

BEZ PŮDY TO NEPŮJDE

Miloslav Šimek a kolektiv

Kvalitní a zdravou půdu nutně potřebujeme. Na půdě stojí základy naší civilizace, půda je podmínkou života. Kromě produkce potravin, vláken aj. má půda nezastupitelný význam v krajině, kde mimo jiné vsakuje, zadržuje a čistí vodu, rozkládá organické látky a spoluvytváří zdravé životní prostředí.



BEZ PŮDY TO NEPŮJDE

Brožura obsahuje texty připravené pro stejnojmennou putovní výstavu. Tato výstava umožňuje nahlédnout do fascinujícího světa v půdě a pochopit význam půdy pro život na Zemi. Na půdě stojí základy naší civilizace a půda je základem života. Kromě produkce potravin má půda nezastupitelný význam v krajině, kde jímá a čistí vodu, rozkládá organické látky a spoluvytváří zdravé životní prostředí. Informace z výstavních panelů jsou zde rozšířené o další podrobnosti a zajímavé údaje. Průvodce může být používán i samostatně. Shrnuje základní informace o půdách a jejich využívání v České republice a informuje o významu půdních organismů a biologických procesů v půdě i o širších souvislostech využívání půdy (agroekosystémy, střídání plodin, emise skleníkových plynů z půd).

THERE CAN BE NO LIFE WITHOUT SOIL

The booklet contains texts prepared for the traveling eponymous exhibition. This exhibition provides a glimpse into the fascinating world of soil and will help you understand the importance of soil for life on Earth. Soil is the foundation of our civilization and of all life on land. Besides food production, soil is important in the landscape as it absorbs, collects and purifies water, decomposes organic compounds, and helps to create a healthy environment. Information from the exhibition panels are extended by further interesting details. The booklet can be used independently. It summarizes basic data on soils and their use in the Czech Republic and brings basic information on the importance of soil organisms and biological processes in soil, as well as on a broader context of soil use (agroecosystems, crop rotation, gas emissions from soils).



námět Miloslav Šimek, výtvarník Hana Kárová

OBSAH

Úvodem _____	2
Kolik je na světě půdy? A kolik u nás? _____	4
V jakém stavu je naše půda a krajina? _____	6
Využití půdy v České republice _____	8
Co je to půda? Kde se vzala? _____	11
Funkce a ekosystémové služby půdy _____	12
Půdní organismy - nenahraditelná složka půdy _____	14
Půda - biochemická laboratoř _____	16
Z našeho výzkumu:	
Jedinečné experimentální povodí _____	18
Obnova travních porostů v krasových oblastech _____	20
Obecná strupovitost brambor _____	22
Žížaly v Amatérské jeskyni _____	24
Živočichové v polární půdě _____	26
Řasy a sinice - hrdinové v extrémních podmínkách _____	28
Revitalizace odvodněných rašelinišť na Šumavě _____	30
Jak zachovat půdu živou a funkční? Hospodařit odpovědně! _____	32
Půdní organismy a biologické procesy, základ každé půdy _____	36
Širší souvislosti:	
Agroekosystémy _____	48
Střídání plodin, osevnické postupy _____	50
Emise skleníkových plynů z půd _____	54
Literatura _____	58
Vybrané informační zdroje na internetu _____	59
Desatero na závěr: co je špatně a co dělat, aby bylo lépe _____	60



ÚVODEM

Vědci z Ústavu půdní biologie Biologického centra Akademie věd ČR v Českých Budějovicích připravili výstavu 16 velkoformátových panelů o půdě, jejím významu, využívání i poškozování. Výstava umožňuje nahlédnout do fascinujícího světa v půdě a pochopit význam půdy pro život na Zemi.

Tento Průvodce opakuje informace z výstavních panelů a rozšiřuje je o důležitá fakta a zajímavé údaje. Jednotlivá témata z výstavních panelů jsou zde představena postupně, každému je věnována dvoustrana. Průvodce není vázán na výstavu, lze jej používat i samostatně jako jednoduchou příručku přinášející základní informace o půdách a jejich zemědělském využívání. Výstava je určena pro venkovní instalaci a je putovní. Poprvé budou panely vystaveny na českobudějovickém náměstí Přemysla Otakara II., dále v areálu pobočky Národního zemědělského muzea Ohrada u Hluboké nad Vltavou, v CHKO Moravský kras, v Prácheňském muzeu v Písku atd.

První polovina informačních panelů, které jsou oproti tomuto Průvodci ve dvojjazyčné verzi, v češtině a angličtině, je věnována obecnějším informacím o půdě. Text připravil iniciátor a hlavní autor výstavy, prof. Miloslav Šimek, jenž se dlouhodobě zabývá společenstvy půdních mikroorganismů a upozorňuje na nutnost ochrany života v půdě i celé půdy a na potřebu jejího udržitelného využívání.

Zájemci se dozví, kolik je na světě i u nás půdy a také že půdy stále ubývá jejími zábory pro stavby, těžbu atd. Je zřejmé, že rostoucí lidská populace vyžaduje stále více potravin a že význam a hodnota půdy se budou zvyšovat. Tím, jak člověk půdu využívá pro pěstování plodin, ji ale zároveň téměř vždy poškozuje. Správným a citlivým hospodařením lze ovšem negativní vlivy eliminovat. Způsob zemědělství dlouhodobě převažující v České republice i jinde v Evropě a ve světě ale bohužel způsobuje poškozování mnoha půdních vlastností. To je zřejmé jak výzkumníkům, kteří se půdě věnují, tak to vyplývá i z oficiálních údajů Evropské komise i Ministerstva zemědělství ČR a dalších zdrojů. U nás se v posledních asi 30 letech zásadně změnilo využití zemědělské půdy: pěstuje se podstatně méně brambor, lnu, luskovin i píce na orné půdě a velice narostla výměra ozimé řepky pěstované pro semeno k získávání řepkového oleje. Úbytek pícnin, plodin pěstovaných pro výživu hospodářských zvířat, souvisí s jejich nižší potřebou, neboť se zásadně snížily stavy dobytka. Důsledkem toho je i skutečnost, že v zemědělství není k dispozici dostatek statkových (organických) hnojiv pro pravidelné přídatky organické hmoty do půdy, jejíž poškození (degradace) se tak prohlubuje. Další výstavní panel ukazuje, jak je půda složitá, skládá se z jednotlivých horizontů a je tvořena jednak pevnými částicemi, většinou anorganickými a dále organickými, jednak půdními póry. Ty jsou v půdě v dobré kondici zhruba z poloviny zaplněny půdní vodou, z poloviny půdním vzduchem.

Taková půda dobře plní své funkce, zejména funkci produkční a dále ekologickou (včetně jímání a zadržování vody), rekreační a kulturní, a poskytuje člověku důležité ekosystémové služby. Poškozené půdy v degradované krajině, jakou významná část našeho území bezesporu je, ovšem své služby plnohodnotně neposkytují. Zdravá půda obsahuje obrovské množství půdních organismů, mikroorganismů i živočichů, které se starají o to, aby půda žila a fungovala. Pro půdu jsou bohatá a rozmanitá společenstva půdních organismů (s vysokou biodiverzitou) nepostradatelná. Pokud dojde k jejich výraznějšímu poškození, což je dnes časté, přestává půda plnit své funkce, například v hospodaření s vodou, snadno podléhá erozi atd.

Narušena je i jedna z nejdůležitějších funkcí půdy, a to rozklad mrtvé biomasy a uvolnění v biomase vázaných živin pro další cyklus, pro rostliny i mikroorganismy, které je využijí při tvorbě své nové biomasy. Fungující půda má také vysoký biodegradační potenciál, kdy společenstva organismů dokážou rozložit celou řadu chemických látek, které do prostředí vnášejí člověk - pesticidy, kosmetické a čisticí přípravky, léčiva aj. Biodegradační potenciál půdy je neocenitelný, má ovšem své limity a v poškozené půdě je snížený.

Druhá polovina výstavních panelů byla připravena ve spolupráci s odborníky, kteří se z různých pohledů zabývají studiem půdy. Panely přinášejí informace o několika příkladech aktuálního výzkumu půd. Tomu slouží i speciálně vybudované unikátní umělé povodí na Sokolovsku, dále jsou uvedeny informace o výzkumu půd při obnově travních porostů v krasových oblastech a o specifických společenstvech žížal v jeskyních, o ochraně brambor před obecnou strupovitostí hlíz, o významu půdních živočichů v polárních půdách, o významu řas a sinic při tvorbě půd aj. Jeden panel je věnován i revitalizaci šumavských rašelinišť, kterou spolu s řadou dalších institucí řeší odborníci ze spolupracující Přírodovědecké fakulty Jihočeské univerzity. Poslední panel výstavy se věnuje zásadám, jak se o půdu starat, jak zachovat půdu živou a jak hospodařit, aby se půda nepoškozovala.

Poslední část tohoto Průvodce rozšiřuje informace o významu půdních organismů a biologických procesů pro půdu a život na Zemi vůbec a o další souvislosti. Je ovšem nutné si uvědomit, že omezený rozsah Průvodce umožňuje zmínit pouze nejdůležitější aspekty. Další informace musí čtenář čerpat z odborné literatury. Zdrojem informací může být i internet, jen je třeba informace přebírat s rozmyslem a nejlépe z více různých zdrojů.





Kolik je na světě půdy? A kolik u nás?

Plocha souše na Zemi je 149 430 000 km², z toho zemědělsky využívaná půda pokrývá 18 830 000 km², tj. asi 12,6 % výměry souše (Oertel a kol., 2016). V České republice máme 42 000 km² (4 200 000 ha) zemědělské půdy, což představuje 55 % výměry ČR a na jednoho obyvatele připadá kolem 0,4 ha zemědělské půdy. Je to výměra jen o něco vyšší, než je potřeba k zajištění potravin pro člověka. Mohli bychom tedy být soběstační, pokud jde o možnost vyrobit dostatek základních potravin pro obyvatele ČR. Ovšem jen za předpokladu, že se kvalita půdy nebude snižovat.



V následující tabulce je uvedena tzv. bilance půdy podle Českého úřadu zeměměřičského a katastrálního (ČÚZK) a údaje o ploše obhospodařované zemědělské půdy, která je podle definice Českého statistického úřadu (ČSÚ) „pravidelně obhospodařovaná půda využívaná pro pěstování plodin“ (a zahrnuje ornou půdu, chmelnice, vinice, zahrady, ovocné sady, trvalé travní porosty a ostatní trvalé kultury). Při přebírání statistických údajů o výměře půdy je třeba rozlišovat, zda se jedná o kategorie podle katastru nebo jde o tzv. obhospodařovanou zemědělskou půdu.



Plocha a využití půdy v České republice v roce 2017

Kategorie	Bilance půdy podle ČÚZK		Evidence podle ČSÚ	
	plocha (ha)	%	plocha (ha)	%
celková výměra státu	7 887 000	-	-	-
zemědělská půda	4 205 000	100	3 521 329	100
z toho:				
orná půda	2 959 000	70,4	2 497 792	70,93
trvalé travní porosty	1 007 000	23,9	978 161	27,78
vinice a chmelnice	30 000	0,7	22 914	0,65
ovocné sady	45 000	1,1	17 111	0,49
zahrady	165 000	3,9	666	0,02
ostatní trvalé kultury	-	-	4 685	0,13
lesní půda	2 672 000	-	-	-
rybníky a ostatní vodní plochy	166 000	-	-	-
zastavěné plochy	132 000	-	-	-
ostatní plochy	711 000	-	-	-
úhor na orné půdě	-	-	26 247	-

(zdroj: Český statistický úřad, 2018)

Půda se ale bohužel stále více poškozuje a půdy stále ubývá, zejména v důsledku záborů pro stavby obytných domů, skladů, průmyslových podniků i komunikací. Ročně ztrácíme v ČR kolem 4500 ha zemědělské půdy, to znamená denně průměrně 12,5 ha (které by mohly uživit nejméně 30 lidí)! Půda také ubývá z pozemků v důsledku vodní i větrné eroze. Stejně vážné je to, že se soustavně zhoršuje kvalita půdy.

Víte, že?

Lidská populace stále roste, dnes žije na Zemi 7,7 miliard (mld) lidí, z toho v Číně 1,4 mld a v Indii 1,3 mld; světový roční přírůstek je 1,1 %, tj. kolem 80 milionů. Odhaduje se, že přes 1,7 mld lidí trpí podvýživou. Význam a hodnota půdy pro produkci potravin se budou zvyšovat.

V jakém stavu je naše půda a krajina?

Podle mezinárodních odhadů (EASAC, 2018) pokročila degradace zemského povrchu a půd natolik, že negativně ovlivňuje životy nejméně 3,2 miliardy lidí. Globální rozsah a neblahý dopad degradace půd na potravinovou bezpečnost, na zajištění dostatku kvalitní vody a na zdraví lidí opakovaně řeší ve svých dokumentech i Evropská komise (viz např. EASAC, 2018); zdůrazňuje se nutnost lepší ochrany půdy, nutnost snížení eroze, naléhavá je také potřeba remediacce (nápravy) již poškozených půd.

Hlavní typy poškození (degradace) půd v Evropě i v ČR:

- 1) ztráty půdy v důsledku záboru pro stavby a jiné účely,
- 2) vodní a větrná eroze (eroze již poškodila 25 % zemědělské půdy EU),
- 3) zhutnění půdy a jiné narušení půdní struktury,
- 4) ztráty půdní organické hmoty a zhoršení její kvality,
- 5) zasolení nebo okyselení půdy,
- 6) pokles zásoby živin pod únosnou mez,
- 7) znečištění půdy cizorodými látkami,
- 8) snížení biodiverzity půdy (v důsledku např. zhutnění a fyzikálního poškození půd nebo nadměrného používání průmyslových hnojiv a pesticidů).

Půdu degradují i přirozené mechanismy, ale hlavně lidské aktivity.

Jak se naopak pozná dlouhodobě udržitelné využívání půdy a krajiny? Kritéria jsou podle zmíněné zprávy EASAC následující:

- vyplavování živin z půdy je malé,
- biologická produkce daná přírodními klimatickými limity je vysoká,
- biodiverzita nad i pod povrchem půdy je vysoká,
- srážky jsou efektivně vsakovány a zadržovány v prokořeněné vrstvě půdy,
- eroze půdy je nízká,
- vstupy cizorodých látek do půdy jsou nízké a tyto se nehromadí do škodlivých koncentrací,
- produkce potravin a dalších produktů není podmíněna vysokými vstupy energie,
- emise skleníkových plynů z půdy jsou nulové nebo negativní (půda spotřebovává plyny).



Nejzávažnějším typem degradace půdy je eroze, tedy odnos půdy z pozemku pryč, a to vodou či větrem (vrstvička půdy 1 cm se vytváří stovky let, ale odplavena nebo smetena může být během pár minut) a pokračující rozsáhlé zabírání půdy pro nejrůznější účely. Ke snížení negativních jevů se doporučuje:

- nelikvidovat tzv. zelené plochy, naopak vytvářet nové,
- znovu využívat opuštěné a již zdevastované pozemky (tzv. *brownfields*),
- používat propustné materiály místo betonu a asfaltu (např. na parkovištích aj.),
- podporovat tzv. zelenou infrastrukturu (zelené střechy, vertikální zahrady aj.).

Velká výměra naší půdy není v dobrém stavu. Máme sice ještě i půdy kvalitní a půdy, o něž se pečuje, ale většina našich půd je postižena různými typy a stupni degradace a o velký podíl půd se nepečuje vůbec, pouze se využívají. Je všeobecně známo, že konvenční intenzivní zemědělství svými praktikami degraduje půdu a poškozují krajinu. Půdy stále ubývá a půda, která zbývá, je degradována erozí, zhutněním, úbytkem organické hmoty, ztrátou nebo naopak nadbytkem živin, poklesem pH, znečištěním polutanty, ztrátou biodiverzity atd. Ignorují se zásady správného střídání plodin, pěstuje se málo půdě prospěšných (zlepšujících) plodin a běžně se překračuje maximální vhodné zastoupení plodin v osevních sledech (to je markantní zvláště u tržně výhodné řepky, pšenice aj.). Na půdě a s půdou se nehospodaří, půda se využívá bez ohledu na budoucnost. Degradace půdy má dopad na kvalitu vody a vzduchu a tím na zdraví lidí a ohrožuje i potravinovou bezpečnost.



Víte, že?

Vodní erozí je potenciálně ohroženo 54 % a větrnou erozí asi 18 % zemědělské půdy v České republice. Ztráta půdy erozí v současnosti činí kolem 21 milionů tun ornice za rok, což lze ekonomicky vyjádřit jako ztráty nejméně 4,2 mld Kč. Zásadním problémem je pokles obsahu organické hmoty v půdách, způsobený nedostatkem organických statkových hnojiv a erozí. Téměř 50 % půd se týká problém utužení (zhutnění), alarmující je pokračující okyselování půd (pokles pH) atd. (zdroj: Ministerstvo zemědělství, 2018).





Využití půdy v České republice

Celková výměra zemědělské půdy v ČR se stále zmenšuje, podstatně se mění i její využití. Například mezi roky 1988 a 2018 se významně snížily plochy s pěstováním lnu (na 6,1 %), brambor (na 19%) nebo píce na orné půdě (na 42,9 %), zatímco plochy řepky se velmi podstatně zvýšily (na 403,1 %). Potřebujeme tolik řepky? Řepkový olej z moderních odrůd je velmi ceněn pro vysokou tepelnou odolnost a složení jeho mastných kyselin a je mnohem vhodnější pro lidskou výživu než palmový olej nebo olej ze sóji. Celková produkce semen řepky v ČR je v posledních letech 1200-1500 tis. t/rok; z tohoto množství se ale jen kolem 350 tis. t spotřebuje k potravinářským účelům a většina, tedy více než 2/3, se používá v průmyslu a na výrobu biopaliv nebo se vyváží. Řepkové semeno a olej vyvážíme, zatímco řadu tradičních komodit musíme dovážet, včetně běžného ovoce a zeleniny. V důsledku změn osevních ploch nejsme soběstační např. ve výrobě brambor nebo masa a jsme odkázáni na dovoz mnoha základních potravin.

Víte, že?

Řepka je naše tradiční plodina, která bývala pokládána za tzv. zlepšující plodinu. To bylo ovšem v době, kdy se pěstovala na pouhých několika procentech půdy a hnojila se i organickými hnojivy. Nyní se pěstuje již na více než 16 % výměry orné půdy v ČR (v řadě podniků na více než 20 % orné půdy) a její pěstování neblaze zatěžuje životní prostředí i půdy. V současnosti se v systému intenzivního zemědělství řepka typicky hnojí vysokými dávkami průmyslových hnojiv a „chrání“ vysokými opakovanými dávkami pesticidů. Z polních plodin je řepka nejvíce chemicky „ošetřovanou“ plodinou, přitom podíl nezdůvodněných aplikací pesticidů činí 20-30 % a podíl aplikací mimo vhodnou dobu dosahuje dalších 20-30 % (Kocourek a kol., 2018). Rozšiřování výměry řepky je dokonce v rozporu se strategií ministerstva zemědělství, které se snaží plochy olejnin snižovat (viz Liška, 2017).



Osevní plochy hlavních plodin v České republice v hektarech a jejich procentuální podíl z celkové osevní plochy

Rok	Osevní plocha celkem	Obiloviny	Luskoviny	Brambory
1988	3 284 113	1 676 760	60 094	120 167
(%)	100	51,1	1,8	3,7
2018	2 460 939	1 339 056	35 153	22 889
(%)	100	54,4	1,4	0,9
2018 oproti 1988 (%)	74,9	79,9	58,5	19,0

Rok	Cukrovka	Len	Píceiny na orné půdě	Řepka
1988	112 993	20 614	1 091 926	102 160
(%)	3,4	0,6	33,2	3,1
2018	64 760	1 258	468 328	411 802
(%)	2,6	0,1	19,0	16,7
2018 oproti 1988 (%)	57,3	6,1	42,9	403,1

(zdroj: Český statistický úřad, 2018)

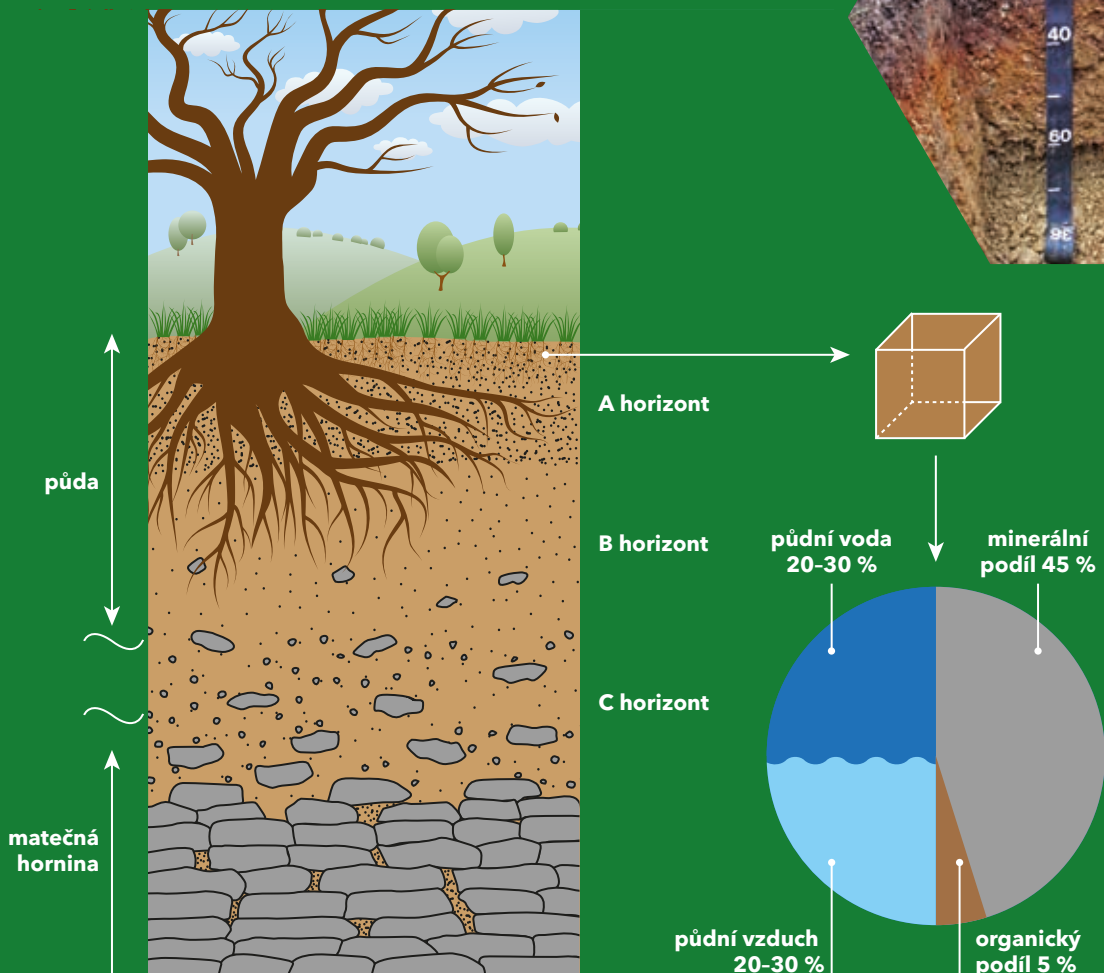
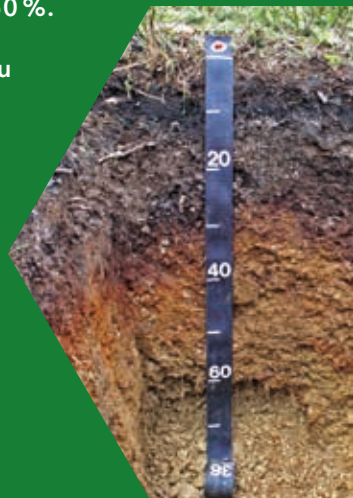


Víte, že?

Půda má svoji hodnotu, kterou lze vyjádřit cenou. U nás se půda oceňuje podle řady vlastností včetně úrodnosti a má úředně stanovenou tzv. základní cenu (nyní od méně než 2,5 do více než 15 Kč za metr čtvereční), a to podle katastrálního území nebo podle tzv. bonitované půdně-ekologické jednotky (BPEJ). Základní cena se používá například pro stanovení daně z nemovitých věcí. Tržní cena půdy je obvykle vyšší, někdy mnohonásobně, než základní cena, například v určitém katastrálním území může být základní cena 2 Kč, zatímco tržní cena 20-30 Kč za metr čtvereční (více viz např. <https://www.farmy.cz/cena-pudy/>).

Půdní horizonty a složky půdy

Půda je rozlišena do jednotlivých vrstev (horizontů), které se označují velkými písmeny, např. zde horizonty A, B, C. Vyvinutá půda je strukturní a skládá se z částic pevných látek a pórů mezi nimi. Většinu pevných látek tvoří minerální podíl, jen kolem několika procent objemu připadá na organické látky. Celkový objem pórů bývá kolem 50 %. Póry jsou částečně vyplněny půdní vodou, částečně půdním vzduchem. Jejich poměr se mění, při vysychání nahrazuje vodu vzduch a naopak. Voda i vzduch jsou nezbytné pro rostliny i půdní organismy. Půda, v níž se zmenšuje objem pórů například nesprávným obděláváním, jim neposkytuje vhodné podmínky pro život. (originál Miloslav Šimek)



Co je to půda? Kde se vzala?

Půda vzniká z hornin, a to působením vody, větru, střídání teplot, chemických látek aj., ale hlavně spolupůsobením organismů. Zpočátku se vzniku a vývoje půdy účastní mikroorganismy, později i rostliny a živočichové. Vrstva 1 cm půdy se vytváří nejméně stovky roků. Půda má různou mocnost, od několika centimetrů do desítek metrů; naše půdy jsou obvykle několik desítek centimetrů hluboké a přecházejí do narušené (zvětralé) vrstvy horniny, pod kterou je matečná hornina.

Půdy ČR. Naše krajina je pestrá a klimatické podmínky i horninový pokryv České republiky jsou také velice rozmanité. Základem každé půdy je matečná hornina, z níž půda vzniká, a proto máme i velmi rozmanité půdy. Odborníci pedologové je třídí do mnoha půdních typů. Výskyt hlavních půdních typů v ČR je uveden na obrázku. Nejčastějším půdním typem jsou kambizemě, které jsou jen průměrně kvalitní a někdy i málo úrodné. Nejvíce kvalitních půd (černozemí aj.) máme v Polabí a na střední a jižní Moravě. (originál Vít Penížek)



Půdní typy (TKSP)

Ranker	Pararendzina	Regozem	Černozem	Šedozem
Rendzina	Fluvizem	Smonice	Černice	Hnědozem
Luvizem	Pelozem	Požzol	Glej	Antropozem
Kambizem	Kryptopodzol	Pseudoglej	Organozem	

Funkce a ekosystémové služby půdy

Půda má pro život na Zemi i pro člověka nepostradatelný význam. Má funkci produkční (umožňuje a podporuje růst rostlin, na zemědělské půdě pěstujeme plodiny, na lesní dřeviny), mnoho ekologických funkcí (reguluje koloběh vody v krajině, vodu dočasně zadržuje a čistí, rozkládá chemické látky, je prostředím pro velké množství organismů a tedy je „zásobníkem“ biodiverzity aj.) a další funkce včetně rekreačních (půdy sportovních areálů, parků apod.).

Plněním svých funkcí poskytuje půda člověku i ekosystémové služby, tedy přínosy, které lidé získávají od ekosystémů a které mají vliv na životní úroveň lidí.

V našich podmínkách se v poslední době v souvislosti s opakujícím se suchem zdůrazňuje **funkce půdy v koloběhu vody a ve schopnosti půdy zadržet vodu v krajině**. V průměru spadne na našem území za rok kolem 650 mm vody, na nejsušších místech na Chomutovsku a Žatecku ale jen kolem 400 mm, zatímco v horách (Jizerské hory, Šumava, Beskydy) to může být i přes 2000 mm. Na nejsušších místech na světě naprší ročně méně než milimetr srážek, na nejdeštivějších i přes 12 000 mm (Míková a kol., 2018). Zdravá krajina s nepoškozenými půdami dobře hospodaří s vodou. Půda funguje jako houba, nasaje srážkovou vodu a tu postupně uvolňuje pro potřeby rostlin i půdních organismů. Odhaduje se, že celková možná retenční kapacita našich půd je nejméně o třetinu snížena v důsledku degradace: půdy mají poškozenou strukturu, mají nedostatek větších pórů a organické hmoty, voda se do nich špatně vsakuje a půdy zadržují mnohem méně vody, než by mohly. Degradované nejsou jen půdy, poškozená je celá krajina.

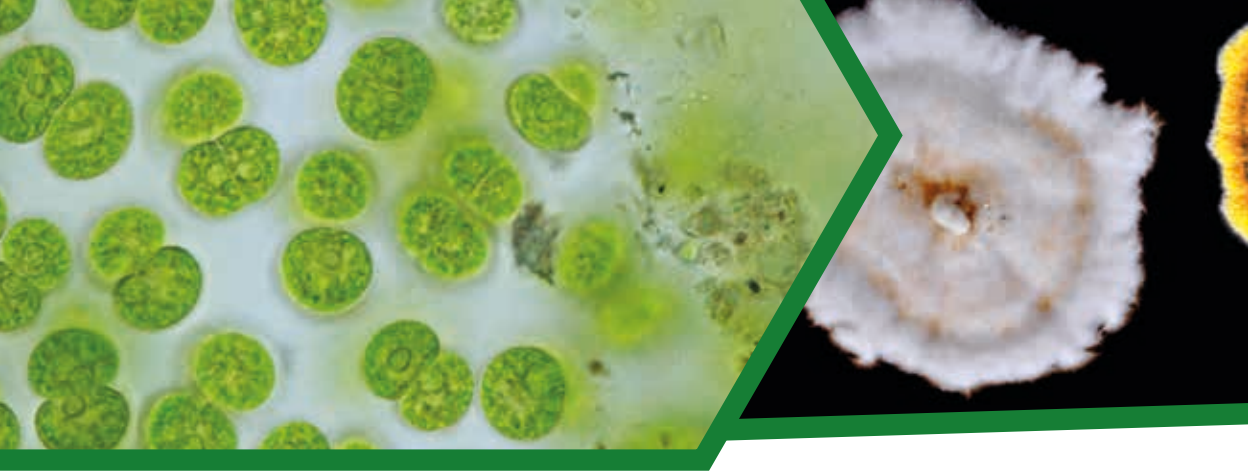


Všechny organismy potřebují k životu vodu. Půdě škodí jak nadbytek vody, tak její nedostatek, obojí negativně postihuje půdní organismy a biologické procesy v půdě. Bez organismů se nemůže vytvořit půdní struktura podporující rychlé vsakování vody do půdy a zadržování vody v půdě. **Část vody z půdy spotřebují rostliny při fotosyntéze; je vhodné si uvědomit, že spotřeba vody moderními odrůdami plodin s vysokými výnosy je násobně vyšší, než bývala při nižší úrovni zemědělské produkce! Zemědělství spotřebovává mnoho vody a spotřeba stále roste. Největší část ze srážkové vody se vypaří a určitá část se vsákne do hlubších vrstev půdy a do porézních hornin.**

Jednou z důležitých funkcí půdy je také filtrování vody a její čištění. K tomu dochází při průtoku vody půdou, kdy půdní mikroorganismy přijímají vodu a s ní i rozpuštěné látky. Tyto látky jsou jak živiny (dusík, fosfor, draslík atd.), tak i zbytky pesticidů a dalších cizorodých látek, které se do půdy dostávají ze znečištěné vody a ze vzduchu. Půdní mikroorganismy dokáží většinu těchto látek rozložit anebo jinak zneškodnit. Bez půdních organismů by půda nefungovala jako „filtr“ mnoha škodlivých látek!

Plán hlavních povodí ČR (Ministerstvo zemědělství, 2007) uvádí, že z průměrných srážek 661 mm (celkově jde v ČR o 52 miliard m^3 vody) jich ročně odteče 195 mm, tj. asi 30 % (zhruba 15,6 miliard m^3 vody). Řekami Labe, Odry a Morava tedy odtéká poměrně velké množství vody, z něhož část by jistě bylo možné u nás zadržet, a to jak zvýšením retenční kapacity půd, tak technickými prostředky (nádrže apod.). Celkový objem stávajících vodních nádrží je mnohem menší než roční odtok, činí kolem 3,4 miliard m^3 . Naše půdy přitom současně zadržují několikanásobně větší objem vody než nádrže a množství zadržené vody v půdách by mohlo být ještě mnohem vyšší, kdyby se napravilo stávající poškození půd a zastavila jejich další degradace.



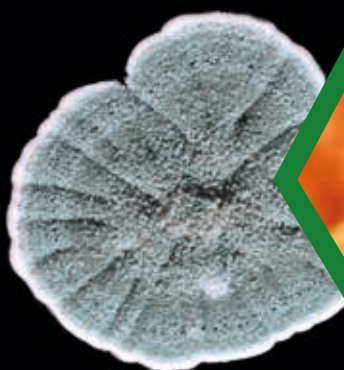


Půdní organismy - nenahraditelná složka půdy

Význam půdních organismů pro půdu a její funkce je obrovský. Půdní organismy jsou totiž nepostradatelné při vzniku a vývoji půdy, půdu spoluvytvářejí a ve vyvinuté půdě zásadním způsobem ovlivňují všechny důležité vlastnosti. Například vytvářejí a udržují drobtovitou půdní strukturu a optimální pórovitost, rozkládají mrtvou biomasu i cizorodé látky, zajišťují koloběh živin a pomáhají růstu rostlin. Bez organismů přestává být půda půdou a stává se jen mrtvým nefunkčním substrátem. V mnoha půdách jsou bohužel společenstva půdních organismů narušena a poškozena nevhodným nakládáním s půdou.

Poznámka: Vzhledem k nezastupitelnému významu půdních organismů a biologických procesů pro fungování půd uvádíme v poslední části tohoto Průvodce stručný přehled o životě v půdě v širších souvislostech.





Úbytek organické hmoty a zhoršování její kvality (opakovaně doložené mnoha výzkumy na celém světě) je velkým problémem pro zemědělské půdy a vytváří podmínky pro jejich biologickou degradaci. Ministerstvo zemědělství ČR konstatuje, že „zásadním problémem s negativními dopady na půdu je postupný pokles obsahu organické hmoty v půdách (dehumifikace), který je způsoben především nedostatkem statkových hnojiv, ale také vodní a větrnou erozí“ (MZe, 2018). Úbytek půdní organické hmoty a pokles její kvality dále negativně přispívají ke zhoršení strukturního stavu půdy, vedou k nižší schopnosti půdy zadržovat vodu, podporují zhutnění půdy a narušují tvorbu půdních agregátů i půdních pórů, které představují důležitý prostor pro půdní živočichy. Kultivační zásahy spojené s pojezdy těžkou mechanizací mohou zhutnění zemědělských půd prohlubovat, podzemní chodbičky a póry jsou deformovány, zhoršuje se prostupnost půdy pro vodu a výměnu plynů. Stabilita půdní struktury se narušuje, zvyšuje se riziko vodní a větrné eroze a tyto degradační procesy dále prohlubují úbytek půdní organické hmoty.



Víte, že?

Na každém čtverečním metru plochy pole, louky či lesa žijí v půdě nejméně biliony (10^{12}) až biliardy (10^{15}) bakterií a dalších mikroorganismů, miliony (10^6) až miliardy (10^9) metrů mikroskopických houbových vláken a miliony drobných živočichů. Ve zdravé půdě je obvykle na jednom metru čtverečním kolem několika stovek gramů (200–300 g) až několika kilogramů (1–3 kg) biomasy půdních organismů (nezapočítáváme kořeny a jiné orgány rostlin), přičemž velká většina organismů žije ve svrchní 20–30 cm vrstvě půdy. Degradované půdy obsahují půdních organismů méně, což se projevuje narušením důležitých funkcí půd.



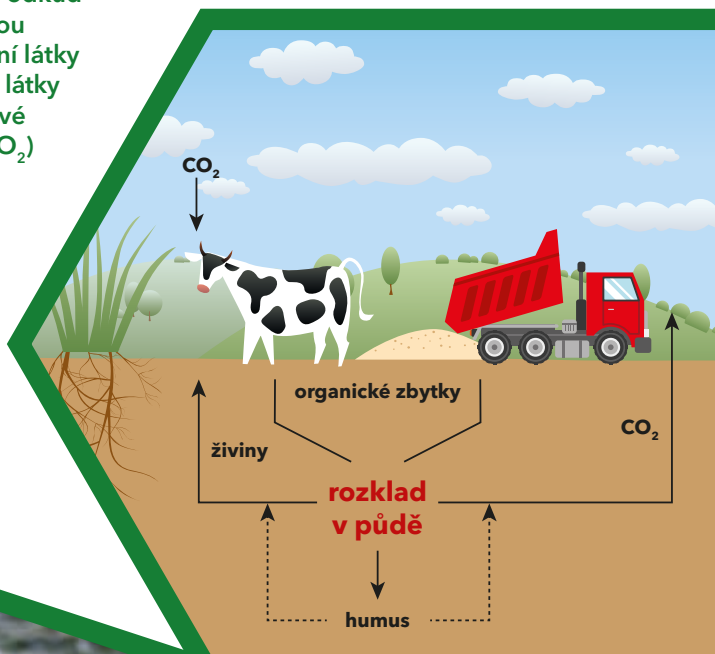
Půda - biochemická laboratoř

Život na Zemi je umožněn díky existenci fotosyntézy, při níž je sluneční energie transformována na chemickou energii uchovávanou v chemických vazbách organických látek. Fotosyntézu vedle řady různých mikroorganismů provádějí hlavně rostliny, jež také zajišťují přísun látek a energie do půdy již během svého života. Rostliny slouží jako potrava živočichům a po odumření jsou organické látky a v nich zakonzervovaná energie využity dalšími skupinami organismů, rozkladači, kteří biomasu zpětně rozloží až na nejjednodušší sloučeniny a prvky. Tak je zabezpečen neustálý koloběh látek a energie na Zemi.

Rozkladná a recyklační funkce půdy. Jednou z nejdůležitějších funkcí půdy je rozklad mrtvé biomasy a recyklace živin z ní uvolněných. Velká část mrtvé biomasy a organických zbytků včetně odpadů končí v půdě. Zde se jich ujímají společenstva půdních organismů, v první řadě bakterie a houby, kterým slouží za zdroj energie a živin, a které s půdními živočichy organické látky rozloží (živočichové rozměňují biomasu na menší kousky, které pak snáze využívají mikroorganismy). Půdní organismy dokáží rozložit všechny přírodní látky i velkou většinu umělých (cizorodých) látek, které se do půdy dostávají přičiněním člověka. Kdyby neprobíhal rozklad látek, brzy by byla celá planeta zavalena odpadem a život na ní by nebyl možný. Malá část produktů rozkladu zůstává



v půdě a přeměňuje se na humus, velká část je rozložena na jednoduché látky (včetně plynů, jako je oxid uhličitý, CO_2 , nebo metan, CH_4) a minerální živiny (dusík, fosfor, draslík, síru aj.). Minerální živiny se v půdě dlouho nehromadí, ke svému růstu je využívají rostliny i nejrůznější půdní mikroorganismy. Velká většina uhlíku z mrtvé biomasy se jako CO_2 uvolní do vzduchu, odkud byl předtím poután fotosyntézou rostlin. Tento koloběh (minerální látky a CO_2 - fotosyntéza - organické látky v biomase - rozklad - tvorba nové biomasy z uvolněných živin a CO_2) funguje na Zemi miliardy let a takto může vše pokračovat, a to téměř donekonečna. Pokud ovšem nezasáhne člověk, který svým konáním poškozuje společenstva půdních organismů, a tak snižuje biodegradční potenciál půdy. (originál Miloslav Šimek)



Víte, že?

Pro dobré fungování zemědělských půd, z nichž se odebrá mnoho biomasy ve formě zemědělských produktů, je třeba do půd vracet organické látky, nejlépe ve formě organických (statkových) hnojiv nebo kvalitních kompostů. Uvádí se, že roční potřeba je v našich podmínkách 1,5-2 tuny organických hnojiv na hektar. V současnosti se ale aplikuje průměrně pouze 0,4-0,5 tuny, tedy méně než třetina potřebného množství (Budňáková, 2017). Současná produkce organických statkových hnojiv je tedy naprosto nedostatečná, půdy se patřičně nehnojí a důsledkem je trvalý pokles zásoby organické hmoty v půdě. Část výkalů zvířat a vypěstované biomasy (např. kukuřice) se navíc nevrací do půdy, ale využívá se na produkci bioplynu. Vzhledem k tomu, že tento kritický stav trvá již mnoho let, deficit organické hmoty v našich půdách je kumulativně stále větší a není naděje na rychlé zlepšení. Degradace půd pokračuje a prohlubuje se!

Z NAŠEHO VÝZKUMU:

Jedinečné experimentální povodí

Autoři: **Jan Frouz a Martin Bartuška**

Kontakty: frouz@upb.cas.cz; martin.bartuska@bc.cas.cz; +420 221 951 068

Sucho, povodně a další klimatické extrémny jsou dnes často probírány v médiích. Hovoří se o stavbě přehrad k zadržování dešťové vody, ale často zapomínáme na půdu, která zadržuje několikrát více vody než všechny naše přehradní nádrže dohromady. Je ale třeba přiznat, že o roli půdy v zadržování vody v krajině mnohé nevíme. Například je zakořeněna představa, že voda, která odtéká z krajiny, je ta, co se nestačila vsáknout do půdy. Přitom současné výzkumy ukazují, že většina nové vody se vsáknou a tu starou z půdních pórů vytlačí. Stará voda tak vytváří většinu vody odtékající z krajiny a byla zde přítomna již před novými srážkami. Pochopení této a mnoha dalších zákonitostí chování vody v půdě a v krajině nám v budoucnu umožní lépe se vypořádat s extrémními jevy, suchy či povodněmi.

Výzkumná infrastruktura SoWa Biologického centra AV ČR provozuje od roku 2019 unikátní experimentální povodí, které umožňuje detailní sledování klíčových ekosystémových procesů ve volné krajině. V České republice je to jediné zařízení tohoto druhu, ve světovém měřítku existují jen dvě další terénní stanice s podobným zaměřením.



Experimentální povodí o rozloze větší než jeden hektar se nachází na území výsypky bývalého dolu na těžbu uhlí u obce Vintřív na Sokolovsku. Tvoří jej čtyři výzkumná pole, která jsou izolována od okolí a osazena přístroji tak, aby bylo možné sledovat hlavní ekosystémové děje. Především se zaznamenává komplexní koloběh vody, živin a plynů v půdě a atmosféře. Díky této výzkumné ploše získáme obrovské množství informací, které nejen že prohloubí naše poznání, ale budou zásadní i pro řešení celospolečensky významných problémů, jako jsou např. obnova krajiny zdevastované těžbou, boj se suchem, ochrana před povodněmi nebo snižování eroze. Díky experimentálnímu povodí mohou vědci detailně analyzovat chemické složení srážek a co se s nimi v půdě děje, velikost povrchového odtoku, kolik vody pronikne do spodních vrstev půdy, na jak dlouho a v jakém množství je zde voda zadržena atd.

Pomocí měřících EDDY věží se zároveň sleduje „dýchání“ půdy a obrat uhlíku v celém ekosystému. Tedy například i to, jaké množství skleníkových plynů (zejména CO_2) dokáže vegetace a půda pohltit, či naopak je do okolí uvolňováno. Vzhledem k tomu, že experimentální povodí bylo vytvořeno na území zasaženém těžbou surovin, mají vědci rovněž možnost tzv. „v přímém přenosu“ sledovat změny probíhající v půdě a vývoj okolní krajiny v závislosti na způsobu hospodaření na výsypkách, a to jak po umělé rekultivaci, tak v průběhu přirozené sukcese.



Z NAŠEHO VÝZKUMU:

Obnova travních porostů v krasových oblastech

Autor: Karel Tajovský

Kontakty: tajov@upb.cas.cz; +420 387 775 761



Vznik jeskynních systémů je spojen s velmi dlouhodobým a pozvolným procesem, během kterého prosakující povrchové vody pronikají vrstvami vápence a rozpouštějí ho. Ve vodě rozpuštěné vápenaté soli potom opětovně krystalizují, což vede ke vzniku rozmanitých krasových jevů. Jeskynní systémy, zejména turisticky přístupné s bohatou krápníkovou výzdobou, jsou nejatraktivnější součástí krasových oblastí. Jeskynní prostředí bez světla, se stálou, většinou nízkou, teplotou a stálou vysokou vlhkostí je osídlováno vzácnou, často specifickou faunou, která je životu v podzemí v různé míře přizpůsobena.

S průsaky povrchových vod se do podzemních krasových systémů bohužel dostávají i nežádoucí látky, jako jsou například hnojiva a pesticidy používané tradičně na intenzivně obhospodařovaných polích, která se nacházejí nad jeskynními systémy. Průsak nežádoucích látek má za následek narušování krasových struktur v jeskyních a negativně také ovlivňuje oživení jeskynních systémů. V roce 2019 došlo na území Chráněné krajinné oblasti Moravský kras k novým úpravám zonace zavádějící přísnější ochranu oblastí ležících přímo nad systémy nejvýznamnějších jeskyní. Cílem těchto opatření je zvýšit ochranu půdy a snížit negativní dopady jejího obhospodařování na podzemní krasové systémy, zejména zamezit pronikání škodlivých chemických látek spolu s prosakující vodou do podzemí. Další plochy původně obhospodařovaných polí byly proto osety



vhodnými travními směsmi a tak převedeny na louky. Vývoj nových trvalých travních porostů a jejich oživení entomofaunou a půdní faunou je nyní předmětem studia týmu specialistů. Naše pracoviště věnuje pozornost půdnímu prostředí nově založených porostů, zkoumá procesy osidlování a ožívování těchto nově vznikajících travnatých ploch, sleduje postupnou kolonizaci i změny v chemických a fyzikálních vlastnostech původně intenzivně obhospodařovaných polí. Půdní fauna, tak jako i jinde, se zde významně podílí na stabilizaci půdního prostředí. Okolní lesní i nelesní travnatá stanoviště jsou přitom významným zdrojem přirozené kolonizace nově vznikajících trávníků. Šetrné hospodaření na plochách nad jeskynnými systémy s minimálním používáním chemických látek, hnojiv a pesticidů proti plevelům, původcům chorob a škůdcům, napomáhá stabilizaci poměrů v půdním prostředí. Znamená rovněž návrat k přirozenějším poměrům v hlubších vrstvách nad systémy jeskyní včetně zlepšení vlastností prosakujících vod, a tím i zamezení nežádoucích dopadů na jeskynní systémy, jejich krápníkovou výzdobu i oživení vzácnou jeskynní faunou.



Z NAŠEHO VÝZKUMU:

Obecná strupovitost brambor

Autoři: Václav Křišťufek a Jiří Diviš

Kontakty: kristuf@upb.cas.cz; +420 387 775 752

Obecná strupovitost je jedna z nejrozšířenějších chorob brambor. Strupovitost brambor negativně ovlivňuje klíčení hlíz, zhoršuje vzhled a komplikuje skladování hlíz a zvyšuje podíl odpadu při zpracování brambor. Zdrojem infekce na hlízách není sadba, ale půda obsahující bakterie z rodu *Streptomyces*, které jsou běžnou součástí půdní mikroflóry. Infekce hlíz je podporovaná půdní reakcí (pH) 6-7,5, půdní teplotou 13-25 °C, suchým obdobím (30 % relativní vlhkost) a nízkým obsahem organické hmoty v půdě. Větší výskyt strupovitosti hlíz brambor podporuje nárůst průměrných teplot a dlouhodobý pokles srážek ve vegetačním období. Použití vhodné odrůdy brambor s ohledem na podmínky stanoviště je jedno z nejvýznamnějších opatření proti výskytu obecné strupovitosti na hlízách.

Náš výzkum si vzal za cíl prokázat, že na pozemcích s pravidelným a silným výskytem obecné strupovitosti je nejvýznamnějším opatřením v ochraně brambor volba správné odrůdy s nízkou náchylností ke strupovitosti.

V polních pokusech byly použity dvě odrůdy brambor se stejnou délkou vegetační doby: odrůda *Agria* (vysoká náchylnost k výskytu strupovitosti) a odrůda *Kariera* (velmi nízká náchylnost k výskytu strupovitosti). Posuzován byl rozsah napadení hlíz strupovitostí u těchto odrůd jako reakce na dvě rozdílné půdy, půdu se silným a půdu s malým výskytem strupovitosti. Na stanovišti s pravidelným a silným výskytem strupovitosti hlíz brambor se při hodnocení těsně před sklizní prokázal rozdíl v odolnosti mezi odrůdami *Agria* a *Kariera* (viz tabulka). Hlízy odrůdy *Agria* byly napadeny do stupně 3,56 (podle stupnice Wenzel a Demel, 1967), který znamená napadení téměř 18 %, zatímco u odrůdy



Kariera rozsah napadení hlíz nepřesáhl 1 %. Na stanovišti s malým až nulovým výskytem strupovitosti byly průměrné hodnoty stupně napadení u odrůdy Agria 1,26 a u odrůdy Kariera 1,18 (rozsah napadení hlíz strupovitostí nepřekročil 1 %).

Rozsah napadení hlíz bramboru strupovitostí před sklizní

Stanoviště	Odrůda	Průměrný stupeň napadení
silný výskyt	Agria	3,56
	Kariera	1,33
malý až nulový výskyt	Agria	1,26
	Kariera	1,18

Stupeň a rozsah napadení hlíz: 1 - bez napadení, 2 - 0,8%, 3 - 2,8%, 4 - 7,9%, 5 - 18%, 6 - 34%, 7 - 55%, 8 - 77%, 9 - nad 77%.

Výsledky získané na dvou stanovištích s rozdílným výskytem obecné strupovitosti potvrdily, že zdrojem infekce je půda obsahující bakterie z rodu *Streptomyces*. Infekce na stanovišti se silným výskytem strupovitosti je podporována vyšší půdní reakcí, širokým poměrem P:C a vyšší hodnotou kationtové výměnné kapacity této půdy. Prokázali jsme, že volba odrůdy je velmi významným opatřením v ochraně brambor před obecnou strupovitostí. Na stanovišti, které vykazuje vysoký výskyt strupovitosti, je nezbytně nutné volit odrůdy málo náchylné k napadení hlíz strupovitostí. Na stanovišti, kde není nebezpečí výskytu strupovitosti na hlízách, lze využít širokou nabídku odrůd bez ohledu na jejich náchylnost ke strupovitosti.



Z NAŠEHO VÝZKUMU:

Žížaly v Amatérské jeskyni

Autor: **Miloslav Devetter**

Kontakty: devetter@upb.cas.cz; +420 387 775 783

Amatérská jeskyně v Moravském krasu, objevená v roce 1969, je nejrozsáhlejším jeskynním systémem v ČR, s více než 39 km chodeb, domů a propastí.

Jeskynním systémem protéká Sloupský potok a Bílá voda s dalšími přítoky spojujícími se v říčku Punkvu.

V roce 2004 byla vyhlášena mokřadem mezinárodního významu podle Ramsarské úmluvy jako v pořadí 11. mokřad mezinárodního významu na území ČR. Jedná se o jeskyni, jejíž prostory původně nejsou spojeny s povrchem jinak než přes sifony vodních toků, proto se zde například nevyskytují netopýři.

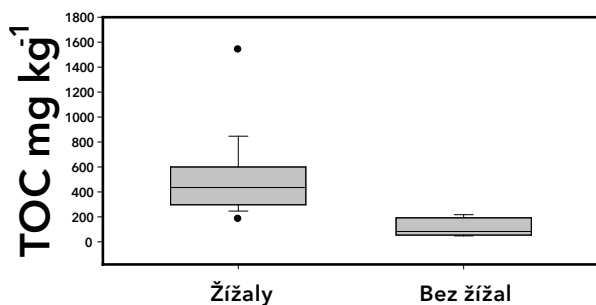
Jak je v jeskyních obvyklé, je zde stálá teplota (9 °C), 100 % vzdušná vlhkost, absence jakýchkoli denních nebo ročních změn a logicky absence denního světla, která by umožnila primární produkci. Díky tomu je veškerý život závislý na přísunu organického materiálu zvenčí. Tento přísun je ovšem velmi vzácný a spočívá v občasné povodni, která přinese organický sediment.

Žížaly se v jeskyních vyskytují celkem běžně, ale nahodile a nepravidelně. Nalézt jich zde můžeme řadu druhů, většinou ovšem v malých populačních hustotách. Masové populace žížal jsou v podzemí velmi neobvyklé. Amatérská jeskyně je v tomto směru skutečně unikátní. Charakteristické jsou zde tzv. trusinkové lavice, velké plochy pokryté žížalími exkrementy. Protože v jeskyni nepůsobí žádné atmosférické vlivy, exkrementy zde zůstávají velmi dlouho v původním stavu. V systému Amatérské jeskyně se masově vyskytují dva druhy žížal, *Allolobophora*

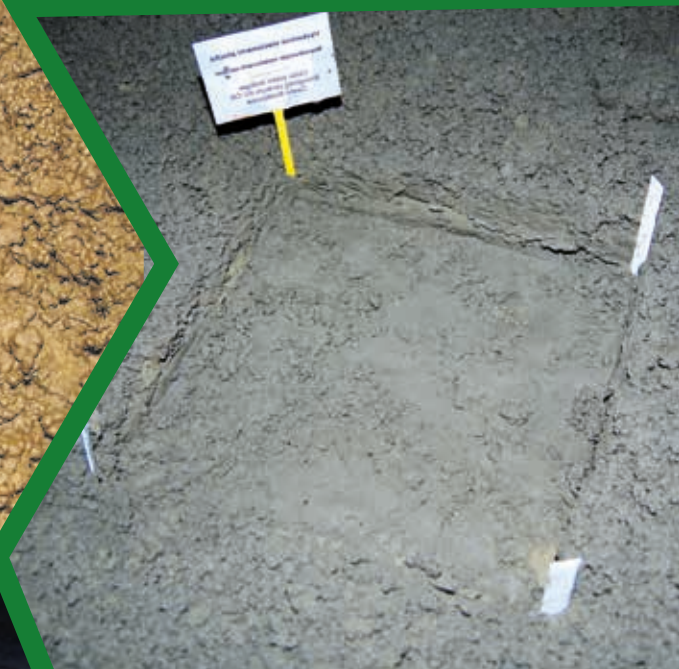


chlorotica a *Apporrectodea rosea*. Jedná se o dlouhodobě etablované populace, které v jeskyni žijí trvale. Oba druhy se běžně vyskytují i v povrchových vrstvách půdy. Jejich populační hustoty se v jeskyni pohybují kolem 4 ks na metr čtvereční (m^2) ale maximum může být až 130 ks na m^2 . Jiné fauny se zde vyskytuje velmi málo, proto žížaly představují hlavní oživení jeskyně a jejich biomasa naprosto převažuje. V jeskyni se nachází 5–25 kg žížalích exkrementů na m^2 a roční produkce exkrementů odpovídá přírůstku 0,5–8 kg na m^2 . Přibližně 10 % povrchové vrstvy jeskynních hlín je ročně přepracováno žížalami. To zhruba odpovídá bioturbaci, jíž mohou žížaly dosahovat i v běžné půdě. Zásadní rozdíl je ovšem v tom, že jeskynní substrát obsahuje méně než 0,1 % organického uhlíku a 0,01 % dusíku. Žížaly zde tedy mají velmi málo potenciální potravy a přesto, jak je vidět, prospívají. Na místech, kde jsou žížaly přítomny, je významně vyšší koncentrace celkového organického uhlíku, iontů dusíku, kationtů vápníku, hořčíku a draslíku nebo vyšší půdní vodivost ve srovnání s místy kde se žížaly nevyskytují. Tyto parametry mohou být příčinou, ale také důsledkem života žížal.

Žížaly v jeskyních prakticky postrádají přirozené nepřátele. Jsou to vhodné organismy pro modelové experimenty a v Amatérské jeskyni můžeme studovat, jak významný vliv mají žížaly na promíchávání a vývoj půdy a jakou roli hrají v ekosystémech samotné žížaly bez obvyklého vlivu ostatních faktorů.



Množství celkového organického uhlíku (TOC) v mg na kg půdy v Amatérské jeskyni. Na místech obývaných žížalami jsou hodnoty několikrát vyšší než v půdě bez žížal.



Z NAŠEHO VÝZKUMU:

Živočichové v polární půdě

Autor: Miloslav Devetter

Kontakty: devetter@upb.cas.cz; +420 387 775 783

Půdy polárních oblastí se v mnoha ohledech liší od půd běžných ve střední Evropě. Především se mohly vyvíjet po mnohem kratší dobu a v podmínkách mnohem chladnějšího klimatu. Proto se většinou jedná o půdu jednodušší, která je navíc ovlivněna permafrostem (= tzv. věčně zmrzlá půda, její mocnost je několik centimetrů až stovky metrů) a většinu roku je zmrzlá. I v této půdě ale žije řada organismů a v krátké vegetační sezóně je lze mnohem snáze studovat než v nižších zeměpisných šířkách. Jejich vzájemné vztahy jsou zde sice zjednodušené, ale zjištěné závislosti mají obecnou platnost. Na Svalbardu (Svalbard neboli Špicberky je souostroví v Severním ledovém oceánu severně od evropské pevniny), kde převážně pracujeme, je – možná pro mnohé překvapivě – velký nedostatek srážek, které přicházejí převážně v zimě ve formě sněhu. V letním období je příroda závislá na vodě z tajících zbytků sněhu. V průběhu krátké vegetační sezóny povrch rozmrzá, stává se propustný, vysychá a postupně se mění na polární poušť.

Polární krajina se poslední dobou výrazně proměňuje v souvislosti s globální změnou klimatu. Velmi významný je ústup ledovců, které za sebou nechávají velká odledněná území. Na těchto územích dochází k tvorbě nové půdy a vývoji ekosystému od samého počátku. V půdě, která se zde začíná vytvářet, se postupně hromadí organická hmota a mrtvý substrát se mění na primitivní půdu, už záhy ale plnou života. Jako první se zde objevují bakterie včetně sinic, následované jejich konzumenty, drobnými živočichy vířníky, želvuškami a hlísticemi.



Na půdě staré několik desítek let se již vytváří půdní krusta tvořená houbovými vlákny a mechy, plná bohatých společenstev půdní mikrofauny, objevují se už i první chvostokoci jako zástupci mezofauny. Na lokalitách, kde vývoj trvá nejdéle, se vyskytují i roupice.

Vířníci, hlístice a želvušky jsou extrémním podmínkám dokonale přizpůsobeni. Schopnost anhydrobiózy jim umožňuje přežít bez úhony nejen zmrznutí, ale i vyschnutí, jsou odolní také vůči různým formám radiace. Anhydrobióza jim umožňuje řízeně vyschnout a po čase se zase probudit. Přechod do odolného stadia jim trvá 10 minut a probuzení jen o něco déle. To jim dává úžasné možnosti kolonizace prostředí, zvláště těch extrémních.

Studium vývoje půdy v polárních oblastech nám umožňuje lépe chápat zákonitosti, které dávají vzniknout půdě, i lépe porozumět významu živočichů v ukládání organického uhlíku do půdy a jeho uvolňování do atmosféry v souvislosti s klimatickou změnou.

Vývoj skupin půdní fauny na gradientu odlednění od iniciální lokality (stanoviště 1) po polární tundru starou 10 000 let (stanoviště 4). Čísla jsou počty v tisících jedinců na m². Počty živočichů v půdě se zvyšují se stářím půdy, vyvinutější půdy jich obsahují nejméně statisíce na každý metr čtvereční plochy, a to i v relativně nehostinných polárních podmínkách. Počty organismů v půdách v mírnějších klimatických pásmech jsou mnohonásobně vyšší.

Skupina živočichů	Stanoviště			
	1	2	3	4
vířníci	0-3	18-28	34-113	80-161
želvušky	0	0-7	13-39	0-26
hlístice	0	153-881	260-603	119-193
chvostokoci	0	0-1	4	2
roupice	0	0	0	0-4






Z NAŠEHO VÝZKUMU:

Řasy a sinice - hrdinové v extrémních podmínkách


Autorky: Alena Lukešová a Radka Hauerová
Kontakty: luksa@upb.cas.cz; +420 387 775 738



Mikroskopické řasy a sinice se vyskytují prakticky na všech typech suchozemských stanovišť po celém světě. Vzhledem k jejich malé velikosti, fotoautotrofnímu způsobu života a velké odolnosti vůči nepříznivým vlivům prostředí jsou schopné osídlit i ta nejnehostinnější stanoviště.

Jejich přežívání a růst v extrémních podmínkách jsou umožněny celou řadou adaptací a strategií, zpravidla specifických pro různé druhy či skupiny těchto mikroorganismů.

Při osídlování mrtvých substrátů jsou vedle bakterií a archeí právě řasy a sinice prvními kolonizátory a tvůrci organické hmoty a prvními články potravních řetězců a sítí. Druhy produkující polysacharidy slepují půdní částice a zlepšují strukturu půdy, dusík fixující sinice obohacují půdu dusíkem a uvolňováním kyslíku provzdušňují půdu, vláknité druhy řas a sinic oplétají částičky



a zrnka nerostů a zpevňují povrch půdy. Řasy a sinice tak připravují podmínky pro růst cévnatých rostlin a omezují erozi půdy. Ve svrchní vrstvě půdy může jejich početnost dosahovat až 10^6 - 10^8 buněk v gramu suché půdy, biomasa je v optimálních podmínkách až několik stovek kilogramů na hektar půdy.

Zabýváme se především studiem úlohy společenstev řas a sinic při kolonizaci nově vzniklých (exponovaných) půd a substrátů bez života a při následném vývoji půd a vegetace v průběhu tzv. primární sukcese. Studujeme strukturu a vývoj těchto společenstev např. v předpolí odtávajících ledovců v polárních oblastech i ve vysokohorských oblastech mírného pásma, na výsypkách po těžbě uhlí (Sokolovsko a Mostecko, Cottbus v Německu), po intenzivních lesních požárech a sopečné činnosti (Etna, Itálie) i v pouštních oblastech.

Průběh vývoje společenstev řas a sinic během sukcese je ve většině případů obdobný, zaznamenáváme postupné narůstání počtu druhů i jejich biomasy až do fáze, kdy dojde k rozvoji a zapojení vegetace, která zastíní povrch půdy, a poté, následkem souvisejících změn, dochází k poklesu řas a sinic. Uplatnění jednotlivých skupin závisí především na pH substrátu (půdy): zatímco zelené řasy preferují kyselé prostředí, sinice se nevyskytují pod pH 4 a naopak upřednostňují neutrální až zásadité pH. Rychlost vývoje společenstev řas a sinic závisí na klimatu, charakteru substrátu, zdroji diaspor atd. Maximálního rozvoje dosahují v rozmezí jednotek až mnoha desítek let. Nejrychlejší vývoj jsme pozorovali na písčitéch půdách po požárech borových lesů a po těžbě uhlí a lignitu (pH = 2,7) v mírném pásmu, kde již po 2-3 letech byl pokryt povrch vyvinutými krustami vláknité zelené řasy druhu *Klebsormidium crenulatum*. Naopak v zásaditých půdách horkých pouští dominovaly v pomalu se vyvíjejících krustách vláknité sinice druhu *Microcoleus vaginatus*. V pouštích nebo na toxických stanovištích, kde podmínky prostředí neumožňují existenci cévnatých rostlin, tvoří řasové nebo sinicové krusty konečné stadium vývoje.





Přírodovědecká
fakulta
Faculty
of Science

Jihočeská univerzita
v Českých Budějovicích
University of South Bohemia
in České Budějovice



VÝZKUM NA NAŠÍ PARTNERSKÉ INSTITUCI,
PŘÍRODOVĚDECKÉ FAKULTĚ JIHOČESKÉ UNIVERZITY V Č. BUDĚJOVICÍCH

Revitalizace odvodněných rašelinišť na Šumavě

Autoři: Tomáš Pícek a Zuzana Urbanová

Kontakty: picek@prf.jcu.cz; +420 387 772 348

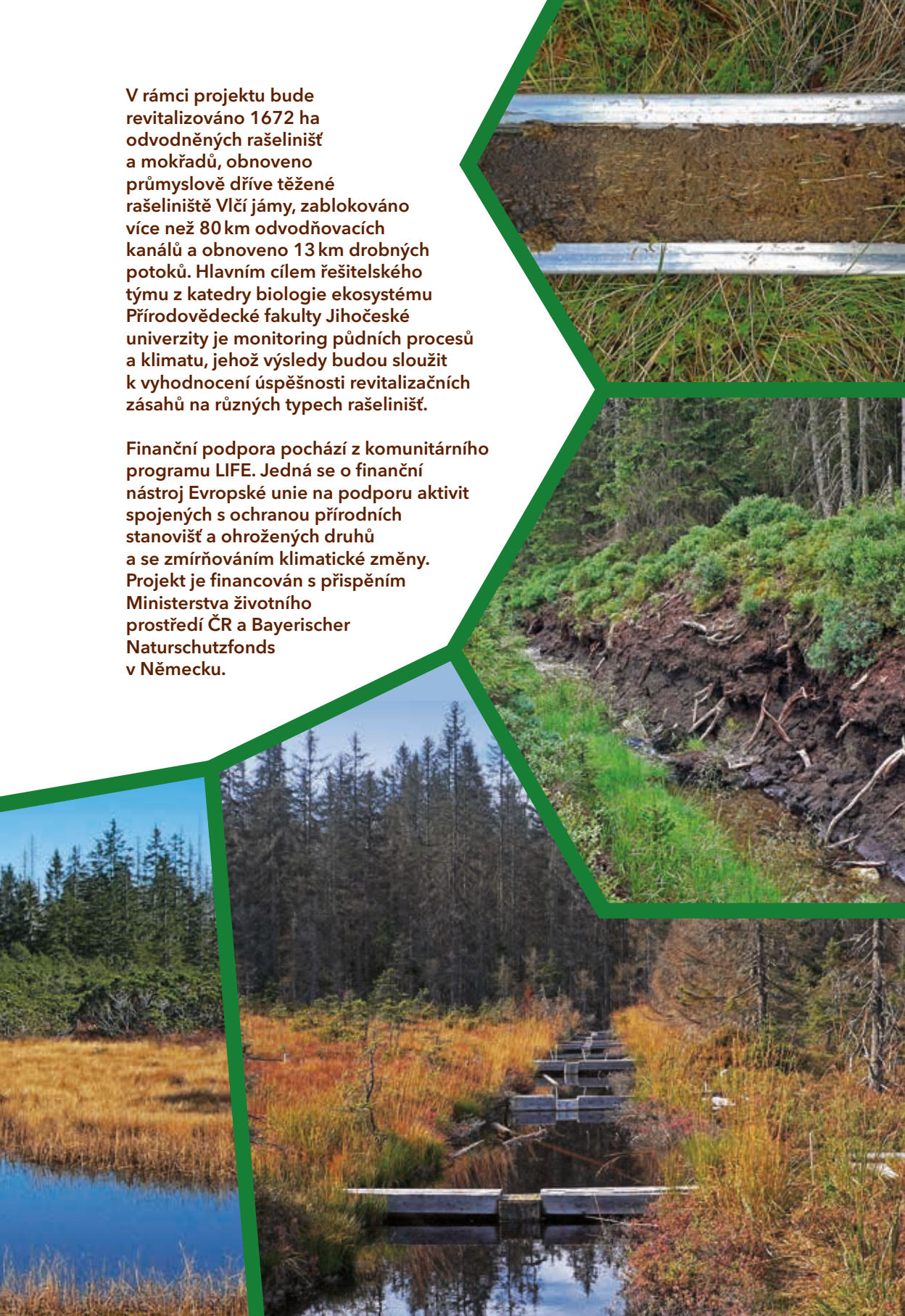
V rašeliništích se během tisíců let uložily vrstvy rašeliny o mocnosti několika metrů. Díky tomu rašeliniště funguje jako obrovská houba, která „nasaje“ vodu a postupně ji uvolňuje do okolní krajiny, kterou tím také ochlazuje. V minulosti docházelo na našem území k intenzivnímu odvodňování rašelinišť a tím k redukci mocnosti rašeliny, ztrátě biodiverzity a ke změně fungování celého ekosystému.

V současnosti probíhá na Šumavě revitalizace (obnova) rašelinišť v rámci projektu „Life for Mires“ s českým názvem „Přeshraniční revitalizace rašelinišť na podporu biodiverzity a vodního režimu na Šumavě a v Bavorském lese“. Řešitelem projektu je Správa Národního parku Šumava a jedním ze tří partnerů Přírodovědecká fakulta Jihočeské univerzity. Projekt začal v roce 2018 a ukončen bude v roce 2024. Cíle projektu jsou: 1) přeshraniční obnova rašelinišť a mokřadů a přírodního vodního režimu na ploše 2059 hektarů, 2) zlepšení stavu biotopů pro tetřívka obecného a 3) zapojení veřejnosti do obnovy rašelinišť a zvýšení informovanosti o mokřadech a jejich významu pro vodní režim v krajině včetně zmírnění dopadu klimatické změny.



V rámci projektu bude revitalizováno 1672 ha odvodněných rašeliníšť a mokřadů, obnoveno průmyslově dříve těžené rašeliníště Vlčí jámy, zablokováno více než 80 km odvodňovacích kanálů a obnoveno 13 km drobných potoků. Hlavním cílem řešitelského týmu z katedry biologie ekosystému Přírodovědecké fakulty Jihočeské univerzity je monitoring půdních procesů a klimatu, jehož výsledky budou sloužit k vyhodnocení úspěšnosti revitalizačních zásahů na různých typech rašeliníšť.

Finanční podpora pochází z komunitárního programu LIFE. Jedná se o finanční nástroj Evropské unie na podporu aktivit spojených s ochranou přírodních stanovišť a ohrožených druhů a se zmírňováním klimatické změny. Projekt je financován s příspěvím Ministerstva životního prostředí ČR a Bayerischer Naturschutzfonds v Německu.



Jak zachovat půdu živou a funkční? HOSPODAŘIT ODPOVĚDNĚ!

Degradace půd, znečištění vod a destrukce krajiny postupují většinou plíživě, ne skokem. Po určité době zpravidla nejsou dopady negativních faktorů patrné, ale po dosažení kritického stavu hrozí zhroucení celého systému. Ten již nebude poskytovat služby, které stále náročnější populace automaticky požaduje: nebude čistá voda a vzduch, zdravé a chutné potraviny a vůbec kvalitní podmínky pro život. To platí pro naši krajinu a naše půdy a stejně tak pro půdy v mnoha jiných zemích a oblastech, takže nebude možné potraviny ani jinde nakoupit a dovézt.

Klíčem k řešení je pouze zdravá a kvalitní půda oživená myriádami půdních organismů. Bez nich není půda půdou a bez půdy nebude ani člověk.



V poslední době pronikají do všech sfér života i do zemědělství nové výrobky, dříve nebývalé technologie včetně robotických autonomních strojů, zavádí se tzv. precizní zemědělství a jiné pokrokové systémy, využívají se informační technologie apod. To vše může zemědělcům značně ulehčit a snad i zlevnit zemědělskou produkci.

Moderní výrobky, stroje a technologie ale nemohou fungovat, pokud bude základ špatný: v půdách chybí organická hmota a kvalita té zbývající se zhoršuje, půdy se stále více okyselují, v některých půdách je nedostatek minerálních živin, zatímco jiné se přehnojují, v půdách je stále více reziduí nejrůznějších chemikálií včetně zbytků léčiv, kosmetických a čistících přípravků (často s biocidními účinky), půdy trpí poškozením struktury, jsou narušena společenstva půdních organismů atd. V řadě ohledů je proto nezbytné opustit současné krátkozraké, bezohledné a kořistnické způsoby poškozující organismy i půdu a prostředí. V zásadě ale není třeba vymýšlet převratné novinky a do začátku nápravy špatného stavu našich půd i celé krajiny by stačilo vrátit se k osvědčené praxi.



Znamená to zejména:

- vracet zbytky biomasy do půdy, zaorávat všechny jinak nevyužité části plodin, např. slámu a jiné posklizňové zbytky, tyto nespalovat,
- pečovat o společenstva půdních organismů, podporovat život v půdě, omezovat negativní vlivy, pozorně pečovat o dobrou zásobu a vysokou kvalitu půdní organické hmoty, která je zdrojem energie a živin pro půdní organismy,
- omezit vysoké dávky průmyslových hnojiv, používat hnojiva s postupným uvolňováním živin, maximálně využívat organická hnojiva,
- nepřehnojovat půdu dusíkatými hnojivy, předcházet vytváření ložisek vysoké koncentrace dusíku v půdě, která zvyšují emise dusíkatých plynů včetně skleníkového plynu oxidu dusného (N_2O) a vyplavování nitrátů a dalších rozpustných forem dusíku do podzemní vody a do vodních toků i nádrží,
- uvážlivě doplňovat zásoby živin v půdě (hořčík, vápník, fosfor, draslík, síra aj.) na základě skutečné potřeby, která přihlíží k negativním aspektům hnojení a neusiluje o maximální možné výnosy,
- pravidelně vápnit, podle výsledků agrochemického rozboru půdy udržovat půdní reakci (pH) v optimální nebo alespoň doporučené oblasti,
- pečovat o vodní režim půd a jeho vhodné úpravy, maximálně šetřit půdní vláhou,
- omezit používání pesticidů, pouze v nutných případech používat nejméně nebezpečné přípravky, důsledně dodržovat ochranná opatření k zamezení nežádoucích účinků, využívat moderní aplikační techniky (např. pásová nebo ohnisková aplikace),
- vyloučit kultivaci půdy při nevhodné (vysoké) vlhkosti, zabránit poškozování půdní struktury a zhutňování půdy,
- využívat progresivní technologické inovace včetně flotačních pneumatik a sdružených strojů a nářadí k omezení počtu pojezdů po poli a ke snížení jejich negativního vlivu na půdu,
- vytvářet drobtovitou půdní strukturu, eliminovat zhutněné podorniči, zamezovat tvorbě povrchového škrálopu a rozplavování či rozprašování půdních agregátů.



Dále důsledně využívat

- **vyzkoušené osevní postupy**, pravidelně zařazovat tzv. zlepšující plodiny: jeteloviny, luskoviny a jetelovino travní směsky
- **meziplodiny** kryjící a chránící půdu, pěstovat pomocné plodiny v meziřádcích plodin, co nejvíce biomasy vracet do půdy ve formě „zeleného hnojení“,
- **alternativní a tzv. půdoochranné metody** zpracování půdy (vynechávání některých a spojování jiných agrotechnických zásahů, využívání pásové kultivace, celkové omezování mechanické kultivace aj.), systémy ochranného zemědělství s cílem zachovat dobrou půdní strukturu,
- **agrotechnické postupy a technická opatření v krajině** (např. vrstevnicové obdělávání, vsakovací pásy, terasy) a tím podporovat vsakování srážkové vody do půdy, zadržovat vodu v půdě a krajině, zamezovat vodní a větrné erozi půdy, podporovat biodiverzitu a pestrost krajiny (rozptýlená zeleň, biokoridory, biopásy, agrolesnické systémy aj.) a kvalitu vody (např. ochranná pásma vodních zdrojů; omezení technologických zásahů aj.).

Uvedené principy i další opatření musí být navzájem sladěny a přizpůsobeny místním podmínkám i současným technologickým a ekonomickým možnostem. Optimalizované zemědělské systémy zajišťují vyšší produkci a zároveň omezují degradaci půdy a destrukci krajiny včetně zlepšení bilance vody, snížení znečištění povrchových i podzemních vod a omezení emisí skleníkových plynů z půdy. Zásady udržitelného hospodaření jsou mj. uvedeny v tzv. informačních listech a projektových zprávách Evropského společenství a jsou dostupné na adrese: <http://soco.jrc.ec.europa.eu>. Vhodně nastavenými dotacemi a cenovými nástroji je třeba preferovat kvalitu nad kvantitou, dlouhodobé cíle před krátkodobými efekty a šetrnost k přírodě a krajině před čistě ekonomickým přínosem.

Naznačené změny a opatření jsou nutné pro nápravu poškozených půd a jejich dlouhodobě stabilizované využívání, a tím k zajištění potravinové bezpečnosti a soběstačnosti České republiky. Není ovšem třeba a ani to není možné, abychom si všechny zemědělské produkty a potraviny vyráběli u nás, těžko zde vypěstujeme většinu koření, kávy, čaje, subtropického ovoce a mnoha dalších komodit. Na druhou stranu je plně v naší moci zajistit dostatečnou produkci základních potravin a potravinářských surovin včetně obilnin, brambor, masa atd. Stačí k tomu „jen“ napravit co se ještě dá a s půdou rozumně a citlivě hospodařit. To se dnes bohužel na velké výměře zemědělské půdy neděje a naše vyhlídky do budoucna nejsou radostné - pokud se přístup k půdě radikálně nezmění! Je ale také potřeba zdůraznit, že stav půdy a krajiny není jen věcí zemědělců a lesníků, ti mají pro svoje činnosti stanovené podmínky a „mantinely“ a v nich musejí (někdy doslova) přežít. Je jisté, že mnozí si negativní aspekty zemědělské a lesnické velkovýroby dobře uvědomují, nicméně z různých důvodů, často ekonomických, své chování nemění. Péči o půdu, vodu, vzduch a krajinu si proto musí vzít za své celá společnost, jde totiž o její budoucnost!



Půdní organismy a biologické procesy, základ každé půdy

Kolik je v půdě organismů? A kterých?

Na fotografii nahoře můžeme vidět část půdních živočichů získaných extrakcí z litru povrchové vrstvy luční půdy. Velká většina živočichů má ovšem mnohem menší rozměry a není pouhým okem vidět, stejně jako nejsou vidět miliony buněk půdních mikroorganismů.

Podle informací z velkého počtu různých půd tvoří převážnou většinu (80 %) půdních organismů mikroorganismy (bakterie, archea a houby), zatímco na půdní živočichy připadá průměrně kolem 20 % biomasy edafonu. Větší živočichy můžeme vidět pouhým okem (viz obrázek). Zastoupení jednotlivých významných skupin organismů v půdě uvádí následující tabulka.

Abundance (početnost) a biomasa různých skupin edafonu v půdách mírného pásma. Jsou uvedeny hodnoty za průměrných podmínek (odpovídají tedy přibližně také celoročním průměrům) a za podmínek optimálních pro danou skupinu (bez extrémně nízkých či vysokých hodnot nacházených za mimořádných podmínek). Údaje jsou vztaženy k ploše půdního povrchu 1 m² do hloubky osídlení půdy organismy (v závislosti na charakteru půdy a skupině organismů). Aktinobakterie jsou uvedeny zvlášť, i když je to skupina bakterií, houby jsou vláknité organismy, jejich abundance je uvedena jako délka vláken (hyf) v metrech. Biomasa je uvedena jako živá (čerstvá), suchá biomasa by odpovídala asi 20-25 % z uvedených hodnot. (zdroj Dunger, 1983, upravil a doplnil J. Schlaghamerský, viz Šimek a kol., Živa 1, 2020, str. 27-32)

Skupina	Abundance (jedinci.m ⁻²)		Biomasa (g.m ⁻²)	
	průměrná	za příznivých podmínek	průměrná	za příznivých podmínek
prokaryota (bakterie a archea)	10 ¹⁴	10 ¹⁶	100	700
aktinobakterie	10 ¹³	10 ¹⁵	100	500
houby (délka vláken)	10 ¹¹	10 ¹⁴	100	1000
řasy	10 ⁸	10 ¹¹	20	150
prvoci	10 ⁸	2 x 10 ¹⁰	5	150
ploštěnky	10 ³	2000	0,02	0,04
vířníci	10 ⁴	10 ⁶	0,01	0,3
želvušky	10 ³	10 ⁵	0,01	0,05
hlístice	10 ⁶	10 ⁸	5	50
roztouči	7 x 10 ⁴	4 x 10 ⁵	0,6	4
chvostokoci	5 x 10 ⁴	4 x 10 ⁵	0,5	4
hmyzenky	300	3000	0,003	0,03
vidličnatky	50	300	0,0005	0,003
roupice	3 x 10 ⁴	3 x 10 ⁵	5	50
žížaly	100	500	30	200
plži	50	1000	1	30
pavouci	50	200	0,2	1
štírci	30	100	0,01	0,03
stonožky	30	300	0,4	2
mnohonožky	50	500	1,5	10
drobnušky a stonožky	100	2000	0,05	1
stejnonožci	30	200	0,4	1,5
plazivky (klanonožci)	10 ³	3 x 10 ³	0,2	0,6
brouci vč. larev	100	600	1,5	20
larvy dvoukřídlých	100	1000	1	15
ostatní hmyz vč. larev	150	15 000	1	15
obratlovci	0,01	0,1	0,1	10

Poznámka. V roce 2019 vyšla v nakladatelství Academia kniha *Živá půda: biologie, ekologie, využívání a degradace půdy* autorského kolektivu pod vedením Miloslava Šimka (viz Šimek a kol., 2019a). V současné době se připravuje do tisku její zjednodušená varianta doplněná o praktické návody a pokyny, co s půdou dělat a čeho se naopak vyvarovat, zejména s ohledem na půdní organismy (viz Šimek a kol., 2020). Zájemce o problematiku také upozorňujeme na seriál článků *Živá půda*, který vychází v letošním roce v časopise *Živa*.

V půdě žije obrovské množství organismů, souborně označovaných termínem edafon, z nichž ale většina zůstává našemu zraku skryta pro své nepatrné rozměry. Abundance (početnost jedinců určitého druhu nebo skupiny), diverzita (druhovná rozmanitost společenstva) a biomasa (hmotnost) půdních organismů v jednotce hmotnosti nebo objemu půdy či v přepočtu na plochu povrchu půdy jsou obecně velké, i když v mladých a vyvíjejících se půdách jen postupně narůstají a v půdách degradovaných mohou být silně redukovány. Každá půda je tvořena pevnou, kapalnou a plynnou fází. Pevná fáze zahrnuje minerální a organický podíl. Většina objemu či hmotnosti půdy připadá ve velké většině půd na minerální podíl, zatímco organické látky tvoří malou část pevné fáze. Živou část organické hmoty v půdě představují půdní organismy a podzemní orgány rostlin. Obvykle na půdní organismy připadá kolem tisíce hmotnosti půdy, ale jejich význam je pro každou půdu obrovský a nezastupitelný, bez půdních organismů nemůže existovat fungující půda.

Vztahy mezi organismy v půdě



Půdy jsou rozmanité, existují tisíce různých půdních typů. Přesto pro ně platí několik základních údajů. Již na předchozích stránkách tohoto Průvodce jsme upozornili na to, že půdy jsou do hloubky rozlišeny do jednotlivých vrstev (horizontů), i na to, že půdu tvoří pevný podíl (minerální částice a organické látky), půdní voda a půdní vzduch. Vyvinutá půda je strukturní a skládá se z částic a pórů mezi nimi. Velmi významnou složkou každé půdy jsou půdní organismy.

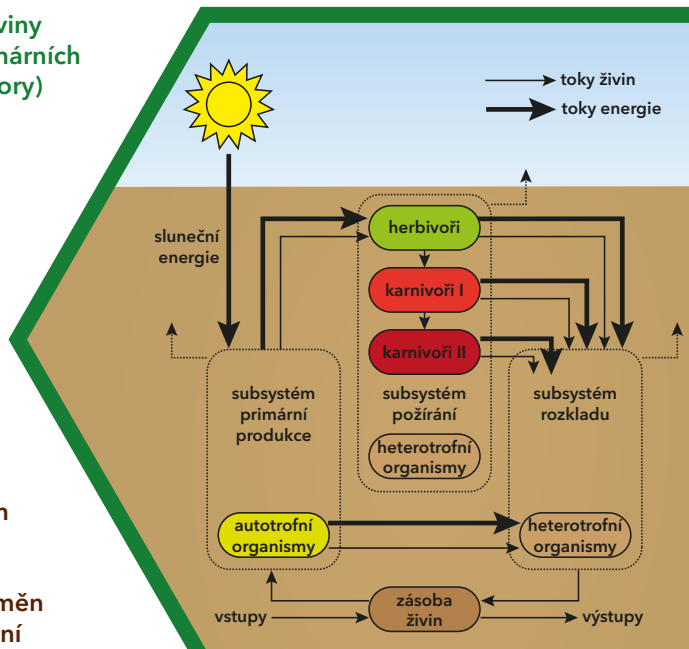
Půdní organismy nežijí v půdě izolovaně, naopak, jsou propojeny velkým množstvím vztahů a navzájem

se ovlivňují nejrůznějším způsobem: kromě toho, že obývají stejná mikroprostředí nebo využívají stejné zdroje, jsou zcela jistě i v mnoha dalších vzájemných interakcích, o jejichž povaze a intenzitě ale zatím máme jen mlhavé představy. Organismy v potravních sítích spolu aktivně komunikují, většinou prostřednictvím chemických látek a na základě typu, intenzity a hustoty těchto signálů si předávají řadu informací. Pro přenos signálů používají různé produkty svého metabolismu.

Komunikační signály jsou určeny nejen jiným jedincům stejného druhu nebo rodu, ale jdou i napříč doménami organismů: například rostliny mohou vysílat signály na podporu určitých bakterií v rhizosféře nebo naopak k potlačení patogenů apod.

Potravní síť v půdě. Energie a živiny proudí potravními řetězci od primárních producentů přes spásáče (herbivory) k požíračům (karnivorům). Tento „subsystém požívání“ je závislý na „subsystému primární produkce“ a naopak poskytuje látky pro „subsystém rozkladu“. Uvolněné živiny tvoří zásobárnu živin pro autotrofní organismy „subsystému primární produkce“. (zdroj: Gobat a kol., 2004)

Živé organismy se v půdě nacházejí v různém fyziologickém stavu, jako aktivní, potenciálně aktivní nebo pasivní (dormantní). Aktivní organismy se účastní přeměn látek a energie. Potenciálně aktivní organismy se mohou aktivovat během minut (zejména mikroorganismy) až hodin (živočichové) na stejnou metabolickou úroveň jako aktivní organismy. Dormantní organismy se mohou z neaktivních forem (spory, cysty aj.) aktivovat řádově během dnů. V půdě se pochopitelně nacházejí i mrtvé organismy v různé fázi rozkladu. Již se nemohou účastnit biochemických procesů, ale jsou významným zdrojem živin, uhlíku a energie. Na aktuálně aktivní mikroorganismy připadá pouze 0,1-2% celkové mikrobiální biomasy, zatímco na potenciálně aktivní mikroorganismy připadá 10-40%, výjimečně až 60% celkové mikrobiální biomasy.



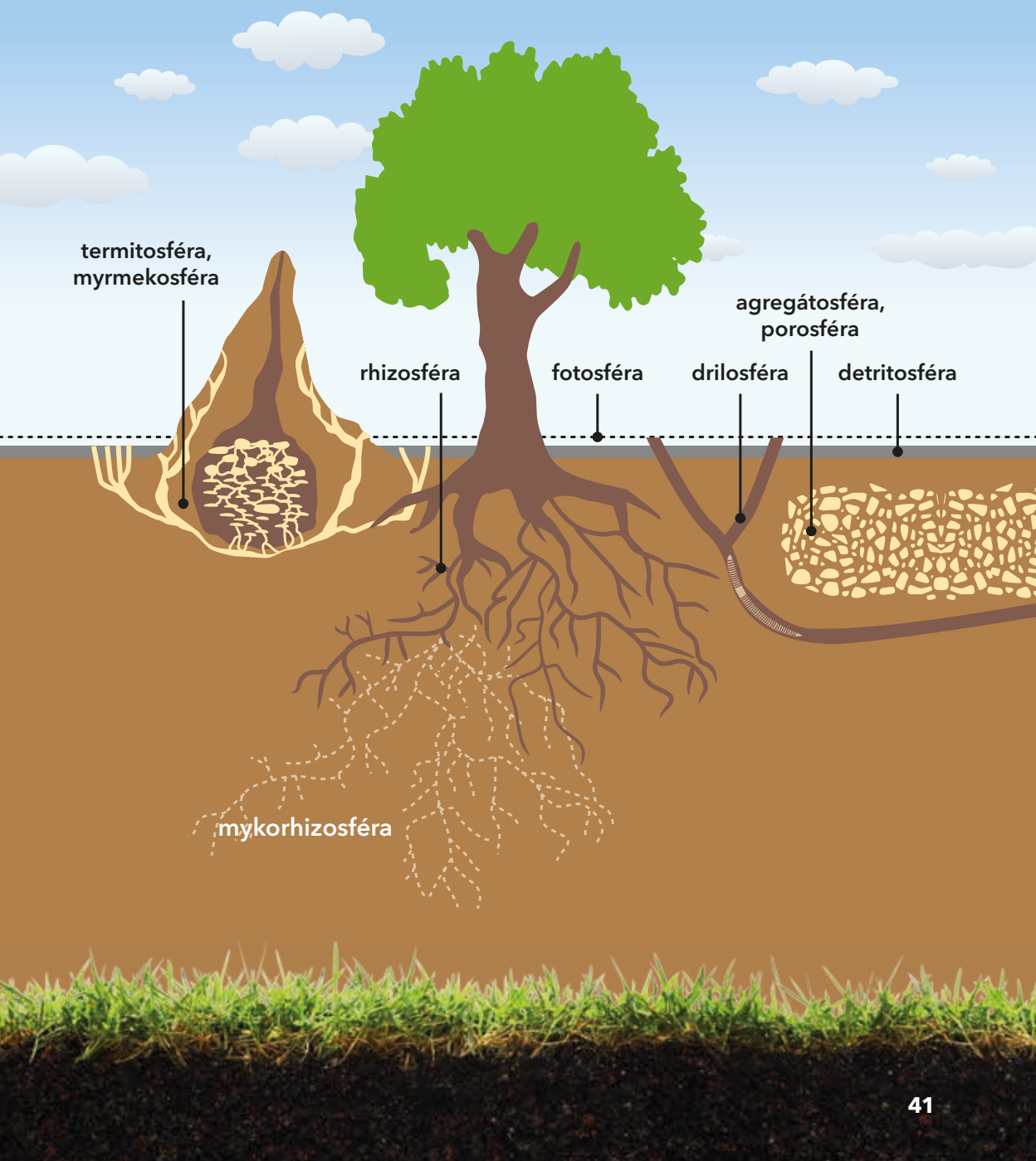
Jak je půda vnitřně organizovaná?

Půda rozhodně není nějaká náhodná směs půdních částic, organismů, kořenů rostlin atd. Půdní organismy obecně a zvláště mikroorganismy jsou v půdě rozmístěny nerovnoměrně, ale podle zákonitostí, které teprve začínáme chápat. Pro specifická mikroprostředí, kde mikrobiální procesy probíhají s mnohem vyšší rychlostí a s větší intenzitou interakcí, než jak je tomu za průměrných podmínek v půdě, byl zaveden termín mikrobiální „horká mikroprostředí“ a analogicky pro časový rozměr zvýšené mikrobiální aktivity termín mikrobiální „horké okamžiky“. Nejvýznamnější mikrobiální „horká mikroprostředí“ v půdě zahrnují několik typů, jsou to:

- **rhizosféra** (půda v okolí kořenů): typické jsou vstupy labilních snadno využitelných forem uhlíku v kořenových exsudátech a vstupy dalších rhizodepozic napříč půdním profilem; někdy se definuje i **mykorhizosféra**, tj. část půdy zahrnující vedle rhizosféry ještě půdu ovlivněnou mykorhizními houbami,
- **detritosféra** (část půdy, často povrchová, do níž přichází opad): vstupy zejména odolnějších polymerních forem uhlíku jako opad (detrit) na povrch půdy a po odumření kořenů i do půdního profilu (zde se může detritosféra prolínat s rhizosférou, podle toho, jak specificky se každá sféra definuje); někdy se vyčleňuje **fotosféra** (povrchová vrstva půdy osídlená hlavně fototrofními organismy),
- **porosféra** (sféra půdních pórů): vstupy rozmanitých organických látek po průchodu střevy žízála a dalších bezobratlých živočichů a dále póry vytvářené kořeny v hloubce půdního profilu; mohou se sem počítat i exkrementy půdních živočichů; někdy se rozlišuje i **drilosféra** (část půdy ovlivněná žížalami),
- **agregátosféra** (sféra půdních agregátů): vstupy rozmanitých organických látek vymývaných z detritosféry a z rhizosféry, významné zejména v hlubších půdních horizontech,
- **myrmekosféra** a **termitosféra**: části půdy pod vlivem mravenců a termitů.

Pro všechny tyto půdní sféry je typické, že se v nich koncentruje a soustřeďuje život v půdě, tedy organismy a biologické procesy. Tím se liší od tzv. „ostatní půdy“. Ve skutečnosti ovšem jde pouze o naši schematickou představu, jak to asi v půdě vypadá a funguje. Jednotlivé sféry jsou promíchané, propojené, dynamické a obvykle je nelze prostorově přesně vymezit. Pro rostliny má mimořádný význam rhizosféra, případně mykorhizosféra, protože převážná většina rostlin vytváří společenství s půdními houbami, mykorhizu. Z ní mají různé výhody jak rostliny (např. získávají prostřednictvím hub minerální živiny fosfor, dusík aj.), tak houby (dostávají od rostlin organické látky nutné pro růst a vývoj). Houbová vlákna (hyfy) také propojují rostliny a dochází jejich prostřednictvím k výměně informací pomocí chemických látek, a to jak v rámci rostlin jednoho druhu, tak mezi různými druhy.

Biologicky významné sféry v půdě. Sféry představují hlavní systémy aktivity a regulace, v nichž probíhá vstup organických látek do půdy a rozklad organické hmoty v půdě. Mají tři obecné komponenty: zdroje (opad, půdní organická hmota atd.), rozkladače (mikroorganismy, enzymy) a regulátory (makroorganismy, mj. zajišťující vytváření sfér a míchání a transport materiálů). Hranice mezi sférami nejsou ostré a někdy je ani nelze určit. (zdroj: Lavelle a Spain, 2001)



Půda je strukturní, porézní

Pro pochopení života v půdě je třeba si uvědomit, že kolem poloviny objemu půdy tvoří půdní póry. Základem půdního tělesa jsou agregáty, které vytvářejí trojrozměrnou stavbu půdy, a tím i půdní strukturu. Jsou tvořeny pevnými částicemi různé velikosti, a to jak minerálními, tak organickými, které jsou navzájem poutány silami, jež překonávají síly vedoucí k rozpadu agregátů. Podle velikosti se obvykle rozlišují makroagregáty (> 250 µm) a mikroagregáty (< 250 µm).

Tvorbu a stabilitu agregátů zajišťují hlavně biologické procesy a v menší míře i fyzikálně-chemické reakce. Významnou roli hraje aktivita půdních živočichů, především žížal, které jednak půdu prolézají a vytvářejí chodbičky (=biopóry), jednak zanechávají v půdě či na jejím povrchu velké množství exkrementů ve formě „slepenců“ půdních částic, tedy vlastně velkých agregátů; produkují také mnoho slizu, který tmelí půdní částice. Kořeny rostlin a hyfy hub propojují minerální částice i samotné agregáty. Podobně jako bakterie při rozkladu organické hmoty produkují i kořeny rostlin a houby polysacharidy, které vytváří lepkavou síť. Polysacharidy jsou odolné vůči rozpouštění ve vodě, a tak jsou důležité nejen pro tvorbu agregátů, ale i z hlediska jejich dlouhodobé stability. Velký specifický stabilizační efekt na trvanlivost půdních agregátů mají mykorrhizní houby produkující lepkavý glykoprotein glomalin, který má silný tmelící účinek.

Ve většině půd je významným činitelem při tvorbě a stabilizaci agregátů organická hmota. Je jednak zdrojem energie pro životní aktivity půdních organismů produkujících polysacharidy, jednak produkty rozkladu ve formě polymerů také fyzikálně-chemicky interagují s minerálními částicemi a formují voděodolné agregáty. V půdě vznikající humusové látky se uplatňují při zajištění dlouhodobé stability agregátů. Kultivace půdy vede většinou k rozpadu agregátů. Vlivem těžby dřeva, pastvy nebo pojezdu zemědělských strojů po půdě dochází k utužování půdy, a to obzvláště při příliš vysoké vlhkosti, což je prováděno ničením agregátů a narušováním struktury půdy (viz tabulka).

Vliv kultivace na půdní agregáty. Agregáty jsou větší a stabilnější v půdách původní prairie než v půdách 90 let kultivovaných pro pěstování kukuřice a sóji. Kultivované půdy vykazují zvýšený rozpad agregátů kvůli pravidelné orbě a pojezdům techniky. (zdroj: Martens, 2000)

Charakteristika	Původní prairie	Kukuřice	Sója
průměrná velikost agregátů (mm)	1,9	0,7	0,2
% velkých agregátů (> 1 mm)	75	25	8

Výskyt agregátů je příznivý pro řadu funkcí půdy a její úrodnost a kvalitu. Agregáty ovlivňují půdní strukturu, s níž souvisí pohyb vzduchu a vody v půdě. Vytváření agregátů v půdě zajišťuje nízkou objemovou hmotnost půdy a tedy

vysoký podíl makropórů. Se zvyšujícím se zastoupením větších agregátů se tak zvyšuje pórovitost půdy, s čímž souvisí i lepší provzdušňenost a kapacita půdy poutat vodu. To významně ovlivňuje život v půdě, tedy růst kořenů rostlin a aktivitu půdních organismů rozkládajících organickou hmotu. Existence kvalitních voděodolných agregátů zvyšuje rezistenci půdy (=schopnost odolávat vnějším tlakům) vůči odnosu zejména nejmenších částic vodní i větrnou erozí a její resilienci (=schopnost vyrovnat se se změnou a poté pokračovat v rozvoji a fungování). Zásahy podporující tvorbu půdních agregátů a tvorbu dobré struktury půdy jsou tak významným protierozním opatřením. Půdní agregáty jsou nesmírně důležitým prostředím pro půdní mikroorganismy i malé živočichy (více viz Elhottová a kol., 2020).

Prostor mezi agregáty připadá na půdní póry. Porosféra tedy představuje systém půdních pórů (prostůrků) vyplněných půdním vzduchem nebo půdní vodou, který poskytuje prostor pro život půdním organismům a zajišťuje vertikální i horizontální transport látek a organismů půdním profilem. Hlavní faktory, které ovlivňují tvorbu, velikost a další vlastnosti pórů, jsou půdní textura (velikost půdních částic), půdní struktura (způsob, jakým jsou půdní částice agregovány) a aktivita organismů (zejména hloubení chodeb půdními živočichy a růst kořenů).

Póry se rozdělují např. podle velikosti a schopnosti zadržovat vodu na mikropóry a makropóry. Mikropóry jsou v průřezu menší než cca 30-50 μm , zadržují vodu vlivem působení kapilárních sil a jsou důležité pro retenci vody v půdě. Makropóry jsou důležité pro zasakování vody do půdy a pro proudění půdního roztoku (a půdního vzduchu) půdou. Specifickým případem makropórů jsou biopóry tvořené kořeny rostlin a žížalami i dalšími skupinami půdních živočichů, tzv. „ekosystémovými inženýry“, protože jsou navíc na stěnách potažené organickými látkami, které podporují mikrobiální život. Pórovitost se mění v závislosti na charakteristikách půdního druhu a typu, během vývoje půdy a vlivem obdělávání.

Půdní houby propojují díky vláknitému charakteru houbových hyf různá mikroprostředí v půdě včetně malých i velkých pórů. Houby mohou růst ve vzdušném i vodním prostředí a mohou transportovat živiny a vodu i na relativně velké vzdálenosti (metry až desítky metrů). Hyfy hub shlukují půdní částice do půdních agregátů tmelícím účinkem svých metabolitů i mechanickým spojováním.





Rostliny prorůstají půdu svými kořeny, které někdy pronikají i do značné hloubky desítek metrů. Kořeny využívají pro růst již vytvořené póry, ale také aktivně póry vytvářejí. Svým růstem vytlačují půdní částice a po odumření kořenů a jejich rozkladu zůstávají v půdě vytvořené kanálky. Jednotlivé druhy rostlin se od sebe značně liší v tlaku, který vyvíjejí na okolní půdu. Největší sílu jsou schopné vyvinout dřeviny, z nedřevnatých rostlin pak například jeteloviny. Tyto tzv. hluboko kořenicí rostliny prorůstají půdou i několik metrů hluboko a díky této vlastnosti se používají na bioremediaci zhutněných půd.

Jak to v půdě funguje?

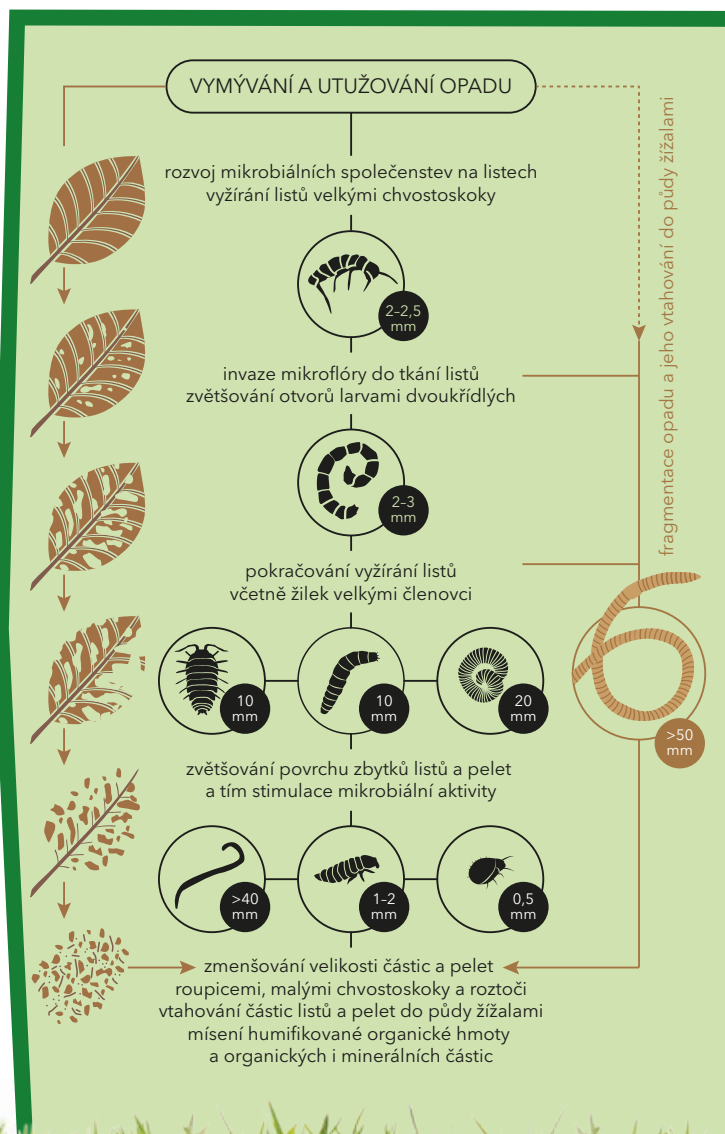
V půdě je pilno jako na nepředstavitelně obrovském staveništi. Můžeme si to přiblížit tak, že například v jednom litru půdy v jednom okamžiku pracuje pár bilionů organismů, které jsou sdruženy do různých „pracovních čet“: jedna např. mělní na kousky odumřelý kořen, druhá těží fosfor a předává jej rostlině, další svými anténami chytá sluneční záření a mění je na chemickou energii atd. Takových čet jsou tisíce a navzájem spolupracují. Přitom takto pracuje jen pár procent ze všech organismů v půdě, velká většina „pospává“ nebo prostě vyčkává, až na ně přijde řada (také je zajímavé, že nevidíme žádné mistry, vedoucí nebo dokonce ředitele tohoto „podniku“ a přesto vše funguje). Tato představa „půdního staveniště“ je trochu dětinská, nicméně naznačuje, jak je půdní prostředí složité, mnohotvárné a také jak je

živé. Téměř vše podstatné, co se v půdě stane, nějak souvisí s půdními organismy a jejich životními projevy. Proto jsou půdní organismy pro půdu nenahraditelné a proto vše, co poškozuje půdní organismy, narušuje nebo ničí i funkce půdy. A také vše, co ničí půdní prostředí ovlivňuje i půdní organismy.

Vedle své produkční funkce má půda řadu dalších funkcí, jak je uvedeno výše. Jednou z nich je schopnost půdy (= půdních organismů) rozkládat odumřelou biomasu.

Schématický postup rozkladu listového opadu.

Na rozkladu se podílí řada mikroorganismů, živočichů, a také extracelulární (= vněbuněčné) enzymy produkované edafonem. V průběhu rozkladu se mění kvalita rozkládajícího se opadu a tomu se přizpůsobuje i složení rozkladného společenstva, organická hmota se přesouvá z povrchu do hlubších vrstev půdy, snižuje se postupně poměr C:N detritu, velké molekuly organických látek se jejich částečnou degradací zmenšují, podíl bakteriálního vŕči houbovému rozkladnému společenstvu postupně narůstá a část původní organické hmoty je nakonec mineralizována na nejjednodušší sloučeniny. S postupujícím rozkladem se vymývají minerální živiny a organické zbytky se utužují. (zdroj: Gobat a kol., 2004)



SLUNEČNÍ ZÁŘENÍ

ORGANICKÁ SYNTÉZA
autotrofní organismy
(rostliny, sinice)

heterotrofní organismy
(živočiškové)

ŽIVOT

SMRT

ROZKLAD
ORGANICKÝCH LÁTEK
(mikroorganismy, enzymy)

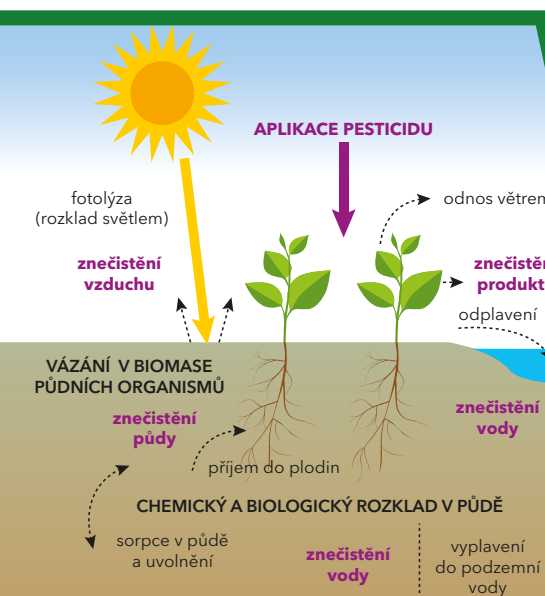
minerální živiny,
 CO_2 , H_2O

Procesy syntézy a rozkladu jsou součástí obecného základního koloběhu prvků a toku energie.

Autotrofní organismy vytvářejí organické látky a z nich a z minerálních prvků tvoří biomasu, ta je konzumována heterotrofními organismy a posléze je veškerá biomasa rozkládána a mineralizována zpět na minerální živiny (N, P, K, Ca, Mg, S atd.), CO_2 a H_2O .

Rozklad zabezpečují zejména půdní mikroorganismy. Hlavním vnějším zdrojem energie je sluneční záření, v zemědělských ekosystémech jsou velké vstupy energie a látek ve formě pohonných hmot, hnojiv, pesticidů aj. (originál Miloslav Šimek)

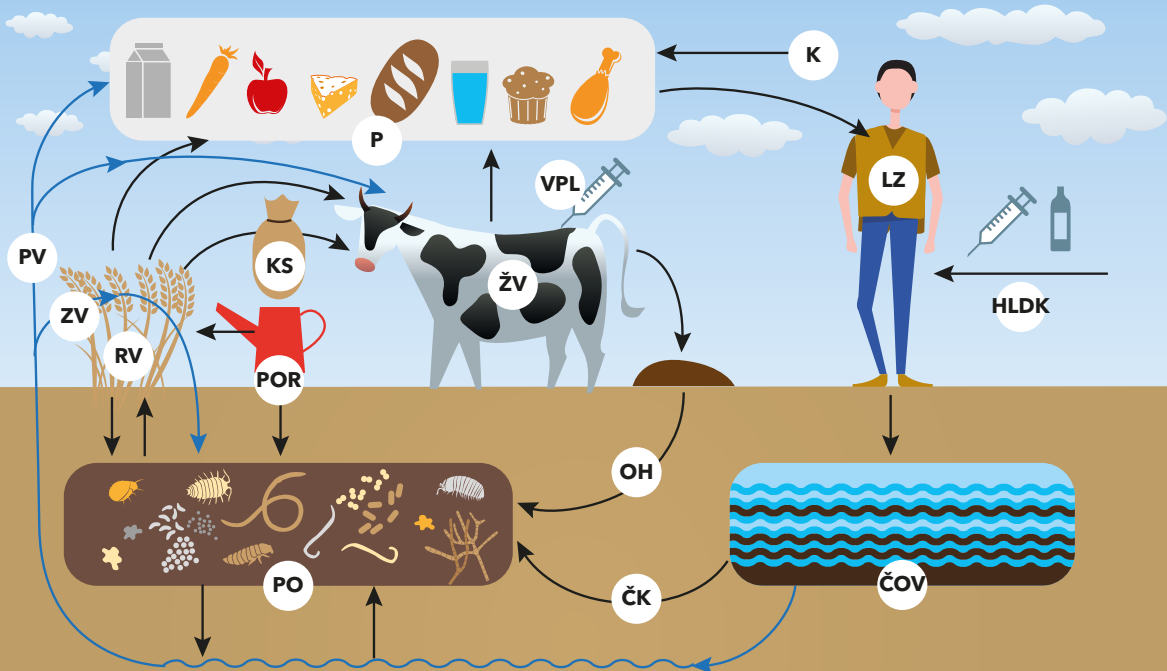
Kromě biomasy organismů se v půdě rozkládají i půdě cizí, umělé sloučeniny vyrobené člověkem, včetně pesticidů a jiných chemických látek vnášených záměrně či nezáměrně do prostředí. Rozklad ale obvykle není úplný a rozkladné meziprodukty (stejně jako výchozí chemikálie) mohou znečišťovat vodu a vzduch nebo se i dlouhodobě ukládat (hromadit) v půdách a sedimentech (viz obrázky). Velmi nebezpečné jsou látky s bio-inhibičním (LBI) účinkem.



Osud pesticidů po aplikaci.

V závislosti na chemické podstatě pesticidní látky se její část může odpařit nebo být na částicích odnesena větrem či vodou, případně rozložena působením slunečního záření (fotolýzou) a znečišťovat ovzduší (ať již samotná látka, nebo její rozkladné produkty). Část se dostane do plodiny a její biomasy (znečištění produktu), část může být vyplavena do podzemní vody a znečišťovat ji, část se zachytí v půdě a je přijata půdními organismy (znečištění půdy) a část je rozložena v půdě činností půdních organismů a enzymů. (zdroj: Severn a Ballard, 1990, cit. White, 1997)

Cesty látek s bio-inhibičním (LBI) účinkem včetně jejich reziduí v potravní síti v konvenčním intenzivním zemědělství. Rostlinná výroba (RV) je závislá na široké škále prostředků ochrany rostlin (POR) s bio-inhibičním účinkem (tj. herbicidů, insekticidů, fungicidů aj.), které vstupují také do půdy, půdních organismů (PO) i do vlastní plodiny. S rostlinnou biomasou se LBI dostávají do krmiv hospodářských zvířat (KS) a potravin (P). Intenzifikovaná živočišná výroba (ŽV) je závislá na veterinárních preparátech a léčivech (VPL) obsahujících LBI, které se následně mohou stát i součástí potravin (P). Významným výstupem nestrávených LBI z ŽV jsou odpady (hnůj, kejda, aj.), které dále slouží jako důležitá organická hnojiva (OH) zemědělských půd. Rezidua LBI obsažená v OH vstupují do půdy a půdních potravních sítí a s kořeny rostlin se dostávají do rostlinné biomasy. Rezidua LBI, která se dostávají při zemědělské výrobě a následném zpracování (např. s konzervanty, K) do potravin jsou kontrolována, aby nepřesahovala limitní hodnoty stanovené zákonem a potraviny byly nezávadné pro lidské zdraví (LZ). V závislosti na skladbě potravin a životním stylu se však v lidském těle může akumulovat široké spektrum LBI, které ještě mohou doplňovat humánní léky (HL). Jejich rezidua opouštějí lidské tělo s výkaly a společně s LBI z dezinfekčních a kosmetických prostředků (DK) putují do čistíren odpadních vod (ČOV). Čistírenské kaly (ČK) mohou být dalším zdrojem LBI pro půdu, pokud jsou využívány jako hnojivo, podobně jako i užitková voda pro závlahu (ZV) plodin. Rezidua LBI se dostávají skrze půdu a vodu v prostředí také do zdrojů pitné vody (PV). (originál Dana Elhottová)



ŠIRŠÍ SOUVISLOSTI:

Agroekosystémy

Od přirozených ekosystémů se agroekosystémy liší v mnoha ohledech. Agroekosystémy obsahují méně druhů organismů, které jsou geneticky méně rozmanité. Toky energie a látek jsou v agroekosystémech přímější, potravní řetězce jsou jednodušší, biomasa velkých herbivorů (skot, ovce, kozy apod.) je na jednotku plochy mnohem větší než v přirozených ekosystémech. Agroekosystémy jsou také podstatně otevřenější - velká část biomasy je ve formě produktů exportována vně systému. Jedním z důsledků je, že mnohem méně biomasy se vrací do půdy a vstupuje do rozkladných procesů a že se trvale snižuje zásoba živin a organické hmoty v půdě. To vyžaduje zajistit velké vstupy živin a energie do agroekosystémů, a také upozorňuje na nutnost vracet do půd organickou hmotu ve formě organických hnojiv, aby mohla být zachována funkce půd.

Primárním cílem zemědělského hospodaření je produkce potravin a dalších surovin využitelných pro technické a (nověji) i energetické účely. Kromě produkční funkce plní zemědělství i řadu funkcí mimoprodukčních, které zahrnují zejména péči o veřejné statky (půda, voda, vzduch, krajina, biodiverzita), ale i funkce kulturní, sociální, rekreační a další (viz výše). V řadě hospodářsky rozvinutých zemí včetně většiny evropských zemí i v České republice je v současnosti nejvíce využívaným zemědělským systémem konvenční intenzivní zemědělství. Vysoká intenzita produkce je v praxi zajišťována mnoha způsoby, které jsou často kombinovány. Především je produkce úzce specializována, počet pěstovaných druhů rostlin klesá až na monokultury, u chovaných zvířat jde o specializaci až na úroveň chovu jednotlivých kategorií zvířat bez vazby na místní půdu, respektive rostlinnou produkci (známe např. velkovýkrmny drůbeže využívající průmyslově vyráběné krmné směsi ze zemědělských produktů z jiné části světa). Významnými intenzifikačními faktory jsou koncentrace (zvyšování hustoty produkčních organismů v čase a prostoru), vysoký stupeň mechanizace až automatizace technologických postupů, intenzivní využití dodatkových chemických vstupů, energií i informací. Typickým rysem je uniformita porostu, nízká biodiverzita, neschopnost autoregulace, často nízká adaptace k prostředí, trvalé narušování půdního prostředí a nutnost regulace a řešení problémů dalšími materiálovými a energetickými vstupy. Vysoce intenzivní, mechanizovaný systém je zcela závislý na vnějších vstupech (stroje, paliva, chemikálie, osiva atd.), což silně snižuje jeho energetickou efektivitu. Tyto systémy ovšem bývají krátkodobě velmi efektivní z hlediska produktivity práce a využití plochy. Jejich prioritou je maximalizace produkce respektive momentálního ekonomického efektu. Dalšími formami konvenčního zemědělství jsou precizní a programové zemědělství, skleníková i hydroponická produkce aj. Jednoznačný důraz na produktivitu systému je na úkor jeho setrvalosti a udržitelnosti.

Intenzifikace a specializace mají za následek snížení biodiverzity a mnoho negativních dopadů na prostředí.

Extenzivní systémy hospodaření mají téměř opačnou charakteristiku. Vyznačují se nižšími energetickými a materiálovými toky na jednotku plochy a obvykle vyšší diverzitou, menší potřebou vnějších zásahů a větší stabilitou i autoregulační schopností. Významně přispívají k zachování a ochraně přírodních zdrojů. Nízké vstupy jsou obvykle příčinou nižší produkční schopnosti. Nižší výnosy plodin však mohou být realizovány při nižších nákladech. Tyto způsoby hospodaření jsou běžné v rozvojovém světě, ale s růstem populace a potřeby potravin se v řadě zemí (zvláště v jihovýchodní Asii a Jižní Americe) rychle mění. Paradoxně se tak v současnosti v rozvojových zemích intenzifikace zemědělství zvyšuje, zatímco v rozvinutějších zemích se hledají extenzivnější alternativy ke konvenčnímu systému hospodaření, což samozřejmě souvisí s hromaděním a prohlubováním problémů, které konvenční intenzivní zemědělství přináší, i s určitou regionální nadprodukcí potravin.

Nespokojenost se stavem soudobého zemědělství a jeho negativními vlivy na půdu, krajinu i člověka vedla již téměř před sto lety ke vzniku prvních alternativních zemědělských systémů. V současnosti existují ve světě desítky různých forem alternativního zemědělství, často vázaných na různé filozofie a hnutí. V Evropské unii došlo v 90. letech 20. století k legislativnímu ukotvení zemědělského hospodaření založeného na uvedených principech pod názvem ekologické zemědělství (synonyma *organické* nebo *biologické* zemědělství).



Hlavní cíle ekologického zemědělství jsou:

- trvalé udržení a zlepšení půdní úrodnosti,
- ochrana genofondu a udržení biodiverzity,
- zachování krajinných prvků a jejich harmonizace,
- udržení vody v krajině, ochrana povrchových a podzemních vod před znečištěním,
- efektivní využívání energie, orientace na obnovitelné zdroje,
- snaha o maximální recirkulaci živin a minimální vnášení cizorodých látek do agroekosystému,
- produkce kvalitních potravin a surovin,
- optimalizace životních podmínek pro všechny organismy včetně člověka.

Hlavní zásady ekologického hospodaření na evropské úrovni vyplývají z Nařízení rady (ES) č. 834/2007 respektive u nás ze zákona o ekologickém zemědělství č. 242/2000 Sb. a navazujících předpisů. V České republice dominují v ekologickém zemědělství (EZ) trvalé travní porosty s podílem přes 80 % na celkové výměře půdy v režimu EZ. Ekologické zemědělství má u nás extenzivní charakter a plní do značné míry environmentální roli, zatímco jeho funkce produkční a sociální je nedostatečná.

ŠIRŠÍ SOUVISLOSTI:

Střídání plodin, osevní postupy

Plodiny lze pěstovat různým způsobem, např. jako monokultury nebo v různých systémech využívajících střídání plodin. Plodiny se tradičně - podle dopadu na půdu - rozdělují na zlepšující, neutrální a zhoršující. Mezi zlepšující plodiny řadíme zejména jeteloviny, jetelovino travní směsi, luskoviny, luskovinoobilní směsky, okopaniny hnojené hnojem a různé meziplodiny. Nezastupitelný význam pro ornou půdu mají především jeteloviny (vojtěška setá, jetel luční aj.). Pro vojtěšku je charakteristický mohutný a hluboký kořenový systém, který půdu prokypřuje, provzdušňuje a čerpá živiny ze značné hloubky až několika metrů). Jetel luční, jehož kořenový systém je mělký, velmi dobře prosperuje ve směsi s travami, které přispívají k produkci podzemní i nadzemní biomasy. Již v průběhu pěstování, ale zejména po zaorání porostů, obohacují tyto plodiny půdu o organickou hmotu, k jejíž tvorbě významně přispěla symbiotická fixace dusíku pomocí hlízkových bakterií jetelovin.

Soudržný porost jetelovin a jetelovino travních směsí zpevňuje půdu, což je významné zejména na svažitých pozemcích. Před vodní a větrnou erozí je půda chráněna celoročním pokryvem. Srážková voda se i při značně vysokých úhrnech srážek efektivně vsakuje do půdy. Zapojené porosty omezují růst plevelů a k regulaci řady plevelných druhů přispívá i vícesečnost porostů. Z ekonomického i ekologického hlediska je pozitivní, že porosty jetelovin se obvykle pěstují bez použití pesticidních přípravků. V neposlední řadě má

absence zpracování půdy při víceletém pěstování jetelovin a jetelovinotravních směsí příznivý vliv na rozvoj půdních organismů všech kategorií.

Osevní postup, tj. sled plodin na pozemku, je praktickým vyjádřením principu střídání plodin. Ten vychází jak z dlouhodobých zkušeností, tak z vědeckých poznatků. Opakované (někdy až desetiletí) pěstování stejných plodin nebo sledů plodin na tomtéž pozemku je totiž doprovázeno mnoha negativními aspekty. Souhrnně se někdy označují jako „únava půdy“ a v důsledku vedou ke snížení výnosů takto pěstovaných plodin.

Současné intenzivní zemědělství masově využívá sledy dvou či tří plodin. Plodiny se sice „střídají“, ale jsou přitom ignorovány základní principy střídání plodin, respektive se nedodrží důležité zásady. Plodiny „zhoršující“ (obilniny aj.) nejsou dostatečně prostřídávány plodinami „zlepšujícími“ (jeteloviny, luskoviny aj.), v osevním postupu chybí jeteloviny a jetelotrávy i plodiny hnojené hnojem nebo jinými organickými hnojivy (brambory, řepa aj.), procentické zastoupení některých plodin (řepka, obilniny) často v podniku výrazně přesahuje doporučené hodnoty atd. Například pro řepku se doporučuje odstup minimálně 4-5 roků, ale dnešní praxe v některých podnicích s velkým zastoupením řepky je pouze 2-3 roky. Vede to mj. k šíření plevelů, původců chorob a škůdců, což vyvolává tlak na masivní „ochranu“ pomocí pesticidů. Nesprávné střídání plodin na pozemku je tak nejméně stejně škodlivé, jako monokultury.



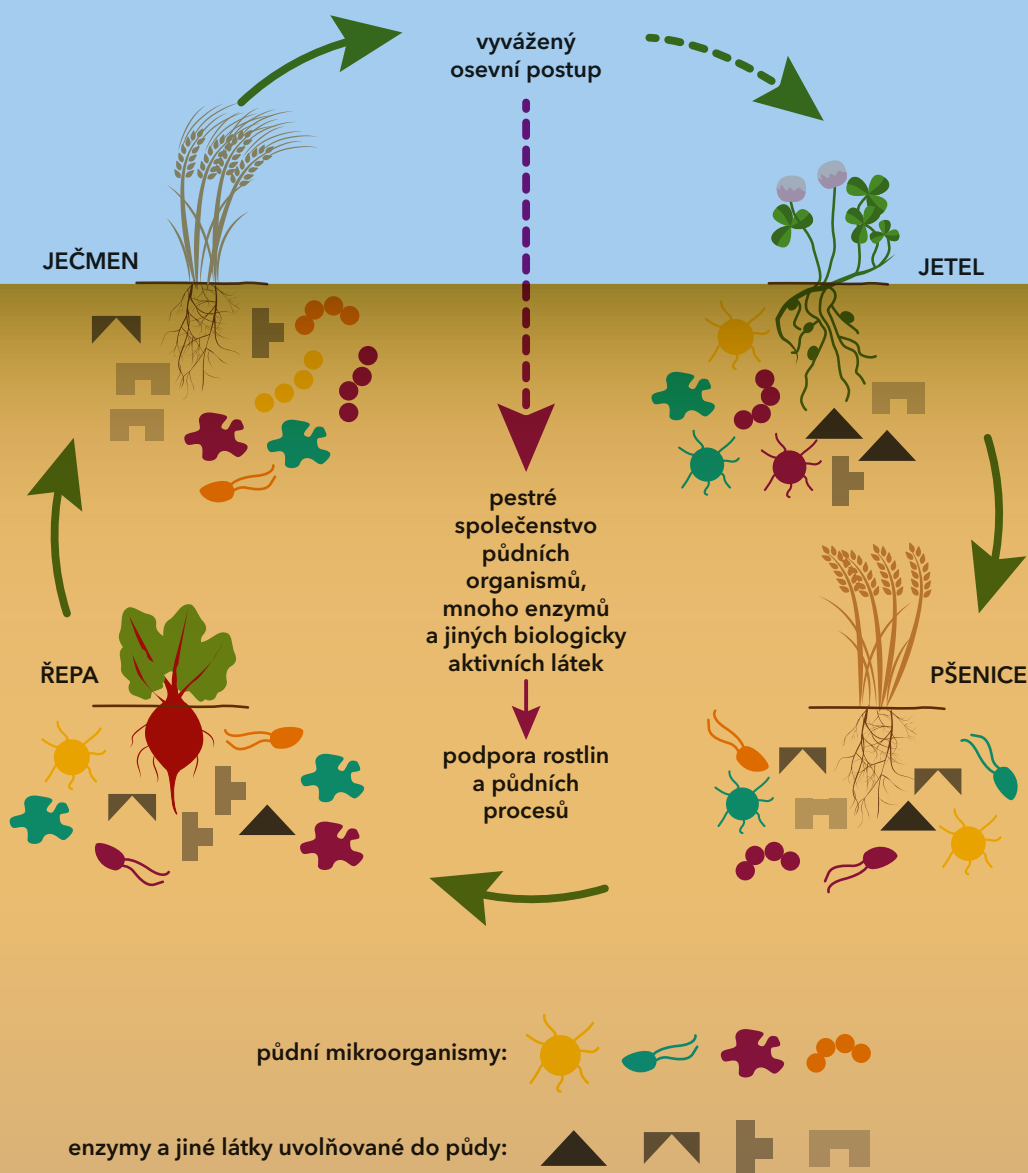
Zemědělské systémy bez pravidelné aplikace organických hnojiv a bez dodržování elementárních zásad střídání plodin a odstupů mezi nimi v osevních sledech v našem současném zemědělství vůbec nepřispívají k obnově a navyšování zásoby půdní organické hmoty, vyčerpávají živiny (a vyvolávají potřebu vysokých dávek syntetických hnojiv) a hlavně se při jejich pěstování používá mnoho pesticidů se všemi negativními dopady na půdu, vodu a krajinu, tedy v důsledku na člověka. Jejich asi jedinou jednoznačnou „výhodou“ je, že se „vyplatí“ – tedy vyplatí se dnes a pouze danému zemědělci či podniku, o užítku pro společnost lze úspěšně pochybovat, nemluvě o současných i budoucích negativních dopadech souvisejících s degradací půdy a prostředí vůbec.

V čem spočívá únava půdy? V první řadě jde o vyčerpání živin, a to nejen tzv. hlavních živin, tedy dusíku, fosforu a draslíku. Ty se stejně obvykle doplňují intenzivním hnojením. Nebezpečnější je vyčerpání dalších živin, např. síry, hořčíku, vápníku a mikroživin (železa, boru atd.). Vyčerpání jedné nebo několika živin je i při nadbytku ostatních živin příčinou poruch růstu rostlin (a snížení výnosu). Únava půdy vzniká také tím, že každá plodina uvolňuje do půdy určitý soubor látek (včetně kořenových exsudátů, látek z odumřelých pletiv atd.). Tyto látky přímo i nepřímo ovlivňují společenstva půdních organismů v mykorhizosféře, tj. prakticky v celém objemu půdy, kam ještě pronikají kořeny a mykorhizní houby. Některé tyto látky mají stimulační, jiné inhibiční efekt, přičemž na některé půdní organismy může tatáž látka působit stimulačně, na jiné inhibičně. Je zřejmé, že opakované pěstování stejné plodiny (doprovázené vylučováním stejných látek do půdy) vede k jednostranným změnám v půdním společenstvu. Naopak vhodné střídání plodin má blahodárné účinky na společenstva půdních organismů i půdní vlastnosti a je účinné proti tzv. únavě půdy (viz obrázek).

„Unavená půda“ postupně ztrácí schopnost podporovat růst a vývoj rostlin, tedy svoji úrodnost. Její další zemědělské využívání situaci jen zhoršuje a vysoké dávky průmyslových hnojiv a pesticidů používaných na zajištění výnosů zvyšují znečištění prostředí všemožnými agrochemikáliemi. Takové řešení problému „unavené půdy“ nemůže mít žádný dobrý konec. Vedle biologických a chemických vlastností trpí i fyzikální vlastnosti půdy.

Vyvážený osevní sled zajišťuje pestré složení kořenových exsudátů i organických látek vstupujících do půdy. Tak se podporuje vytvoření a stabilizace rozmanitého mikrobiálního společenstva. Každá plodina čerpá minerální živiny v jiném množství a jiném vzájemném poměru, ale také zanechává v půdě specifické látky podporující specifické skupiny půdních organismů. Při střídání plodin v osevním sledu se dynamicky obměňuje spektrum látek uvolněných rostlinami, a tak se udržuje dostatečná rozmanitost mikrobiálního společenstva včetně jeho enzymatické výbavy nezbytné pro zpřístupňování a transformace živin. Zároveň není půda jednostranně vyčerpávána selektivním odběrem jedné nebo několika živin.

Ty jsou ovšem stejně průběžně doplňovány z aplikovaných organických hnojiv, posklizňových zbytků a z uvážlivého hnojení minerálními hnojivy. Správný osevní postup vede k dynamické obměně a udržení diverzity společenstva půdních organismů, podpoře jejich mineralizační aktivity, a tím dostatečné výživy plodin. Je také důležitou prevencí proti jednostrannému rozšíření patogenů a škůdců. (originál Miloslav Šimek a Dana Elhottová)



ŠIRŠÍ SOUVISLOSTI:

Emise skleníkových plynů z půd

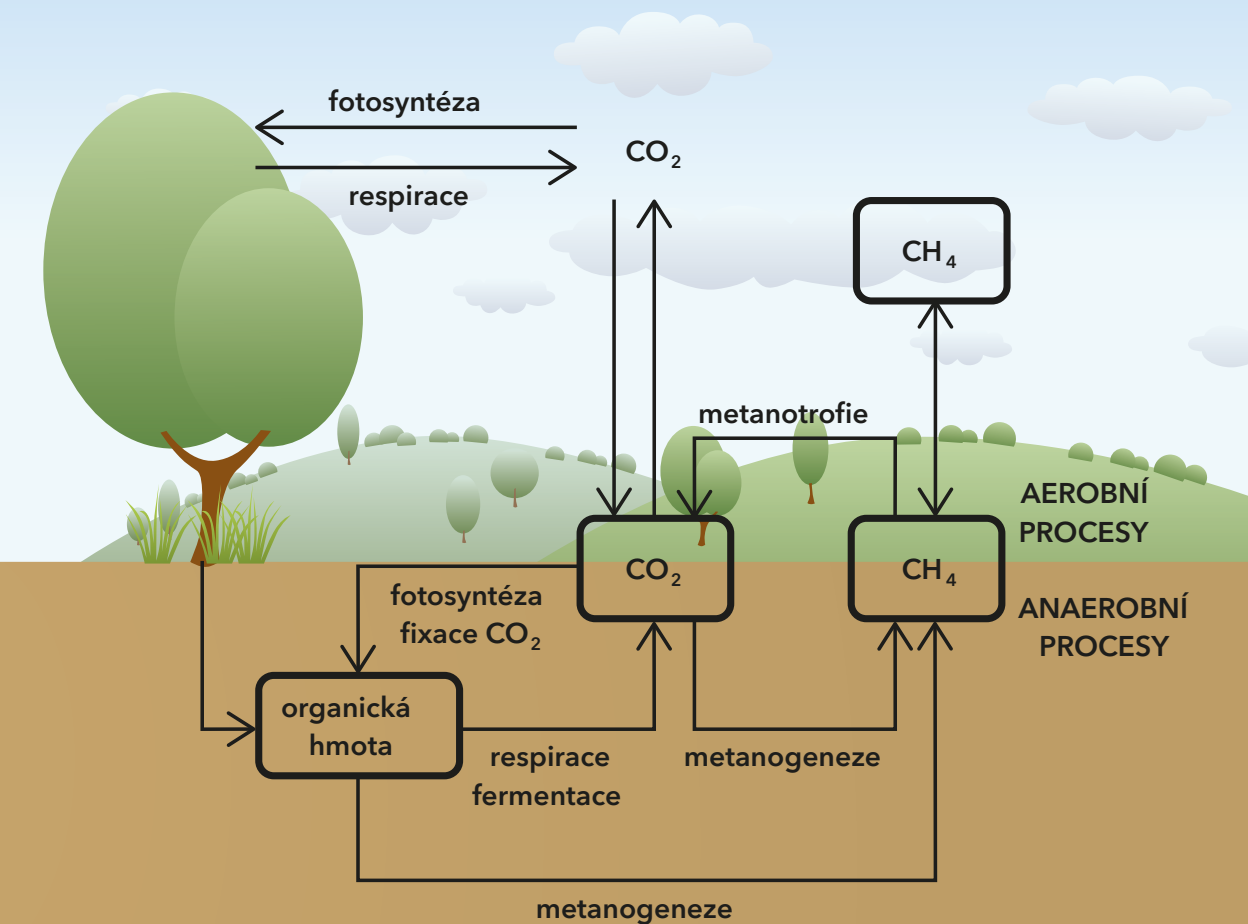
Všeobecně se respektuje, že hlavní podíl na stále rostoucí koncentraci skleníkových plynů v atmosféře má pokračující využívání fosilních paliv v energetice, průmyslu a dopravě. Méně je známo, že dalším významným globálním zdrojem skleníkových plynů, srovnatelným co do rozsahu s dopravou nebo průmyslem, je **zemědělství a využívání půdy**, tedy pěstování plodin a dřevin a chov hospodářských zvířat (viz tabulka).

Podíl jednotlivých sektorů na globálních celosvětových antropogenních emisích skleníkových plynů v roce 2010 po přepočtu na ekvivalent CO₂ (CO₂eq).
(zdroj: IPCC, 2014)

Zdroj	%	Miliard tun CO ₂ eq
výroba elektřiny a tepla (spalování fosilních paliv za tímto účelem)	25	12,3
zemědělství, lesnictví a jiné využívání půdy (rostlinná a živočišná výroba, odlesňování)	24	11,8
průmysl (spalování fosilních paliv; chemické, metalurgické zpracování; nakládání s odpady)	21	10,3
doprava (spalování fosilních paliv pro silniční, železniční, leteckou a lodní dopravu)	14	6,8
jiná energetika (všechny emise z energetického sektoru, které nejsou spojeny s výrobou elektřiny a tepla, např. těžba, zpracování a přeprava paliv)	10	4,9
stavby (výroba energie a spalování paliv pro účely vaření)	6	2,9
celkem	100	49

Plyny, které v půdách vznikají a poté emitují do ovzduší, jsou převážně biologického původu a v případě metanu a oxidu dusného je tvoří pouze některé mikroorganismy. V případě oxidu uhličitého je produkce spojena s životními projevy všech skupin organismů (včetně člověka). Emise oxidu uhličitého (CO₂) z půdy se nazývají respirace půdy a jsou důsledkem dýchání půdních organismů; produkovaný CO₂ se může v půdě i spotřebovávat, ale velká většina uniká z půdy do ovzduší. Roční produkce uhlíku z půdy ve formě CO₂ dosahuje zhruba několika tun na hektar.

Emise oxidu uhličitého a metanu z půd jsou důsledkem mnoha biologických procesů v koloběhu uhlíku. Prostřednictvím CO_2 i CH_4 se uskutečňuje výměna uhlíku mezi atmosférou a biosférou i mezi organickými a anorganickými látkami. Oxid uhličitý je oxickou fotosyntézou rostlin i mikroorganismů fixován do organických látek, odkud je posléze oxickou i anoxickou respirací nebo fermentací uvolňován. Menší část uhlíku je metabolizována na metan (metanogeneze), který je buď uvolněn do atmosféry, nebo využit metanotrofními mikroorganismy a posléze je opět uvolněn ve formě CO_2 . (originál Miloslav Šimek)



Tvorba metanu (CH_4) v půdách a jeho emise z půdy jsou méně předvídatelné než produkce a emise CO_2 . Metan je typicky produkován v půdách mokřadů a rýžových polí, ve kterých je málo kyslíku i jiných oxidačních činidel. Ve střeoevropských podmínkách jsou zdroji metanu mokřady a sedimenty, včetně sedimentů v přehradních nádržích a rybnících, ale i tekoucí vody. Kromě toho jsou emise časté v agroekosystémech s chovem dobytka. Hospodářská zvířata hostí metanogenní archea (=mikroorganismy vytvářející metan) ve svých trávicích traktech; metanogeni se následně dostávají v exkrementech (hnoji, kejdě...) do půdy a na lokalitách s narušenou půdní strukturou, vysokou vlhkostí a vysokým obsahem organické hmoty mohou být velmi aktivní a produkovat mnoho metanu. Pastevní půdy proto bývají vedle skládek statkových hnojiv (hnůj, kejda, močůvka) významnými lokálními zdroji metanu. V mikro- a mezoměřítku jsou zdroji metanu hromádky pevných exkrementů, kusy hnoje rozmetané na povrch půdy apod. Z hospodářských



zvířat dominují jako zdroj metanu někteří přežvýkavci, zejména tuři a kozy, dále také ovce. Velká většina mikroorganismy produkovaného metanu je zvířaty uvolněna do prostředí, a to především říháním i větry.

Emise oxidu dusného (N_2O) se typicky objevují několik hodin až dnů po masivních vstupech N do ekosystému (ve formě hnojení, exkrementů dobytka, zaorání posklizňových zbytků leguminóz apod.). Odhaduje se, že na 100 kg N v aplikovaných hnojivech se z půdy emituje 1-2 kg N ve formě N_2O . Ve specifických podmínkách pastevních, zamokřených nebo i jiných půd to může být až 10% N.

Zemědělství, lesnictví a jiné využití půdy tedy celosvětově tvoří asi čtvrtinu čistých antropogenních emisí skleníkových plynů, a to zejména kvůli odlesňování, hnojení a chovům hospodářských zvířat. V zemědělství jsou nejefektivnějšími opatřeními na zmírnění emisí správné hospodaření s ornou i pastevní půdou a v případě emisí N_2O i obezřetné nakládání s minerálními i organickými hnojivy - výběr hnojiva, načasování aplikace a stanovení dávky s ohledem na aktuální potřebu a zejména dělení dávek hnojiv. Snížení emisí skleníkových plynů ze zemědělství je tak jednou z cest, jak zmenšit environmentální dopady zemědělství, a zároveň snížit ztráty N a C z půd, což je neméně důležité. O problematice detailně pojednává Šimek a kol. (2019b).



Literatura

- BUDŇÁKOVÁ, M., 2017. Aktuální stav půd v ČR. *Úroda*, 1, s. 65-66.
- ČSÚ - ČESKÝ STATISTICKÝ ÚŘAD, 2018a. *Soupis ploch osevů - k 31. 5. 2018* [online]. [cit. 10. 3. 2019]. Dostupné z: <https://www.czso.cz/csu/czso/soupis-ploch-osevu-k-31-5-2018>.
- ČSÚ - ČESKÝ STATISTICKÝ ÚŘAD, 2018b. *Statistická ročenka ČR - 2018* [online]. [cit. 10. 3. 2019]. Dostupné z: <https://www.czso.cz/csu/czso/statisticka-rocenka-ceske-republiky-2018>.
- ČSÚ - ČESKÝ STATISTICKÝ ÚŘAD, 2018c. *České zemědělství očima statistiky, 1918-2017* [online]. [cit. 20. 3. 2019]. Dostupné z: <https://www.czso.cz/csu/czso/ceske-zemedelstvi-ocima-statistiky-1918-2017>
- EASAC (European Academies Science Advisory Council), 2018. *Opportunities for soil sustainability in Europe*, Policy report 36, ISBN 978-3-8047-3898-0
- ELHOTTOVÁ, D., CHRŇÁKOVÁ, A., ŠIMEK, M., 2020. Živá půda 2. Půdní prokaryota - v jednoduchosti je síla. *Živa*, 2, s. 79-85.
- GOBAT, J.-M., ARAGNO, M., MATTHEY, W., 2004. *The living soil: fundamentals of soil science and soil biology*. Enfield: Science Publishers, 602 s.
- IPCC, 2014. *Climate Change 2014: Mitigation of Climate Change*. Contribution of Working Group III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. EDENHOFER, O., a kol. (Eds.). Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA: Cambridge University Press, 1435 s. (Dostupné také z: <http://www.ipcc.ch/report/ar5/wg3/>, cit. 13. 11. 2018.)
- KOCOUREK, F. a kol., 2018. *Metodika integrované ochrany řepky vůči škodlivým organismům vyjma podzimních škůdců*. Certifikovaná metodika. Praha: Výzkumný ústav rostlinné výroby, 114 s.
- LIŠKA, M., 2017. Vývoj pěstování řepky v České republice. *Úroda*, 6, s. 82-86.
- LAVELLE, P., SPAIN, A. V., 2001. *Soil ecology*. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 654 s.
- MARTENS, D. A., 2000. Management and crop residue influence soil aggregate stability. *Journal of Environmental Quality*, 29, s. 723-727.
- MÍKOVÁ, T., ZÁRYBNICKÁ, A., KARAS, P., ŽÁK, M., 2018. *Když se blýská na časy. Počasí a klima u nás i ve světě*. Praha: CPress, 240 s.
- MINISTERSTVO ZEMĚDĚLSTVÍ, 2007. *Plán hlavních povodí České republiky*. Praha: Ministerstvo zemědělství, 86 s. (dostupné také z http://eagri.cz/public/web/file/18971/PlanHlavPov_schvaleny_vladou1_1_.pdf)
- MZE (MINISTERSTVO ZEMĚDĚLSTVÍ), 2018. *Půda - situační a výhledová zpráva*. Praha: Ministerstvo zemědělství, 143 s. Dostupné také online z http://eagri.cz/public/web/file/611976/SVZ_Puda_11_2018.pdf.
- OERTEL, C., MATSCHULLAT, J., ZURBA, K., ZIMMERMANN, F., 2016. Greenhouse gas emissions from soils - a review. *Chemie der Erde*, 76, s. 327-352.
- ŠIMEK, M. a kol., 2019a. *Živá půda: biologie, ekologie, využívání a degradace půdy*. Praha: Academia, 789 s.
- ŠIMEK, M. a kol., 2019b. *Skleníkové plyny z půdy a zemědělství. Vlastnosti, produkce, spotřeba, emise a možnosti jejich snížení*. Praha: Academia, 191 s.
- ŠIMEK, M. a kol., 2020. *Živá půda - praktický manuál*. Praha: Academia, (v tisku).
- WHITE, R. E., 1997. *Principles and practice of soil science*. Oxford: Blackwell Science, 348 s.

Vybrané informační zdroje na internetu

- Aktivity FAO (OSN), např. Global Soil Partnership: <http://www.fao.org/global-soil-partnership/pillars-action/4-information-data/en/>
- Aktuální stav počasí, včetně radarových snímků: <http://portal.chmi.cz/aktualni-situace/aktualni-stav-pocasi/ceska-republika/radary>
- Atlas mikroorganismů: http://envimod.fzp.ujep.cz/sites/default/files/skripta/34e_final_tisk.pdf
- Atlas půdní biodiverzity: https://www.researchgate.net/publication/303699867_Global_Soil_Biodiversity_Atlas
- Česká zemědělská univerzita, Centrum pro vodu, půdu a krajinu: <https://cvpk.czu.cz/cs/r-13874-expertni-tymy>
- Český hydrometeorologický ústav, hodinové úhrny srážek ze srážkoměrných stanic ČHMÚ: http://hydro.chmi.cz/hpps/hpps_act_rain.php
- Český statistický úřad: <https://www.czso.cz/csu/>
- Databáze FAO o světovém zemědělství: <http://www.fao.org/faostat/en/#home;>
<http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC/metadata>
- Fotografie živočichů včetně půdních bezobratlých: <http://www.naturfoto.cz/bezobratli.html>
- Ministerstvo zemědělství: <http://eagri.cz/public/web/mze/>
- Ministerstvo zemědělství, ekologické zemědělství: <http://eagri.cz/public/web/mze/zemedelstvi/ekologicke-zemedelstvi/>
- Ministerstvo zemědělství ČR - situační a výhledové zprávy o půdě (1999-2018): <http://eagri.cz/public/web/mze/puda/dokumenty/situacni-a-vyhledove-zpravy/>
- Ministerstvo zemědělství, GM plodiny: <http://eagri.cz/public/web/mze/zemedelstvi/aktualni-temata/gm-plodiny-pestovani-geneticky/>
- Multimediální učební texty z výživy a hnojení polních plodin (Ryant, P. a kol., 2004): http://web2.mendelu.cz/af_221_multitext/hnojeni_plodin/index.htm
- Údaje o výrobě a spotřebě hnojiv ve světě: <http://www.fao.org/3/a-i6895e.pdf>; informace a doporučení ohledně hnojení: <http://www.fao.org/3/a-a0443e.pdf>; databáze FAO: <http://www.fao.org/faostat/en/#data/RFN/metada>
- Ústřední kontrolní a zkušební ústav zemědělský: <http://eagri.cz/public/web/ukzuz/portal>
- Ústřední kontrolní a zkušební ústav zemědělský;; problematika půdy a hnojiv: <http://eagri.cz/public/web/ukzuz/portal/hnojiva-a-puda/>
- Ústřední kontrolní a zkušební ústav zemědělský; problematika ochrany proti škodlivým činitelům: <http://eagri.cz/public/web/ukzuz/portal/skodlive-organismy/>
- Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy, v. v. i.: <https://www.vumop.cz/>



DESATERO NA ZÁVĚR:

co je špatně a co dělat, aby bylo lépe...

1. Půdy stále ubývá, zemědělská půda se zabírá pro stavby, těžbu surovin a jiné účely.

Je třeba omezovat zábory půdy. Velká rezerva je ve využívání různých opuštěných ploch nebo ploch s nefunkční zástavbou. Bývá samozřejmě dražší takové plochy revitalizovat či opuštěné stavby, skladiště a jiné budovy a průmyslová zařízení zbourat a pozemky využít pro novou výstavbu, než stavět na tzv. zelené louce. Ale zabírat stále další půdu nelze!

2. Půda je degradovaná vodní a větrnou erozí. Půdu odnesenou z pozemku nelze nahradit, nová půda se tvoří velmi pomalu.

Je třeba snižovat všemi dostupnými prostředky erozi půdy či jí zcela zabraňovat. Existuje celá řada technických i péstebních opatření, která redukuje erozi půdy, a některá nejsou ani nákladná. Velká rezerva je v pouhém dodržování technologických zásad a tzv. správné praxe.

3. Půda je degradovaná zhutněním. Ve zhutněné půdě je narušeno provzdušňování a výměna plynů mezi půdou a atmosférou, do zhutněné půdy se špatně vsakuje srážková voda a půda se sníženou pórovitostí pojme a zadrží méně vody.

Je třeba nakládat s půdou šetrně, omezovat mechanický tlak na půdu, neobdělávat půdu příliš vlhkou a pravidelně půdu hnojit kvalitními organickými hnojivy. Organická hmota podporuje drobtovitou půdní strukturu a účinně zabraňuje utužování půdy a vytváření zhutněného podorníčí.


4. Mnoho půd nemá optimální strukturu, kromě snížené pórovitosti se mění distribuce pórů v půdním tělese a také dochází k rozplavování půdních agregátů. Půdy jsou slévavé, za mokra se utužují, za sucha se nestabilní půdní agregáty rozpadají.

Je třeba systematicky pečovat o vhodnou strukturu půdy. Základem správného hospodaření je přiměřený podíl jetelovin a dalších plodin s bohatým kořenovým systémem v osevním postupu. Neméně důležitá je péče o společenstva půdních organismů. Žížaly a další skupiny půdních živočichů vytvářejí v půdě póry i odolné agregáty půdních částic.

5. V půdách ubývá organická hmota. Do našich půd se již desetiletí nedodává potřebné množství organických látek ve formě organických hnojiv. Se ztrátou organické hmoty se snižuje i schopnost půdy zadržovat vodu a negativně se ovlivňuje řada půdních vlastností.

Je třeba půdu pravidelně zásobovat organickými látkami, zejména statkovými hnojivy a komposty, a maximum vypěstované biomasy vracet do půdy. Organická hnojiva jsou základním nástrojem v péči o kvalitu půdy.

- 6. Zhoršuje se kvalita půdní organické hmoty. Ubývá relativně dobře rozložitelná organická hmota, kterou potřebují půdní organismy jako zdroj energie a živin. V půdě zůstává hlavně rozkladu odolná organická hmota, která je sice také důležitá, ale v krátkodobém a střednědobém časovém horizontu roků není využitelná pro podporu života v půdě.**
Je třeba podporovat organismy a biologické procesy v půdě, a to nejlépe pravidelným hnojením statkovými hnojivy, jako je např. hnůj či kejda, a kvalitními komposty. Tato hnojiva obsahují široké spektrum organických látek včetně snadno rozložitelných (pro organismy dostupných) sloučenin. Obsahují také mnoho biologicky aktivních látek a velké množství mikroorganismů. Některé organické substráty známé v moderním zemědělství, např. digestáty z bioplynových jednotek, tyto vlastnosti nemají.
- 7. Půdy se okyselují, klesá jejich pH. Zemědělské půdy se okyselují jak přirozenými mechanismy, tak zejména v důsledku technologií používaných při pěstování plodin. Málo se využívá vápnění, kterým lze upravit půdní pH na vhodnou hodnotu.**
Je třeba půdy pravidelně vápnit doporučenými dávkami vápenatých hnojiv, např. mletým vápencem nebo dolomitickým vápencem (dodává půdě kromě vápníku i stejně potřebný hořčík).
- 8. Půdy mají poškozené chemické vlastnosti, zejména je narušena rovnováha mezi jednotlivými ionty, půdy trpí nedostatkem vápníku a hořčíku. Některé půdy se zasolují, hromadí se v nich soli sodíku i dalších prvků.**
Je třeba pečovat o vyrovnanou bilanci živin v půdě. Vyčerpání minerální živiny (fosfor, draslík, ale i např. síru a řadu tzv. mikroživin) je nutné do půdy doplňovat uvážlivým hnojením. Mnoho živin obsahují organická hnojiva, zbytek se musí doplňovat formou průmyslových hnojiv, ale vždy podle rozborů půdy a skutečné potřeby pěstovaných plodin. Škodlivé je přehnojování vedoucí ke ztrátám živin z půdy a jejich úniku do prostředí. Důsledkem je eutrofizace vody a tvorba toxického „vodního květu“ známého z mnoha našich nádrží.
- 9. Půdy jsou znečištěné chemickými látkami a meziprodukty jejich rozkladu, např. rezidui pesticidů, humánních i veterinárních léčiv, kosmetických a čisticích přípravků, ropných látek aj.**
Je třeba zabránit znečišťování půd cizorodými látkami. Společenstva půdních organismů sice dokáží organické polutanty rozložit, ale rozkladná kapacita půdy není nekonečná. Rezidua těchto látek se pak dostávají do zemědělských produktů a znečišťují potraviny, znečišťují také povrchovou i podzemní vodu.
- 10. Jsou poškozena společenstva půdních organismů, zejména v důsledku degradace fyzikálních a chemických vlastností (viz výše, zhutnění, poškození struktury, úbytek organické hmoty, snížení pH, znečištění atd.).**
Je třeba pečovat o půdní život, jen živá půda může poskytovat služby, které od ní vyžadujeme. S organismy v půdě přímo či nepřímo souvisí všechny funkce půdy. Proto je třeba omezovat degradaci půdních vlastností a podporovat biologické procesy v půdě.



BEZ PŮDY TO NEPŮJDE Průvodce (nejen) výstavou velkoformátových informačních panelů

Miloslav Šimek, Martin Bartuška, Miloslav Devetter, Dana Elhottová,
Jan Frouz, Radka Hauerová, Václav Křišťůfek, Alena Lukešová,
Tomáš Pícek, Karel Tajovský, Zuzana Urbanová

Vydalo Biologické centrum Akademie věd České republiky, v. v. i.,
Ústav půdní biologie, České Budějovice, 2020

Výstava je podpořena z prostředků programu Strategie AV21:
Záchrana a obnova krajiny.

Jazyková podpora: Keith Edwards, Jiří Šimek

Autoři fotografií: Miloslav Devetter, Tomáš Hauer, Radka Hauerová, Jiří Jirout,
Milan Kobes, Pavel Krásenský, Václav Křišťůfek, Alena Lukešová, Karel Němeček,
Vít Penížek, Tomáš Pícek, Václav Pižl, Daniela Procházková, Miloslav Šimek,
Vladimír Šustr, Karel Tajovský, Zuzana Urbanová, Radim Vácha, Petr Znachor,
www.pxhere.com

Ilustrace: Hana Kárová / Schémata: Lenka Novotná

Obálka, grafická úprava, sazba a zlom: grafické studio Halama,
Klaricova 888/5, 370 04 České Budějovice

Vytiskla tiskárna INPRESS a.s., Žerotínova 5, 370 04 České Budějovice

Kontakty

Biologické centrum Akademie věd České republiky, v. v. i.,
Ústav půdní biologie, Na Sádkách 7, 370 05 České Budějovice.

E-mail: upb@upb.cas.cz.

Vedoucí autorského kolektivu a editor: prof. Ing. Miloslav Šimek, CSc.
miloslav.simek@bc.cas.cz; +420 387 775 767

Informace o stejnojmenné výstavě jsou i na internetových stránkách pracoviště:
<https://www.bc.cas.cz/clanky/clanek-detail/5470-bez-pudy-to-nepujde/>

Doporučený formát citování:

Miloslav Šimek, Martin Bartuška, Miloslav Devetter, Dana Elhottová, Jan Frouz,
Radka Hauerová, Václav Křišťůfek, Alena Lukešová, Tomáš Pícek, Karel Tajovský,
Zuzana Urbanová, 2020. Bez půdy to nepůjde. Průvodce (nejen) výstavou
velkoformátových informačních panelů. Biologické centrum Akademie věd
České republiky, v. v. i., Ústav půdní biologie, České Budějovice, 60 stran.

Vydání první, České Budějovice 2020

ISBN 978-80-86668-59-8