

# **Badania egzogennej materii organicznej w celu bezpiecznego stosowania do gleby /wersja skrócona**



Redakcja  
**Stanislav Malý, Grzegorz Siebielec**



# **Badania egzogennej materii organicznej w celu bezpiecznego stosowania do gleby /wersja skrócona**

Redakcja  
**Stanislav Malý, Grzegorz Siebielec**



## **Redakcja**

### **Stanislav Malý**

*Centralny Instytut Nadzoru i Badań w Rolnictwie, Brno, Republika Czeska*  
*stanislav.maly@ukzuz.cz*

### **Grzegorz Siebielec**

*Instytut Uprawy Nawożenia i Gleboznawstwa – Państwowy Instytut Badawczy, Puławy, Polska*  
*gs@iung.pulawy.pl*

## **Autorzy**

Andrzej Bieganowski<sup>1</sup>, Nina Bilińska-Wielgus<sup>1</sup>, Małgorzata Brzezińska<sup>1</sup>, Kamil Cigánek<sup>2</sup>, Ladislav Čáp<sup>3</sup>, Jiří Čuhel<sup>2</sup>, Magdalena Frąc<sup>1</sup>, Rafał Gałązka<sup>4</sup>, Agata Gryta<sup>1</sup>, Ondřej Horňák<sup>3</sup>, Radek Kaczynski<sup>4</sup>, Petra Kosubová<sup>2</sup>, Jerzy Lipiec<sup>1</sup>, Stanislav Malý<sup>2</sup>, Jacek Niedźwiecki<sup>4</sup>, Karolina Oszust<sup>1</sup>, Petra Poláková<sup>2</sup>, Grzegorz Siebielec<sup>4</sup>, Michaela Smatanová<sup>2</sup>, Bořivoj Šarapatka<sup>3</sup>, Ivan Hadrián Tuf<sup>3</sup>, Marcin Turski<sup>1</sup>, Bogusław Usowicz<sup>1</sup>, Martin Váňa<sup>2</sup>

<sup>1</sup>*Instytut Agrofizyki im. Bohdana Dobrzańskiego Polskiej Akademii Nauk, Lublin, Polska*

<sup>2</sup>*Centralny Instytut Nadzoru i Badań w Rolnictwie, Brno, Republika Czeska*

<sup>3</sup>*Uniwersytet Palackiego w Ołomuńcu, Olomouc, Republika Czeska*

<sup>4</sup>*Instytut Uprawy Nawożenia i Gleboznawstwa – Państwowy Instytut Badawczy, Puławy, Polska*



## **Egzogenna materia organiczna w relacji do glebowej materii organicznej i funkcji ekosystemu. Prezentacja projektu**

Stanislav Malý

Niniejsza broszura podsumowuje wyniki projektu „Zagrożenia oraz korzyści wynikające z wprowadzania do gleb egzogennej materii organicznej“, realizowanego w ramach programu Współpracy Transgranicznej 2007 – 2013 Republika Czeska – Rzeczpospolita Polska.

Glebowa materia organiczna (SOM), obejmuje wszystkie związki organiczne w niej obecne, włączając w to pozostałości roślin w różnej fazie rozkładu, mikroorganizmy, różne metabolity i związki humusowe. Brak materii organicznej w glebie zalicza się do głównych zagrożeń jej jakości. W celu zwiększenia jej zawartości w glebie stosuje się dodatki egzogennej materii organicznej (EOM), takie jak: osady ściekowe, produkty uboczne z branży spożywczej, kompostowane materiały pochodzące z odpadów przemysłowych i komunalnych, odpady pofermentacyjne, mączki pochodzenia zwierzęcego oraz różne rodzaje obornika.

EOM'y mogą potencjalnie przyczynić się do wzrostu żyzności gleby, przy czym ich efekt jest modyfikowany przez warunki glebowe, zabiegi agrotechniczne i warunki klimatyczne. Ich bezpieczne stosowanie na gruntach ornych wymaga ścisłej kontroli zanieczyszczeń, do których zaliczyć można głównie metale śladowe oraz różne związki organiczne. Badania ekotoksykologiczne pozwalają też określić ich wpływ na organizmy glebowe.

Materia organiczna jest lepszycem strukturotwórczym, które kształtuje powstawanie agregatów glebowych, co z kolei prowadzi do zwiększenia pojemności wodnej, wymiany gazowej, rozwoju korzeni i zmniejszenia gęstości objętościowej. Ważnym skutkiem stabilizacji agregatów glebowych jest mniejsza podatność na erozję i spływy powierzchniowe.

Stosowanie EOM'ów wpływa również na stan flory i fauny glebowej, które odgrywają kluczową rolę w ich przemianach. Bakterie i grzyby mogą rozkładać wszystkie naturalne związki organiczne oraz wiele sztucznych, ponieważ są wyposażone w odpowiednie enzymy służące do ich rozkładu. Z tego powodu różnorodność genetyczna i funkcjonalna mikroorganizmów glebowych jest bardzo ważna. Bezkęgowce takie jak skoczogonki i wazonkowcowate rozdrabniają EOM'y co umożliwia mikroorganizmom ich dalszy rozkład.

Ryzyko związane z aplikacją EOM'ów do gleby, które jest często pomijane to zwiększona emisja gazów cieplarnianych. Obecność EOM'ów, które w swym składzie zawierają substraty organiczne oraz nadmiar azotanów, tworzy odpowiednie warunki dla denitryfikacji, głównego procesu odpowiedzialnego za emisję  $N_2O$  z gleby. Proces oddychania, którego głównym produktem końcowym jest  $CO_2$ , zależy od złożoności związków organicznych zawartych w EOM'ach oraz podobnie jak denitryfikacji, od właściwości fizyko – chemicznych gleby.

W dwóch doświadczeniach polowych w Braszowicach (PL) i Pustych Jakarticach (CZ), przetestowano cztery materiały organiczne (kompost, kompost przemysłowy, mączka zwierzęca, poferment). W doświadczeniach wazonowych przeprowadzonych przez IUNG w Puławach (PL), przetestowano natomiast sześć EOM'ów (mączka zwierzęca, kompost przemysłowy, kompost oraz trzy rodzaje pofermentów). W celu dokładnego przebadania efektu stosowania EOM'ów, przeprowadzono szczegółowe badania chemiczne, fizyczne oraz biologiczne pobranych próbek glebowych.

## Metodyka badań oraz charakterystyka badanych materiałów organicznych

Jacek Niedźwiecki, Rafał Gałązka, Michaela Smatanová, Kamil Cigánek

Doświadczenia polowe zostały przeprowadzone w Braszowicach (Polska) i Pustych Jakarticach (Rep. Czeska). Uprawianą rośliną była kukurydza, w pierwszym roku doświadczenia na ziarno a w drugim na kiszonkę. Następujące EOM'y zostały przetestowane w w/w doświadczeniach: kompost (Ag), nawóz organiczny wyprodukowany z obornika i gnojowicy (drobiowego, trzody chlewnej oraz bydłęcego) oraz słomy; mączka zwierzęca (Mb), nawóz organiczny pochodzenia zwierzęcego (z odpadów II i III kategorii); kompost przemysłowy (Ra), nawóz organiczny powstający w wyniku kompostowania materiałów zawierających degradowalne składniki organiczne; poferment (Dg), wytwarzany z pozostałości z produkcji frytek w procesie fermentacji beztlenowej. Plan doświadczeń był taki sam zarówno dla Braszowic jak i Pustych Jakartic i zawierał 10 kombinacji nawożenia, każde w czterech powtórzeniach. W doświadczeniu polowym zastosowano typową dla kukurydzy dawkę nawożenia azotowego - 200 kg ha<sup>-1</sup>. Na potrzeby doświadczenia nawożenie przeprowadzono w następujący sposób: 100%, 75% oraz 50% dawki azotu wprowadzano w postaci EOM'ów. Pozostała część dawki azotu dostarczona została w postaci nawożenia mineralnego, natomiast na poletkach kontrolnych zastosowano 100% dawkę składnika w postaci nawozów sztucznych. Żniwa wykazały brak istotnych statystycznie różnic w plonach dla poszczególnych kombinacji nawożenia. Oznacza to, że efekty nawożenia EOM'ami i nawożenia mineralnego są zbliżone i zastąpienie mineralnego azotu, azotem zawartym w EOM'ach, nie powoduje zmniejszenia plonu.

Przeprowadzono również dwa doświadczenia wazonowe w latach 2013 i 2014 w IUNG w Puławach. Gleby użyte w doświadczeniach pochodziły z obszarów transgranicznych – dwie z Polski – miejscowości Nowa Wieś i Pastuchów oraz jedna z Rep. Czeskiej – miejscowość Dlouha Ves. W w/w doświadczeniach zastosowano następujące EOM'y: komposty przemysłowe (Ra, Dw – wyprodukowane z odpadów kuchennych, trocin i osadów ściekowych); mączka zwierzęca (Mb); poferment (Dg); poferment (Bp) odpad z biogazowni używającej jako substratu wysłodków z buraków cukrowych; poferment (Sm), odpad z biogazowni używającej jako substratu kiszonki z kukurydzy. Dawki EOM'ów obliczono na podstawie zawartego w nich azotu i stanowiły one równowartość 50% i 100% całkowitego nawożenia azotowego. W wazonach kontrolnych zastosowano pełne nawożenie mineralne (azotan amonu). W przypadku dawki 50%, nawożenie zostało również uzupełnione azotanem amonu. Każda kombinacja została powtórzona czterokrotnie. Rośliną uprawianą w latach 2013 – 2014 była pszenica jara, odmiana Tybalt. Z każdego doświadczenia pobrano dwie serie próbek gleby – miesiąc po aplikacji EOM'ów oraz po zbiorach.

Wyniki uzyskane po przeprowadzaniu doświadczeń wazonowych, pokazują iż pofermenty nie zmniejszają plonu pszenicy w porównaniu do nawożenia mineralnego, nawet jeśli pełna dawka jest zastosowana w postaci organicznej, niezależnie od gatunku gleby oraz rodzaju zastosowanego pofermentu. W niektórych przypadkach nastąpiło nawet zwiększenie plonu. Z drugiej strony zastosowanie kompostów (Ra, Dw), spowodowało spadek plonu, zwłaszcza przy pełnej dawce azotu dostarczonej w postaci kompostu. Podobny efekt zaobserwowano dla plonu biomasy (suma masy słomy i ziarna). Natomiast w przypadku mączki zwierzęcej nie zaobserwowano spadku plonu, oprócz wazonów z glebą z Dlouha Ves.

## Wpływ egzogennej materii organicznej na poziom i jakość glebowej materii organicznej

Radosław Kaczyński, Grzegorz Siebielec

Zawartość materii organicznej w glebie (SOM) jest podstawowym parametrem wpływającym na jej właściwości, takie jak: żyzność, właściwości sorpcyjne i buforujące, pojemność wodną, podatność na degradację. Ponadto, w zależności od sposobu użytkowania, SOM może być źródłem, lub zbiornikiem dla CO<sub>2</sub> znajdującego się w atmosferze. Intensywna produkcja roślinna połączona z uproszczonym płodozmianem z przewagą zbóż, może doprowadzić do zmniejszenia ilości pozostałości organicznych wchodzących w cykl przemiany próchnicy, a w konsekwencji do zmniejszenia ich ilości w glebie. W ostatnich latach (dekadach), w wielu regionach UE nastąpił wzrost specjalizacji gospodarstw rolnych w kierunku produkcji roślinnej oraz spadek ilości gospodarstw nastawionych na produkcję zwierzęcą, co prowadzi do braku nawozów naturalnych, które stanowią ważne źródło zasobów próchnicy. W takiej sytuacji egzogenna materia organiczna (EOM), może stanowić alternatywę dla obornika w gospodarstwach bezinwentazowych.

Jest oczywistym, że zastosowanie większości testowanych typów EOM'ów, zwiększyło ilość węgla organicznego nawet w dawkach użytych w doświadczeniach polowych. Ich dawki odpowiadały ilości danego materiału wnoszącego nie więcej niż 200 kg N na hektar. Wszystkie przetestowane EOM'y spowodowały łagodny liniowy wzrost zawartości węgla w glebie wraz ze wzrostem dawki materii organicznej. Oznacza to, że takie materiały mogą stanowić znaczące źródło węgla w glebie w przypadku jeśli nie są szkodliwe dla innych funkcji gleby oraz nie wnoszą zanieczyszczeń.

Większego wzrostu węgla organicznego w glebie można spodziewać się przy zastosowaniu takich materiałów jak komposty. Zapewniają one większy wkład materii organicznej w porównaniu do np.: maczki zwierzęcej, która zawiera stosunkowo dużą ilość azotu i fosforu, i z tego powodu jej dawki całkowite powinny zostać ograniczone. Sama maczka powinna być traktowana raczej jako polepszacz gleby a nie materiał stosowany w celu zwiększenia poziomu materii organicznej w glebie.

Stosowanie EOM'ów nie wpływało znacząco na stabilność endogenego węgla organicznego w porównaniu do poletek kontrolnych, na których stosowano pełne nawożenie mineralne, bez względu na testowaną glebę. Oznacza to, że EOM'y nie zakłócają istniejących cykli przemiany węgla organicznego.

Zarówno w doświadczeniach polowych, jak i wazonowych nie odnotowano większego wpływu EOM'ów na labilną frakcję węgla. Na udział tej frakcji nie miała wpływu dawka EOM'u ani jego rodzaj - nie odnotowano wpływu maczki zwierzęcej, kompostów a nawet pofermentów, które powinny zawierać pewną ilość łatwo dostępnych frakcji azotu i węgla. Frakcjonowanie węgla w glebie (labilny i stabilny) wykazało, że w perspektywie krótkookresowej aplikacja EOM'ów nie wpływa istotnie na obieg węgla i jego stabilność w glebie, oraz prawdopodobnie nie ma wpływu na podatność gleby na erozję. Jednak w dłuższej perspektywie przetestowane EOM'y mogą zwiększyć pulę węgla w glebie i w konsekwencji poprawić jej funkcje.



## **Wpływ egzogennej materii organicznej na właściwości chemiczne gleby**

Radosław Kaczyński, Petra Kosubová, Rafał Galazka, Grzegorz Siebielec

### **Potencjalne możliwości aplikacji egzogennej materii organicznej do gleby**

Poziom próchnicy w glebie może być zwiększany poprzez dodatek materiałów pochodzenia organicznego. Mogą to być zarówno nawozy naturalne (obornik, gnojowica), resztki poźniwne (słoma), zielony nawóz, komposty i odpady komunalne i przemysłowe (osady ściekowe, odpady z biogazowni, odpady zwierzęce). Obornik to podstawowy nawóz organiczny. Jest cennym źródłem trwałych i łatwo dostępnych składników odżywczych i mikroelementów, poprawia strukturę gleby oraz jej właściwości fizyczne. W gospodarstwach, które nie prowadzą produkcji zwierzęcej, obornik może być zastąpiony słomą. Kompost gospodarski należy do najlepszych nawozów organicznych używanych w rolnictwie. Jego wartość jest oceniana na podstawie składu surowca użytego do jego produkcji oraz procesu kompostowania. Kolejną grupę polepszaczy gleb stanowią różnego rodzaju osady ściekowe oraz komposty komunalne. Następujące materiały są stosowane jako surowiec: trawa, liście drzew i krzewów, rozdrobnione gałęzie drzew i krzewów, odpady pochodzenia roślinnego z targów, pozostałości roślinne z miejskich terenów zielonych, klombów i odpady ogrodowe. Osady ściekowe mogą być stosowane, jeśli zostały ustabilizowane poprzez poddanie ich obróbce biologicznej, chemicznej, termicznej. Wpływ kompostowanych osadów na plon, jest porównywalny z wpływem obornika. Materiałami stosunkowo nowymi ale o ciągle wzrastającym znaczeniu są pofermenty z biogazowni. Przefermentowane substancje (nazywane też pulpą pofermentacyjną, osadem z fermentacji, produktem fermentacji lub po prostu pofermentem) produktem ubocznym procesu fermentacji metanowej.

Spśród innych materiałów organicznych, w tym odpadów, które potencjalnie mogą być użyte jako źródło glebowej materii organicznej, wartymi odnotowania są: a) podłoża do uprawy grzybów, b) mączki kostno – mięsne, c) odpady rolnicze i z przemysłu spożywczego, d) odpady z przecierów i wywarów, e) osady denne, f) odpady leśne. Należy wspomnieć, że stosowanie dodatków organicznych do gleby jest regulowane prawodawstwem krajowym i europejskim. Odpady organiczne zatwierdzone do użycia rolniczego, muszą spełnić standardy dotyczące zawartości zanieczyszczeń (zanieczyszczenie mikrobiologiczne, zawartość metali i pierwiastków śladowych).

Dane z Czeskiego Urzędu Statystycznego pokazują znaczny wzrost produkcji nawozów organicznych i polepszaczy gleb w latach 2006 – 2013. W dniu 2013.07.31 istniało tam 487 biogazowni, z których 317 były to biogazownie rolnicze. Roczna produkcja pofermentu w Czechach jest szacowana na prawie 8 milionów ton. Obecnie na rynku w Czechach dostępnych jest prawie 500 różnych nawozów organicznych, które do dopuszczenia do obrotu wymagają rejestracji lub zawiadomienia odpowiednich władz.

Podstawowymi odpadami, które mogą być powszechnie stosowane w rolnictwie są komunalne osady ściekowe. Jak wykazano, 75% osadów ściekowych produkowanych w Polsce spełnia aktualne kryteria jakości chemicznej wymaganej dla osadów stosowanych do nawożenia gleby. Jednocześnie wzrasta ilość odpadów z produkcji biogazu. W Polsce istnieje 254 biogazowni, z czego 58 to biogazownie rolnicze.

## **Zagrożenia wynikające z zastosowania egzogennej materii organicznej do gleby**

Niektóre pierwiastki śladowe (TE - trace elements) są potencjalnie szkodliwe dla fauny i flory oraz ludzi, jeśli występują w nadmiernych ilościach. Materiały organiczne, takie jak obornik, bioodpady, komposty mogą zawierać podwyższone zawartości TE w porównaniu do ich naturalnego poziomu w glebach. Z drugiej strony, większość metali w stężeniach naturalnych jest niezbędna do prawidłowego funkcjonowania organizmów roślinnych, zwierzęcych i ludzkich. Dlatego też dodatek EOM'ów do gleby może być rozpatrywany jako łagodzenie lub intensyfikacja zjawisk deficytu mikrośladników w roślinach i żywności.

Egzogenna materia organiczna testowana w projekcie, została przeanalizowana pod kątem całkowitej zawartości pierwiastków. Ogólnie rzecz biorąc zawartość poszczególnych pierwiastków kształtuje się poniżej dopuszczalnych wartości zarówno w Polsce jak i w Czechach. Uzyskane wyniki zawartości TE w glebie z doświadczeń polowych i wazonowych, pokazują, że dodatek EOM'ów przetestowanych w Projekcie, nie stwarza zagrożenia dla zanieczyszczenia gleby metalami. Nawet użycie EOM'ów w dwóch kolejnych latach, nie zwiększyło ich całkowitej zawartości w porównaniu z kontrolą. Warty odnotowania jest fakt, że niektóre EOM'y, zwiększyły całkowitą zawartość manganu w glebie co jest szczególnie cenne, ponieważ mangan jest często deficytowy, zwłaszcza w glebach piaszczystych.

EOM'y powinny być też badane pod kątem zawartości związków organicznych które mogą wywierać negatywny wpływ na zdrowie zwierząt i ludzi. W przeciwieństwie do stosunkowo dobrze poznanych zanieczyszczeń metalami w kompostach i odpadach pofermentacyjnych, wiedza nt. zanieczyszczeń organicznych w w/w materiałach jest ograniczona. Analiza obejmowała następujące substancje: chloroorganiczne pestycydy (OCP), polichlorowane bifenyle (PCB), polibromowane etery difenyłowe (PBDE), heksabromocyklododekan (HBCD), substancje perfluoroalkilowe (PFAS) i wielopierścieniowe węglowodory aromatyczne (WWA).

Ogólnie rzecz biorąc zawartość szkodliwych związków organicznych w badanych EOM'ach wykazała duże zróżnicowanie. Najwyższa zawartość POP została odnotowana w kompoście Dw. Jak dotąd nie ma przepisów EU podających konkretne wartości graniczne zawartości POP w nawozach organicznych, takich jak komposty i odpady pofermentacyjne. Takie przepisy istnieją w niektórych państwach członkowskich, regulując kwestię POP na poziomie krajowym bądź regionalnym. Takie ustawodawstwo nie jest jednak wdrażane ani w Polsce ani w Czechach. Wszystkie stosowane EOM'y, z wyjątkiem kompostu Dw, spełniłyby limity zawarte w ustawodawstwie poszczególnych krajów członkowskich. Przemysłowy kompost Dw, zawierający sumę 16 WWA w stężeniu 5,71 mg/kg sm, nie spełniłby kryteriów w np.: Danii, Szwajcarii lub Słowenii. Z drugiej strony wszystkie testowane EOM'y były zgodne z ustawodawstwem Czeskim dotyczącym zawartości POP w osadach i ściekach stosowanych doglebowo (Rozporządzenie No. 257/2009, Rozporządzenie No. 382/2001).

Wszystkie wymienione wcześniej zanieczyszczenia organiczne zostały oznaczone również w próbkach gleby, pochodzących z obu doświadczeń polowych oraz wazonowych w celu sprawdzenia, czy aplikacja EOM'ów może zwiększyć zawartość POP w glebie. Żaden z badanych EOM'ów nie zwiększył statystycznie poziomu tła WWA. W przypadku DDT, ocena statystyczna oddziaływania EOM'ów była silnie zależna od niskiej zawartości tego związku w glebie oraz od dużej zmienności powtórzeń w obrębie doświadczenia, co może być związane z nierównomiernymi opryskami DDT w przeszłości. Podsumowując, w większości przypadków zawartość zanieczyszczeń organicznych w testowanych EOM'ach, spełniała normy określone przez ustawodawstwo różnych państw członkowskich oraz nie zanotowano wzrostu poziomu ich tła w glebie z doświadczeń polowych i wazonowych.

## Wpływ dodatku materii organicznej na właściwości fizyczne gleby

Jerzy Lipiec, Marcin Turski, Andrzej Bieganowski, Bogusław Usowicz

Materia organiczna poprawia żyzność gleby, zwiększa plony i wpływa na wiele procesów fizycznych i funkcji gleby. Jej zawartość w glebach uprawnych stopniowo maleje ze względu na zmiany w sposobie użytkowania ziemi i klimatu. Nawet niewielka utrata materii organicznej może spowodować pogorszenie struktury gleby. Z tego względu jej zawartość w glebie jest kluczowym atrybutem fizycznej jakości gleby. Materia organiczna wraz z produktami przemian mikrobiologicznych są elementami wiążącymi pojedyncze ziarna i tworzącymi gruzełki glebowe, które stabilizują strukturę gleby oraz układ porów. Lepsza struktura agregatowa gleby umożliwia zmagazynowanie większej ilości wody opadowej w glebie dla wzrostu roślin, a także zapewnia ochronę fizyczną "węgla organicznego" w agregatach przed rozkładem mikrobiologicznym.

W ramach czesko-polskiego projektu badawczego oceniono wpływ dodatku wybranych rodzajów materii organicznej na następujące charakterystyki fizyczne gleb: krzywą retencji (pF) w tym wilgotność gleby odpowiadającą połowej pojemności wodnej metodą komór ciśnieniowych, rozkład wielkości porów na podstawie wilgotności gleby przy różnych podciśnieniach, szybkość infiltracji wody (WI) i etanolu (EI), wskaźnik hydrofobowości (RI), przewodnictwo wodne w glebie o nienaruszonej strukturze i nasyconej wodą, trwałość mechaniczną struktury przez pomiar wytrzymałości na zgniatanie agregatów glebowych, przewodnictwo cieplne przy użyciu czujnika dwuigłowego, wilgotność gleby metodą reflektometryczną i rozkład wielkości cząstek glebowych metodą dyfrakcji laserowej.

Wpływ egzogennej materii organicznej na właściwości fizyczne był związany z rodzajem tej materii, dawką, terminem pomiaru i lokalizacją pola doświadczalnego. Wykazano, że retencja wody odpowiadająca połowej pojemności wodnej wykazała tendencję wzrostową w glebie wzbogaconej kompostem z organicznych odpadów przemysłowych (Ra) i mączką zwierzęcą (Mb) w Pustych Jakarticach (Czechy) oraz osadem pofermentacyjnym z biogazowni przy użyciu odpadów poprodukcyjnych z fabryki frytek (Dg) w Braszowicach (Polska). Na ogół wpływ dodatku wszystkich rodzajów materii organicznej na szybkość infiltracji wody i etanolu oraz wskaźnik hydrofobowości agregatów glebowych był nieznaczny i statystycznie nieistotny w pierwszym roku badań (2013). Natomiast w drugim roku badań pod koniec doświadczenia (jesień 2014) infiltracja wody i przewodnictwo wodne w stanie nasyconym wykazywały tendencję wzrostową w glebach wzbogaconych Mb i Ra w obu lokalizacjach. Wyniki wskazują na to, że wzbogacenie gleby Ra i Mb może poprawić magazynowanie wody opadowej w niżej położonych warstwach profilu glebowego i strukturę gleby. Stwierdzono tendencję wzrostową linii trendu wilgotności gleby wraz ze wzrostem wielkości dawki stosowanych rodzajów materii organicznej w doświadczeniu w Pustych Jakarticach. Natomiast w doświadczeniu w Braszowicach nie stwierdzono takiej tendencji. Zmiany przewodnictwa cieplnego pod wpływem dodatku materii organicznej były mniejsze niż wilgotności gleby. Rozkład wielkości cząstek glebowych wykazywał zmienność przestrzenną w obrębie pól doświadczalnych, co może maskować oddziaływanie egzogennej materii organicznej w niektórych poletkach.

Na ogół wpływ dodatku materii organicznej na badane właściwości fizyczne gleby zwiększał się wraz ze wzrostem dawki.

## **Wpływ egzogennej materii organicznej (EOM) na różnorodność funkcjonalną i genetyczną mikroorganizmów oraz aktywność enzymatyczną gleby w odniesieniu do właściwości środowiska**

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

Właściwości mikrobiologiczne są uważane za równie czułe na zmiany warunków środowiska, jak właściwości fizyczne i chemiczne, jednak dodatkową zaletą monitoringu właściwości mikrobiologicznych jest możliwość szybszej obserwacji skutków zmian warunków środowiska. Zmiany jakościowe w zbiorowiskach mikroorganizmów mają znaczący wpływ na integralność funkcjonalną gleby. Dlatego też, różnorodność mikrobiologiczna ma fundamentalne znaczenie dla zrównoważonego zarządzania środowiskiem.

Głównym celem badań była ocena wpływu różnych rodzajów egzogennej materii organicznej (EOM) na parametry mikrobiologiczne, które uważane są za istotne wskaźniki jakości i stanu ekologicznego gleb. Szczegółowe cele podjętych badań były następujące:

- ocena i porównanie genetycznej różnorodności wybranej grupy mikroorganizmów glebowych - archaea utleniających amoniak (AOA), w glebie z dodatkiem różnych źródeł egzogennej materii organicznej (kompost – Ag; kompost z odpadów organicznych – Ra, Dw; mączka zwierzęca – Mb oraz osad pofermentacyjny z biogazowni – Dg, Bp, Sm). Doświadczenia prowadzono w warunkach polowych i wazonowych;
- ocena różnorodności funkcjonalnej mikroorganizmów przy użyciu profilowania fizjologicznego poziomu populacji, w szczególności bakterii, grzybów oraz mikroorganizmów beztlenowych, w odpowiedzi na wprowadzenie do gleb EOM;
- ocena aktywności enzymatycznej (dehydrogenaz,  $\beta$ -glukozydazy, ureazy, celulazy, fosfatazy kwaśnej i alkalicznej) po aplikacji egzogennej materii organicznej pochodzącej z różnego rodzaju odpadów.

Badania obejmowały również ocenę wpływu testowanych EOM na nasilenie procesu nityfikacji oraz na intensywność wzrostu mikroorganizmów glebowych.

Przeprowadzone badania wykazały, że zastosowanie egzogennej materii organicznej do gleb prowadzi do zmian aktywności mikrobiologicznej i enzymatycznej, jak również bioróżnorodności mikroorganizmów. Procesy prowadzone przez mikroorganizmy glebowe charakteryzowały się zróżnicowaną wrażliwością na obecność zaaplikowanych do gleby EOM.

Wyniki wskazują, że zarówno rodzaj, dawka EOM, jak również typ gleby miały istotny wpływ na badane parametry mikrobiologiczne.

Dodanie EOM spowodowało ilościowe i jakościowe zmiany w składzie archaea utleniających amoniak, nie powodując jednocześnie zakłócenia równowagi biologicznej w glebie. Wykorzystanie wszystkich badanych typów EOM (Ag; Ra; Dw; Mb; DG; Bp; Sm) wydaje się być bezpieczne dla funkcjonowania i różnorodności genetycznej naturalnie bytujących w glebie mikroorganizmów (autochtonicznych).

Badania mikrobiologiczne wykazały, że EOM stymulowała zbiorowiska mikroorganizmów glebowych, zwiększając ich różnorodność genetyczną i funkcjonalną. Efekt ten zależał od typu gleby, terminu analiz i zastosowanej dawki EOM.

## Reakcja fauny glebowej na stosowanie egzogennej materii organicznej do nawożenia gleb

Ivan Hadrián Tuf, Ondřej Horňák

Chociaż na pierwszy rzut oka przypomina materiał mineralny, gleba w istocie jest gęsto zasiedlona przez organizmy i zawiera zarówno żywą jak i martwą materię organiczną. Ilość materii organicznej to zwykle ok. 6% w typowej glebie, podczas gdy żywa fauna glebowa (zooedafon) to jedynie 0,15% a żywe bakterii i grzyby (fitoedafon) stanowi kolejne 0,45%. Niemniej jednak organizmy te są bardzo ważne w obiegu składników odżywczych w naturalnych ekosystemach.

Obfitość (gęstość) występowania poszczególnych grup fauny glebowej zależy od ich wielkości. Na przykład skoczogonki (Collembola) lub mechowce (Oribatida) o wymiarach pomiędzy 0,2 – 2 mm, stanowią mezofaunę i występują w ilości od dziesiątek do setek tysięcy na metrze kwadratowym. Dla kontrastu, stonogi (Diplopoda), krocionogi (Chilopoda) i chrząszcze (Coleoptera), reprezentujące makrofaunę, której rozmiar wynosi zazwyczaj od 2 mm do 2 cm zasiedlają glebę w ilości kilkuset osobników na metr kwadratowy.

Fauna glebowa odgrywa ważną rolę w rozkładzie i mineralizacji ściółki oraz innej martwej materii organicznej w glebie. Pomimo niewielkiej obecności ściółki na glebach rolniczych, jej roczna produkcja w naturalnych ekosystemach Europy Centralnej sięga kilku ton na hektar. Bez jej rozkładu, pierwiastki chemiczne oraz składniki odżywcze byłyby niedostępne dla roślin. W czasie rozkładu, stabilne substancje organiczne są przekształcane do złożonych substancji humusowych, które z kolei są zdolne do wiązania składników odżywczych i jonów a następnie do stopniowego ich uwalniania. W przeciwieństwie do nawozów sztucznych, humus jest zdolny do utrzymywania tych składników i ich ochrony przed wypłukaniem.

Martwa materia organiczna jest rozkładana mechanicznie przez zwierzęta glebowe oraz biochemicznie, przez grzyby i bakterie. W miarę postępu rozdrabniania, zwiększa się powierzchnia dostępna dla grzybów i bakterii. Części roślinne, znajdujące się obok odchodów organizmów rozdrabniających ściółkę, tworzą doskonałe warunki do rozwoju mikroorganizmów. Poprzez rozdrabnianie ściółki i wydalanie odchodów, bezkręgowce glebowe przyspieszają rozkład materii organicznej ale hamują jej mineralizację i w rezultacie wspomagają sekwestrację węgla.

Realizacja projektu polsko – czeskiego zakładała ocenę wpływu wybranych EOM'ów na gęstość występowania fauny glebowej. Ogólnym efektem ich zastosowania był krótkoterminowy wzrost liczebności skoczogonków oraz chrząszczy. Dodatek mączki zwierzęcej spowodował wzrost liczebności larw muchówek (Diptera) oraz chrząszczy (głównie Silphidae). Analiza rozmieszczenia gatunków, wykazała, że na poletkach, na których stosowano mączkę zwierzęcą była ona bardzo podobna do poletek kontrolnych. W przypadku pozostałych dodatków organicznych nie wykazano takich podobieństw.

Fauna glebowa stanowi ważne ogniwo w rozkładzie materii organicznej. Bez jej obecności materia ta jest szybko mineralizowana i rośliny nie są w stanie efektywnie jej wykorzystać. Wysokie dawki EOM'ów nie są pożądane, podobnie jak ich rzadkie stosowanie nie wspomaga stabilności populacji. Pomimo, że żaden rodzaj egzogennej materii organicznej nie zagraża faunie glebowej, zrównoważone i regularne jej stosowanie do gleb, jest najlepszą drogą do utrzymania gleby w dobrej kondycji pod względem biologicznym.

## Ryzyko wzrostu emisji gazów cieplarnianych z gleby w wyniku stosowania egzogennej materii organicznej

Jiří Čuhel, Małgorzata Brzezińska

Stosowanie egzogennej materii organicznej (EOM) jako dodatku do gleby uprawnej przynosi korzyści rolnictwu, jednak może stanowić również zagrożenie dla środowiska, takie jak zwiększenie emisji gazów cieplarnianych do atmosfery. Od czasu rewolucji przemysłowej stężenie gazów cieplarnianych w atmosferze stale wzrasta powodując globalne ocieplenie. Najsilniejszymi gazami cieplarnianymi w atmosferze Ziemi są  $\text{CO}_2$ ,  $\text{CH}_4$  i  $\text{N}_2\text{O}$ . Rolnictwo pełni istotną rolę w globalnej emisji gazów cieplarnianych, a EOM jest znacznym źródłem tych gazów.

W glebie  $\text{CO}_2$  powstaje wskutek rozkładu materii organicznej (również EOM) prowadzonego przez organizmy glebowe oraz ich respirację.  $\text{CH}_4$  jest organicznym gazem śladowym najliczniej występującym w atmosferze Ziemi, jednak ze względu na silną anaerobiozę konieczną do przebiegu metanogenezy, w większości agroekosystemów zastosowanie EOM nie przyczynia się wydzielania  $\text{CH}_4$ . Dlatego w ramach niniejszego projektu czesko-polskiego nie szacowaliśmy wpływu dodatku EOM na emisję  $\text{CH}_4$ . Trzeci najsilniejszy gaz cieplarniany,  $\text{N}_2\text{O}$ , dodatkowo przyczynia się do niszczenia warstwy ozonowej w stratosferze. Gleby są odpowiedzialne za ponad dwie trzecie globalnej emisji  $\text{N}_2\text{O}$ , głównie w efekcie procesu mikrobiologicznej denitryfikacji. Denitryfikacji jest dysymilacyjną redukcją  $\text{NO}_3^-$  do  $\text{N}_2\text{O}$  i  $\text{N}_2$ . Poszczególne typy EOM mają różny skład, więc ich wpływ na emisję  $\text{N}_2\text{O}$  i  $\text{CO}_2$  może być również bardzo zróżnicowany.

W ramach projektu czesko-polskiego badaliśmy potencjalny wpływ wybranych typów EOM zastosowanych do gleby uprawnej na emisję  $\text{N}_2\text{O}$  i  $\text{CO}_2$ . Zdolność do produkcji  $\text{N}_2\text{O}$  określana była poprzez aktywność enzymów denitryfikacyjnych (DEA), a potencjalna emisja  $\text{CO}_2$  metodą respiracji podstawowej (BR) i respiracji indukowanej dodatkiem substratu (SIR).

Należy podkreślić, że pomiary  $\text{N}_2\text{O}$  i  $\text{CO}_2$  wykonywaliśmy tylko dwukrotnie po aplikacji EOM. Szacowanie ryzyka wzrostu emisji gazów cieplarnianych na tej podstawie może być jednak jedynie przybliżone. Dla przyszłego testowania EOM zalecamy częstsze monitorowanie emisji gazów cieplarnianych. Na podstawie naszego doświadczenia, rekomendujemy również skupienie się głównie na badaniu  $\text{N}_2\text{O}$  oraz wykorzystanie wskaźnika DEA bez dodatku  $\text{C}_2\text{H}_2$  dla wyznaczenia potencjalnej emisji  $\text{N}_2\text{O}$  z gleby. W czasie testowania każdego rodzaju EOM pod kątem jego wpływu na emisję  $\text{N}_2\text{O}$  należy też rozważyć, jaka gleba przeznaczona jest do nawożenia EOM oraz uwzględnić ją w badaniach.

Sugerujemy następującą praktykę dla zmniejszenia emisji gazów cieplarnianych z gleby. EOM powinien być aplikowany w dawce optymalnej, uwzględniającej wszystkie źródła N dostępnego dla roślin. Należy unikać opóźnień pomiędzy podaniem EOM i poborem N przez uprawiane rośliny. Ponadto, dodatek EOM powinien być umieszczony starannie w glebie w taki sposób, by był łatwo dostępny dla korzeni roślin.

## Ocena wpływu egzogennej materii organicznej na organizmy glebowe za pomocą testów ekotoksykologicznych

Martin Váňa

Podniesienie standardu życia wiąże się ze wzrostem ilości odpadów, które często trafiają na składowiska lub do spalarni. Odpady te zawierają znaczne ilości frakcji organicznej, stanowiąc potencjalny dodatek poprawiający właściwości gleby. Odpady mogą jednak zawierać substancje toksyczne, których źródłem jest działalność człowieka.

Analizy chemiczne, najczęściej stosowane do oceny toksyczności zanieczyszczeń i odpadów, nie są wystarczające. Skuteczne są natomiast oznaczenia ekotoksykologiczne. Ekotoksykologia bada wpływ toksycznych substancji chemicznych na organizmy na poziomie populacji, zbiorowiska i ekosystemu. Do wykrywania toksycznych substancji w próbce zalecane jest zastosowanie kombinacji testów ekotoksyczności (zestaw testów) z uwzględnieniem organizmów należących do różnych poziomów troficznych (producenci, konsumenci, reducenty) i o różnej wrażliwości, oraz wykorzystanie wskaźników dających różne zakresy informacji.

W projekcie wykorzystano zestaw metod zgodnych ze standardami ISO i OECD. Respiracja indukowana substratem charakteryzująca dużą grupę mikroorganizmów heterotroficznych oraz utlenianie amoniaku przeprowadzane przez wąską grupę mikroorganizmów chemolitotroficznych reprezentują dwie ekologicznie różne aktywności. Skoczogonek (*Folsomia candida*) i wazonkowiec (*Enchytraeus crypticus*) są bezkręgowcami zwiększającymi żyzność gleby, lecz cechuje je różny sposób odżywiania. Drapieżny gatunek roztoczy *Hypoaspis aculeifer* jest wykorzystywany jako przedstawiciel najwyższego poziomu troficznego. Długość korzeni (np. sałaty *Lactuca sativa*) lub biomasa są znanymi wskaźnikami roślinnymi, stosowanymi w testach ekotoksykologicznych. Innym obszarem badań jest ocena zagrożenia związanego z wyciekaniem zanieczyszczeń z gleby do wód gruntowych. Pomiar inhibicji luminescencji bakterii *Vibrio fischeri*, wzrost zielonych glonów *Pseudokirchneriella subcapitata* i rośliny wodnej *Lemna minor* są przykładami powszechnie stosowanych metod.

W projekcie czesko-polskim oceniano różne typy EOM za pomocą zestawu testów obejmujących różne poziomy troficzne. Mimo, że testy nie wykazały niekorzystnego wpływu EOM przy stosowaniu zalecanych dawek, to badania takie należy przeprowadzać. Testy odcieków nie ujawniły negatywnego wpływu stosowanych EOM w doświadczeniach polowych i wazonowych. Wskazane jest jednak badanie innych typów EOM, ponieważ potencjalnie mogą zawierać pewne zanieczyszczenia wymywane do wód gruntowych lub wód powierzchniowych, stanowiąc zagrożenie dla środowiska. Podsumowując, przed zatwierdzeniem innych EOM dla ich bezpiecznego stosowania do gleby zalecamy uwzględnienie metod ekotoksykologicznych, ponieważ są one bardzo istotne dla integralnej oceny badanych materiałów.





Niniejsza publikacja została opracowana jako wskaźnik realizacji projektu „Zagrożenia oraz korzyści wynikające z wprowadzania do gleb egzogennej materii organicznej” (CZ.3.22/1.2.00/12.03445) zrealizowanego w ramach Programu Operacyjnego Współpracy Transgranicznej Republika Czeska – Rzeczpospolita Polska 2007-2013, współfinansowanego ze środków Europejskiego Funduszu Rozwoju Regionalnego (EFRR).

**Badania egzogennej materii organicznej w celu bezpiecznego stosowania do gleby**  
/wersja skrócona

Redakcja  
Stanislav Malý, Grzegorz Siebielec

Okładka: Jiří Čuhel

Rok wydania: 2015

Wydanie: Pierwsze

Liczba stron: 14

Nakład: 150 egzemplarzy

Druk: Ústřední kontrolní a zkušební ústav zemědělský  
*Centralny Instytut Nadzoru i Badań w Rolnictwie*  
Hroznová 2  
656 06 Brno  
Republika Czeska