

Testování exogenní organické hmoty pro bezpečnou aplikaci na půdu /zkrácená verze



Editoři
Stanislav Malý, Grzegorz Siebielec



Testování exogenní organické hmoty pro bezpečnou aplikaci na půdu /zkrácená verze

Editoři

Stanislav Malý, Grzegorz Siebielec

Editori

Stanislav Malý

Ústřední kontrolní a zkušební ústav zemědělský, Brno, Česká republika
stanislav.maly@ukzuz.cz

Grzegorz Siebielec

Ústav pěstování rostlin a pedologie – Národní výzkumný ústav, Puławy, Polsko
gs@iung.pulawy.pl

Autoři

Andrzej Bieganski¹, Nina Bilińska-Wielgus¹, Małgorzata Brzezińska¹, Kamil Cigánek², Ladislav Čáp³, Jiří Čuhel², Magdalena Frąc¹, Rafał Gałazka⁴, Agata Gryta¹, Ondřej Horňák³, Radek Kaczynski⁴, Petra Kosubová², Jerzy Lipiec¹, Stanislav Malý², Jacek Niedźwiecki⁴, Karolina Oszust¹, Petra Poláková², Grzegorz Siebielec⁴, Michaela Smatanová², Bořivoj Šarapatka³, Ivan Hadrián Tuf³, Marcin Turski¹, Bogusław Usowicz¹, Martin Váňa²

¹*Institut agrofyziki Bohdana Dobrzanskiho, Polska akademie věd, Lublin, Polsko*

²*Ústřední kontrolní a zkušební ústav zemědělský, Brno, Česká republika*

³*Univerzita Palackého v Olomouci, Olomouc, Česká republika*

⁴*Ústav pěstování rostlin a pedologie – Národní výzkumný ústav, Puławy, Polsko*

Exogenní organická hmota a její vztah k půdní organické hmotě a ekosystémovým službám, představení projektu

Stanislav Malý

Předkládaná brožura shrnuje výsledky projektu „Rizika a přínosy aplikace exogenní organické hmoty na půdu“, který byl realizován v rámci Operačního programu přeshraniční spolupráce 2007-2013 Česká republika – Polská republika.

Půdní organická hmota (SOM) zahrnuje všechny organické sloučeniny přítomné v půdě včetně rostlinných zbytků v různém stupni dekompozice, mikroorganismy, různé metabolity a huminové látky. Nedostatek organické hmoty v orných půdách patří mezi hlavní hrozby pro kvalitu půdy. Použití tzv. exogenní organické hmoty (EOM), jako jsou např. čistírenské kaly, vedlejší produkty z potravinářského průmyslu, kompostované odpady z průmyslové výroby nebo komunálního odpadu, digestáty, živočišné moučky a statková hnojiva, představuje jeden ze způsobů, jak zvýšit obsah SOM.

Ačkoliv obecně platí, že EOM může vést ke zlepšení půdní úrodnosti, tohoto výsledku je dosaženo pouze při použití vhodných agrotechnických zásahů a při zohlednění místních klimatických podmínek. Bezpečná aplikace EOM na ornou půdu vyžaduje přísnou kontrolu polutantů, které zahrnují zejména těžké kovy a různé organické sloučeniny. Ekotoxikologie umožňuje odhadnout vliv testovaných materiálů na půdní biotu pomocí modelových organismů.

Organická hmota představuje klíčový faktor při tvorbě půdních agregátů díky své schopnosti vázat půdní částice dohromady. Půdy s vyšším obsahem agregátů vykazují zvýšenou schopnost zadržovat vodu, podporují výměnu plynů, vývoj kořenů a mají nižší objemovou hmotnost. Za jeden z nejdůležitějších důsledků stabilizace půdních agregátů můžeme označit sníženou náchylnost půdy k erozi a nižší povrchový odtok.

Aplikace EOM ovlivňuje stav půdní bioty, která hraje klíčovou roli v její transformaci. Díky široké enzymatické výbavě mohou houby a bakterie rozkládat všechny přírodní sloučeniny a mnoho organických látek vyrobených člověkem. Genetická a funkční diverzita půdních mikrobiálních společenstev je proto důležitá pro zajištění rozkladu EOM a uvolnění živin do půdy. Bezobratlí, např. chvostokoci nebo roupice, rozměňují EOM a tím ji zpřístupňují mikroorganismům. Ekosystémoví inženýři, mezi které řadíme např. žížaly, mnohonožky nebo stonožky, promíchávají aplikovaný materiál s půdou a tím usnadňují jeho rozklad.

Často přehlíženým rizikem spojeným s aplikací EOM na půdu je zvýšení emisí skleníkových plynů (GHG). EOM obsahuje jak dostatek organického substrátu, tak dusičnany, čímž vytváří příhodné podmínky pro denitrifikaci, nejdůležitější proces odpovědný za uvolňování N_2O z půdy. Rychlost respirace s CO_2 jako konečným produktem závisí na chemické povaze organických sloučenin přítomných v EOM a podobně jako denitrifikace je výrazně ovlivňována půdními fyzikálně-chemickými vlastnostmi.

Čtyři materiály (kompost, průmyslový kompost, masokostní moučka, digestát) byly testovány v polních pokusech (Braszowice, PR; Pusté Jakartice, ČR) a šest materiálů (masokostní moučka, průmyslový kompost, digestáty) bylo za použití třech různých půd testováno v nádobovém pokusu v Pulawách (PR). Sada fyzikálních, chemických a biologických metod byla použita pro získání komplexního obrázku o vlivu použitých materiálů na půdní funkce.

Uspořádání pokusů a charakteristika exogenní organické hmoty

Jacek Niedźwiecki, Rafał Gałazka, Michaela Smatanová, Kamil Cigánek

V rámci projektu byly založeny dva polní pokusy, v Braszowicích v Polsku a v Pustých Jakartících v České republice. Na obou lokalitách byla během dvou let trvání pokusu pěstována kukuřice; v prvním roce na zrno a ve druhém silážní. Pro testování v polních pokusech byly vybrány čtyři EOM (exogenní organická hmota): kompost (Ag), organické hnojivo vyrobené z hnoje a kejdy (drůbežního trusu, prasečí kejdy, hovězího hnoje) a slámy; masokostní moučka (Mb), organické hnojivo, vyrobené z vedlejších produktů živočišného původu (materiály 2. a 3. kategorie); průmyslový kompost (Rb), organické hnojivo vyrobené kompostováním materiálů obsahující rozložitelné organické látky a digestát (Dg) vyrobený digesí v anaerobním prostředí ze zbytků při výrobě hranolků. Schéma pokusů bylo v obou letech stejné jak v Braszowicích, tak v Pustých Jakartících a zahrnovalo 10 zásahů, každý ve čtyřech opakováních. Minerální dusík byl aplikován v dávce, kterou spotřebuje plánovaná sklizeň kukuřice, přičemž standardní dávka N byla 200 kg/ha. Dávky EOM odpovídaly 0 %, 50 %, 75 % a 100 % z celkového množství aplikovaného N. Zbývající dusík byl dodán ve formě minerálního hnojiva. Výsledky sklizně neprokázaly žádné statisticky významné rozdíly ve výnosu mezi testovanými kombinacemi. To znamená, že účinnost EOM byla podobná jako v případě minerálních hnojiv a náhrada minerálního N exogenní organickou hmotou nesnížila na pokusných plochách výnos kukuřice.

V rámci projektu byly v letech 2013 a 2014 v Pulawách (PR) realizovány dva samostatné nádobové pokusy. Pro tento účel byly odebrány tři různé půdy, dvě z příhraniční oblasti v Polsku (Nowa Wieś a Pastuchów) a jedna v ČR (Dlouhá Ves). V nádobových pokusech byl testován průmyslový kompost (Ra), masokostní moučka (Mb), digestát (Dg), digestát (Bp) z bioplynové stanice zpracovávající řepné řízky a digestát (Sm) z bioplynové stanice využívající silážní kukuřici. Dávky EOM byly vypočteny na základě obsahu celkového dusíku a byly dodány v ekvivalentu 50 % a 100 % z celkového množství aplikovaného dusíku. Kontrola byla hnojena dusičnanem amonným. V případě dávky 50 % EOM byl zbytek N doplněn minerálním hnojivem. Každý zásah (EOM, dávka) byl pro danou půdu založen ve čtyřech opakováních. V obou pokusných letech byla v nádobách pěstována jarní pšenice odrůdy Tybalt. Každý rok byly provedeny dva půdní odběry, první jeden měsíc po aplikaci EOM a druhý po sklizni.

Výsledky nádobového pokusu ukázaly, že digestáty nesnížily výnos zrna pšenice v porovnání s minerálním dusíkem, a to ani tehdy, když byl veškerý N aplikován ve formě EOM. V případě některých půd digestáty dokonce výnosy zvýšily. Naproti tomu pšenice vykázala nižší výnos zrna po aplikaci obou kompostů, zejména u nejvyšší dávky EOM. Podobná reakce byla pozorována u výnosu celé biomasy (sláma a zrno). Snížení výnosu bylo pozorováno v případě organického hnojiva založeného na masokostní moučce, s výjimkou půdy z Dlouhé Vsi.

Vliv exogenní organické hmoty na obsah půdní organické hmoty a její kvalitu

Radostaw Kaczyński, Grzegorz Siebielec

Obsah půdní organické hmoty je základní parametr, který ovlivňuje fyzikální, chemické a biologické funkce a vlastnosti půd, jako je úrodnost, sorpce, pufovací schopnosti, vodní kapacita či odolnost nebo náchylnost k degradaci. Mimo to půdní organická hmota může být zdrojem atmosférického CO₂ v závislosti na využití krajiny a obhospodařování půdy. Intenzifikace v kombinaci se zjednodušenými osevními postupy mohou vést k redukcí organických zbytků zahrnutých do dekompozice a humifikace a tím následně ke snížení obsahu humusu v půdě. V posledních letech (dekádách) je v mnoha regionech EU běžná specializace zemědělců na rostlinnou produkci bez chovu hospodářských zvířat, a to v kombinaci s nedostatečnou dodávkou organické hmoty do půdy jako důležitého zdroje pro tvorbu humusu. Exogenní organická hmota (EOM) může být alternativou ke statkovým hnojivům v produkčních systémech bez hospodářských zvířat.

Je evidentní, že aplikace většiny testovaných materiálů zvyšuje obsah organického uhlíku rovnoměrně v závislosti na dávkách použitých v polních pokusech. Dávky organického materiálu reprezentují množství, kterým se dodá maximálně 200 kg N na hektar. To znamená, že takové organické materiály mohou být podstatným zdrojem organického uhlíku v typech zemědělství s nedostatečnou produkcí hnoje, pokud nejsou škodlivé pro další půdní funkce a půdu nekontaminují.

Po aplikaci materiálů typu kompostů lze očekávat zvýšení obsahu organického uhlíku v půdě. Tyto materiály dodávají vyšší množství organického uhlíku ve srovnání s některými jinými, jako jsou např. produkty z kostí. Uvedené produkty obsahují relativně vysoké množství dusíku a fosforu, proto je třeba celkové dávky omezovat. Živočišné odpady na bázi masa a kostí proto mohou být považovány spíše za půdní kondicionér než materiál použitelný pro zvýšení hladiny organické hmoty v půdě.

Aplikace EOM signifikantně neovlivnila stabilitu endogenního půdního organického uhlíku, jak ukázalo srovnání s kontrolními půdami s aplikací minerálních hnojiv, a to bez ohledu na testované půdy. To je pozitivní postřeh vzhledem k tomu, že EOM nenarušila existující koloběhy uhlíku v půdě.

V obou typech experimentu, a to jak v nádobových, tak polních pokusech, nebyl prokázán významný vliv testovaných EOM na labilní frakce organického uhlíku. Podíl labilního uhlíku rovněž nebyl ovlivněn dávkou organického materiálu. Nebyl zaznamenán vliv aplikace živočišných odpadů, kompostu, ani digestátu (u něhož se očekával obsah určité frakce pohotově přijatelné a mobilní dusík a uhlík) na labilní uhlík. Analýza frakcí uhlíku v půdě (labilní a stabilní) ukázala, že při krátkodobé aplikaci EOM nebyly průkazně ovlivněny jak koloběhy uhlíku, tak stabilita organického uhlíku a pravděpodobně rovněž nebyla ovlivněna náchylnost půdy k erozi. Nicméně v dlouhodobé perspektivě může testovaná exogenní organická hmota posílit celkový obsah uhlíku a zlepšit půdní funkce.

Vliv exogenní organické hmoty na chemické vlastnosti půdy

Radosław Kaczyński, Petra Kosubová, Rafał Galazka, Grzegorz Siebielec

Možnosti aplikace exogenní organické hmoty do půdy

Zdrojem půdního humusu může být různorodý organický materiál zapravený do půdy. Mohou to být statková hnojiva (hnůj, kejda), posklizňové zbytky (sláma), zelené hnojení, kompost a biodegradabilní odpady z domácností a průmyslu (čistírenské kaly, digestáty z bioplynových stanic, některé odpady živočišného původu). Hnůj je tradičně považován za základní organické hnojivo. Je hodnotným zdrojem snadno přístupných živin a mikroelementů, zlepšuje strukturu půdy a její fyzikální vlastnosti. Na farmách s absencí živočišné výroby lze hnůj nahradit slámou. Statkové komposty patří mezi nejvhodnější organická hnojiva používaná v zemědělství. Kvalita kompostu je ovlivněna složením vstupních surovin a procesem kompostování. Další skupinou organických materiálů aplikovaných do půdy jsou různé druhy čistírenských kalů a průmyslových (komunálních) kompostů. Pro kompostování jsou využívány následující vstupní suroviny: tráva, listí ze stromů a keřů, dřevní štěpka, rostlinné odpady z obchodů, rostlinné odpady z údržby městské zeleně, zahradní odpady. Komunální čistírenské kaly mohou být používány pouze tehdy, pokud jsou stabilizovány, tj. pokud jsou podrobeny biologické, chemické nebo tepelné úpravě. Výnosový efekt kompostovaných kalů je srovnatelný s hnojem. Relativně novým organickým hnojivem, jehož produkce však prudce stoupá, je digestát z bioplynových stanic. Zfermentovaná hmota (fermentační zbytek, sediment z fermentace, fermentační produkt nebo jednoduše digestát) je po bioplynu druhotný produkt metanového kvašení.

Mezi další organické materiály, včetně odpadů, které mohou být využity jako zdroj půdní organické hmoty, stojí za zmínku: vyplozené substráty po pěstování hub, masokostní moučky, odpad ze zemědělského a potravinářského průmyslu, odpady z lisování a vyluhování, sedimenty a odpady z lesnické výroby. Je nutno poznamenat, že používání organických materiálů ke hnojení je regulováno národní a unijní legislativou. Organické odpady schválené pro využití v zemědělství musí splňovat normy (limitní hodnoty) pro kontaminaci (např. mikrobiologická kritéria, obsahy těžkých kovů).

Údaje Českého statistického úřadu ukazují na prudký nárůst produkce organických hnojiv v České republice v letech 2006 – 2013. K 31.7.2013 bylo v ČR v provozu celkem 487 bioplynových stanic, z čehož bylo 317 zemědělských bioplynových stanic. Roční produkce digestátů je v České republice odhadována na téměř osm milionů tun. V současné době je v ČR uváděno do oběhu téměř 500 druhů organických hnojiv, a to buď v režimu registrace, nebo ohlášení.

Základním odpadem, který lze v zemědělství široce využívat, jsou v Polsku komunální čistírenské kaly. Současná kritéria z hlediska požadavků na chemickou kvalitu splňuje 75 % vyprodukovaných čistírenských kalů používaných ke hnojení. Objem odpadů z bioplynových stanic se v Polsku zvyšuje. V provozu je 254 bioplynových stanic, přičemž 58 z nich jsou zemědělské bioplynové stanice.

Aplikace exogenní organické hmoty na půdu a riziko kontaminace

Některé stopové prvky (TE) jsou pro živé organizmy, včetně člověka, toxické, pokud jsou přítomny v nadměrném množství. Zvýšené obsahy TE v porovnání s požadovými hodnotami v půdách mohou obsahovat i organické materiály, jako jsou statková hnojiva, biosolidy a komposty. Na druhou stranu je třeba zmínit, že většina kovů je v přirozených koncentracích nezbytná pro správný růst rostlin, živočichů i člověka. Aplikace exogenní organické hmoty do půdy potom může být hodnocena z hlediska zmírnění nebo zvýšení nedostatku mikronutrientů pro rostliny a následně pro potraviny.

Materiály testované v rámci projektu byly analyzovány na celkový obsah stopových prvků. Obecně lze říci, že obsahy všech prvků byly výrazně pod legislativně povolenými limity. Výsledky polních pokusů a nádobového pokusu ukázaly, že použití EOM testovaných v projektu nepředstavuje riziko kontaminace těžkými kovy. Dokonce ani opakovaná aplikace EOM během následujících dvou let v případě polních pokusů nevedla ke zvýšení celkových obsahů v porovnání s kontrolou. Je třeba zmínit, že některé materiály zvyšovaly v půdách obsah Mn. Jedná se o ale prvek, jehož bývá v půdách, zejména písčítých, často nedostatek.

EOM musí být rovněž testována na organické látky, které mohou mít nežádoucí vliv na člověka a volně žijící zvířata. Na rozdíl od těžkých kovů stále chybí údaje o obsahu organických polutantů v kompostech a digestátech a o jejich osudu a efektech. Provedené analýzy persistentních organických polutantů (POPs) zahrnovaly organochlorové pesticidy (OCP), polychlorované bifenylly (PCB), polybromované difenylethery (PBDE), isomery hexabromocyklododekanu (HBCD), perfluoroalkylové látky (PFAS) a polycyklické aromatické uhlovodíky (PAH).

Výsledky analýz ukázaly, že koncentrace škodlivých organických látek v testovaných organických materiálech se výrazně lišily. Nejvyšší hladiny POPs byly zjištěny v průmyslovém kompostu Dw. Doposud neexistuje legislativa EU uvádějící specifické limity pro organické kontaminanty v organických hnojivech, jako jsou komposty a digestáty. Některé členské státy mají národní nebo regionální legislativu, která nastavuje limity pro organické látky v těchto materiálech. Česká republika ani Polsko limity pro organická hnojiva zavedené nemají. Všechny testované EOM by splnily limity stanovené v různých evropských státech s výjimkou průmyslového kompostu Dw. Sumární koncentrace 16 prioritních PAH dle US EPA 5,71 mg.kg⁻¹ sušiny kompostu Dw by byla hodnocena jako nadlimitní v Dánsku, Švýcarsku nebo Slovinsku. Na druhou stranu, pokud by byly pro hodnocení EOM použity české legislativní limity pro sedimenty a kaly určené k aplikaci na půdu, všechny hladiny organických kontaminantů by těmto limitům vyhověly (Vyhláška č. 257/2009, Vyhláška č. 382/2001).

Všechny zmíněné organické kontaminanty byly rovněž měřeny v půdních vzorcích v rámci dvou polních a třech nádobových pokusů s cílem zjistit, zda aplikace EOM může vést ke zvýšení požadovaných hladin těchto látek v půdě. Žádný z testovaných EOM v jakékoli dávce nezvýšil statisticky významně požadové obsahy PAH ani v polních ani v nádobových pokusech. V případě DDT bylo statistické vyhodnocení aplikace EOM významně ovlivněno nízkými hladinami DDT a vysokou variabilitou hladin v opakovaných vzorcích daného ošetření, což pravděpodobně souvisí s nerovnoměrnou aplikací DDT v minulosti. Závěrem lze konstatovat, že aplikací testovaných EOM nedošlo ke statisticky významnému zvýšení požadovaných hladin analyzovaných POPs v půdách polních i nádobových experimentů. Testované EOM splnily dostupné limity pro obsah všech sledovaných skupin POPs.

Vliv exogenní organické hmoty na fyzikální vlastnosti půd

Jerzy Lipiec, Marcin Turski, Andrzej Bieganski, Bogusław Usowicz

Půdní organická hmota (SOM) zlepšuje úrodnost, zvyšuje výnosy plodin a zprostředkovává mnoho procesů a funkcí v půdě. Nicméně její obsah v orné půdě se postupně snižuje, a to v důsledku změn ve využívání půdy, hospodaření a změně klimatu. Dokonce i malá ztráta SOM může způsobit degradaci půdní struktury. Proto je obsah SOM klíčovým parametrem kvality půdy. Organická hmota spolu s látkami mikrobiálního původu působí jako určitý vazebný prvek, který stabilizuje agregaci půdy a systém pórů a tím zlepšuje fyzikální vlastnosti půd. Lepší půdní agregace zajišťuje větší možnost zachycení srážek, a tím zlepšuje produktivitu obdělávané půdy, stejně jako poskytuje určitou ochranu organického uhlíku proti mikrobiálnímu rozkladu.

V polsko-českém projektu jsme hodnotili účinky vybraných exogenních organických hmot (EOM) na následující fyzikální vlastnosti půd: retenci vody, včetně polní vodní kapacity, rozložení pórů s využitím údajů o retenci vody, infiltraci vody (WI) a ethanolu (EI), index vodoodpudivosti (RI), nasycenou hydraulickou vodivost použitím neporušené půdy a mechanickou stabilitu půdy měřením tlakové síly půdních agregátů, dále tepelnou vodivost za použití senzoru se dvěma jehlami, obsah vody časovým reflektometrem a rozdělení velikosti částic laserovou difrakcí.

Vliv exogenní organické hmoty na fyzikální vlastnosti půd se vztahuje k typu EOM, aplikační dávce, času měření a experimentálnímu místu. Ukázalo se, že přidání průmyslového kompostu (Ra) a živočišné moučky (Mb) na půdu v Pustých Jakarticích a digestátu z bioplynové stanice (Dg) na půdu v Braszowicích mělo tendenci zvýšit retenci vody v půdě, která odpovídá polní vodní kapacitě. Obecně nebyl nalezen žádný statisticky významný vliv jednotlivých EOM na infiltraci vody a ethanolu a na vodoodpudivost v prvním roce studia (2013). Nicméně infiltrace vody v Braszowicích a nasycená hydraulická vodivost a tlaková síla v Pustých Jakarticích a Braszowicích měly tendenci ke zvýšení po přidavku Mb a Ra na konci studie, a to na podzim v roce 2014. Tato data ukazují, že přírůstek Ra a Mb může zlepšit převod atmosférických srážek do hlubších vrstev půdy a také zlepšit stabilitu půdní struktury. Trend ukazuje na zvýšení obsahu půdní vody se zvyšující se dávkou organické hmoty v Pustých Jakarticích, zatímco v Braszowicích tento účinek nebyl znatelný. Reakce tepelné vodivosti na EOM byla menší než u obsahu vody. Rozdělení velikosti půdních částic vykazovalo variabilitu v polních podmínkách, která by mohla maskovat působení exogenní organické hmoty na některých plochách.

Obecně platí, že účinek použité EOM na fyzikální vlastnosti půd roste se zvýšením aplikační dávky.

Vliv exogenní organické hmoty na funkční a genetickou diverzitu mikroorganismů a na půdní enzymatické aktivity s ohledem na podmínky prostředí

Magdalena Frąc, Agata Gryta, Karolina Oszust, Bořivoj Šarapatka, Nina Bilińska-Wielgus, Małgorzata Brzezińska, Ladislav Čáp, Petra Poláková, Stanislav Malý

Mikrobiální parametry půd jsou vůči změnám ve způsobu obhospodařování a změnám environmentálních podmínek stejně citlivé jako parametry chemické a fyzikální, nicméně na tyto změny reagují rychleji. Pokud jde o schopnost ekosystémů reagovat na měnící se environmentální podmínky je analýza biologické diverzity nezbytná, neboť změny ve složení mikrobiálních společenstev jsou pro funkční integritu půdy zásadním parametrem. A proto je ochrana půdní mikrobiální diverzity důležitým předpokladem pro trvale udržitelný environmentální management.

Hlavním cílem této práce bylo vyhodnotit vliv různých typů exogenní organické hmoty (EOM) na mikrobiální parametry používané jako důležité indikátory kvality a ekologického stavu půd. Dílčí cíle byly následující:

- Vyhodnocení a srovnání genetické a fylogenetické diverzity amoniak oxidujících archaeí (AOA) v půdách z polních a nádobových pokusů po přidavku různé EOM (organický kompost – Ag; průmyslové komposty – Ra a Dw; masokostní moučka – Mb; a digestáty – Dg, Bp a Sm).
- Vyhodnocení funkční diverzity mikroorganismů s využitím fyziologických profilů společenstev, především u bakterií, hub a skupiny anaerobních mikroorganismů po přidavku EOM.
- Vyhodnocení půdních enzymatických aktivit (dehydrogenáza, β -glukosidáza, ureáza, CM-celuláza, kyselá a zásaditá fosfatáza) po aplikaci EOM z různých odpadů.

U vybraných půdních vzorků byly také provedeny přídavné analýzy pro zhodnocení vlivu testovaných EOM na (i) rychlost nitrifikace, která je aktivitou spojenou s diverzitou AOA (t-RFLP) a na (ii) růstovou strategii půdních mikroorganismů.

Analýzy ukázaly, že vstup EOM do půdy vedl ke změnám v mikrobiální a enzymatické aktivitě a diverzitě mikroorganismů. Půdní mikroorganismy a jimi řízené procesy se vyznačovaly různou citlivostí vůči aplikaci EOM.

Naše výsledky naznačují, že nejen typ a dávka EOM, ale také typ půdy významně ovlivňují testované mikrobiální parametry.

Přídavek EOM pozměnil jak kvantitativně, tak kvalitativně složení společenstva půdních amoniak oxidujících archaeí, nicméně nijak nenarušil biologickou rovnováhu. Aplikace všech testovaných EOM se tak zdá být pro přirozená mikrobiální společenstva v půdě bezpečná.

Naše práce ukázala, že mikrobiální společenstva byla po přidavku EOM stimulována v podobě jejich zvýšené funkční a genetické diverzity, nicméně tento vliv byl pouze krátkodobý a závisel na typu půdy, ročním období a na aplikované dávce EOM.

Půdní fauna a její vztah k aplikované exogenní organické hmotě

Ivan Hadrián Tuf, Ondřej Horňák

Ačkoliv by se na první pohled mohlo zdát, že půda je pouhý minerální substrát, je bohatě oživena organismy. Tento živý systém obsahuje organickou hmotu – jak mrtvou, tak i živou. Obsah organické hmoty je v běžných půdách kolem šesti hmotnostních procent, přičemž půdní fauna (zvaná zooedafon) představuje 0,15 % a živé bakterie, houby a aktinomycety (fytoedafon) dalších 0,45 %. Tyto organismy jsou velmi důležité v koloběhu prvků v přírodních ekosystémech.

Abundance (hustoty) jednotlivých skupin půdní fauny jsou ovlivněny velikostí těl jejich zástupců. Například chvostokoci (Collembola) či pancířníci (Oribatida) jsou obvykle větší než 0,2 mm a menší než dva milimetry, jejich abundance dosahují desítek až stovek tisíc jedinců na metr čtvereční a patří do ekologické skupiny označované jako půdní mesofauna. Naproti tomu, mnohonožky (Diplopoda), stonožky (Chilopoda) či brouci (Coleoptera), reprezentující půdní makrofaunu, obývají půdu ve stovkách jedinců na metr čtvereční a jejich velikost je obvykle mezi dvěma milimetry a dvěma centimetry.

Půdní organismy hrají významnou roli v dekompozici a mineralizaci opadu a jiné organické hmoty v půdě. Ačkoliv zemědělské půdy jsou na opad chudé (protože se úroda sklízí), v našich podmínkách dosahuje v lesích produkce opadu několika tun na hektar ročně. Chemické prvky a živiny jsou v opadu vázány ve stabilních organických molekulách a jsou proto pro rostliny nedostupné. Během dekompozice vzniká z opadu humus, který váže živiny a ionty a postupně je dokáže uvolňovat a zpřístupňovat rostlinným kořenům. Na rozdíl od komerčních hnojiv takto chrání živiny před vyplavováním z půdy.

Mrtvá organická hmota je rozkládána půdní faunou mechanicky a mineralizována biochemicky houbami a mikroorganismy. Právě tzv. makrodekompozitoři dokáží rozmělnit opad; jejich exkrementy se zlomky rostlinných pletiv poskytují jednak mikroorganismům vhodné prostředí a hlavně mnohonásobně zvětšují povrch opadu, který mohou bakterie a houby kolonizovat. Půdní fauna urychluje dekompozici a zároveň tlumí mineralizaci, tím napomáhá vázat uhlík v půdě.

Během česko-polského projektu jsme hodnotili vliv EOM na abundance půdní fauny. Po aplikaci EOM obvykle následovalo krátkodobé navýšení populací chvostokoků, stejně jako brouků. Přídavek masokostní moučky také zvýšil početnosti larev masařek a brouků specializovaných na mršiny. Analýza druhového složení odhalila, že plochy hnojené masokostní moučkou byly podobnější kontrole více, než plochy hnojené jinými typy EOM. Vysvětlením zřejmě může být introdukce druhů modelových skupin (střevlíci, mnohonožky, stonožky, pavouci) s těmito komposty.

Půdní bezobratlí jsou velmi důležití pro dekompozici organické hmoty. Bez jejich přítomnosti rozklad neprobíhá, či probíhá rychlá mineralizace a rostliny nejsou schopné okamžitý nadbytek živin efektivně využít. Velké dávky EOM jsou zbytečné, podobně jako pouhá občasná aplikace EOM. V období nedostatku dekompozitorů hladoví a jejich populace poklesnou. Ačkoliv vstup EOM nepředstavuje ohrožení pro půdní faunu, vyvážená pravidelná aplikace exogenní organické hmoty je optimální způsob k udržení zdravé půdy s dekompozitory.

Riziko zvýšených emisí skleníkových plynů z půdy po aplikaci exogenní organické hmoty

Jiří Čuhel, Małgorzata Brzezińska

Aplikace exogenní organické hmoty (EOM) do půdy nemusí být pro zemědělské systémy vždy přínosem, ale může za určitých podmínek představovat pro životní prostředí také určité riziko v podobě zvýšených emisí skleníkových plynů do atmosféry. Od průmyslové revoluce se koncentrace skleníkových plynů v atmosféře neustále zvyšuje, což je následováno globálním oteplováním. Mezi nejhroznější a nejúčinnější skleníkové plyny v zemské atmosféře patří CO_2 , CH_4 a N_2O . Zemědělství hraje důležitou roli v globálních tocích skleníkových plynů a EOM je hlavním zdrojem pro jejich následné uvolňování.

V půdě je CO_2 uvolňován dekompozicí organické hmoty (včetně EOM), která je podstatnou měrou řízena půdními organizmy, a respirací těchto organismů. CH_4 je nejvíce zastoupeným organickým stopovým plynem v zemské atmosféře, avšak kvůli striktně anaerobním podmínkám, při kterých k metanogenezi dochází, je aplikace EOM na zemědělskou půdu velice malou hrozbou pro emise tohoto plynu. V rámci česko-polského projektu jsme proto riziko zvýšených emisí CH_4 nehodnotili. Třetí nejúčinnější skleníkový plyn N_2O také významně přispívá k destrukci ozónové vrstvy ve stratosféře. Půdy jsou zodpovědné za více než dvě třetiny globálních emisí N_2O , které jsou z velké části řízeny mikrobiálním procesem denitrifikace. Denitrifikace představuje disimilativní redukci NO_3^- na N_2O a N_2 . Složení různých typů EOM se navzájem velmi liší, čímž se po aplikaci významně mění i jejich vliv na emise N_2O a CO_2 .

Během česko-polského projektu jsme testovali schopnost vybraných EOM zvýšit emise N_2O a CO_2 po jejich aplikaci na zemědělskou půdu. Produkce N_2O byla stanovena za optimálních podmínek metodou zvanou aktivita denitrifikačních enzymů (DEA) a potenciální emise CO_2 byly stanoveny metodami bazální respirace (BR) a substrátem indukované respirace (SIR).

Je třeba zdůraznit, že po aplikaci EOM jsme produkci N_2O a CO_2 v půdách měřili pouze ve dvou časových bodech (v jarních a podzimních vzorcích). To však může být příliš hrubým odhadem pro hodnocení rizika zvýšení emisí skleníkových plynů. Proto pro příští testování EOM doporučujeme monitorovat emise skleníkových plynů častěji, tj. okamžitě po aplikaci EOM a v kratších časových intervalech. Na základě našich zkušeností také doporučujeme zaměřit se více na N_2O (mezi ostatními skleníkovými plyny). DEA bez přídavku C_2H_2 by potom mohla sloužit jako vhodná metoda pro stanovení potenciálních emisí N_2O z půdy. Při testování jakéhokoli typu EOM zvýšit emise N_2O je nutné zvážit, na jakou půdu bude EOM aplikována, a tuto půdu do testování zahrnout.

Navrhujeme následující opatření pro snížení emisí skleníkových plynů z půdy. EOM by měla být aplikována v optimálních dávkách, přičemž je nutné vzít v úvahu všechny zdroje N, které pěstované rostliny mohou využít. Je třeba se vyhnout časovým prodávám mezi aplikací EOM a příjmem N rostlinami. A konečně, EOM by měla být aplikována přesněji do půdního profilu tak, aby byla lépe přístupná kořenům plodin.

Hodnocení vlivu exogenní organické hmoty na půdní biotu prostřednictvím ekotoxikologických testů

Martin Váňa

Rostoucí nároky na životní úroveň obyvatel znamenají vzrůstající množství odpadu končící na skládkách nebo ve spalovnách. Tento odpad obsahuje velké množství organické hmoty, cenné živiny a energii, jež je možné využít pro zlepšení úrodnosti půdy. Na druhou stranu tento odpad může být i rezervoárem potenciálně toxických látek produkovaných lidskou činností.

Chemické rozborů jsou nejběžnější cestou, jak stanovit toxicitu polutantů a odpadů, ale to není dostačující. Právě proto se jako vhodný prostředek k tomuto účelu osvědčily ekotoxikologické testy. Ekotoxikologie studuje efekt toxických látek na organismy a v obecnější rovině následně na populace, společenstva a ekosystém. A právě kombinace ekotoxikologických testů (baterie testů), zahrnující různé trofické úrovně (producenti, konzumenti a destruenti), rozličné endpointy a testy s rozdílnou citlivostí organismů, se doporučuje pro odhalení potenciálně toxických látek přítomných ve vzorku.

Současně je k dispozici i několik metod standardizovaných dle organizací ISO a OECD, které byly využity jako baterie testů pro stanovení ekotoxicity exogenní organické hmoty (EOM) v tomto projektu. Dvě ekologicky rozdílné mikrobiální aktivity jsou zastoupeny substrátem indukovanou respirací, která charakterizuje rozlehlou skupinu mikrobiálních heterotrofů, a mikrobiální oxidací amoniaku typickou pro úzkou skupinu chemolitotrofů. Dále chvostokoci *Folsomia candida* a roupice *Enchytraeus crypticus* jsou půdní bezobratlí přispívající k půdní úrodnosti a jejich aktivity ovlivňují rozklad organické hmoty. Pro tyto bezobratlé živočichy je charakteristická rozdílná cesta vstupu toxikantu do těla. Jako představitel nevyšší trofické úrovně byl zvolen roztoč *Hypoaspis aculeife*, vyznačující se predací ostatních bezobratlých. Zástupcem testů s rostlinami byl salát *Lactuca sativa*, u kterého byla měřena délka kořene (může se však měřit i nárůst biomasy). Výluhové testy pokrývaly další oblast ekotoxikologických analýz aplikovaných EOM. Polutanty obsažené v EOM se totiž mohou vyluhovat do vody a způsobit znečištění povrchových i podpovrchových vod. Pro tento účel byly zvoleny testy, kde se sledovala inhibice luminiscence mořské bakterie *Vibrio fischeri*, inhibice růstu sladkovodní řasy *Pseudokirchneriella subcapitata* a inhibice růstu okřehku *Lemna minor*.

V projektu česko-polské spolupráce byly otestovány různé EOM sadou vybraných ekotoxikologických testů pokrývajících různé trofické úrovně. Přestože nebyly nalezeny žádné škodlivé efekty při doporučených dávkách, je vhodné zaměřit se na analýzu tohoto druhu materiálů, protože blízko doporučených dávek efekty nalezeny byly. Podobná situace nastala i při hodnocení výluhů z polního a nádobového experimentu sadou výluhových testů. I zde panuje přesvědčení, že EOM mohou obsahovat polutanty, které jsou schopny kontaminovat povrchové nebo podzemní vody a narušit životní prostředí. Pro budoucí testování a schválení dalších EOM a jejich aplikaci na půdu doporučujeme zaměřit se také na ekotoxikologické metody, které jsou velmi vhodným nástrojem pro celkové zhodnocení testovaného materiálu.



Cíl 3 / Cel 3
2007-2013



EVROPSKÁ UNIE / UNIA EUROPEJSKA
EVROPSKÝ FOND PRO REGIONÁLNÍ ROZVOJ / EUROPEJSKI FUNDUSZ ROZWOJU REGIONALNEGO
PŘEKRAČUJEME HRANICE / PRZEKRACZAMY GRANICE

Tato publikace je jedním z výstupů projektu „Rizika a přínosy aplikace exogenní organické hmoty na půdu“ (CZ.3.22/1.2.00/12.03445) realizovaného v rámci Operačního programu přeshraniční spolupráce 2007-2013 Česká republika – Polská republika, který byl spolufinancován Evropským fondem regionálního rozvoje (ERDF).

Testování exogenní organické hmoty pro bezpečnou aplikaci na půdu

/zkrácená verze

Editoři

Stanislav Malý, Grzegorz Siebielec

Fotografie na obálce: Jiří Čuhel

Rok vydání: 2015

Vydání: první

Počet stran: 14

Náklad: 150 ks

Tisk: Ústřední kontrolní a zkušební ústav zemědělský
Hroznová 2
656 06 Brno