



# LEKTORSKÝ TEXT

*k výukovým materiálům*

Kolektiv autorů Bioenergetika ZVT

Propagace a popularizace výzkumu a vzdělávání v oblasti bioenergetiky CZ.1.07/2.3.00/45.0006

[WWW.BIOENERGETIKAZVT.CZ](http://WWW.BIOENERGETIKAZVT.CZ)

**KOORDINÁTOR PROJEKTU:**

Zemědělský výzkum, spol. s r.o.

RNDr. Jan Nedělník, Ph.D.

[www.vupt.cz](http://www.vupt.cz)

## KOMPOSTOVÁNÍ

Současný stav hospodaření na půdě je charakterizován snižováním dávek organických hnojiv po půdy, což se v sekundárním efektu projevuje úbytkem humusu, degradací půdy, vyplavováním živin do spodních horizontů, poruchou příjmu živin a vede to až ke zvýšení eroze zhutnělých půd a snížení retenční schopnosti půdy.

Půda není mrtvou horninou, ale živým systémem z minerálních látek a humusu. Humus je částí organické hmoty v půdě a jedním z rozhodujících činitelů její úrodnosti. Je zdrojem živin, které podporují růst rostlin. Pomáhá při tvorbě půdní struktury, zlepšuje její tepelné, vodní a vzdušné vlastnosti. Půdy obsahující organickou hmotu mají lepší strukturu, která zvyšuje infiltraci vody a snižuje náchylnost půdy ke zhutnění, erozi, desertifikaci a sesuvu. V přírodě probíhají nepřetržitě procesy rozkladu a přeměny látek. V tomto koloběhu nevznikají žádné odpady. Ročně podléhá přeměně velké množství odumřelého rostlinného materiálu. Spadané listí, odumřelé větve a jiné rostlinné části jsou zdrojem výživy pro miliony organismů v půdě. Tyto organismy, ke kterým patří bakterie, řasy, houby, svinky, stonožky, hmyz, jeho larvy, a velmi důležité žížaly, jsou specializované na rozklad a přeměnu organických zbytků a mění je na humus. Obsah humusu v půdě sklizněmi a biologickými rozkladnými procesy stále ubývá, a proto je cílem každé pěstitelské činnosti obsah humusu zachovávat a pokud možno ještě zvyšovat. Kompostováním se získává z organických odpadních látek cenný humus, který lze dále použít (Kalina, 1999). Kompostování je aerobní exotermní mikrobiologická přeměna biologicky rozložitelných materiálů na látky bohaté na obsah humózního materiálu, živin a humusu. Produktem kompostování je kompost – organické hnojivo, jehož vlastnosti a kvalita závisí na kvalitě vstupních surovin a dostatku vzduchu. Kompost je nejstarším a nejpřirozenějším prostředkem ke zlepšování půdy, který je znám.

Základem aerobního kompostování je biodegradace, organické hmoty účinkem aerobních mikroorganismů, kombinovaná s některými dalšími reakcemi, např., oxidací nebo hydrolyzou. Složení mikroorganismů není konstantní a závisí na složení kompostovací základky a na stupni humifikace kompostovaných surovin. Humifikačního procesu se zúčastňují hlavně heterotrofní mikroorganismy, tj. mikroorganismy, které pro svůj vývoj využívají okolí jako zdroj uhlíku a kyslíku.

Jedním ze základních požadavků při kompostování je účinnost hygienizace kompostů. Účelem kompostování není úplná biodegradace všech složek. Při kompostování by biodegradace měla proběhnout jen v takovém rozsahu, aby se kompostované suroviny biologicky stabilizovaly, to znamená, že již nepodléhají prudké biodegradaci a především v nich nemohou začít patogenní procesy např. hniloba. Dobře biologicky stabilizovaný produkt – kompost již neohrožuje půdu, vodu ani ovzduší žádným způsobem. Nevykazuje známky fytoxicity a je možno jej zapravit do půdy. Tam může v klidu proběhnout další biodegradace do konečného stupně. (Altmann a kol., 2013) Epstein (1997) charakterizuje kompostování jako nejvyšší formu recyklace a opětovného využití zdrojů, považuje jej za nejlepší způsob využití organických odpadů a vyrobený kompost za prostředek pro zachování vitality půdy.

### Funkce kompostu

– **správně vyrobený kompost má tyto funkce:**

- pozitivní působení na půdu, život v půdě i život rostlin, zlepšuje zpracovatelnost půdy
- zvyšuje sorpční schopnosti lehčích půd, nakypřuje utužené těžké půdy
- může redukovat choroby rostlin i působení škůdců - snižuje kyselost půdy a stabilizuje hodnotu pH, regeneruje narušené půdy
- zvyšuje vodní jímavost a vodní kapacitu, snižuje vodní erozi na svazích
- snižuje potřebu závlivy, zabraňuje vysychání půd - dlouhodobě zabezpečuje rostliny důležitými živinami, zvyšuje vzcházivost osiv a sadby

### Historie kompostování

Historie kompostování v ČR sahá zhruba do roku 1915, kdy byla v Praze vybudována první kompostárna na čistírenské kaly, popel a rašelinu. Nejvíce kompostů se v důsledku vysoké podpory státu, vyplývající ze snahy zabezpečit potravinovou soběstačnost včetně zvyšování úrodnosti půd pomocí organominerálních kompostů v českých zemích produkovalo okolo roku

1987 přibližně 2,8mil tun. Po roce 1989 přestala podpora státu fungovat a výroba kompostu klesla na 1,3mil. tun za rok. Ani v současnosti stát produkci kompostů nijak zvlášť nepodporuje.

## TECHNOLOGIE KOMPOSTOVÁNÍ

### Tři fáze aerobního procesu kompostování (Kalina, 1999)

#### 1. Fáze rozkladu

Trvá asi 3 až 4 týdny, teplota stoupá dle výchozího materiálu na 50 až 70°C, pH klesá vlivem tvorby organických kyselin (octová, mravenčí, propanová, máselná). Je to činnost milionu bakterií a hub, které rozkládají lehce rozložitelné sloučeniny, jako jsou např. cukry, bílkoviny, lipidy a škrob. Konečným produktem jsou např. dusičnany, oxid uhličitý, čpavek, aminokyseliny a polysacharidy. Živiny, které jsou vázány v organické hmotě, se tak uvolňují a z části přecházejí až do původní minerální formy.

#### 2. Fáze přeměny

Trvá od čtvrtého až do osmého respektive desátého týdne. Teplota začíná opět klesat, mineralizované živiny jsou zabudovány do „humusového komplexu“. Kompost získává stejnoměrně hnědou barvu, drobtovitou strukturu a má lehkou vůni po lesní zemině. V tomto stadiu má kompost nejlepší výživářský účinek!

#### 3. Fáze syntézy (zralosti)

- teplota blízká vnějšímu okolí

Když ponecháme kompost ještě déle, získává stále více zemitou strukturu. „Živný humus“ se přeměňuje a „trvalý humus“, hnojařský účinek je slabší, ale účinnost humusu se však zvyšuje. Technologie kompostování je sled procesů vedoucí k výrobě kompostů z biologických odpadů. Zahrnuje úpravu odpadů (třídění, drcení, řezání atd.), homogenizaci (promísení), aeraci (termíny a způsob překopávek, intenzitu a způsob nucené ventilace), fermentaci (minimální teplotu

a dobu jejího udržení, celkovou dobu zrání, zajištění optimální vlhkosti) a úpravu hotového výrobku (separaci nežádoucích hmot, zrnitostní úpravu aj.) (Altmann a spol., 2013) Při řízeném kompostování je možné vytvořit vhodnější podmínky pro rozvoj mikroorganismů a dosáhnout tak až jejich desetinásobného množství než při jejich rozvoji na půdě (Váňa, 1997). Proces humifikace se tak značně urychlí. Optimální podmínky pro rozvoj mikroorganismů lze zabezpečit úpravou následujících faktorů: - vhodnou technologii kompostování a vhodnou recepturu zakládky - optimální teplotu a vlhkost (40-65%), pH, kompostovat dostatečně dlouhou dobu - dostatečnou výměnu plynů mezi zrajícím kompostem a okolním prostředím - provést kontrolu fyzikálních, chemických a mikrobiologických vlastností kompostovaných surovin, zajistit jejich homogenitu (drcení, štěpkování) a promísení -úprava C a N - optimální hodnota 20-35:1, kdy (Váňa, 1997) doporučuje pro dosažení vysoké stability a agronomické účinnosti kompostu poměr C:N (25-30:1). Při vysokém poměru C:N (50:1) dochází k zpomalování kompostovacího procesu vyčerpáním přístupného dusíku díky prudkému nárůstu buněk a jejich následnému hynutí. Epstein (1997) tvrdí, že důležitým parametrem není celkové množství dusíku a uhlíku, ale množství, které je přístupné pro mikroorganismy. - monitorovat průběh kompostovacího procesu a rozhodnout, zda je kompost dostatečně zralý a stabilizovaný - používat vhodné stroje a zařízení

### Z technologického hlediska se rozlišují následující

#### hlavní způsoby výroby kompostů:

- kompostování na volné ploše (v plošných hromadách, v pásových hromadách) -intenzivní kompostovací technologie (kompostování v uzavřeném, respektive polouzavřeném zařízení).
  - kompostování v biofermentorech (bioreaktorech)
  - kompostování v boxech nebo žlabech
- kompostování ve vacích (AgBag kompostování) - vermikompostování (zpracování žížalami Eisenia foetida) Pro kompostování zbytkové biomasy z provozování zemědělské činnosti je nejčastěji využívána technologie kompostování na volné ploše v pásových hromadách. Technologii kompostování na volných plochách v plošných nebo pásových hromadách, lze provozovat na zpevněných, vodohospodářsky zabezpečených plochách pod širým nebem.

## KOMPOSTOVÁNÍ NA VOLNÉ PLOŠE

### Kompostování v plošných hromadách

Tato technologie je nejstarší kompostovací technologií. V minulosti se uplatňovala zejména pro svou jednoduchost, protože nebyla dostupná vhodná mechanizace k zakládání pásových hromad. Tento způsob kompostování se zakládal na souvracích, vrstevně z chlévské mrvy, slámy a dalších odpadů do výšky 50cm a zpravidla byl zavlažován močůvkou. Takto založený kompost byl převrstvován pluhem, který horní vrstvu zapravoval stejným způsobem, jako by se prováděla hluboká orba. Plocha, která takto vznikala, byla po 2-3letech využívána jako tzv. tučný hon k pěstování krmných plodin nebo teplomilných zelenin. Obdělávání těchto plodin rovněž částečně nahrazovalo překopávání kompostu. Po zrušení „tučného honu“ se kompost rozvezl na zbývající část pozemku. V novodobém kompostování jsou plošné hromady využívány zejména ve velkých kompostárnách, u městských aglomerací, kde je zpracováváno velké množství biologicky rozložitelných odpadů, a to zejména BRKO. Plošné hromady jsou zakládány až do výšky 5m, jsou překopávány speciálními překopávači kompostu s pracovním ústrojím, které pracuje z boku kompostovací hromady a kompost je vrstven na nové, vedlejší stanoviště.

### Kompostování v pásových hromadách

Technologie, kdy se kompostované suroviny zakládají do pásových hromad trojúhelníkového nebo lichoběžníkového průřezu, na zabezpečených plochách se speciálními požadavky. Délka hromad je omezena velikostí těchto disponibilních ploch. Celková velikost a profil pásové hromady spolu úzce souvisí a do značné míry na nich závisí i velikost použité mechanizace, zejména šířka záběru překopávače kompostu. Podle kvality zabezpečení kompostovací plochy, které musí zamezit případnému ohrožení povrchových a podzemních vod a podle množství kompostovaných surovin lze provozovat kompostovišti nebo na průmyslové kompostárně. K provozování kompostoviny se počítá se zpevněnou plochou s roční produkcí kompostu 50 až 100t, zatímco pro provoz průmyslové kompostárny je vyžadována vodohospodářsky zabezpečená plocha s roční produkcí kompostu minimálně 500t. Tato technologie je ideální výchozí technologií pro

provozování řízeného kompostování (nazývaného také kontrolované mikrobiální kompostování či rychlokompostování). Tato technologie umožňuje vysoký stupeň mechanizace a využití vysoce výkonné techniky. Přední světové firmy se zaměřily na výrobu menších, ale vysoce výkonných strojů, které se uplatní zejména v sestavených kompostovacích linkách.

Při tradičním (neřízeném) kompostování v pásových hromadách je běžná dobírání kompostu tři až šest, někdy i 12 měsíců. O délce trvání jednotlivých fází kompostovacího procesu rozhoduje zejména surovinová skladba, homogenita surovin v hromadě, kvalita a počet překopávek i roční období. Živelný průběh procesu podmiňuje výrazně delší dobu trvání celého procesu, od založení po dozrání.

Omezené prostorové možnosti a zvyšující se množství organických odpadů vhodných ke kompostování vedou ke snaze maximálního zefektivnění výroby kompostu, a to zkrácení doby jeho výroby.

### Moderní technologie Aerobní fermentor EWA

Aerobní fermentor Ewa tvoří tepelně izolovaný pracovní prostor, systém injektorů k intenzivní aeraci základky, systém překopávání základky sestávající z kyvných fréz a korečkového dopravníku umístěného po vnitřním obvodu fermentoru a integrovaného zařízení pro naskladnění a vyskladnění. Všechny technologické uzly jsou umístěny uvnitř ISO 40 – ti stopového kontejneru koncept ALL IN ONE.

### Princip zpracování

Směs biologicky rozložitelných odpadů a strukturální (nasákové) biomasy se naskladní do pracovní části fermentoru. Optimální vlhkost základky (50 – 60%) a dostupnost vzdušného kyslíku aktivuje metabolický aparát aerobních bakterií. Aeraci a překopáváním uvnitř fermentoru dochází k provzdušňování základky. Vysoká úroveň metabolické aktivity a současný rozmnožení bakterií se navenek projevuje zvyšováním teploty základky. Za stejných podmínek probíhá v celém profilu základky intenzivní termofilní aerobní fermentace, čímž se urychlují kompostovací procesy. Složité organické látky se rozkládají a přeměňují se v jiné. Díky optimálním podmínkám probíhá



ve fermentoru bouřlivá biologická oxidace. Teplota v zakládce se zvyšuje nad 70°C a dochází k postupné denaturaci bílkovin. Vysoké teploty v zakládce po definovanou dobu způsobují inaktivaci přítomných mikrobů a patogenních organismů (viry, bakterie, kvasinky, plísně, prvoci, červi). Tento proces se nazývá aerobní termofilní stabilizace a hygienizace zakládky. Působením vysoké teploty se snižuje množství mikroorganismů a semena plevelů ztrácejí svou klíčivost. Tato fáze trvá minimálně 48 hodin od založení zakládky. Výsledkem je kompost k agrotechnickému využití o vlhkosti 40 - 45%, který lze ihned expedovat nebo nechat dozrát na vhodné ploše. Pokud je cílem výroba kompostu k energetickým účelům – biopaliva, je výhodné snížit obsah vody v zakládce na cca 35%. Ve druhé fázi zpracování se proto spouští režim biologického dosušování. Jeho podstata spočívá v tom, že se intenzivní, ale řízenou aerací zakládky z fermentoru vytěsňuje vodní pára. Přitom je důležité, aby se teplota zakládky udržela nad 50°C. V případě vysoké vlhkosti atmosférického vzduchu je výhodné snížit vlhkost rekuperačním prvkem, řešeného v rámci vzduchotechniky technologie. Počet a doba trvání provzdušňování se koriguje v závislosti na teplotě vnějšího vzduchu a aktuální teplotě zakládky. To je důležité, aby nedošlo k nežádoucímu podchlazení zakládky. Tato fáze trvá cca 48 hodin v závislosti na atmosférických podmínkách a složení zakládky. Na zakládku působíme počtem, délkou a časovým nástupem provzdušňování a počtem a časovým nástupem překopávání. Vysušování probíhá tak, že voda obsažená v zakládce se mění v páru. Odpařování napomáhá teplota zakládky, která je vyšší než teplota okolního prostředí. Vlhký vzduch se řízenou aerací zakládky dostává mimo zakládku a odchází do atmosféry.

**Výsledkem procesu řízené aerobní termofilní fermentace mohou tyto certifikované výrobky:**

### **Kompost k agrotechnickému využití (mulčkompost)**

Kompost k agrotechnickému užití se vyrábí procesem řízené aerobní fermentace. Jedná se o směs biologicky rozložitelných odpadů a odpadní biomasy z lesnictví a zemědělství. Používá se k povrchové aplikaci na půdu, při zakládání a údržbě zeleně. Převážně se pak používá k

tvorbě mulčovacích vrstev kolem výsadby květin, keřů a dřevin. Mulčovací vrstva omezuje výpar z povrchu půdy, omezuje růst plevelů a tlumí teplotní rozdíly. Tento typ kompostu může také sloužit k tvorbě rekultivačních substrátů, v takovém případě se mísí se zeminami, aby se vylepšily jejich fyzikální vlastnosti.

### **Kompost k energetickému využití (biopalivo)**

Kompost k energetickému využití je fermentovaná směs, vyrobená podle podnikové normy, v souladu s vyhláškou č. 5/2007 Sb., složená z BRO (viz katalog bioodpadu vyhlášky č. 341/2008 Sb.) V podnikové normě výrobce stanoví výrobní postup, rozsah použitých vstupů, maximální hodnoty sledovaných látek, jakostní znaky a doporučené způsoby využití. Palivo je určeno ke spalování v kotlích na tuhá paliva. Je vhodné pro kotelní systémy spalující biomasu, ale také pro kotle uhelné. Palivo je možné využívat v kotlích roštových, ale mimořádně dobrých výsledků se dosahuje v kotlích s fluidní vrstvou. Spalování může probíhat samostatně nebo ve směsi s fosilními palivy. Vyrobené palivo se dodává obvykle ve formě sypané. Kompost k energetickému využití má drobtovitou, hrudkovitou až vláknitou strukturu, barva je hnědá až černohnědá. Ve směsi jsou patrné vstupní složky biomasy – části rostlin, kůry, větví atd. Maximální délka jednotlivých kousků biomasy je 50 x 50 x 50 mm, velmi tenké větvičky mohou být dlouhé až 100 mm, ojediněle až 200 mm.

### **Provoz fermentoru EWA a řízení procesu**

Pracovní cyklus aerobního fermentoru řídí průmyslový počítač. Jeden pracovní cyklus sestává ze 3 nebo 4 časově oddělených fází, podle požadovaného finálního výrobku. Z pohledu obsluhy může jít o režim ruční, automatický a poloautomatický. Rozdíl mezi režimy je v potřebě fyzické přítomnosti pracovníka obsluhy. V případě výroby mulčkompostu nedochází k biologickému dosušování a doba fermentace je 48 hodin. Může být také delší, v závislosti na aktuálních podmínkách a kvalitě vstupních surovin.

### **Nejdůležitější fází je vlastní fermentace. Inteligentní řízení je založeno na základě kontinuálního zjišťování těchto veličin z pracovního prostoru fermentoru:**

Teplota zakládky se měří clonou speciálních teploměrů, které svým provedením odpovídají specifickému prostředí fermentoru. Vedle teploty zakládky se měří teplota vnějšího prostředí. Aktuální hodnoty se zaznamenávají a vyhodnocují průmyslovým počítačem. Řídící program spouští aeraci a překopávání při dosažení předem nastavených hodnot nebo mohou tyto funkce být spouštěny pracovníkem obsluhy při tzv. ručním režimu.

Obsah kyslíku a oxidu uhličitého je v atmosféře ve stálém vzájemném poměru. Při procesu biologické oxidace organických substrátů (aerobní fermentace – kompostování) se jejich vzájemný poměr mění. Obsah kyslíku klesá, protože je spotřebováván. Naproti tomu stoupá obsah oxidu uhličitého, který je konečným metabolitem aerobní oxidace uhlikatých substrátů (Krebsův cyklus). Přes vzdušnicí injektory umístěné uvnitř pracovního prostoru fermentoru probíhá nucená ventilace zakládky. Do zakládky se vhání čerstvý vzduch a současně je evakuován vzduch s obsahem vodní páry. Optimální provzdušňování zakládky je předpokladem pro průběh fermentace v aerobních podmínkách. V případě, že aerace nezabezpečí dostatečný přísun vzdušného kyslíku, je spuštěno překopání zakládky. Tím dojde k žádoucímu nakypření a převrstvení zakládky za současné výměny plynů v pracovním prostoru fermentoru. Po překopání je zakládka opět dostatečně porézní a kompostování probíhá v aerobním prostředí.

### **Závěr:**

Využívejme kompost, který vzniká důležitým aerobním procesem, při němž se činností mikroorganismů a makroorganismů za přístupu vzduchu přeměňuje využitelný bioodpad na stabilizovaný výstup. Kompostování tak vyplňuje důležitý uzavřený koloběh v přírodě. Vzhledem k naskytnuté možnosti návratu organické hmoty zpět do půdy, tuto možnost musíme umět využít.

Použitá literatura: ALTMAN, V. a kol: Využití kompostu pro optimalizaci vodního režimu v krajině. ZERA – Zemědělská a ekologická regionální agentura, o. s. Náměšť nad Oslavou, 2013, ISBN 978-8087226-26-1, první vydání EPSTEIN, E.: The Science of Composting. Technomic Publishing

Co INC, Pennsylvania, 1997, ISBN No. 1- 56676- 478 -5. KALINA, M.: Kompostování a péče o půdu. Edice Grada Publishing, s. r. o., Praha 7, 1999, 112s., první vydání VÁŇA, J.: Výroba využití kompostů v zemědělství. Institut výchovy a vzdělávání Mze ČR, Praha 1997, ISBN 80- 7105- 144- 6

Kompostarenska technologie. In: Wikipedie [online]. 8.2.2012 [cit. 2013-01-28]. Dostupné z: [http://cs.wikipedia.org/wiki/Kompost%C3%A1rensk%C3%A1\\_technologie](http://cs.wikipedia.org/wiki/Kompost%C3%A1rensk%C3%A1_technologie)