

Streszczenie

Degradacja gleb jest zjawiskiem nieuniknionym i stanowiącym realne zagrożenie dla ograniczenia jej użyteczności. Głównymi czynnikami przyczyniającymi się do pogłębiania tego zjawiska oraz nasilających się w związku z tym zmian klimatu są obecnie intensywne rolnictwo oraz przemysł. Wczesna ocena degradacji środowiska glebowego może zapobiec jej dalszemu postępowaniu. Dlatego też istnieje silna potrzeba poszukiwania nowych oraz weryfikacji przydatności już używanych wskaźników do monitorowania stanu środowiska glebowego. Analiza możliwości wykorzystania parametrów mikrobiologicznych może odegrać istotną rolę zarówno w opracowaniu zrównoważonego zarządzania ekosystemami, jak i w polityce ochrony środowiska glebowego, uwzględniającej postępowanie z różnymi odpadami.

W związku z tym głównym celem niniejszej rozprawy doktorskiej była próba weryfikacji przydatności wskaźników mikrobiologicznych do monitorowania stanu środowiska glebowego, poddanego działaniu różnych odpadów, pochodzących z działalności zarówno rolniczej, jak i przemysłowej. Wykorzystano do tego celu takie parametry jak: ogólną liczebność bakterii oligotroficznych, koptotroficznych oraz grzybów strzępkowych, liczebność bakterii i grzybów celulolitycznych oraz proteolitycznych, względną zawartość DNA, stężenie dsDNA, nasilenie procesów amonifikacji i nityfikacji, aktywność oddechową, aktywność enzymów glebowych (proteazy, ureazy, dehydrogenaz, fosfatazy kwaśnej i zasadowej, arylosulfatazy, β -glukozydazy, aktywność hydrolityczną diooctanu fluoresceiny (FDA)), a także wskaźniki fitotoksyczności gleby. Badane parametry analizowano na tle właściwości fizycznych, chemicznych i fizykochemicznych, oraz warunków środowiskowych, takich jak opady atmosferyczne i temperatura.

Badania zostały oparte na dwóch modelach doświadczalnych. Materiał glebowy, w pierwszym modelu, stanowiła gleba pochodząca z trzyletniego doświadczenia polowego, w którym poszczególne poletka zostały nawiezione podłożem popieczarkowym oddzielnie lub łączenie z nawożeniem mineralnym NPK w dwóch dawkach lub obornikiem. Drugi model badawczy zlokalizowany był na glebie pochodzącej z terenu poprzemysłowego, narażonej na oddziaływanie płynnego odpadu z przemysłu chemicznego. Materiał glebowy pobierano w trzech punktach zlokalizowanych w różnej odległości od zbiornika z odpadem.

Badania dotyczące oddziaływania podłoża popieczarkowego wykazały, że odpad ten wpłynął na ogół pozytywnie na liczebność badanych bakterii i grzybów, a także na względną zawartość DNA oraz na większość badanych parametrów związanych z przemianami

mikrobiologicznymi węgla i azotu w glebie. Jednak wpływ ten wraz z upływem czasu osłabł. Natomiast w przypadku aktywności enzymów związanych z przemianami fosforu i siarki oraz zawartości dsDNA oddziaływanie zastosowanego podłoża popieczarkowego było z reguły negatywne. Należy zaznaczyć, że efekt zmniejszył się w kolejnych latach. Wyniki dotyczące wpływu odpadu i obornika na nasilenie procesów oddychania i nityfikacji w glebie wykazały, że odpad popieczarkowy bardziej niż obornik przyczynił się do nasilenia emisji CO₂ z gleby. Natomiast stymulujący wpływ obornika na proces nityfikacji, którego produkty mogą być transformowane do N₂O, utrzymywał się znacznie dłużej niż odpadu popieczarkowego.

Badania dotyczące oceny degradacji gleby ciekłym odpadem wykazały istotne zmiany poziomu aktywności wszystkich zastosowanych parametrów w poszczególnych punktach poboru prób. Najbardziej czułymi okazały się: ogólna liczebność bakterii i grzybów, aktywności fosfatazy kwaśnej i zasadowej oraz aktywność hydrolityczna fluoresceiny. Najniższymi wartościami omawianych aktywności oraz najwyższą fitotoksycznością charakteryzowała się gleba zlokalizowana najbliżej zbiornika z odpadem. W tym punkcie odnotowano również nasilenie emisji CO₂ z gleby.

Uzyskane wyniki wskazują, że analizowane w niniejszych badaniach parametry jakości gleby, użyte na tle właściwości chemicznych, fizycznych i fizykochemicznych, są czułymi wskaźnikami zmian zachodzących w glebie poddanej oddziaływaniu różnej antropopresji. Przedstawione badania sugerują również, że do monitorowania zmian zachodzących w glebie nawiezionej odpadem popieczarkowym wskazane jest łączne stosowanie różnych metod badawczych, zarówno klasycznych, jak i nowoczesnych. Użyte techniki okazały się dobrym narzędziem do oceny skuteczności zastosowanych zabiegów nawozowych oraz ryzyka związanego z powstawaniem gazów cieplarnianych w glebie poddanej oddziaływaniu różnych odpadów. Poniższe badania mogą być pomocne przy ograniczeniu negatywnych skutków rolniczej działalności człowieka, jak i ocenie stopnia degradacji środowiska glebowego spowodowanej oddziaływaniem zbiorników z ciekłymi odpadami, a także przy ocenie skuteczności ich zabezpieczeń.

Słowa kluczowe: wskaźniki biologiczne, podłoże popieczarkowe, degradacja, odpady, bakterie i grzyby glebowe, gazy cieplarniane, fitotoksyczność

Summary

Soil degradation is an unavoidable phenomenon and poses a real threat by limiting soil usability. Currently, intensive agriculture and industry are the primary factors contributing to the exacerbation of this phenomenon and the resulting increasing climate changes. Early assessment of soil degradation can prevent its further progression. Consequently, there is a pressing need to explore new indicators and reassess the effectiveness of existing ones for monitoring the condition of the soil environment. The analysis of the potential utilization of microbiological parameters can play a significant role both in developing sustainable ecosystem management and in environmental soil protection policies that would include the management of various types of waste.

Therefore, the main objective of this dissertation was to verify the usefulness of microbiological indicators for monitoring the condition of the soil environment subjected to the influence of various types of waste originating from both agricultural and industrial activities. For this purpose, parameters were utilized such as the total abundance of oligotrophic and copiotrophic bacteria, filamentous fungi, the abundance of cellulolytic and proteolytic bacteria and fungi, relative DNA content, dsDNA concentration, intensity of ammonification and nitrification processes, respiratory activity, soil enzyme activity (proteases, ureases, dehydrogenases, acid and alkaline phosphatases, arylsulfatases, β -glucosidases, fluorescein diacetate hydrolytic activity - FDA), as well as soil phytotoxicity indicators. The analyzed parameters were examined considering the physical, chemical, and physicochemical properties, as well as environmental conditions such as atmospheric precipitation and temperature.

The research was based on two experimental models. Soil material in the first experimental model consisted of soil from a three-year field experiment, where individual plots were fertilized with ash substrate separately or in combination with two doses of NPK mineral fertilization, or with manure. The second research model was situated on soil originating from an industrial area, exposed to the influence of liquid waste from the chemical industry. Soil samples were collected at three points located at varying distances from the waste reservoir.

The research on the influence of spent mushroom substrate indicated that this waste generally had a positive impact on the abundance of the studied bacteria and fungi, as well as on the relative DNA content, and most of the analyzed parameters related to microbial transformations of carbon and nitrogen in the soil. However, this impact gradually

diminished over time. Regarding the activity of enzymes associated with phosphorus and sulfur transformations, as well as the dsDNA content, the influence of the applied spent mushroom substrate was generally negative. It should be noted that this effect decreased in subsequent years. The results regarding the influence of waste and manure on the intensity of soil respiration and nitrification processes indicated that spent mushroom substrate contributed more than manure to the intensification of CO₂ emissions from the soil. However, the stimulating effect of manure on the nitrification process, whose products can be transformed into N₂O, persisted significantly longer than that of spent mushroom substrate.

The research concerning the assessment of soil degradation by liquid waste showed significant changes in the level of activity of all applied parameters at individual sampling points. The most sensitive parameters were found to be: total abundance of bacteria and fungi, activity of acid and alkaline phosphatase and fluorescein hydrolase. The soil located closest to the waste reservoir exhibited the lowest values of the discussed activities and the highest phytotoxicity. At this site, an intensification of soil CO₂ emissions was also recorded.

The results obtained in this study suggest that the analyzed soil quality parameters, when considered alongside the chemical, physical, and physicochemical properties, can serve as sensitive indicators of changes occurring in soil affected by different human pressures. The present research also suggests that for monitoring changes occurring in soil fertilized with spent mushroom substrate, it is advisable to employ a combination of various research methods, both classical and modern. The techniques used proved to be effective tools for assessing the effectiveness of the applied fertilization treatments and the risk associated with greenhouse gas emissions in soil subjected to the influence of various wastes. The studies presented here can be helpful in mitigating the negative effects of human agricultural activities and assessing the degree of soil environmental degradation caused by the influence of liquid waste reservoirs, as well as in evaluating the effectiveness of their protection measures.

Keywords: biological indicators, spent mushroom substrate, degradation, waste, soil bacteria and fungi, greenhouse gases, phytotoxicity.