

## 5 Půda

Ekologické zemědělství můžeme chápat jako vyvážený agroekosystém trvalého charakteru, jehož cílem je mj. snaha o udržení úrodnosti půdy a rozvoj biodiverzity včetně edafonu. V EZ je nutné vnímat klíčovou roli půdy jako živého systému, který musí být spojnicí k produkci plnohodnotných rostlinných produktů, zdravých zvířat i zdravého člověka. Není potřeba diskutovat o tom, že kvalita a úrodnost půdy jsou rozhodující z hlediska dlouhodobé udržitelnosti života na této planetě. Je také pravdou, že v posledních desetiletích došlo ke značnému zvýšení výnosů plodin, ale bylo za to nutné i zaplatit určitými negativy. Můžeme tak zaznamenat změny v obsahu a kvalitě organické hmoty v mnoha intenzivně obhospodařovaných půdách, nepříznivé vlivy jsou zaznamenávány ve struktuře půdy, jejím utužení, ztrátách způsobených erozí atd. Na možné negativní efekty upozorňuje např. již v roce 1948 sir Albert Howard, když vznikající situaci popisuje jako nemoc v širším smyslu, jako disbalanci nebo narušení celého systému spíše než jednotlivostí, projevující se mnoha formami, z nichž jednou z nejvýznamnějších je eroze půdy. Ta byla již tehdy viditelná, dnes víme o mnoha dalších problémech, které jsme schopni popsat.

Pro kvalitu zemědělských půd je však rozhodující rolník ve své každodenní práci. Proto by si měl uvědomit, že půda není mrtvým substrátem, že na kvalitě půdy je závislá produkce jeho hospodářství i kvalita vyprodukovaných potravin. Měl by znát základy půdoznalství, vědět o rozdílech mezi konvenčním a ekologickým zemědělstvím, ale také by měl umět půdu posoudit, odebrat vzorky a zadat specializované laboratoři provedení základních analýz. V této kapitole se zabýváme zejména biologickou stránkou a procesy probíhajícími v půdním prostředí. Pro detailnější studium půdy je však nutná některá z učebnic pedologie.

### 5.1 Živá půda, základ ekologického zemědělství

Půda je jedním z nejdůležitějších přírodních zdrojů, je srdcem terestrických ekosystémů včetně agroekosystémů a pochopení tohoto složitého systému je klíčem ke správnému využívání krajiny s minimalizací negativních vlivů na prostředí.

Vznik půd je obvykle dlouhodobý proces, závislý na podmínkách prostředí a vlastnostech tzv. mateční horniny. Přeměna horniny v půdu je proces plynulý, lze v něm však rozoznat tři hlavní (souběžně probíhající) stadia vývoje. V prvním stadiu se geologická hornina mění fyzikálním zvětráváním (rozpadem), ve druhém stadiu se zvětralina chemicky mění a nastává i zvýšené uvolňování živin. Do tohoto stadia náleží rovněž skupina procesů ozna-

**Půda má v ekologickém zemědělství klíčovou roli, na ní je závislá produkce i kvalita produktů**



*Zemědělec při sledování vzhledu půdy před agrotechnickým zásahem*

**Uznik a vývoj půd je ovlivněn řadou půdotvorných faktorů a podmínek. Biologický půdotvorný faktor je velmi významný a je úzce spjat s půdní úrodností**

**Půda je složena ze tří fází různého skupenství. Jedná se o složku pevnou (včetně organického podílu), kapalnou a plynnou**

čovaných jako zvětrávání biologické – způsobené životní činností organismů.

Ve třetím stadiu vzniká půdotvorným procesem půda, přesněji řečeno – půdní typ, což je přírodní těleso zákonitého uspořádání, složené z vrstev, které nazýváme půdní horizonty.

Vznik, vývoj a do značné míry půdní vlastnosti jsou ovlivňovány těmito **půdotvornými faktory a podmínkami**:

Mateční hornina předává půdě, která z ní vznikne, řadu vlastností výrazně ovlivňujících její úrodnost. Je to například zrnitostní složení (určuje, zda půjde o půdu písčitou, hlinitou nebo jílovitou, bude-li kamenitá atd.). Každou horninu lze charakterizovat tzv. minerální silou, tj. množstvím prvků, které budou zvětráním horniny uvolněny do půdy a budou sloužit jako výživa rostlin.

Velmi významným půdotvorným faktorem je v našich podmínkách podnebí. Z povětrnostních prvků se na vývoji půd nejvíce uplatňuje množství srážek a výpar. Jejich vzájemný poměr rozhoduje o množství vody v půdě a následně o rychlosti fyzikálních, chemických i biologických procesů, rozhoduje o mohutnosti zasakování vody a tím o pohybu prvků a jemných půdních částic do nižších pater půdního profilu.

Biologický půdotvorný faktor zahrnuje rostliny a živočichy žijící na půdě a v půdě. Rostliny výrazně ovlivňují koloběh živin (odebírají je z půdy do svých těl a po odumření je do půdy vracejí) a jsou zdrojem organických látek označovaných později jako humus. Biologický faktor je s půdní úrodností spjat nejtěsněji, a proto bývá právem velmi často označován jako vedoucí činitel půdotvorného procesu. Tomuto faktoru se budeme v dalším textu detailněji věnovat.

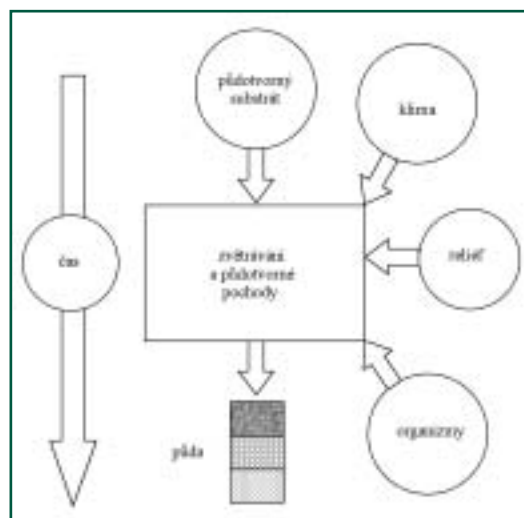
Podzemní voda ovlivňuje půdotvorný proces rovněž velmi významně, zejména pokud zasahuje přímo do půdního profilu. Hladina podzemní vody v malé hloubce pod povrchem brání kořenům v růstu a zmenšuje mocnost půdy, může rovněž do povrchových vrstev vynášet soli a způsobit tak jejich zasolení. Naopak nízká hladina podzemní vody znamená, že rostliny jsou odkázány pouze na vodu z atmosférických srážek.

Činnost člověka se stala rovnocenným půdotvorným faktorem k přírodním vlivům. V důsledku činnosti člověka (zpracování půd, hnojení, meliorace atd.) může docházet k zásadním změnám fyzikálních, chemických a zejména biologických vlastností půd.

Reliéf terénu řadíme k půdotvorným podmínkám. Zahrnuje nadmořskou výšku, sklon svahů a jejich expozici ke světovým stranám. Čím je terén členitější, tím rozdílnější je v da-

ném území kvalita půd. Reliéf terénu řadíme mezi půdotvorné podmínky proto, že výrazně ovlivňuje intenzitu působení faktorů popsaných výše. Vzpomeňme na rozdíly půdních vlastností na svahu kopce orientovaného k severu nebo k jihu. Na straně jedné jsou nižší teploty, kratší vegetační doba a větší vlhkost, na straně druhé pak intenzivnější zvětrávání horniny, vyšší biologická aktivita atd.

Stáří půd je rovněž jedna z podmínek půdotvorného procesu. Udává, jak dlouho nerušeně působily půdotvorné faktory (zejména faktor biologický). Čím je doba delší, tím pronikavější je vývoj dané půdy. Lze snadno rozpoznat, že půdy v blízkosti toků na náplavech jsou vývojově mladší než půdy např. rovin neovlivněných tekoucí vodou.



Vznik půdy dokumentuje uvedené schéma (McLaren, Cameron 1996)

**Půda je složena ze tří fází (složek) různého skupenství.** Je to složka pevná, kapalná a plynná.

a) pevná fáze je tvořena podílem minerálním a organickým:

- minerální podíl tvoří zbytky hornin a prvotních minerálů vzniklých mechanickým rozpadem pevné mateční horniny a dále jílových minerálů vzniklých jejich proměnou a těž novotvarů, jež vznikly spojováním nejmenších částic zvětralinou nebo chemickými reakcemi jako nové chemické sloučeniny,
- organický podíl je rostlinného nebo živočišného původu. Má složku živou – nazývanou edafon, a složku tvořenou odumřelými zbytky rostlin a živočichů v různém stadiu rozkladu a přeměny, kterou po kvalitativních změnách nazýváme humus,

b) kapalná fáze je půdní voda v různých formách a půdní roztok, jehož složení a vlastnosti se neustále mění (roční dobou, vlivem srážek, biologickou aktivitou atd.),

c) plynná fáze je půdní vzduch složený z různých plynů, zejména dusíku a kyslíku, vodní páry a oxidu uhličitého.

V orných půdách převládá v naprosté většině případů pevná fáze nad kapalnou a plynnou. Pouze dočasně, po silných deštích, při záplavách nebo trvale v půdách zamokřených podzemní vodou nebo v půdách ležících pod vodní hladinou převládá fáze kapalná.

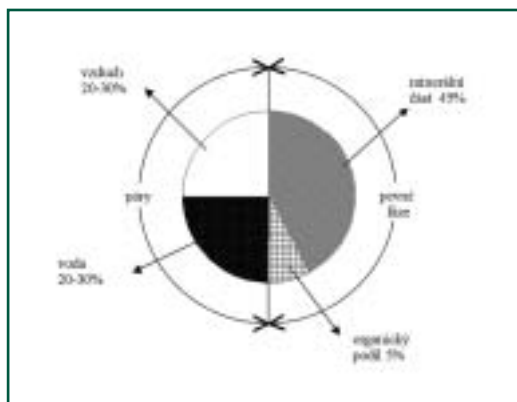
Zvláštní a velmi důležitou součástí půdy jsou částice mikroskopických rozměrů (jejichž velikost je menší než tisícina milimetru) obecně nazývané koloidy. Podle původu je rozdělujeme stejně jako pevnou fázi půdy na minerální a organické. Minerální koloidy jsou tvořeny částicemi jílu, křemičitanů, kyseliny křemičité, hydroxidu hlinitého, hydroxidu železitého atp., organické především tzv. humusovými látkami. Velmi často dochází ke spojování organických a minerálních koloidů za vzniku organominerálního komplexu. Přítomnost koloidů významně ovlivňuje fyzikální, fyzikálně chemické a chemické vlastnosti půdy. Působí zejména na půdní soudržnost, tvárnost, propustnost pro vodu a kornatění půdy. Mají schopnost poutat vodu a výrazně ovlivňují vodní režim půdy. Jejich velmi významnou vlastností je schopnost na sebe poutat látky pevné, kapalně i plyny. Tato schopnost souvisí s obrovským povrchem koloidů. Jejich povrch v ornici 1 ha pole může být stejně velký jako celá naše republika.

### 5.1.1 Živá složka půdy

Mezi základní půdotvorné faktory při vzniku půd patří **faktor biologický**. Rostliny a organismy žijící v půdě se významně podílejí na vzniku a vývoji půd. Organismy se účastní přeměn organické půdní hmoty, podmiňují tvorbu humusu a mineralizaci organických látek a tím i koloběhy živin. Mají zásadní význam při tvorbě půdní struktury.

V půdě žije velké množství nejrůznějších organismů. Často se pro příklad uvádí, že v množství zeminy, která se vejde na jednu čajovou lžičku (1,5 g), žije tolik mikroorganismů, kolik žije lidí na celé Zemi. Půdní organismy tráví celý život nebo jeho část v půdním prostředí a můžeme je rozdělit podle způsobu získávání uhlíku na autotrofní a heterotrofní. Heterotrofní jsou v půdě mnohem početnější než autotrofní a zahrnují půdní faunu, houby, aktinomycety a většinu bakterií. Uhlík získávají rozkladem organických materiálů.

Půdní faunu můžeme podle velikosti dělit na makrofaunu (větší než 2 mm), mezofaunu (0,1–2 mm) a mikrofaunu (menší než 0,1 mm). Jiné třídění dělí organismy na mikroedafon



*Příklad objemového složení povrchového horizontu obdělávaných půd znázorňuje obrázek (Brady, Weil 2002)*

(<0,2 mm), kam zařazujeme bakterie, aktinomycety, sinice, řasy, houby a prvoky, mezoe-dafon (0,2–2 mm) – hlístice, chvostokoci, roztoči, makroedafon (2–20 mm) – roupice, pavoukovci, stejnonožci, mnohonožky, stonožky, hmyz, měkkýši a megaedafon (> 20 mm) – žížaly, obratlovci.

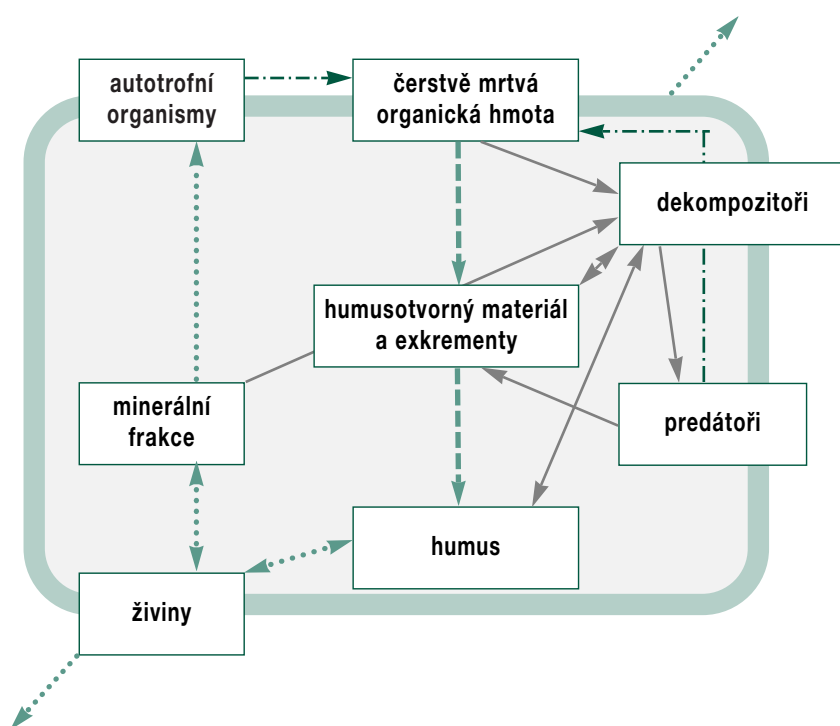
Organismy v půdě bychom mohli dělit i podle jejich ekologických funkcí. Některé organismy čerpají energii přímo z kořenových výměšků a ze zbytků vyšších rostlin, další se živí těmito organismy atd. Můžeme pak hovořit o trofických úrovních, kdy na základní úrovni jsou primární producenti, těmi se živí primární konzumenti, a na dalších úrovních jsou pak predátoři. Primární producenti svou fotosyntetickou aktivitou zajišťují organickou hmotu, která se dostává do půdního prostředí, je zdrojem energie pro primární konzumenty a má velký význam pro obohacování půdní organické hmoty. Živočichové a mikroorganismy využívající energii rostlinných zbytků se nazývají primární konzumenti. Půdní organismy živící se živými rostlinami označujeme jako herbivory (např. háďátka), ale pro většinu půdních organismů je zdrojem potravy mrtvá biomasa rostlin, detritus, a organismy, které se jí živí, nazýváme detritivory. Většina rozkladu mrtvých rostlin i živočichů je zajišťována jednak nekrofágními živočichy (žížaly, mnohonožky, chvostokoci, larvy hrobaříků aj.), a dále saprofytickými mikroorganismy (prvoci, houby, bakterie). Tito primární konzumenti jsou zdrojem potravy pro sekundární konzumenty. Ti zahrnují četné dravé bezobratlé živočichy. Pro terciární konzumenty – predátory i parazity – je zdrojem potravy mikro-, mezo- i makrofauna.

Pozitivní role organismů v půdě spočívá zejména:

- v dekompozici (včetně prvotního rozmělnění) organické hmoty a transformaci anorga-

**Velmi důležitou součástí půdy jsou částice mikroskopických rozměrů – koloidy**

**Mezi základní půdotvorné faktory při vzniku půd patří faktor biologický. Půdní organismy se účastní mj. přeměn organické hmoty, tvorby humusu, mineralizace a koloběhy živin**



Vysvětlivky ke  
schematu:

- > kvalitativní změna organické hmoty
- > konzumace, produkce exkrementů
- < přisun mrtvé organické hmoty
- < mineralizace, imobilizace, poutání živin a jejich ztráty, příjem živin rostlinami, výdej CO<sub>2</sub> a N<sub>2</sub>

půdní prostředí a jeho promíchávání

Zjednodušené schéma detritového potravního řetězce (Šarapatka et al. 2002)

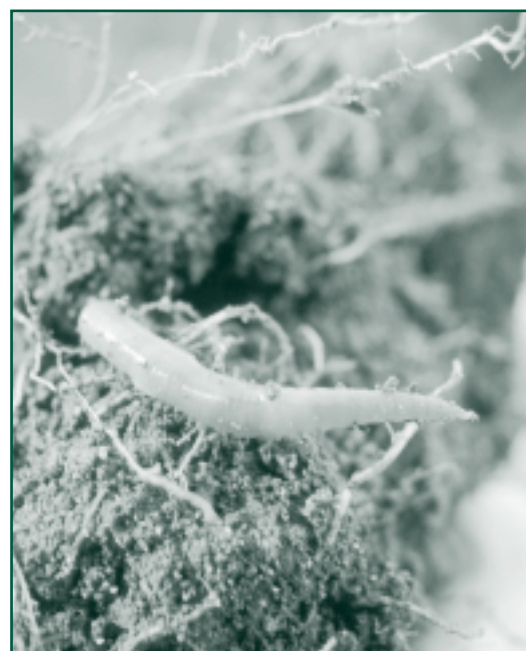
- nických látek, při které dochází ke zpřístupňování živin pro rostliny, ale i k syntéze složitých organických látek obohacujících záso- by humusu v půdě,
- ve fixaci dusíku, při níž zvláště v zemědělsky obhospodařovaných půdách má význam symbiotická fixace s vřivkovitými rostlinami, v půdě dochází i k nesymbiotické fixaci, např. v půdě volně žijícími heterotrofními aerobními bakteriemi,
  - v efektu rhizobakterií kolonizujících zónu okolo kořenů rostlin, bez kterých by neprobíhala většina interakcí mezi půdou a kořeny. Je to zóna intenzivních změn a aktivity, ve které se odehrává hlavní část koloběhu živin,
  - v ochraně kořenů rostlin proti ataku parazitů a patogenů,
  - v rozkladu toxických látek, které se dostávají do půdy při chemické ochraně rostlin, kontaminaci prostředí z průmyslu nebo také jako metabolické produkty půdních organismů.

Studium procesů probíhajících v půdě není jednoduché, neboť zde působí řada ekologických vztahů mezi organismy. V půdě probíhají i složité konkurenční vztahy např. o zdroje potravy. Populace půdních mikroorganismů jsou limitovány množstvím organického materiálu. V čerstvé organické hmotě dochází ke kompetici mezi jednotlivými skupinami organismů. Jsou-li k dispozici jednodušší cukry, škrob a aminokyseliny, dominují bakterie z důvodu své rychlé reprodukce a preferenčního

využívání těchto jednodušších organických látek. Dojde-li k jejich rozkladu, mohou být následně dominantní houby a aktinomycety. Mikroorganismy využívají rovněž různé způsoby v boji o potravní zdroje. Jako příklad můžeme uvést produkci antibiotik a dalších látek, které mají negativní vliv na další skupiny konkurenčních organismů.

Každá skupina půdních organismů má tedy v půdě svoji funkci. Tak například členovci mají vliv na mineralizační procesy v půdě. Mineralizace se jejich aktivitou zvyšuje a rovnováha mineralizace a imobilizace je ovlivněna těmito detritivory v interakci s půdními mikroorganismy. Známý je pozitivní vliv žížal na úrodnost půdy z důvodu jejich aktivity a vlivu na půdní strukturu. Jejich vliv na provzdušňování půdy, zvyšování pórovitosti a zlepšení drobtovité struktury půdy je důležitý pro vývoj zdravé půdy a dostatečný rozvoj kořenového systému rostlin.

Při každém zásahu do půdního prostředí si musíme uvědomovat, že značné množství přítomných organismů je schopno každodenně re-



© BLE, Bonn/Foto: Thomas Stephan

*V ekologicky obhospodařovaných půdách jsou jak výzkumnými pracovníky, tak prakticky často sledovány žížaly*

alizovat neuvěřitelné množství enzymových, fyzikálních a dalších procesů vedoucích ke stabilitě ekosystému. Pak můžeme hovořit o zdravé půdě jako základu ekologického zemědělství.

V tabulce na straně 73 uvádíme orientační údaje o biomase organismů v zemědělských půdách (v kg.ha<sup>-1</sup>), která je závislá na řadě faktorů.

**Ušechny skupiny organismů mají v půdě své funkce a zásahy do půdního prostředí je můžeme výrazně ovlivnit**

Při jakýchkoliv agrotechnických zásadách je nutné mít na paměti, že všechny složité vztahy a půdní procesy mohou být v agroekosystémech významně ovlivněny i aktivitami člověka.

Proto alespoň stručně uvedeme několik příkladů o významu edafonu a jak je tento ovlivňován některými zásahy do agroekosystému.

Jedním z intenzifikačních faktorů je hnojení. V konvenčním a ekologickém zemědělství se přistupuje ke hnojení rozdílně, neboť v EZ je uplatňována koncepce půdy jako živého systému. Proto je systém hnojení navrhován tak, aby respektoval přirozené koloběhy živin a negativně neovlivňoval složité biologické procesy, na kterých jsou koloběhy živin závislé. Systém hnojení v konvenčním zemědělství je více závislý na vstupu živin pokud možno v přijatelné formě, část živin opouští systém jako ztráty a je tedy snaha, aby co největší část živin byla využita rostlinami. Situace není samozřejmě tak jednoduchá, půda je živým systémem s řadou složitých biologických procesů. V rámci určitého zjednodušení si však toto tvrzení můžeme dovolit.

Systém hnojení má značný vliv i na fyzikální vlastnosti půdy. Zobecníme-li tuto problematiku, ekologické přístupy vedou k vyššímu obsahu organické hmoty v půdě, zatímco konvenční zemědělství v intenzivní formě na orné půdě může směřovat ke snižování obsahu této hmoty. Značný význam má zejména zařazování jetelovin a jetelotrav do osevních postupů pro jejich agromeliorační účinek na půdu. Efekt se pak projevuje i na fyzikálních vlastnostech s vlivem na objemovou hmotnost půdy, vodní kapacitu, zvyšující se pórovitost, stabilitu struktury půdy atd.

Na fyzikálním stavu půdy závisí velikost populací bezobratlých organismů. Tyto většinou vyžadují dobře provzdušněnou a neutuženou půdu s nízkou objemovou hmotností. Nedostatečná provzdušněnost půdy navozená vyšší objemovou hmotností ovlivňuje negativně nejen vzcházení rostlin, rozvoj kořenového systému a výnos plodin, ale i půdní flóru a faunu.

Rozdílný systém hnojení v konvenčním a ekologickém zemědělství může mít jak přímý, tak nepřímý vliv na půdní organismy. Přímý vliv souvisí se složením a množstvím aplikovaného hnojiva a nepřímý efekt souvisí zase se změnami fyzikálních a chemických vlastností půdy.

Proč je kladen takový důraz na půdní organickou hmotu? Je to proto, že organická hmota je zdrojem živin a energie (potravou) pro půdní organismy, takže má výrazný vliv na velikost populací heterotrofních půdních organismů. Minerální hnojiva mají pouze nepřímý

| Skupina organismů                                 | Biomasa v kg.ha <sup>-1</sup> |
|---|-------------------------------|
| bakterie a aktinomyceety                          | 1 000 – 10 000                |
| houby   | 1 000 – 10 000                |
| mezo a mikrofauna                                 | 100 – 2 000                   |
| žížaly  | 200 – 4 000                   |
| další mikrofauna                                  | 100 – 1 000                   |
| další mikroorganismy                              | až – 1 000                    |
| <b>Celkem cca</b><br>(s možnými značnými rozdíly) | <b>10 000</b>                 |

vliv související se zvýšenou produkcí rostlin a jejich následným efektem pro edafon. Pokud se lehce rozpustná minerální hnojiva aplikují dlouhodobě nebo ve vysokých dávkách, mohou mít přímý negativní efekt na půdní faunu.

Velmi dobrým bioindikátorem půdní úrodnosti a organismem často studovaným i v EZ jsou žížaly. Tyto mohou vcelku dobře indikovat i živinový stav a přítomnost toxických látek v půdě. Mají pozitivní vliv na úrodnost půdy z důvodu jejich aktivity a vlivu na půdní strukturu. Jejich význam při ovlivnění provzdušnění, pórovitosti atd. je důležitý pro vývoj zdravé půdy a dostatečný rozvoj kořenového systému rostlin. Jejich hmotnost může dosahovat až tunu na ha na pastvinách, v orných půdách se může pohybovat ve stovkách kilogramů. Jejich množství je ovlivňováno rovněž hnojením. Jsou běžné výsledky z ploch nehnojených organickými hnojivy a hnojených, kde se populace žížal liší 3–4x. Výsledky publikované z pokusů známé výzkumné stanice v Rothamstedu hovoří o zhruba 2x vyšší hustotě populace na plochách hnojených hnojem ve srovnání s plochami hnojenými minerálními hnojivy a nejnižší počty byly na plochách nehnojených. Populace žížal jsou vedle hnojení samozřejmě ovlivňovány i zpracováním půdy, používáním pesticidů a osevními postupy s různým množstvím posklizňových zbytků. Obecně je možné říci, že ekologicky obhospodařované plochy vykazují vyšší biomasu, abundanci a počet druhů žížal ve srovnání s konvenčně obhospodařovanými plochami.

Publikované práce se netýkají pouze žížal, které jsme použili jako modelový příklad. I v dalších skupinách organismů, pokud tuto složitou problematiku zjednodušíme, bývají často zaznamenány nejvyšší počty ve variantách hnojených hnojem, následovaly varianty hnojené minerálními hnojivy a nejnižší počty byly v nehnojených variantách. Zemědělský systém a způsob hnojení se projeví i u velmi důležité složky půdního života, a to u mikroorganismů. Předmětem studia jsou vedle jednotlivých organismů i vztahy mezi skupinami edafonu. Velmi důležité v dekompozici organických látek v půdě jsou pak vztahy mezi

*Biomasa organismů v zemědělských půdách (Šarapatka, In: Pokorný, Šarapatka 2003)*

**U EZ je důsledně uplatňována koncepce půdy jako živého systému. Ušechny zásahy do půdního prostředí musí toto respektovat a nesmí negativně ovlivňovat složité biologické procesy**

půdní faunou a mikroorganismy. I u mikroorganismů můžeme sledovat obdobné trendy jako u mezo- a makroedafonu. Dodávkou organických hnojiv může dojít k pozitivnímu ovlivnění populací bakterií a hub, aktivita enzymů, např. dehydrogenázy, je vyšší ve srovnání s plochami hnojenými průmyslovými hnojivy. Na druhé straně jsou opět nižší hodnoty nalézány na plochách nehnojených. Minerální hnojiva mohou v systému způsobit změny v půdně-chemickém prostředí s vlivem na společenstva mikroorganismů v půdě. Jde například o změny v mineralizaci atd.

Stejně bychom mohli uvádět příklady i z dalších intenzifikačních faktorů (např. v důsledku používání pesticidů) a popisovat rozdíly jednotlivých zemědělských systémů. Z výše uvedených příkladů je však důležité si uvědomit nutnost šetrného obhospodařování půdy, která je základem zemědělského systému. Její kvalita se pak projevuje i v kvalitě produkce a má vliv i na další složky životního prostředí.

### 5.1.2 Neživá část organické půdní hmoty

Organická hmota v půdě podléhá řadě změn, v procesu humifikace pak vznikají různé formy humusu s pozitivním vlivem na půdní vlastnosti i výživu rostlin.

Do půdy je dodáváno každoročně velké množství rostlinných zbytků. Může to být opad listů, posklizňové zbytky, zelené hnojení, kompost, hnůj atd. Jde o nestálé látky, které slouží jako potrava primárním konzumentům.

Množství zbytků v t.ha<sup>-1</sup> suché hmoty hlavních plodin a meziplodin (Jandák et al. 2001):

| Plodina         | Hmota zbytků (t.ha <sup>-1</sup> ) | Plodina       | Hmota zbytků (t.ha <sup>-1</sup> ) |
|-----------------|------------------------------------|---------------|------------------------------------|
| vojtěška        | 8,20                               | pšenice ozimá | 3,49                               |
| jetel luční     | 5,23                               | ječmen jarní  | 2,48                               |
| jetel plazivý   | 3,29                               | oves          | 2,86                               |
| jilek malokvětý | 3,65                               | žito          | 3,22                               |
| hořčice         | 1,42                               | řepka ozimá   | 1,48                               |
| svazenka        | 1,57                               | brambory      | 0,91                               |
| bob             | 3,14                               | cukrovka      | 1,08                               |

### Procesem humifikace se část organických látek přemění na humus

Neživá organická hmota se v půdě rozkládá a přeměňuje – ztrácí svou strukturu a některé její části mizí úplně. Úplný rozklad nazýváme mineralizací. Z meziproductů rozkladu mohou vznikat látky nové a tento proces pak označujeme jako syntézu.

Rychlost rozkladu organických látek závisí na jejich složení a na podmínkách, v nichž rozklad probíhá. Obvykle i z velkého množství organických látek dodaných do půdy, například organickým hnojením na podzim, na jaře na poli zbytky nenajdeme a přírůstek organické hmoty stanovený laboratorně je ma-

lý nebo žádný. Orientační hodnoty rychlosti rozkladu organické hmoty naznačuje následující tabulka (citace Rusek 1992).

| Druh               | Doba rozkladu  |
|--------------------|----------------|
| kořínky            | 1 – 3 týdny    |
| zelené hnojení     | 1 – 4 měsíce   |
| posklizňové zbytky | 3 – 30 měsíců  |
| fulvokyseliny      | 2 – 40 let     |
| humínové kyseliny  | 200 – 4000 let |

### Třídění humusu

Procesem humifikace se část organických látek přemění na tzv. humus trvalý. Ta část organických látek, ze které může humus ještě vzniknout, se označuje jako humus živný.

Živný humus se skládá zejména z vedlejších produktů humifikace a látek nově vytvořených. Vždy však jde o materiál snadno oxidovatelný a rozložitelný půdními mikroorganismy. Právě proto, že jde o skupinu látek, které mohou sloužit jako výživa mikroorganismů, dostala název humus živný.

Jako humus trvalý se označují látky vzniklé z meziproductů rozkladu kondenzací (slučováním). Jde o relativně velmi stabilní látky, tmavě zbarvené.

| Půdy            | Obsah humusu v půdách (% hmotnosti) |                 |
|-----------------|-------------------------------------|-----------------|
|                 | Lehké                               | Střední a těžké |
| bezhumózní      | 0                                   | 0               |
| slabě humózní   | pod 1                               | pod 2           |
| středně humózní | 1 - 2                               | 2 - 5           |
| silně humózní   | nad 2                               | nad 5           |

(Jandák et al. 2001)

Třídění se týká i kvality humusu, která by měla být rovněž sledována. V zemědělských laboratořích se pak stanovuje poměr huminových kyselin a fulvokyselin (HK : FK).

Fulvokyseliny jsou látky žlutě zbarvené, ve vodě rozpustné. Vznikají jako první stupeň v procesu humifikace a v důsledku vodorozpustnosti jsou v půdě pohyblivé. Do svých molekul mohou vázat velké množství prvků využitelných jako rostlinné živiny. Celý komplex může být při zasakování vody dopraven mimo kořenovou zónu a živiny se stávají nevyužitelnými.

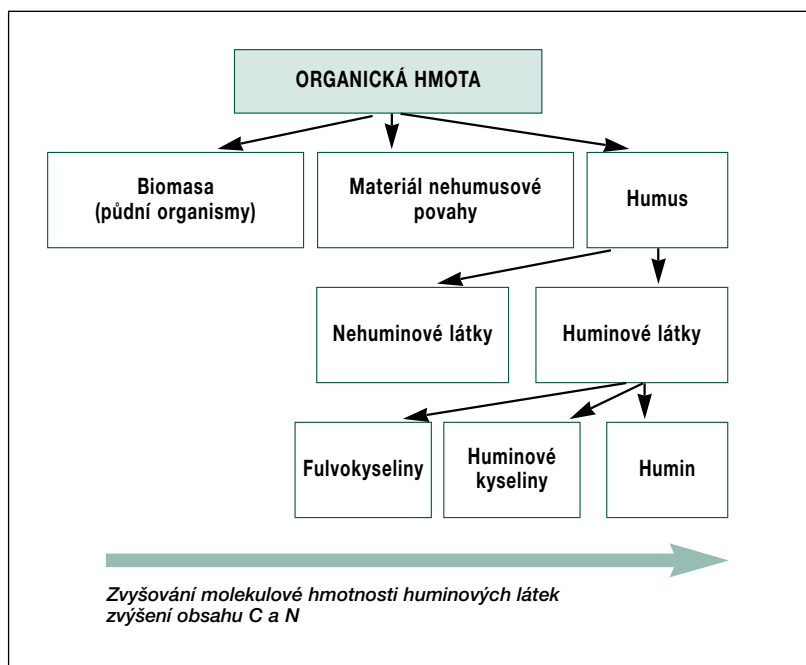
Humínové kyseliny jsou naopak ve vodě nerozpustné, jejich molekulová hmotnost je vysoká, zbarvení tmavé. Jsou to stabilní látky obsahující asi 58 % uhlíku a vyznačují se obrovským aktivním povrchem – přibližně 10x větším, než mají koloidy minerální. Hlavním „úkol“ huminových kyselin je tvorba půdní vodostálé struktury. V literatuře se často setkáváme s pojmy souvisejícími s huminovými kyselinami. Především jsou to humáty, jak označujeme soli huminových kyselin

**Do půdy jsou každoročně dodávány rostlinné zbytky, které pak podléhají řadě změn**

po jejich nasycení kationty – např. humát vápenatý, humát sodný atd. Pokud je huminová kyselina fyzikální vazbou spojena s jílem, označujeme tento komplex jako humin. Pokud se huminové kyseliny přemění další kondenzací na černou beztvárovou amorfni hmotu, připomínající kousky uhlí, označujeme ji jako tzv. humusové uhlí.

**Účinky organických látek na půdní úrodnost lze shrnout do následujících bodů:**

1. Organické látky uvolňují při své mineralizaci nepřetržitě do půdy značná kvanta asimilovatelných rostlinných živin (např. při dávce 20 t chlévského hnoje na ha dodáváme do půdy až 100 kg N, 50 kg K a až 9 kg P). Organická hmota v půdě tedy působí jako zásobárna rostlinných živin, které jsou plynně uvolňovány pro potřebu rostlin.
2. Humus se svými složkami aktivně spoluúčastní na stavbě půdního sorpčního komplexu. Zvýšení sorpční schopnosti půd se příznivě projevuje jednak v možnosti vytváření větší zásoby živin v půdě, jednak v omezení jejich ztrát, které mohou vzniknout vyplavením slabě poutaných živin do spodních vrstev půdy, mimo dosah kořenového systému rostlin.
3. Huminové látky podstatně ovlivňují agregační schopnost půd, čímž přímo ovlivňují jejich strukturní stav. To se projevuje v příznivějším vzdušném a vodním režimu, zvýšením vododržnosti lehkých a zlepšením provětrávání a vedením vody u těžkých půd. Vytvořením drobtové struktury se zmenší neproduktivní výpar a tím se zvýší zásoba vody v půdním profilu.
4. V extrémních druzích půd (písčitéch a jílovitých) se působením humusu značně zlepšují jejich fyzikálně-mechanické vlastnosti: snižuje se soudržnost těžkých půd a zvyšuje se naopak soudržnost půd lehkých.
5. Při rozkladu půdní organické hmoty se do půdního prostředí uvolňuje značné množství oxidu uhličitého, organických kyselin a jiných látek, které urychlují a zintenzivňují zvětrávání minerální složky půdy a půda je tak obohacována o zásobu asimilovatelných živin.
6. Některé látkové skupiny humusu slouží jako energetický zdroj půdním mikroorganismům. Množstvím a kvalitou těchto látek je značně ovlivňováno složení půdní mikroflóry, rozvoj a působení biochemických procesů, zejména translokace a transformace živin, které jsou velmi důležité pro úrodnost půdy.
7. Některé huminové látky mají stimulační vliv na rozvoj kořenového systému rostlin i na růst celé rostliny.



Zjednodušené složení půdní organické hmoty (z podkladů upravil Šarapatka)

## 5.2 Kvalita půdy v ekologickém zemědělství

V EZ hraje půda klíčovou roli, často pro ni také používáme termín jako pro lidský organismus „zdravá půda“. Zdravá půda je základním předpokladem pro růst a vývoj zdravých rostlin, zdravých živočichů i zdravého člověka. Historie nám však ukazuje mnoho příkladů špatného využívání půdy vedoucího k chudobě, podvýživě a živelním pohromám.

Půda je nedílnou součástí agroekosystémů, lesních i travinných ekosystémů. Je základem produktivity jak přirozených, tak umělých ekosystémů, ovlivňuje ale i vodní a urbánní ekosystémy. V ekosystémovém přístupu si stále musíme uvědomovat interakce mezi živými a neživými složkami našeho prostředí. Půda je zároveň i oživenou složkou prostředí, dynamickou a životně důležitou pro fungování terestrických ekosystémů a představuje jedinečnou vyrovnanost mezi životem a smrtí.

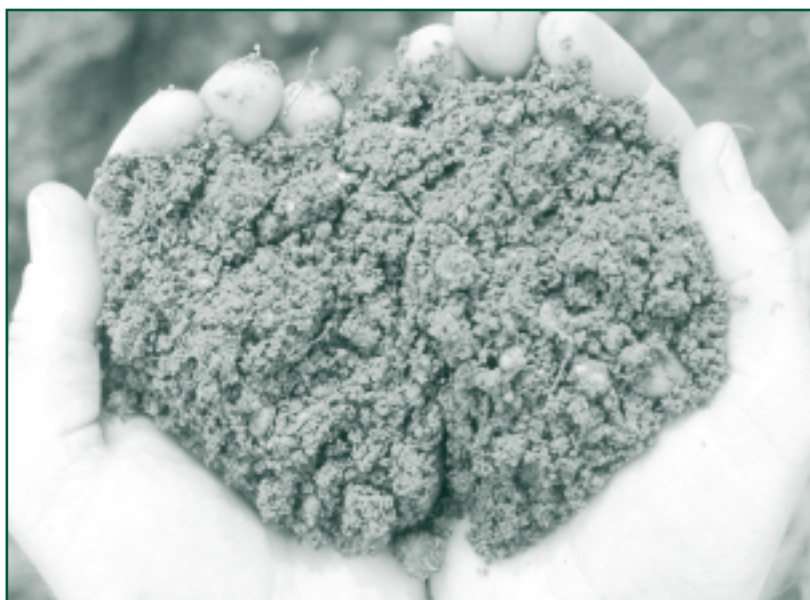
Pojem kvalita půdy není nový, historicky byl spojován s produktivitou zemědělských systémů. V současné době však uvedené produkční hodnocení půdy nedostačuje a proto ji musíme hodnotit v širších ekologických, resp. environmentálních souvislostech. Půda má vedle produkční funkce i řadu funkcí dalších, jako jsou např. funkce filtrační, pufrální, transformační, je prostředím pro život organismů, nezanedbatelné jsou i její socio-ekonomické funkce. Pro komplexní hodnocení jsou používány termíny „kvalita“ nebo „zdraví“

**Z organických látek jsou při mineralizaci uvolňovány živiny a humusové látky ovlivňují podstatně řadu půdních vlastností**

**Zdravá půda je základním předpokladem produkce zdravých rostlin a živočichů a následně i člověka**

**Půda má vedle funkce produkční i řadu dalších funkcí**





© BLE, Bonn/Foto: Thomas Stephan

**Nalézt vhodné indikátory na posouzení kvality půdy není lehký úkol**

půdy. Kvalita půdy je chápána jako schopnost půdy fungovat v hranicích ekosystému a udržovat jeho produktivitu, zajišťovat kvalitu prostředí a podporovat zdravý vývoj rostlin a živočichů.

Kvalitní (zdravá) půda musí mít schopnost chránit kvalitu životního prostředí, podporovat produktivitu rostlin a živočichů a neohrožovat zdraví lidí.

#### Indikátory kvality

V praxi stojíme před problémem, jak měřit a hodnotit kvalitu půdy. Existují uznávané metody pro hodnocení kvality vody a ovzduší, ale určení standardů pro hodnocení půdy je velmi složité z důvodu její značné variability, heterogenity a probíhajících procesů. Vědci v mnoha zemích se snaží o navržení indikátorů a indexu kvality půdy, které by v sobě zahrnovaly změny půdního prostředí v čase. Z důvodu množství probíhajících procesů však jde o velmi složitou problematiku.

Mezi indikátory kvality můžeme zařadit například následující charakteristiky:

- fyzikální – textura, hloubka půdy, hydraulická vodivost, maximální a retenční vodní kapacita, objemová hmotnost, pórovitost, struktura,
- chemické nebo fyzikálně-chemické – obsah a kvalita humusu, obsah celkového dusíku, kationtová výměnná kapacita, reakce (pH), vodivost, obsah živin, nasycenost sorpčního komplexu a hygienické parametry s ohledem na rizikové prvky a organické kontaminanty,
- biologické – obsah uhlíku a dusíku v biomase mikroorganismů, potenciálně mineralizovatelný dusík, respirace, aktivita půdních enzymů atd.

**Užzkumné zprávy a odborná literatura uvádějí řadu příkladů pozitivního vlivu ekologického zemědělství na kvalitu půdy**

### 5.2.1 Rozdíly půdních charakteristik v ekologickém a konvenčním zemědělství

Půda je jedním z nejdůležitějších přírodních zdrojů a má klíčovou úlohu v zemědělství. Při sledování rozdílů mezi ekologickým a konvenčním zemědělstvím je často studována:

- půdní organická hmota,
- biologická aktivita půdy,
- struktura půdy,
- půdní eroze.

Výzkum organické hmoty půdy se většinou koncentruje na **obsah organického uhlíku** a jeho změny během konverze na EZ. Řada výzkumů potvrzuje, že ekologicky obhospodařované plochy mají vyšší obsah organického uhlíku ve srovnání s plochami obhospodařovanými konvenčně. V některých výzkumech se ale ukázala vyšší dekompozice organické hmoty např. při intenzivnějším zpracování půdy souvisejícím s omezováním doprovodných rostlin.

Dlouhodobé pokusy ale potvrzují hypotézu, že ekologické způsoby hospodaření lépe chrání organickou hmotu půdy. Výzkum rovněž poukazuje na větší mikrobiální biomasu a větší množství látek huminové povahy. Minimální zpracování půdy je významným faktorem ochrany půdní organické hmoty. Důležitá je přitom správně navržená struktura plodin, hnojení, zásahy do systému atd.

Biologická aktivita je významným indikátorem dekompozice organické hmoty v půdách. Klíčovou roli zde hrají žížaly, které jsou předmětem řady studií, a to z důvodu citlivosti k narušení půdního prostředí. Dalším významným indikátorem je mikrobiální aktivita.

Vyšší dodávka organické hmoty ve formě posklizňových zbytků a organických hnojiv vytváří příznivé životní podmínky pro žížaly a další faunu v půdách.

**Z řady výzkumů můžeme zobecnit, že ekologické zemědělství má:**

- průkazně větší biomasu a abundanci žížal,
- vyšší diverzitu druhů žížal, změny ve složení populací indikované větším počtem juvenilních jedinců žížal.

Parametry pro charakterizování půdní mikrobiální aktivity obsahují v řadě prací mikrobiální biomasu, aktivitu vybraných enzymů, mykorrhizu atd.

**Řada prací po konverzi na EZ uvádí následující změny v půdách:**

- zvýšení mikrobiální aktivity korelující

s obdobím, po něž byla půda obhospodařována ekologicky,

- o 20–30 % vyšší mikrobiální biomasu,
- o 30–100 % vyšší mikrobiální aktivitu,
- vyšší mikrobiální diverzitu,
- efektivnější využití přijatelných zdrojů půdními organismy.

Přesto je možné konstatovat, že změny v biologické aktivitě probíhají pomalu a v řadě výzkumů srovnávajících ekologické a konvenční zemědělství nebyly zaznamenány rozdíly.

Vážným problémem na velkých plochách zejména orných půd je vodní a větrná eroze. V řadě prací byl opět popsán pozitivní vliv ekologického zemědělství na tento problém, a to hlavně z důvodů:

- pestřejších osevních postupů s vyšším podílem jetelovin a jetelotrav,
- vyššího procenta meziplodin a podsevů prodlužujících pokryv půdy v průběhu roku,
- menšího zastoupení širokořádkových kultur (např. kukuřice),
- intenzivnějšího organického hnojení s dalšími pozitivními vlivy na půdu.

Přesto se může i v ekologických hospodářstvích vyskytnout nebezpečí eroze (a to někdy i větší než u konvenčně obhospodařovaných ploch) zejména z důvodů:

- častějšího mechanického zpracování půdy,
- pomalejšího vývoje rostlin vzhledem k nižšímu obsahu minerálního dusíku v půdě.

Porovnáme-li jednotlivé faktory, pak podle výsledků výzkumu zjistíme, že pozitiva převládají, což se kladně projeví v omezení erozního smyvu na sledovaných lokalitách EZ.

**Shrneme-li problematiku půdy, zjistíme, že EZ chrání půdní úrodnost lépe než konvenční zemědělství, neboť:**

- obsah organické hmoty je obvykle vyšší v ekologicky obhospodařované půdě,
- ekologicky obhospodařované půdy vykazují signifikantně vyšší biologickou aktivitu,
- v problematice struktury půdy řada prací nenachází rozdíly mezi systémy,
- ekologické zemědělství chrání půdu před erozí lépe než konvenční.

Změny v půdní úrodnosti však nemůžeme očekávat okamžitě, efekty podle výsledků výzkumů můžeme zaznamenat za více než 8 let.

### 5.3 Analýza půd v zemědělském podniku hospodařícím ekologicky

Ještě než zemědělec přistoupí k zadání analýz půdy, měl by se seznámit s teorií, s vlastní obhospodařovanou půdou a sledovat změny po různých zásazích přímo na poli, k čemuž může využít např. **rýčovou diagnózu**. Pro prvotní orientaci o struktuře, utužení, zbarvení, pachu, vzhledu kořenů pěstovaných rostlin a o přítomnosti větších živočichů jsou tyto informace v provozu velmi důležité. Podle publikovaných doporučení by měla být rýčová diagnóza prováděna v době nejsilnějšího rozvoje kořenů, a to na plochách:

- obilovin asi 3 týdny před sklizní,
- řepy a brambor v první polovině srpna,
- polních píceň krátce před druhou sečí,
- trvalých travních porostů mezi červnem a zářím,
- meziplodin a zeleného hnojení na přelomu září a října,
- trvalých kultur v červnu.

Vedle termínu je důležitá i volba vhodného místa. Ve stejnoměrně vyvinutých porostech je to jednoduché. Tam, kde je však porost značně nevyrovnaný, je třeba zkoumat jak dobrá, tak špatná místa.

Jaké potřebujeme k této metodě nářadí? Měli bychom mít k dispozici ploše vykovaný rýč, který má list cca 30 cm dlouhý, tak, aby bylo možné prohlédnout jak ornici, tak přechod do podorničí. Po ruce bychom měli mít ještě druhý rýč, kterým profil uvolníme pro vyzdvižení, a dále prkénko pro přidržení získaného profilu. Při dělení získaného půdního monolitu nám pomůže malá zahrádkářská motýčka. Získané výsledky písemně zaznamenáváme, případně zachytíme na film, tak abychom v průběhu několika let mohli porovnávat změny. Při získávání monolitu nepracujeme s tímto rukama, abychom neporušili strukturu.

V získaném monolitu sledujeme alespoň orientačně druh půdy, barvu, vlhkost, strukturu, kořeny rostlin a půdní živočichy.

Již při získávání monolitu jsme schopni alespoň hrubě odhadnout druh půdy – jde-li o písčitou, hlinitou nebo jílovitou půdu. Také obsah skeletu (štěrk a kameny) orientačně lehce zjistíme. Na získaném vzorku vidíme jednotlivé vrstvy, rozeznáme ornici a podorničí. Ve svrchní vrstvě můžeme ale rozeznat i humóznější část na povrchu, a to zejména tam, kde mělce zapravujeme organickou hmotu. Lze také pozorovat vliv kultivačního nářadí,

**Změny v půdním prostředí probíhají po přechodu na ekologické zemědělství pomalu**

**Znalost obhospodařované půdy je základem úspěchu. Dlouhodobé sledování změn přímo na poli (např. rýčovou diagnózou) i vyhodnocování výsledků půdních analýz vyžaduje základní pedologické vědomosti**

**Ve vyrytém monolitu můžeme orientačně hodnotit druh půdy, barvu, vlhkost, strukturu, kořeny rostlin a některé půdní živočichy. Již tyto informace o mnohém vypovídají**

**Správný způsob odběru a úpravy vzorků půdy spolurozhoduje o výsledcích, které získáme ze specializovaných laboratoří**

zda toto půdu stlačovalo, nebo při zásahu do hlubších vlhčích partií tuto vrstvičku rozmazávalo. Všimát si musíme struktury, zda se střední úsek monolitu skládá z velkých bloků nebo je kyprý, zda nejsou patrné náznaky stagnace vody atd. Detailněji bychom měli věnovat pozornost struktuře s důrazem na drobtovitou strukturu, která je základem pórovitosti půdy. Právě drobtovité struktury jen vzácně přesahují průměr 5 mm, nejčastěji jsou však v intervalu 2–4 mm. V meziprostorech mezi drobtovými částicemi jsou možnosti pro růst větších i drobných kořenů, někdy můžeme pouhým okem zpozorovat půdní živočichy. Od hranatých bloků se liší drobtovité struktury. O struktuře a pórovitosti můžeme uvažovat i ze zapravených částí rostlin, neboť např. zbytky slámy by měly být do konce října tmavohnědé a na jaře příštího roku by měly jít rozmělnit. Dalším znakem může být třeba tvorba hlízek na kořenech vikvovitých rostlin. „Houbovitý“ stav pórovité struktury má jak dostatek vzduchu nutný pro edafon, tak i velkou kapacitu pro zadržení vody. Ta by se měla rovnoměrně rozdělit a neměli bychom nacházet na poli místa se stojící vodou. Půdní vzorek odebraný po dešti by neměl ronit vodu, ale měl by ji zadržovat.

Pomocí motyčky můžeme z monolitu uvolnit kořeny jak kulturní rostliny, tak rostlin doprovodných. Zjednodušeně je možné říci, že čím jemnější je kořenový systém a čím hlouběji zasahuje, tím výkonnější je rostlina a je předpoklad vyššího výnosu. Současně se tím tvoří i předpoklady pro další sklizně, neboť se tato organická hmota bude v půdě rozkládat, bude zdrojem humusu a potravou pro edafon. Proto např. při zeleném hnojení nemusíme myslet ani tak na rozvoj nadzemní biomasy jako na prokořenění. Kořeny rostlin mají probíhat bez zahnutí a bizarních tvarů, mají být pravidelně rozvětvené. U kořenové soustavy nám jde o rozvoj značného množství tenkých kořínků, vlášení, s obrovskou aktivní plochou. Při určitých zalomeních v průběhu růstu kořenů narážely tyto na nějaké tvrdší překážky nebo na neprůchodnou vrstvu. Nesvědčí to v žádném případě o správné struktuře a ukazuje to na určité problémy v půdě. Na kořenech vikvovitých plodin mají být vyvinuté hlízky, tak důležité pro fixaci dusíku. Důležité je spojení kořenů s půdou, které má být nejpevnější v aktivní povrchové vrstvě. Ve střední a spodní části kořenového prostoru nemusí být toto spojení tak těsné, mohou zde být i volné kořeny, ale i v této části bychom měli narazit na tmavší zbarvení kolem kořenů svědčící o biologické činnosti v půdě. Při prohlídce monolitu bychom se měli zaměřit i na vybrané



© BLE, Bonn/Foto: Thomas Stephan

*Praktické provádění rýčové diagnózy v terénu*

půdní živočichy. Zvláště důležité jsou žížaly. Jejich chodbičky by měly být v profilu rozmístěny rovnoměrně. Ve větších dutinách a v rozšířených místech by měly být k nalezení jejich exkrementy. Pokud jsou chodbičky světlé a téměř přímé, pak pravděpodobně procházejí přes části půdy pro ně bezcenné, např. utužené. Všimáme si i dalších viditelných skupin edafonu.

Od doby, kdy zemědělec nechodí za pluhem, ale situaci sleduje ze sedadla traktoru, postrádá většinou dostatek informací o své půdě a jejím stavu. Znalost půdy na jím obhospodařovaných pozemcích by měla být základem pro možnost volby správných agrotechnických opatření. Než však zemědělec odebere vzorek půdy nebo si odběr vzorku objedná i s analýzami jako službu, měl by alespoň orientačně svoji půdu poznat a sledovat a k tomu mu může posloužit popsaná metoda. Časem po získání zkušeností bude na vyrytém monolitu pozorovat stále více detailů.

### 5.3.1 Odběr a úprava půdních vzorků

Rozbor půdy bude sice provádět specializovaná laboratoř, odběry však mnohdy provádějí zemědělci a do laboratoře doručí odebraný půdní vzorek. Je nutné si však uvědomit, že kvalita odběru půdního vzorku významně ovlivňuje výsledky analýzy a následná opatření přímo v zemědělském provozu. Nepomůže nám, že změříme obsah nějakého prvku s přesností mg na kg půdy, když je vzorek již od počátku špatně odebrán. Pokud nejsme schopni zajistit správný způsob odběru, měl by být tento proveden odbornou organizací, která bude zajišťovat analýzy půd. Základní podmínkou správného odběru vzorků je dobrá znalost vzorkovaného pozemku. Tuto znalost získáme mj. i pečlivým sledováním půdy při rýčové diagnóze.

Půdní vzorky by se měly odebírat výhradně sondovací tyčí (tzv. agrochemickou sondýrkou). Z každé lokality jednotně obhospodařované by-

chom měli odebrat alespoň jeden průměrný vzorek. Tento průměrný vzorek se skládá z minimálně 30 vpichů sondovací tyčí, a to maximálně z cca sedmihektarové plochy. Je-li plocha větší, odebíráme úměrně více průměrných vzorků. Ve vinohradech, chmelnicích a sadech jsou to max. 2 ha. Hloubka odběru vzorků na orné půdě se týká většinou orniční vrstvy, na loukách a pastvinách musíme oddělit vrchní vrstvu drnu. Ve chmelnicích a sadech vzorkujeme většinou do hloubky 0,4 m, na plochách určených k výsadbě vinohradů pak do 0,6 m. Vzorek musí být reprezentativní, homogenní a nekontaminovaný ani odběrem, ani přepravou.

Odebrané vzorky se nechají volně vyschnout na vzduchu v otevřených sáčcích. V laboratoři se půdní vzorek na suchém a větraném místě dosuší, z vysušeného vzorku se odstraní větší části skeletu, rostlinné a živočišné zbytky a vzorek se pak rozděljuje na sítech o velikosti ok 2 mm, čímž se získá jemnozem a skelet. Takto upravené vzorky můžeme skladovat na vhodném místě.

Pokud je nutné odebírat vzorky pro stanovení minerálního dusíku, bude způsob odběru obdobný, vzorky se však odebírají v celé hloubce půdního profilu po 0,3 m (zpravidla 0–0,3 m, 0,3–0,6 m, příp. 0,6–0,9 m). Odebrané vzorky se umístí do polyetylenových sáčků a okamžitě se transportují do laboratoře ke zpracování.

Čerstvý vzorek se zpracovává ihned po dodání do laboratoře, pokud to není možné, může se uchovávat max. 3 dny při teplotě nižší než 4 °C. Po delší dobu je možné čerstvé vzorky uchovávat při teplotách nižších než –15 °C. Při úpravě vzorků odstraníme opět zbytky rostlinného a živočišného původu a vzorky přesáváme přes síto o průměru ok 5 mm.

Vzorky pro stanovení fyzikálních vlastností se odebírají do Kopeckého fyzikálních válečků v přirozeném stavu tak, že váleček vtlačíme svisle do půdy pomocí násadce krátkými údery pryžovou paličkou. Při vyjímání opatrně odhrneme zeminu okolo válečku a zespodu ji odřízneme nožem. Vyjmutý váleček se zeminou opatrně očistíme a zeminu nožem seřízeme podle okrajů válečku. Na zarovnaný okraj nasadíme u lehkých nesoudržných zemin mosaznou síťku a na okraje plochá víčka. Uzavřený váleček obepneme gumičkou. Vzorky pro stanovení fyzikálních vlastností je nutno odebírat alespoň ve třech opakováních. Analýzy bude provádět specializované pracoviště.

### 5.3.2 Typy analýz

Při sledování jednotlivých stanovišť je důležité rozhodnout, které typy analýz zvolíme pro hodnocení našich půd. To, co bychom měli znát



© BLE, Bonn/Foto: Thomas Stephan

#### Praktické provádění rýčové diagnózy v terénu

vždy, označíme jako vlastnosti základní, ostatní jako pomocné – k jejich stanovení přistoupíme po dohodě s profesionálním půdoznalcem.

#### K základním vlastnostem patří:

Z fyzikálních vlastností bychom měli vědět, o jaký půdní druh jde. Zrnitostní rozbor může být proveden jednorázově s trvalou číselnou hodnotou a slovním označením (půda písčitá, hlinitá atd.). Je možno použít metodu hustoměrnou, pipetovací nebo plavící.

Z chemických vlastností se neobejdeme bez znalosti:

- výměnné půdní reakce,
- obsahu a kvality humusu (obsah oxidovatelného uhlíku přepočtený na humus a poměr huminových kyselin k fulvokyselinám),
- charakteristik sorpčního komplexu (celková sorpční kapacita a nasycenost sorpčního komplexu jednotlivými kationty),
- obsahu přístupného hořčíku, fosforu a draslíku,
- obsahu celkového dusíku.

#### K pomocným charakteristikám patří:

- z fyzikálních vlastností – objemová hmotnost, pórovitost a distribuce pórů (množství pórů kapilárních a nekapilárních), pevnost a vodostálost agregátů a konzistenční meze,
- z chemických vlastností je to aktuální půdní reakce, popř. obsah výměnného hliníku, vodivost vodního výluhu (určení zaslolenosti), obsah minerálního dusíku (amonného a dusičnanového) obsah cizorodých látek (těžké kovy, organické látky),
- z biologických vlastností jsou to přede-



© BLE, Bonn/Foto: Thomas Stephan

#### Odběr půdních vzorků

**Změny půdního prostředí v období přechodu na ekologické zemědělství i v dalších letech by měly být dokumentovány, neboť ovlivní řadu zásahů do agroekosystému. Velmi důležitý je výběr vhodných indikátorů**

vším respirační testy (dýchací mohutnost) a z jejich variant vypočítaná dostupnost fyziologicky využitelného dusíku a rozložitelnost a stabilita organických látek.

**V rámci sledování půdy na ekologicky obhospodařovaných plochách by měl být zajištěn monitoring následujících charakteristik:**

1. **Fyzikální vlastnosti** – určení zrnitosti – půdního druhu (vstupní informace), fyzikální rozbor podle Kopeckého (měrná a objemová hmotnost, pórovitost, maximální kapilární kapacita, vzdušná kapacita, propustnost půdy pro vodu). Odběr vzorku i stanovení provede odborná organizace.
2. **Chemické vlastnosti** – výměnná reakce, obsah a kvalita humusu, obsah přijatelného fosforu a celkového dusíku, nasycenost sorpčního komplexu. Vzorek půdy může podle metodik a poučení odebrat sám zemědělec, analýzy provede odborná organizace.
3. **Biologie půdy** – respirační testy, nitrifikace, amonizace, vybrané skupiny edafonu – žížaly. Odběry vzorků i stanovení provede odborná organizace.

**Při přechodu na ekologické zemědělství by na lokalitě měla být provedena vstupní analýza a následovalo by sledování:**

- **na orné půdě** pokud možno u ozimé pšenice (příp. jiné ozimé obiloviny) cca v polovině dubna, a to min. 1x za 5 let na každém poli,
- **na trvalých travních porostech** – na loukách cca v polovině dubna, na pastvinách před zahájením pastvy – a to u obnovných porostů (do 15 let stáří) 1x za 5 let, u neobnovovaných porostů (nad 15 let stáří) 1x za 7 let.

Ještě před vlastními analýzami bychom se měli seznámit s územím, na kterém hospodaříme, a s výsledky rozborů, které byly již dříve provedeny. Prvními údaji může být bonitace, která vychází z „Komplexního průzkumu zemědělských půd“ (KPP) prováděného na celém území České (a Slovenské) republiky v 60. a 70. letech minulého století. Výsledky jsou dostupné za finanční úhradu ve Výzkumném ústavu meliorací a ochrany půdy Praha – Zbraslav. Rovněž je možno využít služby Ústředního kontrolního a zkušebního ústavu zemědělského (ÚKZÚZ), který provádí tzv. „Agrochemické zkoušení půd“ (AZP). To zahrnuje stanovení základních chemických vlastností půd. K zařazení do systému AZP je nutné podat žádost na oblastních pracovištích.

## 5.4 Vliv agronomických opatření na půdní vlastnosti

Za hlavní faktory ovlivňující výši úrody na poli lze označit: teplo, vláhu a dostatek živin. Všechny uvedené faktory působí na pěstovanou rostlinu jednak přímo a jednak zprostředkovaně přes půdní prostředí, které je jimi rovněž výrazně „transformováno“. Stavem fyzikálních vlastností půdy je ovlivňováno prohřívání půdy, pohyb vody v půdě, ale také biologická aktivita atd. Činností zemědělce lze do značné míry ovlivnit pouze toto „transformované“ působení. Děje se tak osevními postupy, zpracováním půdy a hnojením.

### Osevní postupy

Porosty jednoho druhu rostlin se v přírodě vyskytují pouze v místech s výjimečnými půdními nebo klimatickými vlastnostmi. Je to však obvykle dočasně. Přírodní rostlinná společenstva jsou v naprosté většině případů společenstva smíšenými. Smíšené společenstvo svým různě hlubokým kořenovým systémem, různým olistěním a různou skladbou rostlinných zbytků vytváří z půdy vysoce dynamický systém se samoregulační schopností.

Na poli je situace jiná, půda je každoročně „věnována“ čistému porostu. Podle jeho vlastností (zastínění, možnost výskytu plevelů, tvorba půdní struktury, různá spotřeba vody, množství a kvalita rostlinných zbytků atd.) se mění vlastnosti půdy. Pokud by byla pěstována na jednom pozemku stále stejná plodina, mohlo by dojít ke kumulaci nepříznivých vlastností (to je možno pozorovat např. u tzv. monokultur – plodin pěstovaných dlouhou dobu po sobě na jednom pozemku). Přirozenou možností, jak uvedené nedostatky minimalizovat, je plodiny na pozemku střídání – hluboce a mělce kořenicí, půdu zastíňující s nezastíňujícími, na vodu náročné s nenáročnými. Dalšími důvody může být různé odčerpávání živin, vztah pěstovaných plodin k zaplevelení a naopak možnost potlačení plevelů, zamezení šíření chorob a škůdců a v neposlední řadě je to nesnášenlivost některých plodin k opakovanému pěstování (jetel, len atd.). Ke střídání plodin rolníka také přinutily okolnosti zdánlivě s problémem nesouvisející – můžeme je nazvat organizačními. Je nutné, aby práce byla rovnoměrně rozdělena a nenastávala období nepřiměřeného chvatu anebo naopak klidu.

V zásadách pro sestavení osevního postupu, který z dlouhodobého pohledu negativně neovlivňuje půdní vlastnosti, musí být tedy zahrnuty biologické zákonitosti života rostlin

**U půdy na ekofarmách by měl být zajištěn vstupní monitoring i následné pravidelné sledování vybraných charakteristik**

**Způsob hospodaření (osevní postupy, zpracování půdy, hnojení atd.) ovlivňuje půdní vlastnosti. S tím musíme počítat při volbě jednotlivých zásahů**

i požadavky na agrotechniku. Uvedme nejdůležitější. **Střídat je nutné plodiny tak, aby:**

- stav půdy, který plodina zanechává, co nejlépe vyhovoval požadavkům následující plodiny,
- rostliny co nejlépe využily zásobu půdních živin,
- nároky jednotlivých plodin na vláhu a jejich střídání byly zohledněny a aby se co nejlépe hospodařilo s vodou,
- se stejnoměrně využilo celého půdního profilu a vynášely se živiny a voda ze spodiny (mělce a hlubokokořenící),
- se bezprostředně za sebou nebo v krátké době nepěstovaly plodiny, které se spolu nesnášejí,
- jejich životní cykly a jejich pěstování nebyly příznivé vývoji plevelů, chorob a škůdců,
- mezi sklizní plodiny jedné a setím plodiny následující bylo dost času na přípravu půdy a její přirozenou regeneraci.

**Hlavní vlastnosti plodin pro řazení v ekologickém osevním postupu:**

- **obilniny** mělce zakořeňují a potřebují pohotovost živiny (zejména fosfor), nadbytek dusíku jim škodí. Půdu nechrání a zaplevelují. Zanechávají dost zbytků (i ve formě hnoje) na tvorbu humusu. Obilniny následují po okopaninách a olejninách. Po luskovinách jsou vhodné, ale v některých letech hrozí nebezpečí poléhání z nadbytku dusíku. Velmi vhodné jsou jeteloviny a jejich směsky s travami. Samy po sobě dávají nižší výnos než po uvedených vhodných předplodinách. Pokud k pěstování obilnin po sobě přistoupíme, je vhodné zařadit meziplodinu zlepšující půdu. Po obilninách řadíme plodiny, které pozemek zbaví plevelů a půdu nakypří,
- **okopaniny** mají dlouhou dobu růstu, pomalý příjem živin, jsou náročné především na draslík a dusík. Půdní strukturu zhoršují. Pozemek dobře zastiňují a zbavují plevele. Protože bývají hnojeny hnojem, zanechávají v půdě dostatek humusu. Po jejich pozdní sklizni není možno půdu zpracovat a zasít další plodinu. Nemají zvláštní nároky na předplodinu a je možno je pěstovat po sobě. Výhodné je po nich pěstovat plodiny náročné na „starou půdní sílu“, jako je sladovnický ječmen, vhodný je také oves,
- **luskoviny** se vyznačují hlubokým kořenovým systémem, prohlubují půdní profil a vynášejí živiny ze spodních vrstev. Obohacují půdu o dusík a humus (kořenové zbytky). Půdu zastiňují, čistí od plevelů

- a nakypřují. Opakované pěstování vyvolává „půdní únavu“ a proto mají být na stejný pozemek zařazeny jednou za pět až sedm let. Pícní luskoviny jsou výborným tvůrcem půdní struktury a výbornou předplodinou,
- **pícniny** (většinou luskoviny a jeteloviny) jsou tvůrci drobtovité půdní struktury. V půdě hromadí humus a dusík. Jsou nezbytným článkem osevních postupů jako vhodné předplodiny pro všechny náročné plodiny. Protože jsou náročné na vodu, hrozí v sušších oblastech nebezpečí přísušků u následných plodin. V osevním postupu obvykle následují po obilnině (ta je pěstována po hnojené okopanině), do které jsou vsévány jako podsevy,
- **olejnin** patří k náročným plodinám, půda musí mít zásobu pohotovostních živin a nesmí být zaplevelená. Vegetační doba je krátká, pole dobře zastiňují, obohacují o humus a kypří. Ozimá řepka je plodina „staré půdní síly“, po nevhodných předplodinách (obilninách) dává nízké výnosy. Slunečnice by měla být řazena po obilnině, hnojena hnojem a po ní je vhodné zase pěstovat obilninu.

#### Agrotechnika

Zpracování půdy slouží k úpravě půdních vlastností ve vztahu k pěstovaným plodinám. Patří k němu povrchové kypření půdy, povrchové utužení, kypření a drobení orniční vrstvy, urovnání povrchu orniční vrstvy, prohlubování ornice a kypření podorničí a odvodnění půdního profilu. Povrchové kypření provzdušňuje svrchní vrstvu půdy, umožňuje výměnu plynů a zejména zvyšuje obsah kyslíku v rhizosféře. Tímto úkonem se snižuje přívod tepla. Naopak utužením povrchu se přívod tepla a kapilární zdvih vody k povrchu zvyšují.

Zpracování půdy se dělí do tří základních skupin:

- ① **základní zpracování** – zahrnuje podmítku, seřovou a hlavní orbu, prohlubování, podrývání, hloubkové kypření a podzimní úpravu zoraného pole. Tyto úkony svým kypřícím účinkem zvyšují pórovitost, obsah makropórů a tím lepší pronikání vody do půdy. Nakypřená vrstva značně zvyšuje svůj objem - u hlinitých půd to může být až o 30 % a u těžkých půd o 50 % (výjimečně až o 70 %). Ornice se při tom rozpadá na menší půdní agregáty.
- ② **příprava půdy k setí nebo sázení** – má za cíl umožnit včasné a úspěšné založení porostu a vytvoření vhodných podmínek pro jeho růst. Spočívá v urovnání povrchu, vytvoření lůžka pro osivo a v omezení plevelů.

**Pokud by byla na pozemku pěstována opakovaně stejná plodina, mohlo by dojít ke kumulaci nepříznivých vlivů. Možnost, jak tyto nedostatky minimalizovat, je plodiny na pozemku střídat**

**Navržený systém zpracování půdy výrazně ovlivňuje půdní vlastnosti a současně pěstované plodiny**



© BLE, Bonn/Foto: Thomas Stephan

**Agrotechnické zásahy mají vliv na půdní vlastnosti**

- K přípravě půdy slouží smykování, vláčení, kypření a válení.
- ③ **kultivace půdy za vegetace** kypřením nebo válením je rozdílná u hustě setých plodin, kde se uplatňuje vláčení a válení, a u širokořádkových plodin, kde se uplatňuje podle druhu plodiny: plečkování, hrůbkování, dlátování, ale i vláčení a válení.

Minimální zpracování půdy je založeno na zjednodušených postupech, při nichž je půda zpracovávána méně často, do menší hloubky a některé úkony mohou být vynechány. Hlavním důvodem k používání této technologie je snaha o snížení nákladů, omezení přejzdů po poli, snížení eroze a snaha o úsporu vláhy v suchých oblastech.

### **Hnojení**

Hnojením jsou do půdy dodávány buď přímo minerální živiny ve formě solí, nebo organické látky, ze kterých může vznikat humifikací humus plnící řadu důležitých funkcí (tvorba struktury, sorpční komplex) a mineralizací organických látek jsou uvolňovány živiny v iontové formě.

Rostliny potřebují ke svému životu kromě makroprvků (C, O, H, N, P, K, Ca, Mg a S) ještě mikroprvky (Si, Cl, Al, Na, Fe, Mn, Zn, Cr, B, Mo, Co aj.). Uvedené prvky jsou rostlinou přijímány jako ionty. Obsah prvků v sušině rostlin je uveden v běžně dostupné literatuře. Prvky jsou rostlinou odebírány převážně z půdy a při sklizni z pole odváženy. Z produkce biomasy lze vypočítat odběr prvků, který může být značný (v průměru je to z 1 ha 100 kg

dusíku, 20 kg fosforu, 100 kg draslíku, 50 kg vápníku, 30 kg síry a chloru, 15 kg hořčíku a sodíku, 0,5 kg železa a manganu a 0,2 kg zinku a boru). V ekologickém zemědělství jsou odebrané živiny doplňovány organickým hnojením, případně dalšími přírodními produkty (mleté horniny). Pokud má být dodržena bilance živin, tak aby nedocházelo k jejich úbytku v půdě, musí dosahovaný a z pole odvážený výnos odpovídat množství živin vrácených v posklizňových zbytcích, organickém hnojení atd. V konvenčním zemědělství jsou živiny v bilanci doplňovány formou průmyslových hnojiv, a proto i při vysokých výnosech může být bilance vyrovnána. Problém je, že účinnost živin se při zvyšování dávek hnojiv snižuje (Mitscherlichův zákon) a živiny, které nejsou rostlinami odčerpány, mají negativní dopady na životní prostředí a zejména na pedosféru. Mimo to dochází po překročení optimálních hodnot k výnosovým depresím.

### **Dusík**

Dodávání dusíku do půdy je doprovázeno zvyšováním mineralizace organické hmoty za snížení poměru C:N. Amonné formy dusíku mohou způsobovat peptizaci koloidů a tím poruchy fyzikálních vlastností půdy. Dusičnanová forma je vysoce pohyblivá a její zbytky neodebrané rostlinami mohou pronikat do podzemních a povrchových vod. V povrchových vodách spolu s fosforem způsobují eutrofizaci. Biologicky je možno dusík fixovat zaoráváním slámy (imobilizace). Jejím rozkladem je potom dusík uvolňován v dalším vegetačním období.

**U EZ jsou odebrané živiny doplňovány zejména organickým hnojením. Systém výživy rostlin ovlivňuje nejen výnosy, ale i půdní vlastnosti**

### Fosfor

Jedná se o prvek značně podléhající chemickým změnám (chemická sorpce a srážecí reakce) v půdě a jeho koncentrace v půdním roztoku je značně proměnlivá. Ortofosfát reaguje s více-mocnými kationty nebo jejich hydráty, v kyselých půdách dochází k reakci s aktivními formami hliníku a železa, v neutrálních a zásaditých půdách k vazbě na vápník. Významným faktorem pro příjem fosforu je přítomnost humusu a mikrobiální činnost, kdy vyprodukovaný oxid uhličitý (kyselina uhličitá) zvyšuje uvolnitelnost labilních forem fosforu. Základním předpokladem pro dobré využití fosforu je reakce půdy (pH 6–7).

### Draslík

Rostliny mohou využívat pouze draslík nacházející se v půdním roztoku. Při jeho příjmu existuje řada antagonistických vztahů – jeho nadměrný obsah v půdním roztoku blokuje příjem sodíku, vápníku, hořčíku a manganu. Jako jednomocný kationt může mít rovněž vliv na peptizaci koloidů a tím na zhoršení fyzikálních vlastností.

### Hořčík

Zastoupení hořčíku v sorpčním komplexu by mělo být alespoň 15 %. Jeho nedostatek způsobuje vedle fyziologických poruch (chlorózy) špatnou tvorbu půdní struktury.

### Vápník

Vápník by měl být do většiny našich půd pravidelně dodáván v mletém vápenci. Podobně jako hořčík má vedle fyziologických funkcí vliv na půdní vlastnosti. Spolu s organickými látkami se podílí na vzniku drobtovité, vodostálé struktury. Jeho rozpustnost se zvyšuje se vzrůstající produkcí oxidu uhličitého.

Přítomnost ostatních prvků je neméně významná, ale většinou se jich v prostředí vyskytuje relativní dostatek a není třeba se jimi z hlediska hospodaření podrobněji zabývat. Vyjmenujme nejdůležitější: síra – do půdy se dostává síra z ovzduší, především ve formě síranů, které mohou půdu okyselořit, bor ovlivňuje transport sacharózy a jeho nedostatek ovlivňuje negativně kvalitu ovoce, železo je důležité pro tvorbu chlorofylu a nedostatek způsobuje chlorózy, mangan je aktivátorem mnoha enzymů, měď má význam pro lignifikaci pletiv a zinek je sám součástí mnoha enzymů. Množství těchto prvků se pohybuje v kg na 1 ha.

Z hlediska dlouhodobé udržitelnosti je nutné sledovat tzv. bilanci živin. Množství živin odčerpané odvozem sklizně, vyplavením srážkami, případně erozí, by mělo být nahrazeno jejich dodáním, např. ve formě organických hnojiv. V bilanci musí být ale rovněž zahrnuty živiny pocházející ze zvětrávání hornin a z atmosférického spadu.

Detailněji je tato problematika zpracována v následující kapitole.

**Aby byl systém dlouhodobě udržitelný, je nutné živiny bilancovat jak na straně příjmů, tak na straně ztrát**