

Česká zemědělská univerzita v Praze
Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů
Katedra agroekologie a rostlinné produkce



**Fakulta agrobiologie,
potravinových a přírodních zdrojů**

Mulčování kompostem a slámou u širokořádkových rostlin
Bakalářská práce

Eva Santariusová
Ekologické zemědělství

Vedoucí práce: Ing. Petr Dvořák, Ph.D.

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že jsem tuto bakalářskou práci vypracovala samostatně a odpovědně s ohledem na pravidla psaní akademických prací. Veškeré zdroje a literaturu, které jsem použila k sepsání této práce, byly citovány v konkrétních částích textu a jsou uvedeny v seznamu použité literatury na konci práce. Jako autorka bakalářské práce dále prohlašuji, že jsem v souvislosti s jejím vytvořením neporušila autorská práva třetích osob.

V Praze dne

Eva Santariusová

.....

Poděkování

Ráda bych touto cestou poděkovala Ing. Petru Dvořákovi, Ph.D. za vedení, cenné rady, které mi věnoval během psaní bakalářské práce, a také za vstřícnost a trpělivost. Dále bych chtěla poděkovat mé rodině za podporu při studiu.

Abstrakt

Ověřená technika mulčování slámou, ale i méně využívané mulčování kompostem, má prokazatelné efekty na fyzikální a chemické vlastnosti půdy. Specifické vlastnosti, které mají tyto materiály, mohou být velice prospěšné pro tvorbu stabilní organické hmoty, ale i nebezpečné, pokud se použije nekvalitní materiál. Kvalitu a výkonnost kompostu lze ovlivnit již surovinovou skladbou, jejím zpracováním, zvolenou technologií kompostování či způsobem a délkou skladování. Předpokladem pro využití kompostu jako mulče je používat kvalitní kompost, tak aby nepřinášel nežádoucí efekty (například emise čpavku a dalších těkavých látek) a byl zdrojem stabilní organické hmoty. Ačkoli jsou známy mnohé pádné důvody, proč mulčovat slámou u širokořádkových plodin, je využití stabilního kompostu k mulčování teprve na počátku, a to především pouze v zahraničí. Jedním z důvodů v ČR může být absence legislativy, upravující standardy zpracování a využití kompostu jako mulče. V současné době je kompost legislativně klasifikován jako organické hnojivo, které musí být v ČR zapraveno do půdy. Výzkum a pochopení stability a zralosti kompostu (jakožto hlavních kvalitativních parametrů) mění v řadě evropských zemí pohled na stabilní kompost a otevírá prostor pro legislativní změnu z pohledu jeho aplikace. Postupně jsou do směrnic v některých zemích EU i mimo, doplněny standardy týkající se kvalitních (stabilních) kompostů pro použití na orné půdě při pěstování rostlin. Naskytuje se tedy příležitost podobné standardy aplikovat i v ČR, podobně jako již Německo, Velká Británie, či Austrálie. Rozhodující bude, v jaké míře je převzít a vytvořit přijatelné aplikační postupy. Tím by se podpořila další cesta pro širší využití kompostů na orné půdě.

Klíčová slova: mulčování, kvalitní kompost, kompostování, organická hmota, standardy kompostování, legislativní vymezení, mulčování slámou

Abstract

The verified straw mulching technique, as well as the less commonly used compost mulching, have proven effects on the physical and chemical properties of soil. The specific properties of these materials can be very beneficial for the formation of stable organic matter, but can also be dangerous if low-quality materials are used. The quality and performance of compost can be influenced by the raw material composition, processing, composting technology chosen, or storage method and duration. A prerequisite for using compost as a mulch is to use high-quality compost, so that it does not bring unwanted effects (such as emissions of nitrogen and other volatile substances) and is a source of stable organic matter. Although there are many compelling reasons to mulch with straw in wide-row crops, the use of stable compost for mulching is still in its infancy, especially only abroad. One reason in the Czech Republic may be the absence of legislation regulating the processing and use of compost as a mulch. Currently, compost is legislatively classified as an organic fertilizer that must be incorporated into the soil in the Czech Republic. Research and understanding of compost stability and maturity (as the main quality parameters) are changing the view of stable compost in several European countries and opening up space for legislative changes in its application. Gradually, guidelines in some EU and non-EU countries are being supplemented with standards for quality (stable) compost for use on arable land in plant cultivation. This offers an opportunity to apply similar standards in the Czech Republic, similar to Germany, Great Britain, or Australia. It will be crucial to what extent these standards are adopted and acceptable application procedures are created. This would support further progress for the wider use of compost on arable land.

Keywords: mulching, high-quality compost, composting, organic matter, composting standards, legislative definition, straw mulching

Obsah

1. Úvod	7
2. Cíl práce.....	8
3. Literární rešerše	9
3.1. Organická hmota v půdě a její stabilita	9
3.1.1. Hodnocení kvality půdy.....	11
3.1.1.1. Fyzikální stav půdy.....	12
3.1.1.2. Chemické vlastnosti půd	13
3.1.1.3. Biologie půdy	13
3.1.1.4. Bilance živin a organické hmoty.....	14
3.2. Mulč.....	14
3.2.1. Druhy mulčovacích materiálů	16
3.2.1.1. Mulčovací folie a textilie.....	16
3.2.1.3. Ekocover	17
3.2.1.4. Agrotex EKO+.....	18
3.2.1.5. Sláma.....	18
3.2.1.6. Mulč z posklizňových zbytků předplodiny	19
3.2.2. Přínosy a negativa mulčování u širokořádkových plodin	20
3.3. Kompost	22
3.3.1. Legislativní vymezení kompostu v ČR.....	24
3.3.1.1. Zákon o hnojivech.....	24
3.3.1.2. Zákon o odpadech.....	25
3.3.1.3. Legislativní vymezení kompostu při použití v ekologickém zemědělství.....	26
3.3.2. Faktory ovlivňující kvalitu kompostu.....	27
3.3.3. Technologie kompostování.....	27
3.3.3.1. Kompostování na volné ploše	29
3.3.3.2. Kompostování v polouzavřeném zařízení.....	29
3.3.3.3. Kompostování v uzavřeném zařízení a vaku	29
3.3.3.4. Vermikompostování	30
3.3.4. Požadavky na mulčovací kompost v zahraničí.....	31
4. Závěr	35
5. Seznam použité literatury	36

1. Úvod

V nynější době se neustále zmiňuje potřeba dodávání živin do půdy a potřeba vhodných postupů při obhospodařování půdy. Dle Šarapatky (2014) dochází v České republice k neustálé degradaci půd okolo 12-15ha půdy denně ubývá. Příčiny bývají různé od erozí, po chyby při zemědělské výrobě. Obnova je však velmi pomalá a dosažitelná za dobu delší než jeden lidský život. Degradáční procesy na sebe podle Shi a kol. (2010) navazují a vyvolávají řetězovou reakci, proto je potřeba je řešit, abychom o naše bohatství nepřišli.

Organická hmota zlepšuje mechanické vlastnosti půdy, část hmoty vstupuje do humifikačních procesů a je součástí transformačních procesů půdy. Bez organické hmoty nemůže půda plnit svou přirozenou funkci. Z těchto důvodů je potřebná a žádoucí snaha o navrácení organické hmoty do půdy a zlepšit tím vlastnosti zemědělské půdy. Inovují se stávající postupy při obhospodařování půdy, zejména ty, jenž neobsahují využití hnoje, kterého kvůli snížení rozsahu živočišné výroby je méně než dříve (Šarapatka 2014).

Jedním z vhodných postupů při obhospodařování půdy je mulčování, jehož výhody i nevýhody jsou popsány v této práci. Mulčováním se může například zajistit protierozní efekt a zadržování vlhkosti v půdě – tím i předejít zbytečnému vyčerpání vodních zdrojů v půdě a ochranu sladké vody ve světě (International Society of Arboriculture 2005).

Z mulčovacích materiálů je možné se více zaměřit i na stabilní (kvalitní) kompost, který podporuje ukládání stabilního uhlíku v půdě. Za předpokladu použití kvalitního kompostu se ve světě mulčování kompostem již využívá, proto jsou nastavené regulace určující vlastnosti a zpracování kvalitního kompostu, určeného k širokému využití (EPA 2016). V případě že jsou splněny tyto podmínky je udělena výjimka pro používání kompostu jako mulče, standardně se více používá jako hnojivo zaorávané do země.

Změna tohoto aplikačního postupu je podmíněna legislativními pravidly či standardy, kterými se výrobci kompostu mohou řídit a produkovat kompost i pro účely mulčování. Tyto standardy jsou v řadě zemích neustále upravované a rozšiřované pro maximální bezpečnost a kvalitu kompostu, a proto je většina těchto vyhlášek zaváděna v 21. století. V ČR možnost mulčování kompostem, ani formou výjimky, zatím není stanovena. Náhledem na aktuálně platné předpisy v zemích EU, i pohledem na Austrálii, se může ukázat, jak se na národní úrovni dá pracovat s možností využití kompostu jako mulče pro širokořádkové plodiny. Z toho lze vyvodit závěry a možné doporučení pro budoucí tvorbu standardizované příručky pro zemědělské využití kompostu v ČR, která by podléhala i současným standardům Evropské unie (CEN 2018; Standards Australia 2012; BMUV 2022; CIWM 2023; EPA 2017).

2. Cíl práce

Cílem práce je zhodnotit současný stav a možnosti efektivního využití kompostu a slámy jako mulčovacích materiálů pro dodávku stabilní organické hmoty při pěstování širokořádkových plodin a setřídít přínosy a negativa těchto postupů v ekologickém zemědělství.

3. Literární rešerše

3.1. Organická hmota v půdě a její stabilita

Organická hmota vzniká při účasti půdních organismů, které zpracovávají organický materiál vstupující do půdy. Rychlost rozkladu organického materiálu závisí na teplotě, pH, vlhkosti a aeraci půdy (Šantrůčková 2014).

Půdní organická hmota je složena z mikroorganismů, rozpuštěné, rozdrobené, inertní a humózní půdní organické hmoty. Obsah humusu v půdě se liší v závislosti na množství vody a hloubce půdy a obvykle se pohybuje mezi 2-5 % (Vlček 2015). Podle McRae (1988) půda, která má tmavší zbarvení obvykle obsahuje více organické hmoty, ale toto tvrzení neplatí pro zasolené a vápenaté půdy, kde i menší množství humusu způsobí tmavší odstín.

Bičík a Cibulka (2009) se ve své knize zabývali určováním obsahu humusu v půdě. Nejčastěji používaná metoda je stanovení oxidovatelného organického uhlíku (Cox).

Existují i různé způsoby, jak hodnotit kvalitu humusu, uvádí Šarapatka (2014), Vysloužil a kol. (2002) a Gryndler (2004). Jedním z nich je poměr mezi huminovými kyselinami (HK) a fulvokyselinami (FK). Humus lze považovat za kvalitní, pokud je tento poměr vyšší než 1,5 (například u černozemě) a naopak, za nekvalitní je tento poměr nižší než 1 (často u podzolů). Další způsob hodnocení kvality humusu je pomocí poměru uhlíku (C) a dusíku (N). Optimální hodnoty poměru C:N jsou 10:1 a nižší. Čím je poměr větší než 10, tím méně kvalitní je humus a naopak. Ve vysušené hmotě rostlin se obsah organického uhlíku ve pohybuje přibližně mezi 42 a 50 %, což je podobné jako u suché hmoty mikroorganismů. Průměrný obsah organického uhlíku v humusu je zhruba 55 až 58 %. Obsah dusíku kolísá a je mnohem nižší než obsah uhlíku. Průměrný obsah dusíku v půdní organické hmotě je přibližně 4 až 5 %.

Živá složka půdy – edafon hraje klíčovou roli v biologických a ekologických procesech v půdě. Organismy, které tvoří edafon, způsobují za rozklad organických látek, recyklaci živin a udržení půdní struktury. Proto jsou také půdy schopné udržet vodu a živiny, což má vliv na celkovou kvalitu půdy (Šarapatka 2021).

Edafon rozdělujeme na čtyři kategorie podle velikosti organismů:

1. Mikroedafon: tvoří jej organismy, jejichž velikost je menší než 0,2 mm. Mezi ně patří například bakterie, prvoci, řasy a sinice.
2. Mezoedafon: tvoří jej organismy o velikosti 0,2 - 2 mm, mezi něž patří houby, hlístice, roztoče, menší hmyz a chvostoskoky.
3. Makroedafon: tvoří jej organismy o velikosti 2 - 20 mm, jako jsou roupice, stonožky, mnohonožky, měkkýše a pavouci.
4. Megaedafon: tvoří je organismy větší než 20 mm, jako jsou například žížaly a obratlovci.

Edafon představuje důležitou složku půdní ekosystému a jeho význam je nezastupitelný pro udržení životního prostředí a produkci potravin. Půdní organismy pomáhají přeměňovat odumřelou organickou hmotu na živiny potřebné pro život rostlin a živočichů. Bez těchto mikroorganismů by se rozkladný proces zastavil a živiny by zůstaly uzavřeny v odumřelých tělech. Výsledkem by bylo vysychání a ztráta úrodnosti půdy s katastrofálním dopadem na zemědělství a potravinovou bezpečnost lidí (Hejný 1996).

Kromě rozkladu organické hmoty mají půdní organismy i další funkce. Pomáhají udržovat strukturu půdy, zlepšují její propustnost pro vodu a vzduch, snižují riziko eroze, regulují množství živin v půdě a detoxikují ji od různých toxinů. Přispívají také k ukládání organického uhlíku, který je důležitý pro regulaci globálního klimatu (Carlson 2001).

Množství půdních organismů v půdě závisí na mnoha faktorech. Tyto faktory jsou např. klima, typ půdy, vegetační kryt a antropogenní vlivy. Právě intenzivní zemědělská činnost může způsobit degradaci půdy a snížit počet půdních organismů (Šantrůčková a kol. 2018).

Vzhledem k tomu, že půdní organismy a rostliny pro fungování ekosystémů a zachování úrodnosti půdy jsou velmi důležité, je nutné se snažit minimalizovat negativní vlivy lidské činnosti na půdu a podporovat udržitelné zemědělství a ochranu přírodních ekosystémů (Šarapatka 2014).

Stabilita půdy – velká část našich půd je ovlivněna degradací, což znamená kvalitativní změny vedoucí k významnému poškození půdy. Degradace narušuje základní funkce půdy, jako jsou produkční funkce (výnos zemědělských plodin) a environmentální funkce (prostředí pro život organismů a růst rostlin, schopnost půdy zadržovat vodu, filtrovat a odbourávat kontaminanty atd.). Míra degradace půdy závisí na vlastnostech půdy, půdotvorných faktorech, využití území a hospodaření s půdou. Zemědělství má v degradaci půdy obrovskou úlohu, proto je potřeba zkoumat nové metody obohacování půd a jejich zkvalitňování. Mezi hlavní procesy poškozující půdu řadíme podle Šarapatky (2014, 2021) následovně

- zábor půdy a zastavování území (soil sealing),
- vodní a větrnou erozi,
- okyselování půd (acidifikaci),
- úbytek organické hmoty (dehumifikaci),
- zhutnění půd (pedokompakci),
- znečištění půd (kontaminaci),
- pokles biodiverzity.

Na půdní organickou hmotu může mít negativní dopad i zpracování půdy např. orba, některá hnojiva nebo setí. Tyto procesy mohou narušit kořenové systémy rostlin a půdní strukturu, což vede k rozkladu organické hmoty. Při zpracování půdy dochází k oxidaci organické hmoty, což způsobuje uvolňování uhlíku do atmosféry v podobě oxidu uhličitého, což má negativní dopad na globální oteplování (McRae 1988; Šantrůčková a kol. 2018).

Správné zpracování půdy, např. použití půdního krytu, kultivace rostlin nebo mulčování, však může pomoci zvýšit půdní organickou hmotu. Použití půdního krytu zlepšuje retenci vlhkosti a snižuje erozi půdy a to pomáhá udržovat organickou hmotu v půdě. Množství organické hmoty v půdě také pomáhá zvýšit kultivace rostlin s vysokou produkční hodnotou (Shi a kol. 2010).

Orba je základní úpravou půdy, která se provádí za účelem kypření, drobení a obracení zpracované vrstvy půdy. Orba půdy je jedním z nejdůležitějších agrotechnických opatření, které má udržet půdní úrodnost zapravením cíleně aplikované či ponechané organické hmoty, zvyšovat rychlost rozkladu organické hmoty a uvolňovat více živin, zejména dusíku, což má pozitivní vliv na rostliny. Důležité faktory ovlivňující úroveň organické hmoty v půdě jsou hloubka orby, utužená vrstva půdy, kvalita organické hmoty a poměr C:N, půdní druh, teplota a půdní reakce. Orba snižuje obsah a kvalitu organické hmoty v porovnání s půdou bez orby. Konvenční zpracování půdy spočívá v ročním opakování kypření a obracení ornice radličným pluhem. Způsoby zpracování půdy orbou jsou v současnosti přehodnocovány. Zastavit úbytek organické hmoty by se mohl tím, že se sníží zátěž těžkou technikou, aplikuje se střídání plodin a lepší organická hnojiva na podporu půdní organické hmoty. Orba může mít negativní vliv i na půdní organismy, jako jsou žížaly a chvostokoci, dále může narušovat přirozenou tvorbu strukturních agregátů (Černý a kol. 2019; Hůla a kol. 1997).

3.1.1. Hodnocení kvality půdy

Vlastnosti půdy se dají rozdělit do tří základních skupin – na fyzikální, chemické a biologické.

Stabilita a kvalita půdy jsou důležitými faktory, které ovlivňují produkční potenciál půdy. Kvalita půdy se definuje jako schopnost půdy fungovat v rámci ekosystému a udržovat biologickou produktivitu, kvalitu prostředí a zdraví rostlin a živočichů. Struktura půdy závisí na velikosti a tvaru půdních částic, které jsou odděleny vzduchovými póry. Tyto mezery jsou obvykle vyplněny půdním vzduchem nebo půdní vodou (Šantrůčková 2014).

Do pevné fáze půdy patří zrnitost, struktura a specifická objemová hmotnost. Pro určování půdního druhu používáme zrnitost půdy, kde zkoumáme zastoupení půdních frakcí, kterými jsou písek, prach a jíl, nebo zastoupení jílnatých částí (Šarapatka 2021).

Pokud je půda dobře propustná a má dobré provzdušnění, řadí se mezi lehké půdy, jako jsou písčité, hlinitopísčité a písčitohlinité půdy. Pro zemědělství nejvhodnější jsou půdy středně těžké, které mají hlubší horizonty a jsou hlinité, jílovitohlinité nebo hlinitojílovité. Těžké, jílovité půdy jsou nevhodné pro zemědělství, protože jsou málo propustné (Vopravil 2011).

Voda je klíčová pro celou řadu půdních procesů, hlavním zdrojem vody jsou atmosférické srážky. Voda proniká do půdy a prochází skrze nenasycenou vadózní zónu směrem dolů k nasycené zóně-hladině podzemní vody. Mezi těmito zónami se nachází oblast kapilárního vztlínání (Šarapatka 2014).

Kvalita půdy zahrnuje celkové vlastnosti půdy, které ovlivňují úrodnost, která závisí podle Šarapatky (2014) na:

- obsahu živin, zejména dusíku, fosforu a draslíku,
- obsahu stopových prvků (např. Mn, Mg, S, Zn a další),
- zásobách humusu,
- pH, nejlépe v rozmezí 6,0 až 6,8,
- struktuře půdy (provzdušnění, zadržování vody),
- bohatosti a rozmanitosti půdních organismů (edafonu).

Úrodnost půdy a produkční potenciál se využívá pro určení, jak dobře půda slouží pro růst rostlin a produkci plodů. V současnosti se hodně zaobíráme kvalitou půdy z hlediska jejího vlivu na životní prostředí a obecné zdraví. Hodnotíme tedy zejména kvalitu či zdraví půdy, které určují schopnost fungovat v rámci ekosystému a schopnost podporovat vývoj rostlin a živočichů (Brtnický a kol. 2015).

3.1.1.1. Fyzikální stav půdy

Mezi fyzikální vlastnosti půdy patří její textura, struktura, hustota částic, barva a teplota. Důležité jsou také vlhkost, schopnost propustit vodu a množství vzduchu v půdě. Tyto vlastnosti ovlivňují způsob obdělávání půdy. Existují tři faktory, které negativně ovlivňují tyto vlastnosti, a to narušení struktury půdy v horizontu, nejčastěji způsobeným poklesem humusu nebo mechanickým poškozením. Dále je to pedokompence, která nastává v důsledku těžké agrotechniky a nevhodných orebních postupů. Posledním faktorem jsou chemické změny v půdních roztocích, které se nejčastěji vyskytují v suchých oblastech, v důsledku nevhodného zavlažování nebo průsaku nebezpečných látek z odpadových skládek (Kutílek 2012).

Soudržnost neboli koheze znamená, že půda je schopna odolat vnějšímu tlaku, což brání rozpadu půdních agregátů. Projevuje se schopností půdy klást odpor při vniknutí cizího tělesa do půdního profilu. Adheze se často projevuje lepením půdy na cizí tělesa, přilnavost mají nejvíce půdy jílovité (Demo & Bielek 2000). Přilnavost obvykle vzrůstá s obsahem koloidních částic v půdě a s vlhkostí půdy (Šarapatka 2014).

Zhutnění půdy je zvýšení její objemové hmotnosti, snížení pórovitosti a infiltrační schopnosti. To se může lišit v závislosti na zrnitosti půdy, půdní struktuře, vlhkosti, mění se během roku v souvislosti s vegetačním pokryvem a způsobem obdělávání (Vopravil 2011).

Zrnitostní složení půdy je charakteristika, která popisuje poměr různých velikostí zrn v půdním materiálu. Její určení je důležité pro pochopení jejích fyzikálních, chemických a biologických vlastností. Tento důležitý faktor ovlivňuje vlastnosti půdy, jako jsou propustnost vody, zadržování živin a organické hmoty. Zrnitostní složení půdy vzniká způsobem, jakým se v průběhu dlouhého časového období vytvářela půda. V průběhu procesu vytváření půdy jsou tyto materiály podrobeny erozi, povětrnostním vlivům a dalším geologickým procesům, což vede k tomu, že vznikají zrnitější částice (Šarapatka 2014).

Zrnitostní složení půdy dle Pavlů (2018) a Šarapatky (2014), se obvykle určuje na základě obsahu tří frakcí – písku, prachu a jílu. Každá zrnitostní frakce má své specifické vlastnosti a přispívá k celkovým vlastnostem půdy.

Rozdílné poměry mezi těmito frakcemi vytvářejí různé typy půd. Například půdy s vysokým obsahem skeletu jsou hůře obhospodařovatelné než lehké písčité půdy. Půdy s vysokým obsahem jílu mají tendenci být těžké a méně průzvučné, což může mít negativní dopad na kořeny rostlin, ale mají také obvykle větší soudržnost, tzn. že lépe drží pohromadě. Zajímavostí je, že humus snižuje soudržnost u jílovitých půd a zvyšuje soudržnost u půd písčitých. (Šarapatka 2014)

Se zrnitostním složením půd jsou úzce spojeny sorpční schopnosti půd. Půdy s vysokým obsahem skeletu mají obvykle větší póry, umožňující vodě pronikat do hlubších vrstev, zatímco půdy s vysokým obsahem jílu mají malé póry, omezující pronikání vody do hloubky půdy.

3.1.1.2. Chemické vlastnosti půd

K chemickým vlastnostem patří složení částic, minerálů a organické hmoty, stejně jako složení půdního roztoku a půdního vzduchu (Valla 2002).

Důležitou chemickou vlastností je pH půdy, ovlivňuje množství a složení dostupných prvků, růst rostlin, složení edafonu, humifikaci a pedogenezi. Půdní pH ovlivňuje schopnost koloidů vytvářet mikroagregáty, tyto mikroagregáty jsou důležité pro stabilitu půdní struktury. Pro vznik stabilní půdní struktury jsou důležité dvojmocné kationty jako vápník a hořčík (Šarapatka 2014). Půdy s nadbytkem H^+ iontů jsou označovány jako kyselé, zatímco u zásaditých převládají ionty OH^- (Bedrna 2002; Valla 2002).

Hodnota pH je pro půdu důležitá, ovlivňuje mnoho půdotvorných procesů. Patří mezi ně například podzolizace, vymývání, dekarbonizace, ilimerizace, hnědnutí, oglejení a pseudooglejení (Bedrna 2002; Vlček 2015).

Různé chemické procesy a faktory mohou ovlivnit rychlost půdních reakcí v čase. Pokud půda obsahuje mnoho hydroxidů, solí a dalších prvků (např. Na, K, Mg, Ca, Al a Fe) a má nasycený sorpční komplex, je méně náchylná k rychlým změnám pH. Naopak půdy s nízkým obsahem těchto minerálů a organické hmoty jsou více náchylné k pH změnám. Půdy s vysokým obsahem jílu, organické hmoty a uhličitánů jsou nejodolnější vůči kyselosti a alkalitě, zatímco půdy s vysokým obsahem písku, nízkým obsahem organické hmoty a solí jsou naopak náchylné k degradaci půdy (Bedrna 2002).

3.1.1.3. Biologie půdy

Biologické vlastnosti se týkají půdních organismů a procesů, jako je početnost, biomasa, rychlost dýchání, aktivity organismů a rychlost přeměny dusíku (Vopravil 2011).

V každé půdě převládá primární organická hmota. To je způsobeno tím, že organická hmota se v půdě snadno mineralizuje a mnohem méně se mumifikuje. Navíc i v nehojené půdě se stále doplňuje (Váchalová a kol. 2016).

Primární organická půdní hmota může být původní nebo rozložená. Rozložená organická hmota se zcela rozpadla a začala mineralizovat, ale dosud nebyly syntetizovány vysokomolekulární polymery a polykondenzáty, což znamená, že nedošlo k humifikaci (Hůla & Procházková 2008).

Primární organická hmota se snadněji rozkládá, proto ji rozdělujeme na primární organickou hmotu labilní a stabilní. Vždy závisí na chemickém složení organické hmoty. Aby byla snadno rozložitelná, tedy labilní měla by například obsahovat nižší obsah ligninu a vyšší obsah celulózy. Také fyzikální stav organické hmoty v půdě ovlivňuje její stabilitu. Menší částice mají větší specifický povrch a jsou méně stabilní než větší, hustější částice. Sušší částice jsou obecně stabilnější než vlhké, jelikož voda je důležitá pro mikroorganismy a jejich metabolismus. Částice s vysokým obsahem dusíku jsou také méně stabilní než ty s nízkým obsahem dusíku (Váchalová a kol. 2016).

Základní funkce půdní organické hmoty spočívá v mineralizaci, což naznačuje, že ty nejcennější frakce jsou ty, které jsou nejlabilnější a snadno se rozkládají. Tyto frakce jsou v současnosti považovány za důležitý ukazatel kvality půdy (Haynes 2005).

Hlavním zdrojem živin rostlin jsou živinné prvky primární organické půdní hmoty, ze které se dostanou k rostlinám dle jejich stupně stability procesem mineralizace (Váchalová a kol. 2016).

3.1.1.4. Bilance živin a organické hmoty

Půdní organická hmota má význam pro kvalitu půdy a její úrodnost. Výpočet bilance organické hmoty v půdě se provádí tak, že se zadávají údaje o plodinách, použitých organických hnojivech, dávkách hnojiv, pěstovaných meziplodinách a atd. a zjistí se bilance uhlíku na daném pozemku, což je ukazatelem toho, zda je hospodaření dlouhodobě udržitelné nebo zda dochází k nadměrnému vyčerpávání zásob organické hmoty. Tento výpočet je možné si udělat on-line bilanční kalkulačkou na www.organickahmota.cz. Ve světě existuje několik modelů pro bilanci organické hmoty, např. německý, anglický, francouzský. U nás se využívá slovenský model Výzkumného ústavu pôdoznalectva a ochrany pôdy v Bratislavě.

3.2. Mulč

Mulčování je půdoochranný postup při pěstování rostlin. Mulč zakrývá okolí rostliny kyprou vrstvou organického materiálu, udržuje půdu vlhkou a tím i chladnou, omezuje růst plevelů, chrání kořenový systém a tím vytváří vhodné prostředí. Tato technologie je v zemědělství známá po celá staletí. Dle Yohennese & Tiquia (1999, 2002) mulčování zlepšuje strukturu půdy, zvyšuje organickou hmotu a vytváří vzorce cyklování živin. Mulčování je vhodnější v teplých a suchých oblastech a v místech náchylných k suchu, kde se výrazně mění rychlost výparu. Správným provedením mulčovacího procesu se může výrazně zlepšit celkové zdraví i vitalita pěstovaných rostlin, na druhou stranu se nesprávné použití stává stresovým faktorem.

Stres je stav, kdy organismus čelí nepříznivým podmínkám prostředí, které ohrožují jeho život a zdraví. U rostlin jde zejména o vystavení nepříznivým podmínkám, jako jsou například extrémní teploty, nedostatek vody, nedostatek živin, nebo přítomnost škůdců a chorob. Projevy stresu mohou mít za následek negativní dopad na celkovou vitalitu rostliny a úrodnost rostliny (Yohannes 1999; Tiquia a kol. 2002).

Mulčování u širokořádkových plodin lze aplikovat nanesením mulčovacího materiálu na povrch půdy. Mulč je možné aplikovat po výsadbě plodiny a tím zajistit ochranu již od založení porostu. Mulčování lze provádět také před vzejitím porostu, a do té doby provádět mechanickou kultivaci. Pokud se mají aplikovat nějaká další hnojiva, je vhodné je zapravit před procesem mulčování (Al-Shammary a kol. 2018).

Při mulčování se doporučuje dostatečná vrstva mulče přibližně 10 až 15 cm. Záleží na typu mulče. Pokud je vrstva mulče příliš slabá, nahoře by byla vlhká a mohlo by docházet k vyklíčení plevelů, což je nežádoucí. Organické mulče se navíc rozkládají a tím se zlepšuje i struktura půdy, provzdušnění, vsakování vody a pohyb živin v půdě (Kalina 2004; Wang a kol. 2022).

Dle Šarapatky (2014) produkci půdy ohrožuje eroze zemědělských půd. Nejvíce je orná půda ohrožena vodní erozí. Častá je i eroze větrná.

Vodní eroze je vyvolávána destrukční činností dešťových kapek, tajícího sněhu a povrchového odtoku, který transportuje uvolněné půdní částice. Vliv na vodní erozi mají srážky a povrchový odtok, půdní poměry, sklon, délka a tvar svahu, vegetační poměry a způsob využití půdy, používané agrotechnologie. Nejvíce podléhá erozi půda bez vegetačního pokryvu. Právě širokořádkové plodiny vykazují často nedostatečnou pokrývnost povrchu půdy (zejména na počátku vegetace). Setí těchto plodin do obilní slámy je jedním z nejjednodušších protierozních opatření, ochrana je účinná tam, kde se jedná o slabší erozní ohrožení (Šarapatka 2014).

Větrná eroze je jev, při kterém vítr působí na půdní povrch, svou mechanickou silou rozrušuje půdu a uvolňuje její částice, které uvádí do pohybu a přenáší je na různou vzdálenost, kde se po snížení větru ukládají. Pohyb půdních částic může být ve formě nejjemnějších půdních částic, které jsou větrem zvedány a přenášeny na velké vzdálenosti, ve formě přemisťování půdní hmoty skokem nebo pohybu půdních částí sunutím po povrchu půdy. Větrnou erozí jsou tak ohroženy zejména lehké písčité půdy. Větrnou erozí jsou plodiny ohrožovány v raném stádiu vývoje, v době vzcházení (Šarapatka 2014).

Jako vhodná ochrana proti větrné erozi je zvyšování vlhkosti půdy, která způsobí zvýšení soudržnosti. Zvýšení vlhkosti půdy lze dosáhnout mulčováním (Farzi a kol. 2017).

U mulčování kompostem v ovocných sadech, aby se zlepšila ekologická struktura půdy, rozumně využívali a obírali zdroje odpadů a zvýšila se kapacita skladování vody. Různé substráty organického odpadu kompostu významně přispívají k růstu ovocných stromů (Eickenscheidt a kol. 2015).

3.2.1. Druhy mulčovacích materiálů

V současnosti existuje široká škála mulčovacích materiálů, včetně polyetylenových folií, netkaných i tkaných textilií, biologicky rozložitelných plastových fólií, papírových folií, organických mulčů jako je sláma, piliny, mulčovací kůra, dřevní štěpka, štěrk, kamení, rašelina písek. Některé typy mulče se používají v otevřených nebo skleníkových zemědělských systémech. Každý z těchto materiálů má rozdílný účinek na půdu (Al-Shammary a kol. 2018; Pavlů 2018).

Při používání plastových fólií se vyskytuje řada rizik, jako je zvýšené riziko vzniku mykotoxinů v půdě, posun edafické biocenózy, perzistence neobnovené plastové fólie v půdě, negativní účinek na půdní bakterie (Pavlů 2018).

Dle Maynarda & Hochmutha (2006) je vhodné v systému mulčování vložit malou investici do specializovaného zařízení jako je utužovač lůžka, nastýlač a vysazovač do mulče nebo speciální secí stroj. Existují i vakuové secí stroje, které zasévají přímo skrz mulč. Toto vybavení je levné a snadno získatelné, někteří farmáři si ho dokonce vyrábějí sami. Samotný mulč může být aplikován strojem jen pro toto využití nebo existují stroje, které kombinují jednotlivé kroky (přípravu lůžek, hnojení a mulčování), které se jeví jako vhodnější, protože všechny kroky provedou v jednom pojezdu přes pole.

Při zakládání mulčovaných záhonů je důležitá příprava půdy, je nezbytné dokonale zbavit půdu plevelů před nakrytím mulče. Mulčovací materiál nesmí obsahovat žádné patogenní zárodky ani semena plevelů. Mulče z organických materiálů se nemusí po použití odstraňovat z pole, a tím odpadají náklady na ruční odstraňování mulče (např. mulčovací folie), náklady na odstraňovací stroje, likvidaci apod (Hradil 2000).

3.2.1.1. Mulčovací folie a textilie

Mulčovací folie se vyrábí z různých materiálů v různých barvách, s různou hmotností i světelnou propustností. Používáme je k omezení plevelů, uchování půdní vody a výživných látek, lepší mikroklima rostlin a ochraně před nepříznivými klimatickými podmínkami (Briassoulis 2006). Pozitivně přispívají pozitivně k nižší spotřebě hnojiv i herbicidů a vývoji rostlin (Serrano-Ruiz a kol. 2020).

Negativa použití folií spočívají v jejich recyklaci. Odstraňování z pozemku je časově i ekonomicky náročné, často zůstává většina těchto folií na pozemku, jsou zaorány nebo spáleny. Důsledkem zaorání je jejich další rozklad. Do půdy se uvolňují škodlivé látky (Serrano-Ruiz a kol. 2020) a dochází k nevratnému znečištění půdy, k ohrožení nezávadnosti potravin produkovaných na těchto půdách (Briassoulis 2006). Vlivem počasí se kousky šíří vodou a větrem do životního prostředí, kde představují nebezpečí pro živočichy, kteří se do nich mohou zaplést nebo je pozřít, a dále nebezpečí velké persistence v životním prostředí z důvodu pomalé biodegradability (Hablott a kol. 2014). Důsledkem spálení folií je pak uvolnění organických polutantů do atmosféry. Proto agro folie používáme především při vysoké intenzitě produkce, nebo na pozemcích intenzivně zaplevelenými odolnými druhy, které se mechanicky obtížně regulují.

Tkané mulčovací textilie: Důležitým parametrem pro textilie je jejich gramáž a platí, čím vyšší gramáž, tím vyšší odolnost. Tyto odolné textilie nejsou vhodné jako mulčovací, těžko propouštějí vzduch a vodu. Vhodné jsou textilie s gramáží 70–90 g/m². Je třeba zvážit různé faktory, abychom vybrali správný druh textilie. Například je důležitý i typ půdy. Pokud dáme textiliu u těžké půdy, pak bude výsledkem hutná, nepropustná tvrdá kůra zeminy, která se bude velmi obtížně obdělávat. Pak je lepší žádnou textiliu raději nepoužívat (Dvořák a kol. 2011).

Netkané mulčovací textilie: Netkané textilie jsou tenčí, a proto také méně trvanlivější než textilie tkané, které jsou pevnější. Vhodné jsou textilie s gramáží 50 g/m² případně nižší gramáž kolem 20 g/m². Netkané mulčovací textilie lze rozdělit na:

- Mulčovací textilie bílá: jedná se o polypropylenovou textiliu, která tím, že je bílé barvy, odráží sluneční záření a tím nedochází k velkému zahřívání půdy. Proto se používá hlavně jako ochrana proti slunečnímu záření nebo větru. Rostliny také chrání před mrazy. Bílou textiliu rozdělujeme na dva základní druhy. Slabší bílá textilie má nižší trvanlivost. Pevná bílá textilie má trvanlivost vyšší. Rostliny se vysazují do děr v textiliu (Dvořák a kol. 2011).
- Mulčovací textilie černá: černá barva textilie neodráží sluneční záření, pohlcuje ho a tak dochází k vyhřívání půdy (Dvořák a kol. 2011). Textilie brání náletům semen rostlin z okolí a vzházení semen, která zůstala v půdě z předchozího období.

Je třeba si uvědomit, že do textilií se obtížně dosazuje rostlinný materiál. Pokud na jejich povrch použijeme vrstvu mulčovacího materiálu, obtížně se vyměňují. Nejsou vhodné na tvrdé půdy (Dvořák a kol. 2011).

3.2.1.2. Biodegradabilní fólie

Jsou materiály navrženy tak, aby se rozložily na místě použití. V současné době není žádná biodegradabilní fólie 100% založená na přírodním základě, a to brání jejich použití v ekologickém zemědělství. Dalším negativem je jejich cena ve srovnání s běžnou fólií. Důležitou roli hraje složení mulčovací fólie a přírodní podmínky, ve kterých je fólie použita. Je nutné provedení dlouhodobých studií k potvrzení nízkého dopadu těchto materiálů na agroekosystémy (Serrano-Ruiz a kol. 2020), protože vliv biodegradabilních materiálů na rostliny a půdní organismy zatím zůstává neobjasněný.

3.2.1.3. Ekocover

Ekocover je rohož vytvořená z odpadového papíru, je vyroben z recyklovaného kancelářského papíru a juty tzn., že je vyroben z přírodních materiálů, které se dokáží jednoduše rozložit. Ekocover může být obohacen o hnojivo, které se průběžně uvolňuje. Ekocover se používá samostatně místo plastového mulče, nebo se na něj uloží tenká vrstva organického mulče. Ekocover zabraňuje prorůstání plevelů, uchovává vodu, snižuje počet uhynulých rostlin a pomáhá jim k jejich růstu. Životnost závisí na různých aspektech např. na terénu, kde byl použit, na klimatických podmínkách či způsobu jeho aplikace (Ekocover.cz 2023).

3.2.1.4. Agrotex EKO+

Agrotex EKO+ je tepelně upravená ekotextilie, je zpevněna různě barevnými přírodními vlákny. Je vyrobena ze 100 % kompostovatelného materiálu a při výrobě se spotřebovává minimum neobnovitelných zdrojů. Z tohoto vyplývá, že je šetrná k životnímu prostředí a po 2-5 letech je i jednoduše rozložitelná dle závislosti na teplotě a vlhkosti. Agrotex EKO+ je ideální pro pěstování BIO potravin, po rozkladu slouží jako hnojivo pro rostliny, zadržuje půdní vlhkost a zabraňuje vzniku půdního škraloupu (Agrotex EKO+ 2023).

3.2.1.5. Sláma

Sláma je rostlinný materiál snadno dostupný a snadno skladovatelný, není to nákladný materiál, je snadno aplikovatelný. Neobsahuje však dostatek živin a ani se rychle nerozkládá, přesto je velmi dobrým mulčovacím materiálem. Mulčování slámou je účinné a vhodné, pokud je použito v dostatečně silné vrstvě (10 cm). Pokud je zajištěno mělké zpracování půdy a setí tak, aby byla sláma v minimální míře zapravena do půdy, slouží sláma po zasetí k ochraně půdy před nepříznivými účinky intenzivních srážek na půdu (ochrana strukturních agregátů před rozplavováním), k omezení povrchového odtoku srážkové vody a k omezení smyvu zeminy zejména v období, než dojde k zapojení porostu plodiny (Doring a kol. 2004; Farzi a kol. 2017; Dvořák & Tomášek 2013).

Pokud chceme využít mulčování slámou také jako dodávku organické hmoty do půdy, je vhodné využívat slámu z jařin. K mulčování je vhodná obilná sláma. Pozitivy jsou vhodná struktura a vzdušnost, dobrý vzhled. Ovesná sláma je měkčí než sláma pšeničná nebo žitná, je z ní lepší mulč. Jako dobrý mulčovací prostředek se používá sláma z ječmene (Shi a kol. 2010; Wang a kol. 2022).

Při aplikaci slámy jako mulče musíme počítat s možným odnosem slámy větrem. Po čase sláma slehne a utuží se. Při smíchání slámy s půdou může sláma odebírat z půdy dusík. Shi a kol. (2010) uvádí, že sláma má přímý lineární vztah s půdním uhlíkem. Nicméně Lafond a kol. (2009) uvádí, že slaměný mulč nemá žádné významné účinky na kvalitu půdy nebo rostlinnou produkci. Problémem při využívání slámy jako mulče, jsou zbylá obilná zrna, která se vydrolí do půdy, klíčí v půdě a zaplevelují pole (Flowerdew 2010).

K dalším nevýhodám mulčování slámou patří výskyt některých druhů škodlivých hub na zbytcích slámy, výskyt a množení se hlodavců a slimáků uvnitř vrstvy slámy. Dle Shi a kol. (2010) se v záhonech mulčovaných slámou může vyskytovat vyšší počet slimáků a proto doporučuje první aplikaci slámy nechat slehnout, poté zahájit výsadbu.

V zemědělství se aplikuje pomocí mechanizační techniky, např. pomocí rozmetadel na statková hnojiva, rozdružovače balíků nebo zastýlacích vozů. Výsev se provádí do rozdrčené slámy, je třeba dbát na rovnoměrné rozprostření materiálu po povrchu půdy, tak aby nezůstala v pruzích. Může se také vysévat do ponechaného strniště a slámy, která je rozhozena po půdě. Při setí se musí dbát na to, aby nebyla sláma zatlačena do půdy a osivo se neukládalo na slámu. Toho lze docílit vhodnou mechanizací, např. secí stroj s jednokotoučovými secími botkami, kdy kotouče odhrnují slámu stranou, secí stroje s podřezávacími šípovými radličkami, které ukládají osivo

do pásů a přitom nevnáší podrcenou slámu do půdy, využití kotoučových krojidel přeřazených dvoukotoučovým secím botkám, dlátové secí botky (Shi a kol. 2010).

Yuan a kol. (2009) uvádí, že porézní materiály zpomalují transport páry do atmosféry, ale nezabraňují úplně vypařování vody z půdy. Porézní materiály, jako je pšeničná sláma, by mohly být přínosné z hlediska skladování vody v kořenové zóně v oblastech, kde jsou srážky relevantní (Zribi a kol. 2015).

Dle Wanga (2022) je pro infiltraci vody důležitá i délka slámy. Průměrnou míru infiltrace zvyšuje zvýšená vrstva slámy, která také snižuje kumulativní odtok a výnos sedimentu. Zvětšení délky slámy snižuje průměrnou rychlost infiltrace svahu a zvyšuje kumulativní odtok a výnos sedimentu.

Vlček & Pospíšilová (2015) shledali, že fermentace slámy produkuje teplo a uvolňuje kysličník uhličitý, což podporuje rychlé zakořenění rostlin, jejich růst a také ranější sklizeň. Nejvhodnější je používat pšeničnou slámu, která vyhovuje svou tvrdostí. Vhodná je také sláma ječmenů, nehodí se sláma ovesná.

Aplikace slámy jako mulče zároveň snižuje výskyt brouků a jejich larev, toto se jeví jako výhoda zejména při boji proti mandelince bramborové (Dvořák a kol. 2013a).

3.2.1.6. Mulč z posklizňových zbytků předplodiny

Jedná se o ponechání strniště jako mulče, např. dle Nařízení vlády. č. 262/2012 Sb. o stanovení zranitelných oblastí a akčním programu se strniště po sklizni kukuřice na siláž o výšce nejméně 40 cm se považuje za slámu. Mulč ze strniště a zanechané slámy kryje pozemek přes zimní období a chrání půdu před jarní erozí. Plodiny se do této půdy zasévají na jaře, ale i na podzim. V období výsevu mezi dvěma hlavními plodinami se vyseje vhodná meziplodina např. žito, ozimé tritikale, jejichž strniště se zapravuje do půdy. Při zakládání porostu meziplodin je nutno přihlížet ke způsobu pěstování meziplodiny a její vhodnosti pro dané účely, technickému vybavení, podmínkám daného stanoviště a dalším faktorům, např. výskyt škůdců, plevelů atd. Tento způsob má pozitivní vliv na půdu a to tím, že pomáhá s promícháním rostlinných zbytků s povrchovou vrstvou půdy, klíčením semen plevelů, hospodařením s půdní vodou, potlačením chorob a škůdců plodin, provzdušněním půdy a lepším zpracováním půdy.

Pokud chceme minimalizovat poškození půdy, je důležité omezit hloubku a intenzitu zpracování. Vhodné je ponechat zbytky rostlin na povrchu nebo je nechat ve vrchní části půdy. Takto se dosáhne mělkého zpracování půdy bez orby, kterou nahradí kypření. Plodiny se vysévají do povrchově zpracované či nezpracované půdy, mezi se vysévají do vymrzající nebo přezimující půdy apod. V ČR se tyto technologie stále více využívají, protože výhody minimalizačních technologií spočívají především v oblasti ekologie, ekonomie a technologie. Minimalizační technologie pozitivně ovlivňují strukturu půdy, omezují vodní a větrnou erozi, zlepšují kvalitu a obsah půdního humusu, zlepšují využití půdní vody a omezuje se vyplavování půdního dusíku. Z ekonomického hlediska umožňují minimalizační technologie úsporu práce a energie (Procházková 2011). Tento způsob má pozitivní vliv na ochranu půdy a výnosy

rostlin tím, že snižuje erozi, chrání povrch půdy před odnášením a přivalovými dešti, tedy odplavením. Má pozitivní vliv na fyzikální, chemické i biologické vlastnosti půdy. Pomáhá udržet půdní vodu, chránit půdu před slunečním zářením, zvýšit biologickou aktivitu vrchní vrstvy půdy. Vliv na výnosy je závislý na vlastnostech pěstované plodiny, na prostředí. Proto se také výsledky liší, a to i v závislosti na kvalitě mulče a době jeho působení na půdu (Hůla a kol. 1997).

3.2.2. Přínosy a negativa mulčování u širokořádkových plodin

Mulčování slámou se využívá po obilní předplodině. Mulč z ponechané slámy a strniště kryje pozemek přes zimní období a zabraňuje jarní erozi. Při mulčování slámou dbáme na to, aby materiál byl rovnoměrně rozprostřen po povrchu pozemku. Dle množství slámy se na jaře aplikuje kvalitní kejda a minerální dusík.

Mulčování, jak uvádí Kalina (2004):

- hnojí: organické zdroje se liší od minerálních vstupů, protože uvolňování rostlinných živin z organických zdrojů se velmi liší, v závislosti na jejich vlastnostech. Dusík je většinou nejvíce limitující živinou při pěstování plodin zvláště na degradovaných půdách, organický mulč je jedním z mnoha řešení, jak zlepšit dostupnost půdního dusíku.
- oživuje půdu
- chrání půdu před slévavostí
- chrání vrchní vrstvu půdy před povětrnostními vlivy, před destrukcí vlivem dešťů, povrchovým odtokem vody a odnosem větrem: mulčování zpomaluje průsak vody do spodních vrstev půdy a tím také zmenšuje vyplavování živin.
- potlačuje růst jednoletých plevelů: zakrývání okolí rostliny způsobuje zastínění země. Semena plevelů nejsou schopna vyklíčit pod mulčem. Vrstva mulče však půdu neochrání před víceletými plevele, které jsou již zakořeněné z předchozích let. Rostliny pěstované tak mohou být ohroženy negativními účinky vytrvalých plevelů, které mohou snížit výnos až o 90 % v závislosti na druhu a intenzitě výskytu. Plevelé pak zastíňují mladé rostliny, které zaostávají v růstu. Odčerpávají vodu a živiny a brání tak kulturním plodinám v růstu. Také komplikují sklizeň a zvyšují riziko poškození plodin při sklizni. Širokořádkové plodiny jsou specifické relativně pozdním zapojením porostu, jsou tedy zaplevelovány především plevele ze skupiny jednoletých, pozdně jarních plevelů.
- zvyšuje vlhkost a snižuje výpar: při používání mulče jako ochrany půdní vody záleží na materiálu využívaného mulče, protože evaporizace se po použití různých materiálů liší. Mulčování je vzhledem ke snižování zásob vody důležitou možností pro ekologické zemědělství. Snižuje odpařování vody, stékání, zlepšuje infiltraci a udržuje teplotu půdy a tím lze tak zamezit degradaci půdy, erozím a tím zlepšit udržitelnost půdy. V přírodě se zřídka vyskytuje holá půda, protože odumřelé části rostlin zůstávají na povrchu půdy a postupně se rozkládají. Díky zpracování půdy v zemědělství se

povrch odkrývá a v důsledku tohoto zpracování půda rychleji vysychá, hůře hospodaří s vodou a dochází ke snadnému zaplevelování.

Širokořádkové plodiny jsou obecně náchylné na vodní stres. Tyto rostliny mají velkou evapotranspirační plochu, tedy při růstu a vývoji potřebují velké množství vody. I přesto, že velká část širokořádkových rostlin je přizpůsobena sušším podmínkám, tak potřebují dostatečnou vláhu, aby mohly optimálně plodit. Při velkém vodním stresu mohou snížit výnos a kvalitu produktů.

Vodní stres může mít u širokořádkových plodin různé účinky, tyto účinky jsou závislé na intenzitě a době trvání sucha, klimatických podmínkách, fázi růstu rostliny a na jejím genotypu.

- omezuje vznik krusty – půdního škraloupu
- chrání před vytvářením drobtovité struktury půdy
- ochrana kořenů rostlin proti extrémním teplotám
- podporuje tvorbu jemného kořání rostlin v povrchové vrstvě ornice
- omezení eroze:

Pod pojmem eroze půdy se všeobecně rozumí především mechanické rozrušování půdy vodou a větrem, popř. jinými destrukčními činiteli – ledem, sněhem apod. při tomto rozrušování dochází i k transportu a sedimentaci uvolněných částic (Janeček a kol. 2002, 2004).

Vodní eroze se vyskytuje, když dešťové kapky a povrchový odtok rozruší zemský povrch. Sněhová eroze se od dešťové liší, protože kinetická energie sněhových srážek při dopadu na půdu je zanedbatelná a veškerá energie pochází pouze z odtékající vody. Větrná eroze vzniká rozrušením půdního povrchu mechanickou silou větru a odnášením rozrušených půdních částic větrem, což vede k poškození zemědělské půdy odnosem ornice, hnojiv a semen.

Půda vlivem eroze degraduje, a to má za následek snížení kvality a produkční schopnosti půdy. Dochází k nepříznivým změnám v koloběhu organické hmoty a dalších živin, dále ke změnám chemických, biologických a fyzikálních, jako je textura a struktura půdy.

- snížení počtu pojezdů
- snížení energie

Nevýhody (Janeček 2002):

- snížení teploty
- mírné zpoždování vegetace zjara vlivem pomalejšího prohřívání půdy
- zvýšení možnosti zaplevelení a potřeby herbicidů
- zvýšení množství škůdců a rozšíření chorob rostlin: mulče mohou být přirozeným prostředím pro živočichy, jako jsou například slimáci nebo hlodavci, kteří požírají rostliny
- potřeba výkonnějších traktorů a dražších bezorebných secích strojů
- předplodiny a podplodiny odčerpávají živiny a vláhu

3.3. Kompost

Kompost je nejstarší a nejpřirozenější prostředek ke zlepšování půdy. Používáním kompostu doplňujeme organickou hmotu v půdě. Kompost vzniká tlením materiálů vlivem mikroorganismů za určitých podmínek. K těmto podmínkám patří vlhkost či dostupnost vzduchu. Při nedostatečné vlhkosti se zastavuje činnost tlení, aktivita mikrobiontů se snižuje a vícečetné biochemické procesy jsou omezeny, při nadbytku vlhkosti se snižuje teplota a zpomaluje fyziologická činnost mikroorganismů, vlivem nedostatku vzduchu dochází k hnití, což je nežádoucí jev. Optimální vlhkost je v rozmezí 40-65 % a optimální teplota mezi 30-40°C (Hejátková a kol. 2007). Důležitou podmínkou je také teplota, při nízkých teplotách jsou vitální a reprodukční děje mikroorganismů omezené, zatímco při vysokých teplotách dochází k úhynu mikroorganismů (Hejátková a kol. 2007). Další podmínkou je vzduch, který je potřebný především v počáteční fázi tlení. Materiál má být zásobován kyslíkem během celého procesu tlení a proto je vhodné materiál promíchávat. Během promíchávání se také mísí suchý a vlhký, jemný a hrubý materiál. Podmínkou je také složení výchozího materiálu, čím je složení pestřejší, tím je výsledný kompost lepší. K lepšímu tlení napomáhá poměr uhlíku a dusíku. Pokud je v materiálu nadbytek dusíku, unikají živiny ve formě čpavku do vzduchu. Pokud je v materiálu nadbytek uhlíku, unikají do vzduchu živiny ve formě oxidu uhličitého.

Dle Kaliny (2005) je optimální poměr uhlíku a dusíku 20-30:1. Starší, dřevitější a tmavší materiál obsahuje více uhlíku, čerstvý, zelený obsahuje více dusíku. Při kompostování je vhodné přidávat půdu, která na sebe váže vlhkost a pak ji dále předává do okolí, půda obsahuje nezbytné organismy a tím se může usnadnit nastartování tlení. Pro činnost bakterií a hub je vhodné zakrývání kompostu prodyšným materiálem. Kompost se využívá jako organické hnojivo, které obsahuje organické látky a živiny, jako jsou P, K, Ca, Mg, stabilní humus a mikroorganismy, a má zásadité pH (Hejátková a kol. 2007). Kompost více napomáhá rozvoji edafonu a tím i větší úrodnosti půdy než jiná organická hnojiva, jelikož kompost napomáhá vytvářet půdu (Kalina 2005).

Ke kompostování v zemědělství se dají využít veškeré rostlinné odpady (drcené větve, listy, rostliny či jejich části) a biologické odpady (popel, podestýlka, hnůj, sláma, hobliny, piliny). Měli bychom se vyhnout materiálům, které by mohly kompost znehodnotit, jako jsou chemicky ošetřené materiály, popel z uhlí, časopisy, plasty a kovy. Pro vytvoření optimálního poměru C:N v kompostu (30:1) můžeme přidat materiály s vysokým obsahem uhlíku, větší kusy materiálů by měly být rozdrceny na menší kusy (Kollárová & Plíva 2008).

Kompostování je proces rozkladu těchto organických látek za přítomnosti vzduchu, cílem je rychle a hospodárně přeměnit organické látky na stabilní humusové látky. Kompostování je technologicky ovladatelné a umožňuje rychlejší a efektivnější získání humusu než je tomu v polních podmínkách (Kalina 2005).

Proces kompostování dle Kaliny (2005) lze rozdělit na tři fáze:

1. Primární rozklad: vyznačuje se intenzivním rozkladem lehce rozložitelných látek, jako jsou cukr, škrob a bílkoviny, při teplotě 20-50 °C, trvající 1 až 10 týdnů.

2. Sekundární rozklad: zahrnuje dozrávání a stabilizaci kompostu pomocí termofilních bakterií. V této fázi dochází k odbourávání těžce rozložitelných organických látek, jako je lignin a celulóza, a stabilizaci a produkci zralého kompostu, který je homogenní a bez zápachu.
3. Finalizace kompostu: dochází k zpracování kompostu. Potřebné funkce pro zpracování kompostu jsou například prosetí nadměrných částic, odstranění znečišťujících látek, druhotné drcení a oddělení materiálu, který se nerozložil.

Skládkování kompostu závisí na jeho použití, stupni vyzrálosti, stabilizaci, poptávce na trhu. Období skládkování je od 0 dnů po několik měsíců. Kompost je nutné překopávat jednou za 3-4 týdny a zajistit dostatečný přísun kyslíku. Při skládkování kompostu je důležitá ochrana před promáčením, znečištěním a pravidelný pohyb a provzdušnění kompostu (Hejátková a kol. 2007).

Výhody kompostování dle Kaliny (2005):

- až 100 % dusíku je organicky vázáno a nemůže se už ztratit,
- tvorba cenných humusových látek, které půdu oživují; to znamená, že zvyšují, respektive podporují nejen množství, ale i druhovou pestrost bakterií a hub,
- zničení všech hnilobných a jedovatých látek během velmi krátké doby,
- spolehlivé zničení většiny původců chorob,
- usmrcení většiny semen plevelů,
- inaktivace antibiotik a jiných přísad do krmiv,
- rozklad těžko rozpustných základních živin i stopových prvků (například surových fosfátů) a tím zabezpečení zásobování těmito živinami ve vyrovnaném poměru,
- tvorba přírodních antibiotik, které zčásti přijímají přímo rostliny a zvyšují odolnost proti škůdcům,
- kompost působí příznivě na životní prostředí, protože živiny, zejména dusičnany, se nevyplavují do podzemní vody.

Jako další výhody kompostu lze uvést snížení množství odpadu, který by bylo nutné odvést na skládku a s tím spojené náklady na jeho transport. Kompostování biologického odpadu představuje několik výhod, jako je sterilizace, stabilizace a redukce odpadních biomas (Chia a kol. 2022).

Nevýhody kompostování dle Kaliny (2005):

- vysoká pracnost
- ztráty dusíku ve formě plynného čpavku – kolem 20%

Jako nevýhodu lze uvést kvalitu a kontaminaci kompostu.

Kompost z chlévské mrvy

Kalina (2016) a Richter a kol. (2004) ve svém článku také zmiňují možnost ke kompostování využít i chlévskou mrvu, kde kompost z chlévské mrvy se vyrábí z organického materiálu, který pochází od krav, ovcí a drůbeže. Tento materiál je obohacen podestýlku ze slámy. Je-li mrva příliš suchá, musíme ji před kompostováním navlhčit. Při procesu kompostování, je zpracován pomocí mikroorganismů, které rozkládají organický materiál na živiny, které jsou potřebné pro růst rostlin. Kompost z chlévské mrvy má vysoký obsah živin, jako dusík, fosfor a draslík, které jsou nezbytné pro růst plodin. Tento druh kompostu by mohl výrazně zlepšit strukturu půdy, zvýšit její schopnost udržovat vlhkost a zlepšit vstřebávání živin rostlinami. Je však potřeba dodržovat správný postup při výrobě samotného kompostu, aby byl bezpečný pro použití. Materiál musí být dostatečně zpracován, aby neobsahoval žádné nebezpečné látky, jako pesticidy, antibiotika atd. Stejně tak může dojít při nesprávné manipulaci s materiálem k přenosu bakterií a virů na zemědělské plodiny.

V současnosti je předmětem diskuzí využití Johanson-Su bireaktor kompost, který je bohatý na houby a bakterie fixující dusík, udržovaný vlhkostí bez přehazování a Whitte-mc kompost.

3.3.1. Legislativní vymezení kompostu v ČR

Využití zdrojů organické hmoty v zemědělství podléhá zemědělské legislativě o využití organických hnojiv Zákon č. 156/1998 Sb., ale také takzvané odpadářské legislativě, což je Zákon č. 185/2001 Sb., o odpadech.

3.3.1.1. Zákon o hnojivech

Zákon č. 156/1998 Sb., zákon o hnojivech, pomocných půdních látkách, rostlinných biostimulantech a substrátech a o agrochemickém zkoušení zemědělských půd (zákon o hnojivech)

Dle § 2 se pro účely tohoto zákona rozumí:

- písm. a): *“hnojivem látka způsobí poskytnout účinné množství živin pro výživu kulturních rostlin a lesních dřevin, pro udržení nebo zlepšení půdní úrodnosti a pro příznivé ovlivnění výnosu či kvality produkce”.*
- písm. c): *“organickým hnojivem hnojivo, v němž jsou deklarované živiny obsaženy v organické formě”.*

Jelikož se mulčování u širokořádkových rostlin používá také za účelem oživení půdy a tím i jejímu hnojení, lze konstatovat, že kompost a sláma jako prostředek k procesu mulčování splňují definici organického hnojiva.

Dle § 3 odst. 1 Uvádění hnojiv do oběhu se smějí uvádět pouze hnojiva, která:

a) jsou registrována podle tohoto zákona nebo jim byl udělen souhlas, nebo byla ohlášena; to neplatí, pokud jde o statkové hnojivo (vznikající jako vedlejší produkt při chovu hospodářských zvířat nebo produkt při pěstování kulturních rostlin, není-li dále upravováno),

- o registraci hnojiva rozhoduje Ústřední kontrolní a zkušební ústav zemědělský na základě podané žádosti s uhrazením poplatku. Rozhodnutí o registraci je platné po dobu

5 let, registrace může být prodloužena o dalších 5 let. Registrované hnojivo je uvedeno v registru Ústředního kontrolního a zkušebního ústavu zemědělského, který je veřejně přístupný, a to i způsobem umožňující dálkový přístup.

- ohlášení se zasílá Ústřednímu kontrolnímu a zkušebnímu ústavu zemědělskému, a to před uvedením produktu do oběhu. Udělený souhlas s uvedením na trh je platný po dobu 5 let.

b) neohrožují úrodnost půdy ani zdraví lidí nebo zvířat,

c) nepoškozují životní prostředí,

d) splňují požadavky na jejich označování, balení a skladování, stanovené tímto zákonem,

e) nejsou znehodnocena.

Dle § 7 Označování a balení hnojiv, pomocných půdních látek, rostlinných biostimulantů a substrátů musí být hnojivo řádně označeno v českém jazyce a musí být trvale a přímo čitelné bez porušení obalu. Označení hnojiva nesmí být matoucí nebo naznačovat vlastnosti, které hnojivo nemá.

Dle § 9 Používání hnojiv, pomocných půdních látek, rostlinných biostimulantů, substrátů, upravených kalů a sedimentů produkty se nesmí používat, pokud jejich vlastnosti neumožňují rovnoměrné pokrytí pozemku, způsob použití nesouhlasí s údaji uvedenými v jejich označení, měly by být aplikovány na půdu, která je zaplavená, pokrytá sněhem, zmrzlá nebo nasycená vodou.

Zemědělci musí vést evidenci použitých hnojiv – tato povinnost se nevztahuje na evidenci vedlejších produktů při pěstování kulturních rostlin, s výjimkou slámy. Evidenci o výnosu hlavních a vedlejších produktů. Tuto evidenci uchovávají po dobu 7 let.

3.3.1.2. Zákon o odpadech

Zákon č. 185/2001 Sb., zákon o odpadech a o změně některých dalších zákonů.

§10a tohoto zákona:

Dle odst. 1 se pro účely této části zákona se rozumí:

- písm. a): *“komunitním kompostováním – systém sběru a shromažďování rostlinných zbytků z údržby zeleně a zahrad na území obce, jejich úprava a následné zpracování na zelený kompost,”*
- písm. b): *“zeleným kompostem – substrát vzniklý kompostováním rostlinných zbytků,”*
- písm. c): *“veřejnou zelení – parky, lesoparky, sportoviště, dětská hřiště a veřejně přístupné travnaté plochy v intravilánu obce.”*

Dle odst. 2: *“Obec může ve své samostatné působnosti, jako opatření pro předcházení vzniku odpadů, stanovit obecně závaznou vyhláškou obce systém komunitního kompostování a způsob využití zeleného kompostu k údržbě a obnově veřejné zeleně na území obce.”*

Dle odst. 3: *“Úprava a kompostování zelených zbytků musí být provozovány tak, aby nedošlo k narušení složek životního prostředí nad míru stanovenou zvláštními právními předpisy. Kompostovací proces musí být řízen tak, aby byl zajištěn aerobní mikrobiální rozklad organické hmoty bez vzniku zápachu a emisí metanu.”*

Dle odst. 4: *“Jiné využití zeleného kompostu, než je uvedeno v odstavci 2, je možné pouze za splnění podmínek stanovených zvláštními právními předpisy”* (s odkazem na např. Zákon č. 156/1998 Sb., o hnojivech, pomocných půdních látkách, pomocných rostlinných přípravcích a substrátech a o agrochemickém zkoušení zemědělských půd (zákon o hnojivech), ve znění pozdějších předpisů, vyhláška č. 474/2000 Sb., o stanovení požadavků na hnojiva, ve znění pozdějších předpisů.)

Z výše uvedeného vyplývá, že by v budoucnu bylo možné v rámci legislativy využívat kompostu v zemědělství, a to ve spolupráci s obcemi.

3.3.1.3. Legislativní vymezení kompostu při použití v ekologickém zemědělství

Všechny externí vstupy do EZ jsou limitovány tzv. pozitivními seznamy účinných látek, materiálů a složek, uvedených v Přílohách I. – IX. Nařízení Komise (ES) č. 889/2008 a ekologický zemědělec se jimi musí řídit.

Dle NAŘÍZENÍ KOMISE (ES) č. 889/2008, kterým se stanoví prováděcí pravidla k nařízení Rady (ES) č. 834/2007 o ekologické produkci a označování ekologických produktů, pokud jde o ekologickou produkci, označování a kontrol je maximální povolená koncentrace limitních hodnot vybraných rizikových prvků v kompostu v mg/kg sušiny: kadmium: 0,7; měď: 70; nikl: 25; olovo: 45; zinek: 200; rtuť: 0,4; chrom (celkově): 70; chrom (VI): 0.

Na ekofarmě lze použít nakoupená organická hnojiva, která splňují certifikaci do EZ (dohledatelné v databázi hnojiv ÚKZÚZ) nebo je možné použít organická hnojiva (chlévký hnůj, sušený chlévký hnůj a dehydrovaný drůbeží trus, kompostované živočišné výkaly, včetně drůbežího trusu a kompostovaného chlévského hnoje) z konvenčních chovů, za podmínky, že pocházejí z malochovů. Protože NR (ES) č. 834/2007 ani Příloha I Nařízení Komise (ES) č. 889/2008 nedefinuje velkochov, byl MZe pro tyto potřeby definován „Intenzivní chov“ a tím je podnik, který splňuje alespoň jedno z těchto kritérií:

- 1) chová více jak 150 VDJ a zároveň má zatížení zemědělské půdy hospodářskými zvířaty vyšší než 3,0 VDJ/ha,
- 2) chová v podniku více než
 - a) 40 000 kusů drůbeže, nebo
 - b) 2 000 kusů prasat ve výkrmu (nad 30 kg), nebo
 - c) 750 kusů prasnic;
- 3) používá klecové technologie nebo více než polovina podlahové plochy sestává z roštové podlahy nebo mřížové konstrukce.

3.3.2. Faktory ovlivňující kvalitu kompostu

Pro vytvoření kvalitního kompostu je důležité použít snadno rozkladatelné organické zbytky, jako jsou rostlinné zbytky, kávové a čajové zbytky, novinový papír, mléčné produkty a posekaná tráva. Naopak bychom měli vyhnout se materiálům, které by mohly znehodnotit kompost, jako jsou chemicky ošetřené materiály, popel z uhlí, časopisy, plasty a kovy. Pro vytvoření optimálního poměru C:N v kompostu (30:1) můžeme přidat materiály s vysokým obsahem uhlíku, jako je drcená stromová kůra, řezaná sláma obilnin nebo dřevní štěpka z průřezu při údržbě dřevin. Kompost by měl být pravidelně promícháván, aby byl zajištěn dostatečný přístup kyslíku a větší kusy materiálů by měly být rozdrceny na menší kusy (Kollárová & Plíva 2008; Richter a kol. 2004).

3.3.3. Technologie kompostování

Požadavky na kompostování specifikuje česká norma ČSN 46 5735 z listopadu 2020 a upravuje požadavky na kvalitu kompostu.

Surovinová skladba by měla splňovat podmínky:

- 40 % - 65 % obsah vody
- struktura 30 % - 40 % velikost pórů
- obsah organické hmoty

Prvním krokem pro kompostování je zakládka. Doba zakládání zakládky se nezapočítává do kompostovacího procesu. Ten začíná po provedení homogenizace vstupních surovin. Po vytvoření zakládky jednorázově nebo průběžně je homogenizovaná směs zformovaná do hromad ve stejném termínu, v době max. 7 dnů. Vzhledem ke stejnému termínu je směs optimalizovaná z hlediska poměru uhlíku a dusíku.

Pro řádný průběh kompostování je nutný vhodný systém provzdušňování, zvlhčování, měření teploty, vlhkosti a kyslíku. Hygienizace je fyzikální, chemický nebo biologický proces zajišťující zdravotní nezávadnost výsledného procesu a probíhá v termofilní fázi. V této fázi musí být vhodně zajištěno provzdušňování, závlaha, teplotní podmínky a vlhkost 40 % - 65 %. Při dozrávání se teplota stabilizuje pod 40 °C. Musí být zabráněno kontaminacím zavlečením semen nebo kontaktu s nehygienizovanou surovinou. Během kompostovacího procesu se přemění vstupní suroviny na stabilní produkt, který má vykazovat drobtovitou strukturu, hnědočernou barvu, neměl by vykazovat pachy (Poincelot & Koide 2019).

Teplotní režim během kompostovacího procesu:

- ≥ 70 °C: souvisle po dobu min. 3 dny
- ≥ 65 °C: souvisle po dobu min. 5 dní
- ≥ 60 °C: souvisle po dobu min. 7 dní
- ≥ 55 °C: souvisle po dobu min. 14 dní

Komposty musí splňovat požadavky na kvalitu vzhledem ke způsobu jejich využití.

Parametry, které jsou v souladu s platnými právními předpisy:

1. Tab. Limitní hodnoty pro povinné kvalitativní parametry kompostu pro použití na zemědělské půdě

Parametr	Jednotka	Hodnota
Vlhkost	% hm.	30–65
Spalitelné látky	% hm. v sušině	min. 20
Celkový dusík	% hm. v sušině	min. 0,6
Poměr C:N	max.	30
pH	-	6-9
Nerozložitelné příměsi > 20 mm	% hm. ve vzorku	< 3,0
Nežádoucí příměsi > 5 mm	% hm. ve vzorku	< 0,5
Klíčivá semena v 1litru kompostu	ks	≤ 3

2. Tab. Limitní hodnoty vybraných rizikových prvků v kompostu pro použití na zemědělské půdě

Parametr	Nejvyšší přípustné množství (mg/kg sušiny)
As	30
Cd	2
Cr	100
Cu	150
Hg	1
Ni	50
Pb	100
Zn	600

Dle normy ČSN 46 5735 (2020) o kompostování jsou jednotlivé způsoby kompostování a jejich využití popsány takto:

3.3.3.1. Kompostování na volné ploše

Nejjednodušší a nejvíce používaná technologie kompostování. Umožňuje zajištění průběhu kompostování za optimálních podmínek tím, že do kompostování lze průběžně zasahovat, např. úprava vlhkosti. Tato technologie podléhá povětrnostním podmínkám. Kompostování lze provádět v pásových nebo plošných hromadách o výšce 1 - 3,5 m. Vzdušný kyslík je zajišťován překopávkami hromad nebo pomocí ventilátorů. Tato technologie kompostování umožňuje mechanizaci, např. překopávač kompostu připojitelný, nesený, tažený, popř. samojízdný nebo rozmetadlo hnoje, čelní nakladač.

- Hygienizace v termofilní fázi - cca 30 dnů
- Fáze dozrávání - cca 60 - 180 dnů

3.3.3.2. Kompostování v polouzavřeném zařízení

Tato zařízení bývají nejčastěji konstruována jako:

- žlab různých rozměrů – který má různé rozměry, může být otevřený nebo zastřešený, průjezdný v celé ose nebo neprůjezdný;
- otevřený box různých rozměrů – který má různé rozměry, je otevřený z čelní strany, je většinou neprůjezdný, je zastřešený nebo zakrytý speciální textilií,
- kompostovací hala – je zastřešená s vodohospodářsky zajištěnou podlahou, na které je umístěna kompostovací technologie (jako volná plocha s překopávačem kompostu nebo s nuceným provzdušňováním, otevřený box).

Provzdušňujeme překopávačem kompostu, nebo nuceně provzdušňujeme ventilátory, které vhánějí vzduch přes rošty nebo kanály v podlaze. Technologie může být vybavena i zpětným procesem provzdušňování, které snižuje emise amoniaku na začátku procesu kompostování. Nevýhodou je závislost na elektrické energii.

- Hygienizace - cca 7 - 21 dnů, probíhá intenzivní rozklad
- Fáze dozrávání - cca 60 - 180 dnů

3.3.3.3. Kompostování v uzavřeném zařízení a vaku

Kompostování ve vaku

Lze označit za kompostování na volné ploše v pásových hromadách, kdy jsou suroviny uzavřeny do PE-vaku. Do průběhu kompostování nelze významně zasahovat. Vaky musíme provzdušňovat ventilátory, které vhánějí vzduch pomocí perforovaných provzdušňovací PE-hadic, které jsou umístěny do vaků současně se surovinami. Nevýhodou této technologie je závislost na elektrické energii (ventilátory) a nutnost odstraňování použitých vaků.

- Hygienizace v termofilní fázi v uzavřených vacích - cca 40 - 60 dnů
- Fáze dozrávání na dozrávací ploše - cca 60 - 180 dnů.

Kompostování v uzavřeném zařízení

Je možné řídit přísun vzdušného kyslíku a obsah kyslíku a to nezávisle na lidském faktoru, dochází tak ke zvýšení intenzity průběhu hygienizace. Zařízení bývá různé konstrukce z různého materiálu, které lze tepelně izolovat. Boxy (kontejnery) mohou být stabilní nebo mobilní. Pro vzdušujeme nuceně ventilátory, které vhánějí vzduch přes rošty nebo kanály v podlaze. Technologie může být vybavena i zpětným procesem provzdušňování, které snižuje emise amoniaku na začátku procesu kompostování. Nevýhodou je závislost na elektrické energii. Uzavřený systém je schopný kompletně redukovat emise (biofiltr).

- Hygienizace v termofilní fázi - několik dnů dle tepelného režimu
- Fáze dozrávání - cca 60 - 180 dnů

3.3.3.4. Vermikompostování

Pro vermikomposty specifikuje požadavky česká technická norma ČSN 46 5736 (2018), která platí pro obecné principy výroby, zkoušení, značení a dodávání vermikompostů vyráběných pomocí žížal technologií vermikompostování a používaných jako organické hnojivo.

Žížaly jsou schopné rozložit organický materiál, jako jsou zbytky rostlin, listí atd., na humusovou hmotu, která obsahuje vysoké množství živin, Proces přeměny organického materiálu probíhá díky trávicím enzymům, které se vylučují při průchodu potravy žížal. Je to biooxidační a stabilizační proces, který využívá interakce mikroorganismů a žížal, který nezahrnuje fázi rozkladu s vysokou teplotou hmoty. Žížaly se v kompostu také rozmnožují a mohou být takto transferovány na pole a obohatit jeho edafon.

Vermikompost se nyní často používá jako hnojivo a zlepšovač půdy, protože obsahuje vyšší koncentrace mikroorganismů, živin a stopových prvků než tradiční kompost. Vermikompostéry ve kterých se vermikompost vyrábí, jsou oblíbené zejména na zahradách a menších pozemcích, v zemědělských podnicích zatím nemají uplatnění.

Zpracování bioodpadu žížalami je definováno mj. Vyhláškou č. 474/2000 Sb., Vyhláška Ministerstva zemědělství o stanovení požadavků na hnojiva, příloha č. 3 Typy hnojiv, pomocných půdních látek a substrátů čl. 5 Organická hnojiva je seznam povolených surovin ve vermikompostu: statková hnojiva, seno, sláma, tráva, listí, ovoce, zelenina, matolína, ovocné výlisky, rostlinná biomasa, štěpka, piliny a hobliny z chemicky neošetřeného dřeva, použitý kokosový a rašelinový substrát bez obsahu zeminy, cukrovarnické řízky, separát digestátu odpovídající typu tuhého digestátu.

Pro vermikompostování se používají především povrchové druhy žížal, jako je žížala kalifornská (*Eisenia andrei*) nebo žížala hnojní (*Eisenia foetida*).

Pro lepší rozklad surovin se používá **předkompostování**. Používá se především v případech, kdy jsou vstupní suroviny kontaminovány patogenními mikroorganismy.

3.3.4. Požadavky na mulčovací kompost v zahraničí

V mnoha zemích existují zákony zabývající se kompostováním a využití kompostu v zemědělství. Tato legislativa není světově jednotná, liší se v jednotlivých zemích vzhledem ke specifickým potřebám dané země. Postupy jak aplikovat kompost na půdu je např. ve Finsku, Švédsku, Nizozemsku, Dánsku, Německu, Francii, Švýcarsku, Rakousku, Belgii, Itálii, Španělsku, Portugalsku a dalších.

Kompostování a mulčování kompostem je prakticky využíváno na celém světě. Používání kompostu jako mulče však závisí na konkrétních podmínkách v konkrétní zemi, těmito podmínkami mohou být například dostupnost kompostu a jeho cena v porovnání s jinými materiály na mulčování. V oblastech, kde se kompost vyrábí v dostatečném množství za dostupnou cenu je jeho mulčování běžnou záležitostí, tak tomu je např. ve Spojených státech amerických. Také evropské státy tuto technologii často využívají ve svém zemědělství a zahradnictví, např. Německo, Rakousko a Švýcarsko.

V Německu, podobně jako i v Británii a Austrálii, je kladen velký důraz na užívání takového kompostu, který je pro půdu bezpečný a nehrozí kontaminace pěstovaných plodin v důsledku špatného zpracování (výroby) kompostu. Právní ustanovení jsou tady základem pro práci s kompostem a jsou založené v Zákoně o hnojivech, ve Vyhlášce o recyklaci organického odpadu na půdě využívané v zemědělství, lesnictví a zahradnictví, ve Vyhlášce o užívání hnojiv, půdních přísad, pěstitelských substrátech a rostlinných přísad dle zásad správné odborné praxe při hnojení a ve Vyhlášce o uvedení hnojiv, půdních přísad, pěstitelských substrátech a rostlinných přísad na trh. Kvalitu kompostů a kompostáren zde sleduje a zaručuje Federální asociace kvality pro kompost (BGK), která provádí postup uznání za účelem udělení značky kvality, která trvá obvykle 1 rok.

Žadatel je na základě požadavků BGK (2023) povinen dodržovat zásady a předložit dokumenty prokazující:

- Kmenová data výrobního závodu
- Manažerem kvality vykonána zkouška prvotního posouzení závodu formou protokolu kvality
- Prokázání účinné metody používané k dezinfekci
- Výsledky testů z laboratoře zkoumající produkt.

Důkaz o sanitační účinnosti použitého procesu čištění je poskytován pomocí procesního testování v souladu se specifikacemi vyhlášky o bioodpadech (BioAbfV). Výjimky jsou možné pro malé závody se schválenou kapacitou závodu do 3000 tun. Žádost o zajištění kvality a dostupné důkazy kontroluje Federální výbor pro kvalitu (BGA). Pokud je test pozitivní, BGA uděluje žadateli právo používat značku kvality a vydává odpovídající certifikát o udělení.

Proces pokračuje dále sledováním kvality, které probíhá každý rok. Žadatel se podrobuje v průběhu kalendářního roku dalším kontrolám výrobku pověřenou laboratoří, která sděluje

výsledky přímo BGK. Každé 2 roky se musí podrobit také kontrole závodu protokolem kvality (BGK 2023).

Kromě toho budou z novelizované vyhlášky o hnojivech do BioAbfV (Vyhláška o recyklaci organického odpadu na půdě využívané v zemědělství, lesnictví a zahradnictví) převzaty zpřísněné limitní hodnoty pro plasty a jiné cizorodé látky v hotových kompostech a dalších materiálech obsahujících bioodpad. Nový požadavek na minimalizaci škodlivin a cizorodých látek má vést k dalšímu snižování plastů v odděleném sběru organického odpadu (BMUV 2022).

Změny BioAbfV vstoupí v platnost postupně takto:

- dne 1. května 2023 (obecný vstup v platnost),
- dne 1. listopadu 2023 (nová příloha 5 požadavků na označování biologicky rozložitelných plastových sběrných tašek z odděleného sběru organického odpadu) a
- dne 1. května 2025 (nový odst. 2a – požadavky na odstraňování cizorodých látek) (BMUV 2022).

V Austrálii existuje dobrovolný standard pro komposty, půdní kondicionéry a mulče, australský standard AS4454-2012 Komposty, půdní kondicionéry a mulče. Tento standard přijímá hranice kontaminace pro produkty odvozené z organických odpadů, kompostovatelných organických materiálů, které jsou aktuálně federální nebo v jednotlivých státech. Standard byl vyvinut pro hodnocení kvality kompostu vyráběného z oddělených zelených odpadů a pro neomezené použití, jako jsou domácí a rezidenční použití. Kromě toho je jakýkoliv materiál smíchaný nebo vyrobený s organickými pevnými látkami regulován podle Environmentálních směrnic (EPA 2019). Zatímco Směrnice pro organické pevné látky umožňuje nejčistší produkty organického původu (vhodné pro "Neomezené použití") používat bez jakýchkoli podmínek, produkty obsahující vyšší koncentrace chemických kontaminantů (vhodné pro "Omezené použití 1, 2 nebo 3") mají na své aplikaci na půdu přísné podmínky týkající se umístění, metody a míry a jsou povoleny pouze v ne-domácích použitích, jako jsou zemědělství, lesnictví a environmentální rehabilitace (Standards Australia 2012).

Ve Velké Británii lze, dle směrnic pro kompost (Environment agency 2012), použít kvalitní kompost v zemědělství a půdním zahradnictví jako půdní přídavek nebo mulč, pokud je použit takovým způsobem, že:

- nepředstavuje riziko pro životní prostředí;
- a jeho použití neohrožuje budoucí udržitelné využívání půdy, na kterou je aplikován.

Aby mohl být kompost kvalitní, jsou zavedeny standardy hlídající jeho složení a působení na životní prostředí. Výrobce takového kompostu podstupuje certifikaci potřebnou k prodeji kompostu vhodného na další využití a k mulčování (Environment agency 2012).

Aby byly vstupní materiály přijaty podle tohoto protokolu kvality, musí:

- být biologicky odbouratelné materiály, které byly shromážděny odděleně od biologicky nerozložitelných a které nebyly smíchány, kombinovány nebo kontaminovány jiné potenciálně znečišťující odpady, produkty nebo materiály; a
- být popsán 6místným kódem odpadu v tabulce B1, který splňuje všechny další specifikované požadavky.

Ve Velké Británii (dále jen VB) kontroluje certifikace a uděluje je na pravidelné bázi Asociace kompostování. Tato certifikace je platná a udělována pouze v VB pro třetí strany a běží v souladu s BSI PAS 100 standardy. V rámci procesu certifikace je důležitý fakt, že probíhají roční kontroly výrobců těchto kvalitních kompostů (CIWM 2023).

Kvalita zpracovaných organických látek dodávaných na trh je problémem životního prostředí. Kontaminované organické látky používané jako komposty, půdní kondicionéry nebo mulče mohou potenciálně vést ke znečištění povrchových vod, půdy a podzemních vod a šíření patogenů, škůdců a chorob. Ty zase mohou představovat zdravotní rizika prostřednictvím potravinového řetězce (Standards Australia 2012).

Následující odstavce stručně popisují hlavní třídy kontaminantů, se kterými je třeba nakládat, aby se předešlo negativním dopadům na přijetí a udržitelnost kompostu na trhu.

Chemické kontaminanty

Toxické organické chemikálie a sloučeniny kovů přítomné v kompostovaných organických látkách mohou mít následující vlastnosti a negativní účinky:

- organické chemikálie se během zpracování nemusí rozkládat, a jsou proto koncentrovány ve finálních produktech (např. perzistentní organochlorové pesticidy jako DDT);
- kov a jeho sloučeniny (jako jsou kadmium, chrom, měď, rtuť, olovo, nikl a zinek), které mají tendenci se hromadit, mohou mít krátkodobé a dlouhodobé toxické účinky na organismy v životním prostředí;
- kontaminace půdy sloučeninami těžkých kovů může vyžadovat náklady sanace nebo dokonce vyžadovat uskladnění nepoddajně kontaminované půdy;
- mohou vzniknout významná zdravotní rizika, pokud jsou kontaminované komposty aplikovány na zemědělskou a obytnou půdu a pokud se tyto chemikálie dostanou do potravního řetězce;
- přítomnost kontaminantů může ohrozit domácí zvířata, volně žijící zvířata, rostliny a další živé organismy a může mít vážné ekologické důsledky.

Nadměrné množství kontaminantů, patogenů, škůdců nebo toxinů v organických produktech zhorší kvalitu a hodnotu organických látek. Kontaminanty mohou například omezovat nebo bránit užitečnosti organických produktů a omezovat přijímání kompostovaných organických látek na trhu (Lantz & Venters 2002).

Fyzické kontaminanty

Historicky fyzické kontaminanty, jako jsou drcené plasty a rozbité sklo, představovaly problémy s kvalitou finálních produktů zpracovaných ze směsného zbytkového odpadu (Tognetti a kol. 2007; Lantz & Venters 2002). Přestože je k dispozici mnoho technik pro odstranění kontaminantů (buď na začátku nebo na konci kompostovacího procesu), nelze zajistit úplné odstranění (Tognetti a kol. 2007; Satkofsky 2001).

Německý zákon o zapravování organického odpadu vychází z principu ochrany životního prostředí a snahy minimalizovat množství produkovaného odpadu. Kompostování organického odpadu je efektivním způsobem jeho využití a snižuje se tak množství odpadu, který by jinak končil na skládkách. Sláma má mnoho výhod pro půdu a rostliny, například dodává organickou hmotu, zlepšuje strukturu půdy a pomáhá udržovat vlhkost, a proto mnoho zemědělců v Německu kombinuje kompostování s mulčováním slámou, aby získali výhody obou metod. Mulčování slámou navíc může pomoci snížit erozi půdy a vytváření pylů, což je výhodné pro okolní přírodu (BGK 2023).

Ve Švýcarsku a Rakousku se mulčování kompostem provádí jako alternativní způsob využití, ale zároveň je podporováno zapravování kompostu do země. Kompostování se v těchto zemích považuje za udržitelný způsob nakládání s organickými odpady a způsob zlepšení kvality půdy. Zákonodárci na jedné straně usilují o snížení množství odpadu, ale na straně druhé zároveň podporují jeho využití pro obnovu půdních vlastností.

4. Závěr

Po důkladné analýze dostupného materiálu a literatury zaměřující se na možné přínosy využití slámy a kompostu jako mulčovacích materiálů, je možné vyspecifikovat takřka shodné pohledy na mulčovací praktiky a jejich využití v praxi. Toto se dá pozorovat u různých mulčovacích materiálů, které se používají pro jejich pozitivní účinek na půdní organickou hmotu. Tyto změny půdy následně přímo ovlivňují pěstované plodiny, nakolik změny v půdě mohou být zaznamenány na několika úrovních. Dále se dá s jistotou říct, že i mulčování kompostem se začíná objevovat mezi důležitými způsoby mulčování a přísunu organické hmoty. Opravdu kvalitní kompost se ukazuje jako validní možnost pro obohacení půdy, zlepšení jejich fyzikálně-chemických vlastností a edafonu půdy, proto již sledujeme legislativní vymezení a výjimky pro využití kompostu, nejen jako hnojiva, ale i jako mulčovacího materiálu. Zásadní je sledovat kvalitu tohoto kompostu, a to docílením harmonie mezi pravidly a zájmem zemědělců o bezzávadné, ekologické řešení obnovy půdy.

Z literární rešerše vyplývá, že mulčování širokořádkových plodin skýtá mnoho výhod. Má svůj podíl na ochraně proti erozi, škůdcům a pomáhá zlepšovat kvalitu půdy. Využití slámy jako mulče je tradiční již mnoho let a je to osvědčený způsob mulčování. Z práce také vyplývá, že mulčování organickým kompostem může plodinám pěstovaným na poli, účinně zvýšit obsah vody a zlepšit schopnost půdy udržovat vodu. Díky tomu plodinám poskytuje půda dostatek živin. Nigussie a kol. (2019) poukazují zároveň, jak různé mikroelementy v kompostu, dusík fosfor a draslík, zvyšují obsah živin v půdě a přispívají životnímu prostředí.

Při mulčování kompostem řešíme také otázku ekonomickou (odpadají náklady na zapravení), tak i zvýšení kvality aplikačních strojů (s možností variabilní či přesné aplikace na povrch), ale i ekologickou (přísnějším procesem a kontrolou kompostování jsou emise nižší). Negativa však shledávám jako zanedbatelné, protože by tento postup mohl být dalším z mnoha, který povede k ekologické produkci a odklonu od tradičního konvenčního zemědělství a nakládání s odpady.

Současný stav je takový, že veřejnost a mnoho zemědělců zná mulčování zejména ve spojení pouze se slámou, avšak o mulčování kompostem příliš zatím neuvažují. Toto téma je velice aktuální a v mnoha státech teprve zkoumanou a ověřovanou možností. Jedná se totiž o další způsob jak nakládat s biologickým odpadem, čím lze dále snižovat ekologickou stopu naší společnosti. Proto byly v této práci shrnuty základní poznatky těchto principů pro veřejnost a zemědělce, ke kterým se tyto informace hůře dostávají a nejsou v tomto záběru všeobecně známé.

5. Seznam použité literatury

Agrotex EKO+. 2023. Geomall.cz [online]. GEOMAT s.r.o. Available from: <https://www.geomall.cz/rozlozitelna-ekotextilie-ze-100-biomasy-s-prirodnimi-vlakny-agrotex-eko-157-g-m-2-1-25-m-25-m-2> (accessed 04/2023).

Al-Shammary AA G, Kouzani AZ, Kaynak A, Khoo SY, Norton M, Gates W. 2018. Soil bulk density estimation methods: A review. *Pedosphere*, 28(4), s. 581-596. DOI:[10.1016/S1002-0160\(18\)60034-7](https://doi.org/10.1016/S1002-0160(18)60034-7)

Badalíková B, Bartolová J. 2014. Effect of various compost doses on the soil in filtration capacity. *Acta Univ. Agric. Silvic. Mendelianae Brun.*, s. 849-858. ISSN 12118516.

Badalíková B, Novotná J, Pospíšilová L. 2016. Vliv zapravení organické hmoty na půdní vlastnosti a snížení vodní eroze. Uplatněná certifikovaná metodika 33/2016, 42 s. ISBN 9788088000105.

Bedrna Z. 2002. *Environmentálne pôdoznanectvo*. Bratislava: Veda. 352 s. ISBN 8022406600.

Bičík I, Cibulka J. 2009. *Půda v České republice*. Editoři Hauptman, I., Kukul, Z., Pošmourný, K. Praha: Pro Ministerstvo životního prostředí a Ministerstvo zemědělství vydal Consult. ISBN 80-903482-4-6.

BMUV 2022. Verordnung zur Änderung abfallrechtlicher Verordnungen - BMUV-Gesetze und verordnungen, bmuv.de. [online] Available from: <https://www.bmuv.de/gesetz/verordnung-zur-aenderung-abfallrechtlicher-verordnungen> (accessed 03/2023).

Briassoulis D. 2006. Mechanical behaviour of biodegradable agricultural films under real field conditions. *Polymer Degradation and Stability*. Volume 91, Issue 6, s. 1256-1272. ISSN 0141-3910. <https://doi.org/10.1016/j.polymdegradstab.2005.09.016>.

Brtnický M a kol. 2015. *Půdoznanství v kostce*. Mendelova univerzita v Brně. 80 s. ISBN 9788075092830.

Carlson Ch. 2001. Mulčování (část I). *ZAHRADA-PARK-KRAJINA* 6/2002. s. 5 - 6. Z originálu publikovaného v ISA Arborist News. přeložil: David Hora.

Černý J, Balík J, Kulhánek M, Sedlář O. 2019. Organická hmota v půdě, její obsah, složky a význam. [agromanual.cz](https://www.agromanual.cz) [online]. Available from: <https://www.agromanual.cz/cz/clanky/vyziva-a-stimulace/hnojeni/organicka-hmota-v-pude-jeji-obsah-slozky-a-vyznam> (accessed 03/2023).

Chia WY, Chew KW, Cheng FL, Chelsea Siew CC, Mae See LO, Pau LS. 2022. Utilization of aerobic compression composting technology on raw mushroom waste for bioenergy pellets production. *Processes*, 10(3). s. 463. DOI: <https://doi.org/10.3390/pr10030463>

ČSN 46 5736. 2018. Vermikomposty. Česká agentura pro standardizaci, Praha.

ČSN 46 5735. 2020. Kompostování. Česká agentura pro standardizaci, Praha.

Chartered Institution of Wastes Management 2023. PAS 100 [online]. Available from: <https://www.ciwm.co.uk/ciwm/knowledge/pas100.aspx> (accessed 03/2023).

Demo M, Bielek P. 2000. Regulačné technológie v produkčnom procese poľnohospodárskych plodín. Slovenská poľnohospodárska univerzita. Bratislava. 648 s. ISBN: 80-7137-732-5.

Doring T, Brandt M, Hes J, Finckh M, Saucke H. 2004. Effect of straw mulch on soil nitrate dynamics, weeds, yield and soil erosion in organically grown potatoes. Field crops research. 94. s. 238-249.

Dvořák P, Tomášek J, Hamouz K, Kuchtová P. 2011. Effect of mulching materials on the soil temperature, soil water potential, number and weight tubers of organic potatoes. In: 3rd Scientific Conference - New findings in organic farming research and their possible use for Central and Eastern Europe. Praha. Olomouc: Bioinstitut. s. 53-57. ISBN: 978-80-87371-12-1.

Dvořák P, Tomášek J. 2013. Využití systému povrchového mulčování u brambor. Sborník ze semináře: Výzkum a zkušenosti- pěstování rostlin v ekologickém zemědělství. Česká zemědělská univerzita v Praze. Praha. 57 s. ISBN: 978-80-213-2385-8.

Dvořák P, Tomášek J, Hamouz K, Mičák L. 2013a. Začlenění systému povrchového mulčování do technologie pěstování brambor, Certifikovaná metodika. Česká zemědělská univerzita v Praze. Praha. 32 s. ISBN: 978-80-213-2389-6.

Eickenscheidt T, Heinichen J, Drosler, M. 2015. The greenhouse gas balance of a drained fen peatland is mainly controlled by land-use rather than soil organic carbon content. Biogeosciences [online]. 12(17), s. 5161-5184 ISSN 1726-4189. DOI:10.5194/bg-12-5161-2015 (accessed 03/2023).

Ekocover.cz 2023. Co je EkoCover? [online]. VUC Services spol. s.r.o. Available from: <http://www.ekocover.cz/cz/vyroby/f-a-q/> (accessed 03/2023).

Environment Agency 2012. Compost: End of waste criteria for the production and use of quality compost from source-segregated biodegradable waste. United Kingdom.

Environment protection authority 2016. Guidance on the resource recovery order and exemption for mulch. Australia. ISBN 978-1-76039-423-3. Available from: <https://www.epa.nsw.gov.au/-/media/epa/corporate-site/resources/wasteregulation/guidance-resource-recovery-order-and-mulch-exemption-20160420.pdf?la=en&hash=58A4D113710FBED5718D71102DACEA74EADC24D1> (accessed 03/2023).

Environment Protection Authority 2019. Compost Guideline. Australia. ISBN 978-1-921125-45-4. Available from: https://www.epa.sa.gov.au/files/7687_guide_compost.pdf (accessed 04/2023).

European Committee for Standardization (CEN) 2018. Fertilizers and soil conditioners – Compost – Part 1: Specifications. Brussels, Belgium.

Farzi R, Gholami M, Baninasab B, Gheysari M. 2017. Evaluation of different mulch materials for reducing soil surface evaporation in semi-arid region. *Soil Use and Management*. 33(1), s. 120-128. ISSN 1475-2743. DOI: <https://doi.org/10.1111/sum.12325>

Federální asociace kvality pro kompost - BGK 2023. Proces zajišťování kvality [online]. Německo. Available from: <https://www.kompost.de/guetesicherung/guetesicherung-kompost/ablauf-der-guetesicherung> (accessed 04/2023).

Flowerdew B. 2010. *Composting*. Kyle Cathie. ISBN 9781856269308.

Gryndler M. 2004. *Mykorhizní symbióza: o soužití hub s kořeny rostlin*. Praha: Academia. ISBN 8020012400.

Hablot E, Dharmalingam S, Hayes DG, Wadsworth LC, Blazy C, Narayan R. 2014. Effect of simulated weathering on physicochemical properties and inherent biodegradation of PLA/PHA nonwoven mulches. *J. Polym. Environ.* s. 417–429.

Hatfield JL, Stewart BA. 1994. *Soil biology: effects on soil quality*. Boca Raton: Lewis Publishers. ISBN 0873719271.

Haynes RJ. 2005. Labile Organic Matter Fractions as Central Components of the Quality of Agricultural Soils: An Overview. *Advances in Agronomy*, 85, s. 221-268. [http://dx.doi.org/10.1016/s0065-2113\(04\)85005-3](http://dx.doi.org/10.1016/s0065-2113(04)85005-3)

Hejátková K a kol. 2007. *Kompostování přebytečné travní biomasy – metodická pomůcka*. Náměšť nad Oslavou. 74 s.

Hejný S. 1996. Edafon. In: *Zahradnický slovník naučný. 2 H–Č*. Praha: ÚZPI, 182 s. ISBN 80-85120-51-8.

Hradil R. 2000. *Česká biozahrada*. Olomouc: Fontána. ISBN 80-86179-46-x.

Hůla J, Abrham Z, Bauer F. 1997. *Zpracování půdy*. Praha: Brázda, 1997. 140 s. ISBN 80-209-0265-1.

Hůla J, Procházková B. 2008. *Minimalizace zpracování půdy*. Praha: Profi Press. 246 s. ISBN 9788086726281.

International Society of Arboriculture 2005. In: Treesaregood.com [online]. Available from: <https://web.archive.org/web/20070816220557/http://www.treesaregood.com/treecare/mulching.aspx> (accessed 02/2023).

Janeček M a kol. 2002 a 2004. *Ochrana zemědělské půdy před erozí*. Praha ISV nakladatelství. 201 s. ISBN 85866-85-8 a ISBN 80-86642-38-0.

Janeček M a kol. 2008. *Základy erodologie*. Česká zemědělská univerzita v Praze. Fakulta životního prostředí. 164 s. ISBN 978-80-213-1842-7.

Janeček M a kol. 2012. *Ochrana zemědělské půdy před erozí*. Česká zemědělská univerzita v Praze. Fakulta životního prostředí. 113 s. ISBN 978-80-87415-42-9.

Kalina M. 2004. *Kompostování a péče o půdu*. 2. upravené vydání. Grada Publishing, a.s. 116 s. ISBN 80-247-0907-4.

Kalina M. 2005. *Hnojení v zahradě*. 2. aktualiz. vyd. Praha: Grada. Česká zahrada. ISBN 80-247-1275-x.

Kalina M. 2016. *Hnojení půdy a kompostování v zahradě*. Praha: Grada Publishing. Česká zahrada. ISBN 978-80-247-5848-0.

Kollárová M, Plíva P. 2008. Kompostování zbytkové biomasy z údržby trvalých travních porostů. Biom.cz [online]. ISSN 1801-2655. Available from: <https://biom.cz/cz/odborne-clanky/kompostovani-zbytkove-biomasy-z-udrzby-trvalych-travnich-porostu> (accessed 03/2023).

Kutílek M. 2012. *Půda planety Země*. Praha: Dokořán. Bod (Dokořán). 200 s. ISBN 978-80-7363-212-0.

Lafond G, Stumborg M, Lemke R, May W, Holzapfel C, Campbell C. 2009. Quantifying Straw Removal through Baling and Measuring the Long-Term Impact on Soil Quality and Wheat Production. *Agronomy Journal - AGRON J*. s. 101. DOI: 10.2134/agronj2008.0118x.

Lantz D, Venters S. 2002. Single-stream recycling: searching for the bottom line. *Resource Recycling*.21(3). s. 19–23

McRae SG. 1988. *Practical Pedology: Studying Soils in the Field*. E. Horwood in Applied Geology series. 253 s. ISBN 9780470210628.

Maynard DN, Hochmuth GJ. 2006. *Knott's Handbook for Vegetable Growers: Fifth Edition*. 621 s. DOI: 10.1002/9780470121474.

Ministerstvo zemědělství 2000. Vyhláška č 474 ze dne 13.12. 2000, kterou se stanoví požadavky na hnojiva. *Sbírka zákonů České republiky, 2000, částka 137*. Česká republika.

Nigussie A, Kuyper TW, de Neergaard A, Gebrehiwot K. 2019. Effects of soil management practices on soil organic matter, soil microbial biomass and N mineralization in smallholder farms of northern Ethiopia. *Applied Soil Ecology*, 133, s. 66-76.

Pavlů L. 2018. *Základy pedologie a ochrany půdy*. Praha: Česká zemědělská univerzita v Praze. 76 s. ISBN 978-80-213-2876-1.

Poincelot RP, Koide RT. 2019. Mulch effects on soil microbial communities and nitrogen availability in forests: a synthesis of research. *Plant and Soil*, 444(1-2), s. 1-19.

Pospíšilová L, Vlček V. 2015. *Chemické, biologické a fyzikální ukazatele kvality/zdraví půdy*. Brno: Mendelova univerzita v Brně. ISBN 978-80-7509-244-1.

Procházková B. 2011. *Minimalizační technologie zpracování půdy a možnosti jejich využití při ochraně půdy a krajiny: uplatněná certifikovaná metodika*. V Brně: Mendelova univerzita. ISBN 978-80-7375-524-9.

Richter R, Hlušek J, Ryant P, Lošák T. 2004. Organická hnojiva a jejich postavení v zemědělské praxi Archivováno 1. 7. 2004 na Wayback Machine. *Úroda* 50 (9). s. 9-12.

Serrano-Ruiz H, Martín-Closas L, Pelacho A. 2020. Biodegradable plastic mulches: Impact on the agricultural biotic environment. *Science of The Total Environment*. s. 750. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2020.141228.

Shi L, Han G, Zhang Z, Liu D, Wang Q. 2010. Effect of mulching with straw composts on soil properties of landscape. *Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering*. 26. s. 113-117. DOI: 10.3969/j.issn.1002-6819.2010.01.019.

Standards Australia, 2012. Australian Standard. Composts, soil conditioners and mulches AS 4454 - 2012. Sydney, NSW.

Šantrůčková H. 2014. *Základy ekologie půdy*. 1. vyd. České Budějovice: Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích. 125 s. ISBN 978-80-7394-480-3.

Šantrůčková H, Kaštovská E, Bárta J, Miko L, Tajovský K. 2018. *Ekologie půdy*. České Budějovice: Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích. ISBN 978-80-7394-695-1.

Šarapatka B. 2014. *Pedologie a ochrana půdy*. 1.vyd. Olomouc: Univerzita Palackého. 232 s. ISBN 97-8802-244-3736-1.

Šarapatka B. 2021. *Půda - přehlížené bohatství: publikace pro střední školy i další zájemce o danou problematiku*. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci ve spolupráci s Českou pedologickou společností, z.s. a Radou vědeckých společností ČR. 64 s. ISBN 978-80-244-6022-2.

- Satkofsky A. 2001. MSW composting developments in the US. *Biocycle*, 42(12). s. 58-58.
- Tiquia-Arashiro S, Wan J, Tam N. 2002. Microbial Population Dynamics and Enzyme Activities During Composting. *Compost science & utilization*. 10. s. 150-161. DOI: 10.1080/1065657X.2002.10702075
- Tognetti C, Mazzarino MJ, Laos F. 2007. Improving the quality of municipal organic waste compost. *Bioresource Technology*. 98(5). s. 1067-1076. [online]. ISSN 0960-8524. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2006.04.025> (accessed 04/2023).
- Valla M. 2002. *Pedologické praktikum*. 2. vyd. Praha: Česká zemědělská univerzita. 148 s. ISBN 80-213-0914-8.
- Váchalová R, Kolář L, Muchová Z. 2016. *Primární organická půdní hmota a humus, dvě složky půdní organické hmoty: vědecká monografie*. Nitra: Slovenská poľnohospodárska univerzita v Nitre, 2016. ISBN 9788055214672.
- Vlček V. 2015. *Kvalita a zdraví půdy*. Brno: Mendelova univerzita v Brně. ISBN 978-80-7509-215-1.
- Vopravil J. 2011. *Půda a její hodnocení v ČR*. Praha: Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy. 156 s. ISBN 978-80-87361-02-3.
- Vysloužil D, Rajchard J, Balounová Z. 2002. *Ekologie*. České Budějovice: Kopp. ISBN 8072321897.
- Wang C, Ma J, Wang Y, Li Z, Ma B. 2022. The influence of wheat straw mulching and straw length on infiltration, runoff and soil loss. *Hydrological Processes*, 36(4). 13 s. <https://doi.org/10.1002/hyp.14561>.
- Yohannes G. 1999. The use, maintenance and development of soil and water conservation measures by small - scale farming households in different ago-climatic zones of northern Shewa and south Wello, Ethiopia. Soil Conservation Research Programme Ethiopia. Research Report 44. 188 s.
- Yuan C, Lei T, Mao L, Liu H, Wu Y. 2009. Soil surface evaporation processes under mulches of different sized gravel. *CATENA*. 78(2), 117-121. ISSN 0341-8162. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.catena.2009.03.002>.
- Zribi W, Aragüés R, Pueyo E, Faci JM. 2015. Efficiency of inorganic and organic mulching materials for soil evaporation control. *Soil and Tillage Research*. 148. DOI: 10.1016/j.still.2014.12.003.