

Česká zemědělská univerzita v Praze

Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů

Katedra agroenvironmentální chemie a výživy rostlin



Změna poměru C:N v půdě po aplikaci kompostu

Bakalářská práce

Autor práce: Tomáš Syrový

Vedoucí práce: Ing. Martin Kulháněk, Ph.D.

© 2014 ČZU v Praze

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že svou bakalářskou práci "Změna poměru C:N v půdě po aplikaci kompostu" jsem vypracoval(a) samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury na konci práce. Jako autor(ka) uvedené bakalářské práce dále prohlašuji, že jsem v souvislosti s jejím vytvořením neporušil autorská práva třetích osob.

V Praze dne 15.04.2014

Poděkování

Rád(a) bych touto cestou poděkoval(a) Ing. Martinu Kulhánkovi, Ph.D. a všem ostatním členům Katedry agroenvironmentální chemie a výživy rostlin za spolupráci a za poskytnuté literární zdroje pro tvorbu méj bakalářské práce.

Změna poměru C:N v půdě po aplikaci kompostu

Souhrn

Vše živé vyžaduje dusíkaté sloučeniny (bílkoviny a nukleové kyseliny). Vzduch, který je ze 78 % plynný dusík je hlavním zásobníkem dusíku, ale většina organismů nemůže využít dusík v této formě. Rostliny si musí zajistit dusík ve vázané formě začleněný ve sloučeninách, jako jsou nitráty a amonné ionty. Čtyři procesy se podílejí na koloběhu N (fixace, nitrifikace, denitrifikace a rozklad).

Cyklus uhlíku je biogeochemický cyklus, kterým je uhlík vyměňován mezi jednotlivými sférami Země. Spolu s koloběhem dusíku a koloběhem vody utváří sled událostí, které jsou klíčem k tomu, že je Země schopná udržitelného života. To popisuje pohyb uhlíku jako recyklovaného a znovu využitého v biosféře.

Kompost je organická hmota, která byla rozložena a recyklována jako hnojivo nebo zlepšovač. Kompost sám o sobě je prospěšný pro půdu mnoha způsoby, zahrnující půdní kondicionér, hnojivo, přídavek humusu a jako přirozený pesticid pro půdu. V ekosystémech je kompost užitečný pro kontrolu eroze, zúrodnění, vytvoření mokřin a jako závážka.

Při kompostování, mikrobiální aktivita využívá poměr C:N 30-35 :1 a vyšší poměr bude znamenat pomalejší rychlost kompostování. Ačkoli se předpokládá, že uhlík je zcela využit, není to vždy ten případ a tím pro praktické zemědělské účely by měl kompost mít poměr 20-30 : 1. Při nižších poměrech bude dusík poskytován v nadbytku a unikne jako amoniak. Vysoké poměry znamenají, že zde není dostatečné množství dusíku pro mikroorganismy.

Klíčová slova: uhlík, dusík, poměr C:N, kompost, půda

Change in C:N ratio in soil after compost application

Summary

All life requires nitrogen-compounds (proteins, nucleic acids). Air, which is of 78 % nitrogen gas is the major reservoir of nitrogen, but most organisms can not use nitrogen in this form. Plants must secure their nitrogen in fixed form incorporated in compounds such as nitrate ions NO_3^- and ammonium ions NH_4^+ . Four processes participate in the nitrogen cycle (fixation, nitrification, denitrification and decay).

The carbon cycle is the biogeochemical cycle by which carbon is exchanged among the individual spheres of the Earth. Along with the nitrogen cycle and the water cycle, the carbon cycle comprises a sequence of events that are key to making the Earth capable of sustaining life; it describes the movement of carbon as it is recycled and reused throughout the biosphere. Compost is organic matter that has been decomposed and recycled as a fertilizer and amendment.

The compost itself is beneficial for the land in many ways, including as a soil conditioner, a fertilizer, addition of vital humus or humic acids, and as a natural pesticide for soil. In ecosystems, compost is useful for erosion control, land and stream reclamation, wetland construction, and as landfill cover.

When composting, microbial activity utilizes a C:N ratio of 30-35:1 and a higher ratio will result in slower composting rates. However, this assumes that carbon is completely consumed, which is often not the case. Thus, for practical agricultural purposes, a compost should have an initial C:N ratio of 20-30:1. At lower ratios, nitrogen will be supplied in excess and will be lost as ammonia gas. Higher ratios mean that there is not sufficient nitrogen for optimal growth of the microbial populations.

Keywords: carbon, nitrogen, C:N ratio, compost , soil

Obsah

1	Úvod	8
2	Cíl práce	9
3	Koloběh dusíku v přírodě	10
4	Koloběh dusíku v půdě	11
4.1	Mineralizace dusíku	13
4.1.1	Amonifikace	14
4.1.2	Nitrifikace.....	15
4.1.3	Denitrifikace	15
4.2	Imobilizace	16
5	Dusík v kompostech	16
6	Stanovení celkového dusíku modifikovanou metodou Kjeldahla	17
7	Uhlík v půdě	17
8	Organické látky	18
8.1	Primární organické látky	18
8.1.1	Organická hnojiva	20
8.1.1.1	Hnůj	21
8.1.1.2	Kejda.....	22
8.1.1.3	Močůvka	22
8.1.1.4	Sláma	23
8.2	Humifikované organické látky	23
8.3	Humifikace	24
9	Humusové sloučeniny	24
9.1	Význam humusu v půdě	26

9.2	Huminové kyseliny	27
9.3	Fulvokyseliny	28
9.4	Huminy	28
9.5	Lignin a fenolické látky	28
9.6	Bílkoviny a aminokyseliny	29
9.7	Cukry	30
10	Obsah humusu v půdě.....	31
10.1	Kvalita humusu	31
10.2	Stanovení organického uhlíku a zásoby humusu	32
11	Půdní úrodnost.....	32
12	Komposty.....	33
12.1	Fáze kompostování.....	34
12.1.1	Fáze rozkladu – mineralizace	35
12.1.2	Fáze přeměnná.....	35
12.1.3	Fáze dozrávání kompostu.....	35
12.2	Vlastnosti kompostu.....	36
12.3	Význam kompostování.....	37
13	Průmyslové komposty	38
14	Komposty statkové	39
15	Vermikomposty.....	40
16	Poměry C:N.....	40
17	Závěr	42

1 Úvod

Vzhledem k tomu, že v současné době je více než 60 % orné půdy ohroženo vodní erozí, je třeba nekompromisně a důsledně řešit tento problém. Na erozně ohrožených půdách je nutné určit takové podmínky hospodaření, které omezí či zabrání smyvu půdy povrchově odtékající vodou při intenzivních dešťových srážkách.

Důležitým faktorem pro zmírnění erozních procesů je přidávání organické hmoty do půdy, nenechávat půdu bez ochranného pokryvu. Významnou součástí ochrany půdy je pravidelné dodávání organické hmoty do půdy formou například kompostů. Kvalitní kompost je vysoce hodnocená forma organické hmoty dodávané do půdy. Použití kompostů vede na základě zvyšování obsahu organické hmoty v půdě a v souvislosti s nárůstem obsahu pórů ke zlepšení retenční schopnosti půdy.

Kompostování je možné definovat jako řízenou biologickou výrobu humusu. Přeměnou organické hmoty bioodpadů na humusní látky obsažené v kompostu zabezpečují převážně aerobní mikroorganismy, které potřebují ke svému životu kyslík. Proto se snažíme komposty zakládat kypré a zrající kompost co nejvíce provzdušňujeme. Při kompostování probíhají analogické procesy jako při přeměně rostlinných zbytků v půdě. V kompostech je však možné vytvořit lepší podmínky pro rozvoj mikroorganismů a dosáhnout až desetkrát většího počtu mikroorganismů ve srovnání s půdou.

Kompostování je přirozený biochemický proces, při kterém z organických látek vzniká stabilní produkt – kompost.

2 Cíl práce

Cílem práce je zhodnotit kvalitu materiálu, která vzniká při procesu kompostování, jeho složení z hlediska poměru C:N ve výsledném produktu kompostování.

Jak tyto materiály ovlivňují složení a vlastnosti půdy a jak ovlivňují činnost mikroorganismů v ní žijících a také, jaký vliv mají na růst rostlin a na schopnost odběru živin z půdy. Stabilní organická hmota zlepšuje fyzikální vlastnosti půd, zvyšuje půdní úrodnost.

Suroviny vstupující do kompostovacího procesu mají různé poměry C:N, snahou je vyrovnávat tyto hodnoty a optimalizovat je na správné rozemzí poměru uhlíku k dusíku.

3 Koloběh dusíku v přírodě

Dusík s uhlíkem představují nejvýznamnější prvky v koloběhu živin v přírodě. Mají rozhodující postavení ve všech živých soustavách a značný vliv na životní prostředí. Dusík je nepostradatelnou živinou, a to nejen pro rostliny, ale pro všechny živé organismy, včetně půdních mikroorganismů. Ve vzduchu je převládající součástí a jeho podíl činí 75,51 % hmotnostního, tj. 78,08 % objemového. Převážně jde o elementární plynný dusík (N_2). Z atmosféry se dusík dostává do půdy prostřednictvím fixace mikroorganismy, hnojivy a ve formě spadů. Zdrojem dusíku jsou dále rostlinné zbytky (Vaněk, 2007).

4 Koloběh dusíku v půdě

Celkový obsah dusíku v půdě se běžně pohybuje v rozmezí od 0,1 – 0,2 %, což představuje v ornici 3000 – 6000 kg N na 1 ha. Převážnou část dusíku v půdě (většinou přes 90 - 95 %) tvoří dusík organických sloučenin (Smith, 1994). Jsou to rostlinné a živočišné zbytky, biomasa mikrobů, jejich metabolity, humusové látky vznikající při transformaci organických látek aj. Dusík těchto sloučenin je pro rostliny nedostupný – musí přejít v procesech mineralizace na minerální formy, tedy N-NH_4^+ , a dále na N-NO_3^- , které využívají mikroorganismy podílející se na procesech přeměn a současně slouží jako zdroje N pro rostliny (Vaněk, 2007).

Celkové množství minerálního dusíku v orniční vrstvě může být 5 - 10 %, je to však převážně nevýměnně sorbovaný NH_4^+ iont, fixovaný v jílových minerálech (Černý a kol., 1997).

Při současné hustotě dobytka (přibližně 0,4 DJ/ha) je přísun N do půdy statkovými hnojivy okolo 20 kg N/ha za rok. Část dusíku zůstává na poli ve formě posklizňových zbytků. Prísun dusíku v minerálních hnojivech u nás značně poklesl v posledním desetiletí minulého století. Nyní dosahuje úrovně okolo 70 kg N/ha. Jsou však značné rozdíly v dávkách N v jednotlivých podnicích, na pozemcích i k plodinám. Prísun dusíku do půdy biologickou fixací (N_2), především symbiotickou, je závislý na rozsahu ploch, kde se pěstují bobovité plodiny (hlavně jeteloviny), a podmínkách pro tyto plodiny. Kvalitní porosty jetele a vojtěšky jsou schopny fixovat 200 až 250 kg N/ha za rok a jednoleté bobovité 40 - 80 kg N/ha za rok (Vaněk, 2007).

Obohacení půdy dusíkem představuje v průměru u jetelovin 100 - 200 kg N/ha a u bobovitých (hrách, fazol, bob) cca 40 - 60 kg N/ha. Při nesymbiotické fixaci se dodá na každý ha cca 5 kg N (Růžek a Pišanová, 2006).

Biologická fixace dusíku leguminózami a recyklace fixovaného dusíku, kdy zbytky leguminóz jsou navraceny do půdy, může být tedy významným zdrojem pro půdní zásobu dusíku, stejně tak jako pro následný příjem rostlin (Kumar and Goh, 2000).

Je však skutečností, že plochy těchto plodin jsou poměrně malé a nejsou zařazovány na pozemky pravidelně. Volně žijící mikroorganismy v půdě zasahující do bilance N nepatrně fixují okolo 5 kg N/ha za rok. Do bilanční položky přísunu dusíku do půdy přispívá i dusík, který je obsažen ve srážkách a pevných spadech a činí asi 15 kg N/ha za rok a v silněji

zatížených oblastech i přes 20 kg N/ha. Jestliže uvážíme pravidelný přísun N srážkami a spadem během celého roku (spíše v mimovegetačním období) na celé ploše našeho území, je pochopitelné, že větší část N nemůže být využita rostlinami ani na zemědělsky obhospodařované půdě, a tím zapojena do biologického koloběhu (Vaněk, 2007).

Obsah celkového N v půdě se často uvádí ve spojení s obsahem humusu v půdě nebo s obsahem oxidovatelného uhlíku (Cox.) jako poměr C : N (Černý a kol. , 1997).

Půdní mikrobiální biomasa hraje hlavní roli jako katalyzátor v rozkladu půdní organické hmoty a uvolňování anorganických živin, kde se stávají dostupné pro rostliny (Smith, 1994). Vysoký obsah dusíku reziduí snižuje konkurenci o dusík dostupný mikroorganismům a následně zlepšuje rozklad zajišťující vysokou mikrobiální aktivitu (Kumar and Goh, 2000).

Obsah půdního dusíku obecně exponenciálně klesá a může se řádově snižovat až do 1 m hloubky. Exponenciální pokles dusíku s hloubkou odráží fakt, že půdní organická hmota a půdní mikrobiální biomasa jako organické zdroje uhlíku a dusíku jsou příbuzné a rozdílné zároveň. Většina povrchových vrstev půd obsahuje nízké koncentrace anorganického dusíku (NH_4 and NO_3). Obvykle se jedná o méně než 1 % z celkového půdního dusíku. Kvůli těmto podmínkám většina studií koloběhu dusíku soustřeďuje na vrstvu od 0 do 15 cm, kde jsou měřeny procesy jako mineralizace a imobilizace dusíku (Smith, 1994). Rovněž Vaughan and Malcolm, (1985) uvádějí, že celkový obsah dusíku v půdě zpravidla klesá s její hloubkou.

Hlavním zdrojem dusíku pro rostliny jsou amonné a nitrátové ionty obsažené v půdě. Obsah celkového dusíku v ornici (svrchní vrstva půdy 0 - 25 cm) je poměrně stálý (98 - 99 % tvoří organický dusík a 1 - 2 % anorganický vázaný dusík), protože je v rozhodující míře zabudovaný do těžce biologicky i chemicky rozložitelných sloučenin. Dusík je zde vázán na aromatická jádra huminových kyselin, fulvokyselin, huminů a dalších složitých organických sloučenin. Průměrný obsah dusíku v ornici se pohybuje v rozmezí od 0,11 - 0,23 %. V závislosti na pdním typu se za vegetační období z půdních zásob (organicky vázaného dusíku) zpřístupní mineralizací 90 - 200 kg N na hektar (Zehnálek a kol., 2006).

Dusík v půdě podléhá četným přeměnám. V procesech mineralizačních je ze snadněji rozložitelných organických látek (aminokyseliny, amidy, aminocukry, org. látky biomasy odumřelých mikroorganismů) a dále i postupným rozkladem složitých látek (např. polypeptidů na peptidy až aminokyseliny) uvolňován v procesu amonizace NH_3 , který je zdrojem N pro mikroflóru a může být využíván i rostlinami. V půdách však probíhají i procesy opačné, kdy minerální formy dusíku, hlavně N-NH_4^+ , jsou spotřebovány

mikroorganismy na výstavbu své biomasy – tento proces se nazývá imobilizace. Podle intenzity těchto procesů je více či méně minerálního dusíku v půdě (Vaněk, 2007).

Půdní dusík se vyskytuje hlavně (více než 90 %) v organických formách jako aminokyseliny, nukleové kyseliny a aminocukry. Malé množství existuje ve formě aminů, vitaminů, pesticidů a jejich produktů degradace. Zbytek je přítomný jako amoniak a je poután jílovými minerály (FAO, 2005).

Jednotlivé procesy přeměn dusíku v půdách, především nitrifikace a denitrifikace, se značně podílejí na distribuci N v půdě a spolurozhodují o ní, a tím také o využití N rostlinami (Vaněk, 2007).

Většina dusíku nepocházejícího přímo z půdní organické hmoty je obsaženo v mikrobiální biomase, a to ve stejném množství jako v rostlinách a detritu. V koloběhu dusíku je zásoba dusíku v půdní organické hmotě považována za největší zdroj minerálního N, avšak dusík půdní mikrobiální biomasy také zásadně přispívá ke vzniku minerálního dusíku, ikdyž tento zdroj je pravděpodobně menší v porovnání s podílem půdní organické hmoty (Smith, 1994).

Významná část dusíku je vázána v aromatických jádrech huminových kyselin, fulvokyselin, huminů a dalších složitých organických sloučenin v půdě (Růžek a Pišánová, 2006).

Zásoby dusíku v půdním humusu závisí půdním typem. Ve vrstvě 0,2 m může představovat 7 - 10 t/ha, a to maximum v černozemích a minimum v podzolových půdách (Sotáková, 1982).

Na základě současných poznatků se uvádí, že z celkového dusíku v organických sloučeninách je 20 - 40 % N v aminokyselinách, 5 - 10 % v aminocukrech a 1 - 7 % v dusíkatých bázích nukleových kyselin (purin a pyrimidin) (Černý a kol., 1997).

4.1 Mineralizace dusíku

V koloběhu dusíku můžeme v půdě pozorovat dva rozdílné procesy. Je to mineralizace organických látek, při které vznikají minerální formy dusíku (NH_4^+ a NO_3^-), tedy formy přijatelné pro rostliny, a naopak imobilizace, kde je minerální dusík (především NH_4^+) vázán do organických sloučenin, hlavně těl mikrobů (Vaněk, 2007).

Mineralizace půdního dusíku je vždy spojena s jeho imobilizací. Tyto procesy jsou vzájemně neodlučitelné. Velký podíl NH_4^+ , NO_3^- nebo lehce rozložitelného organického N je asimilováno mikrobiální biomasou a transformováno do organických sloučenin v buňkách

mikroorganismů během oxidace využitelných zdrojů uhlíku během procesu imobilizace (Kumar and Goh, 2000).

Mineralizace rostlinných zbytků a půdní organické hmoty produkuje anorganické ionty dusíku, fosforu a síry, všechny z nich mohou být využity rostlinami, sorbovány nebo vysráženy a vyplaveny ze systému (Smith, 1994).

Propojení mineralizace uhlíku a dusíku je důležité, avšak jestliže množství uhlíku není okamžitě metabolizováno půdní mikrobiální biomasou, pak je mineralizace dusíku pomalá bez ohledu na poměr dusíku a uhlíku v substrátu (Smith, 1994).

Množství minerálního dusíku pocházejícího z procesů mineralizace a imobilizace koresponduje s čistou mineralizací, vyrovnávající míru, kterou mineralizace převyšuje imobilizací (Gunnarsson, 2003).

Mineralizace je velmi malá při nízkých teplotách (kolem 0 °C). S rostoucí teplotou se výrazně zvyšuje, především v oblasti 30-40 °C. Zvýšení teploty v mezofilním pásmu o 10 °C zrychlí průběh mineralizace 2 - 3 x (Černý a kol., 1997).

Mineralizace organického dusíku na NH_4^+ je méně citlivá na změny pH než nitrifikace nebo změna NH_4^+ na NO_3^- . Tento krok je klíčový, protože hlavní forma dusíku odebíraná rostlinami je NO_3^- (Sikora and Szmidt, 2001).

Na mineralizaci má značný vliv obsah vody a teplota půdy. Zvyšuje se, když se střídá období sucha a vlhka, což lze vysvětlit:

- odumřelou mikrobiální biomasou
- novými povrchy org. látek, které jsou uvolňovány od pevných půdních agregátů v důsledku jejich smršťování
- tvorbou nízkomolekulárních sloučenin.

Poměr C : N značně ovlivňuje rychlost rozkladu a mineralizaci dusíku, protože dusík určuje růst a pohyb mikroorganismů, které mineralizují organický uhlík, ale poměr C : N není sám o sobě vždy dobrý indikátor rychlosti dekompozice (Wolf and Snyder, 2003).

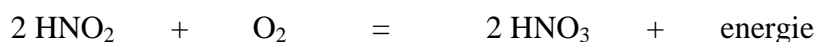
4.1.1 Amonifikace

Amonifikace je přeměna lehce rozložitelných dusíkatých sloučenin jako jsou proteiny a nukleové kyseliny na amoniak. Může být ovlivněna působením široké škály bakterií a hub. Dále je ovlivněna teplotou, vlhkostí a dalšími faktory, které působí na tyto organismy. Při amonifikaci vzniká hydroxylová skupina, která způsobuje slabé zvýšení půdního pH:

Organický N \rightarrow NH₄⁺ + OH⁻ (Addiscott, 2005).

4.1.2 Nitrifikace

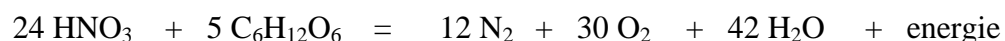
V biologicky činných půdách je NH₃ oxidován v procesu **nitrifikace**. Je to oxidační proces, kdy je amonný dusík postupně oxidován autotrofními mikroorganismy až na N- NO₃⁻. Probíhá ve dvou stupních a nitrifikační mikroorganismy (prvního stupně Nitrosomonas, Nitrosocystis, Nitrosospira a druhého stupně Nitrobacter) využívají kromě dusíku i energii uvolňovanou během oxidace.



Nitrifikace je proces velmi citlivý na vnější podmínky – je výrazně ovlivňován vlhkostí a teplotou. Při teplotách pod 5 °C téměř ustává. Vyžaduje dostatek vzduchu v půdě a slabě kyselé až mírně alkalické prostředí (Vaněk, 2007).

4.1.3 Denitrifikace

Denitrifikace je naopak redukční proces, kdy jsou nitráty v přítomnosti organických látek redukovány na oxidy dusíku až na elementární dusík. V našich podmínkách převažuje denitrifikace působená fakultativně anaerobními mikroorganismy, které během rozkladu využívají kyslík nitrátů. Lze ji sumárně vyjádřit takto:



Podmínkou průběhu denitrifikace je nedostatek kyslíku v půdě, přítomnost nitrátů a dostatek lehce rozložitelných organických látek. Méně významná je denitrifikace chemická – redukce nitritů v přítomnosti amidů bez účasti mikroorganismů. Denitrifikací mohou nastávat

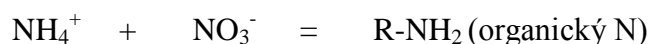
dosti značné ztráty dusíku a pro jejich omezení je žádoucí, aby nebylo v půdě přítomno větší množství N-NO_3^- v mimovegetačním období, kdy je kromě ztrát denitrifikací i zvýšené nebezpečí vyplavení N-NO_3^- z ornice. Jednotlivé procesy přeměn dusíku v půdách, především nitrifikace a denitrifikace, se značně podílejí na distribuci N v půdě a spolurozhodují o ní, a tím také o využití N rostlinami (Vaněk, 2007).

Ztráty oxidu dusného při denitrifikaci jsou však často malé v porovnání k akumulovanému množství mineralizovaného dusíku nebo dalším typům ztrát jako je vyplavování (Gunnarsson, 2003).

Zelené hnojení může přispívat ke zvýšení plyných ztrát dusíku při denitrifikaci nebo úniku amoniaku. Většina dusíku denitrifikuje na plyný dusík a pouze menší podíl na oxidy dusíku způsobující problém znečištění, z nichž je oxid dusný zvláště škodlivý, protože je to také velmi účinný skleníkový plyn (Gunnarsson, 2003).

4.2 Imobilizace

Imobilizace je opakem procesu mineralizace. Všechny živé složky vyžadují dusík, proto mikroorganismy v půdě soutěží s rostlinami o dusík. Imobilizace odkazuje na proces, v němž nitrát a amoniak jsou odebírány půdními mikroorganismy, a proto se stávají nedostupnými pro plodiny.



Zabudování materiálů s vysokým poměrem C:N zvýší biologickou aktivitu a způsobí větší požadavky na N a to má za následek imobilizace dusíku. Imobilizace pouze dočasně upoutává dusík. Když mikroorganismy umírají, organický dusík obsažený v jejich buňkách je přeměněn mineralizací a nitrifikací na nitrát dostupný rostlinám (Johnson et al, 2005).

5 Dusík v kompostech

Ztráty dusíku z kompostu mohou být způsobeny únikem amoniaku, ztrátami plyného N_2 , oxidů dusíku nebo vyluhováním rozpustných sloučenin. Tyto ztráty je ve srovnání s mineralizací dusíku mnohem složitější předpovědět a téměř všechny jsou ovlivněné prostředím v kompostu nebo změnou média kompostu (Sikora and Szmidt, 2001).

Mineralizace N kompostu se udává jako čistý dostupný a rozpustný dusík po inkubaci v podmínkách srovnatelných s komposty. Čistá mineralizace je suma mineralizace a imobilizace výsledné úpravy kompostovaného produktu. Půdní pH má možná větší vliv na mineralizaci dusíku z kompostu než pH samotného kompostu (Sikora and Szmidt, 2001).

Komposty obsahují obvykle méně než 0,2 % dusíku nitrátového (Sullivan and Miller, 2001). Obsah rostlinných živin ve zralém kompostu se liší, ale obecně je obsah dusíku nízký ve srovnání s obsahem např. draslíku nebo fosforu (Eklind, 1998).

6 Stanovení celkového dusíku modifikovanou metodou Kjeldahla

Metoda se zakládá na stanovení NH_3 , který se za varu uvolňuje působením koncentrované kyseliny sírové, kterou vytváří síran amonný. Ze síranu se amoniak uvolňuje působením NaOH a zachytává se do nadbytečného množství kyseliny sírové a její nadbytek se stanoví titrací s NaOH (Sotáková, 1982).

7 Uhlík v půdě

Mikroorganismy získávají energii rozkladem energeticky bohatých uhlíkatých vazeb substrátu a používají dusík k syntéze aminokyselin a proteinů (Eklind, 1998).

Propojení mineralizace uhlíku a dusíku je důležité, avšak jestliže množství uhlíku není okamžitě metabolizováno půdní mikrobiální biomasou, pak je mineralizace dusíku pomalá bez ohledu na poměr dusíku a uhlíku v substrátu (Smith, 1994).

Chemické složení rostlinného materiálu určuje dostupnost rostlinného uhlíku půdním dekompozitorům, a proto má důležitý vliv na dynamiku mineralizace dusíku během rozkladu (Gunnarsson, 2003).

Úrovně půdního uhlíku jsou určeny faktory jako jsou srážky, teplota, vegetace a půdní typ a rovnovážné hodnoty souvisejí s individuálními systémy a oblastmi. Avšak tyto rovnováhy jsou narušeny, když jsou oblasti vyčištěné nebo využívané k zemědělské produkci (Chan, 2008).

Půdní organický uhlík je uhlík související s půdní organickou hmotou. Půdní organická hmota je organická frakce půdy, která je utvořena z rozložených rostlinných a živočišných materiálů stejně jako mikrobiální organismy, ale nezahrnuje čerstvé a nerozložené rostlinné materiály jako je sláma a rostlinné zbytky ležící na povrchu půdy (Chan, 2008).

Půdní organická hmota je tvořena směsí odumřelých zbytků rostlin živočichů v různém stupni rozkladu, humusem vzniklým mikrobiálními a biosyntetickými procesy

z meziproductů rozkladu organických zbytků a dále živými a odumřelými buňkami půdních mikroorganismů a živočichů (Pospíšilová a Tesařová, 2009).

Při nedostatku organické hmoty v půdách, případně vlivem nedostatečné biologické činnosti, mohou rostliny trpět nedostatkem uhlíku (Sotáková, 1982).

uvolňování půdního organického uhlíku je závislé na rovnováze mezi vstupy a výstupy uhlíku. Střídání plodin a intenzita pěstování může ovlivnit množství a kvalitu organického C (Magdoff and Weil, 2004).

Ochranné zemědělské technologie, jako je bezorebný systém, zapravení posklizňových zbytků a dávkování živin, zvyšuje obsah půdního organického uhlíku. (Dalal et al., 2011).

Efektivnost Uvolnění půdního uhlíku závisí na množství a kvalitě biomasy vracené do půdy. V obdělávaných půdách jsou hlavním zdrojem biomasy posklizňové zbytky (Lal, 2008).

8 Organické látky

Organické látky v půdě tvoří veškerý spalitelný podíl půdy, který můžeme rozdělit na látky nehumifikované, přechodné a humifikované. Organické látky nehumifikované (primární) představují v půdě většinou pouze 10 – 15 % z celkového organického podílu půdy. Jsou tvořeny posklizňovými zbytky, organickými hnojivy, odumřelými, nerozloženými nebo částečně rozloženými zbytky rostlin, zoedafonu a mikroedafonu. Tyto látky jsou postupně za přístupu vzduchu rozkladnými procesy odbourávány na konečné produkty mineralizace, které slouží jako zdroj výživy rostlin a půdních mikroorganismů (Richter a Kubát, 2003).

8.1 Primární organické látky

Primární organické látky (nehumifikované) tvoří 10 – 15 % z celkového organického podílu půdy a představují je rozložené nebo částečně rozložené zbytky rostlin, organických hnojiv, živočichů včetně mikroorganismů a makroedafonu (žížaly a ostatní půdní živočichové) (Huleš a Vrba, 2006).

Primární organická hmota je zdrojem energie půdních mikroorganismů, navazujících řetězců rostlin a živočichů, je surovinou nejpotřebnějšího hnojiva CO₂ a také základem tvorby humusu (Mikula, 1997).

Nerozložené zbytky rostlin, živočichů a organických hnojiv jsou postupně přeměňovány v půdě za účasti půdních mikroorganismů. Tento proces se nazývá mineralizace a jeho

konečnými produkty jsou voda, oxid uhličitý, amoniak, ionty K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} , SO_4^{2-} , $H_2PO_4^-$, a jiné mikroelementy (bór, mangan, měď, zinek, molybden aj.).

Vzhledem k tomu, že konečné produkty slouží k výživě rostlin, tvoří organické látky tzv. živný humus. Během procesu mineralizace se uvolňuje značné množství energie nezbytné pro vývoj a rozvoj půdních mikroorganismů, tedy biologické činnosti půdy. Mineralizace organické hmoty probíhá poměrně rychle, její rychlost je však rozdílná a závisí na kvalitě a množství výchozího materiálu v půdě, přístupu vzduchu, teplotě půdy a půdní vlhkosti, půdní kyselosti a obsahu dusíkatých látek. K plnému rozkladu organické hmoty dochází za maximálního přístupu vzduchu (Huleš a Vrba, 2006).

V našich podmínkách je v orné mineralizováno (rozkládáno) v průměru ročně 4,0 – 4,5 t organických látek na hektar. Přibližně polovinu (57 %) z toho uhrazují posklizňové zbytky rostlin a zbytek 1,5 – 2,5 t je nutno dodávat organickými hnojivy (Richter a Kubát, 2003).

Zvyšování obsahu čerstvé organické hmoty v půdách způsobuje zvýšení biologické aktivity, zásluhou které se zintenzivňuje proces mineralizace (Sotáková, 1982). Podstata funkce mikroorganismů v půdě spočívá v rozkladu organické hmoty částečně na minerální látky, částečně na humus. Reducenti v půdě přecházejí po odumření do kategorie producentů a zlepšují konverzi odumřelé biomasy (Mikula, 1997). Velké počty žížal v půdách bohatých na organickou hmotu jsou považovány jako zásadní prostředek pro pohyb odumřelého povrchového odpadu do půdy, kde může být rozložen mikroorganismy. Jedna z užitečných aktivit žížal je udržení vhodného poměru C a N na povrchu půdy (Wolf and Snyder, 2003).

Hlavním zdrojem CO_2 je organická hmota půd, z které ho uvolňují mikroorganismy (Sotáková, 1982).

Mineralizace uhlíku je doprovázena uvolňováním anorganických živin (N, P, S) do půdního roztoku, a to když jsou anorganické živiny v substrátu ve vyšším množství, než jsou požadavky mikrobů pro syntézu biomasy (Smith, 1994).

Půdní mikrobiální biomasa a její aktivita jsou řízené množstvím a metabolickou aktivitou uhlíku, z něhož většina je produkována z růstu rostlin (Smith, 1994).

Smith a Elliot (1990) uvádí, že v teplých oblastech se obsah půdní organické hmoty pohybuje mezi 0,4 – 10 %, v půdách humidního klimatu je to v průměru 3 – 4 % a v semi-aridních oblastech 1 – 3 %.

ke zlepšení kondice půdy a její produktivity mohou být využity posklizňové zbytky, které jsou hlavním zdrojem lignocelulózy vstupující do půdy. Posklizňové zbytky reprezentují pouze zlomek z celkového uhlíku v půdě, ale rozkládají se velmi rychle (Kumar and Goh, 2000). Posklizňové zbytky obsahují hlavně komplexní uhlíkaté sloučeniny pocházející z buněčných stěn (celulóza, hemicelulóza). Řetězce uhlíku, kterými je každý atom uhlíku vázán k ostatním, tvoří „páteř“ organických molekul. Tyto uhlíkové řetězce s různým počtem navázaných kyslíků, vodíků, dusíků a síry, jsou základem pro oba jednoduché cukry a aminokyseliny a komplikovanějších molekul dlouhých uhlíkových řetězců nebo uzavřených řetězců. V závislosti na jejich chemické struktuře, rozklad je rychlý (cukry, škroby a bílkoviny), pomalý (celulóza, tuky, vosky a pryskyřice) nebo velmi pomalý (lignin) (FAO, 2005).

Dalším zdrojem organické hmoty v půdě jsou kořenové exudáty. Míra exudace a složení exudátů závisí na druhu rostliny a na fyziologických podmínkách rostliny, stejně tak jako na fyzikálních podmínkách půdy nebo jiného pěstebního média (Vaughan and Malcolm, 1985).

Půda může plnit svoje hlavní poslání – zásobovat organismy živinami zejména zásluhou organické hmoty, protože je základním zdrojem CO₂ mobilizovatelného dusíku, fosforu a síry. Prostřednictvím organické hmoty a organismů půdy se uskutečňuje nepřetržitá mobilizace a imobilizace biogenních prvků. Rozkladem rostlinných zbytků a humusu dochází k uvolňování živin, naopak syntézou humusových látek a odběrem živin organismy se biogenní prvky stabilizují, imobilizují. Organickou hmotu půdy můžeme právem označit za hlavní součást cyklické výměny prvků mezi půdou, organismy a atmosférou (Sotáková, 1982).

8.1.1 Organická hnojiva

Statková hnojiva jsou řazena mezi základní zdroje živin v agroekosystému. Často je uváděn celkový obsah živin dodaný v organických hnojivech, avšak při výpočtech bilance živin v zemědělském podniku je potřeba správně počítat skutečné uvolňování živin ze statkových hnojiv a následně jejich využitelnost rostlinami. Statková hnojiva jsou také cenným zdrojem mikroprvků. Při mineralizaci organické hmoty jsou mikroprvky uvolňovány a následně jsou dobře přístupné pěstovaným plodinám. Stájovými hnojivy se mikroprvky nejen navrací do půd, ale v některých případech dochází k dalšímu obohacení půd. To je například u zinku (Zn) a niklu (Ni), které jsou uvolňovány z prostředí stájí. Některé mikroprvky jsou přidávány jako aditiva do krmných směsí – jsou to zinek, měď a mangan. Na druhou stranu organická hnojiva mohou přístupnost mikroprvků z půdy snížit. Jednak tím, že jsou mikroprvky pevně vázány na organické látky, v některých případech dochází k vytváření

velice pevných chelátových vazeb. Dále při pravidelném používání organických hnojiv je udržováno vyšší pH půdy. Problémy s příjmem mikroprvků pak mohou být na neutrálních a alkalických půdách. Na mírně kyselých a kyselých půdách je však aplikace statkových hnojiv vždy pozitivní. Ve srovnání s minerálními hnojivy je působení statkových hnojiv pozvolnější a dlouhodobější. Organické látky dodávané statkovými hnojivy mají vliv na dynamiku dusíku v půdě. Využití živin z hnojiv rostlinami pak výrazně závisí na podmínkách pro jejich mineralizaci (Shejbalová a kol., 2013).

Kvůli poklesu stavu hospodářských zvířat v zemědělství se výrazně snížila produkce statkových hnojiv. Tím se také výrazně změnilo hospodaření na půdě. Pěstuje se méně plodin na zeleno (sklizeň celé rostliny), více se pěstují plodiny na zrno a sláma se ponechává na poli. Na půdě tak zůstává více primární organické hmoty, především ve formě slámy. Sláma se však rozkládá rychleji než částečně humifikovaná statková hnojiva či stabilizovaný kompost. Za určitých podmínek může dokonce primární organická hmota stimulovat mineralizaci a podporovat úbytek půdní organické hmoty (Habart, 2006).

8.1.1.1 Hnůj

Průměrný obsah dusíku v hnoji skotu činí 4,8 kg v tuně a v hnoji prasat 6,2 kg v tuně. Složení hnoje se však liší podle druhu zvířat, jejich velikosti, způsobu ustájení, krmení apod., a dále v závislosti na uskladnění a aplikaci. Po zapravení hnoje dochází mineralizaci živin. Množství a rychlost mineralizace závisí na mnoha faktorech. Jsou jimi především teplota, půdní vlhkost, půdní vlastnosti, složení a druh hnoje a mikrobiální aktivita.

Dusík (N) je v hnoji obsažen ze 70 % ve formě organické a 30 % ve formě minerální, z čehož 29 % tvoří forma amonná a jen 1 % forma nitrátová. S ohledem na přeměny dusíku v půdě a případné ztráty je ovlivněna využitelnost N. V prvním roce aplikace se průměrné využití dusíku z hnoje pohybuje kolem 15 – 25 % z celkového obsahu N a s každým následujícím rokem klesá – druhý rok po aplikaci 10 – 15 %, třetí rok do 5 %.

Z důvodu delšího a pozvolnějšího působení hnoje v půdě je proto vhodné jej aplikovat k plodinám s delší vegetační dobou. Takovými plodinami jsou zejména okopaniny (brambory, cukrovka), jednoleté pícniny, některé druhy olejnin či vytrvalé kultury (sady, vinice). Skutečné využití dusíku rostlinami z hnoje je nižší, než je například započítané množství N podle nitrátové směrnice (NS).

Naopak v dalších letech po aplikaci již NS s žádným N nepočítá, avšak k jeho uvolňování dochází. V této problematice se pěstitel musí správně orientovat, pokud hledá vztah mezi vyváženou výživou a „evidencí hnojení“ (Shejbalová a kol., 2013).

8.1.1.2 Kejda

Množství živin v kejdě se liší podle obsahu sušiny, která je ovlivněna podílem technologické vody.

Nejvíce dusíku obsahuje kedja drůbeží – 9,6 kg N v tuně hnojiva, kejda prasat pak 5 kg dusíku v tuně a kejda skotu 3,2 kg.

Dusík v kejdě se vyskytuje především ve formě amonné (40 – 60 %) a v této podobě je pro rostliny snadno přístupný. Dalších 10 % tvoří nitrátová forma a zbylou část forma organická. S ohledem na obsah snadno přístupné formy N je vhodné určovat dávku podle jeho obsahu. Ve srovnání s hnojem je podíl využitelného N v prvním roce po aplikaci 60 – 70 %, v dalším roce do 10 %.

Díky vysoké biologické aktivitě v kejdě nastávají rychlé přeměny uhlikatých a dusíkatých látek. Použití kejdy je tedy vhodné kombinovat s jiným organickým hnojivem

(s širším poměrem C : N), např. se slámou. Poměr C:N v kejdě se pohybuje v rozmezí 4 – 8 : 1.

Obdobně jako při hnojení hnojem se i kejda aplikuje k okopaninám, pícninám a olejninám. Vhodným hnojivem je i na pastviny a travní porosty (Shejbalová a kol., 2013).

8.1.1.3 Močůvka

Močůvka je kapalné hnojivo bohaté na obsah dusíku a draslíku. Jejich množství v hnojivu se však může značně lišit, a to podle kvality močůvky. Průměrný obsah N je 2 – 3 kg/ t močůvky. Při aplikaci 10 t na hektar močůvky o průměrné jakosti dodáme do půdy v průměru 25 kg N. V močůvce se dusík nachází zejména v amonné formě. Pouze 10 % N je v močůvce obsaženo ve stabilnější formě s vazbou na organické látky. Působení N z močůvky je poměrně rychlé a jeho využitelnost rostlinami je uváděna 70 – 80 % (Shejbalová a kol., 2013).

8.1.1.4 Sláma

Sláma je bohatým zdrojem organických látek, které zlepšují vlastnosti půdy. Množství obsažených živin závisí na druhu slámy. Nejvíce dusíku nalezneme ve slámě luskovin (1,33 %), sláma obilnin obsahuje kolem 0,5 % N. O efektivnosti hnojení slámou rozhoduje úroveň jejího rozdrčení (na délku 10 – 20 cm) a rovnoměrné rozmístění po pozemku. Po jejím zapravení je nutné upravit poměr C : N, ideální je využití tekutých stájových hnojiv (močůvky, kejdy nebo hnojůvky).

V případě použití minerálních hnojiv volíme hnojiva s amonnou a amidovou formou dusíku (močovina, DAM, síran amonný), přičemž po vyrovnání poměru je třeba 4 – 6 kg N na tunu slámy (Shejbalová a kol., 2013).

komposty

8.2 Humifikované organické látky

Organické látky humifikované vznikají za omezeného přístupu vzduchu během procesu nazvaném humifikace v souběhu s částečnou mineralizací organické hmoty v půdě a za spolupůsobení enzymů vylučovaných řadou mikroorganismů. Během humifikace tak dochází k tvorbě nových, velmi složitých organických nebo organominerálních látek – jedná se o látky humusové, tzv. trvalý humus. Nově vytvořené humusové látky v půdě jsou vysokomolekulární organickominerální dusíkaté sloučeniny s řadou specifických a pro výživu rostlin i půdní úrodnost významných vlastností. Z celkového obsahu organických látek v půdě připadá na humifikované látky 85 – 90 %. Vzniklé humifikované látky mohou reagovat i s jílovými minerály a vytvářet tak organominerální komplexy – základ pro tvorbu drobtovité struktury půdy a zároveň vznik a udržení sorpčního komplexu půdy (Huleš a Vrba, 2006).

Rozklad organických zbytků je charakterizován obecně ztrátou uhlíku ve formě CO₂, ale při humifikaci je část uhlíku začleněna do humusu a humusové hmoty. Odhaduje se, že přibližně jedna třetina uhlíku z rostlinných zbytků je zadržována v půdě (Kim, 2003).

Většina volného uhlíku je podle všeho zadržena v půdě ve formě humusové hmoty, než obě huminové a fulvokyseliny vykazují obsah uhlíku v rozmezí takovém, jaký je v rostlinných zbytcích (Kim, 2003).

8.3 Humifikace

Proces, kterým se utváří humusová hmota, se nazývá humifikace, zahrnuje spoustu biochemických reakcí. Je úzce spojena s koloběhem uhlíku a dusíku v prostředí.

Zatímco jedna skupina teorií je založena na depolymerizaci biopolymerů způsobující jejich transformaci na humusové sloučeniny, druhá skupina představuje polymerizaci malých molekul, , při utváření humusové hmoty (Tan H. Kim, 2003).

K nejvýznamnějším sloučeninám, které intenzivně zasahují do procesu humifikace, celkové tvorby půdy a půdní úrodnosti patří sacharidy a zejména polysacharidy. Hlavními producenty těchto sloučenin jsou rostlinné organismy. V rostlinných zbytcích jich může být 85 – 90 % a to především ve formě celulózy a hemicelulózy. V půdní organické hmotě se může nacházet 5 až 20 – 30 % a nebo průměrně 5 – 16 % (Sotáková, 1982).

9 Humusové sloučeniny

Humusové sloučeniny (nebo humus), možná nejrozšířenější látky obsahující organický uhlík v pozemských a vodních prostředích, jsou tmavé barvy, převážně aromatické, kyselé, hydrofilní, molekulárně flexibilní, poleelektrolyty. Jsou složeny ze 70 - 80 % z organické hmoty v minerálních půdách a jsou tvořeny z chemické a biologické degradace rostlinných a živočišných zbytků a ze syntetických aktivit mikroorganismů (Burns et al., 1986).

Humus je materiál složený z mnoha organických látek a představuje stádium dekompozice organického materiálu. Je to z poloviny konečná fáze dekompozice (konečná fáze je popel) a je charakterizován nízkou rychlostí rozkladu (Epstein, 1997).

Humusotvorný proces a jeho dynamika spočívající v nepřetržitém střídání, případně současným působením procesům rozkladu, mineralizace a humifikace v různém poměru, je podřízený zákonitostem půdotvorných faktorů v půdotvorných procesech (Sotáková, 1982).

Humusové sloučeniny jsou považované za energeticky bohatý materiál a hrají důležitou roli v růstu rostlin a růstu mikrobů a v biochemickém cyklu v půdě. Byly vytvořeny z rostlinných, živočišných a mikrobiálních struktur. Předpokládá se, že jsou relativně stabilní, přinejmenším stabilnější než cukry a bílkoviny. Protože jsou velkým zdrojem energie, jsou

humusové sloučeniny předmětem dalšího rozkladu a finálním produktem jejich rozkladu půdními mikroorganismy je oxid uhličitý a voda (Tan H. Kim., 2003).

Formy humusu mohou být definovány jako morfologické systémy v asociaci s organickou hmotou s minerálním podílem na vrcholu půdního profilu (Ponge, 2003).

Humus je soubor organických látek v půdě původem z odumřelých zbytků rostlin, živočichů a mikrobů smíchaných s minerálním podílem půdy v různém stupni přeměn. Charakteristickým znakem humusu je jeho heterogenita a labilita, způsobující značnou aktivitu v dynamice půdních pochodů. Z toho vyplývá i výrazný vliv na úrodnost půdy. Obsah humusu v půdě je hodnotou relativně stálou, pokud zabezpečujeme trvalý přísun organických látek do půdy. Tak je uhlík v huminových kyselinách starý 750 let, fulvokyselinách 420 let a huminech dokonce 2400 let (Huleš a Vrba, 2006).

Wolf a Snyder (2003) tvrdí, že humus je docela homogenní a má složení asi z 50 % organického uhlíku a 5 % dusíku v sušině. To dává poměr C : N rovný 10 : 1, který je mnohem nižší než u původních rostlinných materiálů, z kterých byl objem organické hmoty odvozen.

Základními ukazateli humusového režimu půd jsou zásoby humusu určité kvality ve vztahu k soustavnému doplňování těchto zásob čerstvou organickou hmotou a k rozkladu tak původní zásoby humusu, jako i čerstvé organické hmoty. Velikost akumulace humusu v půdách závisí na vydatnosti hlavního zdroje organických látek, od rostlinstva a zejména od každoroční produkce odumírajících nadzemních a podzemních orgánů rostlin (Sotáková, 1982).

Humusový režim je vždy odrazem aktivity mikroorganismů půd. Tyto rozhodují ve značné míře o novotvorbě, ale i o rozrušování staré zásoby humusu a čerstvých organických zbytků. Jsou to především mikroorganismy, které svojí aktivitou rozhodují o vzájemném poměru mineralizace a humifikace. Podstatnou část humusu (85 – 90 %) tvoří humusové látky typu huminových kyselin a fulvokyselin. Představují komplex organických sloučenin tmavohnědé a světlžluté barvy, rozpustné v louhu, solích a organických rozpouštědlech (Sotáková, 1982).

Hlavní komponenty vyšších rostlin, důležité jako zdroje pro tvorbu humusové hmoty, jsou lignin, celulóza a hemicelulóza, polysacharidy a bílkoviny. Fenoly a cukry syntetizované mikroorganismy byly nedávno přidány jako důležité surové materiály pro syntézu humusových sloučenin (Kim, 2003).

9.1 Význam humusu v půdě

Humus je součástí půdních koloidů. Jsou to částice menší než 0,25 mikrometrů. Především je zdrojem živin a fyziologicky aktivních látek pro rostliny. Mineralizací humusu se z půdy ročně uvolní asi 15 t oxidu uhličitého na ploše 1 ha, který proniká do ovzduší, odkud jej rostliny využívají během fotosyntézy. Humus napomáhá tvorbě půdní struktury, zlepšuje tepelné, vodní a vzdušné vlastnosti půdy (Huleš a Vrba, 2006).

Humusový komponent často tvoří tvar půdních agregátů, které jsou viditelné pouhým okem nebo se zvětšovací lupou a jsou klasifikované do třech typů, nazývané mikro – (do 1 mm), mezo - (1 – 4 mm) a makroagregáty (větší než 4 mm) (Jabiol et al, 2013).

Humus má pro živiny obrovskou sorpční, poutací kapacitu. Spolu s jílovými minerály a dalšími složkami půdy vytváří organominerální sorpční komplex (Urban, 2012).

Působení humusu na fyzikální vlastnosti spočívá především v jeho tmelivých účincích při tvorbě strukturních agregátů, jeho vlivu na objemové změny půdy, na poutání, uvolňování a propouštění vody a provzdušňování. Tepelný režim půd humus ovlivňuje prostřednictvím velikosti aktivního povrchu a tmavšího zabarvení, které umožňuje pohlcování většího množství slunečních paprsků. Zlepšování vodo-fyzikálních vlastností pomáhá humus ochraňovat půdu před erozí. Zvýšený obsah humusu v půdách zabezpečuje jejich vyšší sorpční a pufrovací schopnost, umožňuje regulovat kationtové složení sorpčního komplexu a půdního roztoku. Na vlivu humusu na celý soubor fyzikálně-chemických a chemických vlastností půd závisí režim živin a biologická aktivita půd (Sotáková, 1982).

Půdní organická hmota ovlivňuje tvorbu půdních agregátů řídících vzdušné a vodní poměry ve vztahu k růstu kořenů rostlin. Agregáty a koncentrace půdní organické hmoty řídí vodní infiltraci a zadržování a poskytují tak odolnost k vodní a větrné erozi (Smith, 1994).

Humusová hmota má vliv na zvýšení příjmu dusíku rostlinami, dokonce až do koncentrací, které by normálně byly toxické) a také znemožňuje rostlinám využití dusíku přítomného v koncentracích příliš nízkých, které by neměly žádný vliv na výnos (Burns et al, 1986).

Humusové látky podporují růst kořenů, tvorbu sušiny, zlepšují využití živin, blokují negativní vliv těžkých kovů, podporují metabolismus bílkovin a rychlost syntézy nukleových kyselin (Sotáková, 1982).

Humusové látky přispívají ke stabilizaci půdní struktury, tvořící dostatečný podíl (až 50 % objemových) mikropórů, které pomáhají udržovat vodní režim půdy a výměnu plynů (O₂) a zlepšují růst kořenů (Varanini and Pinton, 1995).

9.2 Huminové kyseliny

Je to typ humusové sloučeniny, která je rozpustná v zásaditých rozpouštědlech, ale nerozpustná v kyselých podmínkách a ve vodě. Huminové kyseliny jsou charakteristické tmavě hnědou až černou barvou. Jsou to koloidní polydisperzní sloučeniny bez zápachu a předpokládá se, že jsou v přírodě hydrofilní a kyselé. Podobně jako u fulvokyselin rozklad huminových kyselin probíhá bez zahřívání, ale přes pozvolné spalování (Kim, 2003). Huminové kyseliny a fulvokyseliny mají vlastnosti fyziologicky aktivních látek zásluhou přítomnosti vitaminů, stimulatorů, polyfenolů a různých metabolitů mikroorganismů ve strukturních jednotkách (Sotáková, 1982). Obecně platí, že humusové sloučeniny jsou produkty chemické a biologické degradace a modifikace rostlinných a živočišných zbytků a aktivit půdních mikroorganismů (Vaughan and Malcolm, 1985). Většina vědců považuje huminovou kyselinu a frakce huminových kyselin (nebo frakce fulvokyselin) jako identické. Napříč literaturou tyto termíny jsou použity zaměnitelně, ačkoli typy a frakce obvykle přinášejí rozdílné pojmy. Typ je původní humusová sloučenina a ta může být rozštěpena na několik frakcí. Proto názvy huminová kyselina a fulvokyselina hovoří v podstatě jen o typech humusových sloučenin (Tan H. Kim, 2003).

Huminové kyseliny se celkově podílejí na zvýšení odběru živin rostlinami, zejména Fe (Wolf and Snyder, 2003).

Huminové kyseliny jsou bohatší na mikroelementy (ve srovnání s ostatními složkami půdní hmoty), a jsou to především Mn, Co, Zn, Cr, Ga, Pb, Ti, Zr, V a jiné (Sotáková, 1982).

Huminové kyseliny získané z rostlinných zbytků nacházejících se v rozdílném stupni humifikace mohou obsahovat 55 – 56 hmotnostních % C (Sotáková, 1982).

Bylo zaznamenáno také, že huminové kyseliny mají účinky podobné auxinům nebo růst podporující účinky vedoucí ke stimulaci klíčení semen (Wolf and Snyder, 2003)

Huminové kyseliny mají obsah uhlíku mezi 50 – 57 %, ale většina z toho je relativně odolnější útoku mikroorganismů, než uhlík cukrů. Účelem huminových kyselin je tvořit a chránit stabilní strukturu půdy. Mají významný vliv na pórovitost a tím i na poměry vody a vzduchu v půdě. (Kim, 2003).

9.3 Fulvokyseliny

Fulvokyseliny jsou typem humusových sloučenin, které je rozpustné v zásadě, kyselině a vodě. Předpokládá se, že jsou koloidní, polydisperzní, amorfni humusová látka žluté až hnědočerné barvy. Fulvokyseliny vykazují hydrofilní a vysoce kyselé vlastnosti a ze všech tří hlavních typů humusových sloučenin je relativně nejmenší co do molekulární velikosti, od několika stovek ke dvou tisícům atomových jednotek (Kim, 2003).

Fulvokyseliny se lehce rozkládají, ale i poměrně rychle obnovují v nepřetržitém procesu mineralizace a humifikace. Pro rychlou mineralizaci je obsah fulvokyselin v půdách s vysokou biologickou aktivitou nižší. Naopak, v podmínkách snížené biologické aktivity se akumulují, přičemž se v nich současně zvyšuje obsah uhlíku (Sotáková, 1982).

9.4 Huminy

Toto je typ humusové sloučeniny, která je nerozpustná v zásadách a kyselých rozpouštědlech. Humin je sloučeninou, která zůstává po extrakci půdy (with dilute alkali for humic and fulvic acids ?).

Existuje názor, že humin je směsí vysoce kondenzovaných huminových kyselin silně poutaných na jílové minerály, houbové melaniny a parafíny (Kim, 2003).

9.5 Lignin a fenolické látky

Lignin je systém termoplastických, vysoce aromatických polymerů fenylypropanové skupiny. Název je odvozen od latinského slova „lignum“ = dřevo. Je jednou ze tří hlavních složek dřeva, spolu s celulózou a hemicelulózou. Množství ligninu se zvyšuje s věkem rostliny a složením kmene. Není to pouze důležitá složka dřevní hmoty, ale obsahuje také podstatnou metoxylovou část dřeva. Velké množství ligninu je také detekováno v cévních svazcích rostlinného materiálu (Kim, 2003). Lignin je nerozpustný ve vodě, ve většině organických rozpouštědlech a v silné kyselině sírové. Má charakteristické UV absorpční spektrum a poskytuje barevné reakce při styku s fenoly a aromatickými aminy. Hydrolyzuje na jednoduché produkty, když vytváří komplexní cukry a bílkoviny.

Lignin je považován za důležitý zdroj pro tvorbu humusu a zvláště humusové hmoty. Vysoká odolnost ligninu vůči mikrobiálnímu rozkladu je možná důvodem, proč se akumuluje v půdách (Tan H. Kim, 2003).

Lignocelulózy jsou hlavními substráty v produkci kompostů (Stratton, 1995).

Fenoly jsou aromatické uhlíkaté sloučeniny s obecným vzorcem C_6H_5OH . Jsou odvozené od benzenu C_6H_6 nahrazením jednoho nebo více vodíků skupinou OH. Fenoly a polyfenoly mohou být odvozené ze dvou zdrojů, z rozkladu ligninu a ze syntézy mikroorganismů. Biodegradace ligninu byla zapojena v produkci fenolů a polyfenolů. Specifické druhy plísní (hub) byly objeveny se schopností napadat lignin, sloučeniny, které jsou velmi odolné mikrobiálnímu rozkladu. Mechanismus vzniku fenolů je v podstatě opačný procesu syntézy ligninu (Kim, 2003).

Mikroorganismy jsou uváděny jako producenti prekurzorů humusu. Je známa celá řada fenolických aromatických sloučenin produkovaných mikroorganismy z nearomatických sloučenin.

Microorganisms are reported to also contribute in producing humic precursors. A great variety of phenolic and hydroxy aromatic acids are known to be formed by microorganisms from nonaromatic substances (Kim, 2003)

Chinony jsou uhlohydráty se základním $C_6H_4O_2$. Tyto sloučeniny mají zpravidla nažloutlou až červenou barvu a jsou biologicky důležité jako koenzymy, příjemci vodíku a klíčové součásti vitamínů. Fenoly vznikající rozkladem ligninu pomocí mikroorganismů jsou uvolňovány do půdy.

These compounds are usually yellowish to red in color and biologically important as coenzymes, as hydrogen acceptors, and as key constituents of vitamins.

Phenols formed by decomposition of lignin or by microbial synthesis are released in soils (Kim, 2003).

9.6 Bílkoviny a aminokyseliny

Bílkoviny jsou složeny z jednotlivých aminokyselin. Aminokyseliny dostaly název podle faktu, že se v jejich molekulách objevuje dusík ve formě aminu (NH_2) připojeného k uhlíkatému řetězci. Kyselinová část spočívá v terminálním uhlíku, ke kterému je připojen

atom kyslíku spolu s OH skupinou, často psáno jako -COOH. Poslední skupina nazývaná karboxylová, působí kyselou, protože je zde z hydroxidové skupiny disociován vodík.

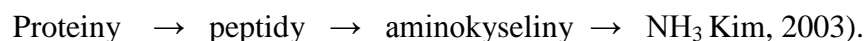
Proteins are complex combinations of amino acids. These acids are given the name amino acids because the nitrogen in their molecules occurs as an amino (NH₂) group attached to the carbon chain. The acid part consists of a terminal C linked to an O atom and an OH group, often written as – COOH. The latter, called carboxyl group, exhibits acidic properties, because the H of the OH radical can be dissociated. The protein is formed by the linkage of amino acid molecules through carboxyl and amino groups.

The bond linking the two groups is called the *peptide bond*, and the compound formed is called a peptide, or protein (Kim, 2003).

Oproti ligninu a fenolům jsou aminokyseliny a bílkoviny hlavním zdrojem potravy pro mikroorganismy. Dusík z těchto sloučenin je esenciálním prvkem pro růst mikroorganismů i rostlin. Předpokládá se tedy, že aminokyseliny a bílkoviny jsou ihned po vstupu do půdy rozkládány mikroorganismy. Tyto procesy jsou součástí koloběhu dusíku v přírodě. Hlavním procesem probíhajícím při rozkladu bílkovin je hydrolýza. Ta lze schématicky znázornit následně. In contrast to lignin and phenols, protein and amino acids are major food sources for microorganisms. The nitrogen in these substances is an essential element for the growth of microorganisms as well as for the higher plants. Hence, it is expected that protein and amino acids will be subject to immediate attack by a host of microorganisms. These processes are part of the nitrogen cycle in soils and the environment.

The main reaction process for the decomposition of protein and amino acids is hydrolysis.

Schematically the main pathway of decomposition can be illustrated as follows:



9.7 Cukry

Cukry jsou pravděpodobně nejdůležitějšími součástmi rostlin. Vznikají během fotosyntézy zelených rostlin a jsou základem pro tvorbu bílkovin a olejů. V živých rostlinách představují cukry zdroj energie pro řadu biologických procesů a hrají důležitou roli v syntéze nukleových kyselin, ligninu a jiných strukturálních součástí.

Carbohydrates are perhaps the most important constituents of plants. They are synthesized first by green plants by a process called photosynthesis, after which production of protein and oil then begins. In living plants, carbohydrates serve as sources of energy for many biological functions, and play an important role in the synthesis of nucleic acids, lignin, and other structural components in the plant tissue, in addition to protein and oil (Kim, 2003).

10 Obsah humusu v půdě

V našich půdách je obsah humusu zpravidla nízký, v celkovém průměru 1,8 – 2,2 %. Rozsah od 0,5 – 10 % u zemědělských půd, do 20 % antropogenních, speciálních zahradních půd, a až do 90 % u rašelinových půd. Přitom u zemědělských půd podle půdního genetického typu se jedná o kvalitní, nasycený humus (např. černozemě) nebo nenasycený humus (podzoly, kyselé chudé půdy). U zahradních půd vyjma speciálních kyselomilných kultur, kde je nenasycený humus podmínkou zajištění uspokojivé produkce a růstu – rododendrony, kanadské borůvky, velkoplodé brusinky, vřesovce, vřesy aj., se jedná o nasycený humus. V lesních půdách převažuje nenasycený humus nad nasyceným, v přímé vazbě na matečném půdotvorném substrátu a typu porostu ve vztahu ke klimatickým podmínkám stanoviště (Huleš a Vrba, 2006).

10.1 Kvalita humusu

Kvalitu humusu lze stanovit přibližně smyslově – podle barvy (čím tmavší, tím lepší), struktury rozkladu organické hmoty, podle typu půdy, půdní reakce. Dále podle poměru huminových a fulvokyselin (HK : FK) a nebo podle poměru uhlíku k dusíku (C : N či C/N).

Podle poměru HK : FK:

- kvalitní humus - 2 a více (černozemě)
- nekvalitní humus – 0,5 a méně (podzol, rašelinová půda)

Podle poměru C : N

- kvalitní humus - 9 – 10
- nekvalitní humus - 20 - 60 (Huleš a Vrba, 2006).

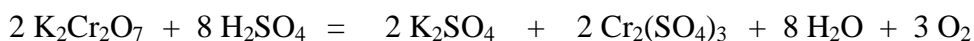
10.2 Stanovení organického uhlíku a zásoby humusu

Všechny metody na stanovení organického uhlíku se zakládají na oxidaci organických sloučenin půdy, při které se uvolňuje CO₂. Jednotlivé metody se odlišují způsobem oxidace a stanovením uvolňovaného oxidu uhličitého.

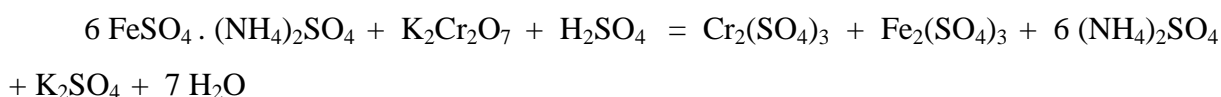
Organický uhlík můžeme stanovit:

1. oxidací za sucha v proudu kyslíku
2. oxidací za mokra směsí dichromanu draselného a kyseliny sírové

Stanovení uhlíku podle Ťurina - uhlík organických sloučenin půdy zoxidujeme kyslíkem uvolňovaným z K₂Cr₂O₇ v prostředí kyseliny sírové podle reakce:



Množství kyslíku spotřebovaného na oxidaci organického uhlíku stanovíme na základě rozdílu mezi nespotebovaným a spotřebovaným množstvím kyseliny chromsírové. Nespotebovanou kyselinu chromsírovou stanovíme titrací roztokem Mohrovi soli [(NH₄)₂SO₄ · FeSO₄ · 6 H₂O], přičemž reakce proběhla podle rovnice



11 Půdní úrodnost

Půdní úrodnost je velmi relativní termín a rozhodně se nevztahuje pouze na obsah živin v půdě a rostlinách. Je nezávislá na přírodních procesech i na lidské činnosti. Nejvíce ji ovlivňují podnebí, počasí a použité metody ochrany rostlin. Množství těchto organismů tudíž ovlivňuje celý systém řízení živin v půdě. Obsah živin není stálý, stále se snižuje či zvyšuje v závislosti na výši přísunu živin a na tom, jak velké množství živin se odstraní spolu s rostlinnou produkcí při sklizni a odvíjí se od vzájemného působení jednotlivých organických složek, biologické aktivity, chemického složení půdy, její struktury a od složení rostlinné produkce (Kalinová, 2007).

Půdní úrodnost lze definovat jako schopnost půdy:

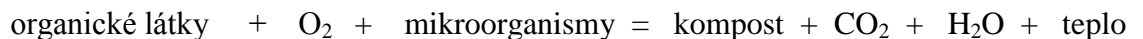
- poskytovat rostlinám prostředí pro žádoucí růst a vývoj (dostatek vody, živin, vzduchu aj.)
- poskytovat podmínky pro život makro a mikroorganismů
- vyrovnávat změny v půdním prostředí

Základním prostředkem, kterým člověk ovlivňuje úrodnost půdy, je její kultivace a střídání pěstovaných druhů. Mechanická úprava orniční vrstvy půdy směřující k vytvoření příznivého fyzikálního stavu půdy a příznivých podmínek pro optimální růst a vývoj porostů. Základní zpracování půdy (orba, podmítka) obnovuje půdní úrodnost (Kalinová, 2007).

12 Komposty

Kompostování je proces, kde za aerobních podmínek dochází k rozkladu organických látek a jejich přeměně na látky humusové. Mikroorganismy působením enzymatických systémů rozkládají vyšší organické látky na jednodušší sloučeniny (Plíva, 2006).

Zjednodušeně lze celý proces vyjádřit rovnicí:



Výsledkem kompostování je především převedení nestabilních organických surovin na stabilní produkt, což doprovází snížení objemu a hmotnosti, snížení obsahu vody a potlačení nežádoucích druhů mikroorganismů (Plíva, 2006).

Suroviny pro výrobu kompostů se dělí na substráty minerální – zemina, rybníční bahno, zemité kaly apod., substráty organické – odpadní biomasa ze zemědělství, odpady z dřezpracujícího, potravinářského či papírenského průmyslu, substráty mikrobiální – chlévská mrva, kejda, močůvka, čistírenské kaly, fekálie atd., popřípadě vápenaté hmoty – mleté vápence, saturační kaly. Hotový kompost musí být podle ČSN 46 5735 hnědá, šedohnědá až černá homogenní hmota drobtovitá až hrudkovitá struktury bez nerozpojitelných částic. Nesmí vykazovat pachy svědčící po přítomnosti nežádoucích látek (Richter a Kubát, 2003).

Kompost je konečný produkt kompostovacího procesu – univerzální statkové hnojivo, které obsahuje všechny druhy rostlinných živin, humusové složky a půdotvorné látky oživené edafonem. Zralost kompostu lze rozeznat dle tmavé drobtovité struktury bez zápachu, ve které nelze identifikovat strukturu původních částic (Hejátková, 2008).

Technologie kompostování musí zabezpečit optimální podmínky pro činnost vhodných mikroorganismů přeměňujících organickou hmotu. Jde o organismy aerobní s vysokými nároky na kyslík a produkující oxid uhličitý. Technologie musí umožnit výměnu plynů mezi zrajícím kompostem a okolím tak, aby v substrátu bylo dostatek čerstvého vzduchu s kyslíkem. Substrát musí být kyprý, porézní a nepřevlhčený. Tím se kompostování zásadně liší od zrání hnoje na hnojišti, neboť mrvu ukládáme kompaktně a zamezujeme vstup vzduchu do hromady utěsněním (Váňa, 1994).

V kompostované chlévské mrvě dochází k procesům humifikace, které vedou k tvorbě kvalitních humusových látek a při dobrém ošetřování k nízkým ztrátám dusíku a uhlíkatých látek (Richter a Kubát, 2003)

12.1 Fáze kompostování

Počáteční fázi kompostování zajišťují fermentační bakterie, které využívají snadno rozložitelné cukry, škrob, bílkoviny, aminokyseliny, a anorganické N. V průběhu této fáze stoupá teplota kompostu. Většina materiálů vykazuje v této fázi kyselé pH s hodnotou okolo, 5 (Stratton, 1995).

V počáteční fázi kompostování fermentační bakterie využívají snadno rozložitelné cukry, škrob, bílkoviny, aminokyseliny, a anorganický N. Teplota kompostu během činnosti těchto organismů je vysoká. Větší podíl kompostů během činnosti těchto organismů je obvykle velmi kyselé s hodnotou pH kolem 5 (Stratton, 1995). Podle průběhu teploty jsou popsány různé fáze procesu kompostování, - iniciační mezofilní fáze (25 – 45 °C), termofilní fáze (45 – 70 °C), druhá mezofilní fáze a fáze ochlazovací, kdy kompost přejímá teplotu okolí (Eklind, 1998).

12.1.1 Fáze rozkladu – mineralizace

Mineralizační fáze je specifická rychlým nárůstem teploty. Teplota v základce dosahuje 60-65 °C a následně relativně rychle klesá. Tato fáze je specifická pro termofilní organizmy, které se podílejí na rozkladu složitých organických sloučenin na sloučeniny jednodušší anorganického charakteru. S touto biodegradací probíhá také chemická degradační reakce. V prvopočátku se rozkládají škroby, cukry, bílkoviny a později celulóza a další dřevní hmoty. Konečnými produkty tohoto rozkladu jsou voda, CO₂ a nitrátový anion NO₃⁻. Pokud je přebytek dusíku v kompostu, může se uvolňovat ve formě amoniaku. Objem hmoty relativně rychle klesá, což je zapříčiněno nejen zhutňováním hmoty, ale zejména bilančním poklesem celkové hmotnosti z produkce oxidu uhličitého a jiných lynných zplodin. Hmotnost hmoty je až 30 %. Vzhledem k tomu, že mikroorganizmy nepřeměňují organické kyseliny, roste jejich zastoupení a dochází k poklesu pH. Kompost v této fázi není schopen aplikace do půdy, protože nemá vlastnosti humusu. Dokonce může vykazovat náznaky fytotoxicity. Vzhledem k vysoké teplotě v I. fázi dochází k zániku hnilobných patogenních bakterií a ničí klíčivost semen – hygienizace kompostu. Pokud teplota dlouhodoběji nevystoupí nad 40 °C, může být považována za ukončenou (Hejátková, 2008).

12.1.2 Fáze přeměnná

Zde nastává pozvolný pokles teploty ze 40 °C na 25 °C. Termofilní bakterie jsou nahrazeny jinou skupinou mikroorganizmů a plísní či nižší formou hmyzu. Mění se původní struktura, pach, vzhled a její jednotlivé částice se rozpadají. Hmotnost se snižuje o 10 %. Sotva lze rozeznat původ skladby kompostu, který nejeví známky fytotoxicity a výluhy jsou hygienicky nezávadné. Na konci tohoto procesu lze kompost použít jako hnojivo (Hejátková, 2008).

12.1.3 Fáze dozrávání kompostu

Má za následky vyrovnávání teploty s okolím, obsahuje malé živočichy a hmyz (svinky, stonožky, žížaly). Vznikají vazby mezi anorganickými a organickými látkami a vytváří se kvalitní a stabilní humus. Hmotnost vody v této fázi klesá jen zanedbatelně (Hejátková, 2008).

Nadměrně široký poměr C : N prodlužuje zrání kompostu. Při příliš úzkém poměru

C : N v čerstvém kompostu (pod 20 : 1) převyšuje obsah dusíku metabolickou potřebu mikroorganismů přeměňujících organické látky na látky humusové. Doba zrání kompostu se tím rovněž prodlužuje a produktivita tvorby humusových látek klesá (Váňa, 1994).

12.2 Vlastnosti kompostu

Rozsah pH pro většinu hotových kompostů je od 6,0 do 8,0. Konečné pH kompostu je vysoce závislé na surovinách, proces kompostování, a navíc i dalších změn. Nadměrná kyselost nebo zásaditost kompostu mohou poškodit kořeny rostlin, a tím potlačit jejich růst a vývoj. Kompostované suroviny, jako je například dřevo, mohou být velmi kyselé, zatímco jiné mohou být významným zdrojem alkality (Sullivan a Miller, 2001).

Kvalita kompostů je ovlivněna jednak složením vstupní směsi, ale také způsobem zpracování. Při aerobním zpracování (kompostování) mohou díky probíhající humifikaci vznikat vysokomolekulární organické látky s vysokou sorpční schopností, na které jsou navázány živiny. Živiny se ve zralých a dobře aerovaných kompostech nacházejí ve vyšších oxidačních číslech. Opět však silně závisí na podmínkách a stáří kompostu. Čerstvé nebo nedostatečně aerované komposty obsahují většinu přístupného N v amonné formě, zatímco dostatečně zralé komposty obsahují přístupný N ve formě nitrátové (Habart, 2006).

S obsahem organických látek v kompostu zpravidla stoupá i pórovitost, a tím i požadavek na vyšší vlhkost. Optimální vlhkost u čerstvého kompostu pro zemité komposty s obsahem organických látek do 20 % v sušině (např. na bázi rybníčního bahna) je 45 – 50 %. Komposty ze zemědělských odpadních hmot s obsahem 30-40% organických látek v sušině vyžadují počáteční vlhkost 55 – 60 %. Organické komposty ze stromové kůry, dřevních odpadů a při kompostování chlévské mrvy se zeminou, kdy obsah organických látek v sušině je v rozmezí 50 - 75%, vyžadují vlhkost 60 - 70%. V průběhu zrání se snižuje pórovitost a klesá požadavek na vlhkost. Při kompostování se nám rovněž část vody odpařuje a v některých případech je nutno provádět úpravu vlhkosti v průběhu zrání přidávkem dalších tekutin. Při zavádění výroby kompostu, jestliže si nejsme jisti optimální vlhkostí, volíme raději nižší vlhkost, která se snadněji koriguje závlahou kompostu. Převlhčenost kompostu se upravuje mnohem obtížněji (Váňa, 1994).

Kationtová výměnná kapacita (CEC) je měřítkem schopnosti kompostu držet vyměnitelné kationty, jako je draslík (K), vápník (Ca), hořčík (Mg) a sodíku (Na), na negativně nabitém povrchu. Zdroje záporných nábojů v kompostu pocházejí z disociace

kyselých funkčních skupin nacházejících se v organické hmotě (OH, COOH). Se zvyšujícím se pH se zvyšuje i CEC. Většina kompostů má pH 6 až 8, které je podobný jako testovací pH u většiny CEC metod (pH 7) (Sullivan a Miller, 2001).

Vhodný poměr C : N je poměr důležitý pro vytvoření optimálních podmínek pro rozvoj mikroorganismů, při kterém musí být obsah dusíku v rovnováze s obsahem uhlíku. Zdroj uhlíku a dusíku je nutný pro syntézu bílkovin, které jsou součástí buněk mikroorganismů, kde se zúčastňují jejich metabolismu jako enzymy. Tento poměr udává rychlost rozkladu kompostovatelného materiálu. Ideální hodnota je u čerstvého kompostu 30-35 : 1, ve zralém 20-30 : 1. Je-li poměr C:N menší než 15:1, je rozklad rychlý a N se ztrácí ve formě amoniaku, klesá produktivita tvorby humusových látek. Naopak při poměru nad 50:1 se hmota rozkládá déle a dochází i k delšímu zrání. V tabulce 1. jsou uvedeny údaje poměru C:N u různých materiálech, které se používají ke kompostování:

Materiál	C:N	Materiál	C:N
Kůra	120:1	Drůbeží trus	10:1
Piliny	500:1	Močůvka	2:1
Odpad ze zahrad	40:1	Kejda skotu	10:1
Listí	50:1	Hněj skotu	25:1
Posečená tráva	20:1	Sláma (žito, oves)	60:1
Seno	35:1	Sláma (pšenice, ječmen)	100:1
<p>Pozn.: základní pravidlo: čím je starší, tmavší a dřevnatější materiál, tím je v něm obsaženo více uhlíku. Čím je materiál čerstvější a zelenější, tím obsahuje více dusíku.</p>			

Tab.1 Poměr C:N v kompostovaných materiálech (Hejátková, 2008).

12.3 Význam kompostování

Produkce kvalitního organického hnojiva s vysokým obsahem humusových látek, zlepšujících fyzikální, chemické a biologické vlastnosti půdy.

Navracení organických látek a živin, odčerpaných rostlinnými produkty zpět do půdy, které řeší problém bilance organických látek v podnicích, hospodařících bez živočišné výroby.

Účelné využití různých druhotných surovin a odpadů, nejen ze zemědělství, ale i lesnictví, dřevozpracujícího průmyslu, potravinářského průmyslu a dalších průmyslových odvětví.

Zužitkování odpadních surovin, které by byly jinak obtížně využitelné respektive likvidovatelné (např. čistírenské kaly).

Zneškodnění řady škodlivých látek rozkladem v procesu fermentace, likvidace patogenních mikroorganismů, hygienizace organické hmoty.

Přispívá ke zlepšení životního prostředí snížením množství skládkovaných, spalovaných a neorganizovaně využívaných surovin (Škarpa a Pavlík, 2013).

13 Průmyslové komposty

Komposty průmyslové – vyrábějí se průmyslovým způsobem ve speciálních závodech – kompostárnách – s využitím různých druhů odpadních mimozemědělských hnojivých hmot. Cílem je nevrácení těchto látek zpět do koloběhu v zemědělské výrobě a současně také péče o životní prostředí (Hlušek, 2004).

ČSN 46 5735 – „Průmyslové komposty“. Norma platí pro výrobu, zkoušení, dodávání a užívání kompostů vyráběných průmyslovým způsobem a používaných jako organické hnojivo. Za průmyslový kompost podle této normy se považuje organické hnojivo vyráběné mícháním a biologickým zráním různých látek obsahujících rozložitelné organické látky a rostlinné živin. ČSN 46 5735 byla schválena 12.4.1991 a nabyla účinnosti od 1.6.1991. Nahradila ČSN 46 5735 z 11.1.1983. (ČSN, 1991).

Technické požadavky – průmyslový kompost musí odpovídat znakům jakosti dle tabulky 2.:

Znak jakosti	Hodnota
Vlhkost v %	Od zjištěné hodnoty spalitelných látek do jejího dvojnásobku. Avšak min. 40,0 a max. 65,0
Spalitelné látky ve vysušeném vzorku v %	min. 25,0
Celkový dusík jako N přepočtený na vysušený vzorek v %	min. 0,6
Poměr C:N	max. 30
Hodnota pH	od 6,0 do 8,5
Nerозložitelné příměsi v %	max. 2,0
Homogenita celku v % relativních	± 30

Tab.2 Technické požadavky podle ČSN 46 5735

14 Komposty statkové

Komposty statkové plní funkci při obohacování půdy organickou hmotou vyrobenou v zemědělském podniku a při recyklaci živin (znovunavrácení do koloběhu). Zakládají se v zemědělském provozu ve formě krechtů, jejichž šířka základny je 3 - 4 m a výška 160 – 180 cm. Zakládají se obvykle na okraji pole, na místě přístupném i v době špatného počasí (Hlušek, 2004).

15 Vermikomposty

Jedná se o specifickou technologii výroby kompostů při využití červeného kalifornského hybrida žížal *Eisenia foetida*, který se vyznačuje vysokou produktivností a plodností. Princip výroby kompostu, v tomto případě tzv. biohumusu, je založen na schopnosti žížal přeměňovat ve svém trávicím traktu přijaté organické látky, z nichž 40% využívají pro svůj vlastní metabolismus a 60 % pro tvorbu biohumusu. Pro kalifornského hybrida je nutno zabezpečit optimální teplotu prostředí 19 – 22 °C. Při teplotě pod 7 °C a nad 33 °C jsou žížaly netečné a při teplotě pod 0 °C a nad 42 °C hynou. Optimální vlhkost substrátu se pohybuje v rozmezí 78 – 82 %. Při vlhkosti nižší než 60 % a vyšší než 90 % žížaly hynou. Reakci prostředí vyžadují neutrální, úhyn bývá zaznamenán při hodnotě pH nižší než 6 a vyšší než 8. Žížaly se nejvíce pohybují ve vrstvách substrátu s dostatkem kyslíku. Substrát nesmí obsahovat zvýšené množství čpavku a bílkovin (obsah proteinu nad 45% způsobuje úhyn žížal). Žížaly nesnášejí přímé sluneční světlo, silnější vítr a již velmi nízké koncentrace pesticidů. Nejvhodnějším materiálem a zároveň krmivem pro žížaly je předkompostovaný substrát z hnoje, kejdy, slámy, pilin, drcené kůry a různých rostlinných zbytků aj. materiálů s poměrem C:N 20 - 30:1. Substrát se připravuje do kompostového záhonu o výšce 30cm, šířce 2 - 2,5 m s mezerami mezi záhony 0,5 m a mezi dvojicí záhonů 2,5 m (kvůli průjezdu mech. prostředků). Délka záhonů je libovolná. Biohumus vyrobený pomocí žížal je považován za nejúčinnější organické hnojivo. Nejcennější jsou nejjemnější frakce humusu (do 1mm), které mají 60 – 70 x vyšší účinnost než chlévský hnůj (Hlušek, 2004).

16 Poměry C:N

Poměr uhlíku k dusíku (neboli C:N) je používán jako indikátor množství uhlíku ve vztahu k obsahu dusíku v organickém materiálu.

Význam poměru C:N je v jeho vztahu k dostupnému dusíku. Bakterie potřebují dusík, aby rozložily rostlinu a další zbytky. Obecně poměr C:N bude kolísat ne kvůli obsahu uhlíku, ale jako funkce obsahu dusíku (Vondrášková, 2003).

Obecně platí, že široké poměry C:N mají za následek pomalejší dekompozici, protože mikroorganismy trpí nedostatkem dusíku, a proto mají pomalý populační růst. Naproti tomu,

úzký poměr C:N často znamená nadbytek dusíku ve vztahu k energii a to může vést k velkým ztrátám dusíku v plynné formě (Eklind, 1998).

Přidání materiálů s širokým poměrem C:N do půdy vyvolává mikrobiální konzumaci živin pocházejících z půdy (Stratton, 1995).

Snižování poměru C:N během kompostování je uskutečňováno mikroorganismy, které využívají uhlíkatý materiál jako jejich zdroj C, využívají dusíkatý materiál jako zdroj N a spotřebovávají další minerální živiny, jako jsou P, S, Ca, Mg, a K (Stratton, 1995).

Materiály s vysokým obsahem uhlíku samotné, jako jsou dřevěné tříšky, se rozpadají během kompostování pomalu, proto materiály bohaté na dusík jako je posečená tráva a statková hnojiva, které mají poměry C:N pod 35:1, mohou být míseny s těmito materiály, aby zrychlily proces kompostování (Stratton, 1995).

Posklizňové zbytky obsahují asi 40 – 50 % uhlíku v sušině, ale jejich obsah dusíku se značně liší, způsobující změny v poměrech C:N. Obecně se přijímá, že rezidua s širokým poměrem C:N se rozkládají pomaleji, než ty s úzkým poměrem C:N, a rostlinné zbytky s vysokým obsahem dusíku vykazují vysokou rychlost rozkladu a uvolnění živin (Kumar and Goh, 2000).

Uvolňování živin dekompozicí organické hmoty s širokými poměry C:N je obvykle doprovázeno redukcí půdního dusíku, aby se setkal s požadavkem mikroorganismů, zmenšující množství dostupné pro růst rostlin. Problém deficitu dusíku je obvykle zhoršen velkými přídávky organické hmoty s širokými poměry C:N (Wolf and Snyder, 2003).

Žížaly spolu s mikroskopickými organismy se starají o redukcí poměru C:N organické hmoty, která je nezbytná pro produkci půdní organické hmoty. Ačkoli žížaly mohou redukovat poměr C:N dále než mikroorganismy, konečná přeměna organické hmoty na půdní organickou hmotu závisí na mikrobiální populaci (Wolf and Snyder, 2003).

Abychom docílili u zralého kompostu C:N v rozmezí 25-30:1 (vysoká stabilita a agronomická účinnost) je třeba optimalizovat C:N v čerstvém kompostu v rozmezí 30-35:1. V průběhu zrání (fermentace) kompostu ubývá část uhlíku jako oxid uhličitý a poměr C:N se zužuje. Nadměrně široký poměr C:N prodlužuje zrání kompostu. V případě, že do půdy aplikujeme kompost nebo kteroukoliv jinou hmotu se širokým poměrem C:N, pokračuje její rozklad v půdě k čemuž se spotřebovává půdní dusík, kterého se pak nedostává rostlinám. Při příliš úzkém poměru C:N v čerstvém kompostu (pod 20:1) převyšuje obsah dusíku metabolickou potřebu mikroorganismů, přeměňujících organické látky na látky humusové. Doba zrání kompostu se tím rovněž prodlužuje a produktivita tvorby humusových látek klesá. Poměr C:N optimalizujeme při sestavování surovinové skladby na 30 - 35:1 tak, že k hmotám

se širokým poměrem (sláma, kůra, piliny, listí, pazdeří, papír) přidáváme odpady s úzkým poměrem (kejda, drůbeží trus, chlévská mrva, fekálie) nebo je možno přidávat dusík v dusíkatém hnojivu (síran amonný, močovinu) nebo ve formě odpadních čpavkových vod. Pro komerční průmyslový kompost je povolen max. poměr C:N 30:1 (Váňa, 1994).

17 Závěr

Lze konstatovat, že pozitivní působení kompostu na půdu, život v půdě i život rostlin je mnohostranný a vytváří komplexní efekt. Jako humusotvorný činitel převyšuje kompost svými schopnostmi ostatní formy organického hnojení.

Aplikací kompostu je zlepšována zpracovatelnost a drobivost půdy, stejně jako kationtová výměnná kapacita. Kompost působí na zlepšování pórovitosti a vodostálosti půdy.

Kompostování zemědělských zbytků v místě jejich vzniku vytváří jeden článek koloběhu organické hmoty.

Protože kompost obsahuje aerobní mikroorganismy (organismy, které potřebují pro svůj život vzdušný kyslík), je nutné dbát na hloubku jeho zapravení do půdy – doporučuje se 15 cm. To je vrstva ornice, která se intenzivně obdělává a má tedy dostatek organické hmoty a tedy i optimální fyzikální strukturu a dostatek vzduchu. Při aplikaci na povrch během vegetace (zelenina, zemědělské plodiny, trávníky, apod.) je nutné kompost zapravit mělce do půdy tak, aby obsažené mikroorganismy nebyly zahubeny UV zářením.

Aplikací kompostu do půdy se udržuje optimální poměr C:N v půdě a to zajišťuje efektivní využití mikroorganismy, příznivě ovlivňuje mineralizační proces.

18 Seznam Literatury

- Addiscott, T. M. 2005. Nitrate, Agriculture and the Environment. CABI Publishing, USA. pages 268. ISBN: 0-85199-913-1
- Burns, R. G. et al. 1986. Humic Substances(effect on soil and plants). REDA,Italy. pages 150
- Chan, Y. Increasing Soil Organic Carbon of Agricultural Land [online]. January 2008. Primefact 735. [citace 2014-04-15]. Dostupné z http://www.dpi.nsw.gov.au/_data/assets/pdf_file/0003/210756/Increasing-soil-organic-carbon.pdf
- Černý, J., Balík, J., Tlustoš, P., Němeček, R. Minerální a organický dusík v půdě [online]. AGRIS. 1999. [cit. 2014-01-25]. Dostupné z <http://www.agris.cz/clanek/118821>.
- ČSN 46 5735. Průmyslové komposty. Česká technická norma. 1991
- Dalal, R.C., Allen, D.E., Wang, W.J., Reeves, S., Gibson, I. 2011. Organic carbon and total nitrogen stocks in a Vertisol following 40 years of no-tillage, crop residue retention and nitrogen fertilisation. Soil and Tillage Research 112. pages 133-139
- Eklind, Y. 1998. Carbon and Nitrogen Turnover During Composting and Quality of the Compost Product. Swedish University of Agricultural Sciences. Pages 28. ISBN: 91-576-5546-4
- Epstein, E. 1997. The Science of Composting. Technomic Publishing Company. Pages 483. ISBN:1-56676 -478-5
- Gunnarsson, S. 2003. Optimisation of N Release.Swedish Univeristy of Agicultural Sciences. pages 31. ISBN:91-576-6422-6
- Habart, J. Komposty – významný článek využití odpadů a zajištění půdní úrodnosti [online]. Biom.cz. 2006. [citace 2014-04-15]. Dostupné z < <http://biom.cz/cz-bioodpady-a->

[kompostovani/odborne-clanky/komposty-vyznamny-clanek-vyuziti-odpadu-a-zajisteni-pudni-urodnosti](#) >

Hatfield, J. L. and Stewart, B. A. 1994. Cycling of Nitrogen through Microbial Activity. In: Smith, J.L.(ed.). Soil Biology: Effects on Soil Quality. CRC Press USA. p.91-116. ISBN:0-87371-927-1

Hejátková, K. Kompostování [online]. Řešení biodpadu v regionu, první vydání. 2008 [citace 2014-04-15]. Dostupné z

<[http://www1.vsb.cz/ke/vyuka/FRVS/CD Biomasa nove/Pdf/Kompostovani.pdf](http://www1.vsb.cz/ke/vyuka/FRVS/CD_Biomasa_nove/Pdf/Kompostovani.pdf)>

Hlušek. Statková hnojiva – komposty. Multimediální učebnice [online]. 2004. 28. ledna 2004. [citace 2014-04-14]. Dostupné z

<http://web2.mendelu.cz/af_221_multitext/vyziva_rostlin/html/hnojiva/komposty.htm>

Huleš, L. a Vrba, V. Humus a půda [online]. Biom.cz. 2006. [citace 2014-04-15]. Dostupné z

<<http://biom.cz/cz/odborne-clanky/humus-puda-rostlina-2-humus-a-puda>>

Jabiol, B. , Zanella, A. , Ponge, J. F. , Sartori, G., Englisch, M., Van Delft, B. , de Waal, R. , Le Bayon, R. C. 2013. A proposal for including humus forms in the World Reference Base for Soil Resources (WRB-FAO). Geoderma 192. pages 286-294

Johnson et al. Nitrogen Basics – Nitrogen Cycle [online]. Agronomy Fact Sheet Series. Cornell University. 2005. [citace 2014-04-16]. Dostupné z

<<http://nmsp.cals.cornell.edu/publications/factsheets/factsheet2.pdf>>

Kalinová, J. Půdní úrodnost, výživa a hnojení [online]. 2007. [citace 2014-04-16]. Dostupné z

<http://www2.zf.jcu.cz/~moudry/ecologica/pudni_urodnost.pdf>

Kumar, K. and Goh, K. M. 2000. Crop Residues and Management Practices: Effects on Soil Quality, Soil Nitrogen Dynamics, Crop Yield, and Nitrogen Recovery. Advances in Agronomy, Volume 68. pages 198-319.

Kim, T.H. 2003. Humic Matter in Soil and the Environment. University of Georgia, USA. Marcel Dekker, NY. pages 356. ISBN:0-8247-4272-9

Lal, R. Crop Residues and Soil Carbon [online]. FAO. 2008. [citace 2014-04-15]. Dostupné z <http://www.fao.org/ag/ca/Carbon%20Offset%20Consultation/CARBONMEETING/3FULLPAPERSBYCONSULTATIONSPEAKERS/PAPERLAL.pdf>

Magdoff, F. and Weil, R. R. 2004. Soil organic matter in sustainable agriculture. CRC Press LLC,USA. 376 pages. ISBN:0-8493-1294-9

Mikula, P. 1997. Organická hmota v půdě. ÚZPI. Praha. 46 stran. ISBN:80-66153-22-3

Plíva, P. 2006. Zakládání, průběh a řízení kompostovacího procesu. Výzkumný ústav zemědělské techniky Praha. 48 stran. ISBN:80-86884-11-2

Ponge, J. F. . 2003. Humus forms in terrestrial ecosystems: a framework to biodiversity. Soil Biology & Biochemistry 35. p. 935-945

Pospíšilová, L. a Tesařová, M. 2009. Organický uhlík obhospodařovaných půd. Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně. 40 stran. ISBN:978-80-7375-282-8

Rehcgigl, J. E. 1995. Soil Amendments and Environmental Quality. In: Margie Lynn Stratton and Jack E. Rehcgigl. Compost. Lewis Publishers, USA. pages 250-283. ISBN:0-87371-859-3

Richter, R. a Kubát, J. 2003. Organická hnojiva, jejich výroba a použití. ÚZPI. Praha. 56 stran. ISBN:80-7271-133-4

Růžek a Pišanová. Nové trendy v používání dusíkatých hnojiv [online]. Sborník příspěvků z konference. 2006. [citace 2014-04-15]. Dostupné z <http://www.vurv.cz/files/Publications/ISBN80-86555-96-8.pdf>

Shejbalová, Š. , Kulhánek, M., Černý, J., Vašák, F. Využití živin ze statkových hnojiv [online]. Zemědělec. 13. září 2013. [citace 2014-04-15]. Dostupné z <http://zemedelec.cz/vyuziti-zivin-ze-statkovych-hnojiv-2/>

Sikora, L. J. and Szmidt, R. A. K.. 2001. Nitrogen Sources, Mineralization Rates, and Nitrogen Nutrition Benefits to Plants from Composts. In: Stofella and Kahn. Peter J. Stofella and Brian A. Kahn eds. Compost Utilization in Horticultural Cropping Systems. Lewis Publishers, U.S.A. pages 287 to 302.

Sotáková, S. 1982. Organická hmota a úrodnost' pody. Příroda Bratislava. 234 stran.

- Sullivan, D. M. and Miller, R. O.. 2001. Compost Quality Attributes, Measurements, and Variability. In: Stofella and Kahn. Peter J. Stofella and Brian A. Kahn eds. Compost Utilization in Horticultural Cropping Systems. Lewis Publishers,U.S.A. pages 96-117
- Škarpa, P. a Pavlík, A. Multimediální učební texty – Průmyslové komposty [online]. 2013. [citace 2014-04-15]. Dostupné z http://web2.mendelu.cz/af_291_projekty2/vseo/stranka.php?kod=2103>
- Urban, J. Úrodnost půdy a výživa rostlin [online]. Zemědělec 4. 2012. [citace2014-04-15]. Dostupné z <http://orgprints.org/24908/1/%C3%BArodnost%20p%C5%AFdy.pdf>>
- Vaněk a kol, V. 2007. Výživa polních a zahradních plodin. Profi Press, s.r.o.,Praha. 167 stran. ISBN:976-80-86726-25-0
- Váňa, J. 1994. Výroba a využití kompostů v zemědělství. Institut výchovy a vzdělávání ministerstva zemědělství ČR v Praze. 26 stran. ISBN:80-7105-075-x
- Váňa, J. Výroba a využití kompostů v zemědělství [online]. Institut výchovy a vzdělávání ministerstva zemědělství ČR. 1994. [citace 2014-04-15]. Dostupné z <http://stary.biom.cz/publikace/kompost/03.html>>
- Varanini, Z. and Pinton, R. Progress in Botany, volume 56. 1995. Humic Substances and Plant Nutrition. pages 97-117
- Vaughan, D. and Malcolm, R. E. 1985. Soil Organic Matter and Biological Activity. Martinus Nijhoff/Dr W. Junk Publishers, Dordrecht. pages 446. ISBN: 90-247-3154-2
- Wolf, B. and Snyder, G. H. 2003. The Place of Organic Matter in Sustaining Soils and Their Productivity. Food Products Press, NY. pages 343. ISBN: 1-56022-916-0
- Zanella, A., Jabiol, B., Ponge, J. F., Sartori, G., De Waal, R., Van Delft, B., Graefe, U., Cools, N., Katzensteiner, K., Hager, H., Englisch, M. . A European morpho-functional classification of humus forms. Geoderma 164. 2011. pages 138-145
- Zehnálek, J., Adam, V., Kizek, R. Asimilace dusičnanového, amonného a amidického dusíku u zemědělských plodin [online]. Chemické listy. 2006. [citace 2014-04-15]. Dostupné z http://www.chemicke-listy.cz/docs/full/2006_07_508-514.pdf>

