



MINISTERSTVO ZEMĚDĚLSTVÍ

HODNOCENÍ KVALITY PŮDY V EKOLOGICKY HOSPODAŘÍCÍM PODNIKU

Zpracováno s podporou Ministerstva zemědělství ČR



zeRA
zemědělská
ekologická
regionální
agentura, o.s.

Metodická pomůcka

Hodnocení kvality půdy v ekologicky hospodařícím podniku

Autorský kolektiv:

Doc. Ing. Eduard Pokorný, Ph.D.

Prof. Dr. Ing. Bořivoj Šarapatka, CSc

Ing. Květuše Hejátková

Oponent:

RNDr. Ľubica Pospíšilová, CSc.

Metodická pomůcka byla vytvořena v podpůrném programu 9.F.g
Metodická činnost k podpoře zemědělského poradenského systému
Ministerstva zemědělství ČR

ZERA – Zemědělská a ekologická regionální agentura, o.s.
V. Nezvala 977, 675 71 Náměšř nad Oslavou,
Tel.: 568 620 070, e-mail: info@zeraagency.eu, www.zeraagency.eu

Obsah

	Obsah.....	3
1.	Úvod.....	5
2.	Půdní charakteristiky v ekologickém a konvenčním zemědělství	6
3.	Indikátory kvality	8
3.1	Pravidelné sledování půdy na ekofarmách	9
4.	Odběr a úprava půdních vzorků.....	11
5.	Typy analýz	12
6.	Metody půdních analýz pro ekologicky hospodařící farmy.....	14
6.1	Fyzikální vlastnosti půdy	14
6.2	Chemické vlastnosti půdy a metody jejich stanovení.....	17
6.3	Biologické vlastnosti půdy a metody jejich stanovení.....	20
7.	Citovaná a další použitá literatura	23
8.	Přílohy.....	26

1. Úvod

V ekologickém zemědělství hraje půda klíčovou roli, často u ní také používáme termín jako u lidského organismu „zdravá půda“. Zdravá půda je základním předpokladem pro růst a vývoj zdravých rostlin, živočichů i 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 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, musíme proto kvalitu půdy hodnotit v širších ekologických, resp. environmentálních souvislostech. Půda má vedle produkční funkce i řadu dalších, jako např. filtrační, pufráční, transformační, je prostředím pro život organismů, zanedbatelné nejsou ani její socio-ekonomické funkce. Pro komplexní hodnocení jsou používány termíny kvalita nebo zdraví půdy. Pro zjednodušení můžeme používat oba termíny jako synonyma.

Jak bychom mohli kvalitu půdy definovat? V roce 1994 navrhli Doran a Parkin definici, ve které je kvalita půdy 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.

Metodika má za cíl pomoci praxi jak měřit a hodnotit kvalitu půdy v systému ekologického hospodaření. Vychází z metod pro stanovení kvality půdy, které jsou v současné době pro praxi přístupné a využívané, a to jak pro ornou půdu, tak pro trvalé travní porosty.

Metodika je doplněna konkrétními hodnotami vlastností půd, které byly stanoveny metodami půdních analýz uvedených v této metodice, a to na trvalých travních porostech. Výsledky jsou výstupem výzkumného úkolu QD 1236 *Technologie nestájového chovu ovcí pro marginální oblasti a podniky ekologického zemědělství v letech 2001 - 2004 (Závěrečná zpráva projektu QD 1236 Mze NAZV)*. Zpracování metodické pomůcky bylo možné i díky grantu MŠMT - Národní program výzkumu II č. 2B06101 (Optimalizace zemědělské a říční krajiny v ČR s důrazem na rozvoj biodiverzity).

2. Půdní charakteristiky v ekologickém a konvenčním zemědělství

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

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

Výzkum organické hmoty půdy se většinou koncentruje na **obsah organického uhlíku** a jeho změny během konverze na ekologické zemědělství. Řada výzkumů potvrzuje, že ekologicky obhospodařované plochy mají vyšší obsah organického uhlíku ve srovnání s konvenčními. V některých výzkumech se ale ukázala vyšší dekompozice organické hmoty, např. při intenzivnějším zpracování půdy souvisejícím s likvidací plevelných 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 půdě. 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 půdě.

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 ekologický systém hospodaření uvádí:

- zvýšení mikrobiální aktivity korelující s obdobím, kdy půda byla obhospodařována ekologicky,
- o 20–30 % vyšší mikrobiální biomasu ve srovnání s konvenčním systémem,
- o 30–100 % vyšší mikrobiální aktivitu na ekologických plochách,
- vyšší mikrobiální diverzitu v ekologickém systému,
- 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. Proto řada výzkumů toto hodnotí až po zhruba 10 letech po provedené konverzi na ekologické zemědělství.

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 důvodu:

- 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 u ekologických farem nebezpečí eroze vyskytnout (a to někdy větší než u konvenčně obhospodařovaných ploch) zejména z důvodu:

- častějšího mechanického zpracování půdy,
- pomalejšího vývoje rostlin z důvodu nižšího obsahu minerálního dusíku.

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

Shrneme-li problematiku půdy, zjistíme, že ekologické zemědělství 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 výzkumů můžeme zaznamenat za více než 8 let.

3. 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 indexu kvality půdy, který by v sobě zahrnoval změny půdního prostředí v čase. Nejdříve je však nutné zvolit vhodné indikátory kvality nebo zdraví, které musí podle Dorana a Parkina (1996):

- korelovat s procesy v ekosystému,
- integrovat fyzikální, chemické a biologické vlastnosti půd a procesy v nich probíhající a sloužit jako základní vstup potřebný k odhadu půdních vlastností nebo funkcí, které je těžké měřit přímo,
- být relativně lehce použitelné v polních podmínkách a zvládnutelné pokud možno jak specialisty, tak uživateli,
- být citlivé ke změnám v hospodaření nebo klimatu.

Mezi indikátory kvality můžeme zařadit například 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, pH, vodivost, obsah živin, nasycenost sorpčního komplexu a hygienické parametry s ohledem na rizikové prvky a organické kontaminanty,
- **biologické** – C, N biomasy mikroorganismů, potenciálně mineralizovatelný N, respirace, aktivita půdních enzymů atd.

Hodnocení kvality (zdraví) půdy musí být komplexní a musí integrovat všechny části půdního systému a ne se omezovat na fungování pouze určité části. Již to je značně náročné a přidáme-li k tomu požadavek, aby tyto metody byly zvládnutelné co nejširším spektrem pracovníků, zejména těmi, kteří obhospodařují krajinu, jedná se o velmi složitý úkol.

Vzhledem ke komplexnosti problému hodnocení kvality a skutečnosti, že jednotlivé indikátory kvality (zdraví) půdy plně nevystihují, snaží se řada autorů vytvořit index kvality půdy. Z publikovaných prací je však zřejmé, že se jedná o značně specializovanou práci odborníků, která odráží pouze část složitého systému a je mnohdy v praktickém prostředí těžko zvládnutelná. Proto se vedle detailního hodnocení dílčích procesů v posledních letech pracuje na komplexním vyjádření kvality celého systému. V zemědělské soustavě pak nehodnotíme pouze kvalitu produktů nebo půdy, ale snažíme se uplatňovat holistický pohled na celý systém s vazbami na prostředí a zásadu použitelnosti v terénní praxi.

Příkladem praktického pohledu na tuto problematiku může být hodnocení z Wisconsinu, které vzniklo ze spolupráce mezi vědci a farmáři. Hodnocení se vypracovává na podkladě interview s farmáři a více než polovina otázek se týká půdy, dále pak rostlin, zvířat a vody. Z hodnocení v jednotlivých kategoriích (zdravá, zhoršená, nezdravá) je pak určována výsledná klasifikace kvality půdy (Romig et al., 1996).

V praxi použitelnou metodu navrhl Doran (Sarrantonio et al., 1996), kdy pomocí terénní soupravy hodnotí infiltraci vody, objemovou hmotnost, půdní respiraci, plnou vodní kapacitu, vzdušnost, teplotu, pH, vodivost a obsah nitrátového dusíku. Zároveň podává návod na vyhodnocování získaných výsledků.

Hodnocení kvality půdy pomocí speciálních terénních souprav i dotazníkovými akcemi není u nás doposud praktikováno, zasluhuje však pozornost a rozpracování do podmínek České republiky tak, aby tyto mohly být využitelné v provozní praxi.

Při hospodaření je nutné si uvědomit, že produkčním procesem by půda měla zůstat „neopotřebovaná“ a jedním z cílů hospodáře by mělo být, aby půdu svým potomkům předal v lepším stavu, než ji obdržel.

3.1 Pravidelné sledování půdy na ekofarmách

Ještě než zemědělec přistoupí k zadání analýz půdy, měl by se seznámit s teorií a s 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 větších živočichů jsou tyto informace v provozu velmi důležité. Podle publikovaných doporučení (Preuschen, 1987) 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 pícnin krátce před druhou sečí,
- trvalých travních porostů mezi červnem a zářím,
- meziplodin a zeleného hnojení na přelomu září a října,
- trvalých kultur v červnu.

Důležité je vedle termínu i volba vhodného místa. U stejnoměrně vyvinutých porostů je to jednoduché. Tam, kde je porost značně nevyrovnaný, je třeba zachytit jak dobrá, tak špatná místa.

Jaké potřebujeme k této metodě nářadí? Měli bychom mít k dispozici plochý vykovaný rýč (30 cm dlouhý), aby bylo možné zachytit jak ornici, tak přechod do podorničí. Po ruce bychom měli mít ještě druhý rýč, kterým profil uvolníme pro vyzdvižení, dále prkénko pro přidržení získaného profilu. Při dělení získaného půdního monolitu nám pomůže zahrádkářská malá motyčka. Získané výsledky písemně zaznamenáváme, případně zachytíme na film tak, abychom v průběhu několika let mohli zachytit změny. Při získávání monolitu dáváme pozor, abychom rukama neporušili jeho 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 – jedná-li se 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 rozeznat i humóznější část na povrchu, a to zejména tam, kde mělce zapravujeme organickou hmotu. Lze také pozorovat vliv kultivačního nářadí, např. zda došlo k stlačení půdy nebo při zásahu do hlubších vlhčích partií k rozmazání. Všimnout 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 drobtvy jen vzácně přesahují průměr 0,5 cm, nejčastěji se jejich velikost pohybuje v intervalu 2–4 mm. V meziprostorech mezi drobtvy jsou možnosti pro růst větších i drobných kořenů, někdy můžeme pouhým okem zpozorovat půdní živočichy. Od hranatých bloků se liší i tím, že je při určité vlhkosti lze rozmačkat, ale ne hníst. Zůstávají většinou dále v drobtovité struktuře. O struktuře a pórovitosti můžeme usuzovat i ze zapravených částí rostlin, kdy 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 velkou kapacitu pro zadržení vody. Ta by se měla stejnoměrně rozdělit a neměli bychom nacházet na poli místa se stojící vodou. Půda odebraná po dešti by neměla ronit vodu, ale měla 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. u zeleného 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 nám to na určité problémy v půdě. U kořenů 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 půdní živočichy. Zvláště důležité jsou žížaly. Jejich chodbičky by měly být v profilu rozmístěny stejnoměrně. Ve větších dutinách a v rozšířených místech by měly být nalezeny jejich exkrementy. Pokud jsou chodbičky světlé a téměř přímé, pak pravděpodobně procházejí přes pro ně bezcenné části půdy, 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 pozemcích, na kterých hospodaří, by měla být základem pro to, aby bylo možné volit správná agrotechnická opatření. Než však odebere vzorek půdy nebo si odběr zadá, měl by alespoň orientačně svoji půdu poznat a sledovat a k tomu mu může posloužit popsaná metoda. Časem po získání zkušeností i na vyrytém monolitu bude pozorovat stále více detailů.

4. 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 uvědomit, že kvalita odebrání půdního vzorku významně ovlivňuje výsledky analýzy a následná opatření přímo v zemědělském provozu. Nepomůže nám, že změříme obsah nějakého prvku s přesností v mg na kg půdy, když je vzorek již od počátku špatně odebrán. Pokud nejsme schopni zajistit způsob odběru, jak je nastíněno dále, měl by být 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 bychom měli odebrat alespoň jeden průměrný vzorek. Tento průměrný vzorek se skládá z minimálně 30 vpichů sondovací tyčí, a to maximálně z asi 7hektarové plochy. Je-li plocha větší, odebíráme úměrně více průměrných vzorků. U vinogradů, chmelnic a sadů se jedná maximálně o 2 ha. Hloubka odběru vzorků na orné půdě se týká většinou orniční vrstvy, u luk a pastvin musíme oddělit vrchní vrstvu drnu. U chmelnic a sadů vzorkujeme většinou do hloubky 40 cm, u ploch určených k výsadbě vinogradů pak do 60 cm. Vzorek musí být reprezentativní, homogenní a nekontaminovaný jak odběrem, tak 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 získáme jemnozem a skelet. Z jemnozeme se pak oddělí průměrný vzorek o hmotnosti asi 5 g, z tohoto pečlivě oddělíme další zbytky rostlinného a živočišného materiálu a rozetřeme ho v achátové misce tak, aby prošel sítem o průměru ok 0,25 mm. Takto upravené vzorky můžeme skladovat na vhodném místě i řadu let.

Pokud je nutné odebírat vzorky pro stanovení minerálního dusíku, bude způsob odběru obdobný, vzorky se odebírají v celé hloubce půdního profilu po 30 cm (zpravidla 0–30, 30–60, příp. 60–90 cm). Odebrané vzorky se umístí do PE sáčků a okamžitě se transportují do laboratoře ke zpracování.

Čerstvý vzorek se zpracovává ihned po dodání do laboratoře, pokud to není možné, lze ho uchovávat maximálně 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 se přesévají přes síto o průměru ok 5 mm.

Vzorky na 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 zeminu okolo válečku opatrně odhrneme a zespodu odřízneme nožem. Vyjmutý váleček se zeminou opatrně očistíme a zeminu nožem seřízneme podle okrajů válečku. Na zarovnaný okraj nasadíme u lehkých nesoudržných zemin mosaznou sítku a na okraje plochá víčka. Uzavřený váleček obepneme gumičkou. Vzorky na stanovení fyzikálních vlastností je nutno odebírat alespoň ve třech opakováních a bude je provádět specializované pracoviště.

5. Typy analýz

Na základě popsaných půdních vlastností si zvolíme typy analýz pro hodnocení našich půd. To, co bychom měli znát vždy, označíme jako vlastnosti základní, ostatní jako pomocné – k jejich stanovení přistoupíme po dohodě s profesionálním půdoznalcem.

Základní vlastnosti

Z fyzikálních vlastností bychom měli vědět, o jaký půdní druh se jedná. Zrnitostní rozbor může být proveden jednorázově s trvalou hodnotou, hustoměrnou, pipetovací nebo plavicí metodou a slovního označení (písčítá, hlinitá atd.).

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.

Pomocné charakteristiky

Z fyzikálních vlastností

- objemová hmotnost, pórovitost a distribuce pórů (množství pórů kapilárních a nekapilárních),
- pevnost a vodotělnost agregátů a konzistenční meze,

Z chemických vlastností je to:

- aktuální půdní reakce, popř. obsah výměnného hliníku,
- vodivost vodního výluhu (určení zasolenosti),
- obsah minerálního dusíku (amonný a nitrátový),
- obsah cizorodých látek a potenciálně rizikových prvků (těžké kovy, organické látky).

Z biologických vlastností jsou to především 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:

Fyzikální vlastnosti – určení zrnitosti – půdního druhu (vstupní informace), rozbor Kopeckého válečkem (měrná a objemová hmotnost, pórovitost, maximální kapilární kapacita, kalkulace minimální vzdušnosti). Odběr vzorku i stanovení provede odborná organizace.

Fyzikálně chemické a chemické vlastnosti – aktivní a výměnná reakce, vodivost, obsah a kvalita humusu, obsah přijatelného fosforu a celkového dusíku, nasycenost sorpčního komplexu. Odběr vzorků půdy může podle metodik a poučení provést sám farmář, analýzy provede odborná organizace.

Biologie půdy – respirační testy, nitrifikace, amonizace, popř. vybrané skupiny edafonu – žížaly. Odběry i stanovení provede odborná organizace.

Výběr charakteristik vychází ze sledování vlastností orných půd i z monitoringu půd (zejména travních porostů v ekologickém zemědělství). U jednotlivých ploch by dále měly být sledovány základní provozní údaje, jako jsou vstupy (např. hnojení), produkce, u trvalých travních porostů pak zatížení dobytčími jednotkami, diverzita a počet druhů rostlin.

Při přechodu na ekologické zemědělství by na lokalitě měla být provedena vstupní analýza, po které by následovalo sledování:

- **na orné půdě** pokud možno u ozimé pšenice (příp. jiné ozimé obiloviny) asi v polovině dubna, a to minimálně 1 krát za 5 let na každém poli,
- **na trvalých travních porostech** – na loukách asi v polovině dubna, na pastvinách před zahájením pastvy, a to u obnovených porostů (do 15 let stáří) 1 krát za 5 let, u neobnovovaných porostů (nad 15 let stáří) 1 krát 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: pro oblast Čech na adrese – Žabovřeská 250, Praha 5 Zbraslav a pro Moravu – Lidická 24/26, Brno.

Rovněž je možné využít služeb 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 (Brno, Hroznová 2, www.ukzuz.cz).

6. Metody půdních analýz pro ekologicky hospodařící farmy

6.1 Fyzikální vlastnosti půdy

Fyzikální rozbor – odběr vzorků

Pokud je nutné stanovit fyzikální vlastnosti a charakterizovat vodní a vzdušný režim půdy, odebíráme půdní vzorky v neporušeném stavu do tzv. Kopeckého fyzikálních válečků. Válečky jsou vyrobeny z nerez oceli, většinou o objemu 100 cm³ a s maximální výškou 5 cm. Váleček je opatřen na spodní straně ostřím, které umožňuje jeho snadné pronikání do půdy. Tyto válečky pomocí nástavce zatlačujeme nebo zatloukáme ve vertikálním směru do půdy tak, aby se zemina protlačila mírně nad váleček. Pomocí polní lopatky a nože váleček s půdou vyjmem a nožem odstraníme přebytky zeminy (postupně, kuželovitě). Na zarovnaný okraj nasadíme, u lehkých nesoudržných zemin na spodní okraj mosaznou síťku, a na oba okraje plochá víčka. Uzavřený váleček obepneme gumičkou. Vzorky na stanovení fyzikálních vlastností je nutno odebírat alespoň ve třech opakováních.

Zrnitostní složení půd

Zrnitostním složením půdy rozumíme poměrné zastoupení jednotlivých velikostních půdních částic. Zrnitost půd ovlivňuje téměř všechny půdní vlastnosti, zejména poměr vody a vzduchu, obsah a složení edafonu, fyzikálně chemické a biochemické procesy. Zrnitost zásadním způsobem ovlivňuje fyzikální vlastnosti zemin a v praxi ji můžeme měnit jen obtížně (www.ewa.cz).

Používají se různé klasifikace zrnitosti. Po laboratorním rozboru je možné půdu přesně zařadit do skupiny zrnitosti podle poměru jednotlivých frakcí. V terénu se zrnitost odhaduje makroskopickou prstovou zkouškou a k vyjádření se používá Novákova klasifikační stupnice zrnitosti (www.ceu.cz).

Metody:

Zrnitostní rozbor se provádí buď pipetovaní metodou (Zbiral a kol., 1997) nebo hustoměrnou metodou podle Casagrande (metoda vychází z měření úbytku hustoty hydrosuspenze při usazování částic zeminy v předem zvolených časových intervalech).

Základní klasifikační stupnice podle V. Nováka (Jandák et al., 1989)

Obsah částic (zrn) < 0,01 mm (%)	Označení půdního druhu	Skupinové označení
0 - 10	písčítá zemina (P)	lehká
10 - 20	hlinitopísčítá zemina (HP)	
20 - 30	písčitohlinitá zemina (PH)	středně těžká
30 - 45	hlinitá zemina (H)	
45 - 60	jílovitohlinitá zemina (JH)	těžká
60 - 75	jílovitá (JV)	
nad 75	jíl (J)	

Velikost zrn (mm)	Označení frakcí
< 0,001	jíl
0,001 – 0,005	jemný prach
0,005 – 0,01	střední prach
0,01 – 0,05	hrubý prach
0,05 – 0,25	jemný písek
0,25 – 2,00	střední písek
2,00 – 4,00	hrubý písek
4,00 – 30,00	štěrk
> 30,00	kamení

Půdní pórovitost

V půdě se nacházejí prostory nezaplňené pevnou fází. Tyto prostory nazýváme půdní póry. Jsou většinou rozdílného tvaru, velikosti a jsou různým způsobem propojeny. Póry umožňují v půdě proudění vody a vzduchu. Probíhají v nich látkové přeměny a výměnné reakce mezi mikroorganismy a kořínky rostlin. V kapilárních pórech (s průměrem menším než 0,2 mm) může voda proudit proti působení gravitace, v nekapilárních (s průměrem větším než 0,2 mm) se voda pohybuje vlivem přitažlivosti do spodních vrstev půdy a na její místo se dostává vzduch.

Celková pórovitost zemědělských půd se v ornici pohybuje většinou v rozmezí 40 – 50 %, v podorniči 30 – 40 %. Umožňuje objektivně vyhodnotit kyprost či ulehlost půdy.

Pórovitost může pěstitel významně ovlivnit zpracováním půdy (orbou, vláčením, kypřením, válením apod.) (www.ewa.cz).

Metody:

Pórovitost je poměr objemu pórů V_p k celkovému objemu půdy V_s v přirozeném uložení.

$$P = (V_p / V_s) * 100 \text{ (% obj.)}$$

Můžeme ji vypočítat i z objemové (ρ_d) a měrné hmotnosti (ρ_s) půdy.

$$P = (\rho_s - \rho_d) / \rho_s * 100 \text{ (% obj.)}$$

(metody pro stanovení pórovitosti jsou uvedeny na www.agrokom.cz – Fyzikální charakteristiky půdy)

Měrná hmotnost půdy

Je hmotnost jednotkového objemu pevné fáze půdy bez pórů, tj. za předpokladu, že pevné částice dokonale vyplňují daný prostor. Definujeme ji také jako poměrné číslo, které udává, kolikrát je určité množství zeminy vysušené při 105 °C těžší než stejný objem vody při 4 °C. Měrná hmotnost závisí na obsahu různých minerálů a organických látek (humusu). Nejvíce zastoupeným nerostem v minerálním podílu většiny půd je křemen. Průměrná měrná hmotnost půdy je proto blízká jeho měrné hmotnosti, tj. 2,65 g.cm⁻³. Tuto hodnotu snižuje větší obsah humusu, naopak zvyšuje obsah těžkých minerálů. Průměrná měrná hmotnost našich půd se pohybuje kolem 2,6 – 2,7 g.cm⁻³, u organických půd klesá až pod 1,5 g.cm⁻³. Hodnotu měrné hmotnosti potřebujeme k výpočtu půdní pórovitosti.

Metody:

Zjišťujeme ji pomocí pyknometru – skleněné nádoby na stanovení objemu sypkých materiálů (viz např. Teksl a kol., 1981).

Objemová hmotnost

Je to hmotnost objemové jednotky půdy v neporušeném stavu, tj. s póry vyplněnými momentním obsahem vody a vzduchu. Její hodnota je závislá na měrné hmotnosti, na podílu pórů v půdě a míře jejich zaplnění vodou. Je to hodnota nestálá, která se mění během roku v závislosti na vlhkostních poměrech v půdě. Objemová hmotnost minerálních půd kolísá mezi 0,8 – 1,8 g.cm⁻³, u organických půd většinou mezi 0,2– 0,3 g.cm⁻³.

Objemová hmotnost suché půdy (ρ_d) (objemová hmotnost redukována) je hmotnost jednotkového objemu vysušené půdy. Je to hodnota stálější a ve svrchních vrstvách půdy se pohybuje v rozmezí 1,2 – 1,5 g.cm⁻³. Směrem do spodiny tato hodnota vzrůstá. Indikuje kyprost nebo ulehlost půdy a je potřebná pro výpočet pórovitosti.

Objemová hmotnost vlhké půdy (objemová hmotnost neredukovaná) je závislá na půdní vlhkosti a nemůže být tedy konstantní hodnotou. Mění se v průběhu roku jako pórovitost v důsledku bobtnání a smršťování půdy při změnách vlhkosti. Směrem do hloubky půdního profilu má tendenci narůstat (www.agrokom.cz - fyzikální charakteristiky půdy).

K utužení hlinité půdy dochází, pokud je objemová hmotnost vyšší než 1,45 g.cm⁻³.

Strukturní stav humusového horizontu u středně těžkých a těžkých půd (Kutílek, 1996)

Strukturní stav humusového horizontu	Objemová hmotnost půdy (g.cm ⁻³)	Pórovitost (%)
Výborný	< 1,2	> 54
Dobrý	1,2 – 1,4	46 – 54
Nevyhovující	1,4 – 1,6	39 – 46
Nestrukturní	1,6 – 1,8	31 – 39

Kritické objemové hmotnosti po vysušení (Lhotský, 1984)

Půdní druh	J	JV, JH	H	PH	HP	P
ρ_d kritické (g.cm ⁻³)	>1,35	>1,40	>1,45	>1,55	>1,60	>1,70

Metody:

Objemovou hmotnost stanovíme ze vzorku odebraného do Kopeckého fyzikálního válečku, tzn. ze známého objemu zeminy odebrané v přirozeném stavu – tedy včetně pórů, po vysušení při 105 °C do konstantní hmotnosti (viz např. Teksl a kol., 1981).

Maximální kapilární kapacita

Stanovuje hodnotu maximálního nasycení půdních kapilárních pórů. U hlinitých půd by neměla přesáhnout 36 %, jinak je půda porušená a voda na takovém pozemku špatně vsakuje. Je to tedy maximální vlhkost, na kterou by měla být půda zavlažována, aniž by došlo ke ztrátám vody či zamokření.

Metody:

Maximální kapilární kapacitu získáme po 2 hodinách odsávání vody z plně nasyceného vzorku. Jedná se o laboratorní metodu podle Nováka (Jandák, Prax, Pokorný, 2001).

Retenční vodní kapacita

Je to maximální množství vody, které je půda schopna trvaleji zadržet vlastními silami po 24 hodinách v téměř rovnovážném stavu po nadměrném zavlažení.

Metody:

Stanovuje se v laboratoři metodou podle Drbala ve vzorku odebraném do Kopeckého fyzikálního válečku (Drbal, 1971).

Plná vodní kapacita (nasáklivost)

Vlhkost půdy, kdy jsou všechny póry zaplněny vodou. Je to dočasná vlhkost bezprostředně po dešti. Prakticky ji můžeme považovat za rovnou půdní pórovitosti.

Vlhkost 30minutová

Používá se pro stanovení nekapilárních pórů.

Metody:

Nasyčený vzorek s kruhovým filtračním papírem přeneseme na suchý čtyřnásobný filtrační papír a přiklopíme poklopem proti výparu. Necháme 30 minut odsávat a zvážíme (Jandák et al., 1989).

Minimální vzdušná kapacita

Je rozdíl mezi pórovitostí a maximální kapilární kapacitou. Udává podíl nekapilárních pórů v půdě, které voda po navlžení může brzy opustit.

Je-li u písčitéch půd vyšší než 25 %, pak jsou to půdy vysychavé. Je-li minimální vzdušná kapacita menší než 10 % je podorničí (a tím spíše ornice) v kritickém stavu a vyžaduje agromeliorační zásah (Lhotský, 1984). Hodnota 10 % je hodnotou průměrnou. Při nízké provzdušenosti se brzdí výměna vzduchu v půdě a tím i rozvoj aerobních mikroorganismů. Příliš vysoká provzdušenost půdy znamená až přílišnou činnost těchto mikroorganismů a možnou mineralizaci humusu. Hodnota provzdušenosti se neustále mění s vlhkostí půdy.

Vlhkost

Půdní vlhkost je množství vody v půdě (vztaženo k suché hmotnosti).

Hmotnostní vlhkost – charakterizuje ji podíl hmotnosti vody a hmotnost vysušeného vzorku půdy. Je vyjádřena v procentech hmotnostních.

Objemová vlhkost – je vyjádřena podílem objemu vody k objemu neporušeného vzorku (procenta objemová).

Metody:

Vážková metoda (gravimetrická) – spočívá na stanovení půdní vlhkosti vážením vlhkého a vysušeného půdního vzorku. Vzorky se vysouší při teplotě 105 °C do konstantní hmotnosti (Jandák, Prax, Pokorný, 2001).

6.2 Chemické vlastnosti půdy a metody jejich stanovení

Obsah a kvalita humusu

Humus je tvořen zbytky rostlinných a živočišných organismů, které jsou v různém stupni rozkladu, nacházející se na půdě nebo v půdě a s půdou jsou v různém stupni smíšené.

Metody:

Oxidovatelný organicky vázaný uhlík v zemině se oxiduje kyselinou chromovou v prostředí nadbytku kyseliny sírové za definovaných podmínek. Nespotřebovaná kyselina chromová se stanoví titrací roztokem Mohrovy soli (Zbíral a kol., 1997). Obsah organického uhlíku se na humus přepočte vynásobením koeficientem 1,724.

Půdy	Obsah humusu v půdách (% hmotnostní)	
	lehkých	středních a těžkých
Bezhumózní	0	0
Slabě humózní	pod 1	pod 2
Středně humózní	1 - 2	2 - 5
Silně humózní	nad 2	nad 5

Kvalita humusu

Kvalita humusu se posuzuje hlavně podle poměru obsahu huminových kyselin k fulvokyselinám (HK:FK). Se vzrůstajícím obsahem huminových kyselin vzrůstá i kvalita humusu. Vysoce kvalitní humus má mít poměr HK:FK vyšší než 1,5:1. Takové půdy jsou odolnější vůči ztuhnutí i okyselení.

Metody:

Půdní vzorek se extrahuje alkalickým roztokem pyrofosforečnanu sodného a čirý výluh se měří na spektrofotometru při vlnové délce 465 nm a 665 nm (Javorský a kol., 1987). Poměr $E_4 : E_6$ kolem 3 - 3,5 charakterizuje stupeň kondenzace jádra HK. Hodnoty větší jak 4 jsou ukazatelem nízké kondenzace jádra HK (Richter, Hlušek, Hřivna, 1999). Kvalitu humusu také posuzujeme na základě vzájemného poměru C:N. Průměrné hodnoty C:N v humusových látkách jsou dány poměrem 10:1. Užší poměr symbolizuje vyšší kvalitu humusu a naopak.

Výměnná půdní reakce (pH/KCl) a potřeba vápnění

Je definována jako schopnost půdy měnit pH roztoků minerálních solí (elektrolytů). Je dána kationty vodíku, které jsou sorbovány půdními koloidy a které se mohou za určitých podmínek uvolnit do půdního roztoku a tím zvyšovat kyselost půdy.

Hodnocení půd podle výměnné půdní reakce

Hodnota pH/ _{KCl}	Hodnocení
do 4,5	silně kyselá
4,6 - 5,5	kyselá
5,6 - 6,5	slabě kyselá
6,6 - 7,2	neutrální
nad 7,2	alkalická

Metody:

Draselné ionty vyluhovacího roztoku vytěsní ze sorpčního komplexu půdy ionty vodíku. Aktivita vodíkových iontů v suspenzi se měří skleněnou iontově selektivní elektrodou oproti vhodné referenční elektrodě (Zbiral, 1995).

Aktivní reakce (pH/H₂O)

Je dána obsahem H⁺ iontů v půdním roztoku. Zdrojem těchto iontů jsou disociované minerální a organické kyseliny, kyselé soli a acidoidy.

Metody:

Aktivní kyselost zjišťujeme potenciometrickým měřením koncentrace H⁺ v půdním roztoku, půdní pastě nebo vodním extraktu. Tato forma kyselosti se nejvíce vyskytuje v půdách odvápněných, sorpčně nenasycených s vysokým podílem adsorbovaných iontů H⁺ a Al³⁺ (Jandák, Prax, Pokorný, 2001).

Konduktivita – vodivost vodního výluhu

Hodnota nám charakterizuje míru zatížení půd solemi, které se vztahují k půdně ekologickým podmínkám stanovišť a ke stupni vyhnojení.

Hraniční hodnoty:

< 30 $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$	většina zemědělských půd, normální intenzita hnojení, min. zatížení solemi,
30 – 60 $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$	půdy minerálně bohaté, středně vysoká intenzita hnojení, bez negativních účinků hnojení,
60 – 120 $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$	půdy s vysokým vyhnojením na minerálně bohatých substrátech, zvýšený obsah solí,
>120 $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$	vysoké zatížení půd solemi s možnými negativními účinky na růst rostlin.

Metody:

Elektrolyty rozpustné ve vodě jsou extrahovány v poměru půda : voda 1:5 a stanoveny na základě zvýšení specifické elektrické vodivosti extraktu výluhu po filtraci. Výsledky se vyjadřují v $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$, resp. $\text{mS}\cdot\text{m}^{-1}$.

Kationtová výměnná kapacita

Půdní sorpční komplex je charakterizován kationtovou výměnnou kapacitou (KVK), tj. množstvím vazebných míst na jednotku půdy v $\text{mmol chem. ekv.}\cdot\text{kg}^{-1}$, tj. maximální sorpční kapacita (T).

Metody:

Sorpční komplex půdy se nasatí amonnými ionty perkolací octanem amonným o pH 7,0. V perkolátu se stanoví obsah K, Mg, Ca a případně Na (je možné i stanovení dalších iontů – Fe, Mn, Al). Amonné ionty vázané na sorpční komplex půdy se vytěsní ionty vápníku a v fluátu se stanoví obsah dusíku destilační metodou. Množství N uvolněného z výměnných míst je úměrné kationtové kapacitě půdy při pH 7 (Zbiral, 1995). KVK se vypočítá jako součet obsahů všech kationů a vodíku na sorpčním komplexu. Hodnotíme zastoupení jednotlivých kationů v sorpčním komplexu (optimum: 65% Ca^{2+} , 15% Mg^{2+} , 5% K^{+}). Stupeň sorpčního nasycení určíme z poměru obsahu bazí k maximální sorpční kapacitě.

Obsah výměnného draslíku

Ionty K^{+} vázané fyzikálně chemickou sorpcí na povrchu půdních koloidů mohou být vytěsněny roztoky neutrálních solí.

Obsah výměnného draslíku je soustředěn přednostně v jemných frakcích půdy a představuje pouze asi 0,8 % (u písčitéch půd) až 3 % (u humózních – černozemě) z veškerého draslíku v půdě.

Při vysokém obsahu K dochází k depresi v příjmu Mg^{2+} . Proto v KVK by měl být poměr Mg : K alespoň 3.

Výměnný draslík má pro výživu rostlin mimořádný význam, neboť takto vázané K^{+} jsou z převážné části snadno přijatelné, nepodléhají rychlému vyplavování ani výrazně nezvyšují koncentraci solí v půdním roztoku (www.ewa.cz).

Metody:

Vzorek půdy se vyluhuje kyselým roztokem podle Melicha II, Melicha III nebo octanem amonným + oxalátu amonného (podle Schachtschabela) a koncentrace draslíku zjistíme na základě emise záření draslíku v plameni acetylen – vzduch (atomový absorpční spektrofotometr) (Zbiral, 1995, 1996).

Obsah výměnného vápníku a hořčíku

Výměnný vápník je poután hlavně fyzikálně chemicky na povrchu půdních koloidů, a to úměrně jejich sorpční kapacitě. Organické koloidy adsorbují relativně více Ca^{2+} než koloidy minerální. Ionty Ca^{2+} ve výměnné formě jsou pro rostliny lehce přístupné a zvláště významné pro tvorbu drobtovité struktury. Pro půdní úrodnost je tedy důležité, aby sorpční půdní komplex byl ionty vápníku nasycen z 60 – 70 % (www.ewa.cz).

Metody:

Vzorek půdy se vyluhuje kyselým roztokem podle Melicha II, Melicha III a obsah vápníku a hořčíku stanovíme atomovou absorpční spektrofotometrií v plameni acetylen – vzduch (Zbiral, 1995).

Obsah celkového dusíku

Dusík se nachází v půdě ve formě organické (98 – 99 %) a pouze malá část ve formě minerální (1 – 2 %). Organický dusík plní zásobní funkci, rostlinám je přístupný pouze po mineralizaci. Obsah veškerého dusíku se v našich půdách pohybuje od 0,1 – 0,3 %.

Obsah celkového dusíku v půdě je hodnotou poměrně stálou, protože je tvořen sloučeninami těžce chemicky i mikrobiologicky rozložitelnými. Dusík je zde vázán na aromatická jádra huminových kyselin, fulvokyselin a huminů (www.ewa.cz).

Metody:

Celkový dusík se stanovuje podle Kjeldahla, kdy se vzorek rozloží varem s kyselinou sírovou a vzniklé NH_4^+ ionty se po alkalizaci predestilují ve formě NH_3 predestilují do roztoku H_2SO_4 nebo H_3BO_3 . Zachycený NH_3 se pak stanoví např. titrací (Zbiral a kol., 1997).

Obsah fosforu

Fosfor jako kyselina fosforečná je velmi důležitým prvkem pro výživu rostlin. Do půd se dostává hlavně zvětráváním apatitu, jako primárního fosforečného nerostu. Dále je obsažen v organických sloučeninách (fosfolipidy, nukleové kyseliny).

Metody:

Vzorek půdy se vyluhuje kyselým roztokem podle Melicha II, Melicha III nebo kyselým roztokem mléčnanu vápenatého a obsah fosforu se stanoví v půdním extraktu spektrofotometricky jako fosfomolybdenová modř (Zbiral, 1995).

6.3 Biologické vlastnosti půdy a metody jejich stanovení

Živé organismy jsou nezastupitelné pro široké spektrum procesů probíhajících v půdě. Ty jsou tvořeny podzemními částmi rostlin a edafonem. Tyto dvě základní složky se podílejí na vzniku a vývoji úrodnosti (kvality) půdy a reprezentují organismy, které svými životními procesy neustále vyvolávají biochemické a biofyzikální procesy v půdě. Proto je třeba půdy posuzovat nejen z hlediska fyzikálních a chemických, ale i z hlediska biologických vlastností.

Živé organismy půdy (edafon) pocházejí jak z říše rostlinné (fytoedafon), tak i živočišné (zooedafon). Biomasa edafonu na hektar se může pohybovat kolem 10 i více tun.

Činnost půdních organismů značně ovlivňuje jak fyzikální, tak i chemické, koloidní a biochemické vlastnosti půd. Účastní se uvolňování živin potřebných pro zdárný růst rostlin nebo poutání živin, které by rostliny jinak nemohly přijmout (vzdušný dusík). V těchto půdních organismech jsou vázány látky (imobilizovány), které by se jinak odplavily z fyziologicky účinného půdního profilu. Vylučují látky stimulující růst rostlin, produkují CO_2 atd.

Půdní mikroflóra má rozhodující vliv na procesy zvětrávání minerálů, procesy nitrifikace, denitrifikace, fixace molekulárního dusíku a zejména pak na procesy mineralizace organických látek a humifikace včetně rozkladu reziduí pesticidů.

V orných půdách jsou více rozšířeny aerobní mikroorganismy, které jsou pro tyto půdy nepostradatelné, kdežto anaerobní mikroorganismy jsou více zastoupeny v půdách neprovzdušených a v podorničních vrstvách. Organismy v půdě jsou ovlivňovány zemědělskými systémy a agrotechnickými zásahy.

Organické látky jsou využívány jako zdroj energie v průběhu metabolismu půdy. Liší se však množstvím i kvalitou. Jedním z užitečných ukazatelů funkce organických látek v půdě je míra rozložitelnosti. Za optimální lze považovat udržování množství humusu na jeho přirozené ekologické hladině. V tomto směru byl vypracován Novákem z VÚRV v Praze – Ruzyni soubor testů (www.agrokom.cz – Využití biologických testů ke kontrole změn půdní úrodnosti).

Respirometrický test a biologická aktivita půdy

Respirometrický test je založený na měření intenzity tvorby oxidu uhličitého v půdním vzorku a je měřítkem rychlosti rozkladu „dostupných“ organických látek v půdě. V modifikacích testu je stanovována rychlost rozkladu organických látek dusíkatých i bezdusíkatých. Množství vyprodukovaného CO_2 ($\text{mg} \cdot 100\text{g}^{-1}$ zeminy za hodinu) měříme v inkubovaném vzorku zeminy bez přidavku jakéhokoli substrátu (B – bazální), nebo s přidavkem živin, které mohou mikroorganismy snadno využít (potenciální). Jako zdroj uhlíku a dusíku zároveň slouží kombinace glukózy (G) a síranu amonného (N). Základní respirometrickou analýzou se tak získávají čtyři primární údaje z každého vzorku označované výše uvedenými symboly: B, G, N, NG. Z těchto hodnot vypočítané kvocienty pak slouží ke klasifikaci půdních poměrů (www.agrokom.cz – Využití biologických testů).

Parametry biologických testů

Fyziologická využitelnost půdního dusíku (N/B)

Je dána poměrem (N/B). Čím je vypočtená hodnota vyšší, tím větší je nedostatek fyziologicky využitelného dusíku. Pokud je v půdě dostatek využitelného dusíku, přidaný dusík již respiraci nezvyšuje a hodnota poměru N/B se blíží jedné.

Lehce využitelné organické látky (G/B)

Vyšší hodnoty ukazují na menší množství lehce rozložitelných organických látek.

Vzájemný poměr fyziologicky využitelného uhlíku a dusíku v půdě (G/N)

Při vyrovnaném poměru se tato hodnota rovná přibližně hodnotě 5. Nižší hodnoty znamenají nedostatek dusíku a nadbytek organických látek, naopak při vyšším poměru je nadbytek dusíku a nedostatek organických látek.

Stabilita organických látek v půdě (NG/B)

Čím je hodnota vyšší, tím větší je stabilita organických látek. Tato hodnota udává, do jaké míry je využívána potenciální schopnost mikroflóry mineralizovat organické látky v porovnání se skutečnou mineralizací.

Faktor komplexního působení f

Faktor f je dán poměrem kvocientů (NG/G) : (N/B). Odchylka od 1 udává do jaké míry ostatní, zejména fyzikální faktory, umožňují plnější využití C a N při komplexním působení než při oddělené aplikaci (www.agrokom.cz – Využití biologických testů).

Výsledky hodnocení biologické aktivity půdy ukazují na kvalitu půdního prostředí. Biologická složka půdy vnímá negativní vlivy, které ovlivňují její činnost, komplexně. Proto je prvním vhodným indikátorem poruchy půdního prostředí. (www.agrokom.cz - Biologická aktivita půdy, Novák, Apfelthaler, 1964):

Biologické půdní testy – amonizace a nitrifikace

Biologická aktivita půdy se stanovuje sérií testů metodou aerobní inkubace homogenizovaných vzorků půd při teplotě $+28\text{ }^\circ\text{C}$ (Pokorná, Novák, 1981), charakterizujících intenzitu mikrobiologických procesů v půdě. Cílem je popsat jak aktuální, tak potenciální biologické aktivity dané půdy.

Amonizační test

Amonizační test indikuje amonizační činnost mikroflóry a míru biologické sorpce organických látek půdní mikroflórou. Množství vyprodukovaného amonného dusíku je stanoveno titrací v Conway miskách, stanovením rozdílu obsahu amonného dusíku před a po inkubaci (Pokorná, Novák, 1981).

Varianty amonizačního testu umožňují posoudit aktuální obsah amonného dusíku v čerstvém půdním vzorku (Javorský et al., 1987), potenciální množství vyprodukovaného amonného dusíku v inkubovaném půdním vzorku obohaceném vodou a zároveň množství amonného dusíku, jež bylo vázáno v organických sloučeninách.

Nitrifikační test

Intenzita nitrifikace stoupá se zlepšujícími se fyzikálními vlastnostmi půdy, oxidovatelnost dusíkatých látek je stanovena nitrifikačním testem uspořádaným ve třech paralelních stanoveních v jednom vzorku: aktuální obsah dusičnanového dusíku v čerstvém vzorku, obsah dusičnanového dusíku po 7denní inkubaci při 28 °C s přidavkem vody a obsah $N.NO_3^-$ po 7denní inkubaci s přidavkem amonného dusíku formou síranu amonného (Pokorná, Novák, 1981).

Získáváme hodnoty aktuálního obsahu dusičnanového dusíku, hodnoty kvantifikující celkovou tvorbu nitrátů v přirozeném substrátu a potenciální nitrifikaci, tedy maximální schopnost půdy produkovat nitrátový dusík za nadbytku amonného dusíku v substrátu.

Biologické charakteristiky půdy – studium žížal

Významnou skupinou, která se používá pro bioindikaci a monitorování změn v půdě, jsou žížalovití. V rámci této skupiny máloštětinatých červů se rozlišují tři základní ekologické skupiny – žížaly epigeické, které se vyskytují na povrchu půdy v organickém materiálu, žížaly endogeické, které se pohybují ve svrchní vrstvě půdy v horizontálních chodbičkách, a žížaly anektické, které si vytváří rozsáhlé hluboké systémy chodeb.

Vzorkování společenstev žížal většinou spočívá v jejich tzv. individuálním sběru na lokalitě, který postihne první dvě zmiňované skupiny. Druhou metodou je odběr půdních vzorků s jejich následným ručním rozborem nebo tepelnou extrakcí pomocí speciálních extraktorů (Tuf, Tvrđík, 2005), touto metodou lze postihnout zástupce druhé a částečně i třetí skupiny. Anektické žížaly se poté vypuzují z půdy například zalitím povrchu půdy slabým roztokem formaldehydu (0,5 %) nebo pomocí elektřiny. K determinaci jednotlivých druhů žížal lze s úspěchem použít například monografii „Žížaly České republiky“ (Pižl, 2002).

7. Citovaná a další použitá literatura

- Arshad, M.A., Coen, G. M (1992): Characterization of soil quality: Physical and chemical criteria. *Am. J. Alt. Agric.*, 7: 5 - 12.
- Bedrna, Z. (2002): *Environmentálne pôdoznalectvo*. Veda, Bratislava, 352 p.
- Coleman, D.C., Crossley, D.A., Jr., Hendrix, P.F. (2004): *Fundamentals of Soil Ecology*. Academic Press, San Diego, California.
- Doran, J.W., Parkin, T.B. (1996): Quantitative indicators of soil quality: a minimum data set In: Doran, J.W. et Jones, A.J. (Eds.): *Methods for assessing soil quality*. Soil Science Society of America, Inc., Madison, WI: 25-38.
- Drbal, J. (1971): *Praktikum meliorační pedologie*. SPN Praha.
- Dunger, W. (1964): *Tiere im Boden. Die neue Brehm-Bücherei*. Ziemsen Verlag Wittenberg Lutherstadt, 265 p.
- Dykyjová, D. a kol. (1989): *Metody studia ekosystémů*. Academia, Praha, 690 p.
- Górny, M., Grüm, L. (1993): *Methods in Soil Zoology*. Elsevier and PWN.
- Jandák, J., Prax, A., Pokorný, E. (2001): *Půdoznalství*. Ediční středisko MZLU, Brno, 142 p.
- Jandák, J. et al. (1989): *Cvičení z půdoznalství*. VŠZ Brno, 213 p.
- Javorský, P., Fojtíková, D., Kalaš, V., Schwarz, M. (1987): *Chemické rozbory v zemědělských laboratořích*. Díl I., České Budějovice, Ministerstvo zemědělství a výživy ČSR, 397 p.
- Kuřílek M. (1978): *Vodohospodářská pedologie*. SNTL, Praha, 295 p.
- Lhotský, J. a kol. (1984): *Soustava opatření k zúrodnování zhutněných půd*. Metodika ÚVTIZ, Praha, 39 p.
- Němeček, J., Smolíková, L., Kuřílek, M. (1990): *Pedologie a paleopedologie*. Academia, Praha, 546 p.
- Novák, B., Apfelthaler, R. (1964): Příspěvek k metodice stanovení respirace jako indikátoru mikrobiologických pochodů v půdě. *Rost. výr.* 10: 145 - 150.
- Novák, B. (1969): Respirace vzorků z profilů hlavních půdních typů. *Rostlinná výroba* 15(XLII) č. 2: 151-155.
- Pižl, V. (2002): Žížaly České republiky. *Sborník Přírodovědeckého klubu v Uherském Hradišti, Suppl.* 9: 1 - 154.
- Pokorná, J., Novák, B. (1981): Zpřesněná metodika biologického hodnocení půdy. In: Pokorná, J., Novák, B. (1981): *Mikrobiální procesy v intenzivně využívaných orných půdách, [závěrečná zpráva]* Praha, VÚRV Praha-Ruzyně, 40 p.
- Pokorný, E., Štářková, R., Podešvová, J.: Půdní humus, vybrané kapitoly z metodiky. *Obilnářské listy*, roč.9, č.5: 101 - 104
- Pokorný, E., Šarapatka, B. (2003): *Půdoznalství pro ekozemědělce*. Ústav zemědělských a potravinářských informací, Praha, 40 p.
- Prax, A., Jandák, J., Pokorný, E. (1997): *Půdoznalství*. Skriptum, MZLU v Brně, 153 p.
- Preuschen, G. (1987): *Die Kontrolle der Bodenfruchtbarkeit - Eine Anteilung zur Spatendiagnose*. Kaiserlautern.
- Richter, R., Hlušek, J. (1999): *Výživa a hnojení rostliny - obecná část*. MZLU, Brno, 177 p.
- Richter, R. (1997): *Půdní úrodnost*. Ministerstvo zemědělství ČR, Praha, 36 p.
- Roming, D.E., Garlynd, M.J., Harris, R.F. (1996): Farmer-based assessment of soil quality: a soil health scored. In: Doran, J.W. et Jones, A.J. (Eds.): *Methods for assessing soil quality*. Soil Science Society of America, Inc., Madison, WI: 39 - 60.
- Rychnovská, M. a kol. (1987): *Metody studia travních ekosystémů*. Academia, Praha, 269 p.
- Sáňka, M., Materna, J. (2004): *Indikátory kvality zemědělských a lesních půd ČR*. Planeta 11/2004, MŽP, Praha, 84 p.
- Sarrantonio, M., Doran, J.W., Liebig, M.A., Halvorson, J.J. (1996): On farm assessment of soil quality and health. In: Doran, J.W. et Jones, A.J. (Eds.): *Methods for assessing soil quality*. Soil Science Society of America, Inc., Madison, WI: 83 - 106.
- Sotáková, S. (1982): *Organická hmota a úrodnost půdy*. Příroda, Bratislava, 234 p.
- Šarapatka, B., Dlapa, P., Bedrna, Z. (2002): *Kvalita a degradace půdy*. Olomouc: 246 p.
- Šimek, M. (2003): *Základy nauky o půdě*. Biologická fakulta JU, České Budějovice: 99 - 100.
- Šimon, J. Lhotský, J. (1989): *Zpracování a zúrodnění půd*, SZN, Praha.
- Teksl, M. a kol. (1981): *Praktická cvičení z rostlinné výroby*. SZN Praha, 1981, 320 p.
- Tomášek M. (2000): *Půdy České republiky*. ČGU, Praha, 68 p.

- Tuf, I. H., Tvardík, D. (2005): Heat-extractor – an indispensable tool for soil zoological studies. In: Tajovský, K., Schlaghamerský, J., Pižl, V. (eds.): Contributions to Soil Zoology in Central Europe I. ISB AS CR, České Budějovice: 191 – 194.
- Úlehlová, B. (1968): Mikrobiologie lučních půd. Vysoká škola zemědělská v Brně, 61 p.
- Zbíral, J. (1995): Analýza půd I – jednotné pracovní postupy. ÚKZÚZ Brno.
- Zbíral, J. (1996): Analýza půd II – jednotné pracovní postupy. ÚKZÚZ Brno.
- Zbíral, J., Honsa, I., Malý, S. (1997): Analýza půd III – jednotné pracovní postupy. ÚKZÚZ Brno.

Další odkazy

- www.agroweb.cz
- www.ceu.cz
- www.ceu.cz/puda/
- www.ewizard.cz
- www.zeraagency.eu

8. Přílohy

Navrhované hodnoty vybraných vlastností A horizontu na ekologicky hospodařících farmách – travní porosty

(Hodnocení vychází z analýz cca 100 vzorků z 4 letého sledování ekologických farem v ČR. Níže uvedené doporučené hodnoty budou upřesňovány v rámci širšího spektra vzorků v následujících letech sledování.)

Kategorie	Velmi nízká	Nízká	Střední	Vysoká	Velmi vysoká
Objemová hmotnost (g.cm ⁻³)	pod 1	1,01 - 1,1	1,11 - 1,2	1,21 - 1,3	nad 1,3
Maximální kapilární kapacita (%)	pod 33	33 - 37	37 - 41	41 - 44	nad 44
Minimální vzdušnost (%)	pod 7	7 - 9	9 - 11	9 - 13	nad 13
Nasáklivost (%)	pod 40	40 - 45	45 - 50	50 - 55	nad 55
Retenční vodní kapacita (%)	pod 25	25 - 28	28 - 32	32 - 35	nad 35
Pórovitost (%)	pod 40	40 - 45	45 - 50	50 - 55	nad 55
Obsah humusu (%)	pod 3,5	3,5 - 4,5	4,5 - 5,5	5,5 - 6,5	nad 6,5
Kvalita humusu (HK/FK)	pod 0,2	0,2 - 0,3	0,3 - 0,4	0,4 - 0,5	nad 0,5
Výměnná půdní reakce (pH/KCl)	pod 4,8	4,8 - 5,1	5,1 - 5,4	5,4 - 5,7	nad 5,7
Obsah výměnného draslíku (mg.kg ⁻¹)	pod 100	100 - 160	160 - 210	210 - 270	nad 270
Obsah výměnného vápníku (mg.kg ⁻¹)	pod 1000	1000 - 1400	1400 - 1800	1800 - 2200	nad 2200
Obsah výměnného hořčíku (mg.kg ⁻¹)	pod 80	80 - 100	100 - 120	120 - 140	nad 140
Kationtová výměnná kapacita (mmol.kg ⁻¹)	pod 180	180 - 200	200 - 220	220 - 240	nad 240
Obsah draslíku podle AZP (mg.kg ⁻¹)	pod 90	90 - 130	130 - 160	160 - 190	nad 190
Obsah fosforu podle AZP (mg.kg ⁻¹)	pod 20	20 - 40	40 - 60	60 - 80	nad 80
Obsah hořčíku podle AZP (mg.kg ⁻¹)	pod 50	50 - 65	65 - 80	80 - 95	nad 95

Obsah celkového dusíku (%)	pod 0,15	0,15 - 0,20	0,20 - 0,25	0,25 - 0,30	nad 0,30
Vodivost vodního výluhu (uS.cm ⁻¹)	pod 40	40 - 50	50 - 60	60 - 70	nad 70
Obsah jílnatých částic (%)	pod 25	20 - 30	30 - 35	35 - 40	nad 40
Bazální respirace (mg CO ₂ .100g ⁻¹ za hod.)	pod 0,9	0,9 - 1,0	1,0 - 1,2	1,2 - 1,3	nad 1,3
Fyziologická využitelnost dusíku (A/B)	pod 1,0	1,0 - 1,1	1,1 - 1,2	1,2 - 1,3	nad 1,3
Lehce využitelné organické látky (G/B)	pod 3	3,0 - 3,5	3,5 - 4,0	4,0 - 4,5	nad 4,5
Fyziologický poměr C/N (G/A)	pod 2,5	2,5 - 3,0	3,0 - 3,5	3,5 - 4,0	nad 4
Stabilita organických látek (NG/B)	pod 4	4 - 5	5 - 6	6 - 7	nad 7
Faktor komplexního působení	pod 1	1,0 - 1,2	1,2 - 1,4	1,4 - 1,6	nad 1,6

Srovnání doposud zjištěných výsledků s limity pro konvenční zemědělství ukazuje, že fyzikální vlastnosti vykazují v ekologickém zemědělství podstatně lepší hodnoty. V konvenčním zemědělství je limitní hodnota objemové hmotnosti 1,45 g.cm⁻³ a v našem hodnocení je za vysokou považována již objemová hmotnost 1,3 g.cm⁻³. Podobně u pórovitosti je v konvenčním zemědělství kritická hodnota 40 % a málo A horizontů má pórovitost nad 45 %. Z výsledků získaných na ekologických farmách vyplývá, že střední rozmezí je mezi 45 - 50 %. Obsahy fosforu jsou na ekologických farmách pod travními porosty (střední hodnoty 40 - 60 mg.kg⁻¹) ve srovnání s konvenčními (střední hodnoty 51 - 90 mg.kg⁻¹) sniženy. Podobně je tomu u draslíku, kde na ekologických farmách je střední hodnota obsahu 130 - 160 mg.kg⁻¹ a na konvenčních 161 - 250 mg.kg⁻¹ a u hořčíku jsou hodnoty pro ekologické farmy v intervalu 65 - 80 mg.kg⁻¹ a pro konvenční 131 - 170 mg.kg⁻¹. Ve srovnání s konvenčním způsobem hospodaření je ekologické zemědělství daleko lépe vyrovnáno se zasoleností půd měřenou elektrickou vodivostí vodního výluhu, kdy v ekologickém zemědělství není dosahováno hranice 120 uS.cm⁻¹. Za závažné lze považovat nízké hodnoty půdní reakce v ekologickém zemědělství, zde bude potřeba věnovat vápnění daleko více pozornosti než doposud. Biologickou aktivitu hodnotit nelze neboť nemáme srovnávací hodnoty z konvenčního zemědělství.

Výše uvedené porovnání má pouze orientační charakter, neboť výsledků komplexního sledování ekofaremu je velmi málo, srovnání je velmi obtížné a mnohdy ani nevíme, kde leží optimum. Veškeré kategorizace zásobenosti živinami jsou v konvenčním zemědělství vztahovány k dosaženému výnosu, v ekologickém zemědělství je nutné si s větším důrazem klást i otázky typu: jak na to reaguje půda? Pokud se podíváme na biologickou aktivitu půdy, pak v konvenčním zemědělství není standardně testována a i proto je cesta srovnávání hodnot konvenční vs. ekologické zemědělství v řadě parametrů nevhodná. Důležitější je sledovat změny uvnitř agroekosystému ekologického zemědělství a půdní vlastnosti dávat do vztahu k dalším charakteristikám systému.

Výsledky jsou výstupem výzkumného úkolu QD 1236 Technologie nestájového chovu ovcí pro marginální oblasti a podniky ekologického zemědělství v letech 2001 - 2004 (Závěrečná zpráva projektu QD 1236 Mze NAZV). Zpracování metodické pomůcky bylo možné i díky grantu MŠMT - Národní program výzkumu II č. 2B06101 (Optimalizace zemědělské a říční krajiny v ČR s důrazem na rozvoj biodiverzity).

Metodická pomůcka byla vytvořena v podpůrném programu 9.F.g
Metodická činnost k podpoře zemědělského poradenského systému
Ministerstva zemědělství ČR

Název	Metodická pomůcka Hodnocení kvality půdy v ekologicky hospodařícím podniku
Recenzent	RNDr. Pospíšilová Ľubica, CSc. Příručka prošla jazykovou korekturou
Vydává Místo a rok vydání	ZERA – Zemědělská a ekologická regionální agentura, o.s. Náměšř nad Oslavou, 2007
Vydání	první
Náklad	300 ks
Distribuce a příjem objednávek	ZERA – Zemědělská a ekologická regionální agentura, o.s. V. Nezvala 977, 675 71 Náměšř nad Oslavou, Tel.: 568 620 070, e-mail: info@zeraagency.eu www.zeraagency.eu

ISBN

80 - 903548 - 5 - 8