



6 Výživa rostlin a hnojení

6.1 Teorie a specifika výživy rostlin v EZ

Základními atributy života, tedy existence živých organismů, jsou aktivní a organizovaná přeměna látek, růst, vývoj a reprodukce. Živé organismy reagují na podmínky a informace z okolního prostředí, komunikují a vzájemně na sebe působí, organizují se do společenstev. Projevují soustavnou tendenci k homeostáze – tj. k udržování ustálených stavů a poměrů. Základem výživy organismů planety a také základem zemědělství je **fotosyntéza**. Vytvoření sacharidy pak slouží rostlinám jako zdroj energie a základní stavební materiál pro metabolické pochody, nezbytné pro růst, vývoj a reprodukci. Fotosyntéza je prvotním a základním krokem procesů, které zahrnujeme pod pojem výživa rostlin. Biogenní prvky **uhlík, vodík a kyslík** získávají rostliny ze vzduchu a vody. V následném řetězci konzumentů je energie slunce ve formě organických látek zprostředkovávána také dalším organismům a částečně i dlouhodobě zakonzervována v humusu, popřípadě fosilních palivech. Pod pojmem výživa rostlin rozumíme procesy, při kterých rostlina souběžně se svým růstem a vývojem čerpá určité látky z vnějšího prostředí nebo je vyměňuje za jiné, tyto látky přemísťuje mezi svými orgány a přeměňuje na sobě vlastní. Rostlina spotřebovává na tyto procesy energii, kterou prvotně zachycuje ze slunečního záření. Výživa rostlin je tedy fyziologický proces, úzce spjatý s fotosyntézou a přirozeným koloběhem látek. Teorie výživy rostlin je součástí biologických vědních disciplín fyziologie a biochemie. V souhrnu jsou pro rostliny nezbytné následující prvky neboli živiny:

uhlík (C), vodík (H), kyslík (O), dusík (N), fosfor (P), draslík (K), vápník (Ca), hořčík (Mg), síra (S), železo (Fe), mangan (Mn), zinek (Zn), měď (Cu), bor (B), chlor (Cl), molybden (Mo).

Nezbytné nebo užitečné jsou i mnohé další prvky, jejichž efekty jsou popsány ve specializované literatuře.

Sacharidy i všechny ostatní organické látky živých organismů obsahují prvky **uhlík, vodík a kyslík**. Mimo rostliny a některé nižší organismy, například sinice, je celý řetězec, zahrnující organismy na různých trofických úrovních včetně člověka a také podstatnou část **edafonu**, organismů, které oživují a zúrodňují půdu, odkázán **na organickou výživu**, jejímž prvotním zdrojem jsou rostliny. Od fotosyntetické produkce se odvíjí a je s ní úzce spjata i úrodnost půdy. Chlorofyl, zelené barvivo rostlin, které umožňuje průběh fotosyntézy, má složitou porfyrinovou složku. Ta obsahuje mimo již uvedené prvky dále **dusík a hořčík**. V procesu fotosyntézy, ale i v opačném procesu dýchání, hraje nepostradatelnou úlohu železo.

Řízení přeměny látek v organismech, tedy metabolických pochodů, se zúčastňují biologické katalyzátory – **enzymy**. **Bílkoviny**, základní složky enzymů, se skládají z aminokyselin. Tyto sloučeniny obsahují mimo uhlík, vodík a kyslík také dusík a některé navíc i **síru**. V enzymech jsou na bílkoviny navázány další složky, určující jejich funkci – často jsou to sloučeniny ze skupiny nukleotidů nebo atomy některých prvků, které z hlediska výživy rostlin zařazujeme mezi **prvky stopové** (železo, mangan, zinek, měď, kobalt, bor, molybden aj.). **Nukleotidy** se skládají ze sacharidové složky (uhlík, vodík, kyslík) a purinové nebo pyrimidinové báze (dusíkaté sloučeniny) a jsou jednou ze základních složek **nukleových kyselin** – nositelů informací o tom, jak má daný organismus vypadat a fungovat a jak má své vlastnosti přenášet na potomstvo.

Ze složení nukleových kyselin je zřejmé, že nezbytným prvkem pro živé organismy, tedy biogenním prvkem, je **fosfor**. Nukleotidfosfáty, zejména adenosintrifosfát (ATP), přenášejí v buňkách energii. **Fosfolipidy** jsou stavebními prvky všech **buněčných membrán** – plazmale-

Při užití jde o procesy, kdy rostlina přijímá určité látky z vnějšího prostředí, tyto látky přemísťuje mezi svými orgány a přeměňuje na sobě vlastní. Pro rostliny je nezbytná v určitém množství řada prvků, o jejichž zdrojích a zpřístupňování v půdě by měl mít ekologický zemědělec základní informace

Symbióza vřivkovitých rostlin s hlřzkovými bakteriemi má zásadní význam pro zemědělství a zvláště pro EZ

my, tonoplastu, membrán chloroplastů (fotosyntetizujících organel) a mitochondrií (dýchacích organel), buněčného jádra aj. Membrány určují integritu a strukturu buněk a organel. Na membránách a přes membrány se uskutečňují mnohé biochemické reakce a transporty látek. Fosfor je spolu s vápníkem podstatnou součástí kostí obratlovců. Minerální fosfáty jsou rozptýleny v horninách, půdách a vodstvech po celé planetě.

Hořčík je nejen nezbytným centrálním atomem porfyrinového cyklu v chlorofylu, ale také prvkem, který zajišťuje funkční strukturu ribozomů, podílejících se na produkci bílkovin. Zúčastňuje se též mnohých enzymatických reakcí.

Vápník jako dvojmocný kationt ve vazbě na pektin stabilizuje buněčné stěny a často slouží k neutralizaci a vykrystalizování přebytečných kyselin a k úpravě reakce. Vápník je podstatnou součástí kostí obratlovců a schránek vodních živočichů. Za uplynulé stovky milionů let se nahromadily ostatky organismů jako uhličitany vápenaté a hořečnaté do rozměrů vápencových a dolomitových pohoří. Jsou zdrojem vápenatých a hořečnatých hnojiv a také depozitem oxidu uhličitého, vyprodukovaného předchozími generacemi živočichů.

Jednomocné kationty **draslíku** a v menším zastoupení i **sodíku** spolupůsobí při úpravě buněčného prostředí – jeho reakce (snížení kyselosti), osmotického tlaku, elektrické vodivosti a dalších podmínek. V důsledku toho mají tyto prvky vliv na transport látek a na průběh biochemických reakcí. Pravěká moře vytvořila ložiska zásob solí sodíku, draslíku a hořčíku, která v moderní době využíváme k výrobě hnojiv.

Dusík čerpají rostliny z půdy, do té se však dostává ze vzduchu, hlavně biologickým procesem. Vzdušný dusík jsou schopné asimilovat jen některé mikroorganismy – v půdě volně nebo symbioticky žijící bakterie, aktinomycety a sinice. Symbiotické rhizogenní bakterie a aktinomycety získávají organickou výživu od svého hostitele – rostliny. Volně žijící fixátoři vzdušného dusíku, mimo autotrofní sinice, potřebují pro

svou výživu organický substrát – živný humus, tedy opět primárně produkt fotosyntézy rostlin. Pro mikroorganismy, fixující vzdušný dusík, je důležitou živinou kobalt. Symbióza vřivkovitých rostlin (leguminóz) s hlřzkovými bakteriemi má zásadní význam pro zemědělství a zvláště pro EZ. Jeteloviny musí být zastoupeny v osevních postupech zemědělských podniků takovou měrou, aby stačily zásobit půdu dusíkem pro následné plodiny (včetně krmných i tržních). Krmné plodiny alespoň částečně vracejí dusík do půdy prostřednictvím statkových hnojiv. V tržních plodinách (obiloviny, okopaniny, technické plodiny...) a v produktech živočišných (maso, mléko, živá zvířata na prodej) dusík odchází ze zemědělství. Leguminózy poutají v závislosti na druhu a na podmínkách prostředí od několika desítek kg dusíku (luskoviny jako hrách, peluška aj.) až po několik set kg dusíku na hektar za rok (jetele, vojtěška).

V EZ není dovoleno používání lehce rozpustných, syntetických dusíkatých hnojiv, tzn. ledků, včetně ledku chilského, i když je přírodního původu, síranu amonného a například močoviny, která je sice organickou sloučeninou, avšak pro účely hnojení se ve velkém měřítku vyrábí synteticky.

Dusík je i součástí **humusu**, který se více či méně intenzivně a různými způsoby zúčastňuje výměny živin jako jejich přístupná zásobárna. Živný humus se v průběhu mnoha let postupně z větší části rozkládá, mineralizuje, až na živiny znovu přístupné rostlinám. Z menší části přispívá k tvorbě humusu trvalého, jehož funkce ve výživě rostlin spočívá zejména v regulaci hospodaření půdy s vlhokou a živinami. Humus má pro živiny obrovskou sorpční, poutací kapacitu. Spolu s jílovými minerály a dalšími složkami půdy vytváří organominerální sorpční komplex. Mobilizace dusíku v půdě se urychluje provzdušňováním (orba, kultivace), přiměřenou závlahou a také organickým hnojením s úzkým poměrem uhlíku k dusíku (C:N). Jde o tzv. „priming efekt“, kdy přidaný dusík, v EZ tedy organické hnojení, na určitou dobu podníti mineralizační činnost edafonu. Takto zmobilizovaný „dusík navíc“ je k dispozici rostlinám, je to však dočasně na úkor živného humusu a za určitých podmínek je tento dusík ohrožen ztrátami vyplavením nebo denitrifikací.

Ve prospěch EZ, pokud jde o neproduktivní ztráty dusíku z půdy, vypovídají mimo jiné následující okolnosti:

- jednotlivá hospodářství nedisponují v celkové bilanci nadbytečným dusíkem – spíše naopak (proto se ekozemědělci snaží o jeho maximální recirkulaci a minimalizaci ztrát),

Důvody, proč se EZ zřiká používání synteticky vyrobených dusíkatých hnojiv:

- aby se nevytvořila umělá nerovnováha v půdním roztoku a rostliny nebyly jednostranně vyživovány (přehnojovány)
- aby nebyli přitahováni škůdci rostlin, které láká vysoký obsah dusíku v pletivech rostlin
- aby nebyl omezován (ničen) půdní život
- aby se neplýtvalo energií při výrobě dusíkatých hnojiv
- aby se ekozemědělci museli snažit dobře hospodařit s dusíkem (pěstování vřivkovitých rostlin a správné nakládání s organickou hmotou), což přináší další pozitiva pro celkovou úrodnost půdy

- organická hnojiva ekologické farmy mají zřídka (s výjimkou močůvky a kejdy) příliš úzký poměr uhlíku k dusíku (C : N),
- prvotním zdrojem dusíku je fixace vzdušného molekulárního dusíku (N_2), která probíhá souběžně se spotřebou, tj. s růstem biomasy vikvovitých rostlin a rostlin, které je doprovázejí (jetelotravní, luskovinoobilní směsky).

Jinak je tomu v konvenčním zemědělství, kde se používají jednorázové dávky koncentrovaných dusíkatých hnojiv (nitratové a amonné formy, močovina) bez vazby na organickou hmotu.

Rostliny mohou přijímat dusík z půdy ve formě některých organických látek. Hlavní význam se však přisuzuje příjmu iontů – **dusičnanového (NO_3^-)** a **amonného (NH_4^+)**. Při mineralizaci, tj. při mikrobiálním rozkladu organické hmoty (živného humusu, posklizňových zbytků, zeleného hnojení a jiné biomasy, hnoje, kompostu atd.), se prvotně do půdy uvolňuje amoniak (NH_3), který ve vodním prostředí přechází na amonný kationt (NH_4^+). Tento kationt je v našich typech půd dobře poután organominerálním sorpčním komplexem. Při hnojení hnojem, kejdou a močůvkou je však podmínkou rychlé zapravení do vrstvy půdy, jinak může značná část dusíku vyprchat.

I přes uvedenou schopnost půdy sorbovat kationty zůstává zásoba amonného dusíku v zemědělské půdě zpravidla na relativně nízké úrovni. Soustavně dochází k odčerpávání amonných iontů z půdy rostlinami a v první řadě komplexem bakterií, které je oxidují, nitrifikují postupně až na dusičnanový dusík. Ten je také průběžně odčerpáván rostlinami. Je-li však dočasně v přebytku, může docházet ke ztrátám. Dusičnanové anionty jsou našimi půdami jen velmi slabě sorbovány. Snadno se přemísťují v půdním roztoku – difúzí směrem k oblastem odčerpávání (třeba ke kořenům rostlin). Při vydatnějších vodních srážkách se dusičnany vyplavují do hlubších vrstev půdy, popřípadě až do podzemní vody, což má nepříznivé dopady na jakost zdrojů pitné vody.

Dalším velmi významným procesem v půdě, vedoucím ke ztrátám dusíku, je denitrifikace. Komplex denitrifikačních bakterií redukuje dusičnany na níže oxidované plynné produkty, které z půdy unikají do ovzduší. Denitrifikátorům vyhovuje dostatek organické hmoty v půdě ve vrstvách a zónách s nižším obsahem kyslíku. K denitrifikaci přispívá utužení půdy a její špatné provzdušnění.

Agroekosystémy zpravidla, na rozdíl od přirozených ekosystémů s velmi pestrou a bohatou biodiverzitou, ochuzují půdu o humus. Nejvíce se humus odbourává v okopaninách a jiných ši-

rokořádkových plodinách. Naopak víceleté pícniny (jetelo- a vojtěškotravní směsi), dokážou humus v půdě opět akumulovat. I to je důvod pro jejich dostatečné zastoupení, chceme-li dlouhodobě udržet úrodnost půdy.

Nebezpečná pro půdu je vodní a větrná eroze, která ztenčuje úrodnou, humusem a živinami bohatou vrstvu. Před erozí a před ztrátami živin půdu nejlépe chrání soustavný vegetační pokryv – ten zajišťuje sepětí procesů v půdě s fotosyntetickou produkcí, kdy probíhá obnova humusu a souběžně recyklace živin. Tak například po zaorání víceletých pícnin (jetelovin, jetelotrav), nesmí půda do výsevu nebo výsadby následné plodiny zůstat zbytečně dlouho obnažená. Vegetační pokryv – třeba meziplodina na zelené hnojení – spotřebovává dusík, který se uvolňuje (mobilizuje) mineralizací a zajišťuje tak biologickou sorpci. K té může přispět také přiměřené množství dusíkem chudší organické hmoty (slámy), kterou zapravíme mělce do půdy. Spotřeba dusíku meziplodinou, popřípadě půdními mikroorganismy za nadbytku uhlíku v poměru k dusíku (C : N) mineralizovaný dusík opět dočasně imobilizuje a chrání před ztrátami.

Mimo dusík mají všechny **ostatní živiny** – vápník, hořčík, fosfor atd., svůj původ v minerálech a horninách, v půdotvorném substrátu, ze kterého vznikla a nadále se vyvíjí půda. Tyto biogenní prvky se postupně uvolňují ze svých pevných chemických vazeb téměř nerozpustných sloučenin až do rozpustných forem a dostávají se do půdního roztoku jako volné kationty a anionty. Ty jsou pak udržovány v půdě jako zásoba rostlinám přijatelných živin různými mechanismy sorpce a soustavnou recyklací. Hlavní roli hrají fyzikálně-chemická sorpce výměnná (zejména pro vápník, hořčík a draslík a pro další jednomocné a dvojmocné prvky), chemická sorpce (fosfor, síra aj.) a sorpce biologická (dusík, fosfor aj.). Přejechy mezi jednotlivými formami, frakcemi živin od málo přístupných přes více či méně snadno přístupné až po jejich iontové formy v půdním roztoku (a naopak) probíhají neustále, přičemž se uplatňuje tendence k obnovování rovnovážných stavů. Za přirozených podmínek je momentální obsah živin v půdním roztoku vždy relativně nízký ve srovnání s celkovou potřebou rostlin na jedné straně a na druhé straně s celkovou potenciálně přístupnou zásobou. Průběžně se však do roztoku uvolňují nové a nové ionty za ty, které rostliny odebraly. Odběr tak pohání desorpce živin.

Mimořádný význam pro výživu fosforem, ale i ostatními živinami mají různé formy soužití rostlin s bakteriemi, aktinomycetami a houbami. Rostlina vyměšuje svými kořeny do půdy i organické látky a odumřelé buňky, kterými rhizosférické mikroorganismy vyživuje.

Mimo dusík mají další živiny svůj původ v minerálech a horninách, v půdotvorném substrátu, ze kterého vznikla půda

Při povrchu kořenů a v těsném okolí je tak několikanásobně vyšší aktivita edafonu než ve vzdálenějších zónách. Mnohé z rhizosférických mikroorganismů mají účinnější výbavu enzymů a dalších látek, kterými dokážou uvolňovat pro sebe i pro hostitelské rostliny živiny z hůře přístupných organických a minerálních forem. Některé druhy hub žijí s rostlinami ve velmi těsné symbióze, tzv. endomykorrhize. Části svých hyf se houba rozrůstá uvnitř buněk kořenů, kde získává organickou výživu. Vně kořenů se hyfy rozrůstají do objemu půdy, který by sama rostlina nedokázala využít. **Mykorrhiza** zlepšuje příjem živin a celkovou vitalitu a odolnost rostlin. Opakovaně bylo prokázáno, že mykorrhiza i mnohé další formy vzájemně užitečného soužití rostlin s mikroorganismy fungují lépe v půdách, na kterých se hospodáří ekologicky, bez používání syntetických pesticidů a rychle účinných minerálních hnojiv.

Určité formy živin v půdě stanovujeme laboratorními rozbory – např. dlouhodobě a pravidelně v cyklech **agrochemického zkoušení půd (AZP)**. Při AZP se stanovují zásoby těch forem živin, které jsou rostlinám relativně snadno přístupné. Celková zásoba živin v půdě je mnohonásobně větší, jejich zpřístupňování je však příliš pomalé. Proto zjišťujeme, zda nedošlo i přes pravidelné úhrady bilanční spotřeby živin (v EZ hlavně statkovými hnojivy a komposty) k poklesu obsahu přístupných forem fosforu, draslíku nebo hořčíku z kategorie dobré zásoby na zásobu vyhovující nebo až nízkou. Pak je vhodné dosytit zásobu příslušné živiny v půdě minerálními hnojivy, povolenými zákonem o EZ a aktuální prováděcí vyhláškou. Při AZP se určuje také výměnná půdní reakce.

Mimo absolutní úroveň zásob jednotlivých živin můžeme také zjistit jejich vzájemné poměry, neboť mezi prvky se uplatňují konkurenční (antagonistické) nebo naopak spolupracující (synergické) vztahy. Zvláště výrazně se projevuje antagonismus mezi kationty vápníku, draslíku a hořčíku. Velmi prospěšné je tedy stanovení kationtové výměnné kapacity půdy (KVK) a podílů jejího nasycení jednotlivými kationty. Můžeme například zjistit, že i přes absolutně dobré zásobení půdy hořčíkem je draslík ve výrazné převaze, a proto rostliny trpí nedostatkem hořčíku.

Zkušený praktik dokáže do určité míry posoudit stav výživy rostlin i podle zjevných příznaků – projevů případných deficitů nebo nadbytků či vzájemných disproporcí mezi živinami. Pomůckou k objektivnějšímu určení diagnózy jsou publikovaná vyobrazení vizuálních symptomů. Další doplňkovou metodou pro diagnózu stavu výživy rostlin jsou rozbory listů,

případně plodů. Výsledky hodnotíme pomocí tabulek, které uvádějí pro jednotlivé druhy rostlin obsahy vyhovující, nedostatečné a nadbytečné.

Výživa rostlin má výrazný vliv na kvalitu zemědělských produktů – pekařskou hodnotu obilí, skladovatelnost okopanin a ovoce, nutriční hodnotu píce a pastvy atp. Přiměřená a harmonická výživa rostlin je důležitým předpokladem pro jejich odolnost vůči stresům – mrazu, nedostatku vláhy, napadení chorobami a škůdci.

Na tomto místě lze položit otázku: Potřebují rostliny (pomineme-li rostliny vodní, epifytní a průkopnické) pro svůj život a růst půdu? Odpověď (pro konvenční zemědělství) je jednoznačně záporná – nepotřebují. Již ve třicátých letech devatenáctého století formuloval Justus von Liebig minerální teorii výživy rostlin. On, ale i někteří jeho předchůdci o několik desítek let dříve zjistili, že rostliny lze pěstovat ve vodních roztocích minerálních solí nezbytných prvků. Od té doby se stalo pěstování rostlin v živných roztocích – v hydroponii, běžnou záležitostí nejen při výzkumu výživy rostlin. Zajímavou a opomíjenou skutečností však je, že sám Liebig v pozdějších letech dospěl k přesvědčení, že se nelze dlouhodobě spoléhat jen na minerální hnojení a opomíjet péči o úrodnost půdy, zahrnující organické hnojení.

Mnozí praktici, ale i někteří výzkumní pracovníci a poradci více či méně zaměřují nebo ztotožňují pojmy výživa rostlin a hnojení. Konvenční zemědělská praxe často opomíjí zprostředkovatelskou úlohu půdy a její živé složky. Aplikací hnojiv, až na výjimky, jaké představuje zmíněná hydroponie nebo hnojivé postřiky na list, „nekrmíme“ přímo rostliny. Zvláště v EZ se dbá na udržování a zlepšování úrodnosti půdy, které je nemyslitelné bez organického hnojení, výživy edafonu. K zásadám EZ patří i snaha o maximální recyklaci živin, tj. jejich vracení do koloběhu, aby generace současníků nečerpala nadměrně neobnovitelné zdroje a neznečišťovala životní prostředí.

Výživa rostlin je soubor fyziologických pochodů, kdežto hnojení, tedy různé formy aplikace hnojiv, je jedním z agrotechnických opatření (kultivace půdy, závlaha, střídání plodin aj.) kterými můžeme přispívat k optimalizaci výživy rostlin. Nabídka živin hnojením by neměla předstihovat potřebu rostlin, která je určována souborem faktorů, limitujících na daném stanovišti výkon fotosyntézy. Hnojení by mělo udržovat a zlepšovat úrodnost půdy, poskytovat organickou výživu edafonu, vracet živiny do koloběhu (organické hnojení ze zdrojů vlastního statku) a doplňkově zajišťovat úhradu živin exportovaných z pozemků a z hospodářství v zemědělských produktech. Dočasně vyšší než

Zásobenost půdy živinami zjistíme z pravidelně prováděného agrochemického zkoušení půd. Jeho výsledky nám pomohou při rozhodování o používání jednotlivých hnojiv povolených zákonem o ekologickém zemědělství

Hnojením bychom měli udržovat a zlepšovat úrodnost půdy, zásobovat edafon organickou hmotou, vracet živiny do koloběhu a doplňkově zajišťovat úhradu živin exportovaných ze systému v produktech

bilanční dávky živin jsou opodstatněné v případech, kdy je třeba v půdě dosytit nedostatečný obsah určité živiny. Pro EZ obzvlášť platí, že hnojíme půdu, ne rostliny. Organickým hnojením podporujeme biologickou aktivitu půdy, která je základem její úrodnosti. Biologická aktivita udržuje živiny v přístupných formách a pomáhá rostlinám osvojovat živiny i z méně přístupných organických sloučenin a minerálů. Na biologicky aktivní půdě jsou rostliny všestranně odolnější, dokážou lépe vzdorovat invazím chorob a škůdců. Správná péče o organická hnojiva a jejich využití v ekologicky hospodařících podnicích a následně bilance živin v nich jsou popsány v následujících podkapitolách.

Rozdílné pojetí výživy rostlin v ekologickém a konvenčním zemědělství:

- **Kulturní rostliny jsou zásobeny živinami nepřímo přes systém půda-rostlina, ve kterém hraje klíčovou roli půdní život odpovídající za procesy rozkladu a přeměny.**
- **Konvenční nauka o tom, že je do půdy třeba dodat živiny, které rostliny z půdy odebraly, v EZ neplatí. Tato nauka totiž nezhledňuje fakt, že půda je oživený, produktivní ekosystém.**
- **Půdní mikroorganismy mohou z minerální části půdy, ze vzduchu (dusík) a z organických zbytků mobilizovat živiny a ty pak zpřístupňovat rostlinám.**

6.2 Statková hnojiva a jejich ošetřování

Správné hospodaření s organickými hnojivy a posklizňovými zbytky je v EZ velmi důležité. Statková hnojiva pak prostřednictvím chovu zvířat uzavírají koloběhy prvků a vrací tyto do půdy pro další využití plodinami v systému. Organická hnojiva ovlivňují fyzikální a chemické vlastnosti půdy a jsou důležitým zdrojem energie a živin pro půdní subekosystém. Zejména je to tak v EZ, kde se zvířata pasou a je zajištěn jejich volný pohyb mimo stáj, je optimalizace zatížení půdy dobytčími jednotkami a správná péče o tato hnojiva velmi důležitá.

V ekologicky vedených zemědělských pod-

nicích se ze statkových hnojiv setkáme zejména se slámatým hnojem a močůvkou. Základem je správná péče o tyto látky, pro agroekosystém velmi cenná, s důrazem na nejběžnější hnojivo, a to hnůj.

Produkce statkových hnojiv (zpracováno podle Duchoně a dalších autorů):

Druh statkového hnojiva	kg.den ⁻¹	t.r ⁻¹
chlévká mrvna – dojnice	32 – 38	12 – 14
chlévká mrvna – jalovice	16 – 22	6 – 8
Chlévká mrvna – prasata (100 kg)	5 – 5,5	1,8 – 2
Chlévká mrvna – ovce (45 kg)	2 – 2,5	0,8 – 1,0
Kejda různých hosp. zvířat přepočteno na 1DJ	50 – 70	18 – 35
Močůvka (skot)	10 – 15	4 – 5,5

Složení statkových hnojiv v % (zpracováno podle Škardy 1982):

Druh hnojiva	sušina	organické látky	N	P	K
hnůj st. jakosti	22	17	0,48	0,11	0,51
kejda skotu (před skladováním)	7,7	5,7	0,30	0,06	0,24
kejda prasat	6,4	4,8	0,49	0,11	0,17
močůvka	0,6 – 4,8		0,05 – 0,91	stopa	0,12 – 1,44

6.2.1 Hnůj

Hnůj je nejrozšířenějším organickým hnojivem v zemědělství. Produkuje se v něm skoro tři čtvrtiny organických látek a jen o něco méně základních živin obsažených ve statkových hnojivech. Při jeho popisu musíme však začít chlévkou mrvou jako směsí pevných a částečně i tekutých výkalů hospodářských zvířat a podstýlky. Ošetřováním a zráním tohoto materiálu vzniká teprve hnůj jako materiál vhodný ke hnojení.

Produkcí chlévké mrvy (CHM) v zemědělském provozu je možno vypočítat podle rovnice:

CHM = koeficient pro přepočet na CHM · (sušina krmiva : 2 + sušina steliva), kde (koeficient je stanoven v závislosti na sušině a je zhruba od 3 do 5).

Pro čerstvou chlévkou mrvu skotu můžeme orientačně použít koeficient 4,5.

Správné hospodaření s organickými hnojivy a posklizňovými zbytky má v ekologickém zemědělství klíčovou roli pro udržování a rozvoj úrodnosti půdy a výživu rostlin



© BLE, Bonn/Foto: Thomas Stephan

O kvalitě hnoje spolurozhoduje správná péče o něj a může ji ovlivnit způsobem skladování

Produkcí hnoje (Hn) po uzrání vypočítáme podle rovnice:

$Hn = \text{koeficient pro přepočet na Hn} \cdot (\text{sušina} : 2 + \text{sušina steliva})$, kde koeficient je 2,9 při ztrátách 30 % a 2,1 při ztrátách 50 %.

Orientační denní spotřeba slámy pro jednotlivé kategorie hospodářských zvířat je (Škarda 1982):

Kategorie	Denní spotřeba slámy v kg na DJ
Skot – střední státi	2 – 3
Skot – dlouhé státi	3 – 5
Skot – hluboká podestýlka	5 – 10
Prasata – kotec	2 – 5
Koně	3 – 4
Orvee – hluboká podestýlka	3 – 5
Drůbež	3

Možné způsoby ošetřování chlévské mrvy a jejího skladování:

- Za studena**, kdy je mrva skladována v blocích, které jsou okamžitě utěsněny. Snahou je co nejvíce omezit rozklad organické hmoty, která definitivně uzrává až v půdě. Teplota při skladování zůstává do 30 °C. Při tomto skladování se snižují i ztráty únikem plynného amoniaku a v anaerobních podmín-

	Sušina	Organické látky	N
běžně skladovaný hnůj	44,7	43,5	46,4
fermentace s produkcí bioplynu	25,2	22,2	34,6

Průměrné ztráty hnoje při rozdílném skladování v %

Nejrozšířenějším organickým hnojivem v ekologicky i konvenčně hospodářských podnicích je hnůj. Jeho ošetřování a aplikaci musíme věnovat patřičnou pozornost, tak abychom omezili zbytečné ztráty organických látek a živin důležitých v agroekosystému

kách dochází k likvidaci klíčivosti semen plevelů a patogenních organismů. Hnůj z tohoto systému může někdy způsobit i větší ztráty, pokud substance vzniklé při anaerobním skladování mají negativní vliv na růst kořenů a mikrobiologické procesy v půdě. Uleželý hnůj v anaerobním prostředí obsahuje značné množství amonného dusíku (cca 40 %) ve srovnání s kompostem, který má pouze zhruba 5 % této formy, zhruba stejné procento formy dusičnanové a značný podíl organicky vázaného dusíku.

- Za horka**, přičemž jsou kombinovány kontrolované aerobní a anaerobní procesy. V aerobní fázi dojde ke zvýšení teploty až na cca 50 °C a až poté (cca po 2–4 dnech) je materiál utěsněn a klade se na něj další čerstvá chlévská mrva. Vzrůst teploty má v mrvě i autosterilizační efekty. Podíl organicky vázaného dusíku a množství rostlinami přijatelného draslíku je vyšší než v udusaném hnoji skladovaném za studena.

Ztráty dusíku a hnojivé hodnoty

Čas mezi aplikací a zapravením	Ztráta dusíku v %, jarní aplikace (švýcarský výzkum)	ztráta hnojivé hodnoty v %, starší české výzkumy
6 hodin	19	16
1 den	22	21
4 dny	29	36

- Fermentace s produkcí bioplynu** (čs. patent) – počáteční fáze skladování je obdobná jako při ošetření za horka, materiál je však naskladňován do speciálních kvasných jednotek. Po samozáhřevu na cca 50 °C se neprovádí utěsnění utužením a navezením dalšího materiálu, ale kvasná jednotka se hermeticky uzavře. Po té je odebírán bioplyn, což je směs metanu a oxidu uhličitého. Lze jej využít v zemědělském provozu např. k vytápění nebo k ohřevu vody. Při této fermentaci se snižují ztráty organických látek a živin a je likvidována klíčivost semen plevelů a choroboplodné zárodky.

- Kompostování**, při kterém dochází k aerobní dekompozici, má za úkol napodobit podmínky, které jsou v přirozenějších ekosystémech, v nichž zůstává organická hmota na půdním povrchu a není zapravována do půdy jako v agroekosystému. Po dodávce stabilizovaného kompostovaného materiálu do půdy je minimalizováno narušení rovnováhy v půdě. Jelikož v řadě provozů EZ je kompostování uplatňováno a preferováno, věnujeme mu samostatnou pozornost.

Při ošetřování chlévské mrvy a skladování hnoje vznikají ztráty. Podle údajů VÚRV byly v době výzkumu v 80. letech minulého století průměrné ztráty při různém uskladnění následující – viz tabulka vlevo:

Rozdíly v obsahu živin při zrání chlévské mrvy jsou v tabulce na straně 91 vpravo (ze zahraničních údajů, cit. Berner 1994). Uváděné ztráty živin jsou podle těchto údajů nižší, než udávají výzkumy z naší republiky. Souvisí to jistě i s kvalitou péče o statková hnojiva. Při nesprávném ošetřování mohou například ztráty dusíku dosáhnout až 60 % (viz schema str. 91).

Objem kompostu dosahuje 50–60 % objemu čerstvé chlévské mrvy, hmotnost kvalitního kompostu je 0,5–0,7 t.m⁻³, hmotnost kompostu o vysoké vlhkosti pak 0,8–1,0 t.m⁻³.

Další ztráty a snížení účinnosti hnoje mohou nastat později při aplikaci a pozdním zapravení. Zapravíme-li hnůj jeden den po aplikaci, snižuje se účinnost o cca 10 %, po 4 dnech o 15 a více %. Ztráty dusíku a hnojivé hodnoty naznačuje tabulka na této straně dole.

Diskuse probíhá i o vlivu různého způsobu ošetření hnoje na výnos plodin. Z práce Beinerta (1938, cit. Duchoň 1948) můžeme převzít údaje o zvýšení výnosů při různém způsobu ošetřování mrvy (tab. na straně 91 nahore vlevo).

Druh a staří hnoje	Zvýšené výnosy v procentech výnosů nehnojených			celkem
	1. trať	2. trať	3. trať	
za studena, 6 týdnů	16,2	30,6	13,5	60,3
za studena, 3 měsíce	5,6	6,2	10,7	22,5
za horka, 6 týdnů	18,6	26,7	16,5	61,8
za horka, 3 měsíce	20,4	22,7	13,9	62,0

Zvýšení výnosů (%) při použití různě ošetřené hnoje

Z výsledků uvedených v tabulce je patrné zhoršení kvality hnoje ošetřené za studena, jestliže se použije za více než 6 týdnů po uložení na hnojišti. Hnůj ošetřený za horka má prokazatelně poměrně stálou produkční schopnost.

Výsledky pro výnosy plodin při hnojení hnojem z běžného ošetřování hnoje a z fermentace s produkcí bioplynu jsou následující (v %) (Petříková, 1987).

	nádobové pokusy	poľní pokusy
v praxi běžné skladování hnoje	100	100
fermentace s produkcí bioplynu	126,6	107,9

Výnosy z použití běžného a fermentovaného hnoje

Efekty používání hnoje a kompostu na výnosy a půdní charakteristiky naznačují výsledky dle Sauerlandta (první tři sloupce) a Otta (druhé tři sloupce) (publ. Lampkin, 1990).

	Bez hnoje	Hnůj	Kompost	Bez hnoje	Hnůj	Kompost
Výnos (%)	100	146	163	100	116	118
Org. hmota (%)	2,70	2,89	3,13	1,48	1,56	1,62
Přij. P (mg/kg)	28	44	51	34	48	60
Přij. K (mg/kg)	37	70	91	260	326	356

Srovnání účinků hnoje a kompostu (v %)

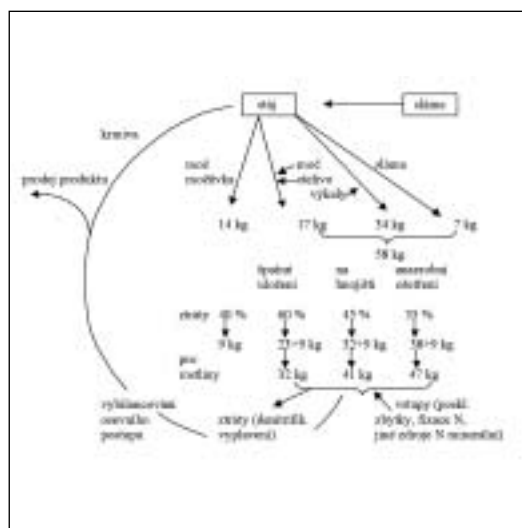
Z uvedeného textu je patrné, že jde o poměrně složitý problém, který je ovlivňován řadou faktorů. Dát jednoznačný recept na optimální skladování hnoje není jednoduché, záleží na konkrétních podmínkách. Při rozhodování nám může pomoci následující tabulka.

	Volba kompostovaného hnoje, když:	Volba hnoje, když:
Cíl	dlouhodobější zisky	krátkodobější zisky
	přírodní úrodnost	výnosy
Specifické faktory		
množství hnoje	přebytek	nedostatek
přírodní typ	lehčí půdy	těžší půdy
osetví postup s leguminosami	kladná bilance N	záporná bilance N
typ plodin s respektováním:		
vegetační doba	dlouhá (trávy)	krátká (jarní poľní plodiny)
potřeba živin	nižší (obiloviny)	vyšší (brambory)
místové riziko	vysoké (osěť)	nízké (obiloviny)

Efekty použití hnoje a kompostu

6.2.2 Močůvka

Jde o zkvašenou moč hospodářských zvířat s neurčitým naředěním vodou a ochuzením o živiny, které jsou vázány v podestýlce nebo se ztrácejí při skladování a aplikaci. Tyto ztráty jednotlivých živin mohou dosáhnout až 50 %. Podle druhu ustájení a spotřeby vody je roční produkce močůvky 4–5 m³ na DJ, čemuž podle systému vyvážení musí odpovídat skladovací kapacity. I v těchto skladovacích prostorech dochází ke ztrátám živin. Např. ztráty dusíku v otevřené jímce mohou převýšit 40 %, v jímce s plovoucím dřevěným víkem 23 %.



Ztráty dusíku při rozdílné kvalitě skladování nastiňuje obrázek (Šarapatka In: Petr, Dlouhý a kol. 1992)

	sušina	N	P	K
obsah živin v 1 t chlévské mrvy (kg)	250	5,1	1,3	6,2
ztráty živin (%)				
zrání hnoje	20	15	10	30
optimální kompostování	40	10	5	10
špatné kompostování	30	30	20	60
produkce živin z 1 t chlévské mrvy (kg)				
tradiční hnůj (870 kg)	200	4,4	1,1	4,3
kvalitní kompost (625 kg)	150	4,6	1,2	5,6
obsah živin v 1 t (kg)				
tradiční hnůj	230	5,0	1,3	5,0
kvalitní kompost	240	7,4	1,9	9,0
méně kvalitní kompost	176	3,6	1,0	2,5

Rozdíly v obsahu živin při zrání mrvy (cit. Berner 1994) – k textu ze str. 90

Močůvka je významným statkovým hnojivem nejen pro obsah živin, ale prokázán byl i obsah látek povahy stimulantů růstu

Hnojivou hodnotu močůvky určuje způsob produkce, její ošetření a využití. Velký vliv na její kvalitu má nedostatečná provozní péče a silné ředění technologickou a dešťovou vodou. Obsah živin v tomto hnojivu se proto pohybuje v širokém rozmezí, dusík je mezi 0,05–0,7 %, fosfor od stop po 0,01 % a draslík je 0,1–1,3 %. V močůvce je asi 90 % obsahu dusíku v lehce rozpustné formě s největším podílem amonného dusíku. Při zatížení 1 DJ na hektar můžeme mít k dispozici v močůvce na každý hektar cca 10 kg N, 0,5 kg P a až 20 kg K. Z tohoto složení je patrné, že z chemického hlediska jde o dusíkato-draselné hnojivo.

Vedle chemických prvků obsahuje močůvka i látky povahy stimulantů růstu, které působí již v malých dávkách. O účincích moči psali již staří Egypťané v souvislosti s raným těhotenstvím: „Žena, která chce vědět, zda porodí, nechť svažuje špaldu a ječmen, vysazené do půdy v nádobě. Vyrostou-li semena, porodí, nevyrostou, neporodí.“ Až moderní věda potvrdila obsah folikulinu a jiných hormonů v moči těhotných, které urychlují růst rostlin.

Močůvku můžeme vedle přímého použití ke hnojení využít i při kompostování a při ošetřování hnoje s vysokým podílem slámy.

6.2.3 Kejda

Produkce kejdy, jako různě husté směsi výkalů, moči a jiných materiálů, zředěné vodou, byla dříve vázána na horské oblasti s převládajícím pícninářstvím a nedostatkem steliva. S rozvojem socialistické zemědělské velkovýroby docházelo i ke změnám v produkci tohoto statkového hnojiva, neboť byly budovány bezsteli-
vové provozy s cílem zvýšení produktivity práce. Produkce kejdy tak v zemědělství podstatně stoupla a hlavně vinou vysokého podílu technologické a ostatní vody (se snížením obsahu sušiny, organických látek a živin) docházelo k řadě problémů jak na straně zemědělců (půda, rostlinná produkce, nutnost budování značných skladovacích kapacit), tak na straně životního prostředí.

Kejda je organickým hnojivem, které obsahuje v případě skotu podle průzkumů vybraných podniků 7,7 % sušiny, 5,7 % organických látek, 0,3 % dusíku, 0,06 % fosforu a 0,24 % draslíku. Z důvodu nadbytku technologické vody však kejda v řadě provozů této kvality nedosahuje a její sušina klesá mnohdy pod 2 %. Prvním opatřením v zemědělském provozu tedy je dosáhnout potřebné kvality tohoto statkového hnojiva.

Celoroštové ustájení je v provozech EZ zakázáno. Pokud se však kejda na ekologickém hospodářství vyskytuje, doporučuje se při skla-

dování její aerace. Výzkum prokázal efekty provzdušňování pro redukci zápachu, a pro snížení narušování půdního života po její aplikaci. Tímto způsobem je také omezeno přežívání semen plevelů a patogenů v kejdě a zvyšuje se hodnota kejdy jako hnojiva. Aerace snižuje ztráty dusíku v době aplikace, neboť původně vysoký podíl amonného dusíku je převáděn do formy bakteriálního proteinu. Pozitivní údaje se týkají i zvýšené přijatelnosti fosforu a efektů na životní prostředí. Technologicky však musí být vyřešen optimální stupeň provzdušňování. Kvalita se může zvýšit i použitím bentonitu a horninových mouček. V některých případech bývají uváděny vyšší náklady, ty jsou ale podle německé studie kompenzovány zvýšenými výnosy. Další z řady možností, které by mohly být využity v ekologicky hospodařícím podniku, je kompostování kejdy s využitím vhodného nasávacího materiálu.

6.3 Komposty a kompostování

Promyšlené a pečlivé zacházení s živinami v ekologickém systému je základem úspěchu hospodaření v EZ, jehož cílem je dostatečná produkce bioproduktů a biopotraviny, dosažení a určení zdravého a čistého životního prostředí, zdravé a úrodné půdy. Pochody rozkladu organické hmoty v půdě z pohledu tvorby živin jsou popsány v kapitole 5. Půda a lze je cíleně aplikovat v procesu kompostování.

Rozklad organické hmoty – základní principy:

- ① anaerobní – zrání hnoje, siláže, biochemické přeměny látek probíhají za nedostatku vzduchu,
- ② aerobní – mineralizace za přítomnosti kyslíku, má dvě fáze 1. karbonizační – oxidace sloučenin uhlíku, 2. nitrifikační s oxidací dusíkatých látek.

Kompostování je původní přirozený proces rozkladu různorodé organické hmoty, při kterém za aerobních podmínek (za dostatečného přístupu vzduchu) dochází k rozkladu organické hmoty. Je to způsob úpravy mrvy, při kterém je vhodné zpracovat a využít živiny i z ostatních zbytků rostlin zemědělského provozu.

Při kompostování rozlišujeme čtyři fáze. V první fázi se začíná materiál zahřívát a teplota může v základce stoupnout na 60 °C. Příčinou tohoto zahřátí je masové rozmnožení mikroorganismů odbourávajících lehce rozložitelné látky. V této fázi dochází i k likvidaci choroboplodných zárodků a semen plevelů. Ve druhé fázi pokračuje rozklad hůře rozložitelných lá-

I když je celoroštové ustájení v ekologickém zemědělství zakázáno, může se kejda na hospodářstvích, zejména ve vyšších nadmořských výškách, vyskytovat a při správném využití může být velmi kvalitním organickým hnojivem

tek. Následuje fáze látkových přeměn a začíná i mineralizace. V poslední, čtvrté fázi jsou činností mikroorganismů a chemickými reakcemi produkovány složitější organické látky humusové povahy.

Technologie

Komposty charakterizujeme jako směs organických látek a zeminy, oživenou užitečnou mikroflórou, v níž proběhly nebo probíhají humusotvorné procesy. Kompostování umožní vrátit do koloběhu látek v přírodě – zemědělství, organickou hmotu a živiny nejenom z vlastního hospodářství, ale i z ostatních mimozemědělských zdrojů, které by byly jinak pro zemědělství ztraceny, jak je uvádí § 12 zákona o EZ. Suroviny pro kompostování mohou tvořit všechny organické odpady ze zemědělství (zbytky rostlin – plevel, sláma, makovina, bramborová nať, plevy, znehodnocená krmiva, listí stromů, stařina luk, drn, aj.) a dřevní hmota (piliny, dřevní štěpka, kůra aj.). K nim se přidávají anorganické hmoty (zemina, rybníční bahno, popel aj.), mikrobiálně oživený substrát (hnůj, kejda, močůvka).

Základní podmínkou kompostování je:

- ❶ poměr živin C : N = 30 : 1,
- ❷ optimální vlhkost,
- ❸ 10% podíl zeminy,
- ❹ homogenizace zakládky – promíchání surovin a vlastní nastartování kompostovacího procesu,
- ❺ udržování aerobních podmínek v zakládce překopáváním pro udržení správného kompostovacího procesu,
- ❻ v prvním týdnu (při správně vytvořených podmínkách – poměr živin a optimální vlhkosti) udržet teplotu pod 65 °C provětráváním – překopáním,
- ❼ do 21 dnů od zahájení kompostovacího procesu je nutné dodržet teplotu nad 50 °C pro hygienizaci zakládky,
- ❽ ukončení kompostovacího procesu do 6–8 týdnů, pak je vhodné provést kontrolu vyzrálosti.

Umístění zakládky kompostu volíme tak, aby nedošlo k ohrožení podzemních nebo povrchových vod.

Stabilní kompostárna – zpevněná plocha se spádem do záchytné jímky pro dešťovou vodu,
 – plocha kompostárny musí mít sklon 1,5–3,0 % směrem k záchytné jímce,
 – zakládky musí být postaveny tak, aby nezadržovaly dešťovou vodu – kolmo na vrs-tevnici.



© BLE, Bonn/Foto: Thomas Stephan

Polní kompostárna – jednorázové založení kompostu (na okraji pozemku), kde byla vyprodukována organická hmota, nebo v blízkosti místa budoucího použití, a to v lokalitě, kde nehrozí znečištění podzemních vod.

Zakládka musí být umístěna po spádu, tak aby nezadržovala dešťovou vodu, a podél zpevněné plochy, například cesty, která ji umožní překopat i za nepříznivého počasí. Zakládku je vhodné umístit do stínu stromů. V oblastech s ročním úhrnem srážek nad 500 mm je vhodné zakládky zakrývat. K tomu účelu máme v současné době k dispozici například netkané textilie.

Příklad umístění polní zakládky a její překrytí netkanou textilií

U systému ekologického zemědělství je doporučováno kompostování jak chlévské mrvy, tak dalších organických hmot. Proto tomuto procesu věnujeme samostatnou podkapitolu.

Procesy probíhající při kompostování

Kontrola správného průběhu kompostovacího procesu

- sledování vlhkosti – zkušeností stiskem a citem v ruce nebo fyzikální analýzou,
- měření teploty – v prvních 10 dnech je nezbytné měření teplot denně, neboť teplota charakterizuje průběh kompostovacího procesu, v dalších 11 dnech každý druhý den a do konce kompostovacího procesu pak 1x týdně.

Technika

Pro pečlivé vedení kompostovacího procesu je nezbytné vybavit zemědělský podnik speciální kompostovací technikou – překopávačem kompostu. Jde buď o závěsné traktorové nářadí, nebo samohodný stroj s různou kapacitou výkonu a různou investiční náročností. Náhradní technika pro kompostování – nakladač, rozmetadlo nenahradí překopávač a výsledný produkt bude méně kvalitní.

Využití kompostu

Kompost je stabilizované organické hnojivo s obsahem 30 – 50 % organických látek, 0,3 –



Práce závěsného překopávače kompostu na polní zakládce

1,0 % N, 0,2 % P, 0,8 % K, 2,5 – 3,5 % Ca + Mg, pH 7,5 – 8,0.

Aplikace kompostu

Kompost se aplikuje rozmetadlem organických hnojiv. Kompost není jen zdrojem živin pro rostliny, ale obsahuje značné množství mikroorganismů důležitých pro půdní prostředí. Není vhodné kompost hluboko zaorávat. Aplikujeme ho jako základní hnojení s mělkým zapravením do půdy nebo jako regenerační přihnojení se zavlačením.

Zařazení kompostu do osevního postupu a na travních porostech

Dávky kompostu ke hnojení volíme podle nároku pěstované plodiny – viz tabulka. Při hnojení kompostem je minimalizováno nebezpečí přehnojení vzhledem k formě živin v organických vazbách a lze ho aplikovat na jaře i na podzim.

6.4 Způsoby aplikace statkových hnojiv

Technikou hnojení lze ovlivnit výši ztrát dusíku ze statkových hnojiv v době od jejich aplikace do zapravení (viz tabulka na str. 95). Způsobem aplikace a zapravením statkových hnojiv lze ovlivnit rychlost jejich rozkladu a mineralizaci živin. Požaduje-li se rychlý rozklad a mineralizace živin, zapravuje se hnojivo mělce, jestliže se požaduje zpomalení rozkladných

procesů a obohacení půdy o stabilnější formy organických látek, zapravují se hnojiva hlouběji (zejména hnojiva se širším poměrem C : N, např. sláma).

Obecně platí, že na půdách lehčích a ve vlhčích podmínkách se statková hnojiva zapravují hlouběji a naopak na těžších půdách a v sušších podmínkách mělčeji.

V EZ se doporučuje hnojit organickými hnojivy častěji, tj. v intervalu 3 (2) let a menšími dávkami. Tato zásada se snadno dodrží při aplikaci stájových hnojiv nebo kompostu v kombinaci se zeleným hnojením a s hnojením slámou.

Právní úprava EZ připouští použití statkových hnojiv konvenčního původu za podmínek, že jsou kompostována nebo fermentována a že nepocházejí z chovů s bezstelivovým ustájením, kde zvířata nemají pevné lože, a z klecových chovů drůbeže.

Hnůj

Hnůj se rozmetá za chladného, vlhkého a klidného počasí v dávkách uvedených v tabulce. Při aplikaci na strniště v letním období se hnůj rozmetá pokud možno v pozdním odpoledni a ihned se zapraví do půdy. Rozklad hnoje pak nastává brzy a mineralizované živiny jsou využity buď porostem následně ozimé plodiny, nebo plodinou na zelené hnojení, a tak „konzervovány“ pro vegetační období následujícího roku. V případě, že nebude na pozemku pěstován ozim ani rostliny pro zelené hnojení, aplikuje se hnůj až v podzimním období zpravidla před základním zpracováním půdy na zimu. Tímto opatřením se posune rozklad hnoje a mineralizace živin do vegetačního období následujícího roku. Jarní aplikace hnoje se obecně nedoporučuje, přichází v úvahu pouze na lehkých půdách v humidních podmínkách (zejména podhorské a horské oblasti).

Dávky hnoje průměrné kvality v t.ha⁻¹ (Škar-
da 1982, upraveno) – viz tabulka na str. 95.

Kejda

Kejda si v minulosti získala špatnou pověst vinou špatné kvality (nízká sušina), nevyhovující technologie ustájení (trvalé ustájení na roštech) a technologické nekázní při aplikaci

Správnou aplikací statkových hnojiv můžeme ovlivnit nejen výši ztrát dusíku, ale i rychlost rozkladu a uvolňování živin

Dávky kompostu při hnojení jednotlivých plodin

Plodina	dávka t.ha ⁻¹	termín aplikace
pšenice ozimá	6 – 8	na jaře po skončení zimy a zavlačet prutovými bránami při odplevelování
ječmen jarní	4 – 6	před přípravou pod sečí (zapravít maximálně do hloubky 10 cm)
brambory	10 – 13	při jarní přípravě pod sázením (do hloubky 10 cm)
trvalý travní porost	3 – 5	2 x za rok – první dávka na jaře, druhá dávka po první seči nebo na podzim vždy po aplikaci zavlačet

(nouzová aplikace poškozující životní prostředí).

Kvalitní kejda je účinné hnojivo s univerzálním použitím. Samotná kejda je rychle působící hnojivo (úzký poměr C:N, průměrně okolo 5:1). Při aplikaci se slámou je účinnost kejdy srovnatelná s hnojením hnojem nebo kompostem. Vynikající je trojkombinace, kdy se kejda zapraví do půdy se slámou a zaseje se plodina na zelené hnojení.

Z hlediska omezení ztrát dusíku při aplikaci je nezbytné okamžité zapravení kejdy do půdy. Nejmenší ztráty se dosahují použitím speciálních aplikátorů, které umožňují zavedení kejdy pod povrch půdy (kypřicí adaptéry, stripery).

Kejda je vhodná i pro přihnojení ve vegetačním období buď zapravením do půdy při meziřádkové kultivaci (speciální plečky), nebo aplikátory s vlečenými hadicemi. Aplikace rozstříkem na vegetaci je vhodná pouze u trvalých travních porostů, pokud možno před deštěm. Při aplikaci v průběhu vegetace se kejda ředí vodou v poměru 1:1 (pokud již není zředěna použitím většího množství technologické vody). Kejda se rovněž velmi dobře uplatňuje při výrobě kompostů.

Močůvka

Močůvka je rychle působící dusíkato-draselné hnojivo. Její použití je univerzální, zvláště vhodná je k přihnojení plodin náročných na dusík a draslík (potravinářská pšenice, kukuřice, okopaniny, košťáloviny, celer ap.). Zásady aplikace a možnosti použití jsou stejné jako u kejdy. Hnojůvka má stejné použití jako močůvka.

Sláma

Sláma obilnin je typická širokým poměrem uhlíku k dusíku (C:N = 60 až 90:1). Proto je nutno tento poměr upravit aplikací kejdy nebo močůvky v množství 10 kg N.t⁻¹ slámy (poměr C:N okolo 25:1). Slámu je nutné před zapravením do půdy rozdrtit a rovnoměrně rozmetat, nejlépe při sklizni plodiny (adaptér na sklízecí mlátičce). Při aplikaci s kejdou, případně i se zeleným hnojením je účinnost stejná, jako je účinnost kvalitního hnoje, jak ukazuje tabulka. Při aplikaci samotné slámy je nutné počítat s konkurencí mikrobiální populace o dusík (bude převládat imobilizace dusíku a tvorba stabilnějších organických látek) na úkor výživy rostlin.

Komposty

Kompost je hnojivo s univerzálním použitím bez nebezpečí významných ztrát dusíku, jako je tomu u stájových hnojiv. Na velmi lehkých půdách by měl být používán přednostně (pohotové formy živin, malá konkurence o vodu s rostlina-



© BLE, Bonn/Foto: Thomas Stephan

Způsob aplikace hnoje a jeho zapravení ovlivňuje výši ztrát dusíku a rychlost mineralizace

Ztráty dusíku v závislosti na zaorání po aplikaci v % (Čvančara 1962)

Doba zaorání hnoje po rozmetání	Počasí po rozmetání hnoje					
	A		B		A	
	Čerstvý slámatý hnoj chudý na dusík	Dobře ošetřený hnoj bohatý na dusík	Čerstvý slámatý hnoj chudý na dusík	Dobře ošetřený hnoj bohatý na dusík	Kompostovaný hnoj bohatý na dusík	Kompostovaný hnoj bohatý na dusík
okamžité	0	0	0	0	0	0
po 2 hodinách	5	3	20	5	0	0
po 6 hodinách	10	5	45	8	1	0
po 3 dnech	15	12	90	30	3	1

Počasí: A – suché, teplé, větrno, B – chladné, vlhké, bezvětří

Dávky hnoje průměrné kvality v t.ha⁻¹ (Škarda 1982)

Plodiny	Půdní druh		
	lehké – střední písčité – písčitohlinité	střední – těžké hlinité – jílovité	velmi těžké jily
Obilniny a meziplodiny	15 - 20	15 - 20	20
Okopaniny	30	35	45
Jedlečete pícniny, olejiny	25	30	40
Zelenina (1)	35 (45)	40 (50)	50 (60)

(1) Vyšší dávky se aplikují k zeleninám náročným na živiny (květák, pozdní zelí a kapusta, plodové zeleniny)

Účinnost hnoje, kejdy a kompostu na hnědozemi (Škarda 1982)

Hnojení	Výnos ob.jed. %	Výnos sušiny %	Odběr živin rostlinami			reakce půdy /pH/	Obsah živin v půdě			Obsah humusu v půdě %
			N	P	K		P	K	Mg	
Bez hnojení	100	100	122	16	75	6,5	33	113	106	1,92
Hnoj	119	113	124	18	95	6,7	45	132	100	2,11
Kompost	111	110	125	17	92	6,7	43	139	115	2,13
Kejda skotu	117	113	118	16	85	6,9	38	124	102	2,00



© BLE, Bonn/Foto: Thomas Stephan

Moderní způsob aplikace kejdy

Hnojení	Výnos ob. jed. %	Výnos Sušiny %	Odběr živin rostlinami			reakce půdy /pH/	Obsah živin v půdě			Obsah humusu v půdě %
			N	P	K		P	K	Mg	
Bez hnojení	100	100	71	14	76	7,5	89	120	73	1,94
Hnoj	134	132	104	24	92	7,5	104	135	76	2,05
Kompost	124	128	87	23	89	7,5	105	147	74	2,08
Kejda+sláma	136	137	106	26	103	7,5	106	136	66	1,99

Účinnost hnoje, kompostu a kejdy se slámou na hnědozemi (Škarda 1982)

mi a edafonem, stabilizovaná organická hmota). Při použití kompostu k přihnojení porostů v průběhu vegetace je vhodné lehké zapravení do půdy např. plečkováním nebo vláčením prutovými branami. Kompost je ideálním hnojivem, jeho nevýhodou jsou ovšem poměrně vysoké náklady na výrobu a nároky na znalost a dodržení technologie výroby (viz kap. 6.3).

6.5 Zelené hnojení

Zelené hnojení je pro EZ velmi důležité

V systému ekologického zemědělství má zelené hnojení významné postavení z důvodu zvýšení obsahu rychle rozložitelné organické hmoty v půdě, ovlivnění aktivity edafonu, fixace dusíku, zlepšení fyzikálních a chemických vlastností půdy, zlepšení výživy následné plodiny atd.

Zeleným hnojením se rozumí záměrné pěstování plodin pro zapravení do půdy jako organického hnojiva. Pěstování plodin na zelené hnojení umožňuje:

- zvýšit obsah rychle rozložitelné organické hmoty v půdě,

Plodiny vhodné pro zelené hnojení (Rozsypal 1994)

Plodina	Výsevek kg.ha ⁻¹	Nejpozdější termín seti
Jetel plazivý (bílý), <i>Trifolium repens</i>	8 - 10	31. srpna
Jetel nachový (růžák, inkarnát), <i>Trifolium incarnatum</i>	25 - 30	15. srpna
Jetel zvrhlý (švédský), <i>Trifolium hybridum</i>	10 - 12	10. září
Tolice dětelová, <i>Medicago lupulina</i>	16 - 18	31. srpna
Úročník bolhoj, <i>Anthriscus vulneraria</i>	20 - 25	5. května
Vičeneček ligur, <i>Onobrychis viciifolia</i>	90 - 175	30. dubna
Štirovník růžkatý, <i>Lotus corniculatus</i>	16 - 18	30. dubna
Komonice bílá, <i>Melilotus albus</i>	16 - 20	15. května
Hrách polní (peluška), <i>Pisum sativum ssp. arvense</i>	150 - 260	30. září
Bob koňský, <i>Vicia faba ssp. vulgaris</i>	140 - 250	31. srpna
Lupina bílá (vlčí bob), <i>Lupinus albus</i>	240 - 280	31. srpna
Lupina žlutá, <i>Lupinus luteus</i>	180 - 220	15. srpna
Lupina úzkolistá, <i>Lupinus angustifolius</i>	180 - 230	31. srpna
Vikev setá, <i>Vicia sativa</i>	140 - 170	15. srpna
Vikev huňatá, <i>Vicia villosa</i>	120 - 140	30. září
Vikev panonská, <i>Vicia panonica</i>	175 - 195	30. září
Pačička noha setá (seradela), <i>Ornithopus sativus</i>	25 - 50	30. dubna
Hrachor setý, <i>Lathyrus sativus</i>	120 - 180	31. července
Jílek mnohokvětý, <i>Lolium multiflorum</i>	30 - 45	15. září
Jílek jednoletý, <i>Lolium multiflorum, var. westervoldicum</i>	30 - 50	15. srpna
Svazanka vratičolistá, <i>Facelia tanacetifolia</i>	10 - 12	15. září
Slunečnice roční, <i>Helianthus annuus</i>	20 - 25	31. července
Hořčice bílá, <i>Sinapis alba</i>	8 - 12	31. srpna
Řepka olejná, <i>Brassica napus</i>	8 - 10	10. září
Řepice ozimá, <i>Brassica rapa</i>	8 - 12	15. září
Řepice jarní, <i>Brassica rapa</i>	8 - 10	15. srpna
Pohanka, <i>Fagopyrum vulgare</i>	70 - 100	15. září
Žito ozimé, <i>Secale cereale</i>	140 - 170	30. září

- zvýšit fixaci vzdušného dusíku (při použití jetelovin a luskovin),
- zvýšit aktivitu edafonu,
- zlepšit výživu následné plodiny,
- zvýšit obsah humusu v půdě (při společném zapravení se slámou předplodiny),
- zlepšit fyzikální a chemické vlastnosti půdy,
- omezit erozi půdy,
- omezit ztráty živin (zejména dusíku),
- regulaci plevelů (zpracováním půdy, zastíněním),
- omezení chorob a škůdců – zlepšení předplodinové hodnoty (fyto-sanitární efekt),
- využití pro krmení (v případě potřeby).

Způsoby zeleného hnojení

Zelené hnojení jako hlavní plodina

Tento způsob se využívá v případech, kdy je třeba pozemek vyhnojit organickou hmotou anebo odplevelit (zpravidla při zahájení konverze nebo v případě vážných problémů s vytrvalými pleveli) a u ekologických podniků bez chovu zvířat a specializovaných ekologických podniků (produkce zeleniny apod.).

Meziplodiny

Podsev

Tento způsob má výhodu v nižších nákladech na založení porostu (založení společně s hlavní plodinou nebo pouze dodatečný výsev

do hlavní plodiny). Pozemek nesmí být příliš zaplevelen, protože po výsevu podsevu již nelze použít mechanické hubení plevelů. Nevýhodou může být konkurence hlavní plodiny při nadměrném růstu plodiny na zelené hnojení nebo naopak potlačení podsevu hlavní plodiny.

Strništní meziplodiny

Inhned po sklizni hlavní plodiny se založí porost plodiny na zelené hnojení. Nevýhodou jsou vyšší náklady na založení porostu (příprava půdy k setí) a riziko špatného vývoje porostu v případě suchého počasí (doporučuje se válení po zasetí). Při tomto způsobu jsou velmi účinné hubeny plevelů (zpracování půdy a zastínění). Při zakládání porostů strništních meziplodin se intenzita zpracování půdy snižuje na nezbytné minimum z důvodu šetření vláhou (minimalizační a půdoochranné technologie). Orba se používá pouze v případě pozemků zaplevelených vytrvalými pleveli. Pokud nejsou problémy s těmito pleveli, lze snížit náklady na založení porostu a omezit riziko nedostatku vláhy přímým výsevem do nezpracované půdy.

Podplodiny

Podplodiny se pěstují v meziřadí sadů a vinic. Zakládají se na podzim nebo na jaře, v červnu až červenci se porost zmulčuje a zapraví do půdy při podzimních nebo jarních pracích. U mladých výsad se podplodiny používají pouze v závlahových podmínkách (bez závlahy může zelené hnojení konkurencí o vodu poškodit vysazené ovocné druhy).

Podmínky využití zeleného hnojení

Pro úspěšné pěstování plodin na zelené hnojení je nutné, aby délka meziporostního období byla minimálně 45 - 60 dní od zasetí a vlhkost půdy a srážky byly dostatečné pro vzejití a růst rostlin. Při kratším meziporostním období nebo při nedostatku vláhy ztrácí pěstování na zelené hnojení smysl, protože nenaroste dostatek biomasy a hrozí nebezpečí rozmnožení plevelů.

Na suchých stanovištích a v suchých ročnících je nebezpečí snížení výnosů následných plodin v důsledku odčerpání vody z fyziologického půdního profilu. To platí zejména pro suché oblasti jižní Moravy a oblast srážkového stínu Krušných hor a dále pro lehké, výsušné půdy a mělké půdy ve výsušných lokalitách (mělké půdy na štěrkopískových terasách ap.). V těchto případech se dává přednost založení porostu pro zelené hnojení podsevem do hlavní plodiny a zelené hnojení se nezařazuje před ozimou plodinou. Na zelené hnojení se zpravidla používají směsi plodin uvedené v tabulce na předchozí dvoustraně.

Jestliže po zapravení zeleného hnojení následuje ještě v témže roce založení porostu následné plodiny, neměl by být výnos zapravované biomasy příliš velký. Velké množství zeleného hnojení může způsobit nerovnoměrné vzházení následné plodiny v důsledku fyto-toxicity meziproductů rozkladu biomasy, konkurencí o vodu a zhoršením kontaktu semen s půdou. Zapojený porost zeleného hnojení by neměl být vyšší než 0,2–0,3 m. Při velkém výnosu je zelené hnojení nutné zapravit alespoň tři týdny před termínem setí následné plodiny.

Zelené hnojení lze pěstovat jako hlavní plodinu nebo meziplodinu

Složení směsky	Výsevok kg ha ⁻¹	Složení směsky	Výsevok kg ha ⁻¹
Letní a strništní meziplodiny			
Slunečnice+bob	10-15+80-110	Slunečnice+peluška	8+70
Řepka ozimá+hořčice	6+5	Řepka ozimá+pohanka	6+60
Řepka(řepice)+hořčice+svazenka	5+5+2	Řepka(řepice)+hořčice+vikev	5+5+35
Seradela+řepka oz.+vikev setá	15+5+50	Řepka oz.+inkarnát	5+30
Jilek+řepka	10+10	Vikev setá+svazenka	80+6
Vikev panonská+svazenka	100+6	Vikev huňatá+svazenka	80+6
Peluška+vikev setá+hořčice	80+60+5	Řepice oz.+pohanka	6+60
Ozimé meziplodiny			
Jilek mn.+vikev h.+inkarnát	20+50+20	Jilek mn.+vikev p.	20+100
Řepka+žito	5+120	Vikev p.+žito	80+110
Vikev h.+žito	50+110	Jilek mn.+vikev h.	20+75
Peluška+vikev p.	130+100	Řepice+vikev p.	10+130
Řepka(řepice)+vikev p.+jilek mn.	10+40+20	Peluška+vikev h.+žito	50+50+100
Podsevy			
Jilek mn.+jetel bílý	14+9	Jilek mn.+jetel zvrhlý	14+9
Seradela+jetel bílý	30+5	Jilek mn.+jetel b.+řepka(řepice)	12+3+4
Jilek mn.+řepka(řepice)	12+8	Jilek mn.+inkarnát	10+15
Seradela+tolice	25+4	Tolice úročník	3+20
Štirovník+jetel bílý	8+5	Štirovník+vičelec	8+70
Štirovník+jilek mn.	7+22	Úročník+štirovník	12+9
Směsky pro málo úrodné písčité půdy			
Kononice (dvouletá)	25	Vikev huňatá+inkarnát+žito	50+15+40
Inkarnát+jilek mn.+žito	20+10+30	Úročník+jilek mn.	20+4
Vikev huňatá+lupina+svazenka	20+60+10	Sudánská tráva+mohár	12+10

Směsky pro zelené hnojení (Rozsypal 1994)

Pro vyrovnanou bilanci živin je nutné jejich doplnění ve formě minerálních hnojiv. Úběr těchto hnojiv je v ekologickém zemědělství vymezen právními normami

Takový porost je nutné před zapravením do půdy rozdrtit, rovnoměrně rozmetat po pozemku a nechat zavadnout. Větší množství čerstvě zapraveného zeleného hnojení snáší pouze brambory a balíčková sadba zelenin.

6.6 Hnojení minerálními hnojivy

Výživa rostlin v EZ je založena na obratu živin mezi půdou, edafonem a rostlinami. Pro vyrovnanou bilanci je rozhodující fixace vzdušného dusíku, produkce

Poměr K : Mg	Hodnota K : Mg	Hodnocení
dobrý	do 1,6	nelze očekávat problémy s výživou zvířat hořčíkem
vyhovující	1,6–3,2	ke hnojení draslíkem je třeba přistupovat opatrně, problémy se mohou vyskytnout u pícnin
nevyhovující	nad 3,2	špatný poměr způsobující nadměrný příjem draslíku a zdravotní problémy krmených zvířat – draselnými hnojivy se nehnojí

Kritéria hodnocení hmotnostního poměru draslíku k hořčíku (K : Mg) v půdě (Trávník et al. 2001)

a ošetřování statkových hnojiv. Protože v důsledku ztrát a prodeje živin v tržních bioproduktech se část živin z koloběhu ekosystátu ztrácí, je nutné podle bilance a rozborů půd živiny doplňovat ve formě minerálních hnojiv (vyrovnaná bilance živin).

Výběr minerálních hnojiv je vymezen právními normami. Obecně platí, že mohou být použita pouze hnojiva přírodního původu upravená fyzikálními postupy (drcení, mletí, granulace). Přehled minerálních hnojiv povolených v EZ je v této podkapitole – tabulka str. 99. Použití minerálních hnojiv je podmíněno poklesem zásobenosti půdy pod dolní hranici dobrého obsahu podle agrochemického zkoušení půd (AZP, pokles do kategorie vyhovující nebo nízký obsah). AZP je státem placenou službou a provádí se v šestiletém cyklu.

Dusík (N)

Minerální dusíkatá hnojiva nejsou v EZ přípustná (ani např. chilský ledek). Bilance dusíku je zajišťována symbiotickou a nesybiotickou fixací molekulárního vzdušného dusíku. Z tohoto pohledu je nutné zařazení jetelovin a luskovin do osevního postupu nebo v trvalých travních porostech zastoupení jetelovin. Velmi důležitá je péče o půdu, protože symbiotičtí i volně žijící fixátoři molekulárního dusíku jsou aerobní organismy a vyžadují strukturní, dobře provzdušněné půdy s optimální reakcí.

Fosfor (P)

Jako zdroj minerálního fosforu se používají mleté fosfáty (zpravidla granulované) a Thomasova moučka. Fosforečná hnojiva se přednostně

zpravují do půdy s organickými hnojivy. Výhodná je aplikace mletých fosfátů (ale i jiných mletých hornin) na stelivo nebo do ukládaného hnoje (omezení ztrát živin, zejména dusíku, a zlepšení stájového mikroklimatu) či do zakládaného kompostu (vytvoření organominerálního komplexu – viz kap. 6.3).

Draslík (K)

Zdrojem draslíku jsou přírodní soli draslíku – chloridy, sírany a jejich směsi (sylvinity, kainit, karnalit, polyhalit). Při hnojení draslíkem je vedle výsledků AZP nutné brát v úvahu poměr draslíku k hořčíku (K : Mg) v půdě, který je významný z hlediska výživy zvířat. Draselná hnojiva se podobně jako fosforečná zpravují do půdy přednostně s organickými hnojivy.

Hořčík (Mg)

Zdrojem hořčíku jsou přírodní soli kieserit a kainit a dále dolomitické vápence a dolomity. Pro úpravu půdní reakce dáváme přednost aplikaci hořčíku ve formě dolomitického vápence (dolomitu).

Vápník (Ca) a půdní reakce (pH)

Vápníkem se hnojí při úpravě půdní reakce. Používají se mleté vápence nebo dolomitické vápence (při potřebě hnojení hořčíkem). Oxidové formy (pálené vápno a vápenné hydráty) a cukrovarská šáma nejsou povoleny. Optimální reakce se liší podle druhu půdy a kultury. Vápenatá hnojiva se aplikují zásadně odděleně od statkových hnojiv a alespoň s měsíčním odstupem. K odstranění akutního nedostatku vápníku ovocných druhů (hořká pihovitost jabloní) se používá vápenné mléko nebo chlorid vápenatý.

Stopové prvky

Stopovými prvky se hnojí pouze při prokázání nedostatku (symptomaticky nebo podle analýzy půdy). Ke hnojení se používají technické soli jednotlivých stopových prvků (zpravidla sírany). Jako chelatizační prostředek je přípustná pouze kyselina citronová.

Pomocné půdní látky

Mikrobiální hnojiva obsahují kmeny symbiotických rhizobií specifických pro danou plodinu. Výsledky nejsou vždy průkazné, jednoznačně se doporučuje jejich použití při prvním pěstování sóji na daném pozemku.

Pomocné půdní látky

humínové kyseliny a fulvokyseliny, mikrobiální hnojiva (*Azotobacter*, *Bacillus megatherium*, *Azospirillum brasilense*, *Agrobacterium*), endomykorrhizní houby.

6.7 Bilance živin

Obecně lze bilanci označit jako poměr mezi zdroji a spotřebou. Hodnocení bilance rostlinných živin v zemědělství patří k jedné ze základních rozvah, které musí zemědělec udělat. V případě dlouhodobě kladné bilance (přebytku) dochází k finanční újmě a k výrazným změnám půdního prostředí (to je možno pozorovat např. v případech zvýšeného obsahu draslíku nebo sodíku v půdě vedoucího k devastaci půdní struktury), v případě dlouhodobě záporné bilance (nedostatku) je půda o živiny ochuzována (loupeživý způsob hospodaření) dochází k jejímu okyselení, destrukci sorpčního komplexu a tím k nevratným změnám její úrodnosti.

Bilanci živin je možno počítat pro celý zemědělský podnik, tento výpočet je potřebný z hlediska plánování. Pro zpřesnění hospodaření a detailní rozhodování je nutná dlouhodobá bilance pro jednotlivé pozemky. Z hlediska ekologického je dobré bilancovat podle geografických celků - dnes se důsledně dodržuje výpočet podle

Půdní druh	Orná půda a sady /pH/	Trvalé travní porosty /pH/
Písčité	5,5 (5,3 - 5,7)	5,0 (4,5 - 5,2)
Hlinitopísčité	6,0 (5,8 - 6,2)	5,0 (4,5 - 5,2)
Písčitohlinité	6,5 (6,3 - 6,7)	5,2 (4,8 - 5,5)
Hlinité až jílovité	7,0 (6,5 - 7,5) ¹⁾	5,5 (5,3 - 6,0) ¹⁾

jednotlivých povodí. Bilanci živin na poli ovlivňuje člověk sklizní, hnojením a zpracováním půdy. V zemědělsky využívaných půdách jsou vedle zbytků pocházejících z pěstovaných plodin významným zdrojem živin organická hnojiva a v konvenčních systémech hospodaření i hnojiva minerální. Do půdy se rovněž dostávají živiny z atmosférických srážek a živiny uvolněné při zvětvávání hornin a minerálů.

V bilanci je nutno počítat se ztrátami způsobenými vyluhováním živin z půdního profilu, erozí a denitrifikací. Z výsledků bilancí by měla být udělena základní obecná rozhodnutí (ta je nutno dále upřesňovat pro jednotlivé živiny).

Hodnoty optimální reakce půdy, v závorkách žádoucí rozmezí (Richter, Hlušek 2003)

¹⁾ horní hodnoty platí pro karbonátové půdy

K základním rozvahám ekologicky hospodářského zemědělce musí patřit bilance živin v podniku, to znamená poměr mezi jejich zdroji a spotřebou

Číslo typu ^{*)}	Označení typu ^{*)}	Složení a způsob výroby
Fosforečná hnojiva		
2.1.1.	Thomasova moučka	silikofosfát vápenatý, struska z výroby oceli
2.6.	přírodní měkký fosforit	trikalciurní fosfát a uhličitan vápenatý, mletí měkkého fosforitu
Draselná hnojiva		
3.1.	surová draselná sůl (kainit)	surová draselná sůl (KCl + MgSO ₄)
3.5.	síran draselný	síran draselný
3.6.	síran draselný s hořčíkem	síran draselný, síran hořečnatý
3.7.	síran draselný s kieseritem	monohydrát síranu hořečnatého, síran draselný
Hnojiva s vápníkem, hořčíkem a sírou (hnojiva s druhotnými živinami)		
4.1.	síran vápenatý	síran vápenatý – pouze z přírodních zdrojů (sádrovec)
4.2.	chlorid vápenatý-roztok	chlorid vápenatý – ošetření listů jablem při prokázaném nedostatku vápníku
4.4.	kieserit síran hořečnatý	monohydrát síranu hořečnatého
4.5.	hořká sůl, síran hořečnatý	hořká sůl, heptahydrát síranu hořečnatého
Stopové prvky		
10.-16.	stopové prvky – pouze při prokázaném nedostatku	
Vápenatá a hořečnatovápenatá hnojiva		
17.1.1.	vápenec	mletý přírodní vápenec
17.1.2.	dolomitický vápenec	mletý přírodní dolomitický vápenec
17.1.3.	vápnitý dolomit	mletý přírodní vápnitý dolomit
17.1.4.	dolomit	mletý přírodní dolomit

^{*)} Číslo typu a označení typu podle vyhlášky č. 474/2000 Sb., o stanovení požadavků na hnojiva.

Minerální hnojiva, pomocné půdní látky, pomocné rostlinné přípravky a substráty, které lze používat v ekologickém zemědělství

Organická a organominerální hnojiva		
18.1.1	organické hnojivo ^{**)}	a) průmyslový kompost b) kompost ze statkových hnojiv, termofilní aerobní fermentací c) kompost ze statkových hnojiv, zpracování žížalami Eisenia foetida
18.2.	organominerální hnojivo	melasové výpalky zahuštěné obohacené

Organická a organominerální hnojiva

^{**)} Při jejich výrobě smí být použita pouze statková hnojiva, hnojiva, pomocné půdní látky, pomocné rostlinné přípravky a substráty povolené pro EZ.

Pokud je bilance kladná a byly vyzkoušeny možnosti zvýšení výnosů použitím jiných odrůd a jiných agrotechnických postupů, je nutno omezit vstupy neboť ostatní agroekologické podmínky (klíma, vodní režim, půdní druh) nedovolují, aby byly živiny odčerpány zvýšenými výnosy.

Pokud je bilance záporná je možno postupovat dvojitou cestou:

- zvýšit dodávku živin (více organických hnojiv),
- dlouhodobě přejít na výnosově nižší hladiny a snížit odčerpávání živin z pole.

Bilanci živin je možno v obou směrech upravit změnou osevního postupu.

Co je nutno do bilance započítat a jak údaje zjistit:

- živiny uvolněné zvětráváním hornin a minerálů. Příklady jsou uvedeny v následujících tabulkách:

Množství uvolněných živin: (uvolněných ze šterku o velikosti zrna 1 cm – složeného 30 % z plagioklasů, 30 % z draselných živců, 5 % z biotitu a 35 % z křemene. Relativní rychlost zvětrávání: biotit : plagioklas : draselný živec 10 : 5 : 1) (Clayton 1979)

Srovnání uvolňování prvků zvětráváním hornin (kg. ha⁻¹.rok⁻¹) (Clayton 1979)

Hornina	sodík	draslík	vápník	hořčík	oxid křemičitý	železo
Dolomit	2	4	86	52	32	0,06
Adamellit	1	8	17	2	21,2	0,03
Tuf/brekcie	28	1,6	47	11,6	213	-
Metabridlice	9	0,2	8,7	15,7	-	-
Serpentin	stopy	stopy	stopy	34,1	58,8	-
Rula –moréna	5,8	7,1	21,1	3,5	39	-
Naplavový písek	6,7	11,1	24,2	8,4	-	-

Srovnání uvolňování prvků zvětráváním hornin (kg. ha⁻¹.rok⁻¹)

Látka	Pískovec	Žula	Melafyr	Čedič	Břidlice	Vápenec	Sádrovec
	(mg v 1 l vody)						
výparek	255	24-210	160	150	120	325	2365
org. látky ¹⁾	2,8	3,1	3,8	0,4	stopy	1,4	Stopy
CaO	73	9,7-45	62	3,2	50	129	766
MgO	5	2,5-21	12	3	7	29	123
SO ₂	9	34-100	17	3,5	24	14	1108
P ₂ O ₅	10	0-30	0-5	0-3	0-15	0,5	Stopy
Cl	4	1,2-15	8	stopy	3	4	16

¹⁾ Obsah organických látek oxidovatelných manganistanem draselným a vyjádřený v mg KMnO₄

Je nutno počítat s tím, že čím je půda víc provzdušněná v důsledku zpracování, pěstované plodiny nebo i vlivu ročníku, tím je intenzita zvětrávání větší. V širokém průměru lze z literárních podkladů odhadnout, že se v našich podmínkách ročně zvětráváním uvolní na 1ha až 3 kg P, 12 kg K, 48 kg Ca a 13 kg Mg. Podkladů je však zatím velmi málo a výsledky o uvolnění

Tabulka dole. Orientační obsah živin ve vodách vytékajících z různých hornin (Clayton 1979)

Prvek	Minerál	Uvolněno (kg. ha ⁻¹ za rok)
Sodík	Plagioklas, biotit	52
Draslík	Draselný živec	23
Vápník	Plagioklas	26
Hořčík	Biotit	10
Železo	Biotit	11

zvětráváním nelze odvodit z výsledků rozborů lyzimetrických nebo melioračních vod, jak se často dělá,

– živiny dodané z atmosféry. Tato položka je dnes sledována na řadě pracovišť a údaje je možno získat pro jednotlivá území republiky ze sítě Hydrometeorologického ústavu, Zemědělské vodohospodářské správy nebo Ústředního kontrolního a zkušebního ústavu zemědělského. Pro názornost uvádíme výsledky z dvacetiletého pozorování ACHP Kroměříž ze stanoviště v Holešově, kde na 1 ha za rok v průměru spadne: 7 kg dusičnanového N, 13 kg amonného N, 5 kg P, 8 kg K, 31 kg Ca, 15 kg Mg,

– další položkou jsou živiny uvolněné rozložením posklizňových zbytků po pěstovaných plodinách. Jejich množství je přirozeně závislé na výši výnosu v jednotlivých letech. Stanovení je problematickou záležitostí a literární podklady se liší. Není také přesně známa intenzita mineralizace a většinou se uvažuje

s živinami uvolněnými po rozkladu všech zbytků. Pro výpočet dlouhodobých bilancí jsou však předkládané hodnoty dostatečně přesné – tabulka A na straně 101 (Čvančara 1962),

– živiny mohou být do půdy dodávány také v organických hnojivech (kg živin na t hnojiva) viz následující tabulka:

Hnojivo	N	P	K
Ilmjí uzralý	5,0	1,3	5,0
Kompost	7,4	1,9	9,0

Z položek kladných (dodávající živiny) přejdeme k položkám charakterizujícím jejich odčerpávání – k položkám záporným. První z nich bude odběr živin sklizní. Uvedené výsledky

jsou převzaty z práce J. Neuberga: Komplexní metodika výživy rostlin (1990) – tabulka B.

Další významnou položkou ztrát je **vyplavování živin**. Nejrozsáhlejší výsledky pro střední Evropu uvádí Müller (1980) – tabulka C.

Uvedené podklady mohou být dostatečné pro **výpočet bilance** v jednotlivých letech na jednotlivých pozemcích. Z hlediska dlouhodobé udržitelnosti je třeba kalkulovat s dlouhými časovými řadami a výsledky ověřovat rozborů půdy, kterými je kontrolována hladina živin a organických látek. Nezbytnou součástí je kontrola kvality humusu.

Jako příklad je uvedena v tabulce D bilance živin na poli, kde byla pěstována ozimá pšenice a zapraven chlévský hnůj (kg.ha⁻¹).

V tabulce jsou uvedeny živiny pro následnou plodinu. Porovnáním s tabulkou B odběru jednotlivých prvků rostlinami zjistíme, že zásoba živin dostačuje na výnos zhruba 3,5 tun obilovin na hektar nebo necelé 2 tuny řepky.

Obdobným způsobem můžeme provést kalkulaci pro ostatní plodiny a pozemky, případně celou farmu.

Zvláštní místo v bilancování živin zaujímá dusík. Uveďme si příklad bilance dusíku (kg.ha⁻¹) pro konkrétní osevní postup (viz kapitola 7):

- jetelotrávní směska
- jetelotrávní směska
- ozimá pšenice
- oves / luskoviny
- brambory
- žito

Hno	Potřeba N	Útrata N úrodou	Útrata N posklizňovými zbytky	Útrata N hnojivem
1	150	150	-	-
2	150	90	100	-
3	100	-	25	50
4	70	90	20	175
5	100	-	15	-
6	100	-	50	-
		270	210	225
Celkem	670 kg ha⁻¹ za 6 let		785 kg ha⁻¹ za 6 let	

Příklad s vysokým zastoupením plodin poutajících vzdušný dusík a při zatížení cca 0,8 – 1 DJ.ha⁻¹

Z daného příkladu s vysokým zastoupením plodin poutajících vzdušný dusík a při zatížení cca 0,8 – 1 DJ.ha⁻¹ je patrná vyrovnaná bilance dusíku. Jiná situace může však nastat u osevního postupu s vyšším podílem tržních plodin a s minimální živočišnou produkcí nebo bez ní.

Plodina	N	P	K	Ca
Pšenice	26,4	5,8	16,6	60,2
Žito	73,2	12,6	28,1	57,5
Ječmen	25,7	5,9	8,7	33,2
Oves	30	14,7	22,3	67,1
Obilniny průměr	38,8	9,8	19	67,1
Pohanka	55	5,5	8,5	
Řepka	63,1	15,8	32,9	96,8
Hrách	63,4	7,4	10,2	56,4
Pelouška	65	7,5	10,4	
Lupina	69,7	6,9	15,3	63,1
Lupina modrá	90	7,9	16	
Luskoviny průměr	68,5	7,8	11,1	60,7
Jetel červený 1letý	214,6	36,9	72	205
Vojtěška 4letá	152,6	19,4	32,9	154
Vičelec ligrus	138	14,7	38,2	104
Úročník	117,4	12,2	23,8	106,6
Seradela	72,5	9,1	8	62,7
Jeteloviny průměr	154,9	20,7	41,6	142,5
Komonice	140	13,2	40	

Tabulka A. Množství živin (kg.ha⁻¹) z posklizňových zbytků jednotlivých plodin

Plodina	N	P	K	Ca	Mg
Pšenice	25	5,2	19,9	4,2	2,4
Žito	24	6,1	21,6	5,6	2,4
Ječmen	24	5,2	19,9	6,4	1,8
Oves	26	6,1	24,1	4,3	2,4
Pohanka	34	7	33,2		
Řepka	50	10,9	49,8	4,8	
Hrách	63	7,4	37,4	22,2	3,6
Pelouška	67	8	37,4	3,6	
Lupina	70	8,8	33,2		
Jetel červený 1letý	25	2,6	12,5	1,8	3,6
Vojtěška 4letá	27	3,1	14,9	2,1	1,8
Úročník	21	3,9	20,8		

Tabulka B. Odběr živin sklizní jednotlivých plodin (kg.ha⁻¹)

Druh půdy	N	P	K	Ca	Mg
Lehká	15-25	0-5	7-17	110-300	17-43
Střední	9-44	0-5	3-8	21-176	9-16
Těžká	5-44	0-5	3-8	72-341	10-54

Tabulka C. Ztráty živin vyplavením pro jednotlivé půdní druhy (kg.ha⁻¹)

Bilance	N	P	K	Ca	Mg
Zvětráváním	-	3	12	48	13
Z atmosféry	20	5	8	31	15
Nesymbiotická fixace	20				
Zbytky pšenice	27	6	17	60	
Organické hnojivo 35t	175 (70*)	3	18	3	6
Celkem dodáno	242 (137*)	17	55	142	34
Vyplaveno	30	3	5	100	40
Další ztráty (denitrifikace, volatilizace)	20				
Celkem ztráty	50				
Zbylo	192 (87*)	14	50	42	-6

* - dusík z dodaného hnoje využitelný v prvním roce po aplikaci.

Tabulka D. Bilance živin na poli, kde byla pěstována ozimá pšenice a zapraven chlévský hnůj (kg.ha⁻¹)