

Využití rychlokompostů při revitalizaci půdního prostředí kontaminovaného ropnými látkami

**Ing. Jan Hrubý, CSc., Ing. Barbora Badalíková, RNDr. Jan Nedělník, Ph.D.,
Výzkumný ústav pícninářský, s.r.o., 664 41 Troubsko
e-mail: hruby@vupt.cz**

Úvod

Mezinárodní projekt Eureka E!2190 - Revital „Ekologická recyklace bioodpadů se zaměřením na revitalizaci půdy a území znečištěných ropnými látkami,“ byl zaměřen na ekonomické a ekologické využití bioodpadů ze zemědělské, potravinářské a komunální sféry. Inovačním přínosem navrhovaného projektu je výzkum a vývoj nových technologií a zařízení pro výrobu rychlokompostu a jeho využití při revitalizaci krajiny.

Pro dekontaminaci zemědělské půdy, resp. zeminy, zamořené ropnými látkami byla řešena technologická inovace formou tzv. „dvoufázové dekontaminace,“. V této souvislosti byly testovány energetické a netradiční plodiny a studována jejich reakce na toxické zamoření zeminy.

Cílem projektu bylo navrhnout a vyvinout:

- technologii pro zpracování komunálních bioodpadů, odpadů ze zemědělské výroby a potravinářského průmyslu i biomasy z nepotravinářské rostlinné produkce při současném využití kejdy a drůbežího trusu se zaměřením na produkci rychlokompostů a jejich použití zejména při dekontaminaci půdy znečištěné ropnými látkami,
- prototyp zařízení s denním automatickým překopáváním kompostu pro vytvoření optimálních aerobních podmínek a vývoj mobilního zařízení pro míchání zamořených kalů z čistíren odpadních vod a zeminy s kompostem,
- pěstební technologie pro pěstování vybraných plodin na zamořených územích petrochemikáliemi s cílem maximální produkce biomasy pro potřeby kompostování, dekontaminaci zeminy nebo další cílové využití (osivo).

Na řešení projektu se podílelo vedle hlavního řešitele – VÚP Troubsko, spol.s r.o. a jeho smluvních partnerů (Ekobioprogres, v.d.Brno, Přírodovědecká fakulta Ostravské univerzity, Agro-eko Ostrava, s.r.o.) i výzkumné pracoviště v Maďarsku (Bio-gen, kft. Tapolca) a jeho smluvní partner (Saint Stephan University).

Literární přehled

Resort zemědělství výrazně ovlivňuje životní prostředí v jeho základních oblastech – vodě, půdě a ovzduší. Zemědělství produkuje odpady (případně zbytky), které jsou z části recyklovatelné, ale i takové, které patří do skupiny nebezpečných odpadů (Jelínek et al., 2001). V současné době jsou budována nákladná zařízení na ochranu životního prostředí, tzv. „koncové technologie“, které nejsou integrální součástí výrobní technologie, ale jsou přidávána na její konec za účelem zachycení nebo úpravy produkovaného znečištění (spalovny, skládky, kompostárny, atd.).

Na většině zemědělských ploch v ČR vzniká objektivní nutnost zaměřit pozornost na problematiku uchování půdní úrodnosti i k revitalizaci krajiny zdevastované antropogenní činností (Hrubý, Mezuliánik 1997).

Předložené řešení projektu je zaměřen na zhodnocení nově vyvinuté „koncové technologie“ produkce rychlokompostů ve fermentačních žlabech při maximálním využití bioodpadů ze zemědělské a potravinářské výroby i komunální sféry, při vytváření optimálních podmínek pro humifikaci organických látek. Inovačním přínosem této technologie je vývoj a výzkum nových

technických zařízení a technologických procesů umožňujících ekologicky a ekonomicky převod organických látek zastoupených v bioodpadech do trvalého humusu při současném využití minerálních živin. Každá technologie kompostování musí zabezpečovat optimální podmínky pro činnost mikroorganismů přeměňujících organickou hmotu, jde o mikroorganismy aerobní s vysokými nároky na kyslík a produkující oxid uhličitý (Váňa 1994). Podle tohoto autora musí technologie výroby kompostů zajistit maximální homogenitu a promísení všech složek a umožnit optimální teplotní režim zrajícího kompostu.

Inovační přínos navržené technologie rovněž spočívá ve víceúčelovém využití vyprodukovaných rychlokompostů, a to nejen jako tradiční organické hnojivo, ale rovněž na zpracování bioodpadů na sypké biopalivo, kdy fermentovaná směs bioodpadů je dosušena na min. 70% sušiny nebo pelety. Kombinací rychlokompostů s minerálními zdroji dusíku lze získat organominerální hnojivo se zvýšeným obsahem dusíku. Kolář, Kužel (2000) definují podmínky při jejichž optimálním naplnění lze zabezpečit všechny agrochemické požadavky na využití kompostů jako vysoce kvalitní organominerální hnojivo. Jedná se především o zajištění podmínek pro optimální rozvoj mikroflóry úpravou pH prostředí a jeho živinného režimu, minimálních ztrát tepla z fermentující směsi vedením, sáláním a prouděním tepla, dokonalé homogenizace složek, optimalizace poměru C:N složek a snadnou mikrobiální rozložitelnost organické složky kompostované směsi, přitom významnou podmínkou je nepřítomnost organických polutantů, zdrojů minerálních škodlivin, těžkých kovů a obecně všech pesticidů, tenzidů, tuků a olejů. Váňa (1998) tvrdí, že bioodpad, který není kontaminován cizorodými látkami je předurčen k recyklaci do půdy jako zdroj organické hmoty a živin nebo by měl být využíván jako alternativní zdroj energie a neměl by být likvidován na skládkách odpadů.

Hlavní příčinou dlouhodobých škod u kontaminovaných půd ropnými látkami je především destrukce půdní struktury peptizací koloidů a narušení vodovzdušných poměrů. Pro úspěšnou dekontaminaci každé lokality je proto nutná znalost geologie, geochemie a hydrogeologie. Na druhé straně fyzikální a chemické vlastnosti ropných produktů výrazně ovlivňují druh technologie dekontaminace, která může být použita ke snížení obsahu uhlovodíků v půdách (Raclavská, 1998). Bioasanace zamořené půdy ropnými látkami spočívá především ve schopnosti mikroorganismů využívat tyto látky jako zdroj energie a živin. Dosavadní výsledky naznačují, že optimální podmínky pro urychlení humifikace organických látek jsou současně optimálními podmínkami pro urychlení dekontaminace zamořené půdy organickými polutanty. Podle této autorky (Raclavská, 1998) je biodegradace ropných uhlovodíků významně závislá na mikroorganizmech, které jsou primárně přítomny v půdách a na specifických podmínkách prostředí. Aerobní biodegradaci ovlivňují především hustota mikrobiální populace, přítomnost kyslíku, koncentrace živin, teplota prostředí, pH a vlhkost půdy. Rychlost biodegradace ropných látek závisí rovněž na struktuře jejich molekul, přičemž např. Gough et al. (1992) předpokládají rychlý rozklad uhlovodíků s jednoduchou strukturou. Římovský, Bauer et al. (1998) konstatují, že úroveň znečištění půdního prostředí ropnými látkami je dána celkovým obsahem nepolárních extrahovatelných látek (NEL v mg.kg⁻¹ sušiny). Stejní autoři studovali v modelových pokusech biodegradaci ropných látek v půdě. V této souvislosti ověřili možnosti využití stimulačního účinku kejdy prasat. Zjištěné hodnoty sledovaných parametrů znečištěné půdy ropnými látkami (vyjádřené především v NEL) dokumentovaly pozitivní vliv kejdy na jejich biodegradaci, neboť hnojení kejdou po stimulaci činnosti půdních mikroorganismů urychlilo tento proces v půdě a omezilo negativní působení na produkci sklizené biomasy senážního ovsa a ozimého žita. Vliv kejdy na biodegradaci ropných produktů potvrdili i další autoři (Aggarwal, Hlinchee, 1991).

Řešení projektu EUREKA – Revital bylo rozděleno do následujících oblastí :

I. Výzkum agrotechnických opatření k netradičním a energetickým plodinám

Pro řešení daného okruhu problémů týkajících se agrotechnických opatření u vybraných technických, netradičních a energetických plodin, které jsou charakteristické především vysokým obsahem sušiny, byly založeny čtyři poloprovozní pokusy v rozdílných agroekologických podmínkách:

- a) Albrechtice (AGRO-eko Ostrava, s.r.o.) – polní podmínky
- b) Agropodnik Dvorce, a.s. - polní podmínky
- c) ZD Kostice (okres Břeclav) – polní podmínky
- d) Složiště EDĚ Orlová-Zimný důl – revitalizace skládky ozeleněním.

Vyhodnocení výsledků pěstebních technologií netradičních a energetických plodin

Na pokusných stanovištích Albrechtice a Orlová-Zimný důl byl v letech 2000 - 2002 ověřován růst a vývoj (fenologická pozorování) i výnosy zelené hmoty porostů širokého sortimentu píce, technických a energetických plodin se záměrem prakticky ověřit v konkrétních podmínkách možnosti ozelenění v současné době neproduktivních, resp. nezemědělsky využívaných ploch tzv. netradičními, resp. minoritními plodinami.

Testovány byly např. následující plodiny: čičorka pestrá (*Coronilla varia L.*), světlice barvířská (*Carthamus tinctorius L.*), komonice bílá (*Melilotus albus Med*) - směs jednoleté a dvouleté, tolíce dětelová (*Medicago lupulina L.*), svatojánské žito (*Secale cereale, var. multicaule*), sveřep stoklasa (*Bromus secalinus L.*), lopuch větší (*Arctium lappa L.*) sléz krmný (*Malva verticillata L.*), lesknice kanárská (*Phalaris canariensis L.*), hořčice bílá (*Sinapis alba L.*), svazanka vratičolistá (*Phacelia tanacetifolia Benth.*), lnička jednoletá (*Camelina sativa L.*), boryt barvířský (*Isatis tinctoria l.*), brutnák lékařský (*Borago officinalis L.*), katrán habešský (*Crambe abyssinica Hochst ex R.E.Fries*), hrachor setý (*Lathyrus sativus L.*) a další.

Z hodnoceného výše uvedeného sortimentu plodin souběžně testovaných na obou stanovištích se projeví jejich často výrazné reakce na rozdílné konkrétní agroekologické podmínky.

Na orné půdě na pokusném stanovišti v Albrechticích byly zaznamenány vyšší výnosy zelené hmoty především u směsi komonice jednoleté a dvouleté, lopuchu většího, hrachoru setého, světlice barvířské a slézu krmného, u kterých se výnosy hmoty i přes relativně nepříznivé agroekologické podmínky pohybovaly na minimální výnosové úrovni v rozpětí 3 – 5 t.ha⁻¹ (v zelené hmotě). Úroveň výnosů ve sklizňovém roce 2001 byla negativně ovlivněna deštivým počasím v druhé polovině vegetačního období a především následným sekundárním zaplevelením porostů. Nižší výnosy byly sledovány u lničky seté, hořčice bílé a ktránu habešského, které se pohybovaly v daných podmínkách pouze do úrovně 1,0 t.ha⁻¹ v zelené hmotě.

Na pokusném stanovišti složiště Orlová byly vesměs zaznamenány u sledovaných plodin nižší výnosy v zelené hmotě, a to v průměru cca na 50 % úrovni v porovnání se stanovištěm na orné půdě (Albrechtice). Přesto i zde byly zaznamenány vyšší výnosy zelené hmoty především u krmného slézu a směsi komonice jednoleté a dvouleté, které tak v tomto směru prokázaly z hlediska tvorby výnosů svou vhodnost pro pěstování v daných podmínkách. Mírně vyšší výnosy v porovnání se stanovištěm na orné půdě v Albrechticích byly sledovány rovněž u hořčice bílé a lničky seté. V této souvislosti je třeba připomenout, že výnosy hmoty byly na pokusech založených zejména na složišti každoročně nepříznivě ovlivňovány intenzivním zaplevelováním porostů, a to zejména ve druhé polovině jejich vegetace.

Ukázalo se, že výraznější problémy s pěstováním pícnin, technických i energetických rostlin, zejména na antropogenních půdách i s ohledem na jejich předpokládané cílové využití (ke

kompostování nebo spalování) lze primárně spatřovat především v agrotechnice- při zakládání porostů a zejména v ochraně proti plevelům .

Z hodnoceného sortimentu na pozemích Agropodnik Dvorce,a.s. byly sledovány kvalitní porosty u komonice bílé a především svatojánského žita.Vzhledem k tomu, že porosty nebyly především z ekologických i ekonomických důvodů chemicky ošetřeny, široké spektrum plevelů naopak negativně ovlivnilo porosty tolíce dětelové a štírovníku jednoletého.

Obdobný charakter měl pokus v ZD Kostice, kde byl rovněž tlak plevelů velmi silný. Výjimku tvořily porosty slézu krmného a světlice barvířské , u kterých byl získán výnos v zelené hmotě kolem 8 t z ha.

II.Revitalizace zamořených ploch a území ropnými látkami dvoufázovou dekontaminací

Hlavní příčinou dlouhodobých škod u kontaminovaných půd ropnými látkami je především destrukce půdní struktury peptizací koloidů a narušení vodovzdušných poměrů. Pro úspěšnou dekontaminaci každé lokality je proto nutná znalost geologie, geochemie a hydrogeologie. Na druhé straně fyzikální a chemické vlastnosti ropných produktů výrazně ovlivňují druh technologie dekontaminace, která může být použita ke snížení obsahu uhlovodíků v půdách. Bioasanace zamořené půdy ropnými látkami spočívá především ve schopnosti mikroorganismů využívat tyto látky jako zdroj energie a živin. Dosavadní výsledky řady autorů naznačují, že optimální podmínky pro urychlení humifikace organických látek jsou současně optimálními podmínkami pro urychlení dekontaminace zamořené půdy organickými polutanty. Biodegradace ropných uhlovodíků je významně závislá na mikroorganizmech, které jsou primárně přítomny v půdách a na specifických podmínkách prostředí. Aerobní biodegradaci ovlivňují především hustota mikrobiální populace, přítomnost kyslíku, koncentrace živin, teplota prostředí, pH a vlhkost půdy. Rychlost biodegradace ropných látek závisí rovněž na struktuře jejich molekul, přičemž se předpokládá rychlý rozklad uhlovodíků s jednoduchou strukturou. Úroveň znečištění půdního prostředí ropnými látkami je pak dána např. celkovým obsahem nepolárních extrahovatelných látek (NEL v mg.kg⁻¹ sušiny).

Jedním z cílů řešení bylo studium možností využití rychlokompostů s následným pěstováním plodin (především s vysokým obsahem sušiny) při biodegradaci ropných látek v půdě. U této technologie jsou primárně využívány optimální podmínky pro rozvoj půdních mikroorganismů především vytvářením aerobního prostředí pravidelným automatickým překopáváním kompostovaného materiálu, dodržováním optimálního úživného poměru C : N a zabezpečováním optimální vlhkosti materiálu kontinuálním mícháním tuhých bioodpadů s tekutými. Řešení bylo realizováno v rozdílných agroekologických podmínkách při rozdílné intenzitě kontaminace půdy ropnými látkami ověřit předpoklad, zda a jak je vlastní průběh dekontaminace ovlivňován působením zapravené organické hmoty s vysokou mikrobiální činností (tj. rychlokompostu) do půdy a následně vysetých plodin. Z těchto pohledů byla navržena a ověřena technologie tzv. „dvoufázové dekontaminace“ zamořené půdy ropnými látkami (1. fáze = funkce kompostu, 2. fáze = funkce rhizosféry). Testovaná technologie dekontaminace půd znečištěných ropnými látkami „in situ“ (motorové oleje, motorová nafta, jejich směsi apod., včetně likvidace starých ekologických zátěží např. v regionu severní Moravy) respektuje především ekologické aspekty kladené na tyto technologie a zároveň splňuje i požadavky na jejich ekonomickou efektivnost.

Princip dvoufázové technologie dekontaminace půd zamořené ropnými látkami „in situ“ lze charakterizovat následovně:

- a) v první fázi je založena na výrobě rychlokompostů ve fermentačním žlabu s denním překopáváním kompostovaného materiálu, kde jsou zabezpečeny optimální podmínky pro rozvoj aerobních mikroorganismů. Vyroběný rychlokompost s bohatou mikrobiální činností a vysokým obsahem živin se zapraví do kontaminované půdy ropnými látkami, ve které pak dochází v průběhu času k její postupné dekontaminaci vlivem mikrobiální činnosti

kompostů. Po smíchání kontaminované zeminy ropnými látkami s kompostem dochází k intenzivnímu rozvoji aerobních mikroorganismů, který závisí především na přítomnosti kyslíku. Kyslík v půdním prostředí je primárně zajišťován technologicky intenzivním zpracováním půdy. Rozvoj aerobních mikroorganismů v půdě sice postupně klesá, může však být v plné intenzitě obnoven až po opětném zapravení kompostu do dekontaminované zeminy.

- b) pro další snížení koncentrace ropných látek je již ekonomicky výhodnější druhá fáze dekontaminace, tj. následné pěstování rostlin s využitím funkce jejich rhizosféry. Tímto procesem lze za příznivých podmínek (regulací půdního prostředí agrotechnickými zásahy) postupně snížit koncentraci NEL v půdě na úroveň jejího přirozeného pozadí (tj. kdy již lze považovat půdu za dekontaminovanou).

Pokus stanoviště Troubsko

Reakce plodin na rozdílnou intenzitu znečištění půdy motorovou naftou (odpovídající ČSN EN 590) a dekontaminace této půdy biologickými procesy byla mimo jiné hodnocena v modelových maloparcelkových pokusech založených ve Výzkumném ústavu pícninářském s.r.o., v Troubsku. Pokusy byly založeny na podzim roku 1999 na nezemědělsky využívané černozemi s velmi vhodnou půdní strukturou (do 0,20 m byl zjištěn koeficient strukturnosti 2,22) .

Jako kontrolní varianty byly vybrány výsevy testovaných plodin do půdy:

- a) bez aplikovaného kompostu a
b) s aplikovaným kompostem (tj. bez předchozí aplikace ropných látek do půdy).

V pokusném období 1999 – 2001 byly testovány plodiny saflor, malva lesknice kanárská a svatojánské žito, v následném období roku 2002 pak konopí seté a komonice bílá. Do pokusu byly použity komposty z produkce kompostárny Sloup i našeho maďarského partnera Bio-gen Tapolca. Výsledky analýz např. na obsah NEL (mg. kg⁻¹ suš.) prokázaly, že již v prvním pokusném roce se výrazně snížila koncentrace ropných produktů v půdě, a to bez ohledu na výrobce testovaného kompostu. Výrazný pokles NEL byl patrný u všech pokusných variant, z toho u aplikovaných ropných látek v dávce 0,6 l . m⁻² se pohyboval obsah NEL pod úrovní 100 mg.kg⁻¹ suš. U dalších variant kontaminace půdy ropnými látkami (1,2, resp. 1,5 l . m⁻²) se úroveň NEL pohybovala nad touto úrovní, a to v průměru pouze o 20, resp. 30 mg. kg⁻¹ suš. Po prvním pokusném roce se tak kontaminace půdy motorovou naftou snížila v průměru na 6,6 až 11,6 % (podle jednotlivých variant) výchozí úrovně. Ve druhém sklizňovém roce koncentrace NEL u jednotlivých pokusných variant již vesměs poklesla pod 100 mg. kg⁻¹ suš., tj. na úroveň přírodního pozadí.

Produkce zelené hmoty (tj. při sklizni) i výnosy hmoty v sušině - g.m⁻² se snižovaly se stoupající úrovní kontaminace půdy motorovou naftou, když tento pokles byl markantní především v prvním sklizňovém roce. Ve druhém sklizňovém roce při procesu „dvoufázové dekontaminace“ půdy „in situ“ se výnosová úroveň jednotlivých testovaných plodin již postupně vyrovnávala , když byl i v tomto roce růst a vývoj porostů zejména v jeho počátečních fázích stále ještě negativně ovlivňován kontaminovanou zeminou.

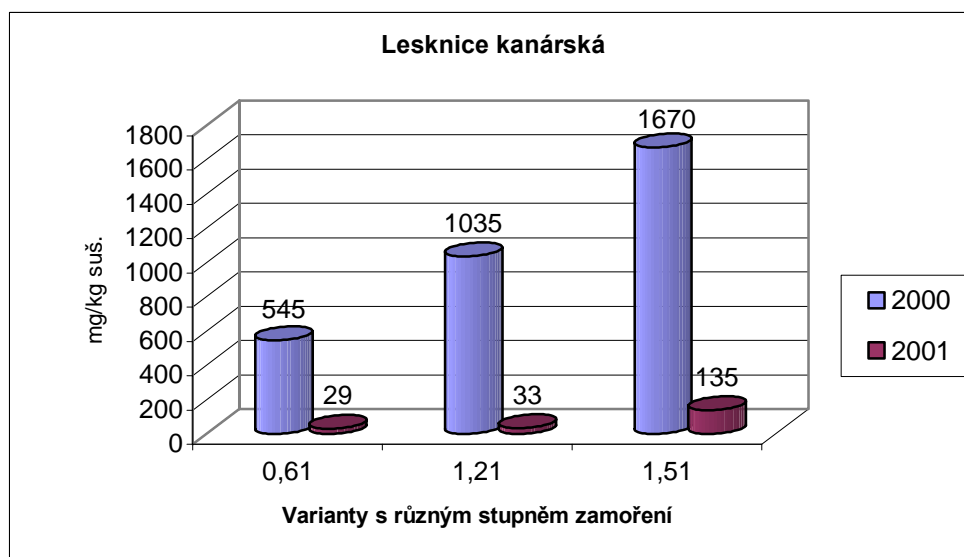
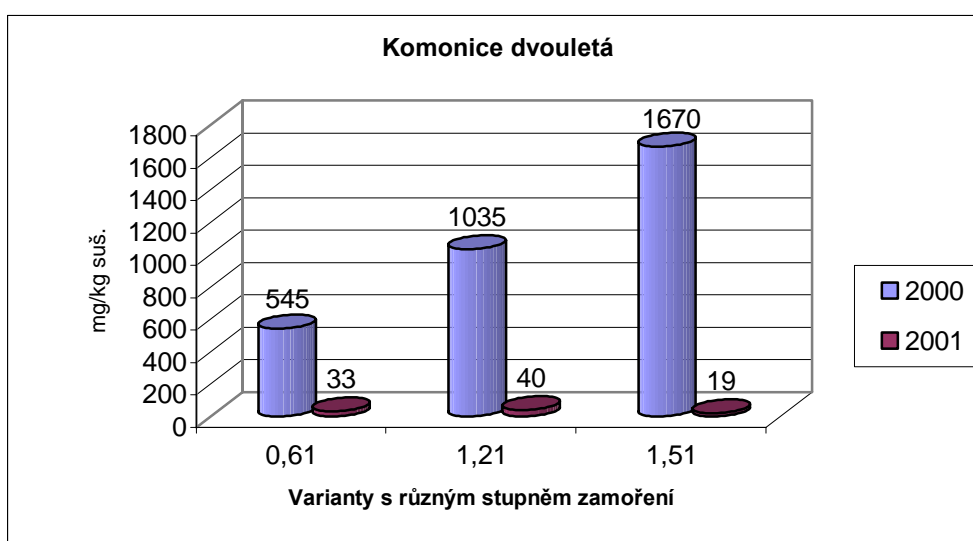
Současně bylo zjištěno, že se stoupající úrovní kontaminace půdy ropnými látkami se statisticky průkazně snižovaly výnosy sklizené hmoty (tj. v zeleném) i výnosy hmoty v sušině u všech hodnocených plodin , a to zejména v prvním pokusném roce. Na zvyšující se dávky ropných látek v půdě negativně reagovala především komonice dvouletá, jako nejméně citlivá plodina na změny půdního prostředí se projevilo svatojánské žito.

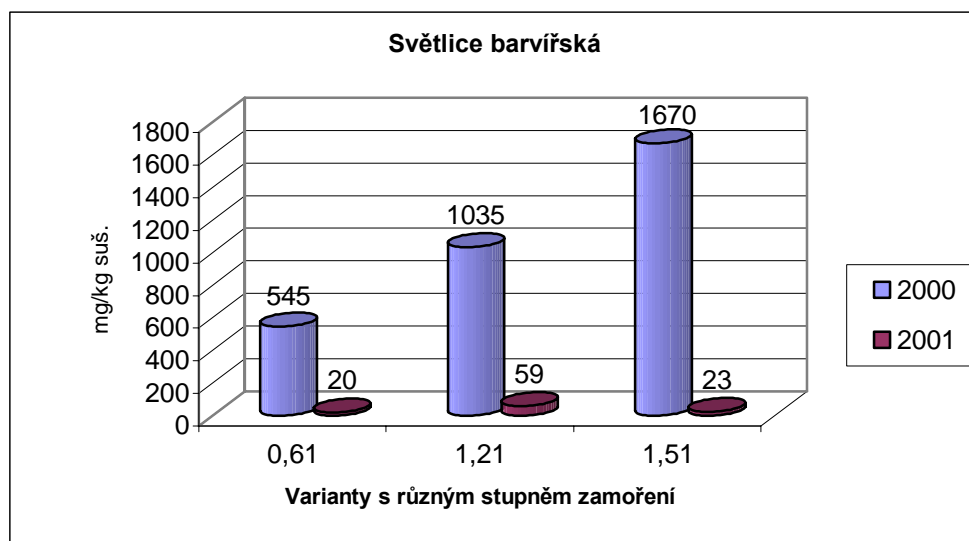
V roce 2002 byl následně založen analogický maloparcelkový pokus na stanovišti v Troubsku u půdy opět kontaminované stupňovanými dávkami aplikované motorové nafty .V rámci tohoto pokusu byly vysety dvě testovací plodiny – komonice bílá (*Melilotus albus*) a konopí seté (*Cannabis sativa L*) . V průběhu vegetace byly opět hodnoceny fáze růstu a vývoje rostlin, včetně výnosů hmoty dle jednotlivých pokusných parcel. Obsah NEL v kontaminované půdě významně

poklesl během vegetace u všech pokusných variant s rozdílnou úrovní aplikace motorové nafty. Testované plodiny opět reagovaly odlišně na konkrétní půdní prostředí, jako citlivější na konkrétní podmínky se ukázalo konopí seté.

Ve vzorcích odebrané sklizené hmoty v sušině byly následně u obou testovaných plodin analyzovány obsah N (%), C (%), spalitelné látky (%) a obsah NEL. Výsledky analýz rostlinného materiálu po sklizni naznačily, že úroveň hodnocených ukazatelů nebyla výrazně ovlivněna ani rozdílnou úrovní kontaminace půdy ropnými látkami ani následnými procesy dvoufázové dekontaminace. Např. u obsahu NEL v rostlinách se ukázalo, že jejich obsah u variant s kontaminovanou půdou motorovou naftou se pohyboval na úrovni varianty pouze s aplikovaným kompostem.

Grafy 1 – 3: Obsah NEL v půdě u variant s různým stupněm zamoření půdy – pokus Troubsko, 2001, 2002





Dopady na půdní prostředí

Vlastnosti a podmínky půdy působí na rostlinu především prostřednictvím kořenů. Ty jsou pak více či méně schopny redukovat vlivy narušeného půdního prostředí ať už činností člověka nebo průnikem cizorodých látek.

Významnou skupinou půdních vlastností jsou agrochemické vlastnosti půd. Jednou z nejdůležitějších agrochemických charakteristik je obsah půdních organických látek, hlavně jejich vnitřní struktura. Z hlediska půdní úrodnosti je velmi důležitá jejich snadná rozložitelnost, tzv. frakcionace humusu. Parametry půdní úrodnosti jako je obsah živin, půdní reakce, vlhkost, pórovitost apod. mohou mít na různých stanovištních podmínkách rozdílné optimální hodnoty. Půda obsahuje vedle minerálního podílu, zejména ve svých povrchových vrstvách, další složku, a to organickou. Tento organický podíl půdy je označován jako humus v širším slova smyslu. Rozklad organické hmoty je ovlivňován těmito podmínkami: půdní vlhkostí, teplotou a provzdušněností půdy, působením půdních živočichů a mikroorganismů, vlastností půdního substrátu. K urychlení rozkladu organické hmoty je tedy důležitý dostatek mikroorganismů, jehož intenzivní činnost je podporována vlhkostními a teplotními podmínkami. Dostatek humusu v půdě je pak důležitým faktorem pro udržení příznivého strukturního stavu půdy. Proto je třeba vnášet do půdy organický materiál, ať už ve formě posklizňových zbytků, zapravování slámy, zeleného hnojení, kompostů či hnoje. Tato organická hmota příznivě ovlivňuje strukturetvorný vývoj agronomicky cenných strukturních elementů, které jsou významným přínosem zejména z hlediska potenciální schopnosti pro udržení půdní vláhy, a která následně ovlivňuje růst a vývoj rostlin.

Pokusné stanoviště Troubsko

Odběry vzorků půdy byly prováděny vždy na začátku vegetace ze dvou hloubek.: 0 - 0,20 m a 0,20 - 0,40 m. Nejprve byl stanoven oxidovatelný uhlík Cox klasickou metodou dle Tjurina a poté přepočten na obsah humusu daným koeficientem. Obsah humusu byl sledován na variantách s různým obsahem ropných látek a se zapravením kompostů : K1 – rychlokompost z kompostárny Sloup a K2 – kompost z pracoviště Bio-gen, Tapolca v Maďarsku.

Nejvyšší obsah humusu roce 2001 byl zjištěn u všech variant se zapraveným kompostem. Mezi zapravenými komposty K1 a K2 byly patrné rovněž rozdíly, u varianty se zapraveným kompostem K2 byl však zjištěn vyšší obsah humusu v půdě v obou hloubkách oproti variantě se zapravením kompostu K1.

V roce 2003 byl zjištěn u všech variant vyšší obsah humusu, což je adekvátní vzhledem k pokročilému rozkladu zapraveného kompostu v roce 2001. U varianty s kompostem K2 byly

hodnoty vyšší zejména z hlediska zvýšené mikrobiální činnosti tohoto kompostu díky vloženým podpůrným médiím. U kontrolní varianty byl obsah humusu opět nejnižší. Mezi sledovanými hloubkami nebyly významné rozdíly.

Při hodnocení strukturních elementů byl srovnán stav před založením pokusu v roce 2000 a při ukončení pokusu v roce 2003. Struktura půdy byla hodnocena z průměrných vzorků u variant z různými plodinami. Vzorky půdy byly odebírány ze dvou hloubek 0 – 0,20 m a 0,20 – 0,40 m.

V roce 2003, oproti počátečnímu stavu v roce 2000, byl zaznamenán pokles méně příznivých strukturních agregátů větších než 10 mm ve svrchním i spodním horizontu a zvýšení obsahu agregátů v rozmezí 0,25 – 10 mm, které jsou pokládány za agronomicky nejčinnější. Koeficient strukturnosti, který nám určuje poměr agronomicky cenných frakcí k frakcím méně hodnotným, se zlepšil v průměru u obou plodin ve svrchní i spodní vrstvě půdy. Nejlepší strukturní stav byl zaznamenán u komonice bílé.

V souhrnu lze konstatovat, že zapravení rychlokompostu do půdy příznivě ovlivnilo obsah celkového oxidovatelného uhlíku, resp. obsah humusu. Oproti počátečnímu stavu byl obsah humusu vyšší při ukončení pokusu v roce 2003. U zapraveného kompostu K2 (Bio-gen Tapolca) byl obsah humusu vždy vyšší, v porovnání s českou produkcí, a to u všech variant s různým obsahem ropných látek.

Při hodnocení struktury půdy ke konci pokusného období ve srovnání s počátečním stavem bylo zjištěno, že zapravený kompost zlepšil strukturní stav půdy. Rozhodující je zde i lepší činnost mikro a makroedafonu.

Pokusné stanoviště Orlová – Zimný důl

Na pokusném stanovišti Orlová – Zimný důl rovněž vyhodnocení procesu dekontaminace půdního prostředí zamořeného ropnými látkami potvrdilo, že průběh dvoufázové dekontaminace je analogický s modelových pokusem v Troubsko, kdy v průběhu času se snížily hodnoty NEL u jednotlivých variant kontaminovaných ropnými látkami na úroveň kontrolní varianty (bez aplikovaného kompostu s vysokou mikrobiální činností).

Pokusná plocha kontaminovaná ropnými látkami byla na jaře roku 2003 po ukončené dvoufázové dekontaminaci začleněna do 3.části rekultivační stavby o celkové výměře 4,70 ha. Na celé rekultivované ploše Orlová-Zimný důl byla následně provedena klasická biologická rekultivace s následnými pracemi :

hluboká, resp.střední orba podle hloubky půdního profilu, předseťová příprava půdy, setí travní směsi a v konečné fázi výsadba stromků – javory, jasany, lípy a olše.

Nádobový vegetační pokus - Troubsko

V rámci tohoto pokusu založeného v roce 2001 byly testovány plodiny malva, saflor a svatojánské žito, s cílem vyhodnotit v předem definovaných podmínkách vzcházení a počáteční růst rostlin v zemině kontaminované ropnými látkami a obohacené kompostem . Již během čtyřměsíčního pokusného vegetačního období se projevil významný pokles obsahu NEL v zeminách, což plně podpořilo teoretické předpoklady o funkčnosti dvoufázové dekontaminace znečištěné půdy ropnými látkami .

III. Vývoj technických a technologických zařízení

Výzkum optimálních podmínek pro ekologickou recyklaci organických látek

Na základě poznatků ze studií literatury získaných při dekontaminaci ropných látek v půdě bylo zjištěno, že ve všech půdách zamořených těmito látkami vyskytují se mikroorganismy, které dovedou v aerobních podmínkách oxidovat tyto ropné látky až na CO_2 a vodu. Z těchto důvodů byl zaměřen výzkum a vývoj na vytváření optimálních podmínek pro rozvoj aerobních mikroorganismů a to především:

- vytvářením aerobních podmínek automatickým překopáváním směsi bioodpadů,
- vytvářením optimálního poměru C/N této směsi,
- vytvářením optimální vlhkosti směsi bioodpadů, která v průběhu dekontaminace zajišťuje současně aerobní prostředí.

Optimální aerobní prostředí je vytvářeno denním automatickým překopáváním fermentované směsi bioodpadů, kdy v překopávaném materiálu je dostatečné množství kyslíku na dobu minimálně 24 hod. Rozvoj aerobních mikroorganismů je dále podmíněn vhodnou vlhkostí materiálu, která je minimálně 30 % hmotn. Nadměrná vlhkost materiálu nesmí však vytvářet anaerobní prostředí.

Optimální živný poměr C/N pro rozvoj aerobních mikroorganismů (10 až 25 : 1) je vytvářen směsí tuhých bioodpadů (různé druhy slámy především jako zdroje C) a tekutých či vlhkých bioodpadů živočišné výroby (kejda prasat a skotu, drůbeží trus) a kalů ČOV, které jsou především zdrojem N.

Vývoj technologických zařízení pro ekologickou recyklaci bioodpadů

1. Vývoj zařízení s automatickým překopáváním kompostu pro vytváření optimálních aerobních podmínek. Byla vypracována vzorová projektová a výrobní dokumentace a ověřena funkce prototypu fermentačního zařízení se 2 sekcemi fermentačního žlabu vybaveného pouze jedním naskladňovacím zařízením fermentačního žlabu a jednou spodní vyběrací frézou, čímž dochází k úspoře investičních nákladů při výstavbě výrobních linek.
2. Využití kukuřičné a řepkové slámy při zpracování kejdy prasat a skotu, drůbežního trusu a kalů ČOV na rychlokompost. Byla vypracována výrobní dokumentace, vyrobeny prototypy a ověřena funkce řezačky řepkové slámy a drtiče kukuřičné slámy. Pro směšování drůbežního trusu a odvodněných kalů ČOV s řepkovou slámou byl vyvinut vertikální homogénizátor.
3. Ověření možnosti zpracování odpadů potravinářského a konzervářského průmyslu na rychlokompost. Byla vypracována technologie zpracování odpadního mycelia houby *Aspergillus niger* po výrobě kyseliny citrónové na rychlokompost. Základním problémem pro fermentaci mycelia bylo vyřešení jeho směšování s řepkovou slámou pomocí prototypu vertikálního homogénizátoru. Dále byla vypracována technologie zpracování citrusových odpadů na rychlokompost. Základním problémem bylo vyřešení převedení těchto odpadů s poměrně velmi nízkou sušinou (11 %) do tekutého stavu.
4. Vývoj mobilního zařízení pro dekontaminaci zamořených zemin a kalů pomocí rychlokompostů. Byla vypracována technologie přípravy kompostů pomocí mobilního zařízení s řezacím a míchacím agregátem a jejich následné míchání se zamořenou zemí nebo kaly.
5. Vypracování vzorového projektu pro výstavbu zařízení pro ekologické zpracování bioodpadů. Byl vypracován projekt pro výstavbu zařízení pro ekologické zpracování kejdy prasat u výkrmny se zástavem 10 000 ks prasat s použitím obilní a řepkové slámy jako nasávacím materiálem. Dále byl vypracován vzorový projekt na výstavbu zařízení pro ekologické zpracování drůbežního trusu u výkrmny drůbeže s roční kapacitou 3000 t drůbežního trusu.

Výzkum a vývoj technických a technologických zařízení:

1. v rámci výstavby výrobní linky pro zpracování drůbežího trusu na rychlokompost byl m.j. vyvinut nový typ šupinového dávkovače pro kontinuální dávkování drůbežího trusu při naskladňování do fermentačního žlabu,
2. pro přípravu směsi drůbežího trusu s řezanou slámou byl vyvinut nový typ vertikálního homogenizátoru, pomocí něhož dochází k dokonalému spojení drůbežího trusu s řezanou slámou a tím i k urychlenému nástupu aerobní fermentace ve fermentačním žlabu,
3. pro drcení kukuřičné slámy byl vyroben prototyp drtiče kukuřičné slámy,
4. pro zvýšení odparu vody během aerobní fermentace bylo navrženo zvýšení odparu vody během aerobní fermentace ve větrných tunelech u fermentačního žlabu s pásovým dopravníkem o šířce 500 mm.

Ekobioprogres, v.d.Brno je majitelem níže uvedených užitných vzorů a patentů vycházejících z řešení projektu:

- Užitný vzor č. 10.945 z 5.3.2001 „Zařízení k aerobním fermentacím bioodpadů“. Konstrukce dvou nebo tří fermentačních žlabů s jedním naskladňovacím zařízením.
- Užitný vzor č. 10.966 z 9.3.2001 „zařízení pro aerobní fermentaci bioodpadů“. Konstrukce fermentačních žlabů s dosoušením pomocí větrných tunelů.
- Patent č.286.614 z 22.5.2000 „Způsob průmyslového zpracování čistírenských kalů“. Výroba rychlokompostu a biopaliva z čistírenských kalů.
- Patent č. 282.043 z 10.4.2001 „Spôsob priemyselného spracovania čistiarenskych kalov“.
- Patent č.PV 2001 – 3301 z 13.9.2001 „Způsob průmyslového zpracování drůbežího trusu“.
- Patent č. PP 0155 – 2002 z 29.1. 2002 „Spôsob priemyselného spracovania hydínového trusu“.
- Patent č. PV 2002 z 30.1. 2002 „Způsob průmyslového zpracování kejdy prasat nebo skotu“.
- Užitný vzor č.PUV 2003 – 14076 „Zařízení k aerobním fermentacím a technologickému zpracování bioodpadů“.

Metodiky a technické zprávy Ekobioprogres,v.d.Brno:

- Ekologické zpracování bioodpadů na organominerální hnojiv a biopalivo technologií Ekobioprogres,
- Ekologické zpracování komunálních bioodpadů na rychlokompost technologií Ekobioprogres
- Ekologické zpracování drůbeží podestýlky na rychlokompost technologií Ekobioprogres
- Ekologické zpracování mycelia houby Aspergillus po výrobě kyseliny citrónové
- Ekologické zpracování kejdy a kalů na rychlokompost s řezacím a míchacím agregátem
- Zařízení pro přípravu kompostů s řezacím a míchacím agregátem
- Dosoušení materiálů ve větrných tunelech během aerobní fermentace ve fermentačních žlabech
- Ecological conversion of biowaste and organomineral fertilizer
- Technologické schéma: Výroba rychlokompostů s fermentační přípravou
Fermentační žlab FŽ SOO1
Zařízení pro aerobní fermentace technologií Ekobioprogres.

(Všechny prezentované doklady jsou k dispozici u firmy Ekobioprogres,v.d. Brno).

Použitá základní literatura:

Aggarwal,P.K., Hlinchee,R.E.: Monitoring in situ biodegradation of hydrocarbons by using stable carbon isotopes. Envir.Sc.Technol., 1991 ,25, s. 1178-1180

Gough,M.A., Rhead,M.M., Rowland,S.J.: Biodegradation studies of unsolved complex mixtures of hydrocarbons. Org.Geochem.,18,1992, 1, p.17-22

Hrubý, J., Mezuliánik, M.: Využití vedlejších produktů (sláma, kejda) k organickému hnojení porostů plodin. Agrospoj , příl., MZe ČR, Praha 1997, 2, 22-23

Jelínek,A., Altman,V., Andrt,M., Černík,B., Plíva,P.: Hospodaření a manipulace s odpady ze zemědělství a venkovských sídel. Praha 2001, 236 s.

Kolář,L., Kužel,S. : Odpadové hospodářství. České Budějovice 2003,194 s.

Raclavská,H.: Znečištění zemin a metody jejich dekontaminace. Ostrava 1998,111 s.

Římovský,K., Bauer,F., Boháček,Z., Linhartová,M., Toul,J.: Effect of pig slurry on increase of biodegradation of petroleum products in soil. Rostl.Výr., 44, 1998, 7, s.. 325-330

Váňa,J. : Výroba a využití kompostů v zemědělství. Praha 1994, 38 s.

Váňa,J. : Nakládání s biodegradabilními odpady. In.: Odpady 98, Praha 1998,80 – 83

Prezentace vybraných výsledků řešení:

rok 2000:

Hrubý, J., Badalíková, B., Ševčík, V.: Ecological recycling of biowastes by the fast composting aiming at the revitalization of polluted soils. In: Folia Universitatis Agriculturae Stetinensis, Szczecin, 211 Agricultura, 84, 2000, s.127-132

rok 2001:

Hrubý, J., Badalíková, B., Prášek, J., Ševčík, V.: Bio-remediation of polluted non-agricultural land by petroleum products, In Sb.: Biotechnology 2001, České Budějovice,s.165

rok 2002:

Hrubý,J.,Badalíková,B.,Nedělník,J.:Utilization of the composts by decontamination of polluted lands by petroleum products. In.: Organic waste and the protection and productivity of agrocenosis, Lublin, 2002, s. 65-66

Hrubý,J., Badalíková,B., Nedělník,J.,Prášek,J.:Utilization of the composts by decontamination of polluted soil by petroleum products. In: Current trends in the research of soil environment, ISTRO,Brno, 2002, s.253-258

Prášek,J.: Anthropogenic pollution of spolents. In: Current trends in the research of soil environment, ISTRO,Brno, 2002, s.245-246

Hrubý,J.,Badalíková ,B., Prášek, J.: Revitalizace složišť a neúrodné půdy ozeleňováním. Úroda, 50,2002, č.7, s.18-19

rok 2003:

Annual report 2001-2002. VÚP Troubsko, 2003, prezentace projektu Eureka - Revital, s.23-24

Badalíková, B., Hrubý, J., Nedělník, J., Ševčík,V.: Revitalizace krajiny pomocí rychlokompostů a netradičních plodin. VÚP Troubsko, 2003, propagační materiál

Badalíková, B., Hrubý, J.: Revitalizace znečištěné půdy ropnými látkami pomocí biokompostů. Mezinárodní konference, Stará Lesná, Slovensko, 2003 ,s.91-95

- Hrubý, J., Badalíková, B., Nedělník, J.: Revitalizace půdy pomocí rychlokompostů. Zemědělec, XI, 2003, č. 10, s.23
- Hrubý, J., Badalíková, B., Nedělník, J.: Revitalization of polluted soil by petroleum wastes. Mezinárodní konference, Kraków, Polsko, 2003,s.420
- Hrubý, J., Badalíková, B., Nedělník, J., Ševčík,V.: Dvoufázová dekontaminace půdy zamořené ropnými látkami s využitím rychlokompostů. Agromagazín, 2003 , č.2,s.28-31
- Hrubý, J., Badalíková,B., Nedělník,J.: Bioremediace půdy zatížené ropnými látkami s využitím kompostu a netradičních plodin..Mezinárodní konference, Nitra, Slovensko, 2003 ,s.507

rok 2004

- Hrubý,J.,Badalíková,B.,Nedělník,J.: Utilization of fast composts in landscape rehabilitation. Roczniki gleboznawcze, Tom LV, Nr.2, Warszawa, 2004, s.185-192

ZÁVĚR

Projekt EUREKA „Ekologická recyklace bioodpadů se zaměřením na revitalizaci půdy a území znečištěných ropnými látkami“ ukončený oponovanou závěrečnou zprávou prezentuje zásadní výsledky a závěry mezinárodního řešitelského kolektivu za dobu řešení projektu.

Např. bylo zjištěno a ověřeno, že tzv. “dvoufázová dekontaminace“ zamořené půdy ropnými látkami “in situ“ byla pozitivně ovlivněna zapravením organické hmoty (rychlokompostu) do půdy i rhizosférou následně vysetých plodin. Obsah NEL v půdě se snížil pod hranici hygienické závadnosti. Obsah humusu v půdě byl významně vyšší oproti počátečnímu stavu, což napomáhá zvýšení mikrobiální činnosti. Pozitivní je také skutečnost, že odebrané vzorky použitého rychlokompostu neobsahovaly žádná životná semena.

Vznik tohoto článku umožnil grant Nadace Sluníčko číslo 5/03.