

E2240 Účinky stresorů v ekosystémech

03 Biota terestrických ekosystémů - 1

Jakub Hofman

Biota terestrických ekosystémů

Půdní biota

- Půdní mikroorganismy
- Půdní bezobratlí

Terestrická biota

- Terestrická fauna
 - členovci – pavouci, roztoči, isopoda, stonožky, mnohonožky, hmyz
 - obojživelníci
 - plazi
 - ptáci
 - savci
- Terestrická flora

Půdní biota

Co je půda?

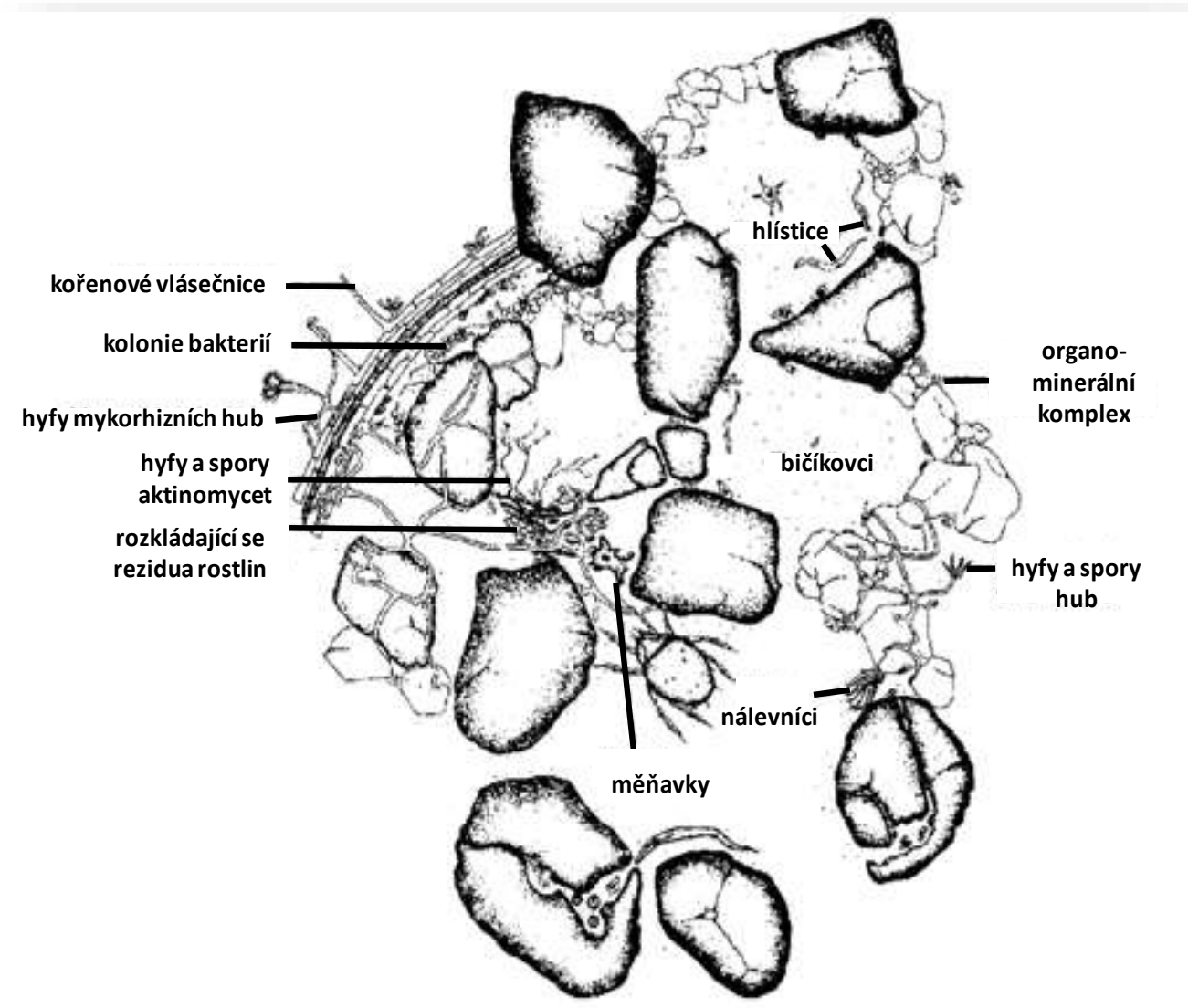
Půda je komplexní, heterogenní, polydisperzní a trojfázová směs minerálních částic, organické hmoty, vody, vzduchu a **živých organismů** specificky přeměněná a přeměňovaná působením půdotvorných faktorů (geologické, topografické, klimatické, fyzikální, chemické, **biologické** a čas) tak, že výsledkem je vznik a vývoj nové kvality – tenké, kypré a pórovité, v horizonty členěné a **oživené** vrstvy na povrchu Země, která se liší od původních materiálů morfologickými, fyzikálními, chemickými a **biologickými** vlastnostmi, a která, není-li degradována, poskytuje nenahraditelné **životní prostředí rostlinám, živočichům** a člověku a má nenahraditelné funkce v terestrickém ekosystému a pro lidskou společnost.

Co je půda bez půdní bioty?

Půda je živá hmota !!!

půda = **biotický** + abiotický komplex

v každém kilogramu půdy se vyskytuje $10^9 - 10^{12}$ mikroorganismů a tisíce bezobratlých → takový kilogram je vlastně celý ekosystém

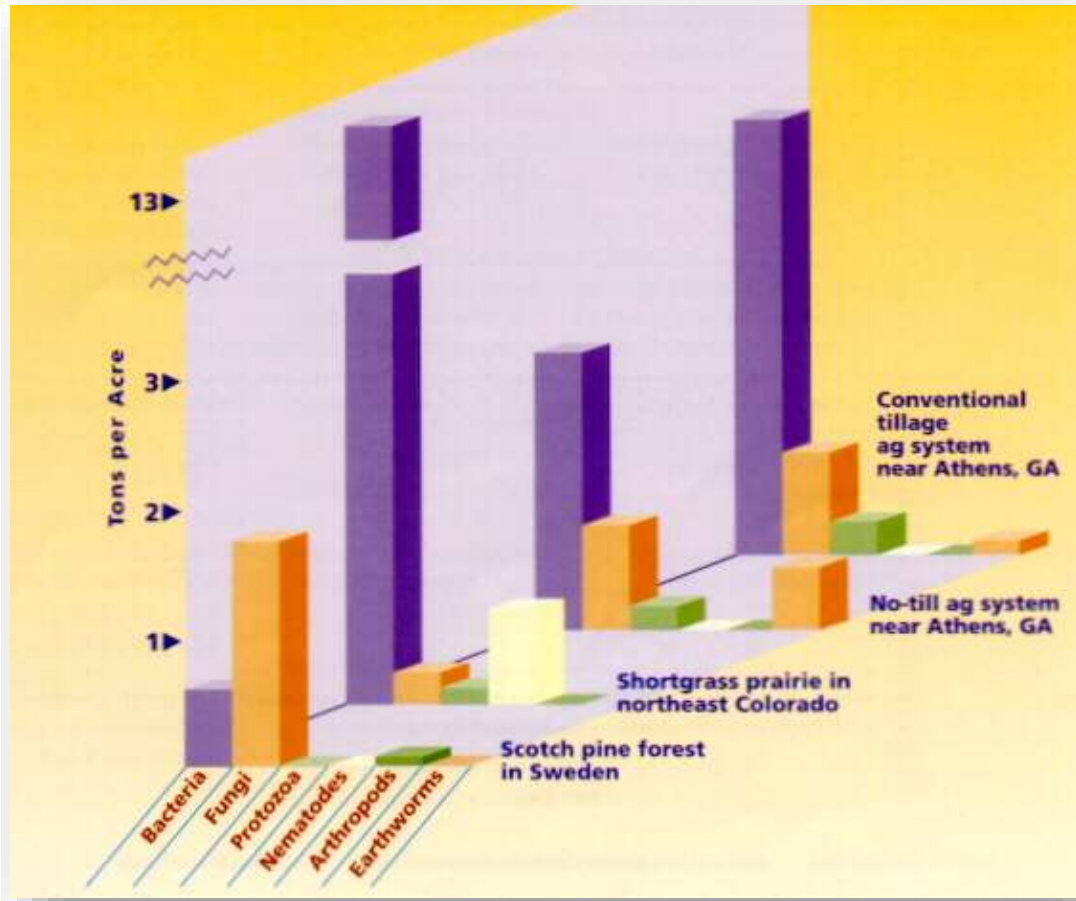


Oživení půd

Průměrné počty jedinců edafonu a jejich hmotnost na 1m² půdy do hloubky 30 cm (podle různých autorů sestavil Dunger)

Skupiny	Jedinci		Hmotnost v g	
	průměr	optimum	průměr	optimum
Mikroflora				
baktérie	1 bil.	1000 bil.	50	500
aktinomycety	10000 mil.	10 bil.	50	500
houby	1000 mil.	1 bil.	100	1 000
řasy	1mil.	10000 mil.	1	15
Mikrofauna				
bičkovci	0,5 bil.	1 bil.		
měňavky	0,1 bil.	0,5 bil.	10	100
nálevníci	1 mil.	100 mil.		
Mezofauna				
vířníci	25 000	600 000	0,01	0,3
hád'átka	1 000 000	25 000 000	1	20
roztoči	100 000	400 000	1	10
chvostoskoci	50 000	400 000	0,6	10
Makrofauna				
roupice	10 000	200 000	2	26
plži	50	1 000	1	30
pavoukovci	50	200	0,2	1
stejnonožci	50	200	0,5	1,5
mnohonožky	150	500	4	8
stonožky	50	300	0,4	2
další stonožkovci	100	2 000	0,05	1
brouci	100	600	1,5	20
dvoukřídli	100	1 000	1	10
další hmyz	150	15 000	1	15
Megafauna				
žížaly	80	800	40	400
obratlovci	0,001	0,1	0,1	10

Oživení půd



	Ag Land	Prairie	Forest
Organisms per gram (teaspoon) of soil			
Bacteria	100 mil. -1 bil.	100 mil. -1 bil.	100 mil. -1 bil.
Fungi	Several yards	10s – 100's of yds	1-40 miles (in conifers)
Protozoa	1000's	1000's	100,000's
Nematodes	10-20	10's – 100's	100's

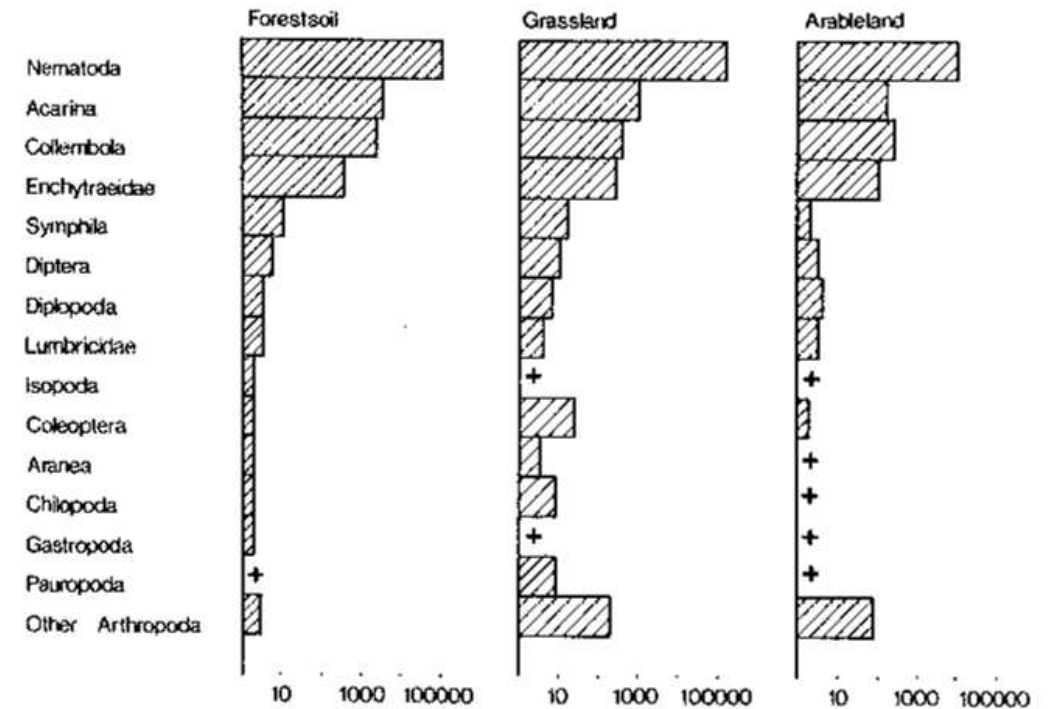


FIGURE 3. Mean composition of the soil fauna in a forest, meadow, and arable soil (mean numbers per dm² for the 0- to 30-cm layer; + means present). (From Eijsackers, H. and Van de Bund, C.F., in *Interactions Between Herbicides and the Soil*, Hance, R.J., Ed., Academic Press, London, 180, 255. With permission.)

Oživení půd

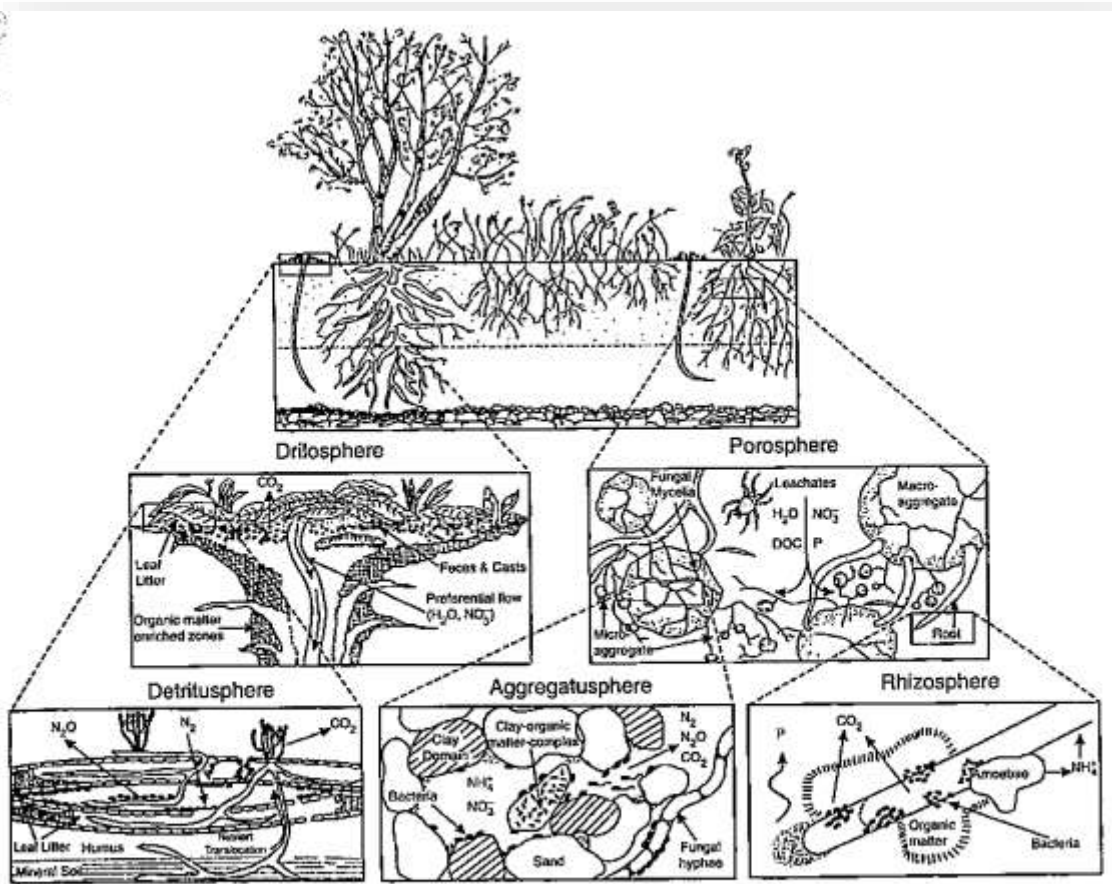


FIGURE 6.4. Arenas of activity in soil systems. These “hot spots” of activity may be less than 10% of the total soil volume, but represent more than 90% of the total biological activity in most soils worldwide (from Beare *et al.*, 1995, reprinted with permission).

Fig. 1.2: This highly simplified figure aims to give some idea of the distribution of organisms vertically through the soil profile. It is clearly an oversimplification and in fact microorganisms such as bacteria (c) and protozoa (e) are distributed throughout the soil profile, although with the highest biomass being found near the soil surface which is richer in organic matter. The two collembolans are adapted for living at different soil depths with the species shown in (a) being more adapted for living on or near the soil surface and that shown in (b) being more adapted to living at deeper levels. These differences are discussed in more detail in Section IX. Earthworms are also found in greater numbers closer to the soil surface but can also be found down to depths of 1 metre or more and form three different ecological groups which are discussed in more detail in Section XIII. Fungi are also found throughout the soil profile but are particularly common close to the soil surface where there is higher concentrations of organic matter as well as numerous plant roots with which they can form symbiotic relationships (f). This figure only shows a very few selected organisms. Many more organism groups make the soil their home as this atlas will make clear. (JRC)



Oživení půd

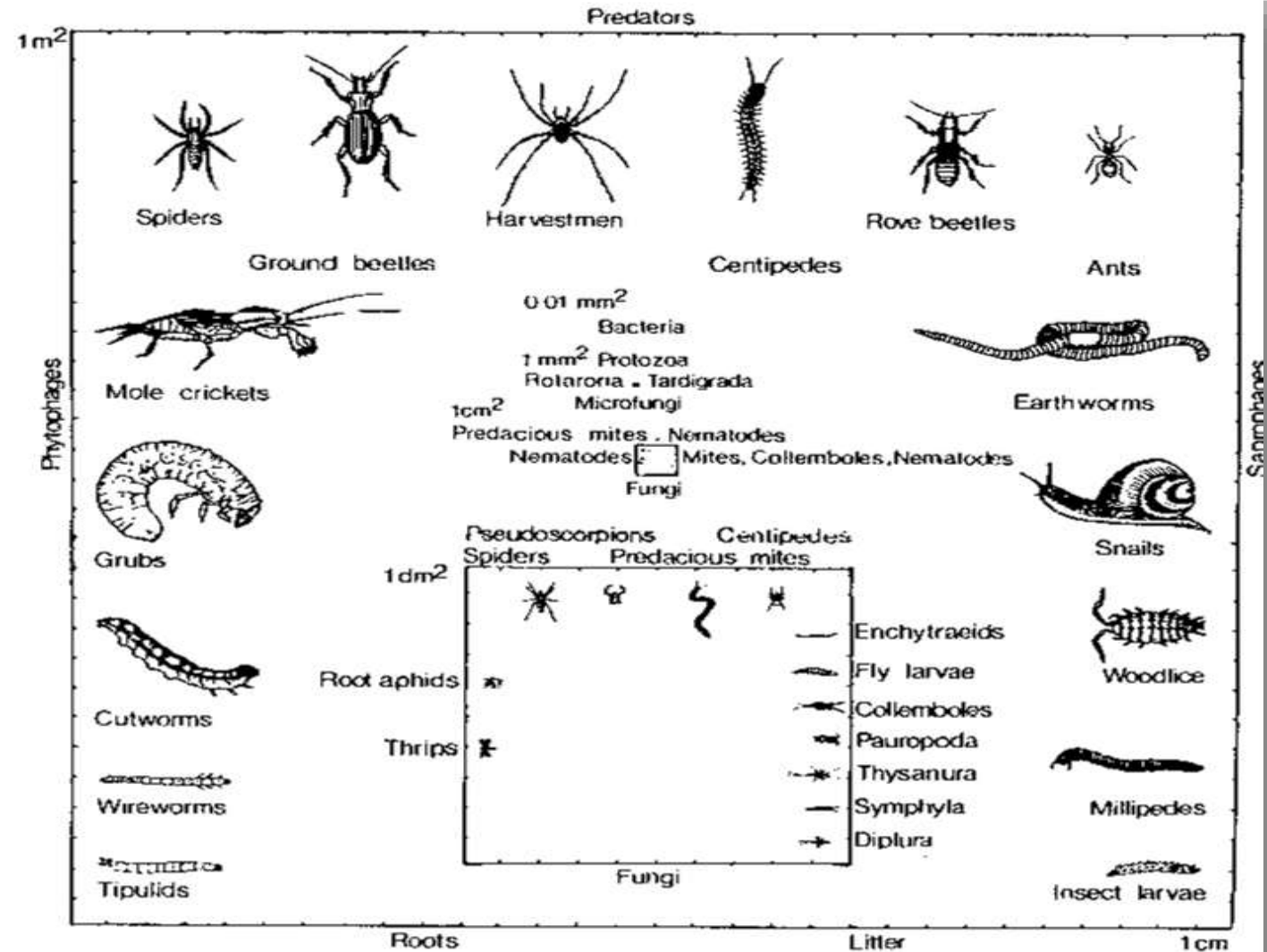


FIGURE 4. Schematic survey of the soil fauna community. Squares indicate habitat size and relevant sampling area. Species are arranged according to feeding type. Important species are drawn at scale. (From Eijsackers, H. and Van de Bund, C.F., in *Interactions Between Herbicides and the Soil*, Hance, R.J., Ed., Academic Press, London, 1980, 255. With permission.)

Co je půda bez půdní bioty

- PŮDNÍ BIOTA = PŘEDPOKLAD PŮDY = klíčová pro vznik a fungování půdy
- Biota je v půdě nezbytná pro:
 - ekosystémové funkce půdy
 - půdotvorné procesy
 - půdní úrodnost
 - dekompozice a přeměny organické hmoty
 - cykly živin
 - vodní a vzdušný režim půd
 - degradaci polutantů
 - atd. atd.

Co je půda bez půdní bioty

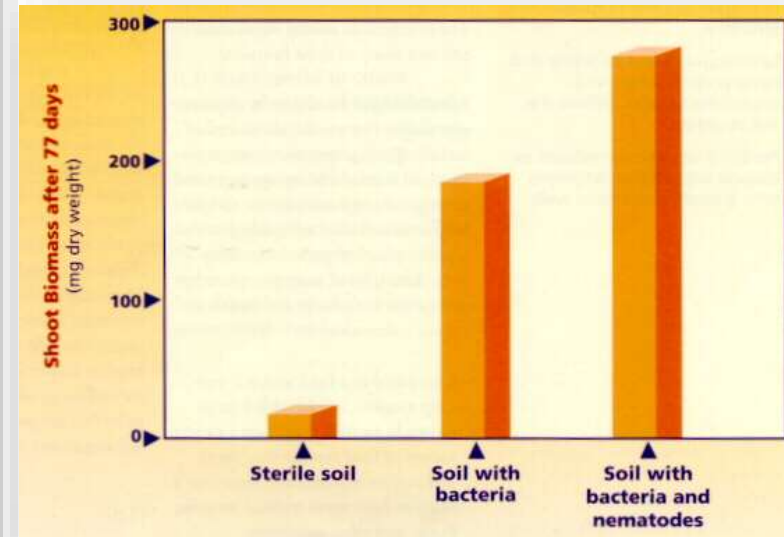
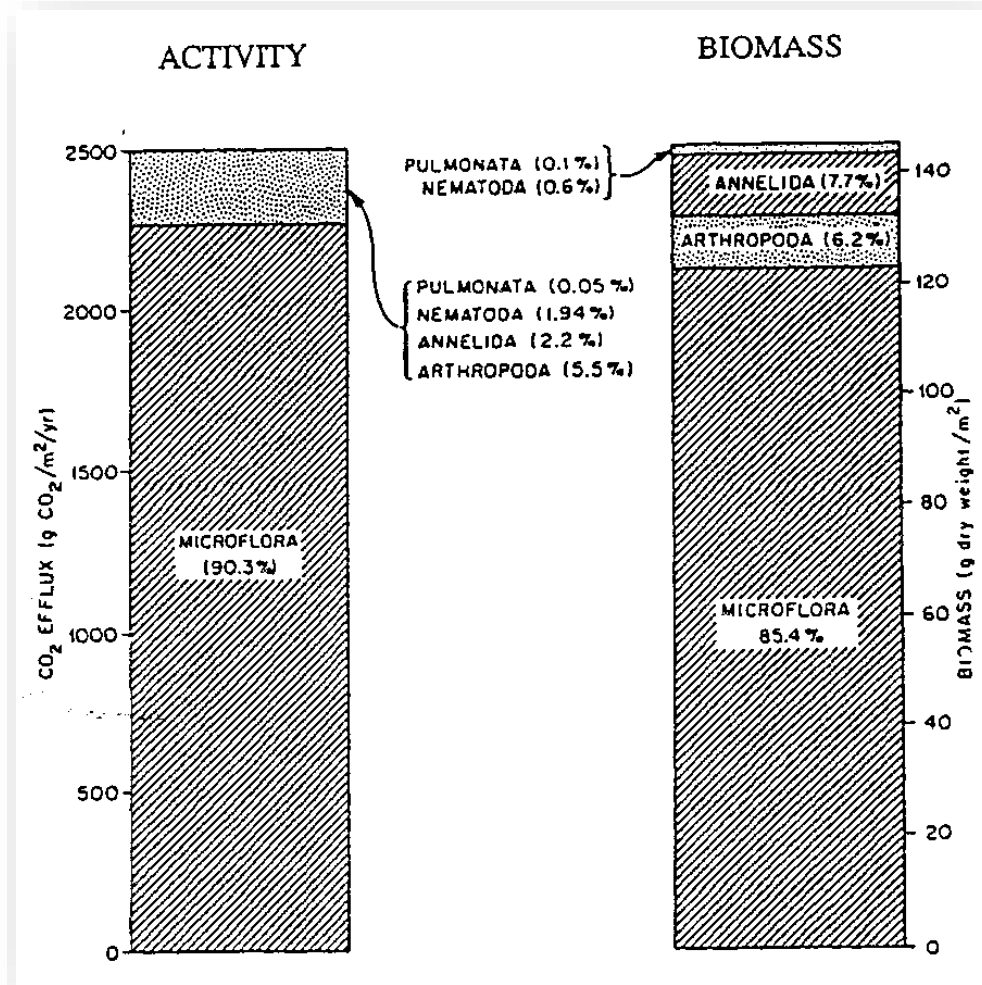
- pokud hodnotíme vlivy negativních faktorů na půdu jako celek, je označení EKOTOXIKOLOGIE zcela na místě:
 - protože se nejedná pouze o jediný organismus ale celý ekosystém
 - protože pokud dojde k poškození funkcí půdní bioty, přestává půda vykazovat své základní ekosystémové funkce:
 - narušen koloběh živin
 - dochází ke ztrátě úrodnosti, struktury
 - nakonec i k mechanické degradaci
 - protože je takto narušena stabilita celého terestrického ekosystému
- z těchto důvodů patří **biotická složka půdy a její stav k hlavním indikátorům půdní kvality a půdního zdraví**

Funkce bioty v půdě

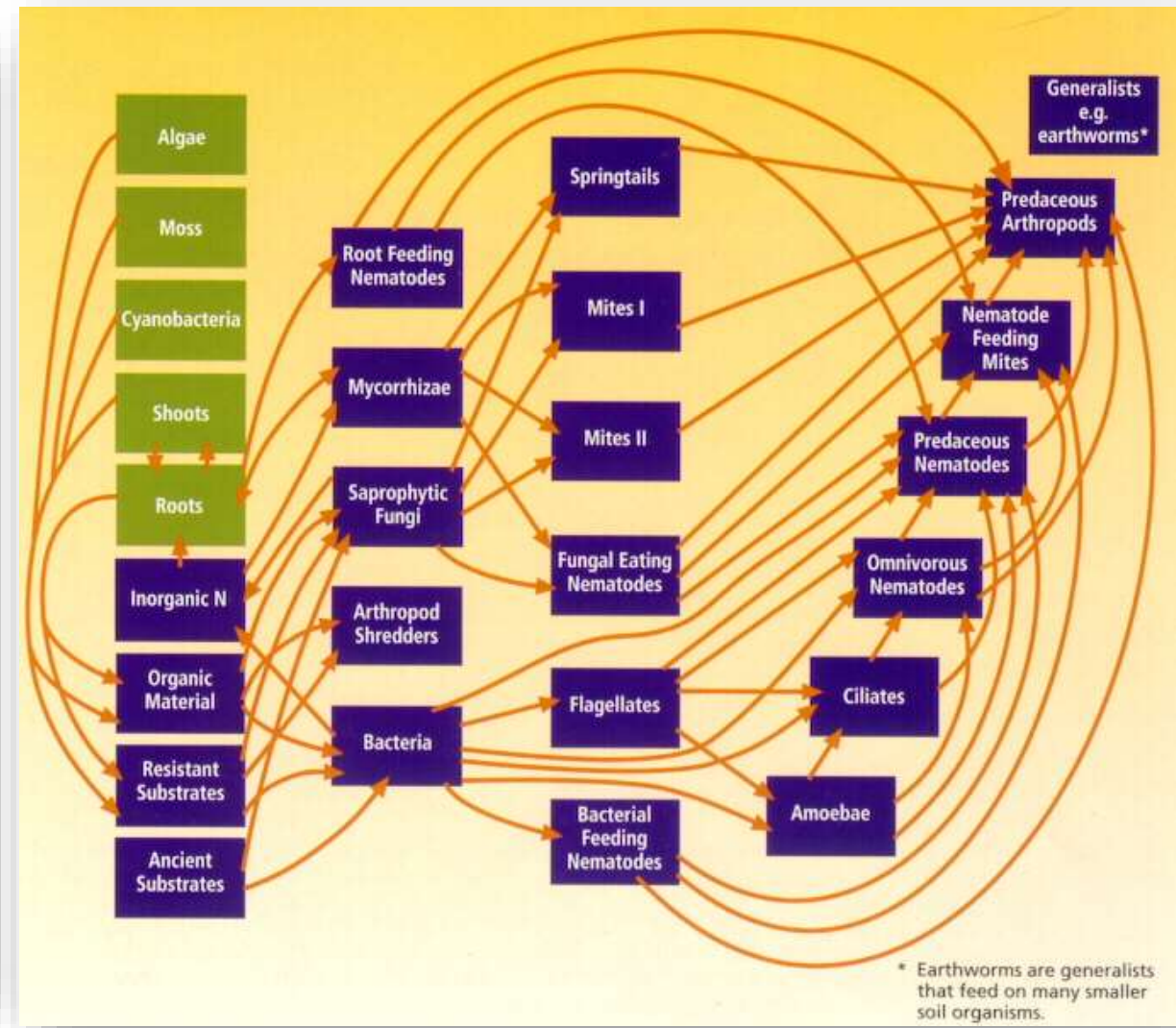
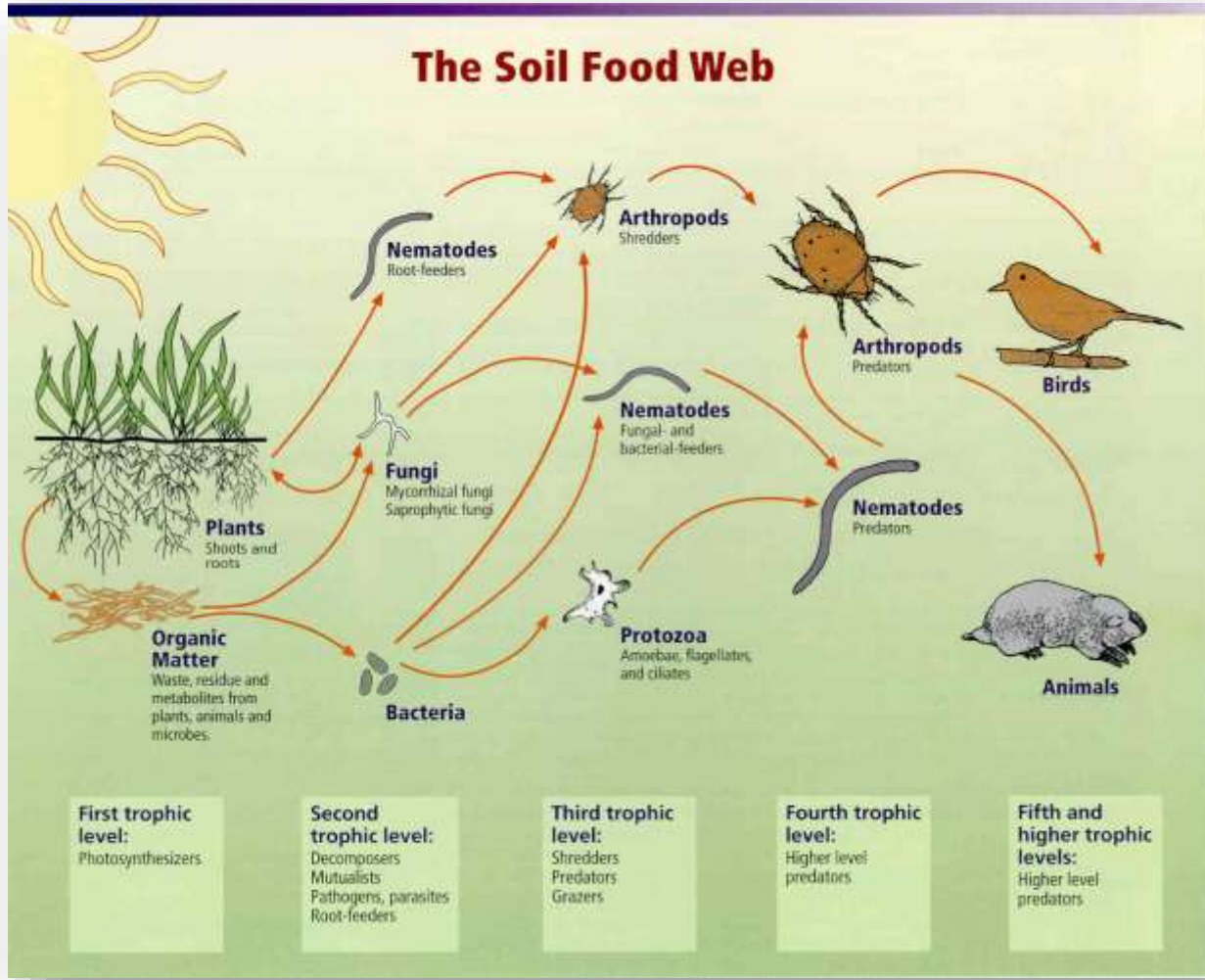
Role půdní bioty v dekompozici

- **Mikroorganismy** – rozklad a mineralizace organické hmoty (opad, odumřelé kořeny, dřevo, odumřelá těla živočichů a mikroorganismů ...) na jednodušší sloučeniny a minerální látky, které jsou přístupné pro primární produkci
- **Půdní fauna** – mechanické zpracování mrtvé organické hmoty: rozmělnění, zvětšení povrchu, promíchání s minerálními částicemi (i vlastním průchodem přes trávící trakt), transport v půdě, umožnění vzniku organominerálního komplexu a půdní struktury
- Obě skupiny jsou velmi propojené v potravních a dalších vztazích

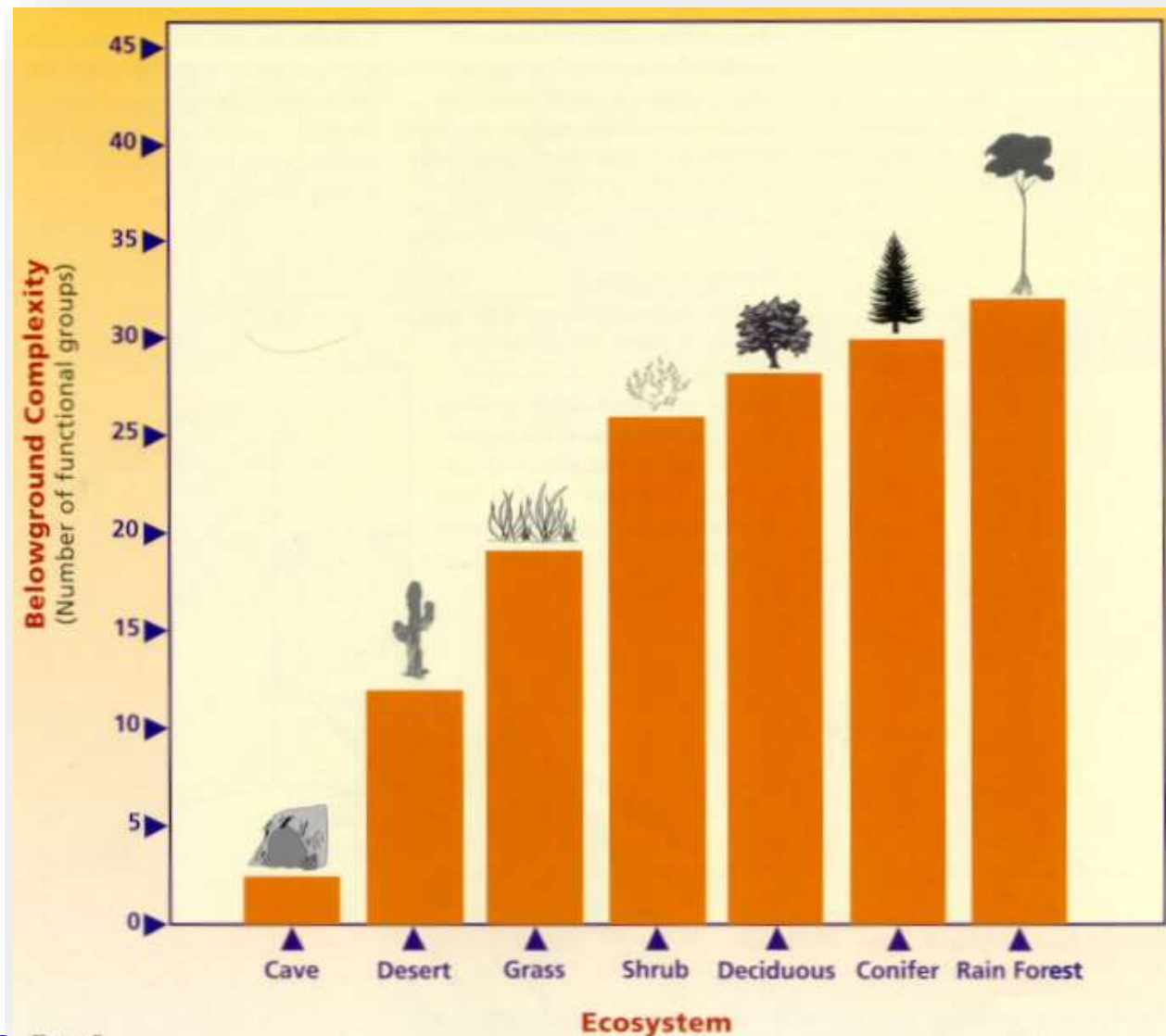
Funkce bioty v půdě



Potravní síť v půdě



Potravní síť v půdě



Skladba půdního oživení



mikroorganismy:

90 % celkové biomasy a aktivit !

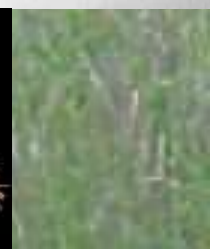
Table 2. Composition of a Soil of a Grassland on Dry Weight Base

Soil	<ul style="list-style-type: none"> mineral soil 94% organic matter 6% 	<ul style="list-style-type: none"> dead org. m. 85% living org. m. 15% 	<ul style="list-style-type: none"> living roots 8.5% edaphon 6.5% 	<ul style="list-style-type: none"> bacteria + actinomycetes 50% fungi 25% worms 14% macrofauna 5% mesofauna 2.5% microfauna 3.5%

From Dunger, W., *Tiere in Boden*, Ziemsen Verlag, Wittenberg Lutherstadt, 1984, 265 pp. With permission.

bezobratlí:

největší abundance mají hlístice, roztoči, chvostoskoci, roupice,



Skladba půdního oživení

- v půdní ekotoxikologii jsou často půdní organismy chápány jako ty, které žijí během stěžejních životních fází v půdě
- **EDAFON** = soubor organismů přítomných v půdě celými těly, migrace a rychlé množení
- dle příslušnosti k říši:
 - fytoedafon - řasy, bakterie, houby, aktinomycety
 - zooedafon - prvoci, červi, měkkýši, savci, členovci
- **ŽIVÉ ORGÁNY VYŠŠÍCH ROSTLIN** – různorodý materiál, doplňování humusového materiálu

Skladba půdního oživení

dle způsobu života:

- geobionta - celý život v půdě
- geofila - preferují půdu, alespoň část životního cyklu
- geoxena - jsou v půdě spíše náhodné

- Euedafon – všechna stádia v půdě (žížala)
- Protoedafon – jen některá stádia (chroust)
- Hemiedafon – může žít i mimo půdu (chvostoskok)
- Pseudedafon – v půdě se jen ukrývají
- Tychedafon – v půdě jen náhodně (záplavy)

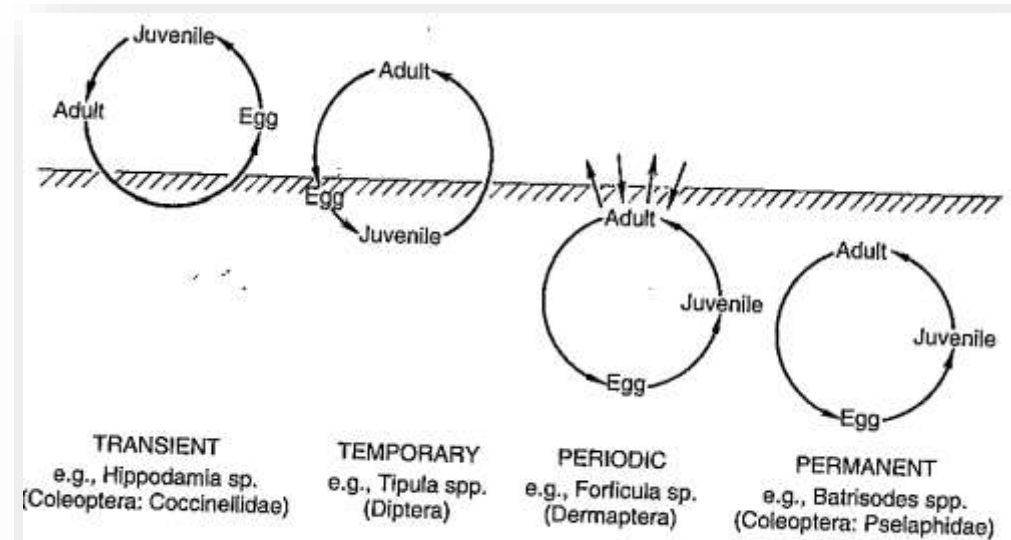


FIGURE 4.1. Categories of soil animals defined according to degree of presence in soil, as illustrated by some insect groups (from Wallwork, 1970).

Skladba půdního oživení

dle velikosti:

1) mikroedafon

menší než 0,2 mm - mikroorganismy (bakterie, aktinomycety, houby, plísně, prvoci, řasy, sinice) a živočichové menší než 0,2 mm (některé hlístice, vířníci)

někdy se dělí na mikrofaunu a mikroflóru ("*soil microflora*")

2) mezoedafon

0,2 - 2 mm – některé houby, někteří vířníci (rotatoria), většina hlístic (nematoda), někteří červi (annelida), většina chvostoskoků (collembola) a roztočů (acarina) a některý hmyz

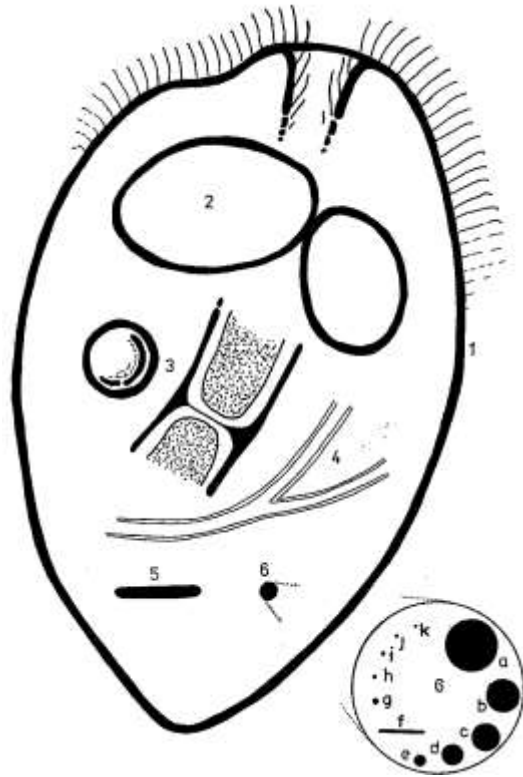
3) makroedafon

2 – 20 mm – roupice, hmyz, mnohonožky, stonožky, stejnonožci (isopoda), pavouci, měkkýši (molusca)

4) megaedafon

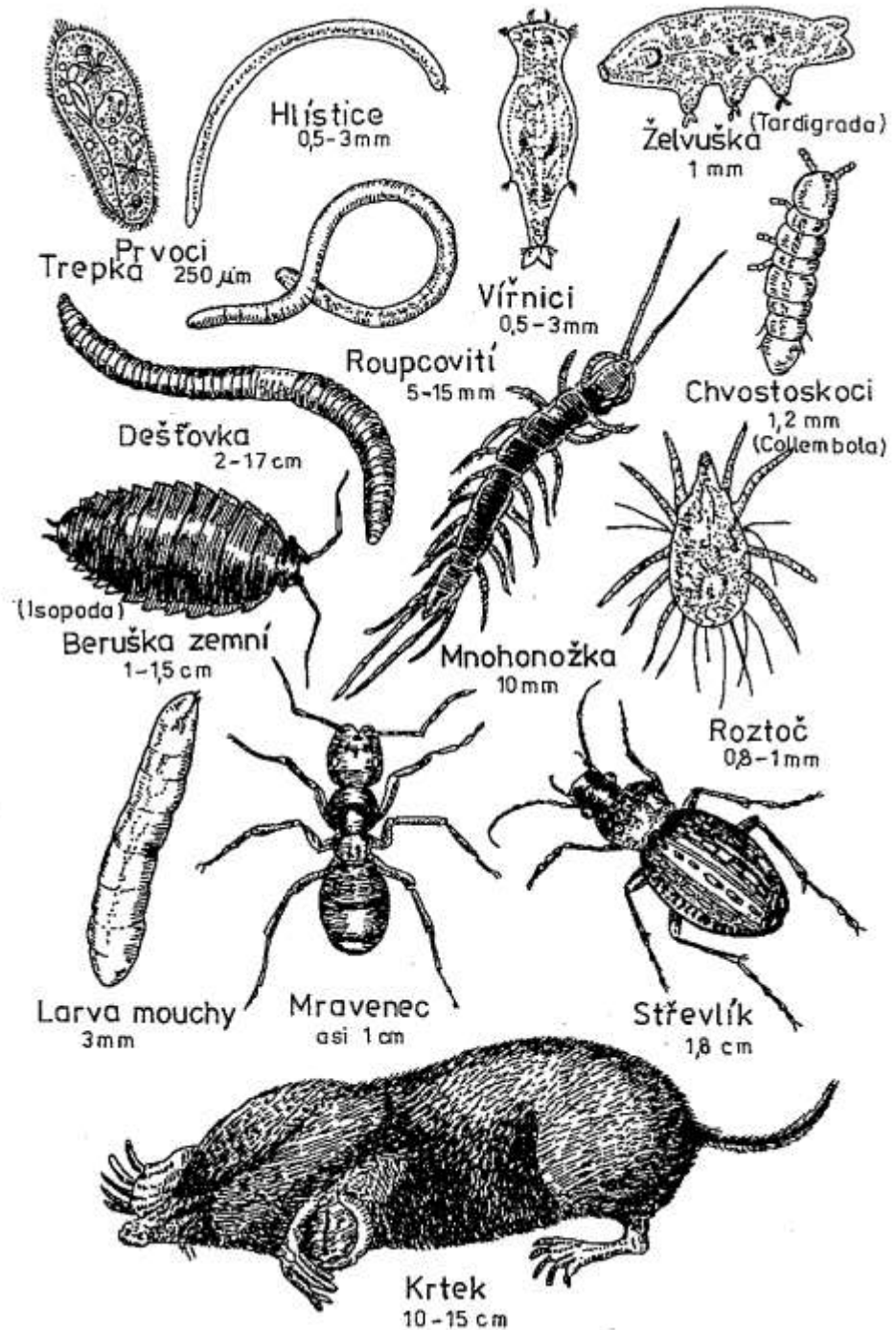
> 20 mm - žížaly (lumbricidae) a obratlovci (krtci, myši, hraboši, křečci ...)

Velikost půdní bioty



Poměrná velikost mikroorganismů (Káš - Langkramer, 1954)

- 1 - prvok (25x40 μm),
- 2 - kvasinky (8-12 μm),
- 3 - plíseň, spóra a část vlákna (š spór 4 μm, vlákna 5 μm),
- 4 - aktynomyceta (š vlákna 0,5-1,2),
- 5 - Bacillus subtilis (0,6-5 μm)
- 6 - stafylokok (š μm) - vedle též zvětšený uvnitř obrýsu:
- a - virus papouščí nemoci (š 300 nm), b - virus oparu (š 150 nm),
- c - virus vztekliny (š 125 nm), d - virus chřipky (š 100),
- e - bakteriofág (š 50-75 nm), f - virus mozaikové nemoci tabáku (15x280 nm), g - virus žluté zimnice (š 22 nm), h - virus dětské obrny (š 12), i - virus slintavky a kulhavky (š 10 nm), j - molekula vaječného albuminu (3x9 nm)



Velikost půdní bioty

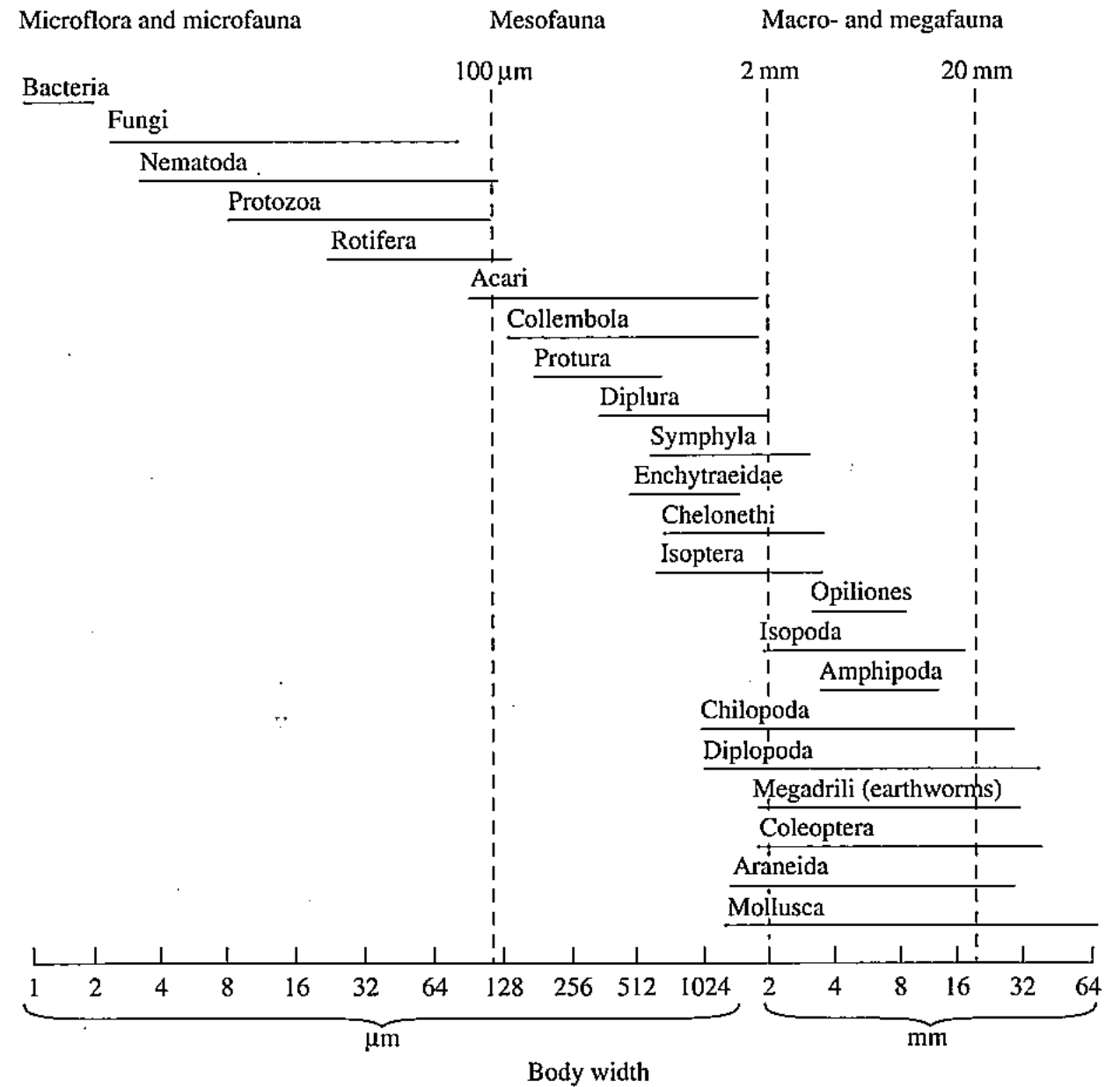


Fig. 2.1

Classification of soil biota on the basis of their body size. (Adapted from Swift et al. 1979).

Velikost půdní bioty

Table 1.1: The soil biota can be divided into three groups.

Smaller	→	Larger		
Microfauna/flora <i>Size range 1-100 μm</i> Bacteria 100 billion cells from 10,000 species Fungi 50 km of hyphae from 100's of species Protozoa 100,000 cells from 100's of species Nematodes 10,000 individuals from 100's of species		Mesofauna <i>Size range 100 μm – 2 mm</i> Tardigrades Collembola Mites Combined 1,000's individuals from 100's of species		Macro/Megafauna <i>Size range > 2 mm</i> Earthworms Ants Woodlice Centipedes Amphibians and reptiles Mammals Birds Combined 100's individuals from 10's of species

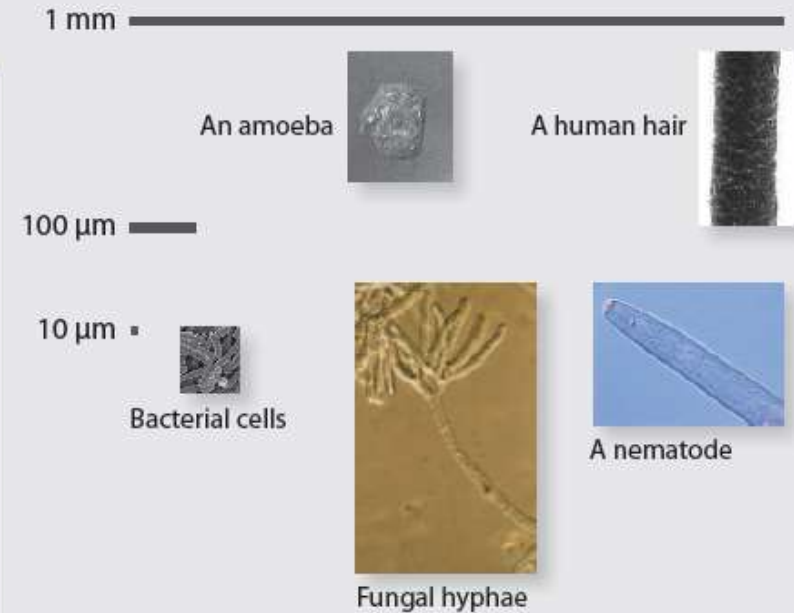


Fig. 1.3: A schematic showing, to scale (approx. 80x magnification), the average relative sizes of different soil microorganisms compared to the thickness of an average human hair. (JRC)

Velikost půdní bioty vs její funkce

TABLE 4.12. Influences of Soil Biota on Soil Processes in Ecosystems

	<i>Nutrient cycling</i>	<i>Soil structure</i>
Microflora	Catabolize organic matter Mineralize and immobilize nutrients	Produce organic compounds that bind aggregates Hyphae entangle particles onto aggregates
Microfauna	Regulate bacterial and fungal populations Alter nutrient turnover	May affect aggregate structure through interactions with microflora
Mesofauna	Regulate fungal and micro-faunal populations Alter nutrient turnover Fragment plant residues	Produce fecal pellets Create biopores Promote humification
Macrofauna	Fragment plant residues Stimulate microbial activity	Mix organic and mineral particles Redistribute organic matter and microorganisms Create biopores Promote humification Produce fecal pellets

From Hendrix *et al.*, 1990.

Velikost půdní bioty vs její funkce

Microflora

Bacteria and fungi have diverse metabolic capabilities and are the principle agents for the cycling of nutrients e.g. nitrogen, phosphorus and sulphur. They may be free living or symbiotic and active in the decomposition or build-up of organic matter. They also help in the formation of stable soil aggregates.

Microfauna

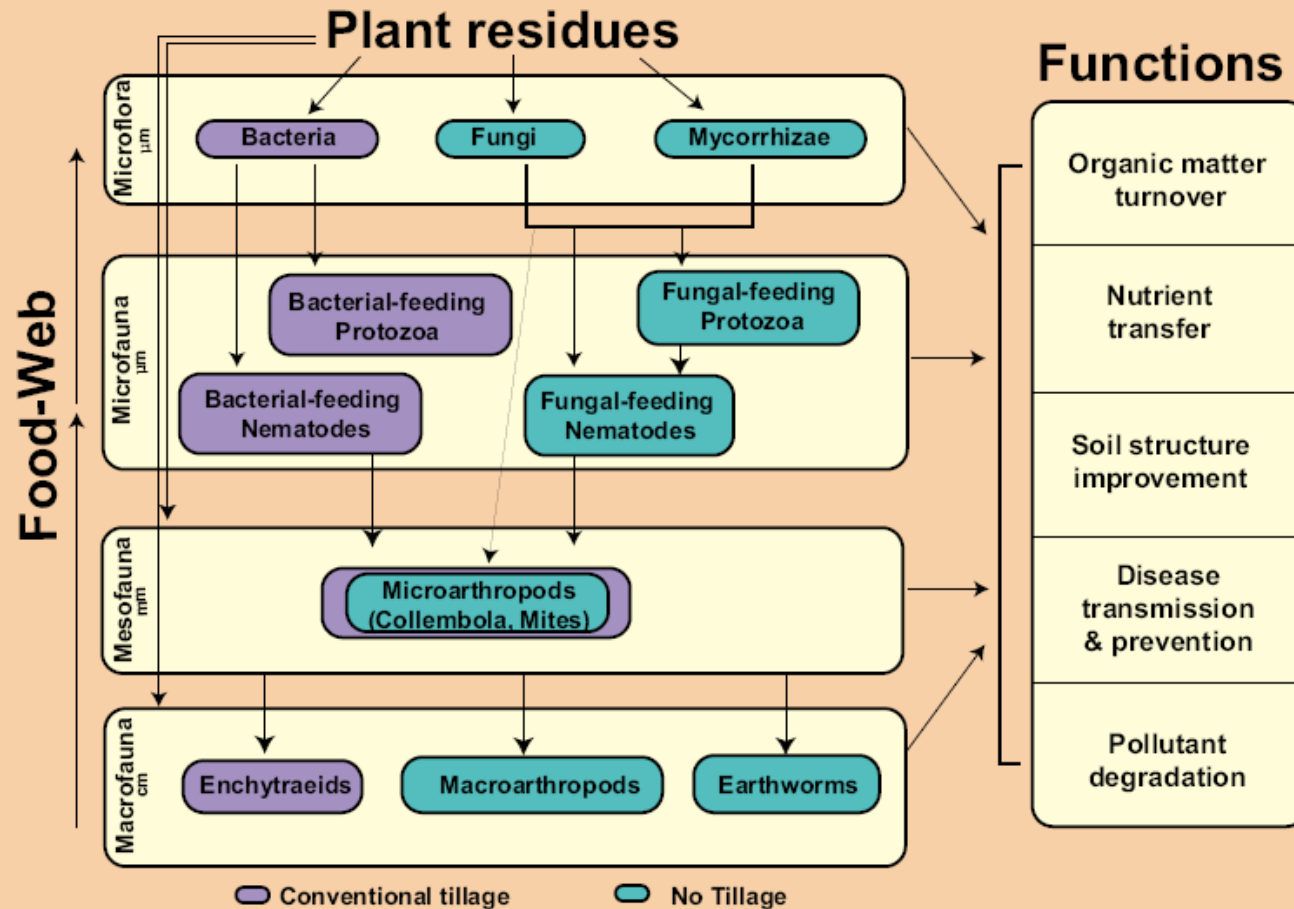
Protozoa and nematodes are a crucial link between microflora and larger fauna. They regulate the populations of bacteria and fungi and play a major role in the mineralisation of nutrients.

Mesofauna

Mites and collembola feed on litter and help fragment organic residues. They are predators of fungi and microfauna, playing an important role in regulating microbial populations and nutrient turnover.

Macrofauna

Earthworms, termites and dungbeetles, etc are important biological agents fragmenting organic residues and causing a large surface area to be exposed. They also help the formation of soil aggregates and soil pores.



Skladba půdního oživení

dle potravních preferencí:

- 1) Producenti** – autotrofní organismy – vychází z minerálních látek a energii získávají ze světla – fotoautotrofie (vyšší rostliny, sinice, řasy) či oxidace anorganických látek – chemolitotrofie (některé bakterie)
- 2) Primární konzumenti** – fytofágie, fytotrofie – konzumují rostlinnou biomasu (různé larvy, brouci, krtonožky, někteří pavouci a roztoči, rostlinní parazité - hlístice)
- 3) Sekundární konzumenti** – karnivoři, predátoři – požírají fytotrofní organismy – dravý hmyz, pavouci a roztoči, stonožky
- 4) Rozkladači, destruenti, saprofágové** – živí se odumřelým organickým materiálem – v půdě nejpočetnější skupina – dekompozice - koloběh prvků a látek

Skladba půdního oživení

dle potravních preferencí:

- 1) **Fytofágové** – živá rostlinná těla
- 2) **Zoofágové** – živá živočišná těla
- 3) **Nekrofágové** – odumřelá živočišná těla
- 4) **Saprofágové** – rozkládající se organická hmota

Studium účinků stresorů na půdní biotu

Úroveň	Příklady typů účinků a hodnocených parametrů (endpointů)
biochemická/molekulární	<ul style="list-style-type: none"> interakce s enzymy (dehydrogenáza, β-glukosidáza, nitrogenáza, acetylcholinesteráza, glutathion-S-transferáza, peroxidáza...) oxidativní stres (glutathion, lipidní peroxidace...) biochemické markery (heat shock proteiny, cytochrom P450, etoxyresorufin-O-deetyláza - EROD, metalothioneiny...) genotoxicita (testy genotoxicity s mikroorganismy, žížalami, hlísticemi) narušení membrán (integrita a fluidita membrán nepolární narkózou, narušení iontových pump či transportních systémů...) interakce s receptory (AhR receptor u žížal...)
buněčná	<ul style="list-style-type: none"> vitalita a funkce buněk (studium hemocytů, coelomocytů, počítání buněk, dělení a růst mikroorganismů, hodnocení spermií žížal...) buněčné dělení narušení proteosyntézy
individuální	<ul style="list-style-type: none"> přežívání (testy mortality s žížalami, chvostoskoky, hlísticemi, roupicemi, testy klíčivosti...) nekrózy, léze, onemocnění (pozorování organismů na konci testů...) přijímání potravy fýziologie (hodnocení neurotoxicity u žížal...) energetický metabolismus chování (únikové testy...) aktivita (měření fotosyntézy u rostlin...) růst (testy inhibice růstu vyšších rostlin...) bioakumulace (bioakumulační testy s žížalami, isopody...)
populace	<ul style="list-style-type: none"> populační dynamika – mortalita, natalita, reprodukce (reprodukční testy toxicity s půdními bezobratlými – žížalami, chvostoskoky, roupicemi...) fitness populace (vícedruhové kompetiční testy...) růst populace (růst specifických skupin mikroorganismů, více-generační testy...) prostorový výskyt populace v terénu, bioindikace
společenstva	<ul style="list-style-type: none"> biodiverzita a struktura společenstva (funkční diverzita mikroorganismů měřená metodou Biolog, maturity index hlístic, diverzita půdních mikročlenovců, změny složení vegetace – fytocenologie...) vztahy (hodnocení mykorhizy, testy s dravými roztoči, testy kompetice nematod...) fungování (testy s půdními mikrokosmy, polní testy, bioindikační metody...) stabilita společenstva selekce rezistentních druhů, vznik tolerance využití indikátorových druhů – citlivé druhy na daný typ stresu
ekosystému	<ul style="list-style-type: none"> cykly C, N, P, S (měření respirace půdy, nitrifikace, denitrifikace...) dekompozice (měření rozkladu organických reziduí...) energetické toky bilance (uhlík vázaný v biomase půdy a v organické hmotě v půdě...) vývoj (hodnocení sukcese...) hodnocení ekosystémových služeb („ecosystem services“) a funkcí (produktivita, výnos, schopnost biodegradace polutantů...)

Jednotlivé skupiny půdní bioty



Mandatory reading

Orgiazzi et al. (2016): Global Soil Biodiversity Atlas. Chapter 2 – str. 29 - 65

<https://esdac.jrc.ec.europa.eu/content/global-soil-biodiversity-atlas>



Mandatory reading

Jeffery et al. (2010): European Atlas of Soil Biodiversity – Section 2 - str. 89 – 125

<https://esdac.jrc.ec.europa.eu/content/atlas-soil-biodiversity>



Mandatory reading

prof. Miko: Živý plášť planety Země

<https://www.youtube.com/watch?v=Z5rMheOnaec>



Literatura

Jeffery, S., C. Gardi, A. Jones, L. Montanarella, L. Marmo, L., Miko, K. Ritz, G. Peres, J. Römcke and W. H. van der Putten (eds.) (2010): European Atlas of Soil Biodiversity. European Commission, Publications Office of the European Union, Luxembourg.

Orgiazzi, A., Bardgett, R.D., Barrios, E., Behan-Pelletier, V., Briones, M.J.I., Chotte, J-L., De Deyn, G.B., Eggleton, P., Fierer, N., Fraser, T., Hedlund, K., Jeffery, S., Johnson, N.C., Jones, A., Kandeler, E., Kaneko, N., Lavelle, P., Lemanceau, P., Miko, L., Montanarella, L., Moreira, F.M.S., Ramirez, K.S., Scheu, S., Singh, B.K., Six, J., van der Putten, W.H., Wall, D.H. (Eds.) (2016): Global Soil Biodiversity Atlas. European Commission, Publications Office of the European Union, Luxembourg.

Bardgett, R.D. (2005): The biology of soil: a community and ecosystem approach. Biology of habitats. Oxford University Press, ISBN 0198525036, p. 242.

Dindal, D.L. (1990): Soil Biology Guide. John Wiley & Sons. ISBN-10: 0471045519.

Coleman, C., D. A. Crossley, Paul F. Hendrix (2004): Fundamentals of soil ecology. Academic Press, ISBN 0121797260, p. 386.

Doelman, P. and Eijsackers, H.J.P. (2004): Vital Soil - Function, Value and Properties. Elsevier. 358 p. ISBN: 0-444-51772-3.