

## STUDIA I RAPORTY IUNG-PIB

ZESZYT 53(7): 81-91

2017

**Dorota Pikula, Agnieszka Rutkowska***Institut Uprawy Nawożenia i Gleboznawstwa – Państwowy Instytut Badawczy  
w Puławach*SKŁAD FRAKCYJNY PRÓCHNICY JAKO CHARAKTERYSTYKA JAKOŚCI  
MATERII ORGANICZNEJ\*

**Słowa kluczowe:** kwasy huminowe, kwasy fulwowe, huminy, frakcja labilna, humus, metody frakcjonowania próchnicy

**Wstęp**

Jedną z funkcji glebowej materii organicznej (SOM) jest ograniczanie strat związków mineralnych. Związane z próchnicą składniki mineralne trudniej wypłukują się z gleby i słabiej przenikają w głębsze jej warstwy (6, 25, 29). Z tego względu, próchnica pozytywnie wpływa na wzrost i rozwój roślin, które mają stały dostęp do łatwo przyswajalnych składników odżywczych, pobieranych z gleby w miarę potrzeb. W przeciwieństwie do syntetycznych nawozów mineralnych, glebowa materia organiczna nie niesie ze sobą zagrożeń związanych z przenawożeniem roślin lub zasoleniem gleby, ponieważ jest substancją całkowicie naturalną (13). Dla niektórych gatunków roślin niekorzystny może być jedynie jej odczyn, uzależniony od rodzaju materiału organicznego, z którego powstała (2, 16). Próchnica, którą tworzą rośliny zielone czy komposty rozkładane przez mikroorganizmy, charakteryzuje się zwykle odczynem zasadowym lub lekko kwaśnym, natomiast jeśli w jej skład wchodzi dodatkowo rośliny iglaste, odczyn staje się bardziej kwaśny. Obecnie, przy stosowaniu dużych dawek nawozów mineralnych, znaczenie materii organicznej polega głównie na działaniu buforującym ich nadmierne stężenie, w mniejszym stopniu na dostarczaniu roślinom składników pokarmowych.

Głównym składnikiem materii organicznej są substancje humusowe, które decydują zarówno o jej właściwościach, jak i funkcjach. Stąd też tak bardzo ważna jest ocena jakości materii organicznej (10, 12, 17). Do oceny składu i właściwości materii organicznej stosuje się różne metody ekstrakcji i frakcjonowania (1, 5, 8, 28, 34), za pomocą których można rozdzielić ją na poszczególne frakcje, a następnie oszacować wpływ nawozów, zmianowania i zabiegów agrotechnicznych na jej ilość i jakość.

\* Opracowanie wykonano w ramach zadania 2.2 w programie wieloletnim IUNG-PIB.

## Skład glebowej materii organicznej

Substancje humusowe decydują zarówno o właściwościach, jak i funkcjach glebowej materii organicznej. Stanowią też ważne ogniwo w globalnym obiegu węgla (4, 6, 33). Tworzą naturalną mieszaninę amorficznych związków koloidalnych, różniących się między sobą zarówno strukturą, masą, rozmiarem, składem chemicznym, jak i właściwościami. Substancje humusowe powstają w wyniku procesu humifikacji czyli tworzenia próchnicy (humusu), na który składają się chemiczne i mikrobiologiczne procesy rozkładu resztek roślinnych i zwierzęcych w glebie oraz przebudowa i synteza związków organicznych (6, 31). Humifikacja prowadzi do odtwarzania lub zwiększania ilości substancji próchnicznych w glebie. Proces ten jest jednak ograniczany przez mineralizację glebowej materii organicznej, w wyniku której powstają proste związki mineralne. Oba te procesy zachodzą równocześnie i są ze sobą ściśle powiązane – produkty procesu humifikacji są włączane do procesu mineralizacji i odwrotnie. Przyjmuje się, że około 75-80% materii organicznej corocznie wprowadzanej do gleby w postaci nawozów naturalnych oraz resztek roślinnych i zwierzęcych ulega mineralizacji, a tylko 20-25% przekształca się w swoiste substancje próchniczne (18).

Ilość i jakość substancji humusowych powstających w wyniku syntezy różnych związków organicznych, zależy od typu gleby, nawożenia temperatury, wilgotności, odczynu oraz ilości i jakości przetworzonego materiału organicznego (9, 23, 26, 27). W literaturze szczególną rolę w procesie mineralizacji i humifikacji przypisuje się działalności mikroorganizmów, zwłaszcza wydzielaniu przez nie specyficznych enzymów. Poziom aktywności enzymatycznej gleb stanowi czuły wskaźnik ich żywności i urodzajności, informujący o kierunku przemian materii organicznej oraz o zmianach ekologicznych środowiska glebowego (7, 23, 30).

Większość wieloletnich badań nad materią organiczną oraz jej jakością związana jest z określeniem wpływu nawożenia naturalnego i mineralnego na ogólną pulę węgla organicznego w glebie, którego obecność wiąże się z zawartością próchnicy. Zawartość próchnicy w glebie nie jest bowiem stała i ulega znacznym wahaniom, nawet w ciągu jednego sezonu wegetacyjnego.

Przeprowadzone badania dowodzą, że pod wpływem nawożenia obornikiem, łącznego stosowania obornika i nawozów mineralnych zawierających NPK oraz przyorywania słomy, następuje przyrost zawartości materii organicznej w glebie oraz istotnie poprawiają się jej właściwości (6, 27, 29). Większość badaczy utrzymuje, że nawożenie mineralne nie zwiększa zawartości materii organicznej w glebie, a jedynie ją stabilizuje (11, 27, 33). Ł o g i n o w i W i ś n i e w s k i (20) oraz K l e s z c z y Ń s k i i Ł a k o m i e c (17) uważają jednak, że stosowaniu azotu mineralnego towarzyszy wzrost zawartości węgla organicznego w glebie. Rozbieżności w określeniu wpływu nawożenia na jakość próchnicy można upatrywać w stosowanych metodach analitycznych (5, 17, 25)

## Metody frakcjonowania materii organicznej

Zdaniem niektórych autorów (5, 32, 11), badania próchnicy powinny dotyczyć nie tyle jej ilości, ile dynamiki zmian poszczególnych jej frakcji, ich wpływu na właściwości gleby oraz standaryzacji metod ich oznaczania. Do rozdziału materii organicznej na poszczególne frakcje wykorzystuje się szereg metod fizycznych, chemicznych i biologicznych.

Fizyczne metody oznaczania zawartości różnych frakcji glebowej materii organicznej (skrót ang. SOM) wykorzystują różnice w gęstości lub rozmiarze poszczególnych frakcji materii organicznej. Metodami tymi oznacza się frakcję lekką, która jest oddzielana od reszty SOM poprzez flotację. P u g e t i i n . (28) i M c L a u c h l a n i H o b b i e (24) wyodrębniali w glebie makro- (> 0,2 mm) i mikroagregaty (< 0,2 mm). L i i n . (22) analizowali trzy frakcje agregatów: gruboziarnistą (0,1-2 mm), drobnoziarnistą (0,05–0,1 mm) i stabilną biologicznie (< 0,05 mm), które uzyskali przesiewając glebę na mokro przez sita 0,1 i 0,05 mm, po wcześniejszym wytrząsaniu jej z wodą destylowaną. Z badań L i i n . (19) oraz G r e g o r i c h i i n . (14) wynika, że makroagregaty są zasobne w młodą i łatwo rozkładającą się materię organiczną, natomiast w mikroagregatach znajduje się SOM trudno rozkładająca się, przy czym jest jej mniej niż w makroagregatach.

Jeżeli chodzi o metody chemiczne wydzielenia frakcji SOM, to jeszcze kilkanaście lat temu badania nad jakością materii organicznej skupiały się na jej rozdzieleniu na kwasy huminowe, kwasy fulwowe i huminy, które oznaczane były z wykorzystaniem skomplikowanych i czasochłonnych metod Turina, Boratyńskiego i Wilka oraz Kononowej i Belczikowej (17). Obecnie, w badaniach gleb lekkich, podziału substancji humusowych na kwasy huminowe ( $C_{KH}$ ), kwasy fulwowe ( $C_{KF}$ ) oraz huminy ( $C_H$ ) dokonuje się według znacznie prostszej metody Schnitzera, wykorzystującej rozpuszczalność tych związków w selektywnie działających rozpuszczalnikach (5, 18, 27). Wyzolowane kwasy huminowe to słabe alifatyczne i aromatyczne kwasy organiczne, nierozpuszczalne w wodzie ani w środowisku kwaśnym. Zawierają około 58% węgla i charakteryzują się barwą od ciemnobrązowej do czarnej. Kwasy fulwowe to grupa związków zawierających mniej pierścieni aromatycznych niż kwasy huminowe, ale więcej tlenu, przez co rozpuszczalne są w wodzie w całym zakresie pH. Zawierają ok. 55% węgla i mają barwę od żółtej do żółtobrązowej. Ta frakcja kwasów humusowych odpowiedzialna jest za wymywanie zasadowych składników z gleby, w związku z tym nie jest korzystna dla jakości próchnicy. Huminy to grupa związków o barwie czarnej, nierozpuszczalnych w wodzie w całym zakresie pH. Huminy stanowią najważniejszą frakcję substancji humusowych, decydują o stabilności próchnicy, poprawiają strukturę gleby i jej pojemność wodną oraz stanowią rezerwuar składników odżywczych dla roślin (31). Zazwyczaj oznacza się węgiel zawarty w jednej z frakcji próchnicy, a zawartość węgla pozostałych oblicza się jako różnicę pomiędzy całkowitą zawartością węgla organicznego a zawartością węgla oznaczonej frakcji (24).

Innym podejściem do oceny ilości i jakości próchnicy jest podział SOM na dwie frakcje – labilną i stabilną (24). Frakcje te wyodrębnia się metodami chemicznymi, fizycznymi i biologicznymi. Frakcja labilna jest szybko rozkładana przez mikroorganizmy, natomiast frakcja trwała ma dłuższy czas rozkładu. Frakcję labilną definiuje się jako część SOM, która jest zawieszona w roztworze o gęstości  $1,6-2,0 \text{ g}\cdot\text{m}^{-3}$ . Frakcja ta może zawierać około 8% całkowitego węgla organicznego i 5% całkowitego azotu (14). Według H a y n e s (15) labilną frakcją materii organicznej tworzą: biomasa mikroorganizmów oraz frakcje – lekka (LF, ang. *Light Fraction*) i łatwo rozpuszczalna (DOM, ang. *Dissolved Organic Matter*). W skład frakcji lekkiej wchodzi części roślin, zwierząt i mikroorganizmów o różnym stopniu rozkładu. Frakcja łatwo rozpuszczalna reprezentuje z kolei najbardziej ruchliwą i najszybciej rozkładającą się frakcję SOM, która stanowi pierwsze źródło energii dla mikroorganizmów znajdujących się w glebie.

Trwałą materię organiczną tworzą ligniny i inne substancje, które są trudno rozkładane przez mikroorganizmy glebowe. Wzrost zawartości w glebach bardziej stabilnych frakcji materii organicznej takich jak: kwasy huminowe oraz huminy, poprawia nie tylko właściwości chemiczne i fizyczne gleb, ale również ich właściwości biologiczne, co ma podstawowe znaczenie dla plonowania roślin uprawnych (11, 12).

Metody chemiczne wydzielenia frakcji labilnej SOM polegają na traktowaniu gleby mocnymi kwasami, nadmanganianem potasu (VII) lub na ekstrakcji za pomocą gorącej wody. Ilość węgla rozpuszczonego w gorącej wodzie wskazuje na stabilność glebowej materii organicznej. Stosując te metody zakłada się, że jeśli frakcja labilna jest łatwo rozkładana przez enzymy mikroorganizmów, to może ona być tak samo rozkładana przez wymienione związki chemiczne (24).

W metodzie z wykorzystaniem nadmanganianu potasu (VII), znając zawartość węgla frakcji labilnej, ulegającej utlenieniu pod wpływem  $\text{KMnO}_4$  oraz nielabilnej, czyli nieutleniającej, labilność można obliczyć jako iloraz tych dwóch frakcji. Węgiel labilny (L) jest też jednym z elementów potrzebnych do obliczenia tzw. wskaźnika zagospodarowania węgla CMI (ang. *Carbon Management Index*) (3). Przy wyznaczeniu tego wskaźnika uwzględnia się stosunek zasobów węgla w glebie badanej i porównawczej (CPI) oraz wskaźnik labilności (LI), obliczony jako stosunek zawartości węgla labilnego oznaczonego w badanej glebie do ilości węgla labilnego w próbie kontrolnej. CMI jest iloczynem CPI i LI wyrażonym w procentach (1). Wskaźnik ten jest przydatny i wykorzystywany m.in. do porównania zmian, które zachodzą w zawartości węgla labilnego i ogólnego na skutek różnych praktyk rolniczych.

Do chemicznych metod oznaczania labilnej frakcji materii organicznej należy również ekstrakcja węgla za pomocą gorącej i zimnej wody. Zawartość węgla frakcji SOM ekstrahowanej gorącą wodą wskazuje na ilość w glebie materii organicznej, która ulega łatwemu rozkładowi. Suche powietrznie próbki miesza się w odpowiednim stosunku z gorącą wodą, a następnie w czystym ekstrakcie oznacza się węgiel.

Ekstrakt ten zawiera biomasę mikroorganizmów glebowych oraz inne proste związki organiczne, na przykład cukry i aminokwasy. Zawartość węgla frakcji labilnej jest silnie skorelowana z zawartością materii organicznej i biomasą mikroorganizmów.

Biomasa mikroorganizmów oraz związany z nią węgiel organiczny określa się metodami biologicznymi. Polegają one na wykorzystaniu mikroorganizmów do oddzielenia węgla labilnego od węgla trwałego, co odbywa się w warunkach kontrolowanych. Przyjmuje się, że mikroorganizmy najpierw rozkładają węgiel najbardziej labilny, który jest oznaczany przez pomiar wydzielanego CO<sub>2</sub> (24). Ilość węgla związaną z biomasą mikroorganizmów oznacza się m.in. metodą fumigacji-ekstrakcji. Za pomocą tej metody określa się również potencjalną zdolność do rozkładu dodawanych do gleby substancji organicznych oraz ich wpływu na naturalną populację mikroorganizmów. Biomasa mikroorganizmów w glebach określa się przez pomiar całkowitego, możliwego do wyekstrahowania materiału organicznego, pochodzącego głównie ze świeżo obumarłych mikroorganizmów. Metodę można także stosować do oceny zawartości azotu w biomasie drobnoustrojów i zawartości w glebie azotu pochodzenia drobnoustrojowego, reagującego z ninhydryną. Metodę fumigacji-ekstrakcji stosuje się do oceny gleb tlenowych i beztlenowych w całym zakresie pH (8).

Jako biomasę mikroorganizmów glebowych traktuje się masę nieuszkodzonych komórek mikroorganizmów w glebie. Parametr ten można oznaczać przez pomiar zawartości węgla lub azotu zawartego w tych komórkach lub przez pomiar ich zdolności do mineralizacji dodanej substancji będącej źródłem węgla lub azotu, natomiast jedynie nieuszkodzone komórki można wykryć przez pomiar oddychania. W wyniku fumigacji próbki gleby, nieuszkodzone komórki drobnoustrojów glebowych ulegają lizie, w wyniku czego uwalnia się zawarta w nich materia organiczna. Fumigacja nie oddziałuje znacząco na nieożywioną materię organiczną gleby. Próbki gleby są poddawane fumigacji przez 24 h przy użyciu chloroformu. Węgiel organiczny, ekstrahowany za pomocą 0,5M siarczanu potasu, oznaczany jest w fumigowanych i niefumigowanych próbkach, a różnica zawartości wyekstrahowanego węgla organicznego jest wykorzystywana do oznaczania węgla biomasy mikroorganizmów.

Jakość próchnicy można również określać za pomocą metody Łoginowa i Wiśniewskiego (20), która odzwierciedla naturalne procesy oksydacyjne zachodzące w glebie i polega na frakcjonowaniu próchnicy na podstawie jej podatności na utlenianie. Metoda ta w wyniku modyfikacji i standaryzacji, znalazła praktyczne zastosowanie i umożliwiła wyznaczenie wskaźnika zagospodarowania węgla (CMI, ang. *Carbon Management Index*); (1). Zastosowanie metody frakcjonowania według propozycji Łoginowa i Wiśniewskiego oraz wyznaczonego na tej podstawie wskaźnika CMI umożliwia ocenę stanu i szybkości przemian glebowego węgla w systemach rolniczych i naturalnych. Metodą tą wydziela się cztery frakcje: FI – frakcję bardzo łatwo utleniającą, FII – łatwo utleniającą, FIII – trudno utleniającą, FIV – frakcję nie utleniającą przy danym stężeniu środka utleniającego. Warto podkreślić, że rozdział materii organicznej oparty na utlenianiu jest najbardziej zgodny z naturalnymi procesami jej mineralizacji w glebie. Analizy dokonane tym sposobem potwierdzają,

że zabiegi agrotechniczne powodują nie tylko zmiany ilościowe w ogólnej zawartości węgla próchnicy, ale związane są również ze zmianą jej jakości.

### **Jakość materii organicznej w zależności od nawożenia, technologii uprawy i doboru roślin w zmianowaniu**

Jak wspomniano w poprzedniej części pracy, do charakterystyki i oceny jakości materii organicznej gleb lekkich, z wyłączeniem węglanowych, stosowana jest najczęściej metoda Schnitzera, która wykorzystuje chemiczny rozdział substancji humusowych na frakcje węgla kwasów huminowych, węgla kwasów fulwowych oraz węgla humin. Dzięki wyodrębnieniu z gleby tych frakcji możliwe jest również wyznaczenie stosunku  $C_{KH}:C_{KF}$ . Stosunek ten jest jednym z istotnych wskaźników oceny jakości materii organicznej. Wartość stosunku  $C_{KH}:C_{KF}$ , jak również procentowy udział poszczególnych frakcji w puli węgla, pozwala oszacować zmiany zachodzące w glebie, np. wywołane długoletnią uprawą określonych gatunków roślin, monokulturą, stosowaniem nawozów naturalnych, organicznych, jak również ocenić jakość i stabilność próchnicy. Przyjmuje się, że materia organiczna o wartościach stosunku  $C_{KH}:C_{KF}$  większych od 1, typowa dla gleb żyznych, jest charakterystyczna dla próchnicy trwałej, bardziej stabilnej, tzn. odpornej na rozkład.

Wyniki wielu statycznych doświadczeń nawozowych potwierdzają, że systematyczne nawożenie organiczne i naturalne wpływa istotnie na jakość próchnicy mierzoną stosunkiem  $C_{KH}:C_{KF}$  (18, 27, 29). W badaniach własnych, prowadzonych w oparciu o dwa wieloletnie doświadczenia zlokalizowane w Rolniczych Zakładach Doświadczalnych IUNG-PIB w Osinach (z różnymi systemami uprawy roślin, w których porównuje się ekologiczny, integrowany i konwencjonalny system gospodarowania), a także w Grabowie (z dwoma zmianowaniami różniącymi się doбором roślin, zróżnicowanymi poziomami nawożenia obornikiem oraz azotem mineralnym) wykazano, że rodzaj nawożenia, gatunek uprawianej rośliny oraz system gospodarowania wpływały istotnie na zmiany zawartości substancji humusowych w glebach, w tym głównie frakcji kwasów huminowych. W składzie frakcyjnym badanych substancji humusowych gleb nawożonych obornikiem (doświadczenie w Grabowie) oraz gleb z doświadczenia w Osinach (z ekologicznego systemu produkcji) przeważały frakcje węgla kwasów huminowych ( $C_{KH}$ ) i węgla humin ( $C_H$ ), czyli tych, które mają zdolność do stabilizowania próchnicy i decydują o wytworzeniu poziomów próchnicznych dużej miąższości (6). Natomiast w obiektach badawczych zlokalizowanych w Grabowie, w których nie stosowano obornika, notowano zmniejszenie zawartości materii organicznej w glebie i obserwowano tendencję wzrostową zawartości kwasów fulwowych ( $C_{KF}$ ). Gleba w zmianowaniu B, w którym uprawiano roślinę bobowatą (kukurydza na ziarno - pszenica ozima - jęczmień jary – koniczyna czerwona z trawami), charakteryzowały się niższym stosunkiem węgla kwasów huminowych do węgla kwasów fulwowych w porównaniu do gleby w zmianowaniu A, bez tej rośliny (kukurydza na ziarno, pszenica ozima, jęczmień jary,



kukurydza na kiszonkę). Niższy stosunek  $C_{KH}:C_{KF}$  w zmianowaniu z rośliną bobowatą wynikał z dopływu do gleby większej ilości azotu, który wpływa na szybsze tempo mineralizacji próchnicy. Proces humifikacji próchnicy w tym zmianowaniu hamowało również większe zakwaszenie gleby w porównaniu do zmianowania A (Tab.1).

Tabela 1  
Fracje materii organicznej gleby w RZD Grabów w zależności od zmianowania oraz nawożenia obornikiem i azotem mineralnym (średnia z lat 2011-2012)

Czynniki doświadczenia		% $C_{KF}$	% $C_{KH}$	% $C_H$	$C_{KH}:C_{KF}$
Zmianowanie	A	19,0	25,2	59,4	1,40
	B	20,1	22,8	61,2	1,20
Dawka obornika t·ha <sup>-1</sup>	0	21,1	25,9	60,5	1,34
	20	19,2	26,9	61,5	1,51
	40	20,8	26,0	61,0	1,40
Dawka N min kg·ha <sup>-1</sup>	0	21,6	27,0	57,8	1,37
	50	19,5	24,4	62,8	1,34
	100	19,3	24,6	62,8	1,37

\*doświadczone założone w 1979 roku

Źródło: opracowanie własne

Podobne wyniki otrzymano w doświadczeniu w Osinach (Tab. 2), porównując glebę w monokulturze pszenicy ozimej i w systemie konwencjonalnym (intensywne nawożenie minerale i organiczne); (Tab.2). Zwiększony udział frakcji kwasów fulwowych ( $C_{KF}$ ) był prawdopodobnie konsekwencją wzrostu szybkości mineralizacji materii organicznej kosztem bardziej stabilnych frakcji próchnicy – humin ( $C_H$ ), co w rezultacie może prowadzić do zmniejszenia ilości materii organicznej w glebie. W ekologicznym systemie produkcji stwierdzono natomiast wyższy procentowy udział węgla frakcji kwasów huminowych ( $C_{KH}$ ) oraz węgla humin ( $C_H$ ) w całkowitej puli węgla organicznego .

Tabela 2  
Fracje materii organicznej oraz stosunek  $C_{KH}:C_{KF}$  w zależności od systemu produkcji w glebach doświadczenia w RZD Osiny (2015)

System produkcji	SOM	% $C_{KF}$	% $C_{KH}$	% $C_H$	$C_{KH}:C_{KF}$
Ekologiczny	1,51	21,0	25,4	51,3	1,21
Konwencjonalny	1,36	22,3	23,6	51,4	1,06
Monokultura	1,11	24,1	25,2	47,6	1,05

\*doświadczenie założone w 1994 roku

Źródło: opracowanie własne

Analiza składu frakcyjnego materii organicznej przeprowadzona metodą jej podatności na utlenianie według Łoginowa i Wiśniewskiego (20, 21) dowodzi, że po zastosowaniu mineralnych nawozów azotowych, przy stałej zawartości węgla organicznego, zawartość frakcji I, czyli bardzo łatwo utlenialnej nie ulega zmianom. Przyoranie obornika zmienia natomiast skład frakcyjny próchnicy, wpływając istotnie na wzrost frakcji II, bardziej odpornej na utlenianie, przy równoczesnym spadku zawartości frakcji I. Nawożenie obornikiem poprawia jakość próchnicy, przesuując jej skład frakcyjny w kierunku frakcji III i IV, czyli bardziej odpornych na procesy oksydacyjne. Według niektórych badaczy (3, 4, 8), wieloletnie nawożenie mineralne gleb lekkich, przy utrzymywaniu ich odczynu w granicach obojętnego, umożliwia zachowanie w nich wyjściowej zawartości materii organicznej lub powoduje jej przyrost, natomiast jednostronne nawożenie gleb lekkich nawozami mineralnymi wpływa na przyspieszenie procesu mineralizacji materii organicznej oraz pogarsza ich jakość. Świadczy o tym zwiększenie ilości frakcji ruchomych węgla kosztem bardziej trwałych (Tab. 3.)

Tabela 3

Wpływ rodzaju i dawki nawozów na zawartość C ogółem i C frakcji ruchomych (Baborówko, 1981)

Zmianowanie	Kombinacje nawozowe	Zawartość		pH <sub>H2O</sub>
		C ogółem mg C · 100 g <sup>-1</sup> gleby	C frakcji ruchomych (%)	
1	Kontrola (bez nawożenia)	472	30	6,2
2	NPK, N w formie (NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	445	17	4,4
3	NPK, N w formie (NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> Ca co 4 lata	559	22	6,9
4	Obornik 20 t·ha <sup>-1</sup>	611	24	6,8
5	Obornik 60 t·ha <sup>-1</sup>	1769	12	7,3

Zmianowanie w obiektach 1, 2, 3: 60% roślin zbożowych, 20% pastewnych, 20% technicznych; w obiekcie 4- monokultura ziemniaka, w obiekcie 5-monokultura pomidorów

Źródło: Łoginow i Wiśniewski, 1982 (21)

Warto również dodać, że ruchome frakcje materii organicznej, wydzielone z obiektu nawożonego NPK, w tym N w postaci siarczanu amonu były skompleksowane głównie ze związkami Fe i Al<sub>2</sub>. Potwierdzałoby to fakt, że degradacja materii organicznej w tym środowisku glebowym jest następstwem jednostronnego nawożenia mineralnego NPK i przebiega podobnie jak w procesie bielicowania gleby.

Węgiel organiczny ekstrahowany wodą stanowi najbardziej labilną frakcję SOM, zawierającą łatwo rozkładalne przez mikroorganizmy substraty (30).



Za pomocą metody ekstrakcji zimną i gorącą wodą analizowano zawartość węgla organicznego labilnej frakcji próchnicy gleby pochodzącej z opisywanego wcześniej doświadczenia zlokalizowanego w Rolniczym Zakładzie Doświadczalnym IUNG-PIB w Osinach, z różnymi systemami gospodarowania. W systemie ekologicznym, w zmianowaniu uprawiano ziemniaki, pszenicę jarą jako wsiewkę koniczyny z trawami, mieszanek koniczyny z trawami w pierwszym i drugim roku oraz pszenicę ozimą jako poplon. W systemie tym stosowano pod ziemniaki 30 t·ha<sup>-1</sup> kompostu jako źródła materii organicznej. W systemie konwencjonalnym uprawiano rzepak ozimy, pszenicę ozimą oraz pszenicę jarą. Próby gleby pobrano z obu pól w czerwcu 2011 i 2012 r., po 18 latach od założenia doświadczenia, z obu pól (Tab. 4).

Tabela 4

Wpływ systemu uprawy na zawartość w glebie węgla organicznego ekstrahowanego gorącą i zimną wodą oraz na biomasę mikroorganizmów

System	Zawartość C org i N org (mg·kg <sup>-1</sup> gleby)					
	Ekstrakcja gorącą wodą		Ekstrakcja zimną wodą		Biomasa mikroorganizmów	
	C	N	C	N	C	N
Ekologiczny	50,0	8,3	382,9	54,4	196,5	44,5
Konwencjonalny	42,9	15,0	349,3	55,3	127,5	28,1

Źródło: Martyniuk i in., 2015 (23)

Zawartość węgla organicznego ekstrahowanego zarówno gorącą jak i zimną wodą była większa w glebie pobranej z systemu ekologicznego w porównaniu z glebą z systemu konwencjonalnego. W glebie pochodzącej z systemu ekologicznego stwierdzono również większą biomasę mikroorganizmów C i N (23, 30).

### Podsumowanie

Doświadczenia wieloletnie nad ilością i jakością materii organicznej wskazują, niezależnie od przyjętych metod jej frakcjonowania, że wydzielone frakcje są dobrym wskaźnikiem oceny wpływu różnych zabiegów agrotechnicznych na właściwości fizyko-chemiczne gleby. Za pomocą każdej z tych metod można zmierzyć nieco odmienne zasoby węgla frakcji labilnych materii organicznej, ponieważ w naturze labilność jest efektem działania różnych czynników, m.in. aktywności enzymatycznej mikroorganizmów czy obecnych w glebie substancji chemicznych. Z tego powodu, do oceny jakości materii organicznej najlepiej używać różnych metod jej frakcjonowania. Istotnym ograniczeniem klasycznych metod frakcjonowania, mających na celu kontrolowanie naturalnych procesów oksydacyjnych materii organicznej gleb, jest długi czas potrzebny na przygotowanie próbek i stosunkowo wysokie koszty oznaczeń. Wynika to choćby z konieczności doboru odpowiednich rozpuszczalników ekstrahujących poszczególne frakcje organicznych form węgla glebowego. Od jakości materii organicznej zależy jej podatność na rozkład, który powoduje wiele niekorzystnych zmian środowiskowych. Ogranicza retencję wody, w tym sorpcję

związków szkodliwych, a także zwiększa ryzyko przechodzenia zanieczyszczeń organicznych w formy bardziej mobilne i dostępne dla organizmów żywych. Nadmierna mineralizacja związków organicznych może obniżać żyzność gleby, a w konsekwencji plonowanie roślin. Stosunek  $C_{KH}:C_{KF}$  poniżej 1 świadczy o tym, że w składzie materii organicznej przeważają kwasy fulwowe, mało jest natomiast frakcji stabilizujących próchnicę, a więc kwasów huminowych i humin. Zmiany te należy niwelować wprowadzając odpowiednie nawożenie. Wykorzystanie różnych metod frakcjonowania próchnicy służy nie tylko ocenie wpływu poszczególnych zabiegów agrotechnicznych na jakość materii organicznej, ale ma również wymiar środowiskowy, gdyż rozpoznanie kierunku jej przemian umożliwia ochronę stabilnych jej form w glebie.

### Literatura

1. Blair G., Lefroy R., Whitbread A., Blair N., Daniel H.: The use of a Carbon Management Index (CMI) to monitor changes in soil carbon. Australian Society of Soil Science, 1998, [www.natres.psu.ac.th/Link/SoilCongress/bdd/symp12/436-t.pdf](http://www.natres.psu.ac.th/Link/SoilCongress/bdd/symp12/436-t.pdf).
2. Bednarek R., Dziadowiec H., Pokojaska U., Prusinkiewicz Z.: Badania ekologiczno - gleboznawcze. Wydawnictwo PWN, Warszawa, cz. III. Materia organiczna, koloidy i roztwór glebowy jako przedmiot badań specjalistycznych, 2005: 113-173.
3. Cieścińska B.: Wykorzystanie wskaźników do oceny stanu materii organicznej gleb. Zesz. Probl. Post. Nauk Roln., 2007, **520**: 587-592.
4. Cwojdzinski W., Nowak K.: Wybrane właściwości gleby w prowadzonym od 28 lat statycznym doświadczeniu nawozowym. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol., 2002, **484**: 87-94.
5. Dziadowiec H., Gonet S.S.: Przewodnik metodyczny do badań materii organicznej gleb, PTG Warszawa, 1999, ss. 5-52.
6. Dziamski A.: Wpływ nawożenia organicznego na zawartość i jakość próchnicy gleb. Substancje humusowe w glebach i nawozach. PTSH, Wrocław, 2003.
7. Gałazka A., Gawryjolek K., Grządziel J., Frąc M., Książak J.: Microbial community diversity and the interaction of soil under maize growth in different cultivation techniques, *Plant Soil. Environ.* 2017, vol. 63, **6**: 264-270.
8. Ghani A., Dexter M., Perrott K.W.: Hot-water extractable carbon in soils: A sensitive measurement for determining impacts of fertilization, grazing and cultivation. *Soil Biology and Biochemistry*, 2003, **35**: 1231-1243.
9. Gonet S.S.: Ochrona zasobów materii organicznej. W: Rola materii organicznej w środowisku; Markiewicz M. (red.), PTSH, Wrocław, 2007: 7-29.
10. Gonet S.S., Dębska B., Pakuła J.: Zawartość węgla rozpuszczonego i węgla organicznego w glebach i nawozach organicznych, *Polskie Towarzystwo Substancji Humusowych*, Wrocław, 2002: 7-73.
11. Gonet S.S.: Ochrona zasobów materii organicznej. W: Rola materii organicznej w środowisku; Markiewicz M. (red.), PTSH, Wrocław, 2007: 7-29.
12. Gonet S.S., Dębska B.: Charakterystyka kwasów huminowych powstałych w procesie rozkładu resztek roślinnych. Zesz. Probl. Post. Nauk Roln., 1993, **411**: 241-248.
13. Gonet S.S., Smal H., Chojnicki J.: Właściwości chemiczne gleb. PWN, 2015, ss. 189-200.
14. Gregorich E.G., Beare M.H., Stoklas U., St-Georges P.: Biodegradability of soluble organic matter in maize-cropped soils. *Geoderma*, 2003, **113**: 237-252.
15. Haynes R.J.: Labile organic matter as an indicator of organic matter quality in arable and pastoral soils in New Zealand. *Soil Biology and Biochemistry*, 2000, **32**: 211-219.
16. Józefowska A.: Materia organiczna gleby i metody jej frakcjonowania <http://matrix.ur.krakow.pl/~ajozefowska/publikacje/9%20materia%20organiczna%20gleby%20i%20metody%20jej%20frakcjonowania.pdf>

17. Kleszczyński A., Łakomiec I.: Wpływ wieloletniego nawożenia na właściwości fizykochemiczne kwasów huminowych. *Rocz. Glebozn.*, 1966, **16**:171-190.
18. Kondratowicz- Maciejewska K.: Wpływ nawożenia obornikiem i zmianowania na właściwości materii organicznej gleby. Praca doktorska, Bydgoszcz, 2004, ss. 6-106.
19. Li X.G., Li F.M., Rengel Z., Singh B., Wang Z.F. : Cultivation effects on temporal changes of organic carbon and aggregate stability in desert soils of Hexi Corridor region in China, *Soil & Tillage Research*, 2006, **91**: 22-29
20. Łoginow W., Wiśniewski W.: Zmienność zawartości frakcji substancji organicznej gleby, oznaczonych metodą utleniania nadmanganianem potasu. *Zesz. Nauk* 98, ART. Bydgoszcz, Rol., 1982, **14**: 39-48.
21. Łoginow W., Wiśniewski W.: Metoda jednoczesnego frakcjonowania węgla i azotu w zależności od ich podatności na procesy oksydacyjne. *Zeszyty Naukowe ATR Bydgoszcz*, 1981, 83, *Rolnictwo* 12, Cieścińska B.: Wykorzystanie wskaźników do oceny stanu materii organicznej gleb. *Zesz. Probl. Post. Nauk Roln.*, 2007, **520**: 587-592.
22. Li X.G., Wang Z.F., Ma Q.F., Li F.M. : Crop cultivation and intensive grazing affect organic C pools and aggregate stability in and grassland soil. *Soil & Tillage Research*, 2007, **95**: 172-181.
23. Martyniuk S., Kozieł, M., Stalenga J., Jończyk K.: Labile fractions of soil organic matter and microbial characteristics of soil under organic and conventional crop management systems. *Biol. Agric. Hort.*, 2016, **1**: 1-6.
24. McLaughlan K.K., Hobbie S.E.: Comparison of labile soil organic matter fractionation techniques. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 2004, **68**: 1616-1625.
25. Myśków W.: Przemiany substancji organicznej i jej znaczenie dla żyzności gleb. *Nowe Rol.*, 1971, **18**: 13-14.
26. Myśków W., Jaszczewska B., Stachyra A., Naglik E.: Substancje organiczne gleby-ich rolnicze i ekologiczne znaczenie. *Rocz. Gleboznaw.*, 1986, T.XXXVII, **2-3**:15-35.
27. Pikula D., Rutkowska A.: Effect of leguminous crop and fertilization on soil organic carbon in 30-years field experiment. *Plant Soil Environ*, 2014, Vol. 60, No. **11**: 507-511.
28. Puget P., Chenu C., Angers D., Balesdent J.: Relation of soil aggregate dynamics to soil organic matter decomposition. 16. *Congrès mondial de science du sol*. Montpellier, 1998, [www.natres.psu.ac.th/Link/SoilCongress/bdd/symp41/601-r.pdf](http://www.natres.psu.ac.th/Link/SoilCongress/bdd/symp41/601-r.pdf)
29. Puła J., Łabza T.: Wpływ nawożenia organicznego na zawartość i skład frakcyjny związków próchnicznych gleby lekkiej. *Annales UMCS, Sec. E.*, 2004, **59(4)**: 1513-1519.
30. Smagacz J. Kozieł M., Martyniuk S.: Soil properties and yields of winter wheat after long-term growing of this crop in two contrasting rotations. *Plant Soil Environ.*, 2016, **62**: 566-570.
31. Stevenson F.J.: *Humus Chemistry*. Wiley, Chichester, 1994.
32. Ukalska –Jaruga A., Smreczak B., Klimkowicz-Pawlas A., Maliszewska-Kordybach B.: Rola materii organicznej w procesach akumulacji trwałych zanieczyszczeń organicznych (TZO) w glebach. *Polish J. Agron.*, 2015, **20**:15-23.
33. Wiśniewski W., Wegner K., Gonet S.S.: Wpływ mineralnego i organicznego nawożenia na jakość próchnicy. *Rocz. Gleb.*, 1986, **37(2/3)**: 287-29.
34. Zsolnay A., Steindl H.: Geovariability and biodegradability of water-extractable organic material in agricultural soil. *Soil Biol. Biochem.*, 1991, **23**: 1077-1082.

---

Adres do korespondencji:

*dr inż. Dorota Pikula*  
*Zakład Żywienia Roślin i Nawożenia*  
*IUNG-PIB*  
*ul. Czartoryskich 8, 24-100 Puławy*  
*tel. 81 4786 837*  
*e-mail: dpikula@iung.pulawy.pl*

