

## Wpływ odpadów organicznych na aktywność oraz różnorodność funkcjonalną mikroorganizmów glebowych

### *Streszczenie w języku polskim*

Systematyczny wzrost produkcji biomasy odpadowej wymusza wypracowanie efektywnego sposobu jej zagospodarowania. Największy nacisk kładziony jest na przeciwdziałanie składowaniu odpadów, a według najnowszych trendów utylizacja odpadów obejmuje przede wszystkim przyrodnicze wykorzystanie oraz ich termiczne przekształcanie. W ostatnich latach coraz więcej doniesień naukowych opisuje właściwości oraz wpływ pulpy pofermentacyjnej z biogazowni na funkcjonowanie ekosystemu glebowego. Wiele uwagi poświęca się przyrodniczej utylizacji komunalnych osadów ściekowych. Liczne doniesienia wskazują jednak na pewne ograniczenia stosowania ich na grunty rolne ze względu na zawartość szkodliwych substancji, metali ciężkich oraz występowanie mikroorganizmów chorobotwórczych. Z kolei osady ściekowe spoza sektora komunalnego wykazują pewien potencjał nawozowy oraz relatywnie mniejsze zanieczyszczenie. Potrzebne są jednakże badania potwierdzające skuteczność użycia ich jako nawozu organicznego oraz badania potwierdzające utrzymanie stabilności ekosystemu glebowego po ich aplikacji na grunty rolne.

Celem podjętych badań było porównanie wpływu wybranych odpadów organicznych na środowisko glebowe, zwłaszcza w kontekście mikrobiologicznych i biochemicznych wskaźników jakości gleby.

Badania oddziaływania wybranych bioodpadów na aktywność mikrobiologiczną gleby przeprowadzono w oparciu o dwa doświadczenia (polowe i wazonowe). Przeprowadzone badania obejmowały określenie wpływu odpadów organicznych generowanych przez biogazownie rolnicze oraz przemysł rolno-spożywczy na aktywność mikrobiologiczną, biochemiczną i różnorodność funkcjonalną mikroorganizmów glebowych wraz z określeniem następczego oddziaływania tych odpadów. W doświadczeniu polowym wykorzystano trzy źródła materii organicznej: pulpę pofermentacyjną, osad ściekowy z oczyszczalni ścieków z zakładu przetwórstwa owoców oraz osad z oczyszczalni ścieków mleczarskich. Każdy odpad zastosowano w dwóch dawkach, które zostały ustalone na podstawie zawartości suchej masy w odpadach. Odpady do gleby wprowadzono w maksymalnej, skumulowanej (jednorazowej na 3 lata nawożenia), dopuszczalnej do stosowania w rolnictwie dawce – 9 Mg suchej masy odpadu na hektar oraz w połowie tej dawki – 4,5 Mg suchej masy odpadu na hektar. Obiekt kontrolny stanowiła gleba, do której nie wprowadzono odpadów organicznych.

Trzykrotnie w każdym roku prowadzenia doświadczenia pobierano do badań próbki glebowe z dwóch warstw profilu glebowego: 0-25 i 25-40 cm. Ze względu na utrudnioną aplikację pulpy przeprowadzono badania z użyciem kombinacji odpadowych pulpy pofermentacyjnej z otrębami pszennymi w doświadczeniu wazonowym. Badania gleby w obu przeprowadzonych doświadczeniach

obejmowały określenie ogólnej liczebności bakterii i grzybów, aktywności respiracyjnej, dehydrogenaz,  $\beta$ -glukozydazy, proteazy, ureazy oraz fosfatazy zasadowej, a także różnorodności funkcjonalnej mikroorganizmów glebowych, mierzonej za pomocą wskaźników AWCD (Average Well Color Development), H (Shannona) i S (Substrate Richness). Oceniono również średnie wykorzystanie grup substratów węglowych oraz intensywność utylizacji poszczególnych źródeł węgla.

Badania wykazały, że zarówno w warunkach doświadczenia polowego, jak i wazonowego analizowane parametry były czułymi wskaźnikami zmian zachodzących w środowisku glebowym. Zaobserwowane zmiany liczebności bakterii i grzybów oraz aktywności enzymatycznej były zależne od rodzaju, dawki oraz czasu działania zastosowanego odpadu. Zastosowane odpady (pulpa pofermentacyjna, osad owocowy, osad mleczarski) spowodowały zwiększenie aktywności enzymatycznej gleby. Efekt ten zaznaczył się głównie w wierzchniej warstwie gleby (0-25cm) przy zastosowaniu wyższej dawki odpadów (9,0 Mg ha<sup>-1</sup>). Zmiany w różnorodności funkcjonalnej nie wskazują na wystąpienie zaburzeń równowagi w glebach modyfikowanych odpadami.

Zastosowane odpady, zwłaszcza pulpa pofermentacyjna, spowodowały uruchomienie dodatkowych substratów węglowych (zwłaszcza z grupy polimerów, a także kwasów karboksylowych i ketonowych), które nie były wykorzystywane w glebie kontrolnej, co spowodowało zwiększenie różnorodności funkcjonalnej zbiorowisk mikroorganizmów w glebie nawożonej odpadami. Analiza następczego oddziaływania odpadów wykazała, że wartości parametrów biochemicznych gleby ulegały obniżeniu wraz z upływem czasu trwania eksperymentu. Pomimo tego korzystny wpływ na analizowane parametry utrzymywał się również w drugim roku działania odpadów. Zastosowanie mieszanek odpadowych (pulpy pofermentacyjnej z otrębami pszennymi) wpływało na zwiększenie aktywności mikroorganizmów glebowych w większym stopniu niż wprowadzenie do gleby samej pulpy pofermentacyjnej. Efekt ten zaznaczył się głównie dla mieszanki pulpy pofermentacyjnej i otrąb pszennych w stosunku 1:2, przy zastosowaniu wyższej dawki (9 Mg s.m. ha<sup>-1</sup>).

#### *Słowa kluczowe w języku polskim*

pulpa pofermentacyjna, osad mleczarski, osad owocowy, utylizacja bioodpadów, aktywność enzymatyczna gleby, różnorodność funkcjonalna

*Tytuł pracy w języku angielskim*

The influence of organic waste on the activity and functional diversity of soil microorganisms

*Streszczenie w języku angielskim*

The systematic increase in the production of organic waste imply development of its efficient management. The greatest emphasis is put on preventing the unfavorable landfilling. According to the latest tendency agricultural and thermal disposal are mainly considered. Recently, scientific reports present the characteristics of digestate from biogas plants and its impact on the soil ecosystem. Much more attention is paid to the agricultural disposal of municipal sewage sludge. However, numerous reports indicate that there are some limitations of their application into the soil due to toxic substances, heavy metals and pathogenic microorganisms presence. On the contrary, the other types of sludge, those not derived from municipal waste are characterized by some potential as fertilizer and relatively lower contamination. However, studies confirming their efficacy as organic fertilizer and studies confirming soil ecosystem stability after their application on arable land are needed.

The aim of this study was to compare the effect of selected organic waste on the soil environment, especially in the context of microbiological and biochemical indicators of soil quality.

The study of selected waste impact on soil microbial activity were established on two experiments (field and pot). The study covered the determination of organic waste (originated from agricultural biogas plants and agri-food industry) impact on microbial and biochemical activity and functional diversity of soil microorganisms. Determination of subsequent impact of those waste was perform as well. In the field experiment there were three sources of organic matter used: digestate, sewage sludge from fruit processing wastewater treatment plants and dairy sewage sludge. Each waste were used in two doses, which were based on the waste dry matter content. The waste were introduced into the soil in the maximum, cumulated dose (ones every three years of fertilization), that is acceptable for agriculture use - 9 Mg waste dry matter per hectare and half of this dose - 4.5 Mg waste dry matter per hectare. The control object was soil to which no organic waste were added

Three times in each year of the experiment soil samples from two soil depth: 0-25 and 25-40 cm were taken for analysis. Due to difficult digestate application, the combination of digestate and wheat bran in a pot experiment were used. The analysis of soil samples from both experiments included determination of: the total number of bacteria and fungi, respiration activity, dehydrogenase,  $\beta$ -glucosidase, protease, urease, alkaline phosphatase activity and soil microbial functional diversity measured by the indicators AWCD (Average Well Color Development), H (Shannon) and S (Substrate

Richness). Utilization of carbon substrates groups as well as utilization of individual carbon sources were also determined.

The results showed that in both field and pot experiment analyzed parameters were sensitive indicators of changes in the soil environment. Changes of the total number of bacteria and fungi along with the enzymatic activity were dependent on waste type, amount and incubation time. Waste usage (digestate, dairy and fruit sewage sludge) resulted in an increase of the soil enzymatic activity. This effect was observed mainly in the topsoil (0-25cm) when using a higher waste dose (9.0 Mg d.m. ha<sup>-1</sup>). Shifts in functional diversity did not indicate presence of disturbance in amended soils.

The used waste, digestate in particular, induced utilization of additional carbon substrates (mainly polymers and carboxylic and ketonic acids) which were not utilized in the control soil. It led to increase of microbial functional diversity of microorganism in the amended soil. The analysis of waste subsequent impact revealed that the soil biochemical parameters cut down over duration of experiment. Despite this, the beneficial waste effect on the tested parameters was revealed in the second year of experiment. The waste mixtures application (digestate with wheat bran) resulted in increase of soil microorganisms activity to a greater extent than the application into the soil digestate alone. This effect was noted mainly for the mixture of digestate and wheat bran in a ratio of 1: 2 when higher dose (9 Mg d.m. ha<sup>-1</sup>) were used.

*Słowa kluczowe w języku angielskim*

digestate, dairy sewage sludge, sewage sludge from fruit processing wastewater treatment plant, organic waste utilization, soil enzyme activity, functional diversity