

Dr hab. Andrzej Pele  
Zakład Spektrometrii Mas  
Instytut Fizyki  
Uniwersytet M. Curie-Skłodowskiej

Recenzja rozprawy doktorskiej mgr Wiolety Stelmach pt.

“Mineralization and stabilization of post-fermentation sludges in soils: assessment by carbon isotope techniques”.

Na świecie rośnie zainteresowanie zastępowaniem nieodnawialnych źródeł energii źródłami alternatywnymi. To samo dotyczy paliw ciekłych i gazowych, gdzie próbuje się je zastąpić innymi paliwami np. poprzez bio-oleje lub biogaz. Wytwarzanie biopaliw i biogazu z produktów rolnych wiąże się również z produkcją pewnej ilości pozostałości procesu fermentacji - osadu po fermentacji. Resztki po fermentacji muszą być w jakiś sposób zutylizowane. Jedną z możliwości ich wykorzystania jest dodanie osadów do gleby, co jest również zagadnieniem poruszonym w tej rozprawie. Taki sposób utylizacji osadów może następnie mieć wpływ na produkcję rolną na tych glebach (osady zawierają kilka składników odżywczych), jak również na efekt cieplarniany, gdyż można rozważyć tutaj możliwość magazynowania C przez glebę.

W celu zbadania tej możliwości, autorka przeprowadziła serię eksperymentów dotyczących emisji CO<sub>2</sub> i pochodzenia wydzielanego gazu. W pracy badane są dwa różne typy gleb (piaszczyste i gliniaste), które mogą służyć jako gleby modelowe, stąd uzyskane dla nich wyniki można następnie rozszerzyć na inne rodzaje gleb. Podczas badań gleby te zostały zmieszane z różnymi rodzajami osadów fermentacyjnych, glukozy i tlenku żelaza, a następnie zbadano emisję CO<sub>2</sub> z tej mieszaniny. Najtrudniejszym zadaniem jest rozpoznanie pochodzenia węgla emitowanego z osadu. W tym celu wykonano analizę stabilnych izotopów węgla w wydzielanym z próbek CO<sub>2</sub>, oraz zastosowano odpowiednie znakowanie <sup>14</sup>C substratów stosowanych w badaniach. Zastosowanie tak wyrafinowanych metod pokazało, że autorka pracy zna i nie obawia się nowoczesnych technik badawczych.

Jeśli chodzi o przedmiot rozprawy, należy podkreślić, że moim zdaniem jest on zgodny z bieżącymi wyzwaniami związanymi z produkcją paliwa i rolnictwem. Ponadto poruszana tematyka jest ważna zarówno ze względów poznawczych, jak i praktycznych. Doceniam również to, że wzięto pod uwagę różne aspekty emisji CO<sub>2</sub> z gleby, o czym świadczą jasno wyrażone hipotezy i cele badawcze. Takie szerokie ujęcie tematu pokazuje, że autorka posiada

wszechstronną wiedzę zarówno w zakresie przedmiotu pracy, jak i stosowanych metod badawczych.

Przedstawiona do oceny rozprawa obejmuje 88 stron. Praca składa się z 5 głównych rozdziałów, w których umieszczone są: wstęp, opis problemów i hipotez badawczych, opis metod badawczych i obliczeniowych, wyniki badań ich dyskusja i wnioski. Dodatkowo w pracy umieszczono również abstrakty w języku angielskim i polskim, listy skrótów oraz odnośników literaturowych. Rozprawa zawiera również 5 tabel i 26 wykresów, zdjęć i schematów, które dodatkowo ilustrują temat pracy.

Bibliografia składa się z 93 pozycji źródłowych bezpośrednio związanych z problemami rozważanymi w pracy. Większość publikacji ukazała się pod koniec XX lub na początku XXI wieku, a 21 to publikacje z ostatnich 10 lat. To pokazuje, że temat pracy jest dość nowy, wciąż nie do końca poznany i interesują się nim inne grupy naukowe. Brakuje tutaj jednak szczegółowych informacji o osiągnięciach doktorantki w tej materii (spis publikacji, udział w konferencjach).

We wstępie poprzez opis głównych mechanizmów i procesów zachodzących w glebie autorka wprowadza czytelnika w temat rozprawy. Opisano tutaj mechanizmy stabilizacji węgla organicznego w glebie. Opis w moim przekonaniu jest poprawny, choć czasami brakuje w nim wyjaśnienia podstawowych pojęć, co podyktowane jest prawdopodobnie tym, że są one dobrze znane osobom zajmującym się danym tematem. Rozprawa może jednak również wpaść w ręce osób spoza dziedziny nauki jaką zajmuje się autorka, a wtedy mogą pojawić się problemy z pełnym zrozumieniem treści rozprawy. Mam na myśli takie pojęcia, jak stabilizacja, mineralizacja czy rekalcytacja. Na następnych stronach wstępu opisano tak zwany „priming efekt”, a także podstawowe informacje o możliwościach analizy izotopowej, jak i znakowania  $^{14}\text{C}$  w celu śledzenia pochodzenia emitowanego z gleby  $\text{CO}_2$ . W tym rozdziale zauważyłem dwa drobne niedociągnięcia. Pierwsze to użycie słowa "control" (np. strona 15), które jest również powtarzane w kolejnych rozdziałach. Przypuszczam, że jest to potoczna fraza - stosowana w laboratorium, tutaj lepiej byłoby użyć „control sample” lub „test sample”. Po drugie, w równaniu 1.4 wprowadzono niepotrzebnie nową wielkość, a mianowicie  $d^{13}\text{C}^{\text{T}}$ , która ma taki sam sens jak  $d^{13}\text{C}^{\text{mix}}$  z równania 1.2.

W następnym paragrafie jasno przedstawiono cele i hipotezy tej dysertacji. Głównym celem pracy była ocena wpływu dodania osadu pofermentacyjnego do gleb na mineralizację różnych źródeł węgla. Dodatkowo podobne badania przeprowadzono dla gleb z dodatkiem glukozy i tlenku żelaza. Należy tu wspomnieć, że wszystkie postawione na wstępie pracy



hipotezy zostały potwierdzone w badaniach eksperymentalnych, co podkreśla dojrzałość naukową autora.

W trzecim rozdziale opisano charakterystykę próbek oraz całą procedurę ich preparatyki. W niniejszym fragmencie pracy przedstawiono również w syntetyczny sposób metody stosowane w celu uzyskania wyników eksperymentalnych i obróbki tych wyników w celu uzyskania dodatkowych cennych i pożądaných informacji. Opis większości procedur i technik jest wystarczający i adekwatny, ale byłem nieco zaskoczony gdy przeczytałem opis techniki spektrometrii masowej do pomiaru ilości izotopów węgla w próbkach. Opis całej metody znajduje się w czterech liniach tekstu, gdzie na przykład opis znacznie prostszej metody pomiaru pH zawarto w 6 liniach tekstu. Również zdanie "Since only solid samples could be analysed by the IRMS ..." (strona 31), nie jest prawdziwe. W zdecydowanej większości przypadków w metodzie IRMS musimy mierzyć próbki gazu.

Rozdział 4 jest oryginalnym wkładem autorki pracy dyplomowej do dziedziny nauki, którą autorka się zajmuje. W czterech podrozdziałach opisano krok po kroku wszystkie wyniki odpowiadające wcześniej założonym celom badań. Autorka koncentruje się na:

1. Emisji CO<sub>2</sub> z gleb (piaszczystych i gliniastych) domieszkowanych osadami, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> oraz glukozą.
2. Analiza składu izotopowego węgla w CO<sub>2</sub> emitowanym z gleb z dodatkiem osadu pofermentacyjnego - kukurydzianego, glukozy i Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>.
3. Mineralizacja i stabilizacja węgla organicznego w glebach z dodatkiem osadu pofermentacyjnego - kukurydzianego, glukozy i Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>.
4. Występowania efektu „priming” podczas rozkładu osadu pofermentacyjnego i glukozy.

Wszystkie otrzymane wyniki są bardzo cenne i w większości przypadków nie są one łatwe do przewidzenia bez zastosowania skomplikowanych metod badawczych. Szczególnie dotyczy to gleb z dodatkiem tlenku żelaza, gdzie wyniki różnią się znacznie dla obu badanych rodzajów gleby. Na przykład dodatek tlenku żelaza do gliniastej gleby z osadem po fermentacji buraków cukrowych tłumi emisję CO<sub>2</sub>. Efekt ten nie występuje w przypadku gleby piaszczystej. Interesujące są również wyniki uzyskane w badaniach składu izotopowego emitowanego CO<sub>2</sub>, np. takie jakie pokazano na rysunku 4.9, gdzie dodatek tlenku żelaza powoduje wzbogacenie CO<sub>2</sub> w izotop <sup>13</sup>C o więcej niż 1 promil w stosunku do użytych substratów. Badania mineralizacji również dostarczają interesujących wyników. Jednym z nich jest odmienna mineralizacja w przypadku węgla pochodzącego z pofermentacyjnych osadów kukurydzianych dla obu typów rozważanych gleb. W badaniach efektu „priming” znaleziono także kilka interesujących rezultatów, np. całkowicie odmienne zachowanie gleb z osadami

kukurydzianym i tlenkiem żelaza, gdzie efekt przyjmuje zarówno wartości ujemne jak i dodatnie w zależności od rodzaju gleby.

Muszę tutaj podkreślić, że uzyskane wyniki są bardzo interesujące i dobrze opisane w pracy. Niemniej jednak pojawia się tu jedno pytanie dotyczące parametru  $p$ , kilkakrotnie używanego w tekście rozdziału 3 i 4. Co oznacza symbol  $p$ , na przykład kilka razy w pracy można znaleźć takie wyrażenie jak "increased significantly ( $p < 0,05$ )"? Nie podano również wartości błędów standardowych zastosowanych metod eksperymentalnych.

Podsumowując, rozprawa prezentuje wysoki poziom treści, a zastosowana metodologia w pełni odpowiada przedmiotowi i celowi pracy. Autorka potrafi analizować uzyskane przez siebie wyniki, a dyskusja odnosi się także do innych wyników z literatury. Uzyskane wyniki są ważne i oryginalne i mogą być stosowane w praktyce. Wszelkie niedociągnięcia zauważone w pracy, a zawarte w recenzji mają raczej niewielkie znaczenie i nie mają większego wpływu na jakość pracy.

Moim zdaniem recenzowana praca zatytułowana "Mineralization and stabilization of post-fermentation sludges in soils: assessment by carbon isotope techniques" autorstwa mgr Wiolety Stelmach spełnia wszystkie wymagania dotyczące rozpraw doktorskich opisanych w Ustawie o stopniach i tytułach naukowych w dziedzinie nauki i sztuki z 14 marca 2003 r., wraz z kolejnymi zmianami (Dziennik Ustaw, 21 czerwca 2016 r.). Biorąc powyższe pod uwagę, składam wniosek do Rady Instytutu Agrofizyki o przyjęcie rozprawy złożonej przez mgr Wioletę Stelmach i dopuszczenie jej do dalszych etapów przewodu doktorskiego.

20.03.18

