

TECHNOLOGIE A EKONOMIKA ZVYŠOVÁNÍ PROTIEROZNÍ ODOLNOSTI PŮDY ZAPRAVENÍM ORGANICKÉ HMOTY



Kolektiv autorů

Uplatněná certifikovaná metodika

**Výzkumný ústav zemědělské techniky, v.v.i.
Praha 6 – Ruzyně**

**Česká zemědělská univerzita v Praze
Praha 6 – Suchbátův Břez**

Metodika pro praxi je výstupem projektu MZe ČR č. QH 82191
„Optimalizace dávkování a zapravení organické hmoty do půdy s cílem omezit
povrchový odtok vody při intenzivních dešťových srážkách“

Doba řešení tohoto projektu je vymezena na období od 1.1.2008 do 31.12.2012.

© Výzkumný ústav zemědělské techniky, v.v.i., Drnovská 507, 161 01 Praha 6-Ruzyně
2012

ISBN 978-80-86884-69-1

Vydáno bez jazykové úpravy

TECHNOLOGIE A EKONOMIKA ZVYŠOVÁNÍ PROTIEROZNÍ ODOLNOSTI PŮDY ZAPRAVENÍM ORGANICKÉ HMOTY

Autoři: **Ing. Pavel Kovaříček, CSc.**
Ing. Zdeněk Abrham, CSc.
prof. Ing. Josef Hůla, CSc.
Ing. Petr Plíva, CSc.
Marcela Vlášková
Ing. Milan Kroulík, Ph.D.
Ing. Jiří Mašek, Ph.D.

Uplatněná certifikovaná metodika

Výzkumný ústav zemědělské techniky, v.v.i.
Praha 6 – Ruzyně

Česká zemědělská univerzita v Praze
Praha 6 – Suchdol

TECHNOLOGIE A EKONOMIKA ZVYŠOVÁNÍ PROTIEROZNÍ ODOLNOSTI PŮDY ZAPRAVENÍM ORGANICKÉ HMOTY

Organická hmota plní v půdě celou řadu významných funkcí, které ovlivňují infiltrační schopnost půdy a schopnost zadržení vody v půdě.

Metodické pokyny zahrnují praktické poznatky zemědělců, výrobců kompostu a výsledky experimentálních prací autorů metodiky v konfrontacích s poznatky získanými z odborné a vědecké literatury.

Cílem metodiky je doporučit postupy pro zapravování organické hmoty z kompostů a rostlinné biomasy k ovlivnění vodního režimu v půdě v podmínkách rozdílného zpracování půdy a rozdílných dávek kompostu v souladu s požadavky na zachování půdní úrodnosti, stability půdního prostředí a snížení rizik spojených s intenzivním obhospodařováním.

Závěrem metodiky jsou předloženy ekonomické rozvahy zvažující náklady na zřízení a provoz kompostárny a náklady spojené s aplikací kompostu, včetně možností využití meziplodin a dalších zdrojů organické hmoty.

Klíčová slova: infiltrace vody do půdy; akumulace vody v půdě; hydrofyzikální vlastnosti půdy; obsah organické hmoty; kompost

TECHNOLOGIES AND ECONOMIC BALANCE OF INCREASING OF SOIL RESISTANCE AGAINST EROSION BY INCORPORATION OF ORGANIC MATTER INTO SOIL

Soil organic material provides a number of important functions that influence infiltration and water retention capability of the soil.

The methodology includes practical knowledge of farmers, producers of compost and the results of experimental work of authors in confrontations with the knowledge which were obtained from scientific literature.

The main aim of the methodology is to recommend procedures for composted organic matter and crop biomass placement to influence the water regime in soil under conditions of different soil cultivation and different doses of compost in accordance with requirements for soil fertility and environment maintenance and reduction of risks connected with intensive farming.

In conclusion the methodology presents economic balances considering the cost of establishing and operating the composting facility and costs related with the compost application, including the possibility of using intercrops and other sources of organic matter.

Keywords: water infiltration into the soil; soil water accumulation; hydro-physical properties of soil; organic matter; compost

OBSAH

1	ÚVOD	6
2	CÍL METODICKÝCH DOPORUČENÍ	6
3	METODICKÁ DOPORUČENÍ K SNÍŽENÍ RIZIKA VODNÍ EROZE NA ORNÉ PŮDĚ	6
3.1	Vliv zapravení organické hmoty do půdy	7
3.1.1	<i>Vliv dávky kompostu na objemové změny půdy</i>	<i>7</i>
3.1.2	<i>Vliv dávky kompostu na „vododržnost“ substrátu</i>	<i>8</i>
3.1.3	<i>Vliv zapravení kompostu na objemovou hmotnost a na vlhkost půdy</i>	<i>8</i>
3.1.4	<i>Působení rostlinných zbytků na povrchu půdy na infiltraci vody do půdy</i>	<i>9</i>
3.1.5	<i>Zpoždění počátku povrchového odtoku při intenzivním dešti</i>	<i>10</i>
3.2	Vliv technologií zpracování půdy	11
3.2.1	<i>Vliv způsobu zapravení a dávky kompostu na stabilitu půdních agregátů</i>	<i>11</i>
3.2.2	<i>Rozmístění rostlinných zbytků při uplatnění rozdílného způsobu zpracování půdy</i>	<i>12</i>
3.2.3	<i>Ovlivnění pohybu vody v půdě technologií zpracování půdy</i>	<i>15</i>
3.2.4	<i>Vliv drsnosti povrchu půdy na povrchový odtok</i>	<i>16</i>
3.3	Půdoochrané technologie v bezorebních systémech	17
3.3.1	<i>Sklizeň předplodiny a hnojení</i>	<i>17</i>
3.3.2	<i>Podmínka a mělké zpracování půdy</i>	<i>18</i>
3.3.3	<i>Setí</i>	<i>18</i>
3.3.4	<i>Hlubší zpracování půdy v systémech bez orby</i>	<i>19</i>
3.4	Bilance organické hmoty v půdě	19
3.5	Technologické systémy úhrady organické hmoty v půdě	20
3.5.1	<i>Faremní kompost</i>	<i>20</i>
3.5.2	<i>Zelené hnojení</i>	<i>23</i>
3.5.3	<i>Zaorání slámy</i>	<i>24</i>
3.6	Ekonomické vyhodnocení doporučených variant	25
4	DOPORUČENÍ PRO UŽIVATELE	31
5	SROVNÁNÍ NOVOSTI POSTUPŮ	31
6	POPIS UPLATNĚNÍ METODIKY	31
7	SEZNAM POUŽITÉ SOUVISEJÍCÍ LITERATURY	31
8	SEZNAM PUBLIKACÍ, KTERÉ PŘEDCHÁZELY METODICE	32

1 ÚVOD

Na pokusných a vybraných provozních plochách se sledovanou technologií zpracování půdy byl po 4 roky od začátku řešení projektu „*Optimalizace dávkování a zapravení organické hmoty do půdy s cílem omezit povrchový odtok vody při intenzivních dešťových srážkách*“ hodnocen vliv zapravované organické hmoty do půdy na fyzikální vlastnosti, na hydraulickou vodivost půdy a periodicky měřen povrchový odtok vody při simulovaném zadešťování s intenzitou 87 mm.h^{-1} . Na pokusných plochách byla vysoká dávka organické hmoty jednorázově zapravena a sledována dynamika změn vybraných půdních parametrů. Provozní plochy byly zvoleny v podnicích se stálou, dlouhodobě uplatňovanou technologií zpracování půdy a zakládání porostů. Čtyřleté výsledky ještě nelze zobecňovat. Jejich výběr pro předložení veřejnosti byl konfrontován a korigován s již publikovanými znalostmi. Poznatky byly zpracovány do metodických doporučení a shrnuty do metodické příručky pro praxi. Pro jejich praktické využití zemědělci byly na úrovni vlastních nákladů porovnány náklady na úhradu organické hmoty do půdy formou kompostu vyrobené pro svou potřebu v zemědělském podniku z biologicky rozložitelných odpadů (BRO) nebo formou biomasy ze zeleného hnojení a zapravované slámy. Tyto náklady jsou porovnávány s úhradou organické hmoty nakupovanými komposty na trhu z komunálních kompostáren.

2 CÍL METODICKÝCH DOPORUČENÍ

Cílem těchto metodických doporučení je podat přehlednou informaci o způsobech úpravy půdních faktorů pomocí výběru technologie zpracování půdy, o vlivu formy organické hmoty zapravované do půdy a jejím umístění v ornici na schopnost zadržovat vodu a seznámit uživatele s možnostmi úhrady organické hmoty v půdě v podmínkách hospodaření bez živočišné výroby.

Následující skutečnosti jsou výsledkem shrnutí praktických zkušeností zemědělců a údajů z vědeckých výzkumů ve světě i z využití dosažených výsledků při sledování vlivu aplikace kompostů z BRO do půdy v podmínkách ČR. Je příspěvkem k přehodnocení významu koloběhu organické hmoty při pěstování tržních plodin a doporučením k efektivnímu využívání kompostů vyráběných z odpadní biomasy. Zemědělcům jsou pro vlastní výběr předloženy tři varianty způsobu úhrady organické hmoty do půdy, pomocí kterých mohou úrodnost půdy udržet, nebo i zlepšovat.

3 METODICKÁ DOPORUČENÍ K SNÍŽENÍ RIZIKA VODNÍ EROZE NA ORNÉ PŮDĚ

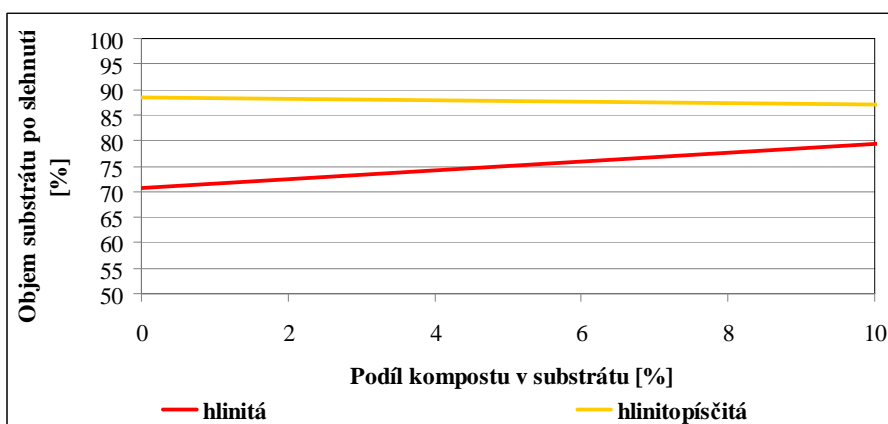
Přirozená eroze půdy v přírodě probíhá pozvolně bez výrazných škodlivých důsledků pro krajinu. Zrychluje se však nešetrným hospodařením člověka bez přizpůsobení půdním podmínkám a svažitosti. Není jednoduché určit, jakým způsobem je nejlépe chránit půdu před vodní erozí v konkrétních výrobních podmínkách. Nejedná se o jediné, ale o celý sled opatření, které i když každé působí jedinečně, na sebe navazují.

3.1 Vliv zapravení organické hmoty do půdy

3.1.1 Vliv dávky kompostu na objemové změny půdy

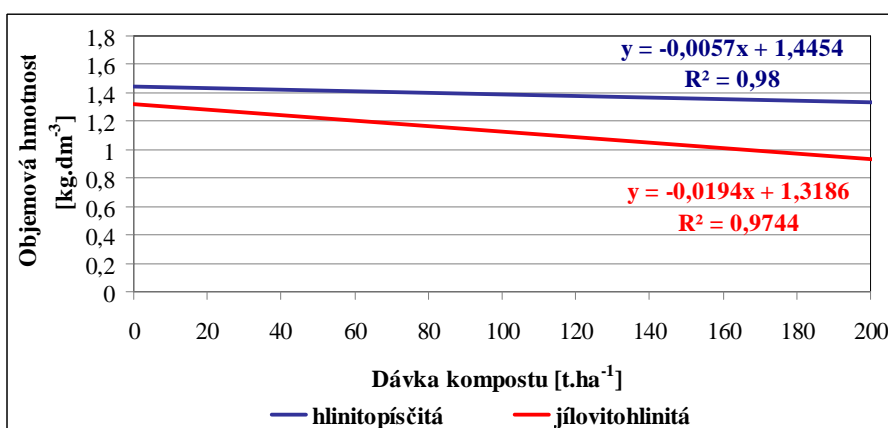
Dodáním kompostu do půdy se zvyšuje zásoba organické hmoty, zlepšují se fyzikální vlastnosti, zejména objemová hmotnost půdy. Tuto tradovanou skutečnost jsme ověřovali v laboratorních podmínkách v nádobových pokusech. U substrátu připraveného z kompostu a tří druhů půdy jsme porovnávali jeho objemovou změnu po prosycení vodou.

Nakypřená lehká písčité půda zmenšila po prosycení vodou objem cca o 12 %, ale zvyšování podílu kompostu v substrátu se téměř neprojevovalo. U hlinité půdy bez kompostu se objem snížil o 30 %, u substrátu s 5 % hmotnosti kompostu již pouze o 20 % (obr. 1).



Obr. 1 Vliv podílu kompostu na změnu objemu substrátu namíseném z hlinité a hlinitopísčité půdy po slehnutí vlivem nasycení vodou (objem nádoby 5,5 l)

V praxi se běžně používají dávky kompostu do $40 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$. Při objemové hmotnosti půdy $1450 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$ je podíl hmotnosti kompostu ve vrstvě ornice malý. Při hloubce zpracování půdy 0,20 m tvoří podíl hmotnosti kompostu v ornici při dávce $40 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$ 2 %, při mělkém zpracování půdy do 0,10 m 4 % hm. Závislost sledované objemové hmotnosti půdy je na dávce zapraveného kompostu nepřímo úměrná (obr. 2).



Obr. 2 Vliv dávky kompostu na objemovou hmotnost půdy

Závěr

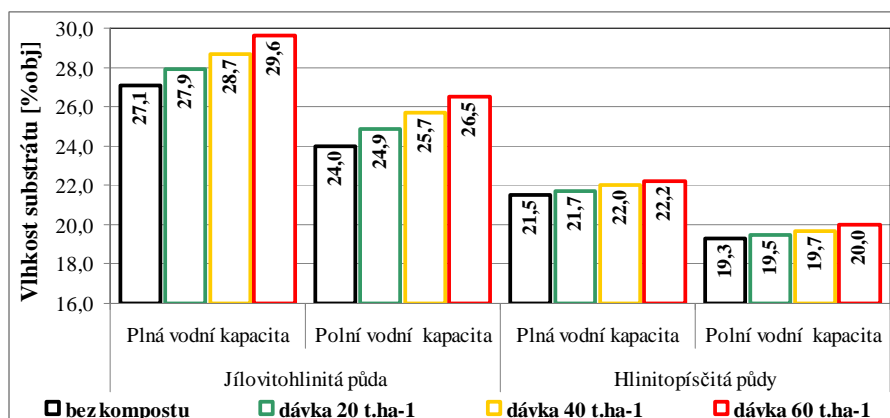
Objemová změna nakypřené půdy přirozeným sleháváním se dodáním kompostu zmenšuje. Snížení objemové hmotnosti půdy se po zapravení kompostu výrazněji projeví na

těžších hlinitých a jílovitých půdách (obr. 1). Stejná dávka kompostu sníží objemovou hmotnost u těžkých půd přibližně trojnásobně než u lehkých, písčitých půd, závislost objemové hmotnosti na dávce zapraveného kompostu je lineární (obr. 2).

3.1.2 Vliv dávky kompostu na „vododržnost“ substrátu

Tento parametr byl hodnocen laboratorně v nádobových pokusech. Nádoby naplněné substrátem s odstupňovaným podílem kompostu byly zcela nasyceny vodou potopením v bazénu. Po vyjmutí z vody byly váženy v intervalu 5 (maximální vodní kapacita), 30, 120 minut, 24 hodin (polní vodní kapacita) a po 120 dnech vysychání ve stínu. Vlhkostní parametry půdy jsou zobrazeny sloupcovými grafy na obrázku 3 v závislosti na velikosti dávky kompostu v hlinitojílovité a hlinitopísčité půdě. Mají lineární průběh, u těžší jílovitohlinité půdy je vzestup vlhkosti půdy pro vyšší dávky kompostu strmější než u hlinitopísčité půdy.

Lineární průběh změn pórovitosti, retenční a infiltrační schopnosti půdy vlivem podílu kompostu u směsí s půdou písčitou, hlinitou i jílovitou potvrzují v podobných pokusech i Thompson et al. (2008), Al-Widyan et al. (2005), Zeytin and Baran (2003).



Obr. 3 Vliv stupňované dávky kompostu na vlhkost jílovitohlinité a hlinitopísčité půdy při přirozeném vysoušení plně nasycené půdy vodou

Poznámka: V praxi používané stupně vlhkosti půdy:

Maximální (plná) vodní kapacita – všechny póry jsou naplněny půdní vodou;

Retenční vodní kapacita – maximální vodní kapacita zadržené v půdě;

Polní vodní kapacita – ustálený stav vlhkosti po ztrátě gravitační vody ze zcela nasycené půdy;

Maximální kapilární vodní kapacita – maximum vody zadržitelné v kapilárních pórech.

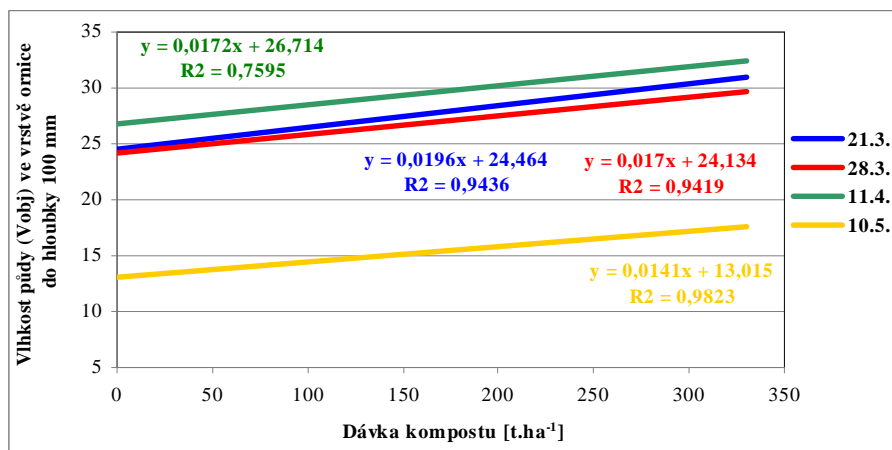
Závěr

Každých 10 t.ha⁻¹ kompostu zapraveného mělce do vrstvy ornice 0,1 m zvýšil podíl zadržené vody v hlinitopísčité půdě o 1 % objemu, ale v jílovitohlinité půdě o 3 % objemu.

3.1.3 Vliv zapravení kompostu na objemovou hmotnost a na vlhkost půdy

Po zapravení kompostu do půdy se mechanickým zásahem operace zpracování půdy významně sníží objemová hmotnost půdy. Změny způsobené dávkou kompostu jsou řádově nižší, proto jejich sledování a hodnocení je obtížné. Statisticky průkazné snížení objemové hmotnosti vlivem dodaného kompostu je 2 roky po jeho zapravení jen u dávek 165 a 330 t.ha⁻¹. Takové dávky kompostu několikanásobně převyšují běžně užívané a v provozním měřítku s nimi nelze počítat.

Na variantách pokusu bez vegetace se stupňovanou dávkou kompostu byla sledována i vlhkost půdy. V časové řadě se samozřejmě hladina vlhkosti lišila vlivem povětrnosti, ale v závislosti na dávce zapraveného kompostu sledovala shodný trend (obr. 4). Tato závislost je slabá, a projevuje se až za delší dobu po zapravení kompostu. Na pokusných plochách s pěstovanými plodinami jsme takový průběh nenalezli. Pěstovaná plodina má na pohyb vody v půdě silnější vliv a zvýšenou vododržnost vlivem strukturních změn v půdě způsobené dodávkou organické hmoty zastíní.



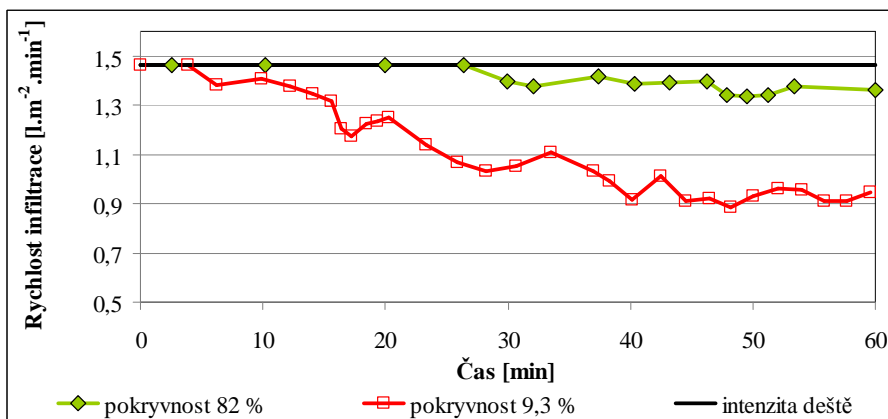
Obr. 4 Vliv dávky kompostu na vlhkost půdy v ornici

Závěr

Změna objemové hmotnosti půdy vlivem dávky kompostu 85 t.ha⁻¹ byla 7x menší než vlivem mechanického zpracování půdy. 3 roky po zapravení byla průkazná změna organické hmoty redukována vlivem zapraveného kompostu jen u varianty s nejvyšší dávkou kompostu 330 t.ha⁻¹. Na plochách bez vegetace se po zapravení vysokých dávek kompostu do ornice prokázala zvýšená vlhkost půdy, tzn. její „vododržnost“.

3.1.4 Působení rostlinných zbytků na povrchu půdy na infiltraci vody do půdy

Významný vliv pokryvu povrchu půdy mulčem potvrzují výsledky z měření povrchového odtoku při simulovaném intenzivním dešti na pozemku se vzešlou kukuřicí (hlinitopísčítá půda). V časovém průběhu rychlosti infiltrace do půdy na stanovištích s řádivým rozdílem pokrytí povrchu půdy mulčem byl významný rozdíl více než 20 minut v počátku povrchového odtoku vody, kdy již do půdy nevsakovala všechna dešťová voda (obr. 5) a infiltrovanou vodou do půdy (podíl vsakující dešťové srážky). U varianty s vysokým pokrytím půdy začal povrchový odtok vody téměř po 30 minutách přívalového deště (87 mm.h⁻¹) a na konci tak intenzivní dešťové srážky do půdy vsakovalo více než 85 % vody. Nezakryté půdní agregáty na povrchu půdy jsou dopadajícími kapkami rozplavovány, jemné částice zeminy ucpávají póry na povrchu půdy a snižují infiltraci.



Obr. 5 Porovnání vsakující vody při dešťové srážce s konstantní intenzitou $1,46 \text{ mm} \cdot \text{min}^{-1}$ ($87 \text{ mm} \cdot \text{h}^{-1}$) po dobu 60 min na pozemku se vzešlou kukuřicí; písčitohlinitá půda

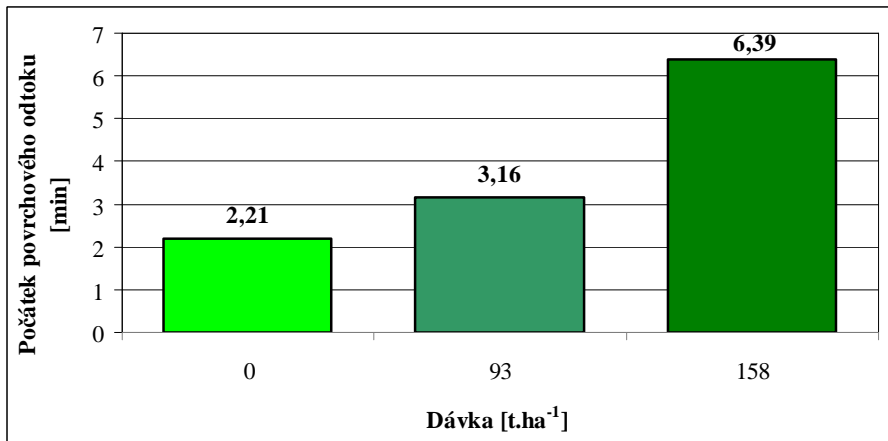
Závěr

Vysoký podíl rostlinných zbytků na povrchu půdy a v povrchové vrstvě ornice významně snižuje ohrožení půdy vodní erozí:

- rostlinné zbytky na povrchu snižují povrchový odtok, brání přemokření povrchu a vzniku půdního škraloupu,
- rostlinné zbytky v povrchové vrstvě vytvářejí preferenční cesty pro vsakování vody ve vertikálním směru a zlepšují vsakování vody,
- rostlinné zbytky na povrchu a v povrchové vrstvě půdy zvyšují stabilitu struktury půdy, stabilitu půdních agregátů, zvyšují únosnost půdy a snižují sklon půdy k zhutňování,
- rostlinné zbytky na povrchu a v povrchové vrstvě půdy izolují před přímým působením slunce a větru, snižují výkyvy vlhkosti a teploty půdy, udržují vyšší vlhkost v horní vrstvě ornice.

3.1.5 Zpoždění počátku povrchového odtoku při intenzivním dešti

Na pozemku s písčitohlinitou půdou a zpracováním půdy s orbou byly hodnoceny podmínky pro vsakování vody do půdy po jednorázovém zapravení kompostu na podzim 2008 (varianty dávkování 0, 90 a $150 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$; osevní sled plodin na pokusu - 2008 – žito trsnaté jarní, 2009 – peluška ozimá + triticales, 2010 oves setý, 2011 – špalda). Příznivé změny struktury půdy se prokázaly až 2. rok po aplikaci kompostu a zlepšily infiltraci vody do půdy. Při konstantní intenzitě simulovaného deště $87 \text{ mm} \cdot \text{h}^{-1}$ byl na variantách pokusu porovnáván povrchový odtok vody. Při simulaci přívalového deště na variantách se zapraveným kompostem voda lépe vsakovala, počátek povrchového odtoku nastal později než na kontrole bez kompostu (obr. 6).



Obr. 6 *Počátek povrchového odtoku v závislosti na dávce zapraveného kompostu*
Poznámka: písčitohlinitá půda, technologie zpracování půdy s orbou, jaro 2010, směska pelišky ozimé + tritikale v počátku odnožování před zapojením porostu, konstantní intenzita simulovaného deště 87 mm.h⁻¹

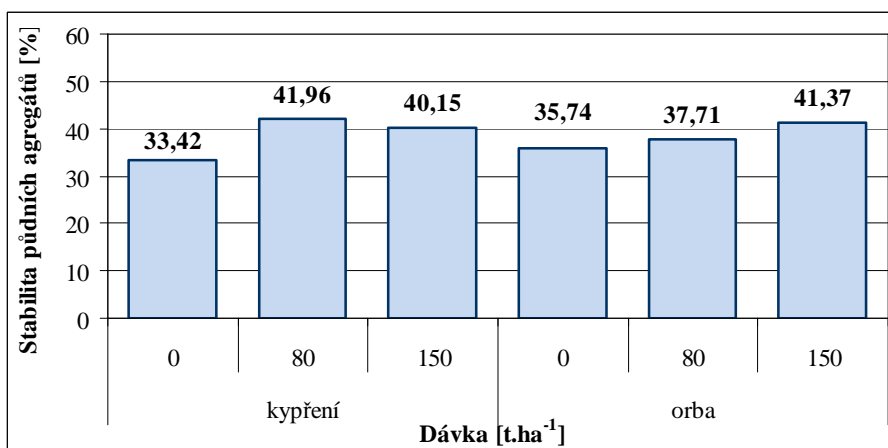
Závěr

Zapravený kompost v systému zpracování půdy s orbou výrazně zlepšil infiltraci vody do půdy až 2. rok, kdy se druhou orbou ornice s vyšším podílem kompostu přemístí ze spodní do povrchové vrstvy.

3.2 Vliv technologií zpracování půdy

3.2.1 Vliv způsobu zapravení a dávky kompostu na stabilitu půdních agregátů

V porovnávacím parcelovém polním pokusu byla sledována stabilita půdních agregátů po zapravení jednorázových dávek kompostu 80 a 150 t.ha⁻¹. Ve variantách pokusu s půdoochrannou technologií s kypřením i v konvenční technologii zpracování půdy s orbou byla shodná hloubka zpracování 0,18 m. Podíl stabilních agregátů v povrchové vrstvě ornice se každoročně zvyšoval (obr. 7). U kypřených variant u obou dávek kompostu byla stabilita agregátů ve srovnání s kontrolou významně vyšší. Vzestupný trend s narůstající dávkou kompostu měla stabilita agregátů i v technologii zpracování půdy s orbou.



Obr. 7 Hodnoty stability půdních agregátů v hloubce 0-0,10 m třetí rok po zapravení odstupňovaných dávek kompostu v půdoochranné technologii s kypřením a v konvenční technologii zpracování půdy s orbou

Závěr

Změny v půdě po jednorázovém zapravení kompostu jsou pomalé. Trend zvýšení stability půdních agregátů na variantách pokusu se zapraveným kompostem se ve srovnání s kontrolou průkazně projevil až třetí rok.

3.2.2 Rozmístění rostlinných zbytků při uplatnění rozdílného způsobu zpracování půdy

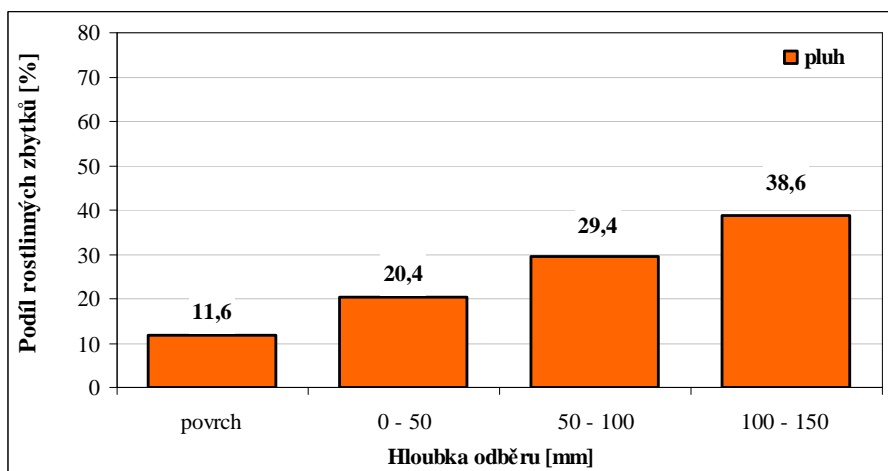
Účinným protierozním opatřením je zakrytí povrchu půdy plodinou nebo rostlinnými zbytky po co nejdélejší dobu. Stroje pro zpracování půdy a setí ponechávají charakteristický povrch půdy. Výběr strojů a hlavně organizace jízd po pozemku ovlivňují rychlost vsakování vody při dešti. Stopy strojů nebo nasměrování dlouhých rostlinných zbytků ve směru spádnice mohou být počátečním zdrojem negativního soustředěného odtoku vody při intenzivním dešti.

Posklizňové zbytky rostlin a způsob zpracování půdy ovlivňují celou řadu fyzikálních a biologických faktorů v půdě. Výsledky z měření povrchového odtoku vody při simulovaných vysokých dešťových srážkách prokázaly, že podél nerozložených rostlinných zbytků v půdě se vytvářejí podmínky pro rychlé preferenční vsakování vody vlivem gravitace. Tuto hypotézu podporuje sledování infiltrace v nádobových a polních pokusech v Turecku, v kterých se prokázalo nejrychlejší vsakování vody na variantách s kompostem, v kterém byl vysoký podíl nerozložené drti slupek z ořechů. Slupky se v půdě pomalu rozkládají, ve variantách s takovým kompostem se prokázalo nejdelší trvání kladného účinku na vsakování vody do půdy.

Orba

Charakteristické rozložení posklizňových zbytků ve zpracovávaném profilu půdy pluhem je na obrázku 8. Po orbě zůstává na povrchu půdy minimum rostlinných zbytků. Množství rostlinných zbytků ponechaných na povrchu půdy se ještě sníží při použití předradličky. Při předcházející podmítce se rostlinné zbytky v povrchové vrstvě ornice promísí s půdou. Tuto vrstvu radlice pluhu uloží blízko dna brázdy a přiklopí jednotlivými skývami. Rozmístění těchto zbytků je závislé na faktorech drobení půdy – stavu a druhu půdy, způsobu orby, tvaru odhrnovací desky a pracovní rychlosti. Pro orbu je typické, že vysoký podíl rostlinných zbytků je zaklopen až na dno brázdy. Podobně jako rostlinné zbytky je při

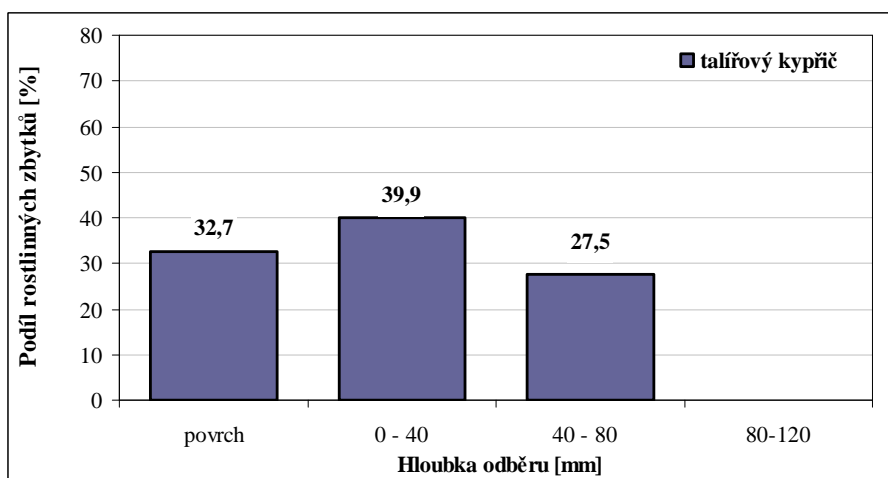
orbě do profilu ornice zapraven i kompost. V prvním roce po zapravení je ve spodní polovině zpracované vrstvy ornice.



Obr. 8 Rozmístění posklizňových zbytků ve zpracovávaném profilu půdy po orbě (odhad výnosu slámy $5,6 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$)

Talířový kypřič

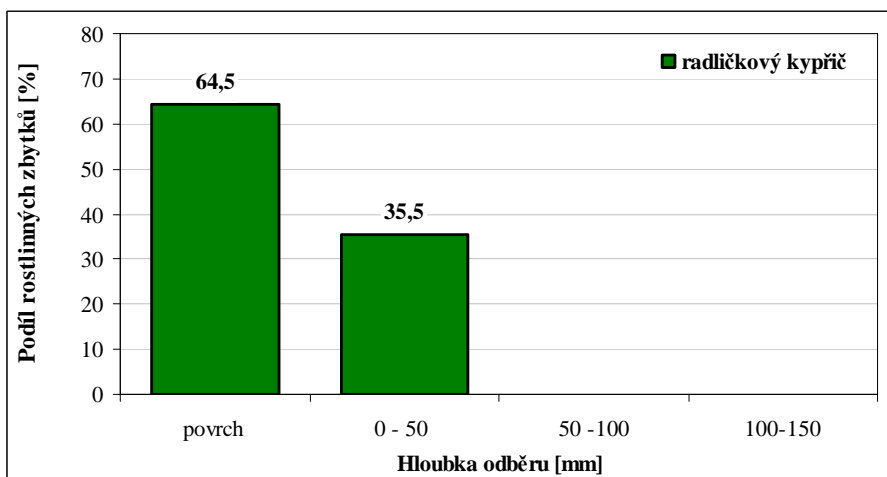
Talířový kypřič intenzivně promíchává zpracovávanou vrstvu půdy (obr. 9). Nejvíce rostlinných zbytků je uloženo ve střední hloubce zpracování. Na povrchu půdy zůstává v průměru 30 až 34 % původního množství rostlinných zbytků předplodiny.



Obr. 9 Rozmístění posklizňových zbytků ve zpracovávaném profilu půdy po zpracování talířovým kypřičem (odhad výnosu slámy na hodnoceném stanovišti $5,3 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$)

Radličkový kypřič

V případě podmínky radličkovým kypřičem s podřezávacími radličkami bylo na povrchu půdy zanecháno cca 64 % rostlinných zbytků předplodiny (obr. 10). Ve spodní polovině zahloubení radličky kypřič půdu intenzivně kypří, rostlinných zbytků je v této zóně minimum.



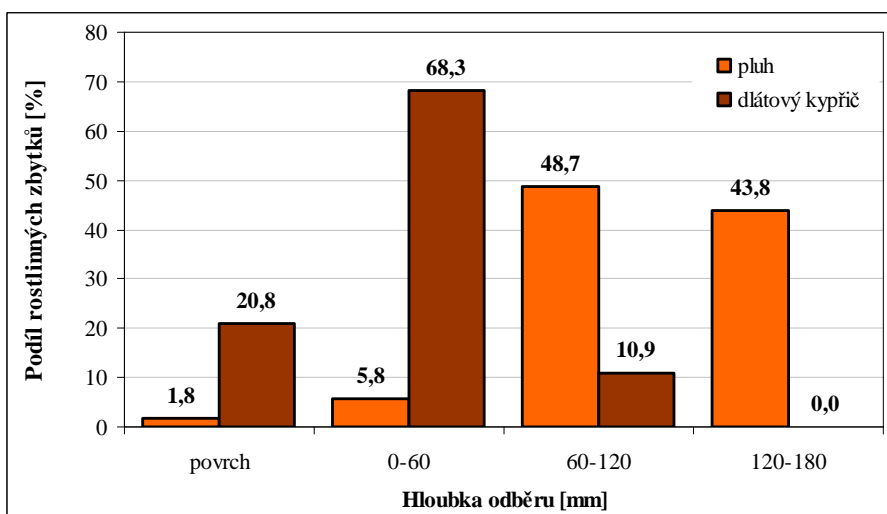
Obr. 10 Rozmístění posklizňových zbytků ve zpracovávaném profilu půdy po zpracování radličkovým kypřičem s podřezávacími radličkami

Dlátový kypřič

V minimalizačních technologiích se stále častěji začínají uplatňovat kypřiče, které prokypří půdu na hloubku srovnatelnou s orbou nebo i hlubší. Při orbě je většina rostlinných zbytků zaklopena na dno brázdy. Dlátový kypřič ale ponechá podíl rostlinných zbytků na povrchu a zbytek rozptýlí v povrchové vrstvě půdy.

Pokud porovnáme práci dlátového kypřiče s prací radličkového kypřiče, vidíme rozdíly v distribuci rostlinných zbytků při rozdílné hloubce zpracování. Radličkovým kypřičem s podřezávacími radličkami nelze zapravit slámu do hloubky zpracování.

Pro optimalizaci rozložení rostlinných zbytků ve zpracovávaném profilu je nutné půdu zpracovat do hloubky, která je pro výnos slámy optimální. Čím větší výnos, tím hlubší kypření. Rozdíly ve způsobu zapravení rostlinných zbytků při použití pluhu a dlátového kypřiče přináší graf na obrázku 11. Radličkové kypřiče s dělenými pracovními nástroji, určené pro středně hluboké a hlubší kypření půdy, však vykazují vyšší stupeň zapravení posklizňových zbytků do půdy a větší intenzitu jejich mísení s orníci, než kypřiče s podřezávacími radličkami.



Obr. 11 Rozmístění posklizňových zbytků v profilu půdy po zpracování dlátovým kypřičem a pluhem do hloubky 180 mm

Na rozmístění rostlinných zbytků v profilu má významný vliv i sklízecí mlátička, resp. kvalita drcení a rozmetání slámy a plev sklízecí mlátičkou. Při nerovnoměrném rozmetání to může značně zkomplikovat zakládání porostu následné plodiny. Kumulace velkého množství mělce zapravených rostlinných zbytků v hloubce setí může vést k přenosu chorob, případně kontaminaci osiva látkami vznikajícími při rozkladu organické hmoty, které mohou inhibovat vzcházení a růst následné plodiny.

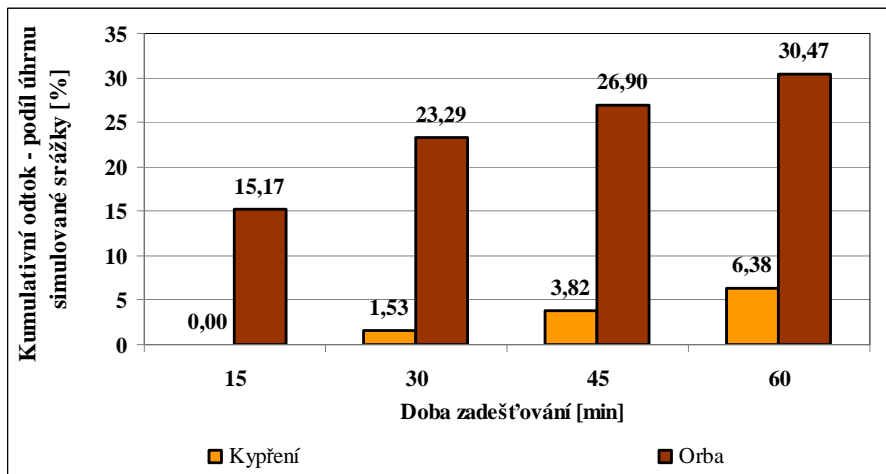
Závěr

Jedním z kladných půdoochranných efektů minimalizačních technologií je ponechání podílu rostlinných zbytků na povrchu a v mělké povrchové vrstvě půdy. Na druhou stranu mohou rostlinné zbytky sehrát i negativní roli při zakládání porostů - přenos chorob, přemnožení hrabošů atd. O podílu rostlinných zbytků na povrchu půdy a jejich distribuci ve zpracovávané vrstvě rozhoduje volba typu a zahloubení stroje, půdní faktory a rovnoměrnost rozložení posklizňových zbytků na povrchu půdy. Největší rozdíl mezi konvenčními technologiemi zpracování půdy s orbou a minimalizačními technologiemi je v rozložení organické hmoty v půdním profilu. Po orbě organická hmota převažuje ve spodní části zpracovávaného profilu, při zpracování kypřiči je zvýšen její podíl v horní vrstvě ornice.

3.2.3 Ovlivnění pohybu vody v půdě technologií zpracování půdy

Zpracováním se v půdě vytvářejí makropóry, které při dešti umožňují gravitační vsakování vody. Nadměrné mechanické působení při nevhodných vlhkostních podmínkách má i nežádoucí účinek. Při „rozprášení“ půdy při zpracování za sucha se zvyšuje náchylnost k tvorbě půdní krusty na povrchu, při zpracování za mokra se půda málo drobí, tlak pracovních nástrojů může způsobit zhutňování půdy a vytváření nepropustné vrstvy pro vodu. Přiměřené zpracování půdy při optimálních podmínkách mírně navyšuje podíl středních a velkých pórů, zlepšuje infiltraci vody do půdy, nadměrně nerozrušuje půdní agregáty a zmenšuje podíl velkých, často k povrchu otevřených dutin. Při zpracovávání vysoké vrstvy půdy se suchým povrchem a s nadměrnou vlhkostí v hloubce může vzniknout vrstva s malými póry na povrchu a vrstva s vyšší pórovitostí pod ní. Úzké rozhraní s malou a velkou pórovitostí vytváří pohyb vody bariéru. Podle Eaglemana (1962) je pohyb vody ve směru od malých pórů k velkým v nenasyceném stavu půdy pomalý, protože kapilární tlak v půdě s malými póry je vyšší. Toto nebezpečí může hrozit ještě na jaře po podzimní orbě za nevhodných vlhkostních podmínek. Pro zlepšení vsakování vody nestačí urovnat povrch a připravit kvalitní seťové lůžko. Přínosem je utužit půdu v profilu ornice i do hloubky. To ovšem platí jen za příznivých vlhkostních podmínek a odpovídající objemové hmotnosti půdy 1,20 až 1,40 g.cm⁻³.

Podobný případ jsme hodnotili na pokusu se základním podzimním zpracováním půdy za sucha. Po vzejití jarní hořčice na kypřených a oraných variantách pokusu byl v intervalu 15, 30 45 a 60 min porovnán podíl úhrnu kumulativního povrchového odtoku vody při simulovaném zadešťování s konstantní intenzitou 87,78 mm.h⁻¹ (obr. 12). Odtok na orané variantě nastal v 6. minutě kropení a rychle stoupal, za 15 minut dosáhl 15,17 % úhrnu simulované srážky. Na kypřené variantě pokusu počal povrchový odtok po 26 minutách kropení, stoupal jen mírně, za 60 minut byl odtok z měřicí plochy 1 m² jen 5,55 l, tj. 6,38 % úhrnu srážky – 4,8krát méně než na orané ploše.



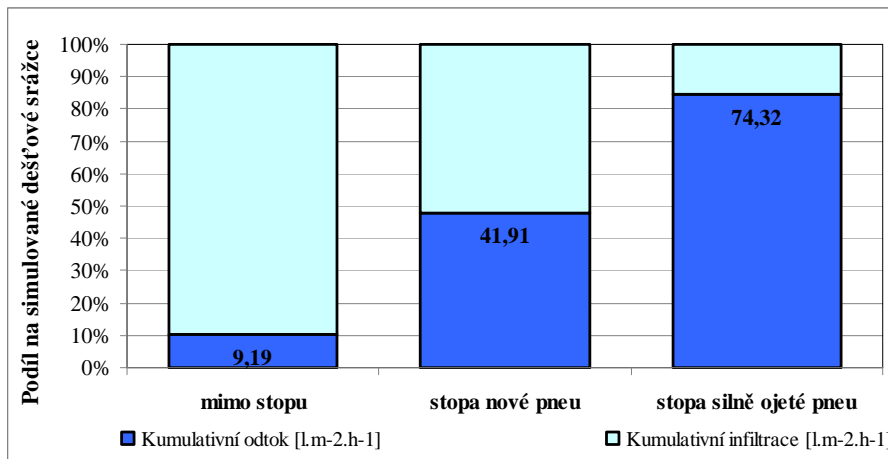
Obr. 12 Podíl úhrnu povrchového odtoku vody na pokusných parcelách zpracovaných do stejné hloubky kypříčem v půdoochranné a pluhem v konvenční technologii
Poznámka: jaro, ozimá pšenice, jílovitohlinitá půda, hloubka zpracování 0,18 až 0,20 m, konstantní intenzita zadešťování 87 mm.h⁻¹

Závěr

Zpracování půdy významně ovlivňuje pohyb vody v půdě. Přiměřené zpracování půdy při optimálních půdních podmínkách a vhodné utužení zlepšuje infiltraci vody do půdy. Výhodou kypříčů ve srovnání s pluhem je vyšší výkonnost a možnost zpracovávat i mělké vrstvy půdy. Plošná i časová operativnost během příznivých vlhkostních podmínek půdy je pro kypříče vyšší.

3.2.4 Vliv drsnosti povrchu půdy na povrchový odtok

Mikroreliéf povrchu půdy má po každé operaci zpracování půdy nebo zakládání porostu charakteristickou drsnost. Ta je často ve směru a kolmo na směr pohybu strojů odlišná. Na svahu nerovnostmi vytvořené hrázky ve směru vrstevnic zadržují vodu, voda tvoří kaluže a tím se zpomaluje povrchový odtok při intenzivním dešti. Při přípravě půdy a setí se při jízdě ve směru vrstevnice nasměrují dlouhé části rostlinných zbytků tak, že způsobují zadržování vody. Nebezpečnými zdroji soustředěného odtoku vody při přívalových dešťových srážkách jsou stopy strojů ve směru svahu. I ve stopách lze přispět ke zmírnění negativních následků následným zdrsněním. Na obrázku 13 je porovnání podílu povrchového odtoku vody při simulovaném zadešťování s intenzitou 87 mm.h⁻¹ v meziřádku kukuřice mimo stopy strojů, ve stopě traktoru s vytlačeným hrubým dezénem pneumatiky do půdy a ve stopě postřikovače s hladkým povrchem silně ojeté pneumatiky postřikovače. Při simulovaném hodinovém přívalovém dešti v porostu vsakovalo do půdy více než 90 % vody, ve stopě s hrázkami vytlačenými dezénem pneumatiky 58 %, ale v hladké stopě po hladké pneumatice ve směru svahu nic nezpomalilo povrchový odtok a zde vsáklo jen 25,7 % vody.



Obr. 13 Porovnání podílu povrchového odtoku vody na úhrnu simulované dešťové srážky 87 mm za dobu trvání 60 minut

Poznámka: těžká hlinitá půda, porost kukuřice, výška porostu 0,3 až 0,5 m

Závěr

Význam na povrchový odtok vody mají i stopy po pohybu strojů na poli. Zvláště nebezpečné jsou stopy ve směru svahu. Jejich zdrsnění snižuje povrchový odtok a snižuje nebezpečí vodní eroze.

3.3 Půdoochrané technologie v bezorebních systémech

Výhodou technologií bez orby je ochrana půdní struktury, omezení vodní i větrné eroze půdy a další ekologické přínosy, které jsou našimi zemědělci řazeny až za ekonomickými a provozními přínosy. Je třeba zdůraznit, že úspěšné uplatnění zjednodušených postupů bez orby není jednoduché a předpokládá dokonalé zvládnutí agrotechniky. Úspora nákladů na samotném zpracování půdy, i když může být významná, nezaručuje ještě dosažení příznivých nákladů na jednotku produkce.

Pro vymezení hlavních zásad využívání techniky u technologií bez orby je nutné začít u sklizně předplodiny. Kvalita mechanizovaných operací v pěstitelských technologiích se vzájemně podmiňuje, zpracování půdy a setí nelze posuzovat izolovaně.

3.3.1 Sklizeň předplodiny a hnojení

Při sklizni předplodiny se rozhoduje, zda se následné operace zpracování půdy bez orby a založení porostu uskuteční bez větších komplikací. Je třeba zdůraznit následující požadavky:

- minimalizace sklizňových ztrát (zaplevelení výdřelem předplodin),
- krátké strniště (dlouhé strniště je překážkou dobré funkce kypřičů při podmítce a secích strojů - kromě určených pro setí do nezpracované půdy),
- kvalitní sklizeň slámy nebo její podrcení a rovnoměrné rozptýlení v celé šířce pracovního záběru sklízecí mlátičky,
- omezení tvorby hlubších kolejových stop.

Na strniště po sklizni plodiny je nejvhodnější doba pro hnojení draslíkem, fosforem a vápníkem pro následnou plodinu. Na nesklizenou rozdrčenou slámu se aplikuje dusíkaté hnojivo v dávce 8 až 10 kg.ha⁻¹.t_{slámy}⁻¹. Pokud vzniká potřeba hnojení pro následující mezplodinu, zvyšuje se dávka hnojiva.

3.3.2 Podmítka a mělké zpracování půdy

Pro podmítka se využívají talířové a radličkové kypřiče, které pracují při rychlosti vyšší než 9 km.h^{-1} a mají velký pracovní záběr. Z důvodu urovnání pozemků a zlepšení plošného rozmístění rostlinných zbytků je vhodné jezdit šikmo na směr předchozích jízd.

Moderní talířové a radličkové kypřiče jsou vybaveny drobicími válci - zájemce by si měl vybrat tyto válce podle převažujících půdních podmínek. Za předpokladu, že při sklizni předplodiny nebyly na pozemku vytvořeny hlubší kolejové stopy a při dobré funkci drobicích válců není zpravidla nutné ošetřit nakypřenou půdu v samostatné operaci. Radličkové kypřiče se šípovitými nedělenými radličkami mají výrazný podřezávací účinek. Jsou vhodné pro opakované kypření při dostatečně dlouhém mezíporostním období k likvidaci plevelů a vzešlého výdrolu. Tyto stroje umožňují rovnoměrně prokypřit půdu i při nastavení malé hloubky kypření od 8 až 10 cm. K těmto kypřičům se dodávají radličky v několika provedeních pro různé zrnitostní složení půdy (od těžkých půd až po půdy lehké). Konstrukční řešení těchto kypřičů přispívá k tomu, že účinně urovnávají povrch půdy, což se příznivě projeví po jejich víceletém využívání.

3.3.3 Setí

V technologiích zakládání porostů obilnin i dalších plodin bez orby jsou při výskytu většího množství rostlinných zbytků na povrchu půdy a v povrchové vrstvě půdy kladeny vysoké nároky na secí stroje z hlediska ukládání osiva do půdy. Setí při pojezdové rychlosti kolem 10 km.h^{-1} vyžaduje kvalitní vedení secích botek v půdě s cílem docílit především rovnoměrnou hloubku uložení osiva v půdě. Při setí je třeba zabránit zatlačování rostlinných zbytků do hloubky uložení osiva v půdě. Moderní secí stroje určené pro setí po mělkém zpracování půdy nebo pro přímé setí bez zpracování půdy, mají řešeno ukládání osiva do půdy, které riziko zhoršeného kontaktu osiva se zeminou snižuje:

- osivo je rozprostíráno v pruzích pod proud podříznuté zeminy šípovými radličkami na rovné lůžko; zavlačovače a zatlačovací válce upraví zeminu a rostlinné zbytky nad osivem,
- jednokotoučové secí botky odsunují rostlinné zbytky stranou a nemají sklon k zatlačování slámy pod osivo,
- kotoučová krojidla před dvoukotoučovými secími botkami prořezávají rostlinné zbytky a snižují riziko zatlačování rostlinné hmoty do hloubky setí.

V technologiích zpracování půdy bez orby se uplatňují i secí stroje spojené s kypřiči s poháněnými nebo nepoháněnými pracovními nástroji. Předchozí operací je zpravidla podmítka.

Pro přímé setí do nezpracované půdy lze využít jak výše uvedené skupiny secích strojů, tak i další stroje, vyvinuté především pro přímé setí - stroje s dlátovými botkami. V našich půdních podmínkách je vhodné po sklizni obilnin a řepky před setím zařadit mělkou podmítka.

Pro setí do nezpracované půdy i pro systémy využívající mělké zpracování půdy jsou secí stroje vybavovány zařízením pro hnojení minerálními hnojivy. Tuhá nebo kapalná minerální hnojiva jsou zpravidla aplikována 0,05-0,06 m pod úroveň uloženého osiva, aby nepřišla do přímého styku s osivem.

3.3.4 Hlubší zpracování půdy v systémech bez orby

Pro periodické rozrušování ztuhlejších podorničních vrstev půdy se využívají dlátové kypřiče. Pracují do hloubky 0,30-0,40 m. V systémech bez orby lze uplatnit i stroje, které spojují prohlubovací kypření s intenzivním zpracováním povrchové vrstvy půdy jak nepoháněnými, tak i poháněnými kypřicími nástroji. Časté je spojení těchto kypřičů se secími stroji.

3.4 Bilance organické hmoty v půdě

Vyrovnaná bilance a doplňování organické hmoty do půdy je půdoochranným opatřením významným zejména v zemědělských podnicích hospodařících bez živočišné výroby. V těchto podmínkách by se měly dodržovat tyto hlavní zásady:

- zvýšit diverzitu pěstovaných plodin a zařadit do osevního postupu plodiny zlepšující půdní strukturu,
- zajistit vyrovnanou bilanci organické hmoty v půdě zejména vysokým podílem zapravovaných posklizňových zbytků pěstovaných plodin,
- uplatnit v soustavě hospodaření meziplodiny.

Při hospodaření bez živočišné výroby je ekonomicky výhodné ponechat na poli a zapravit do půdy posklizňové zbytky. V zjednodušeném pětiročním osevním postupu, odvozeném z průměrného zastoupení plodin v jednotlivých výrobních oblastech ČR (tab. 1), vzniká v takovém případě deficit při doplňování organických látek do půdy 0,3 až 0,6 $t_{\text{sušiny}} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{rok}^{-1}$ (Vach 2005). Pokud budeme v bilanci organických látek počítat s ponecháním slámy jen na 50 % plochy obilovin a 100 % posklizňových zbytků ostatních plodin na orné půdě na poli, potom se tento deficit zvětšuje. Pro všechny výrobní oblasti je během pětileté rotace plodin v bilanci organických látek stanovena průměrná úhrada 3,5 $t_{\text{sušiny}} \cdot \text{ha}^{-1}$ (Neuberg J., Jedlička J., Červená H. 1995), kterou lze zajistit kompostem nebo zapravovanou slámou obilovin a zeleným hnojením.

Tab. 1 Zastoupení plodin v ČR na orné půdě (AGROCENZUS 2010)

Výrobní oblast	Orná půda ha	Zastoupení plodin na orné půdě					Zornění %	ZP ha	z toho TTP ha
		Obilniny %	Olejniny + technické plodiny %	Kukuřice %	Okopaniny %	Píceřiny na OP %			
Kukuřičná	155116	60	7	27	0	6	86	180367	25251
Řepařská	577980	60	12	15	8	5	87	664345	86365
Obilnářská	963300	60	20	5	3	12	71	1356761	393461
Bramborářská	607620	62	17	4	6	10	74	821108	213488
Píceřinářská	228228	80	20	0	0	0	41	556654	328426
Celkem	2532244							3579235	1046991

Z tabulky 1 vyplývá, že v kukuřičné a řepařské výrobní oblasti jsou TTP průměrně na 15 % obhospodařovaných ploch, v obilnářské na 30 %, v bramborářské na 25 % a píceřinářské téměř na 60 %. Z důvodů vývoje výměry travních porostů a vývoje stavu skotu se v současné době významně snižuje možnost využití produkce z travních porostů pro krmivářské účely. Předpokládáme, že travní hmotu z těchto ploch lze využít pro výrobu kompostu na dočasných složištích v blízkosti zdrojových ploch. Kompost mohou na dočasných plochách vyrábět zemědělci pro svou vlastní potřebu pro hnojení orné půdy.

Na základě bilance posklizňových zbytků a při použití minimálního ročního normativu podle bilance organických látek v půdě za pětiletý sled plodin se pohybuje minimální potřeba

hnojení kompostem od 3,8 do 4,5 t.ha⁻¹ ročně (tab. 2). Vzhledem k používaným aplikačním technologiím a jejich nákladovosti se dále uvažuje s aplikací kompostu na pozemek jedenkrát za 5 let minimální dávkou 20 t.ha⁻¹.

Tab. 2 Potřeba dodávky organických látek do půdy a potřeba přídatného hnojení kompostem nebo zeleným hnojením

Výrobní oblast	Bilance posklizňových zbytků	Minimální potřeba úhrady organických látek	Potřeba kompostu	Minimální dávka v 5 letém cyklu
	t _{sušiny} .ha ⁻¹ .rok ⁻¹	t _{sušiny} .ha ⁻¹ .rok ⁻¹	t.ha ⁻¹ .rok ⁻¹	t.ha ⁻¹
Kukuřičná	1,29	2,21	3,81	19
Řepařská	1,14	2,36	4,07	20
Obilnářská	1,23	2,27	3,91	20
Bramborářská	1,18	2,32	4,00	20
Pícninářská	0,88	2,62	4,52	23

3.5 Technologické systémy úhrady organické hmoty v půdě

3.5.1 Faremní kompost

Jednou z perspektivních metod úhrady organické hmoty v půdě je aplikace kompostu. Kompostování je aerobní proces, při kterém dochází k rozkladu organických látek v kompostovaných surovinách a přeměně na kvalitní organickou hmotu s obsahem prvků pro výživu rostlin.

Pro výrobu faremního kompostu se jeví jako nejvhodnější využití nejdostupnější odpadní zemědělské biomasy dostupné ve všech výrobních oblastech - tj. slámy a travní hmoty. V současné době se významně snižuje možnost využití produkce z travních porostů pro krmivářské účely. Travní porosty dnes představují především významný stabilizační a krajinnotvorný prvek v soustavě hospodaření a musí být zajištěno jejich pravidelné sečení. Výsledkem kompostování travní hmoty a slámy je kompost bez registrace, který ale splňuje jakostní znaky ČSN 46 5735 „Průmyslové komposty“. Lze ho využívat pro vlastní potřebu zemědělského podniku na hnojení orné půdy a zlepšení bilance organické hmoty. V tabulce 3 je uveden příklad vhodné surovinové skladby pro zakládku kompostu z trávy a slámy. Skladba surovin vyráběných kompostů se může měnit podle výrobního zaměření zemědělského podniku, jejich dostupnosti v lokalitě a charakteru zpracovávaných surovin.

Při tomto složení zakládky je možné uvažovat s výraznějším zjednodušením kompostovací linky, např.:

- sběr slámy i produkce TTP a doprava na kompostárny – traktor 60 kW + samosběrací vůz,
- manipulace, naskladnění a vyskladnění materiálu – traktor 60 kW + *traktorový adaptér - univerzální čelní nakladač*,
- překopávání kompostu – traktor 60 kW + přípojný překopávač.

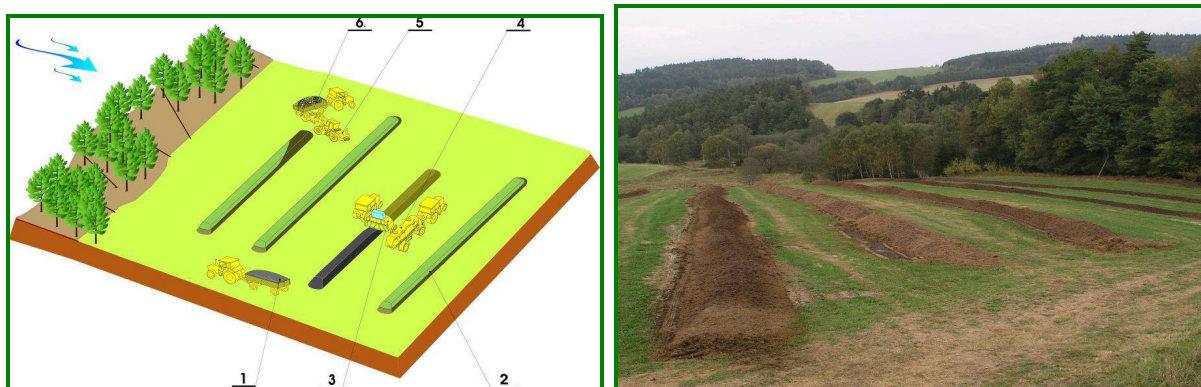
Tab. 3 Doporučená surovinová skladby kompostu z trávy a slámy

Surovina	Objem	Objemová hmotnost	Hmotnost	Vlhkost	C : N	pH	Celková hmotnost
	m ³	t.m ⁻³	t	%			t
Sláma	1	0,135	0,135	19	90	6,9	1,383
Tráva	3	0,416	1,248	80,1	13,8	8,7	
Kompost	-	-	0,502	42,2	16,9	7,8	0,502

Při realizaci i jednoduché kompostárny hraje významnou roli pořizovací cena vhodné kompostovací plochy. Z hlediska ekonomiky se jeví jako nejpříznivější kompostování v pásových hromadách na dočasné volné ploše (obr. 14). Plocha pro kompostování může být vybrána přímo na zemědělské půdě jako vodohospodářsky nezabezpečená. Použití vhodných zpevněných ploch, například nevyužitých bývalých polních hnojišť, zpevněných ploch u polních letišť apod., rozšíří operativní dostupnost pro mechanizační prostředky i na období dlouhodobých dešťových srážek.

Charakteristika kompostovací plochy na zemědělské půdě:

- travní hmota spolu s ostatními surovinami se zpracovává v místě nebo blízkosti svého vzniku přímo „na poli“
- kompostovací plocha je dočasná, není vodohospodářsky zabezpečená, platí pro ni stejné podmínky jako pro „polní hnojiště dočasné“ neboli „složistiště“ (stavebně nezabezpečená skládka hnoje přímo na zemědělské půdě),
- základní nevýhodou je snížená schopnost pohybu mechanizace pro kompostování po ploše v případě snížené únosnosti povrchu půdy vlivem povětrnosti,
- variantním řešením je kompostování na nezpevněné ploše souběžně s komunikací nebo polní cestou – používaná mechanizace se pohybuje po zpevněné komunikaci.



Obr. 14 Pásové hromady kompostu založené na dočasné ploše (zemědělské půdě)
 (1 - dovoz surovin, 2- pásová hromada přikrytá kompostovací plachtou, 3- překopávání kompostu, 4- dávkování kapalin, 5- manipulace se surovinami, 6- odvoz kompostu)

Při stanovení nákladů na zajištění bilance organické hmoty v půdě kompostem je nutno uvažovat s těmito rozhodujícími nákladovými položkami:

- náklady na vstupní suroviny,
- náklady na kompostovací plochu,
- náklady na provoz kompostárny,
- náklady na rozmetání kompostu.

Náklady byly zpracovány s využitím databáze normativů pro poradenství, dostupných pro uživatele na webových stránkách www.vuzt.cz, v části Databáze a programy/Normativy pro poradenství (Abrham a kol. 2011) a v následující části metodiky jsou zpracované pro modelový zemědělský podnik 1000 ha z.p.

Náklady na produkci travní hmoty

V podniku bez živočišné výroby jsou při extenzivním obhospodařování TTP dvakrát ročně sklíženy rotační sekačkou a převláceny, jedenkrát za 10 let počítáme s obnovou travního porostu (přísev, hnojení, chemické ošetření). Celkové náklady na pěstování se při této technologii pohybují okolo 6 500 Kč.ha⁻¹ (zahrnuje variabilní i fixní náklady). Jsou to náklady pro výrazně extenzivní pěstování a sklizeň TTP, v běžném produkčním roce se

neuvažuje hnojení ani chemická ochrana. Výsledné náklady na 1 tunu travní produkce se pohybují okolo 500 Kč.t⁻¹ (včetně dopravy na kompostárnu). Náklady lze snížit využitím plošných dotací (SAPS), v oblastech LFA lze získat i další dotace na travní porosty. Použití dotací náklady výrazně sníží, v oblastech LFA mohou být celkové dotace i vyšší než náklady na pěstování a sklizeň travních porostů (tab. 4). Na 1 t kompostu je potřeba 2,5 t travní hmoty, v tabulce jsou tedy uvedeny i průměrné náklady travní hmoty na 1 t kompostu.

Tab. 4 Náklady na jednotku produkce travní hmoty

Varianta	Jednotka	Náklady na 1 t travní hmoty			Náklady travní hmoty přepočtené na 1 t kompostu
		obilnářská	bramborářská	pícninářská	průměr
Bez dotace	Kč.t ⁻¹	485	524	595	1335
Dotace SAPS	Kč.t ⁻¹	138	149	169	380
Dotace SAPS+LFA	Kč.t ⁻¹	-69	-75	-85	-190

Náklady na slámu pro výrobu kompostu

Náklady na slámu jsou stanoveny metodou s využitím rozčítacích koeficientů stanovených na základě krmné hodnoty zrna a slámy – u ozimých obilovin 12 %, u jarních obilovin 15 % celkových nákladů. Náklady na 1 t slámy bez započtení dotací jsou cca 500 Kč.t⁻¹. V lokalitách zvýšené poptávky po slámě (např. pro energetické nebo surovinové využití) může být tržní cena slámy i výrazně vyšší. Sběr a doprava slámy na kompostárnu se řeší sběracími vozy, náklad je 120 Kč.t⁻¹. Výsledná cena slámy včetně dovozu na kompostárnu je:

- bez dotací je 620 Kč.t⁻¹,
- při využití plošných dotací (SAPS, TOP UP) 500 Kč.t⁻¹.

Na produkci 1 t kompostu je třeba 0,27 t slámy, výsledné náklady slámy na 1 t kompostu jsou tedy 167 Kč (bez dotací) resp. 135 Kč (se započtením dotací) na 1 t kompostu.

Náklady na kompostovací plochu

Náklady na kompostovací plochu na zemědělské půdě bez vodohospodářského zajištění se uvažují ve výši ročního ušlého zisku tj. cca 5 000 Kč.ha⁻¹. Pro výrobu kompostu v pásových hromadách s dvěma výrobními cykly za rok je normativní plocha na 1 t kompostu 6 m². Výsledné náklady na kompostovací plochu tedy činí cca 3 Kč na 1 t kompostu.

Náklady na provoz kompostárny

Náklady na sběr a svoz slámy a travní hmoty na kompostárnu jsou ji zahrnuty v nákladech na jejich produkci.

Základní operací kompostovacího procesu je pravidelné překopávání, využívají se zpravidla přípojné překopávače kompostu. Jedná se o jednoúčelový stroj s vyšší pořizovací cenou a poměrně nízkým ročním využitím (např. překopávač CM-ST 30C, pořizovací cena 550 tis. Kč, výkonnost 1 000 m³.h⁻¹). Na základě bilance slámy a travní hmoty lze uvažovat o roční produkci kompostárny v modelovém zemědělském podniku cca 1500 t kompostu. Při této výrobní kapacitě kompostárny je roční využití překopávače kompostu malé (pro požadované množství kompostu vyrobeného ve 2 cyklech, každý s 6 překopávkami, se pohybuje okolo 30 h) a výsledné náklady překopávače jsou cca 62 Kč na 1 t kompostu.

Při vlastní technologii kompostování jsou využívány univerzální energetické prostředky (kolový traktor s přípojným čelním nakladačem, univerzální čelní nakladač). Jejich náklady jsou určeny z normativních hodinových sazeb pro roční využití obvyklé v zemědělském podniku s výměrou 1000 ha z.p. Pro traktor 60 kW s čelním nakladačem jsou

tyto náklady ve výši cca 800 Kč na hodinu provozu (včetně obsluhy), tj. 53 Kč na 1 t kompostu.

Výsledné náklady na vlastní kompostování jsou tedy 115 Kč na 1t kompostu, resp. 118 Kč včetně započtení nákladů na kompostovací plochu. Výraznější snížení nákladů na kompostování lze docílit společným využíváním překopávače kompostu pro více zemědělských kompostáren.

Náklady na rozmetání kompostu

Kompost se v zemědělském podniku nejčastěji rozmetá soupravou traktoru s rozmetadlem o užitečné hmotnosti 10 t. Provozní náklady této strojní soupravy se pohybují okolo 1500 Kč.h⁻¹. Vzhledem k nízké aplikační dávce a krátké dopravní vzdálenosti lze uvažovat výkonnost soupravy 1,2 ha.h⁻¹. Výsledné náklady na rozmetání kompostu jsou 75 Kč.t⁻¹.

Celkové náklady na dodávku organické hmoty do půdy kompostem

Celkové náklady na zajištění potřebné dodávky organické hmoty do půdy formou kompostu jsou výrazně závislé na možnostech využití dotací, jejich výše je uvedena v tabulce 5.

Tab. 5 Celkové náklady na dodávku organické hmoty do půdy kompostem

	Měrná jednotka	Bez dotací	SAPS	SAPS + LFA
Travní hmota	Kč.t ⁻¹ kompostu	1335	380	-190
Sláma		167	135	135
Kompostování		118	118	118
Rozmetání		75	75	75
Zapravení kompostu		22	22	22
Celkem na 1 t kompostu		1717	730	160

Poznámka: Celkové náklady na dodávku organické hmoty do půdy (Kč.ha⁻¹.rok⁻¹) jsou stanoveny pro dávku 25 t.ha⁻¹ aplikovanou 1x za 5 let

Z tabulky je zřejmé, že této varianty dodávání organické hmoty do půdy je bez dotací ekonomicky nereálné. S využitím plošných dotací se pohybuje cena 1 t kompostu v hodnotách kolem 700 Kč.t⁻¹ a to je již ekonomicky srovnatelné s cenou komerčních kompostů.

3.5.2 Zelené hnojení

Meziplodiny využití na zelené hnojení jsou organickým hnojivem, které doplňuje organickou hmotu do půdy, zlepšuje půdní strukturu a zvyšuje mikrobiální aktivitu v půdě. Biomasa meziplodin zapravená do půdy má fyto-sanitární účinek na některé choroby a škůdce. Meziplodiny jsou proto vhodným přerušovačem, zejména při vysokém zastoupení obilovin v osevním postupu. Porost meziplodiny potlačuje růst plevelů a vytváří půdnímu povrchu ochranu před působením eroze. Meziplodiny na zelené hnojení váží 60-85% podíl celkového dusíku, čímž se snižuje možnost jeho průniku do spodních vod. Organická hmota po zapravení do půdy se rychle rozkládá, ale uvolňování živin z organické hmoty je pozvolné. Poutání živin z půdy v biomase rostlin a jejich postupné zpřístupňování má neopomenutelný význam. Ve vyšších a chladnějších polohách pícninářské výrobní oblasti může meziplodinu nahradit jetelotráva na orné půdě.

V současných osevních postupech mají plochy s ozimou obilovinou a řepkou téměř 60% zastoupení. Minimálně polovina ploch se uvolní v termínu, že se na nich může uplatnit meziplodina. To je možné během rotace plodin v pětiletém osevním postupu nejméně dvakrát. V porovnávaných modelech osevních postupů se počítá s průměrným výnosem meziplodiny $1,5 \text{ t}_{\text{sušiny}} \cdot \text{ha}^{-1}$.

Postup založení a ošetřování porostu meziplodiny

V osevních postupech se počítá s podmínkou strniště předplodiny do střední hloubky s povrchovou úpravou. Následuje zasetí meziplodiny secím strojem do minimálně zpracované půdy. Porost meziplodiny se před setím následné plodiny zapraví talířovým kypřičem, v některých podmínkách je třeba před zapravením talířovým kypřičem aplikovat neselektivní herbicid. Na plochách pro jařiny, které jsou ohroženy vodní erozí, se využívá vymrzajících nebo ozimých meziplodin s ponecháním přes zimu, aby byl maximálně využit jejich protierozní účinek. Následná plodina se vysévá secími stroji pro přímé setí do nezpracované půdy nebo stroji pro předset'ovou přípravu půdy v kombinaci se setím (např. vířivý kypřič nebo kypřič s nepoháněnými nástroji + secí stroj s kotoučovými secími botkami).

Významnou nákladovou položkou je osivo meziplodin. Nejčastěji se pro meziplodiny využívá hořčice bílá a svazanka vratičolistá. Cena osiva se pro tyto plodiny pohybuje okolo $500 \text{ Kč} \cdot \text{ha}^{-1}$, pro světlici a jílek $700\text{-}1000 \text{ Kč} \cdot \text{ha}^{-1}$, ostatní zejména bobovité až $2000 \text{ Kč} \cdot \text{ha}^{-1}$. Použití brukvovitých meziplodin vychází jako ekonomicky nejvýhodnější, nejen vzhledem k ceně osiva, ale i výsevku a jistotě založení porostu nebo výnosu celkové biomasy.

Celkové náklady na pěstování meziplodiny na 1 ha jsou shrnuty v tabulce 6.

Tab. 6 Celkové náklady na úhradu organické hmoty v půdě meziplodinou

	Opakovatelnost operace	Náklady soupravy	Materiál	Celkem
		Kč.ha ⁻¹	Kč.ha ⁻¹	Kč.ha ⁻¹
Setí	1	900	500	1400
Postřik totálním herbicidem	0,7	350	600	665
Zpracování diskovým kypřičem	0,7	520	0	365
Celkem		1510	920	2430

Výsledné náklady na úhradu organické hmoty v půdě meziplodinou v přepočtu na $1 \text{ t}_{\text{sušiny}}$ jsou $1620 \text{ Kč} \cdot \text{t}_{\text{sušiny}}^{-1}$.

3.5.3 Zaorání slámy

V současných podmínkách zemědělských podniků se významným způsobem uplatňuje i další varianta úhrady organické hmoty v půdě – drčení a zaorávání slámy.

Slámu zapravujeme do půdy co nejdříve po sklizni obilovin. Včasnost zapravení je důležitá pro udržení co nejvyšší vlhkosti půdy, která je podmínkou pro rychlý rozklad slámy. Pro zapravení slámy do střední hloubky 0,15 až 0,20 m se používá talířových kypřičů. V systémech zpracování půdy bez orby se uplatňují stroje, které spojují prohlubovací kypření s intenzivním zpracováním povrchové vrstvy ornice pasivními kypřicími nástroji. Kypřiče jsou zpravidla vybaveny drobicími válci, které povrch i dostatečně urovňají. Při jejich dobré funkci není nutné další ošetření v samostatné operaci.

Vhodná je kombinace hnojení slámou a kejdou. Kvalitní kejda má úzký poměr C : N v rozmezí 5 až 10 : 1. V dávce kejdy 30 až 40 t.ha⁻¹ se dodá dusík potřebný pro rychlý rozklad slámy v půdě.

Také je možné zapravení slámy s následným výsevem strniskových plodin na zelené hnojení. Výnos meziplodiny je ale u této varianty závislý na dostatku dešťových srážek a rychlém založení porostu meziplodiny, proto se využívá zřídka.

Celkové náklady na využití technologie drcení a zapravení slámy na 1 ha jsou shrnuty v tabulce 7. Uvažuje se zde průměrný výnos slámy ve výši 4 t.ha⁻¹.

Tab. 7 Celkové náklady na úhradu organické hmoty v půdě slámou

	Opakovatelnost operace	Náklady soupravy	Materiál – sláma	Celkem
		Kč.ha ⁻¹	Kč.ha ⁻¹	Kč.ha ⁻¹
Drcení slámy (adaptér ke sklízecí mlátičce)	1	350	-	350
Podmítka se zapravením slámy	1	150	2000	2150
Celkem		500	2000	2500

Poznámka: Náklady na běžnou podmínku jsou zahrnuty v předchozí plodině, v nákladech soupravy je uvedeno jen zvýšení nákladů vzhledem k větší hloubce zpracování

Výsledné náklady na úhradu organické hmoty v půdě zapravením slámy přepočtu na 1 t_{sušiny} při průměrné vlhkosti slámy 20 % jsou pak:

- bez dotací – 780 Kč.t⁻¹,
- s využitím plošných dotací – 590 Kč.t⁻¹.

3.6 Ekonomické vyhodnocení doporučených variant

Pro porovnání ekonomiky variant doplnění organické hmoty do půdy v zemědělských podnicích bez živočišné výroby byly vybrány následující varianty:

- aplikace průmyslového kompostu,
- zapravení 100 % slámy + doplnění potřebné organické hmoty průmyslovým kompostem,
- zapravení 50 % slámy + doplnění potřebné organické hmoty průmyslovým kompostem,
- zapravení 50 % slámy + doplnění potřebné organické hmoty faremním kompostem,
- zapravení 100 % slámy + zelené hnojení 2x za osevní postup.

Pro všechny varianty se vychází z podmínky doplnění 3,5 t organické hmoty v sušině na 1 ha ročně. Po odpočtu posklizňových zbytků (tab. 2) pak vychází potřeba minimální úhrady organické hmoty za 5 let (rotace osevního postupu) ve výrobní oblasti obilnářské 11,5 t, ve výrobní oblasti píceňářské 13,1 t v sušině. V bramborářské výrobní oblasti jsou podmínky pro ekonomické hodnocení přibližně shodné s obilnářskou výrobní oblastí, v kukuřičné a řepařské výrobní oblasti je pro výrobu kompostů nedostatek travní hmoty a pro pěstování meziplodin nejistota výnosu z důvodu sucha, proto jsme tyto oblasti z hodnocení vyřadili.

V tabulkách 8 a 9 je vyhodnocena ekonomika jednotlivých variant úhrady organické hmoty v půdě pro obilnářskou a píceňářskou výrobní oblast a to ve variantách:

- bez dotací,
- s využitím plošných dotací (SAPS),
- s využitím plošných dotací i dotací LFA.

Údaje v tabulkách dále vychází z následujících podmínek:

- obilnářská výrobní oblast - obiloviny na 60 % o.p., průměrný výnos slámy 4 t.ha⁻¹, travní porosty na 29 % z.p., průměrný výnos 13 t.ha⁻¹ zelené travní hmoty, výnos zeleného hnojení je 1,5 t_{sušiny} na 1 ha;

- pícninářská výrobní oblast - obiloviny na 80 % o.p., průměrný výnos slámy $3,5 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$, travní porosty na 59 % z.p., průměrný výnos $10 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ zelené travní hmoty, výnos zeleného hnojení je $1,25 \text{ t}_{\text{sušiny}}$ na 1 ha;
- náklady travních porostů jsou stanoveny pro extenzivní pěstování ve výši $6500 \text{ Kč}\cdot\text{ha}^{-1}$ a zahrnují náklady variabilní (10 % nákladů na založení porostu, náklady na sečení a odvoz porostu resp. jeho mulčování, vláčení porostu) i náklady fixní (pronájem, daně, výrobní a správní režie);
- dotace jsou dle podmínek roku 2011 tj. dotace SAPS ve výši $4686 \text{ Kč}\cdot\text{ha}^{-1}$ z.p., dotace LFA jsou uvažovány ve výši $2800 \text{ Kč}\cdot\text{ha}^{-1}$ travních porostů;
- zbývající produkce slámy, která nebude využívána v systému úhrady organické hmoty v půdě, se bude sklízet a realizovat mimo podnik, tržní cena slámy je stanovena výši $500 \text{ Kč}\cdot\text{t}^{-1}$, (pokrývá náklady na produkci slámy), její skutečná tržní cena však bývá v současné době v některých oblastech i výrazně vyšší;
- odpočet hodnoty hnojivých prvků (NPK) je proveden podle obsahu prvků v kompostu (resp. slámě a zeleném hnojení) a průměrných nákladů na tyto prvky v minerálních hnojivech;
- při aplikaci průmyslového kompostu, tj. kompostu ze sítě kompostáren se zpracováním komunálních odpadů, se uvažuje průměrná tržní cena kompostu $600 \text{ Kč}\cdot\text{t}^{-1}$.

Tab. 8 Náklady na úhradu organické hmoty do půdy - výrobní oblast obilnářská - průměrné údaje na 1 ha za 5 letý osevní postup

Varianta úhrady organické hmoty			Bez dotací								
			Dávka	Náklady					Přínos		Výsledné náklady celkem
				Materiál. vstupy	Rozmetání zapravení kompostu	Lisování a odvoz slámy	Náklady travních porostů	Náklady celkem	Tržní cena slámy	Odpočet NPK	
			t.ha ⁻¹	Kč.ha ⁻¹					Kč.ha ⁻¹		Kč.ha ⁻¹
1)	Průmyslový kompost	kompost	25,0	15000	1875	3900	3900	29917	6000	5540	18377
2)	Zapravení slámy (100%)	sláma	12,0	6000	1500	0	0	20692	0	2317	17046
	+ průmyslový kompost	kompost	6,0	3600	450	0	0			1330	
3)	Zapravení slámy (50%)	sláma	6,0	3000	750	1950	1950	24292	3000	1158	17031
	+ průmyslový kompost	kompost	14,0	8400	1050	0	0			3102	
4)	Zapravení slámy 50 %	sláma	6,0	3000	750	1950	1950	29500	1500	1158	23739
	+ faremní kompost	kompost	14,0	23800	0	0	0			3102	
5)	Zelené hnojení (2 x)	meziplodina	-	4860	0	0	0	21502	0	600	18585
	+ sláma 100 %	sláma	12,0	6000	1500	0	0			2317	

Pokračování tabulky 8

Varianta úhrady organické hmoty			S využitím plošných dotací								
			Dávka	Náklady					Přínos		Výsledné náklady celkem
				Materiál. vstupy	Rozmetání zapravení kompostu	Lisování a odvoz slámy	Náklady travních porostů	Náklady celkem	Tržní cena slámy	Odpočet NPK	
			t.ha ⁻¹	Kč.ha ⁻¹					Kč.ha ⁻¹		Kč.ha ⁻¹
1)	Průmyslový kompost	kompost	25,0	15000	1875	3900	2639	23414	6000	5540	11874
2)	Zapravení slámy (100%)	sláma	12,0	4560	1500	0	2639	12749	0	2317	9102
	+ průmyslový kompost	kompost	6,0	3600	450	0	0			1330	
3)	Zapravení slámy (50%)	sláma	6,0	2280	750	1950	2639	17069	3000	1158	9808
	+ průmyslový kompost	kompost	14,0	8400	1050	0	0			3102	
4)	Zapravení slámy 50 %	sláma	6,0	2280	750	1950	0	15200	1500	1158	9439
	+ faremní kompost	kompost	14,0	10220	0	0	0			3102	
5)	Zelené hnojení (2 x)	meziplodina	-	4860	0	0	2639	13559	0	600	10642
	+ sláma 100 %	sláma	12,0	4560	1500	0	0			2317	

Pokračování tabulky 8

Varianta úhrady organické hmoty			S využitím plošných dotací + dotací LFA								
			Dávka	Náklady					Přínos		Výsledné náklady celkem
				Materiál. vstupy	Rozmetání zapravení kompostu	Lisování a odvoz slámy	Náklady travních porostů	Náklady celkem	Tržní cena slámy	Odpočet NPK	
			t.ha ⁻¹	Kč.ha ⁻¹					Kč.ha ⁻¹		Kč.ha ⁻¹
1)	Průmyslový kompost	kompost	25,0	15000	1875	3900	-1320	19456	6000	5540	7916
2)	Zapravení slámy (100%)	sláma	12,0	4560	1500	0	-1320	8791	0	2317	5144
	+ průmyslový kompost	kompost	6,0	3600	450	0	0			1330	
3)	Zapravení slámy (50%)	sláma	6,0	2280	750	1950	-1320	13111	3000	1158	5850
	+ průmyslový kompost	kompost	14,0	8400	1050	0	0			3102	
4)	Zapravení slámy 50 %	sláma	6,0	2280	750	1950	0	7220	1500	1158	1459
	+ faremní kompost	kompost	14,0	2240	0	0	0			3102	
5)	Zelené hnojení (2 x)	meziplodina	-	4860	0	0	-1320	9601	0	600	6684
	+ sláma 100 %	sláma	12,0	4560	1500	0	0			2317	

Tab. 9 Náklady na úhradu organické hmoty do půdy - výrobní oblast pícninářská - průměrné údaje na 1 ha za 5 letý osevní postup

Varianta úhrady organické hmoty			Bez dotací								
			Dávka	Náklady					Přínos		Výsledné náklady celkem
				Materiál. vstupy	Rozmetání zapravení kompostu	Lisování a odvoz slámy	Náklady travních porostů	Náklady celkem	Tržní cena slámy	Odpočet NPK	
			t.ha ⁻¹	Kč.ha ⁻¹					Kč.ha ⁻¹		Kč.ha ⁻¹
1)	Průmyslový kompost	kompost	25,0	15000	1875	5200	17553	39628	7000	5540	27088
2)	Zapravení slámy (100%)	sláma	14,0	7000	2000	0	17553	29253	0	2703	25663
	+ průmyslový kompost	kompost	4,0	2400	300	0	0			886	
3)	Zapravení slámy (50%)	sláma	7,0	3500	1000	2600	17553	34103	3500	1352	26149
	+ průmyslový kompost	kompost	14,0	8400	1050	0	0			3102	
4)	Zapravení slámy 50 %	sláma	7,0	3500	1000	2600	0	30900	1750	1352	24696
	+ faremní kompost	kompost	14,0	23800	0	0	0			3102	
5)	Zelené hnojení (2 x)	meziplodina	-	4860	0	0	17553	31163	0	500	27959
	+ sláma 100 %	sláma	14,0	7000	1750	0	0			2703	

Pokračování tabulky 9

Varianta úhrady organické hmoty			S využitím plošných dotací								
			Dávka	Náklady					Přínosy		Výsledné náklady celkem
				Materiál. vstupy	Rozmetání zapravení kompostu	Lisování a odvoz slámy	Náklady travních porostů	Náklady celkem	Tržní cena slámy	Odpočet NPK	
			t.ha ⁻¹	Kč.ha ⁻¹					Kč.ha ⁻¹		Kč.ha ⁻¹
1)	Průmyslový kompost	kompost	25,0	15000	1875	5200	5015	27090	7000	5540	14550
2)	Zapravení slámy (100%)	sláma	14,0	5320	2000	0	5015	15035	0	2703	11445
	+ průmyslový kompost	kompost	4,0	2400	300	0	0			886	
3)	Zapravení slámy (50%)	sláma	7,0	2660	1000	2600	5015	20725	3500	1352	12771
	+ průmyslový kompost	kompost	14,0	8400	1050	0	0			3102	
4)	Zapravení slámy 50 %	sláma	7,0	2660	1000	2600	0	16480	1750	1352	10276
	+ faremní kompost	kompost	14,0	10220	0	0	0			3102	
5)	Zelené hnojení (2 x)	meziplodina	-	4860	0	0	5015	16945	0	500	13742
	+ sláma 100 %	sláma	14,0	5320	1750	0	0			2703	

Pokračování tabulky 9

Varianta úhrady organické hmoty			S využitím plošných dotací + dotací LFA								
			Dávka	Náklady					Přínos		Výsledné náklady celkem
				Materiál. vstupy	Rozmetání zapravení kompostu	Lisování a odvoz slámy	Náklady travních porostů	Náklady celkem	Tržní cena slámy	Odpočet NPK	
			t.ha ⁻¹	Kč.ha ⁻¹					Kč.ha ⁻¹		Kč.ha ⁻¹
1)	Průmyslový kompost	kompost	25,0	15000	1875	5200	7000	19568	7000	5540	7028
2)	Zapravení slámy (100%)	sláma	14,0	5320	2000	0	0	7513	0	2703	3923
	+ průmyslový kompost	kompost	4,0	2400	300	0	0			886	
3)	Zapravení slámy (50%)	sláma	7,0	2660	1000	2600	3500	13203	3500	1352	5249
	+ průmyslový kompost	kompost	14,0	8400	1050	0	0			3102	
4)	Zapravení slámy 50 %	sláma	7,0	2660	1000	2600	1750	7246	1750	1352	1042
	+ faremní kompost	kompost	14,0	2240	0	0	0			3102	
5)	Zelené hnojení (2 x)	meziplodina	-	4860	0	0	0	9423	0	500	6219
	+ sláma 100 %	sláma	14,0	5320	1750	0	0			2703	

Z kalkulace přínosů a nákladů jednotlivých variant úhrady organické hmoty v půdě vyplývají následující závěry.

1. Obilnářská výrobní oblast

- V podmínkách bez dotací je realizace úhrady organické hmoty v půdě v podstatě ekonomicky nereálná, je na shodné nebo vyšší úrovni, než je finanční výnos z plochy při pěstování obilí. U úhrady faremním kompostem je úhrada organické hmoty za 4,75 tis. Kč.ha⁻¹.rok⁻¹. Důvodem jsou vyšší náklady na slámu a travní hmotu do faremního kompostu při pěstování bez dotací. Výsledné náklady bez dotací se u varianty se 100% i 50% zapravením slámy pohybují kolem 3,4 tis. Kč.ha⁻¹ zemědělské půdy, u varianty se zeleným hnojením za 3,72 tis. Kč.ha⁻¹, to je prakticky na úrovni kupovaného kompostu, který je za 3,68 tis. Kč.ha⁻¹.rok⁻¹.
- Při využití plošných dotací je úhrada organické hmoty již ekonomicky příznivější. Výsledné náklady se pohybují mezi 1,8 až 2,0 tis. Kč.ha⁻¹.rok⁻¹. Poněkud dražší je varianta zeleného hnojení (snížení přínosů za slámu), nejdražší variantou je plné uplatnění kupovaného průmyslového kompostu.
- Při využití plošných dotací i dotací LFA se pak stává výrazně nejlevnější variantou uplatnění faremního kompostu. Výsledný náklad na úhradu organické hmoty je ve variantě s faremním kompostem 0,3 tis. Kč.ha⁻¹.rok⁻¹, u variant 2 a 3 se zapravenou slámou se pohybují okolo 1,1 tis. Kč.ha⁻¹.rok⁻¹, varianta zeleného hnojení již 1,4 tis. Kč.ha⁻¹.rok⁻¹ a průmyslový kompost 1,6 tis. Kč.ha⁻¹.rok⁻¹.

2. Výrobní oblast pícninářská

- V podmínkách bez dotací je realizace úhrady organické hmoty v půdě ještě výrazněji ekonomicky nereálná, než v obilnářské výrobní oblasti. Výsledné náklady na úhradu organické hmoty ve variantách se zapravením slámy a faremního kompostu se bez dotací pohybují kolem 5,0 tis. Kč.ha⁻¹.rok⁻¹, u varianty s průmyslovým kompostem je za 5,4 tis. Kč.ha⁻¹.rok⁻¹. Nejdražší variantou je zelené hnojení s náklady 5,6 tis. Kč.ha⁻¹.rok⁻¹ (důvodem je nulový tržní přínos slámy a nižší odpočet živin NPK).
- Při využití plošných dotací je úhrada organické hmoty již ekonomicky příznivější. Výsledné náklady se však i zde pohybují mezi 2,0 až 2,9 tis. Kč.ha⁻¹.rok⁻¹, nejlevnější variantou je uplatnění faremního kompostu s náklady 2,0 tis. Kč.ha⁻¹.rok⁻¹. Nejdražšími variantami úhrady jsou zelené hnojení 2,8 tis. Kč.ha⁻¹.rok⁻¹ a průmyslový kompost 2,9 tis. Kč.ha⁻¹.rok⁻¹.
- Při možnosti využití plošných dotací i dotací LFA se pak stává výrazně nejlevnější variantou uplatnění faremního kompostu - výsledný náklad je 0,2 tis. Kč.ha⁻¹.rok⁻¹, k nejdražším variantám patří opět varianta zeleného hnojení (1,25 tis. Kč.ha⁻¹.rok⁻¹) a varianta průmyslového kompostu (1,4 tis. Kč.ha⁻¹.rok⁻¹).

Závěr

Z výše uvedených kalkulací vyplývá, že více než vlastní náklady technologických operací mají na výsledné náklady úhrady organické hmoty v půdě vliv vnější ekonomické podmínky, a to především:

- *výše dotací a možnosti jejich využití,*
- *tržní cena slámy,*
- *náklady na travní porosty (možnost výraznějšího snížení při tržním uplatnění produkce nevyužitelné pro faremní kompostování),*
- *cena průmyslového kompostu.*

4 DOPORUČENÍ PRO UŽIVATELE

Organizační a agrotechnická opatření proti vodní erozi jsou ekonomicky nejméně náročná. Jsou popsána i v implementaci a pokynech pro dodržování standardů „Dobrého a environmentálního stavu“ (GAEC) a v „Příručce ochrany proti vodní erozi“ vydané Ministerstvem zemědělství (2011). Vsakování vody do půdy je ovlivněno strukturou půdy v ornici. Pro udržení nebo i zlepšení struktury půdy je podmínkou dostatečný přísun organické hmoty do půdy. Přeměny organické hmoty v půdě na humus příznivě působí na tvorbu půdních agregátů a jejich vodostálost, zvyšuje se i odolnost nežádoucímu zhutňování. Tyto změny v půdě jsou dlouhodobé. Zlepšení půdní struktury dává předpoklad pro zvýšení zadržování vody v půdě a snížení splavení zeminy z ornice. Přínosem je snížení vodní eroze a ochrana půdního fondu.

Při hodnocení vlivu odstupňovaných dávek kompostu z odpadní biomasy na fyzikální vlastnosti půdy lze po čtyřech sezónách (2008 až 2011) vyvodit závěr o příznivém dopadu kompostu na základní fyzikální vlastnosti půdy. Po zapravení kompostu nebo rostlinných zbytků do ornice vždy při intenzivních srážkách započal povrchový odtok vody později a jeho podíl z úhrnu dešťové srážky byl v porovnání s kontrolní variantou bez kompostu nižší.

K zlepšení vsakování vody do půdy lze doporučit jak zapravení vysokých dávek kompostu u BRO tak i organické hmoty z posklizňových zbytků. Zvýšený obsah organické hmoty v ornici zvyšuje její jímavost pro vodu, při intenzivních srážkách snižuje riziko vzniku povrchového odtoku a je pozitivním ekologickým přínosem pro krajinu.

5 SROVNÁNÍ NOVOSTI POSTUPŮ

Novost metodických doporučení spočívá v komplexním hodnocení způsobu dodání organické hmoty do půdy se zaměřením na komposty vyrobené z BRO jako opatření ke zlepšení hydrofyzikálních vlastností a ke snížení nebezpečí povrchového odtoku vody při intenzivních srážkách. Pro uplatnění příznivých účinků zapravení kompostu a rostlinných zbytků na infiltraci vody do půdy je důležité dodržení zásad doporučených pro zvolený systém zpracování půdy a volbu sledu plodin v osevním postupu.

6 POPIS UPLATNĚNÍ METODIKY

Metodika je určena zemědělské praxi, producentům odpadní biomasy a subjektům v odborném poradenství. Je příspěvkem k přehodnocení významu koloběhu organické hmoty při pěstování tržních plodin v podmínkách hospodaření bez živočišné výroby a doporučením k efektivnímu využívání kompostů vyráběných z odpadní biomasy.

7 SEZNAM POUŽITÉ SOUVISEJÍCÍ LITERATURY

- ABRHAM Z., HEROUT M., RICHTER J. Ekonomika doporučených strojních souprav. [Economy of recommended machine sets]. Soubor normativů na internetových stránkách VÚZT v.v.i., v části Databáze a programy/Normativy pro poradenství.
- ABRHAM Z., KOVÁŘOVÁ M., RICHTER J. Ekonomika pěstování plodin. [Economy of crop production]. Soubor normativů na internetových stránkách VÚZT v.v.i., v části Databáze a programy/Normativy pro poradenství.
- AGROCENZUS 2010 - regiony, strukturální šetření v zemědělství a metody zemědělské výroby, ČSÚ Praha, kód publikace 2129-11, Praha, 2011. ISBN 978-80-250-2112-5

- AL-WIDYAN M. I., AL-ABED N., AL-JALIL H. Effect of Composted Olive Cake on Soil physical Properties. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 2005, no. 36, p. 1199-1212.
- ČSN 46 5735 „Průmyslové komposty“
- EAGLEMAN J. R., JAMISON V. C. Soil Layering and Compaction Effects on Unsaturated Moisture Movement. *Soil Science Society of America Journal*, 1962, vol. 26, no. 6, p. 519-522.
- NEUBERG J., JEDLIČKA J., ČERVENÁ H. Výživa a hnojení plodin. *Metodika*. Praha, ÚZPI, 1995, č. 8, 66 s. ISSN 73665/1-2
- THOMPSON A.M., PAUL A.C., AND BALSTER N.J. Physical and hydraulic properties of engineered soil media for bioretention basins. *Transaction of the ASABE*, 2008, no. 51(2), p. 499-514.
- VACH M. a kol. Hospodaření na půdě bez živočišné výroby. *Metodika pro zemědělskou praxi*, 2005, 51 s.
- ZEYTIN S., BARAN A. Influences of Composted Hazelnut Husk on some Physical Properties of Soils. *Bioresource Technology*, 2003, vol. 88, no. 3, p. 241-244.

8 SEZNAM PUBLIKACÍ, KTERÉ PŘEDCHÁZELY METODICE

- ABRHAM Z., KOVAŘÍČEK P. Technologické systémy pro aplikaci tuhých minerálních hnojiv. *Mechanizace zemědělství*. 2009, roč. LIX., č. 9, s. 56-61.
- HŮLA J., KOVAŘÍČEK P., KROULÍK M. Vsakování vody do půdy a povrchový odtok vody u širokořádkových plodin. *Listy cukrovarnické a řepařské*. 2010, roč. 126, č. 1, s. 22-26.
- HŮLA J., KOVAŘÍČEK P. Water infiltration into soil and surface water runoff in maize growing by three cultivation technologies. In: *4th International Conference TAE 2010. Trends in Agricultural Engineering 2010*. Praha, 7.-10.9.2010, CZU v Praze, 2010, p. 232-235. ISBN 978-80-213-2088-8
- HŮLA J., NOVÁK P., KOVAŘÍČEK P., STANĚK L. Indikátory vodní eroze půdy při pěstování kukuřice. *Mechanizace zemědělství*. 2011, roč. LXI., zvláštní vydání, s. 152-158. ISSN 0373-6776
- KOVAŘÍČEK P., HŮLA J., VLÁŠKOVÁ M. A decrease of water infiltration in wheel ruts of farm machines. In: *Crop management practices adaptable to soil conditions climate change. 6th International Soil Conference ISTRO –Branch Czech Republic, Prague, Czech Republic, 31.8.-2.9.2011 Pruhonice near Prague, Troubsko, 2011*, p. 157-162. ISBN 978-80-86908-27-4
- KOVAŘÍČEK P., KROULÍK M., HŮLA J., MAREŠOVÁ K., BRANT V., PROCHÁZKOVÁ B. Water infiltration under different soil tillage treatment. In: *Technology and management to ensure sustainable agriculture, agro systems, forestry and safety. XXXIII CIOSTA CIGR V Conference 2009, Reggio Calabria, Italy, 17.-19. June 2009, University Mediterranea of Reggio Calabria, 2009*, vol. 3, p. 1735-1739. ISBN 978-88-7583-031-2
- KOVAŘÍČEK P., MAREŠOVÁ K., HŮLA J., KROULÍK M. Využití hrůbkování při pěstování širokořádkových plodin. *Listy cukrovarnické a řepařské*. 2010, roč. 126, č. 3, s. 91-96. ISSN 1210-3306
- KOVAŘÍČEK P., MAREŠOVÁ K., HŮLA J., KROULÍK M., VLÁŠKOVÁ M. Effect soil loosening intensity on water runoff rate under simulated rain conditions. In: *4th*

- International Conference TAE 2010. Trends in Agricultural Engineering 2010. Praha, 7.-10.9.2010, CZU v Praze, p. 329-333. ISBN 978-80-213-2088-8
- KOVAŘÍČEK P., MAREŠOVÁ K., KOLLÁROVÁ M., VLÁŠKOVÁ M. Vliv kompostu na objemovou hmotnost, vodní kapacitu a hydraulickou vodivost substrátu. Agritech Science <http://www.agritech.cz/>, 2010, č. 2, článek 6, s. 1-8. ISSN 1802-8942
- KOVAŘÍČEK P., ŠINDELÁŘ R., ANDERT D., VLÁŠKOVÁ M., FRYDRYCH J. Hodnocení povrchového odtoku vody na trvalém travním porostu při intenzivních dešťových srážkách, <http://www.agritech.cz/>, 2008, č. 2, článek 4, s. 1-8.
- KOVAŘÍČEK P., VLÁŠKOVÁ M., NOVÁK P., HŮLA J. Vliv utužení povrchu půdy na infiltraci dešťové vody. Mechanizace zemědělství. 2011, roč. LXI, č. 6, s. 34-36. ISSN 0373-6776
- KROULÍK M., BRANT V., MAŠEK J., KOVAŘÍČEK P. Influence of soil tillage treatment and compost application on soil properties and water infiltration. In: 4th International Conference TAE 2010. Trends in Agricultural Engineering 2010. Praha, 7.-10.9.2010, CZU v Praze, p. 343-349. ISBN 978-80-213-2088-8.
- MAREŠOVÁ K., HŮLA J., ŠEDIVCOVÁ G., KOVAŘÍČEK P. Ovlivnění fyzikálních vlastností půd prostřednictvím kompostů z biologicky rozložitelných odpadů. In Využitie výsledkov výskumu k zlepšeniu vzťahu poľnohospodárskej činnosti a životného prostredia. Mužla, 17.3.2009. SPU Nitra: Scientific Pedagogical Publishing, 2009 s. 37-45. ISBN 978-80-552-0191-7
- NOVÁK P., KOVAŘÍČEK P., MAŠEK J., HŮLA J. Measurement of soil resistance to water erosion in three ways of establishing maize crop. In. Engineering for rural development. 10th International Scientific Conference. 2011, Jelgava, Latvia University of Agriculture, 26.-27.5.2011, s. 51-54. ISSN 1691-3043
- PLÍVA P. a kol. Kompostování v pásových hromadách na volné ploše. Praha, Vydavatelství Profi Press, s.r.o., 2009. 1. vydání, 136 s. ISBN 978-80-86726-32-8
- PLÍVA P. a kol. Technika pro kompostování v pásových hromadách. VÚZT,v.v.i., Praha, 2005, 72 s. ISBN 80-86884-02-3
- PLÍVA P. Měření optimálního průběhu kompostovacího procesu. Komunální technika, 2010, roč. 4, č. 3. s. 22-26. ISSN 1802-2391
- ROY A., LAURIK S., PLÍVA P. Výroba kompostů s různou objemovou hmotností. Metodika pro praxi. Praha, VÚZT, 2010, 20 s.
- ŠINDELÁŘ R., KROULÍK M., KOVAŘÍČEK P., VLÁŠKOVÁ M., HŮLA J.: Měření infiltrace vody do půdy pomocí kruhového infiltrometru Mini Disk <http://www.agritech.cz/>, 2008, č. 3, článek 4, s. 1-5.
- VLČKOVÁ M., KOVAŘÍČEK P., BENEŠOVÁ V., VLÁŠKOVÁ M., KULHAVÝ Z., PRAŽÁK, P. Vliv aplikovaného kompostu na vlastnosti půd vybraných lokalit ČR. In Vplyv antropogénnej činnosti na vodný režim nížinného územia. Fyzika vody v pôde. Influence of Anthropogenic Activities on Water Regime of Lowland Territory. Physics of soil Water. Vinianske jazero 17-19.5.2011, Bratislava/Michalovce ÚH SAV/IH SAS, 2011, s. 550-561. ISBN 978-80-89139-23-1

Název: **TECHNOLOGIE A EKONOMIKA ZVYŠOVÁNÍ PROTIEROZNÍ
ODOLNOSTI PŮDY ZAPRAVENÍM ORGANICKÉ HMOTY**

Autoři: **Ing. Pavel Kovaříček, CSc.
Ing. Zdeněk Abrham, CSc.
prof. Ing. Josef Hůla, CSc.
Ing. Petr Plíva, CSc.
Marcela Vlášková
Ing. Milan Kroulík, Ph.D.
Ing. Jiří Mašek, Ph.D.**

Oponenti: **Ing. Michaela Budňáková
Ing. Martin Dubský, Ph.D.**

Registrační číslo č.j.: 226810/2012-MZE-17221



Výzkumný ústav zemědělské techniky, v.v.i., Praha-Ruzyně

2012