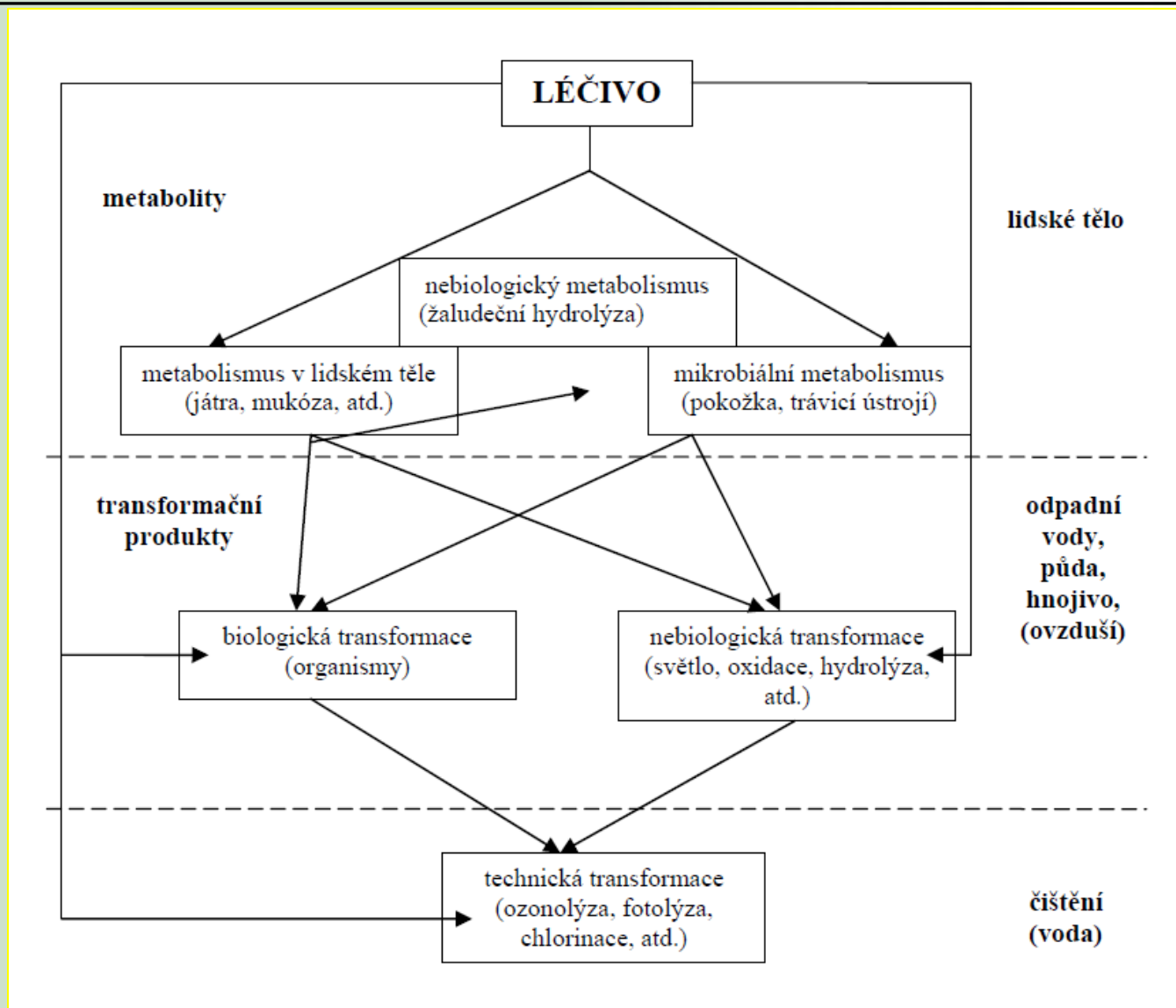
DISTRIBUČNÍ MECHANIZMUS



Ústav experimentální
botaniky AV ČR, v. v. i.



MOŽNOSTI ELIMINACE Z ŽP



PŘÍRODNÍ ATENUACE ?



Ústav experimentální
botaniky AV ČR, v. v. i.

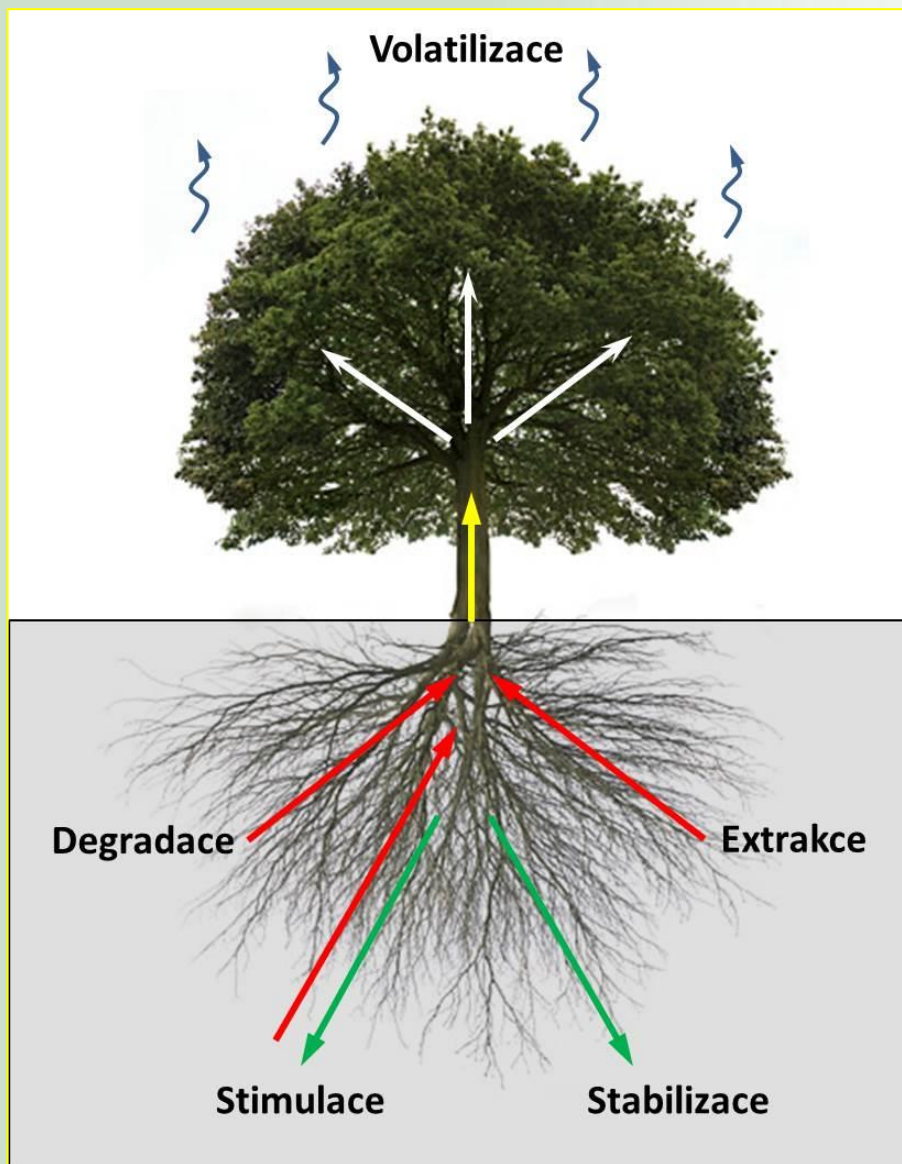


Definice

- Fytoremediace byly definovány jako využití zelených rostlin a s nimi asociovaných mikroorganismů, půdních doplňků a agronomických technik pro odstranění či transformaci kontaminantů z životního prostředí.

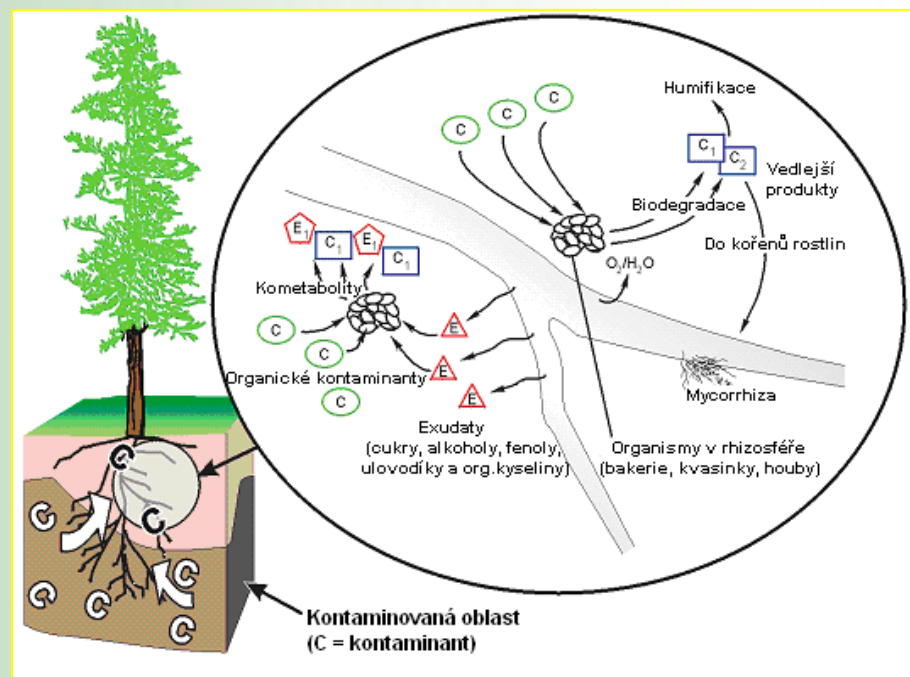
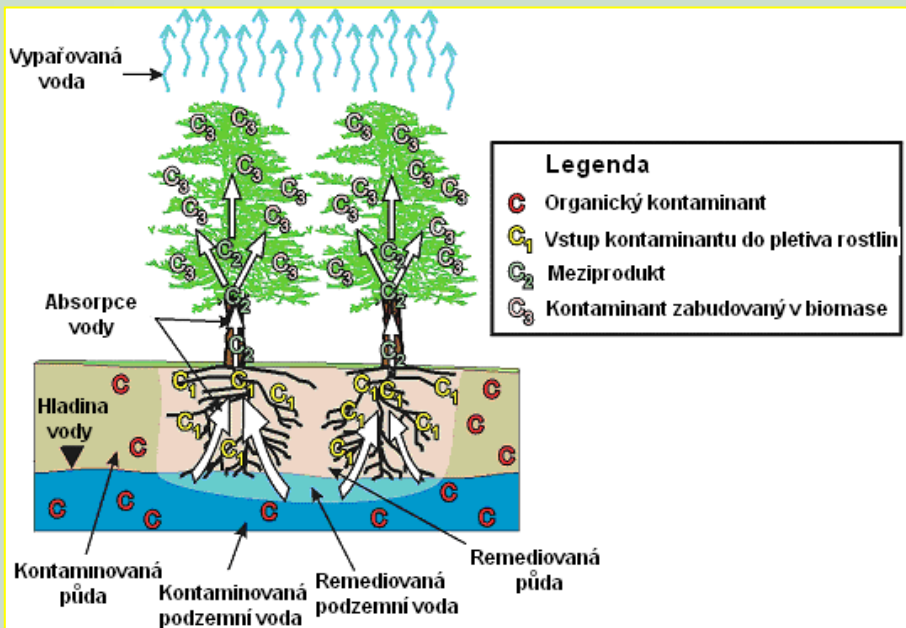


TYPY PROCESU



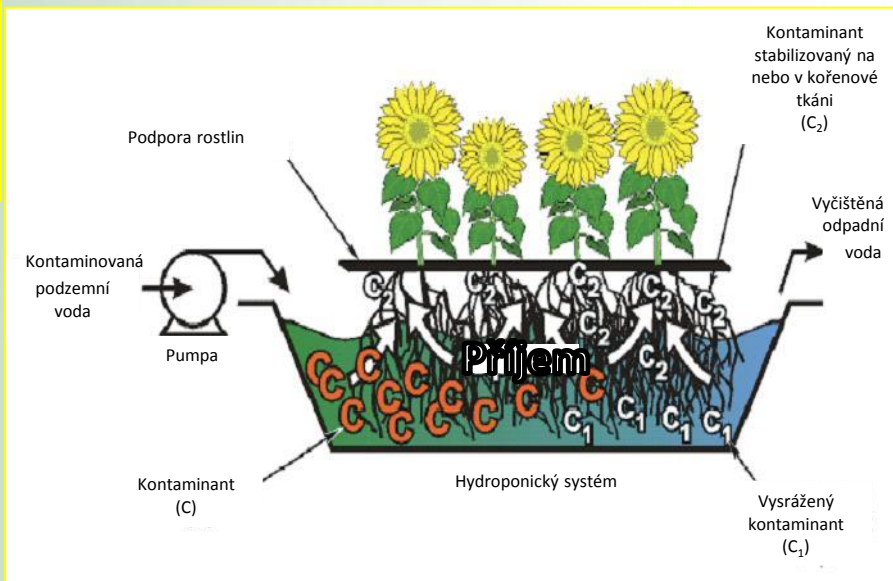
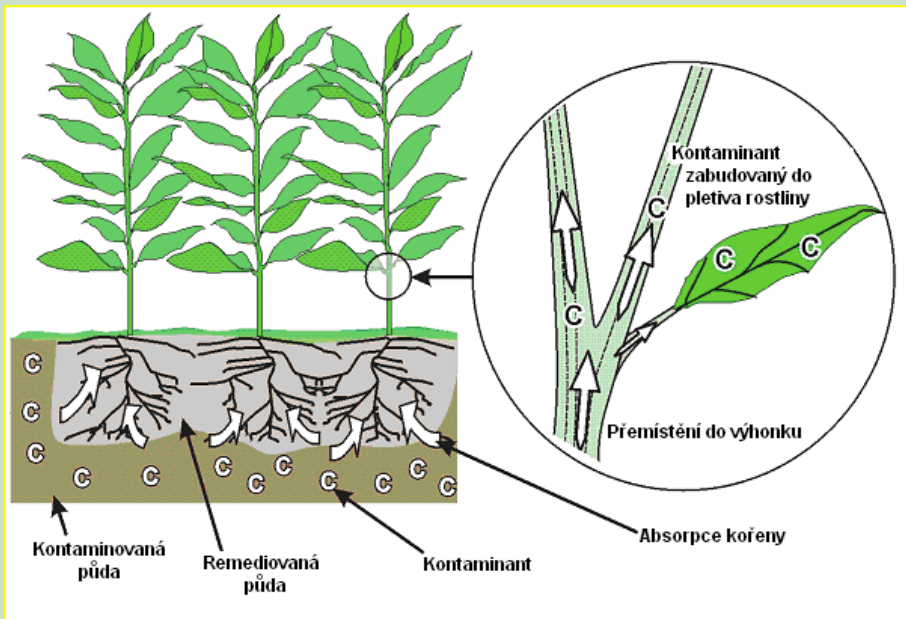
TYPY FYTOREMEDIACE

Fytodegradace a rhizodegradace organických látek



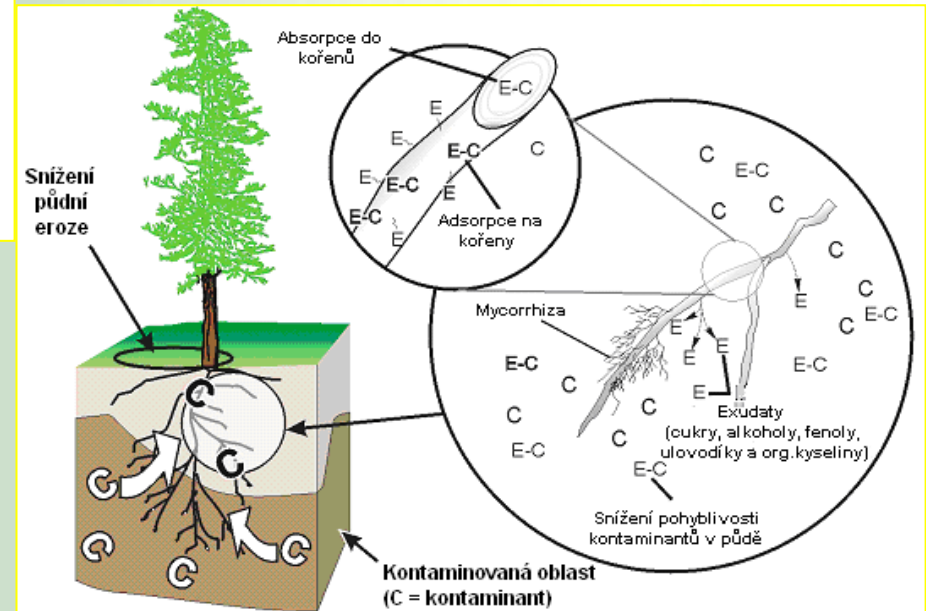
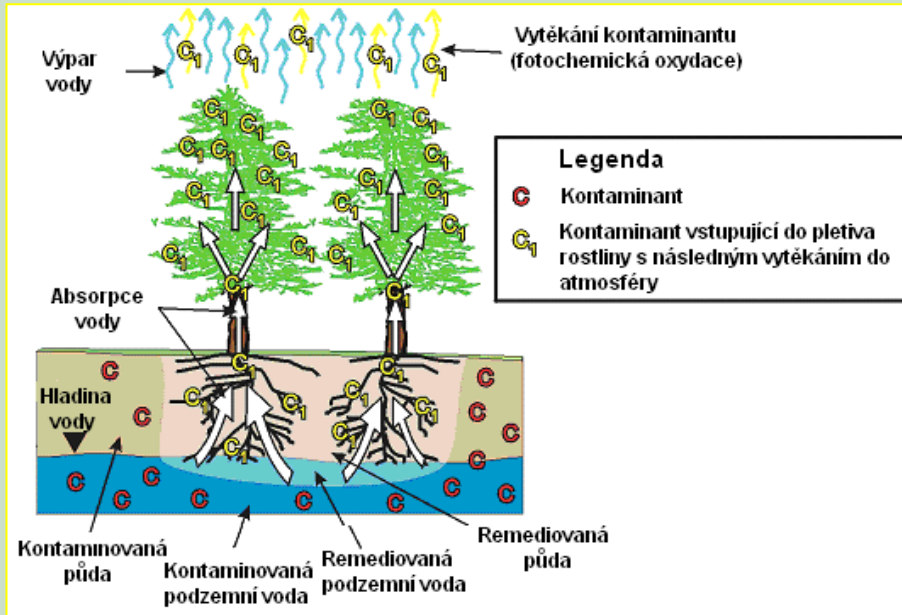
TYPY FYTOREMEDIACE

Fytoakumulace a rhizofiltrace anorganických látek



TYPY FYTOREMEDIACE

Fytovolatilizace a fytostabilizace organických nebo anorganických látek



VÝHODY FYTOREMEDIACE

Definice

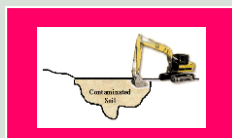
- In situ
- Poháněno solární energií
- Snížení vzdušných a vodních emisí
- Finanční výhodnost
- Akceptovatelné veřejností
- Kompatibilita s klasickými technologiemi



Porovnání množství odpadu (404.7 m²)

Bagrování

Fytoextrakce



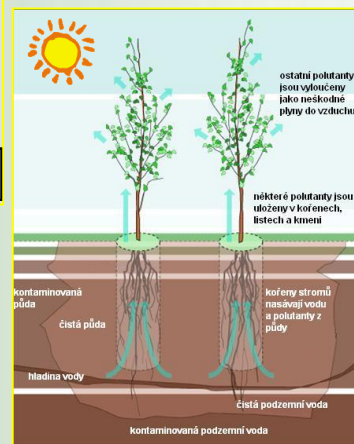
Biomasa

Popel

30 000 tun

1 200 tun

120 tun

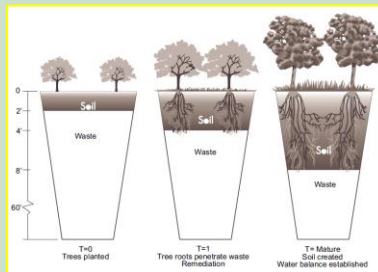
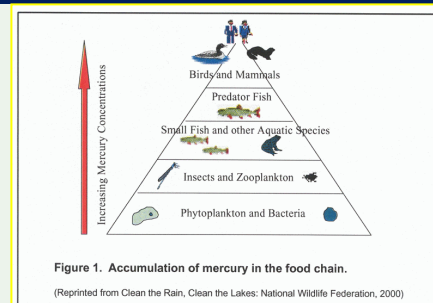
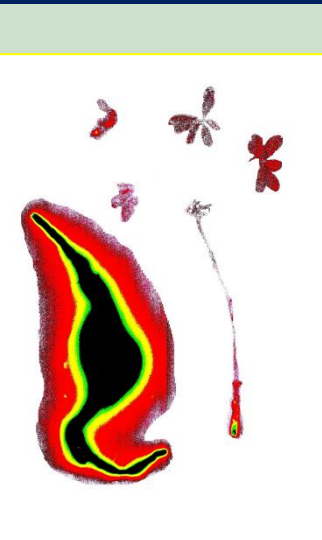
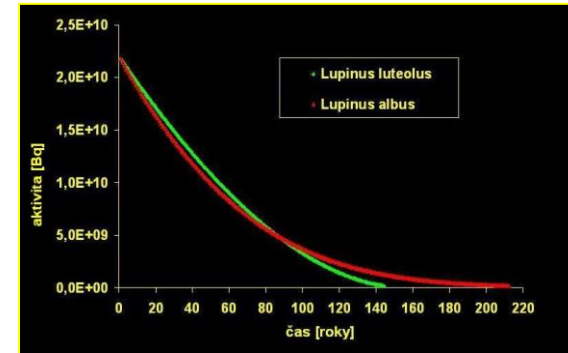


Typ ošetření	Rozpětí ceny \$/tunu
Fytoremediace	10-35
In situ bioremediace	50-150
Půdní venting	20-220
Nepřímé termické	120-300
Promývání půdy	80-200
Solidifikace/stabilizace	240-340
Extrakce rozpouštědly	360-440
Spalování	200-1500

NEVÝHODY FYTOREMEDIACE

Definice

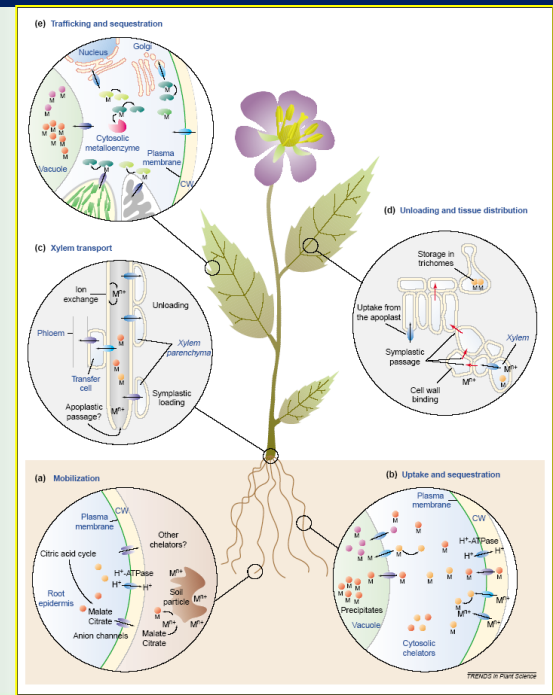
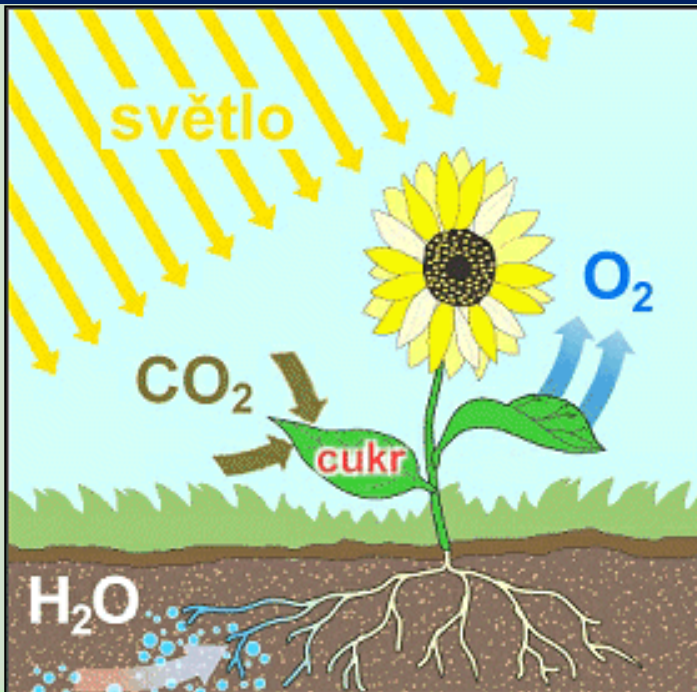
- Nízká tolerance rostlin
- Nízký transport z kořenů do nadzemních částí
- Nízká produkce biomasy u vhodných rostlin
- Neobeznámenost úředníků s technologií
- Nebezpečí kontaminace potravinového řetězce
- Kontaminace je v biologicky nedostupné formě
- Dlouhodobý proces
- Kontaminace pod dosahem kořenů



JAK A PROČ ROSTLINY PRIJÍMĚJÍ KONTAMINANTY ?

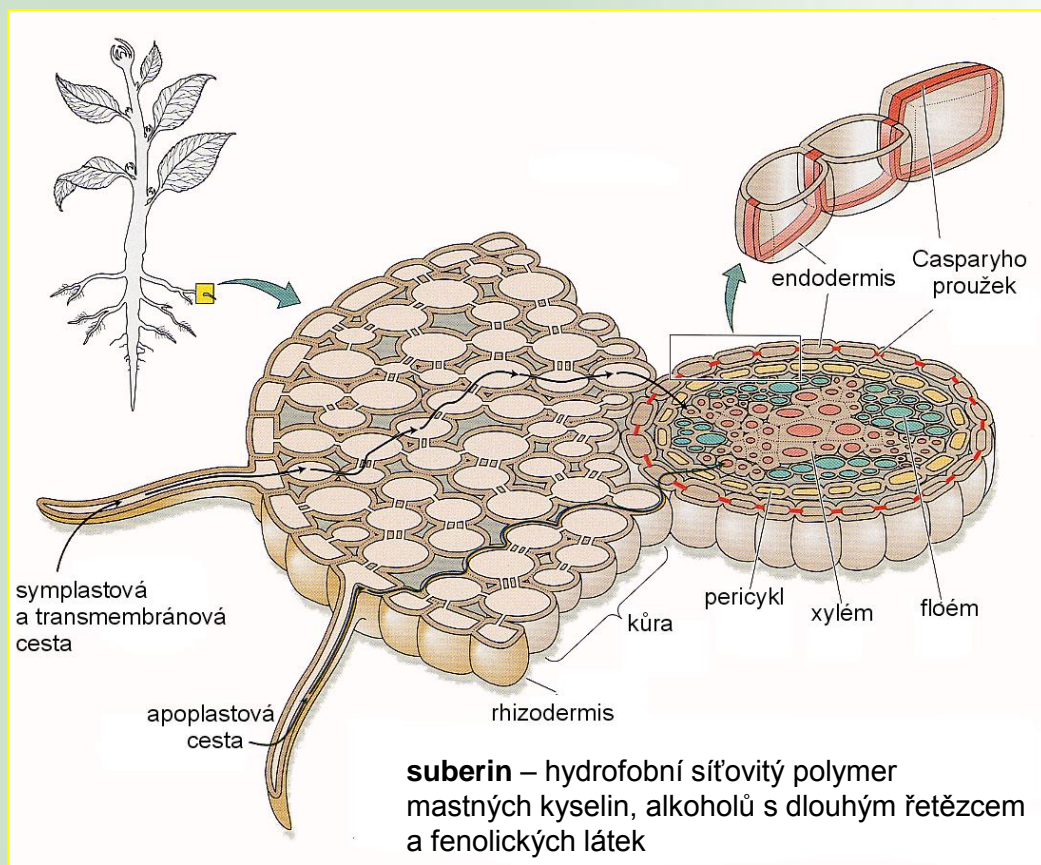
Jak ?

- Přijímají kořeny, především kořenovými vlásky
 - zvětšení povrchu kořene
 - schopnost proniknout do malých půdních pórů
 - účinnější příjem živin ze substrátu (díky menšímu průměru)
- Přijímají díky fotosyntéze
 - zdroj energie
 - vzniká podtlak v rostlině díky odparu vody listy



PŘÍJEM LÁTEK KORENĚ

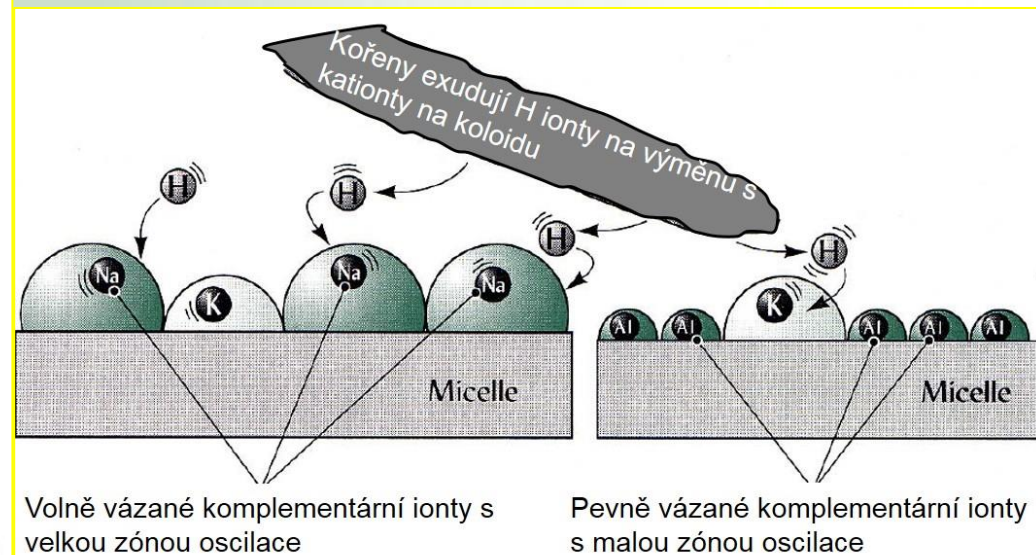
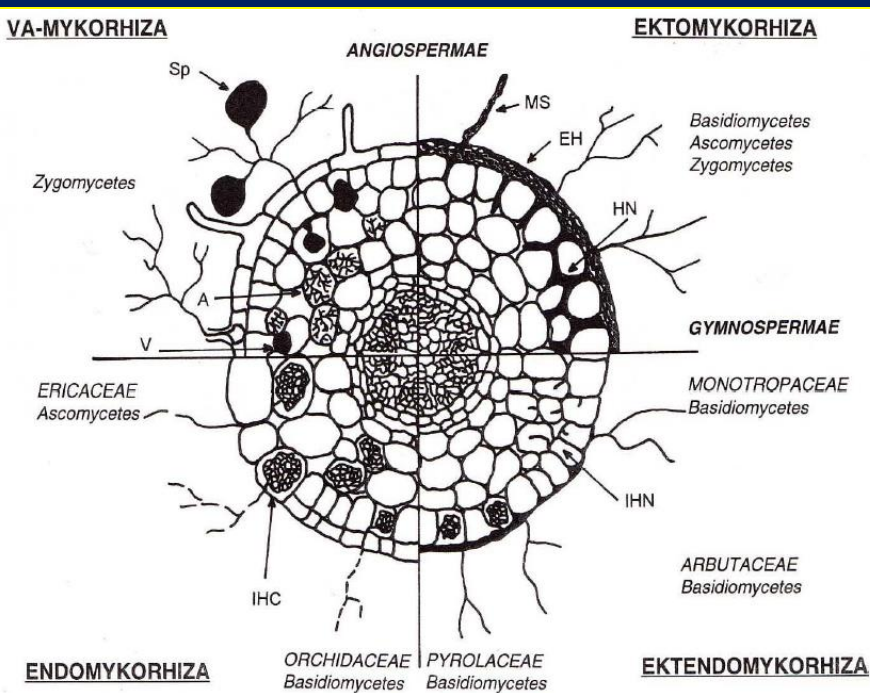
- cesty: apoplast – symplast
- bariéra – plazmatická membrána (Casparyho proužky)



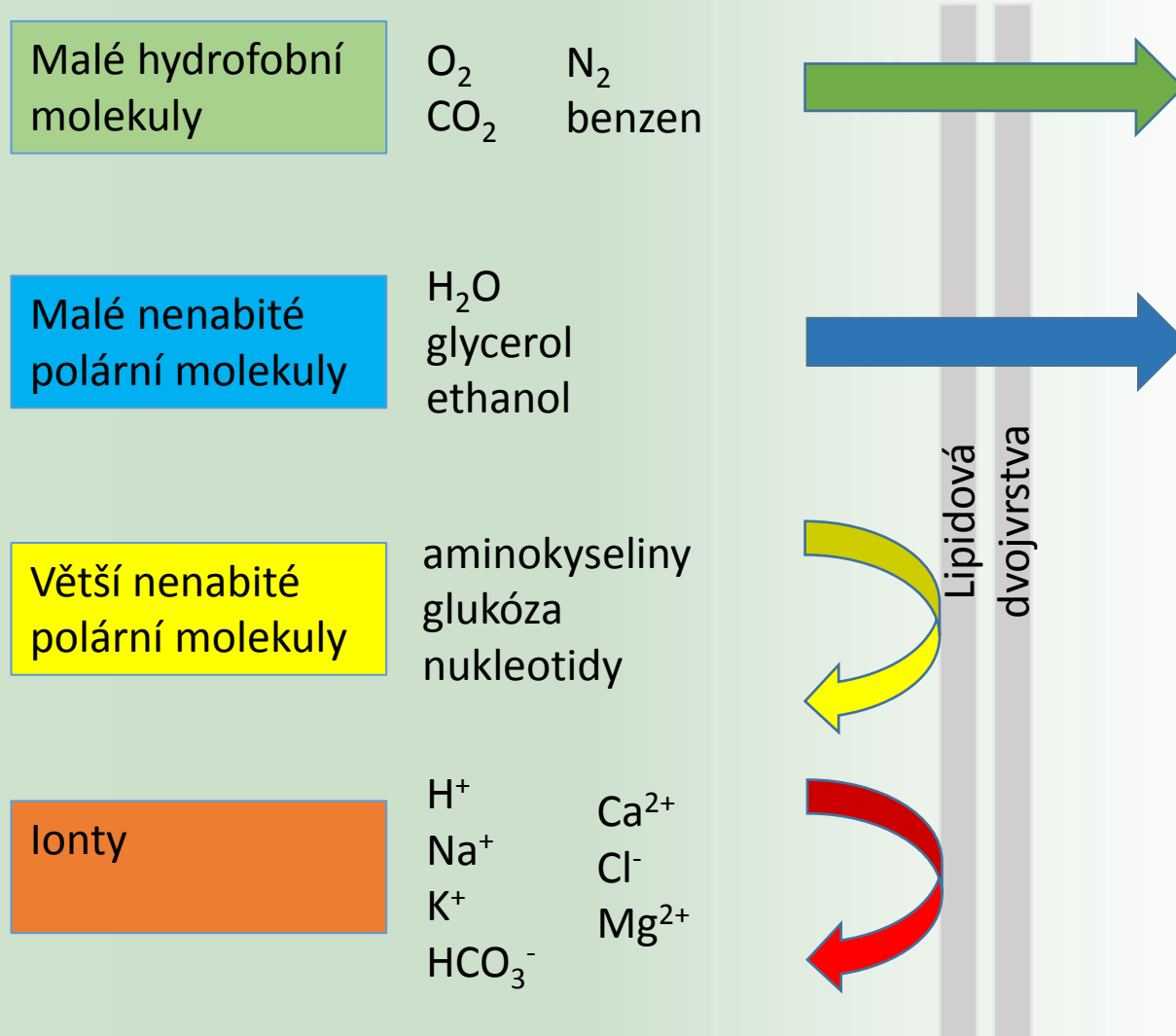
JAK A PROČ ROSTLINY PRIJÍMÁJÍ KONTAMINANTY ?

Proč ?

- Mykorhiza
 - symbióza rostlin a půdních hub
 - schopnost proniknout na větší vzdálenosti
 - exudace asimilátů kořeny
- Exudace
 - uvolnění iontů z půdních částic



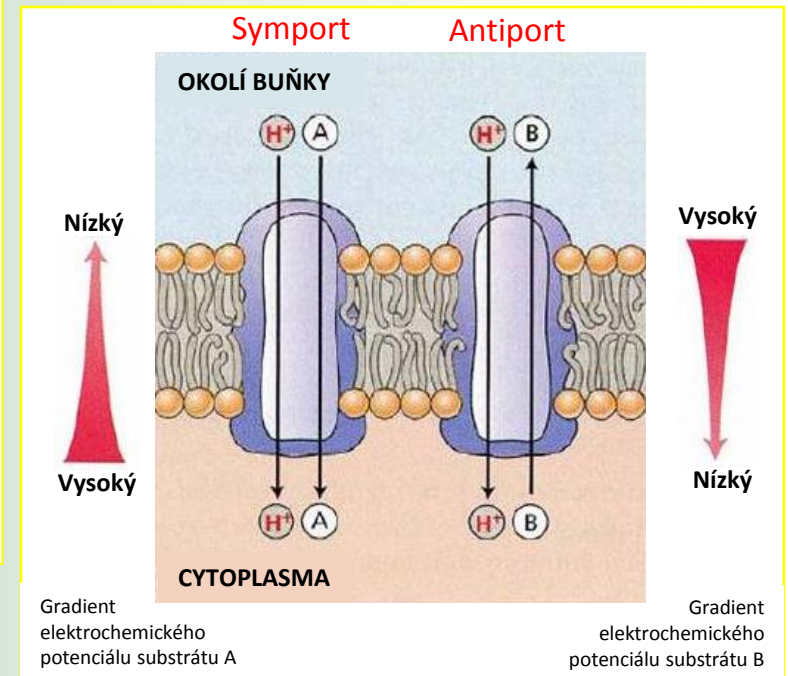
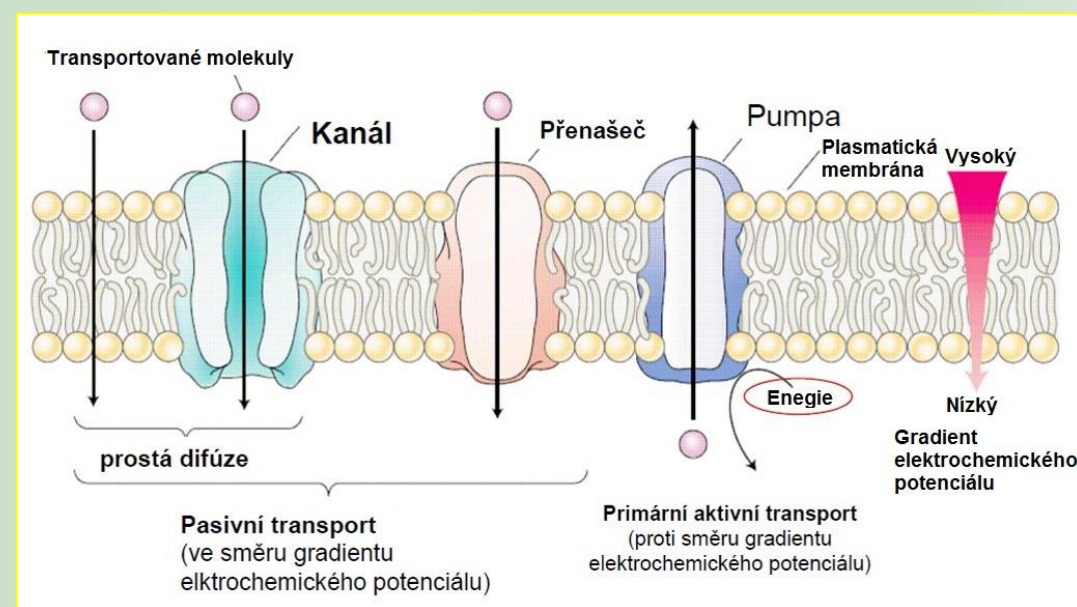
CO PROJDE MEMBRÁNOU „SAMO OD SEBE“ ?



TYPY PŘÍJMU

rychlost transportu

- kanály přenášejí 10^6 až 10^8 iontů za sekundu
- přenašeče přenášejí 10^3 iontů za sekundu
- pumpy přenášejí 10^2 iontů za sekundu

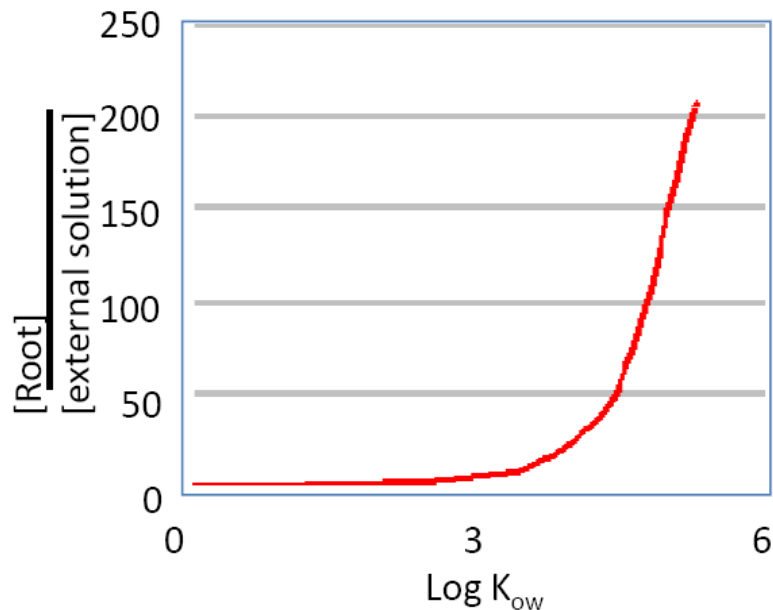


PRÍJEM ZÁVISÍ NA MNOHA FAKTORECH



Ústav experimentální
botaniky AV ČR, v. v. i.

- Molekula – $\log K_{ow}$, MW
- Složení půdy (jíl, oxidy železa, organická hmota)
- Typy a množství lipidů v kořenových buňkách
- Rychlost transpirace
- Kořenové exsudáty
- Snížení růstu
- Enzymatická výbava



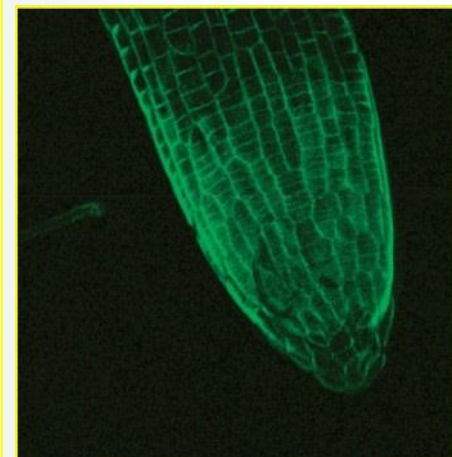
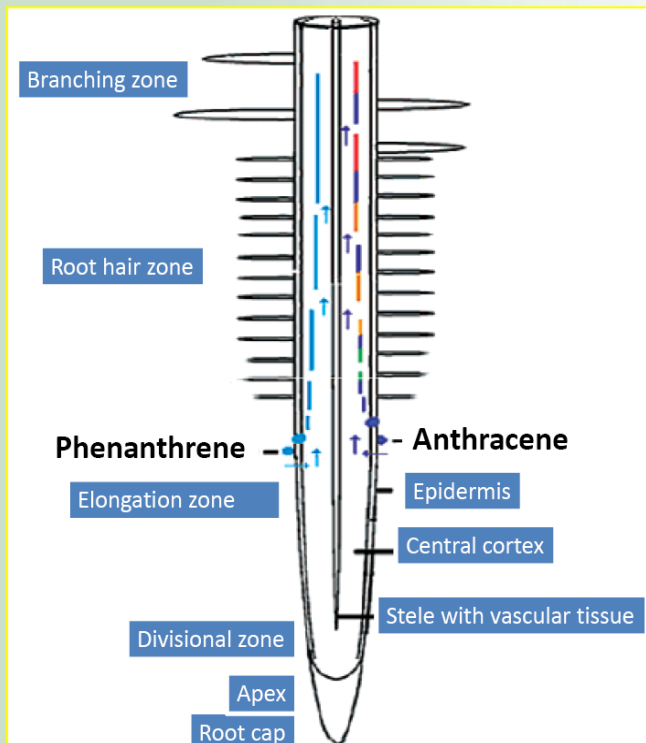
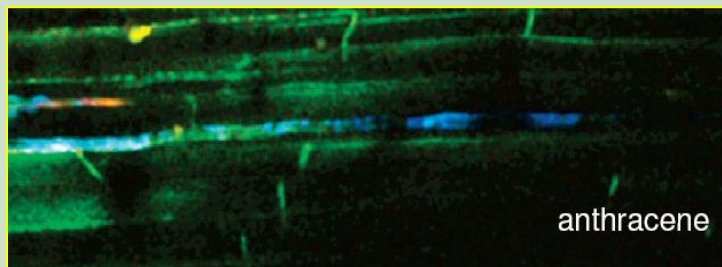
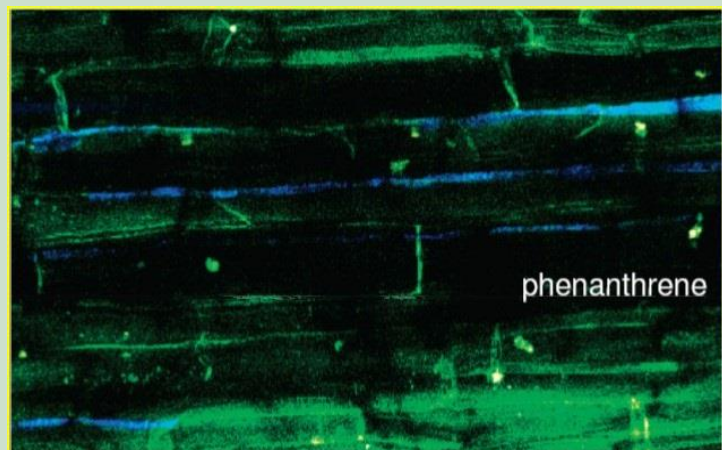
ROZDĚLOVACÍ KOEFICIENT OKTANOL - VODA

VSTUP A TRANSPORT ORGANICKÝCH LÁTEK V KORENI

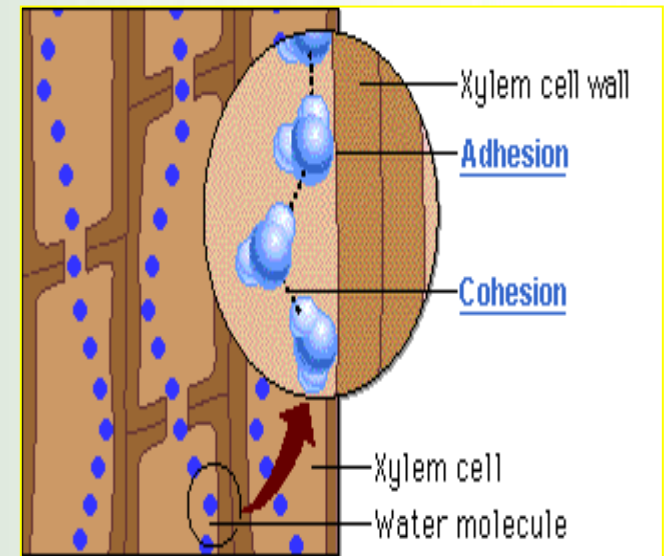
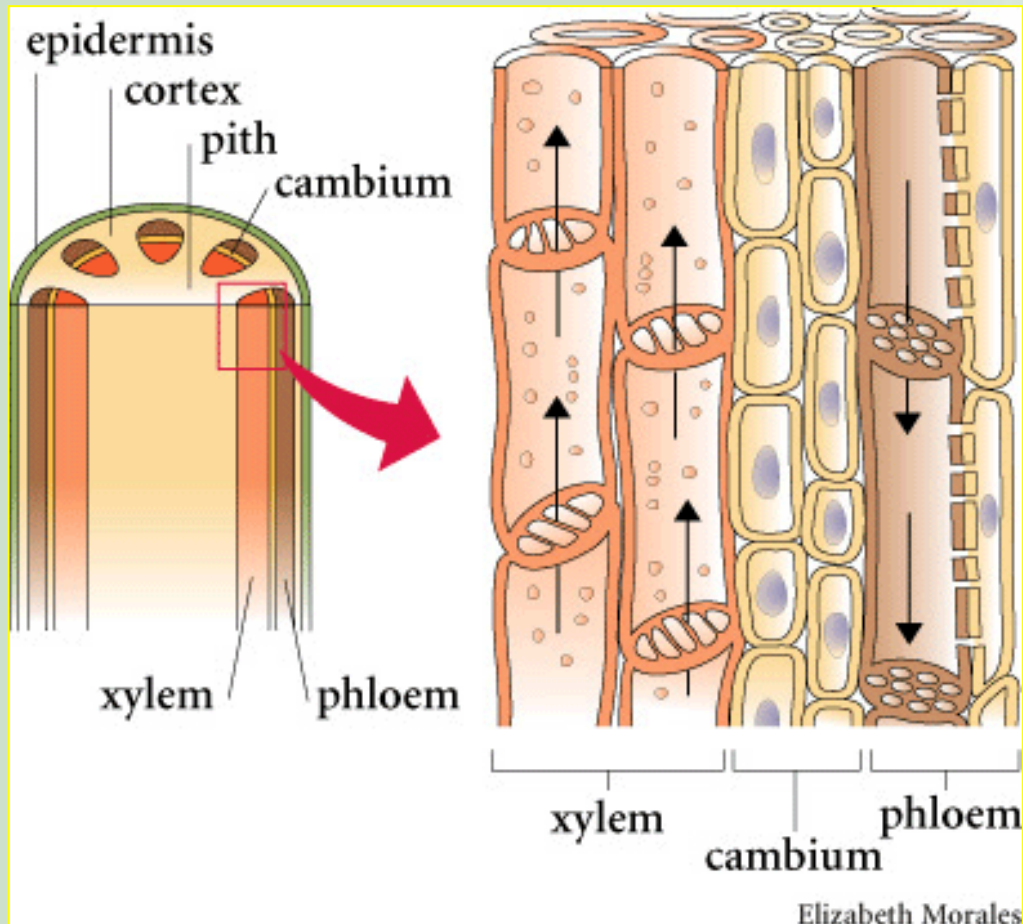


Ústav experimentální
botaniky AV ČR, v. v. i.

- Apoplastické toky nebo vazby
- Degradace v zralých kortikálních buňkách
- Žádný antracén/fenantrén ve vodivých pletivech
- Žádný antracén/fenantrén v kořenové špičce
- Žádný vstup látek do aktivně dělících buněk (žádný příjem vody)



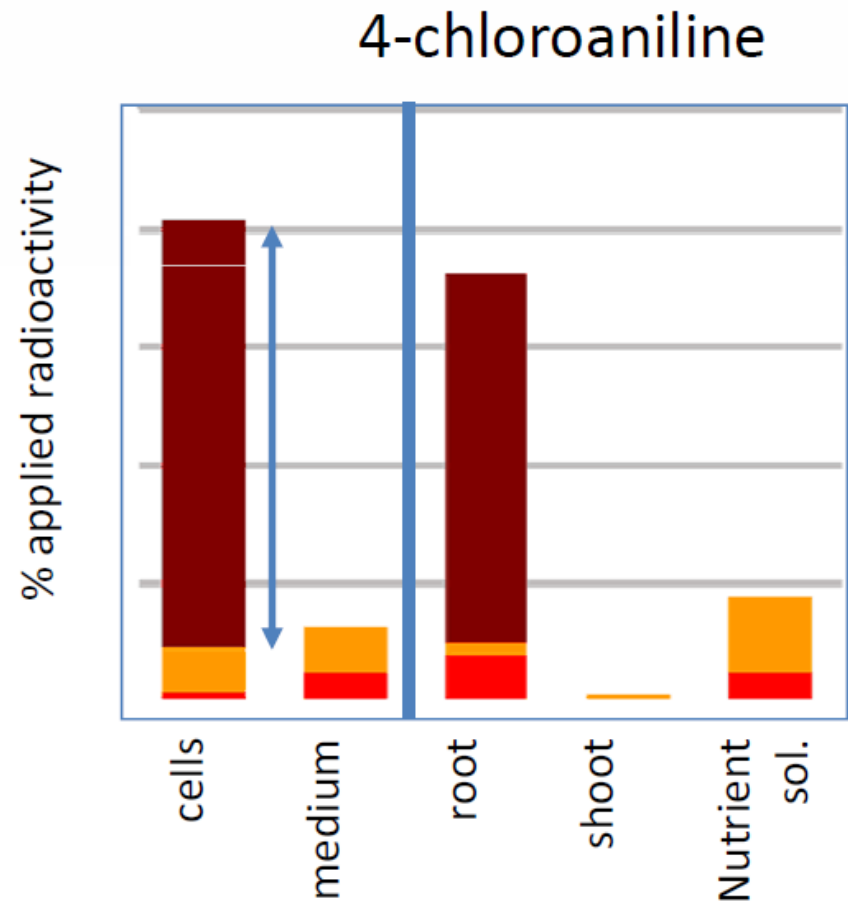
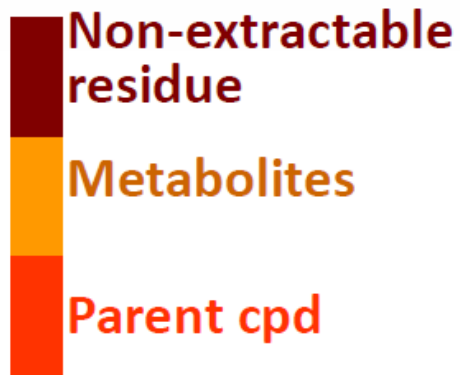
TRANSPORT LÁTEK XYLÉMEM



TRANSPORT METABOLITU Z KÖŘENU?



Ústav experimentální
botaniky AV ČR, v. v. i.

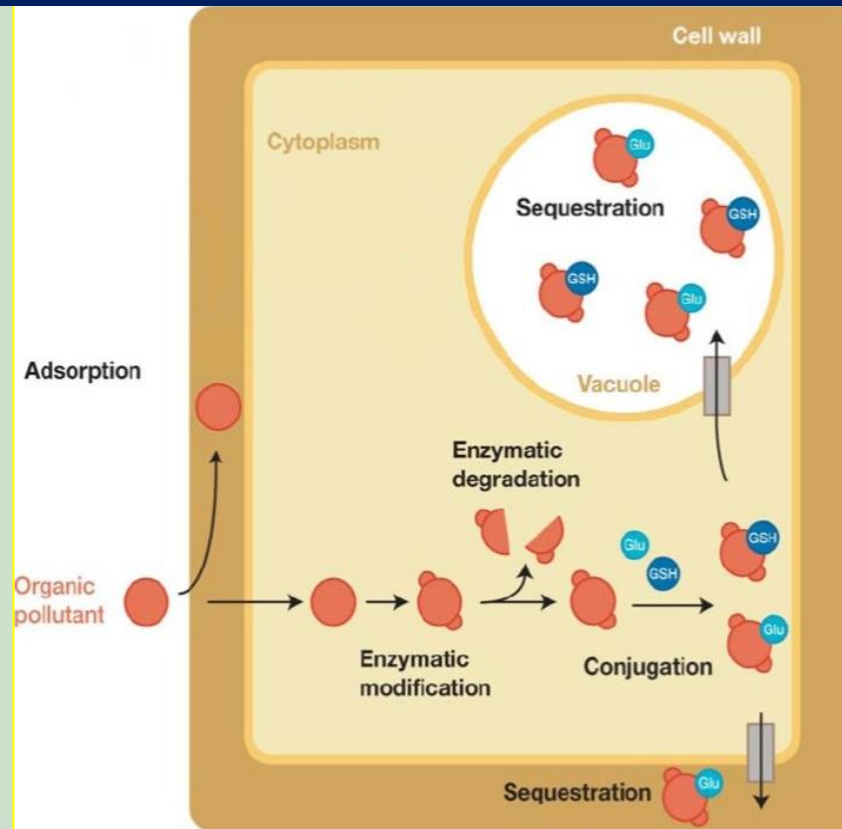


FÁZE BIOTRANSFORMACE ORGANICKÝCH LÁTEK



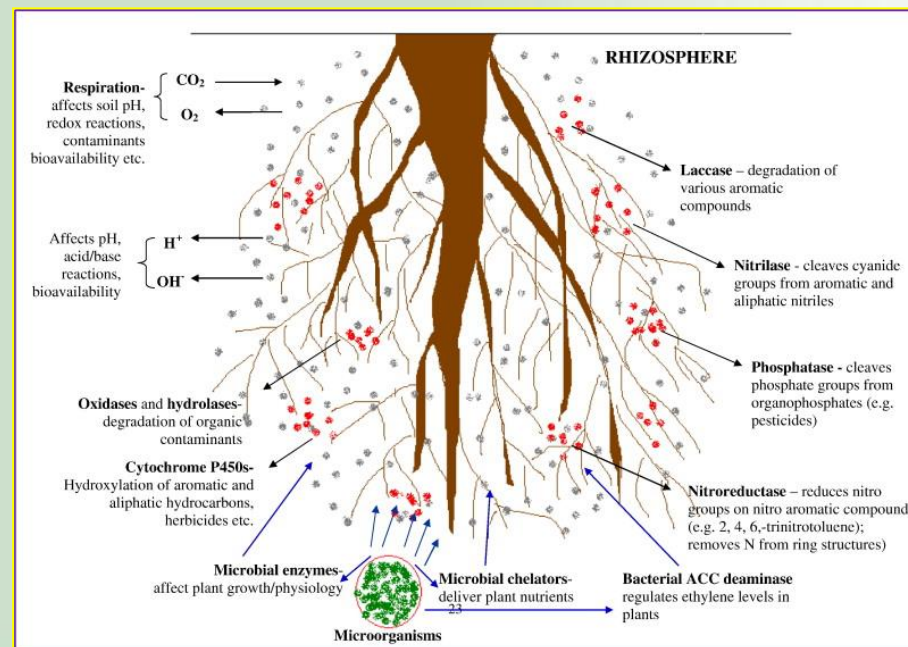
Ústav experimentální
botaniky AV ČR, v. v. i.

- Konverze - nesyntetické reakce
- Konjugace
- Kompartimentace - uskladnění



ENZYMY I. FÁZE

- Peroxidasy
- Nitroreduktasy
- Esterasy
- Cytochromy P450
 - Stovky isoformem
 - Mezdruhové rozdíly
 - Konstitutivní x indukovatelné
 - Řada indukčních mechanismů



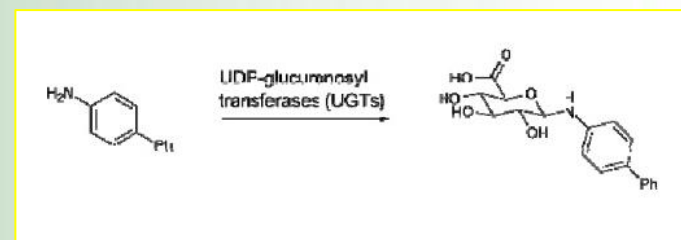
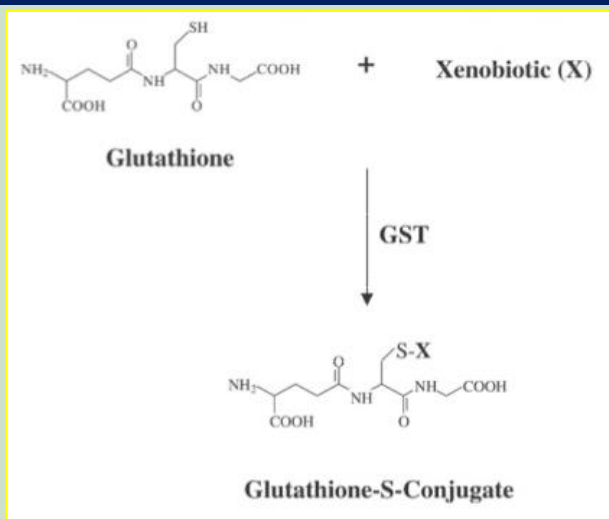
ENZYMY II. FÁZE

• Glutathion-S-transferasy

- Multifunkční enzymy
- Řada isoform
- Cytosolické
- Konstitutivní i indukovatelné
- Genetický polymorfismus
- Významná role v sensitivitě vůči herbicidům

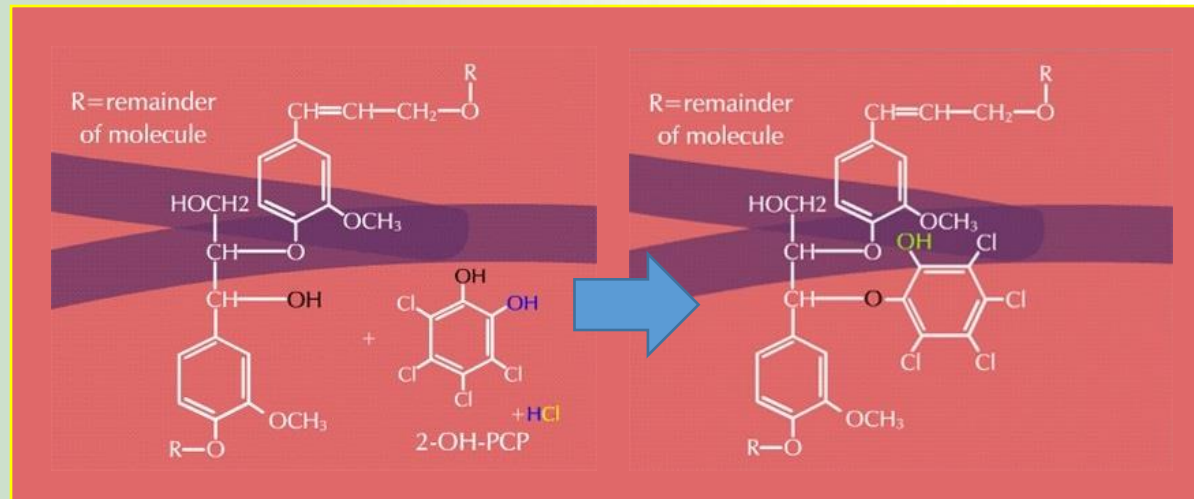
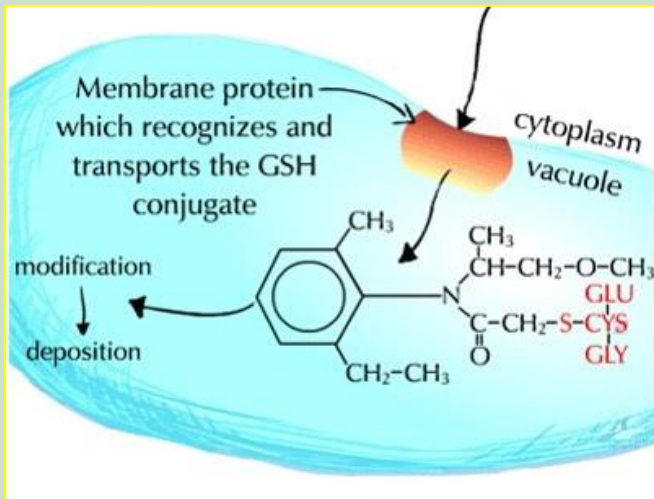
• Glukosyltransferasy a malonyltransferasy

- Odpovídá živočišné glukuronosyltransferase
- Konjugace -OH, -NH₂, -COOH xenobiotika s glukosou nebo kys. malonovou
- N- nebo O- glukosylace nebo malonylace



ENZYMY III. FÁZE

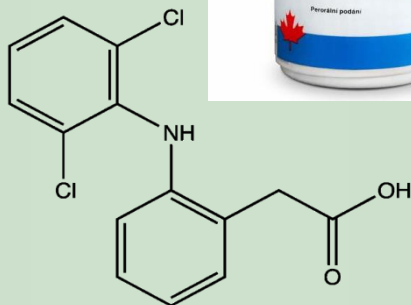
- Místo uskladnění:
 - Vakuoly
 - Buněčná stěna
- Důvod:
 - Nestabilita konjugátů
 - Inhibice konjugáčnických enzymů produktem
- Transport:
 - Velmi rychlý
 - ATP-dependentní přenašeče



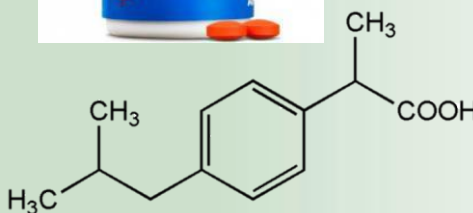
TŘI NEJPOUŽÍVANEJŠÍ LÉČIVA A JEJICH VLASTNOSTI

Základní informace

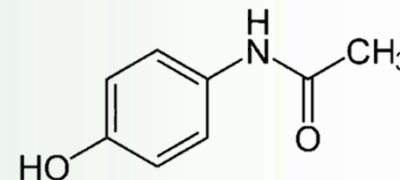
Účinná látka	log K _{ow}	Rozpustnost (mg/ml)	Mr	Spotřeba (mil. ks. balení)
Diklofenak	0,7	2,43	312,15	3,91
Ibuprofen	3,97	0,021	206,28	10,49
Acetaminofen	0,46	14	151,16	15,38



diklofenak

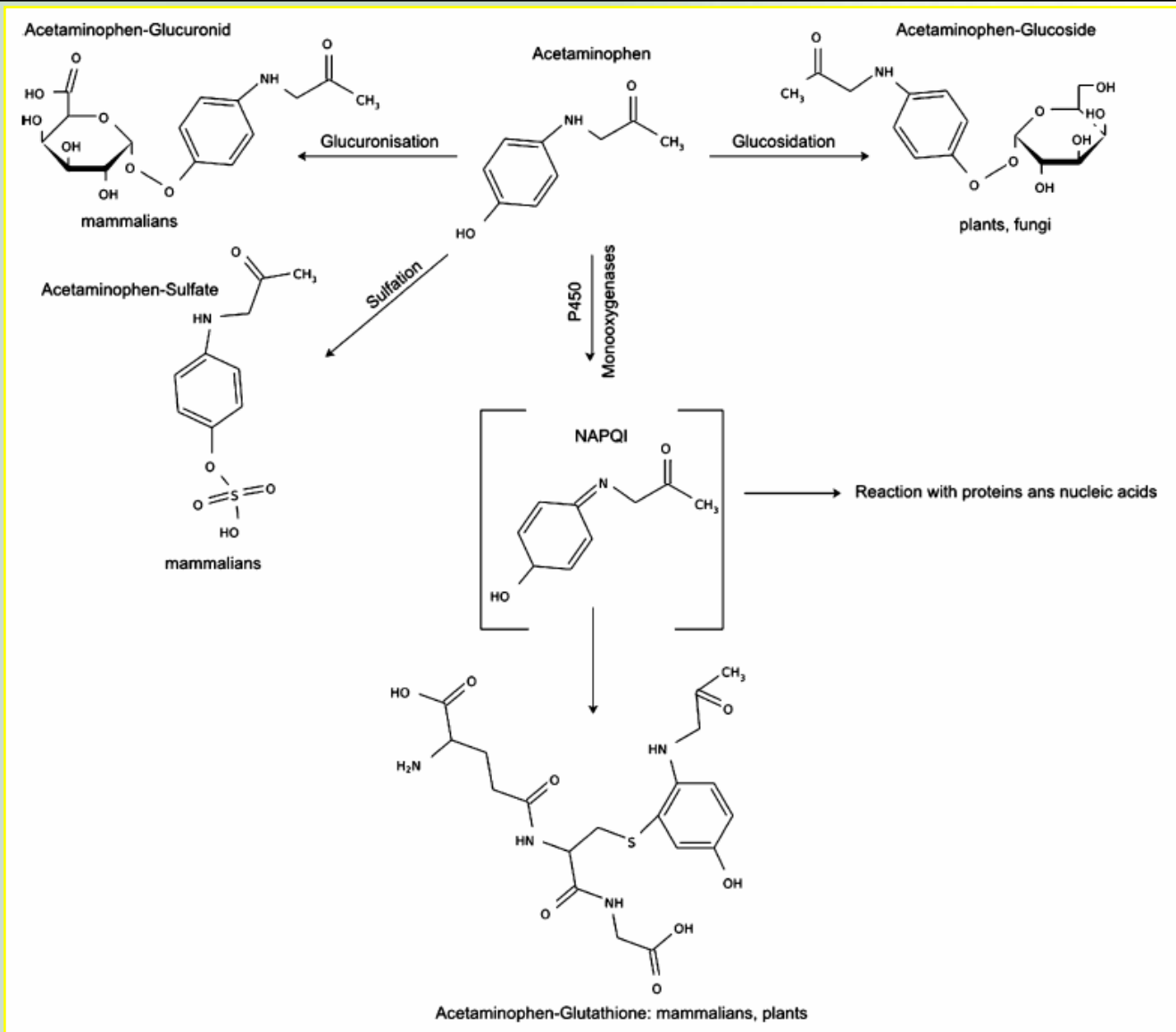


ibuprofen

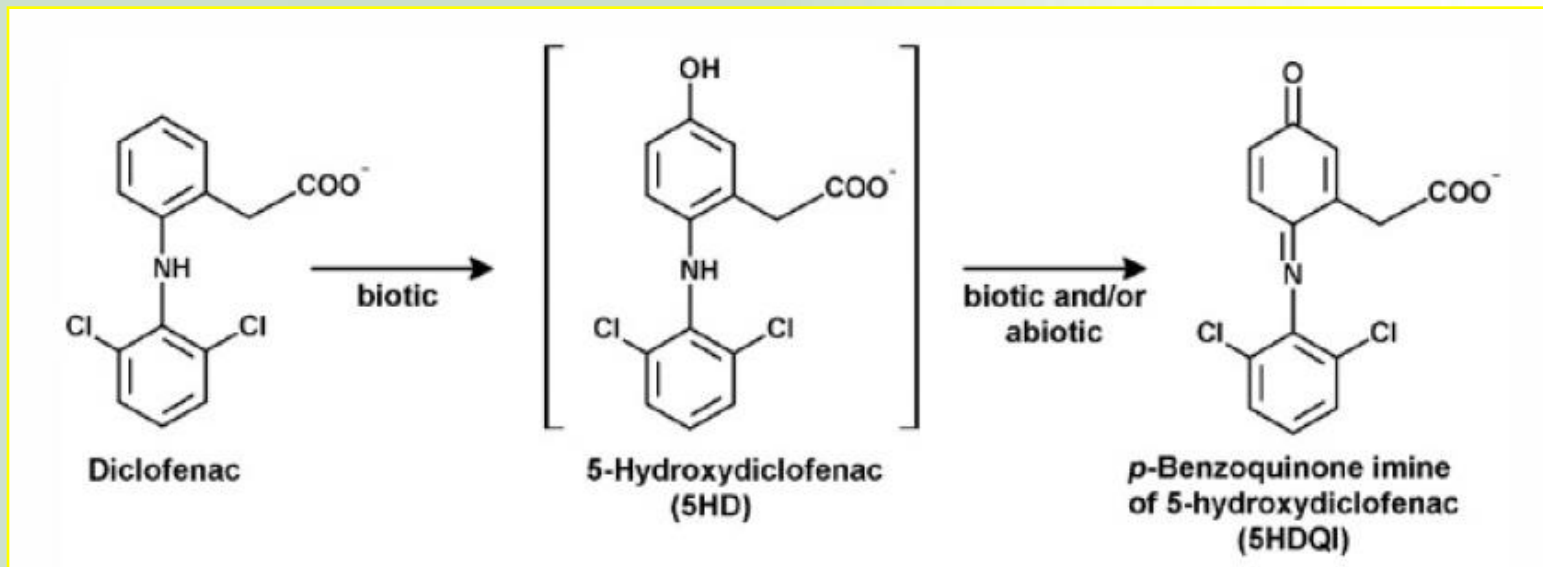


acetaminofen

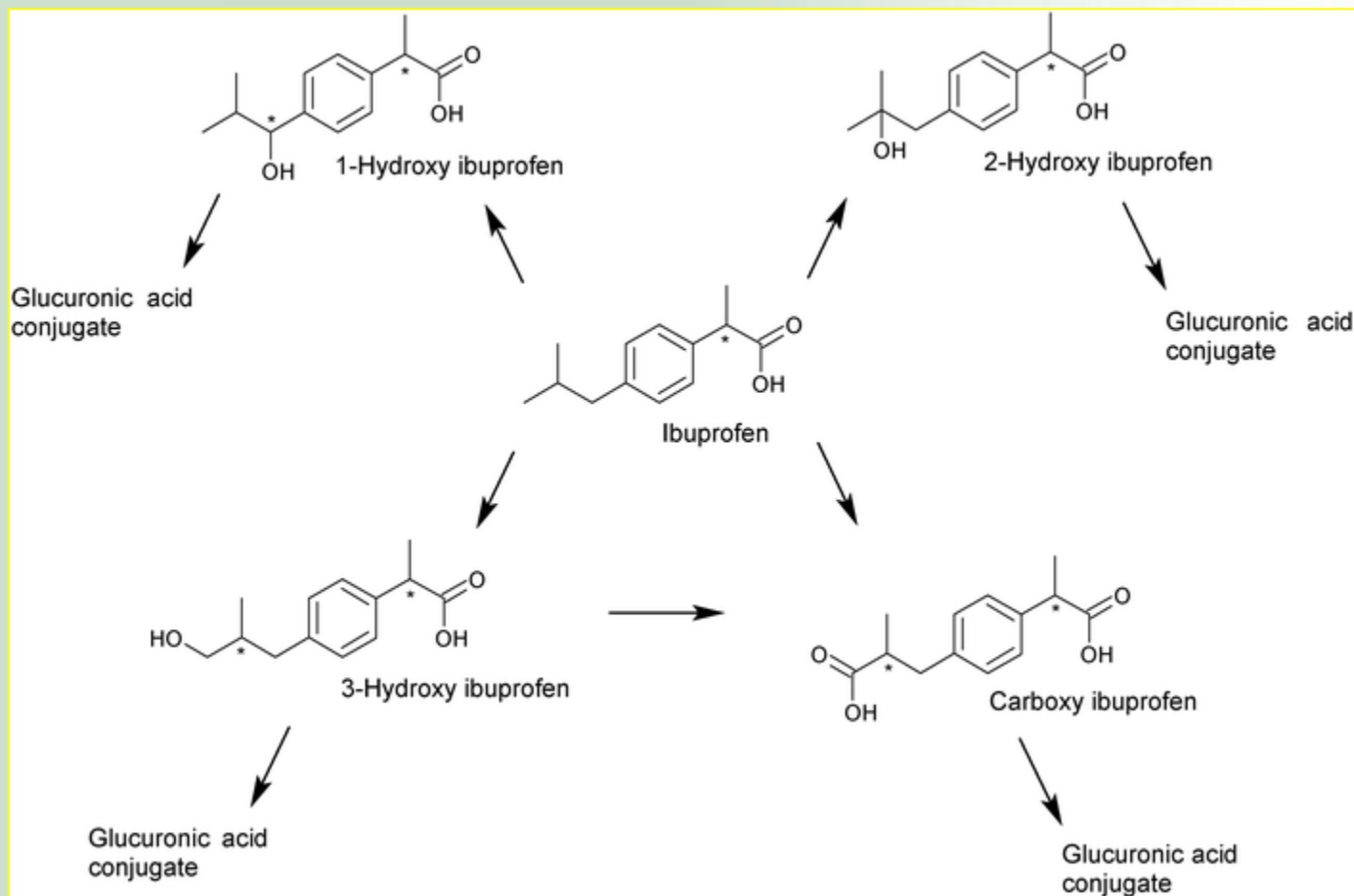
DEGRADACE ACETAMINOFENU



DEGRADACE DIKLOFENAKU



DEGRADACE IBUPROFENU



CHYBÍ ROSTLINY VHODNÉ PRO REMEDIACI

Rostliny pro
remediaci



Příjem těžkých
kovů

Produkcce
biomasy

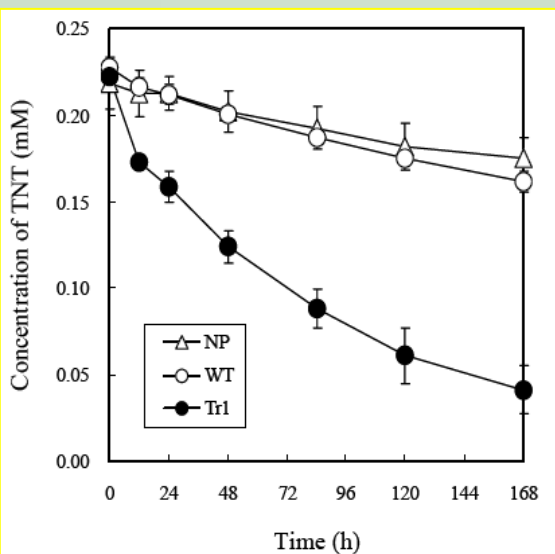


DEGRADACE TNT POMOCÍ ARABIDOPSIS

Experiment

- Srovnání tolerance k TNT mezi „wild-type“ (WT) a transgenní linií (Tr1) s nitrát reduktasou. Deset semen z každé linie bylo kultivováno v přítomnosti (A) a bez přítomnosti (B) 0.1 mM TNT po 21 dnech.
- Deset dní staré semenáčky rostoucí asepticky byly inkubovány v mediu obsahujícím 0.25 mM TNT po 7 dní. Koncentrace TNT v mediu vynesena proti času inkubace v přítomnosti „wild-type“ (WT) nebo transgenních (Tr1) rostlin a bez přítomnosti rostlin (NP).

Kurumata et al., Z. Naturforsch. (2005) 60c, 272-278



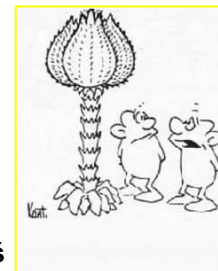
JAK SE TO DELÁ?



Ústav experimentální
botaniky AV ČR, v. v. i.

Postup

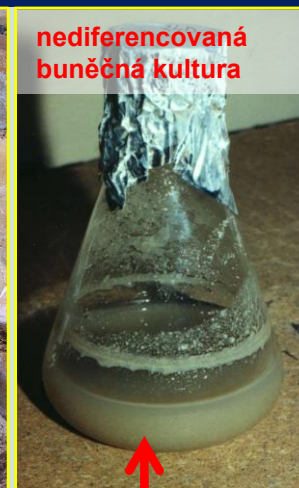
1. Průzkum kontaminované lokality
2. Dokumentace rostlin
3. Sběr rostlin a semen pro herbář a in vitro studie
4. In vitro kultivace
5. Identifikace zodpovědných proteinů



Je hrozně nenasytná.
Dneska mi sežrala guláš



Saponaria officinalis



nediferencovaná
buněčná kultura

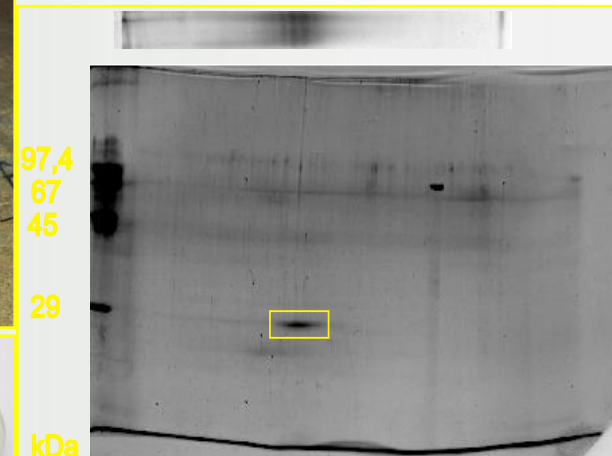


semena

sterilizace



iniciace kalusu



DĚKUJI ZA POZORNOST



Ústav experimentální
botaniky AV ČR, v. v. i.



ALE KDEPAK, MĚ VĚDA VŮBEC NEZAJÍMÁ, ALE TUHLE JSEM
SE NÁHODOU DOZVĚDĚL KOLIK DĚVAJÍ ZA NOBELOVU CENU!