

**Dorota Pikula**

*Instytut Uprawy Nawożenia i Gleboznawstwa-Państwowy Instytut Badawczy  
w Puławach*

AKTUALNE TRENDY W GOSPODAROWANIU  
GLEBOWĄ MATERIAŁ ORGANICZNĄ\*

**Słowa kluczowe:** glebowa materia organiczna, zmianowanie, współczynniki reprodukcji  
i degradacji materii organicznej

---

**Wstęp**

Pomijany przez wiele lat problem racjonalnego gospodarowania materia organiczną powrócił, głównie za sprawą prac nad Dyrektywą Glebową, w której ubytek próchnicy w glebie uznano za jeden z głównych czynników powodujących jej degradację (3). Przydatność rolnicza gleb uwarunkowana jest wieloma czynnikami, ale zależy przede wszystkim od zawartości materii organicznej w glebie. Spadek jej zawartości w glebach przekłada się niekorzystnie na żyzność gleb oraz na wielkość i na jakość osiąganych plonów roślin uprawnych. Zagadnienie to jest szczególnie aktualne w Polsce z uwagi na przewagę gleb lekkich (35%) i bardzo lekkich (30%) w ogólnej powierzchni gruntów rolnych, w dodatku charakteryzujących się odczynem bardzo kwaśnym i kwaśnym, który wpływa niekorzystnie na akumulację materii organicznej (6,8). Na szczeblu krajowym obowiązek utrzymania odpowiedniej dla naszych warunków glebowo-klimatycznych zawartości materii organicznej w glebie nakłada Kodeks Dobrej Praktyki Rolniczej. Warto podkreślić, że prawidłowe użytkowanie gleb nie tylko ogranicza proces ich degradacji, ale także jest ważnym czynnikiem wiązania związków węgla w postaci próchnicy, przyczyniającym się do zmniejszania efektu cieplarnianego (7, 12).

**Zawartość materii organicznej w glebach Polski**

Zawartość materii organicznej w glebie uzależniona jest od przebiegu procesu glebotwórczego oraz od klimatu, ale jest również determinowana działaniami rolnika,

---

\*Opracowanie wykonano w ramach zadania 3.1 w programie wieloletnim IUNG-PIB

który poprzez nawożenie, technikę uprawy gleby oraz konstrukcję płodozmianów można wpływać na zasoby materii organicznej w glebie (1, 2, 4, 8, 9, 10 i 11). O ile w glebach pod użytkami zielonymi następuje systematyczny przyrost zawartości materii organicznej, to w glebach gruntów ornyczych równowaga procesów mineralizacji i humifikacji zależy od rodzaju i ilości stosowanych nawozów, doboru gatunków roślin w zmianowaniu i sposobu uprawy gleby (14, 21, 23, 24, 27 i 29). Z wieloletnich badań wynika, że uprawa roślin wieloletnich, bezorkowa technologia uprawy gleby i regularne stosowanie obornika sprzyjają nagromadzeniu materii organicznej w glebie (4, 5, 20, 23 i 24). Uprawa roślin okopowych, i zbóż, szczególnie w monokulturze, w warunkach braku nawożenia naturalnego i organicznego prowadzą do spadku zawartości materii organicznej w glebie (20, 21, 23, 27, 33). Z badań wynika, że zasoby próchnicy w poziomie próchnicznym gleb uprawnych Polski kształtują się na poziomie 31-96 t·ha<sup>-1</sup> w przypadku gleb płowych i 42-109 t·ha<sup>-1</sup> gleb brunatnych. Natomiast dla czarnoziemów zapasy próchnicy są najwyższe oscylują w granicach 220-270 t·ha<sup>-1</sup> (2). W skali europejskiej nie dysponujemy porównywalnymi danymi odnośnie zawartości materii organicznej w glebach. Dane, w oparciu o które UE ocenia zasoby materii organicznej w europejskich glebach pochodzą z różnych baz danych i różnią się metodami pomiarowymi. Według Europejskiej Bazy Danych o Glebach (ESB) ok. 45% gleb europejskich charakteryzuje się niską i bardzo niską zawartością węgla organicznego, a tylko 5% wysoką (tab. 1) (10). Nieco inaczej problem ten wygląda w Polsce. Według podziału stosowanego w Polsce, gleby o niskiej zawartości próchnicy (<1,0%) stanowią około 7% powierzchni użytków rolnych, a o średniej (1,1-2,0%) – około 50%. Gleby bogate w próchnicę (>2,0%) zajmują około 33% powierzchni użytków rolnych kraju (10,32). Przeciętna zawartość próchnicy w Polsce wynosi więc nieco ponad 2%. Według kryteriów przyjętych na konwencjach międzynarodowych zawartość próchnicy poniżej 3,5% (ok. 2% C<sub>org.</sub>) uznaje się jako przejaw pustynnienia. Gleby o niższej niż 2% zawartości materii organicznej wykazują małą żyzność, charakteryzują się złymi stosunkami powietrzno-wodnymi oraz wymagają dużych nakładów poniesionych na nawożenie oraz wapnowanie. Minimalna zawartość próchnicy w glebach lekkich i średnich, przeważających w naszym kraju powinna zatem wynosić 2-3%. Taka ilość gwarantowałaby prawidłowy stan fizyczny gleb i świadczyłaby o poprawności przeprowadzanych zabiegów uprawowych (9, 25, 33).

Tabela 1

Klasy zawartości C<sub>org.</sub> w glebach w/g ESB

Zawartość	C <sub>org.</sub> %	Materia organiczna
wysoka	>6,0	>10
średnia	2,1-6,0	3,5-10,2
niska	1,1-2,0	1,7-3,4
bardzo niska	<1,0	<1,7

Źródło: opracowanie własne.

## **Funkcje materii organicznej w glebie**

Materia organiczna pełni kluczową rolę w kształtowaniu użytkowych i ekologicznych właściwości gleb. Do najważniejszych funkcji próchnicy zalicza się: regulowanie pojemności kompleksu sorpcyjnego, właściwości buforowych gleby, tworzenie kompleksów, zatrzymywanie wody (retencja), stabilizację agregatów glebowych, nadawanie barwy i gęstości glebie (2,12,31). Próchnica stanowi też źródło energii dla mikroorganizmów, stymuluje wzrost i rozwój roślin, zwiększa bioróżnorodność glebową. Gleby zasobne w próchnicę charakteryzują się większą aktywnością mikrobiologiczną w porównaniu do gleb z niską jej zawartością. Mikroorganizmy glebowe uczestnicząc w procesie mineralizacji i humifikacji materii organicznej wraz z substancjami humusowymi w glebie przekształcają strukturę gleby w gruzełkową (11,31). Gleba o zróżnicowanej wielkości gruzełków, przeważnie od 0,5 do 5 mm stwarza optymalne warunki wodno-powietrzne i wpływa korzystnie na prawidłowy rozwój korzeni, co w efekcie przekłada się na wyższe plony roślin uprawnych (4, 10). Przewłókny o zróżnicowanej wielkości powstałe wewnątrz gruzełków oraz pomiędzy nimi zapewniają również optymalną aerację i wilgotność gleby, dzięki temu gleba może akumulować i zatrzymywać znaczne większe ilości wody. Tworzenie takich kanałków dzięki zabiegom uprawowym jest szczególnie korzystne i pożądane na glebach lekkich, gdyż zapobiega to ich przesuszeniu i pozwala zmagazynować więcej wody. W glebach lżejszych substancje próchnicowe zwiększają również wiązłość i wytrzymałość gruzełków na rozmywanie. Natomiast w glebach cięższych, obecność agregatów glebowych o różnej wielkości rozluźnia ich strukturę, czyniąc w praktyce glebę łatwiejszą w uprawie. Dzięki określonym frakcjom próchnicy, charakteryzujących się większą zdolnością buforową w porównaniu do materiałów ilastych gleby, próchnica może stabilizować odczyn gleby, zwiększając równocześnie właściwości buforowe gleb. Poszczególne frakcje próchnicy spełniają także funkcję ochronną gleby, gdyż zatrzymują, na zasadzie filtra metale ciężkie (tab. 2) i związki organiczne, np. pestycydy ograniczając bioprzyswajalność tych szkodliwych substancji przez rośliny (28, 30).

Glebowa materia organiczna gleb jest także cennym źródłem składników pokarmowych dla roślin, z której w wyniku procesu jej mineralizacji uwalniają się makro- i mikroelementy, szczególnie azot, fosfor i siarka, oraz znaczne ilości miedzi, boru i cynku. W tabeli 3 zaprezentowano charakterystykę właściwości gleby kształtowanych przez materię organiczną.

Tabela 2

Wpływ poziomu Corg. w glebie na zawartość metali ciężkich w życie na zielonkę

Gatunek gleby	Poziom zawartości Corg. w glebie w g·kg <sup>-1</sup>	Zwartość metali ciężkich							
		Zn		Pb		Cd		Cu	
		mg·kg <sup>-1</sup> s.m.	%	mg·kg <sup>-1</sup> s.m.	%	mg·kg <sup>-1</sup> s.m.	%	mg·kg <sup>-1</sup> s.m.	%
lekka	6	163,8	100	1,67	100	0,50	100	11,8	100
	9	182,6	111	1,35	81	0,48	96	10,7	91
	12	110,6	67	1,14	68	0,33	66	9,0	76
	średnio	152,3	-	1,40	-	0,44	-	10,3	-
średnia	6	125,9	100	1,14	100	0,45	100	9,9	100
	9	103,1	82	0,80	70	0,30	67	6,4	65
	12	73,3	58	0,60	53	0,21	47	6,0	61
	średnio	100,8	-	0,85	-	0,32	-	7,4	-

Źródło: Pikula, 2006 (28).

Tabela 3

Charakterystyka właściwości gleby warunkowanych materia organiczną

Właściwości	Źródło	Skutek
Barwa	Ciemna barwa gleby jest spowodowana obecnością materii organicznej	Szybsze nagrzewanie gleby wiosną. Zwiększone albedo warstwy ornej.
Retencja	Materia organiczna może wiązać wodę w ilości 20-krotnie przewyższającej jej masę.	Poprawa właściwości gleb lekkich, zmniejszenie skutków suszy.
Struktura agregatowa	Tworzenie połączeń z minerałami ilastymi, kationami, polisacharydami z udziałem mikroorganizmami	Struktura agregatowa kształtuje stosunki wodne, powietrzne i przepuszczalność gleb.
Gęstość właściwa	Materiał organiczny posiada niższą gęstość niż materiał mineralny gleby.	Mniejsza gęstość gleby powoduje wzrost porowatości, ze względu na interakcje składników organicznych i nieorganicznych.
Rozpuszczalność w wodzie	Materia organiczna jest nierozpuszczalna w wodzie ze względu na tworzenie połączeń z minerałami ilastymi i kationami wielowartościowymi.	Tylko niewielka część materii organicznej ulega migracji w głąb profilu glebowego.
Buforowanie	Materia organiczna wykazuje właściwości buforowe w zakresie słabokwaśnym, obojętnym i zasadowym.	Utrzymywanie stałego odczynu gleby.

Tabela 3 cd.

Pojemność wymiany kationów (PWK)	Całkowita kwasowość substancji humusowych waha się w zakresie 300-1400 cmol (+)/kg	Zwiększenie PKW wielu gleb zależy od zawartości materii organicznej
Mineralizacja	Rozkład materii organicznej uwalnia do środowiska m.in CO <sub>2</sub> , H <sub>2</sub> O, NH <sub>3</sub> , fosfor, potas, wapń, siarka i magnez	Źródło składników pokarmowych niezbędnych dla wzrostu i rozwoju roślin
Chelatowanie kationów metali ciężkich	Materia organiczna tworzy kompleksy z kationami wielowartościowymi	Wiązanie kationów metali ciężkich, częściowa ich detoksykacja oraz regulowanie bioprzyzwajalności mikroskładników.

Źródło: Gonet, Markiewicz, 2007; Stevenson, 1994 (10, 31).

### Długoterminowe utrzymywanie próchnicy w glebie

Zawartość próchnicy w glebie nie jest stała i podlega ciągłym procesom przemian ilościowych i jakościowych (23, 26, 29). Długoterminowe utrzymywanie zawartości tej substancji w glebie na możliwie stałym poziomie jest możliwe dzięki systematycznemu dostarczaniu świeżej materii organicznej oraz wysokiej aktywności biologicznej gleby. Na poziomie gospodarstwa rolnego dopływ materii organicznej można regulować na kilka sposobów. Korzystnie na przyrost materii organicznej w glebie, jak i na retencję wody wpływa pozostawianie w glebie wszelkich resztek pozbiorowych roślin, stosowanie nawozów naturalnych i organicznych, uprawa poplonów i mieszanek trawiasto-motylikowatych (5, 24, 29, 33). Stosując powyższe zabiegi podnosimy potencjał produkcyjny gleb. W warunkach uprawy roślin w monokulturach, a zwłaszcza zbożowych, szczególnie korzystna jest zamiana na dłuższy okres systemu użytkowania pola z ornego na przemienny: orno-pastwiskowy w celu odnowienia ubytków próchnicy. Z badań przeprowadzonych na Słowacji wynika, że najcenniejsze pod względem masy i zawartości węgla organicznego są resztki pozbiorowe rzepaku ozimego, bobu, lucerny w 3 i 4 roku uprawy, słonecznika oraz gorczycy. Najmniejszą ilość resztek pozbiorowych wnosi się do gleby po uprawie zbóż i okopowych (14, 15, 20, 24). W zrównoważonej gospodarce materią organiczną, obok obornika ważną rolę w odtwarzaniu zasobów próchnicy w glebie odgrywa słoma. Ilość materii organicznej wprowadzonej ze słomą do gleby zależy od gatunku rośliny i stopnia humifikacji (24,33). Wprowadzając na przykład 4,5 t·h<sup>-1</sup> słomy zboż, która zawiera średnio 42% C<sub>org</sub>, wzbogacamy glebę o prawie 2 t·h<sup>-1</sup> węgla organicznego (4500 kg × 0,42 = 1890 kg). Zakładając, że współczynnik humifikacji (przemian materiału organicznego w trwałą próchnicę) wynosi dla słomy 0,25, to w glebie pozostanie prawie 0,5 t·h<sup>-1</sup> nowo utworzonej próchnicy (1890 × 0,25 = 472,5).

## Aktualne trendy w gospodarowaniu materią organiczną

W gospodarowaniu glebową materią organiczną uprawnych można wyróżnić cztery fazy; inicjalną, intensywnej mineralizacji materii organicznej, powolnego wyczerpywania się zasobów materii organicznej oraz degradacji żyzności gleby. W fazie inicjalnej występuje równowaga procesów dopływu i strat materii organicznej (9). Druga faza obejmuje procesy intensywnej mineralizacji materii organicznej. Obecnie zjawisko to występuje jedynie w tropiku lub systemach rolnictwa żarowego (9). Faza ta trwa od kilku do kilkunastu lat i powoduje duże straty rodzimej materii organicznej sięgające 40-50%. W kolejnej fazie, trwającej wiele dziesiątków lat następuje powolne wyczerpywanie się zasobów materii organicznej. Gleba wówczas traci produktywność, widoczne są pierwsze objawy degradacji żyzności gleby. W ostatniej czwartej fazie zmian zawartości materii organicznej w glebie następuje całkowita degradacja żyzności gleby. Gleba traci żyzność i nie jest w stanie pełnić podstawowych funkcji produkcyjnych i środowiskowych. Współczesne polskie rolnictwo znajduje się w trzeciej, a w niektórych rejonach Polski często czwartej fazie cyklu zmian zawartości materii organicznej. Stan taki jest niebezpieczny dla żyzności gleb i wymaga szeregu szybkich zabiegów mających na celu przywrócenie glebie żyzności poprzez podejmowanie działań zwiększających zawartość materii organicznej w glebie (9, 12).

W Polsce prowadzono i prowadzi się szereg badań nad dynamiką przemian i jakością materii organicznej, ale w większości mają one charakter analityczny (opisowy) i nie znalazły podsumowania w postaci normatywów, które mogą okazać się konieczne przy opracowywaniu programów działania wynikających z rozporządzenia Dyrektywy Glebowej UE, jeśli ta wejdzie w życie. Procesy dopływu i ubytku materii organicznej w glebie bilansowane są w oparciu o nieaktualne już w Niemczech, a wciąż obowiązujące w Polsce wartości współczynników reprodukcji i degradacji materii organicznej (WRD) (1, 20). Wartości tych współczynników wymagają kwantyfikacji i dostosowania do specyfiki warunków klimatycznych i glebowych naszego kraju, gdyż posługiwanie się nimi w starej nomenklaturze nie odzwierciedla faktycznego salda materii organicznej w glebie. Wadą ich jest również to, że koncepcja WRD odnosi się do 1 ha uprawy danej rośliny bez względu na wielkość plonu i ilość wprowadzanych do gleby resztek poźniwnych i nie uwzględnia puli węgla wnoszonego do gleby z masą korzeniową roślin uprawnych, która niezależnie od technologii uprawy pozostaje w glebie. Wielkość plonów roślin jest przecież znacznie zróżnicowana pomiędzy województwami, i podobnie zróżnicowana jest ilość pozostawianych w glebie resztek pozbiorowych i korzeni, co ma wpływ na procesy nagromadzenia materii organicznej w glebie. Rośliny uprawne w zależności od gatunku pozostawiają w glebie zróżnicowaną masę korzeniową, która znacząco wpływa na depozyt materii organicznej w glebie. Literatura przedmiotu wskazuje, że korzenie roślin uprawnych stanowią

60-70% resztek pozbiorowych roślin (14, 24). Przeciętnie z masą korzeni roślin jednorocznych trafia 3-4 t·h<sup>-1</sup> węgla organicznego, a więc prawie połowa węgla wnoszonego do gleby z obornikiem (13, 14, 15). W koncepcji współczynników nie uwzględnia się także powierzchni ugorów i odłogów, co rzutuje na bilans materii organicznej w skali kraju. Jednym ze sposobów oceny zmiany zawartości próchnicy w glebie jest sporządzanie bilansu materii organicznej w glebie. W obliczeniach bilansu próchnicy w glebie za podstawową jednostkę przyjmuje się obecnie 1 kg węgla C<sub>org</sub> w shumifikowanej masie organicznej. Ponieważ w 1 kg próchnicy znajduje się 0,58 kg węgla a więc 1 kg C odpowiada 1,724 kg próchnicy. Jednostką pochodną stosowaną w Niemczech jest 1 HE. Jednostka HE odpowiada 1 t s. m. próchnicy i 580 kg C<sub>org</sub> (16, 17, 18, 19, 27). Bilans danego zmianowania wylicza się z różnicy przychodu materii organicznej dostarczonej w wyniku uprawy roślin, stosowanych nawozów oraz specyfiki przemian próchnicy w glebie i agrotechniki roślin:

Saldo próchnicy = dostawa (reprodukcja) - potrzeby roślin w zależności od specyfiki uprawy (degradacja)

Znając udział poszczególnych roślin w zmianowaniu oraz dawki nawozów naturalnych stosowanych w gospodarstwie można obliczyć bilans materii organicznej dla danego zmianowania i ocenić czy uprawa określonych roślin zwiększa lub zmniejsza zawartość próchnicy w glebie. W Polsce przyjęła się metoda bilansowania próchnicy przy zastosowaniu tzw. współczynników reprodukcji lub degradacji materii organicznej zapożyczonych z Niemiec (1, 20) (tab. 4). Współczynniki te przyjęto w Kodeksie Dobrej Praktyki Rolniczej, opublikowanym przez Ministerstwo Rolnictwa i Rozwoju Wsi w 2004r.

Tabela 4

Współczynniki reprodukcji (+) lub degradacji (-) materii organicznej gleby

Roślina lub nawóz organiczny	Jednostka	Współczynnik reprodukcji (+) lub degradacji (-) dla różnych gleb w t materii organicznej na 1 ha			
		Bardzo lekkie i lekkie	średnie	ciężkie	czarne ziemie
Okopowe	1 ha	-1,26	-1,4	-1,54	-1,02
Kukurydza	1 ha	-1,12	-1,15	-1,22	-0,91
Zboża, oleiste	1 ha	-0,49	-0,53	-0,56	-0,38
Strączkowate	1 ha	+0,32	+0,35	+0,38	+0,38
Trawy	1 ha	+0,95	+1,05	+1,16	+1,16
Motylkowate, mieszanki	1 ha	+0,89	+1,96	+2,10	+2,10
Obornik	10 t (25% s.m.)	+0,70			
Gnojowica	10 t (7% s.m.)	+0,28			
Słoma	10 t (86% s.m.)	+1,80			

Źródło: Asmus, Görlitz., 1978, Kundler i in., 1981 (1, 20).

W zależności od doboru roślin w zmianowaniu i ilości wprowadzanych do gleby nawozów naturalnych i organicznych, bilans materii organicznej może być dodatni, zrównoważony lub ujemny. Bilans materii organicznej w skali kraju jest zrównoważony, ale na dużym obszarze gruntów ornych jest ujemny. Jednocześnie obszary te charakteryzują się niskim udziałem użytków zielonych w powierzchni użytków rolnych i niską zawartością rodzimej próchnicy w glebach gruntów ornych (8). Ujemny bilans materii organicznej w gospodarstwach rolnych wynika głównie ze spadku stosowania obornika, uprawy roślin w monokulturze oraz pozostawiania w glebie zbyt małej ilości resztek roślinnych pozbiorowych (13, 14, 24, 25).

W ciągu ostatnich dziesięcioleci w Europie opracowano nowocześniejsze metody bilansowania materii organicznej w gospodarstwie. W Niemczech współczynniki reprodukcji i degradacji opracowane w latach 80. (20) zostały zaktualizowane w 2004 r. w wyniku projektu badawczego realizowanego z inicjatywy VDLUFA (Niemieckie Stowarzyszenie Instytutów Rolniczych) i rozszerzone o wartości dla warzyw (16, 17, 18, 19). Nowa, bardziej kompleksowa metoda bilansowania materii organicznej nie została jednak uwzględniona w naszym kraju i nadal funkcjonuje w powszechnym obiegu pod starą nomenklaturą.

Nowe wartości współczynników podawane są w zależności od wilgotności wprowadzonego materiału roślinnego i nawozów naturalnych oraz obejmują dodatkowo dwa zakresy. Dolne wartości współczynników odnoszą się do gleb utrzymywanych w wysokiej kulturze, natomiast wyższe wartości odpowiadają glebom zdegradowanym o niskiej zawartości próchnicy (tab. 5). Weryfikacji uległy również wartości współczynników reprodukcji próchnicy dla różnych materiałów organicznych wprowadzonych do gleby (tab. 6). Dodatkowo nowa metoda daje możliwość zakwalifikowania otrzymanego salda bilansu próchnicy do określonej grupy i pozwala podjąć określone działania mające na celu utrzymanie żyzności gleby na możliwie optymalnym poziomie, zapewniającym wysokie plony roślin (tab. 7).

Tabela 5

Przeliczniki dla zmian zapasów glebowej materii organicznej w kg C próchnicy/ha/rok dla różnych upraw

Gatunki roślin	kg C próchnicy $\cdot h^{-1}$ (-) strata lub (+) zysk	
	Dolne wartości	Górne wartości
Buraki pastewne i cukrowe	- 700	- 1300
Ziemniaki i 1 grupa warzyw*	- 760	- 1000
Kukurydza na ziarno i silos, 2 grupa warzyw, przyprawy, rośliny lecznicze	-560	- 800
Zboża łącznie z roślinami oleistymi i włókniastymi, słonecznik i 3 grupa warzyw, ziół i roślin leczniczych	- 280	- 400
Strączkowe na ziarno	+160	+240
Trawy w uprawie polowej, motylkowate w czystym siewie lub z trawami, nasienne plantacje i 4 grupa warzyw		+800
- w głównym roku użytkowania	+600	
-przy wysiewie wiosennym		+500
- jako polon	+400	+400
-jako wsiewka	+300	+300
-przy wysiewie letnim	+200	+150
	+100	
Rośliny poplonowe		
	+120	+160
Poplony ozime	+80	+120
Mieszanki jare	+200	+300
ugory		
Wsiewki pozostawione: jesienią	+180	+180
Wiosną	+80	+80
Obsiew jako ugór na 2 lata	+700	+700
Obsiew jako ugór na 1 rok	+400	+400

\*dodatkowe wyjaśnienia

Źródło: VDLUFA, 2004.

Grupa 1. Kalafior, brokuły, kapusta chińska, ogórki, seler naciowy, dynia, pory, rabarbar, kapusta czerwona, pomidory palikowe, kapusta biała, cukinia, melony

Grupa 2. Cykoria korzeniowa, czosnek, rzepa, marchew, chrzan, papryka, pasternak skorzonera, słonecznik, kukurydza cukrowa

Grupa 3. Pietruszka, fasola, koper, sałata endywia, sałata lodowa, estragon, groszek, chmiel, dziurawiec, kalarepa, kmień, majeranek, rośliny oleiste, mięta, rzodkiew i rzodkiewka, chrzan, buraki ćwikłowe, szpinak, tytoń, pietruszka korzeniowa, melisa, cebula.

Grupa 4. Różne gatunki koniczyny

Tabela 6

Współczynniki reprodukcji próchnicy dla różnych materiałów organicznych wnoszonych do gleby

Materiały organiczne w t	% s.m.	Współczynnik reprodukcji próchnicy w kg C na t materiału organicznego
słoma	86	80-110
nawozy zielone, liście buraków	10	8
trawa koszona (zielonka)	20	16
obornik:		
świeży	20	28
	30	40
przefermentowany	25	40
przekompostowany	35	62
	55	96
gnojowica:		
świńska	4	4
	8	8
bydlęca	4	6
	7	10
	10	12
pomiot ptasi	15	12
	25	22
	35	30
	45	38
odpadki organiczne bez suszenia	20	30
świeży kompost	40	62
	30	40
	50	66
	40	46
dojrzały kompost	50	58
	60	70
osady ściekowe bez przeróbki	10	8
	15	12
	25	28
	35	40
osady ściekowe stabilizowane wapnem	45	52
	20	16
	25	20
	35	36
	45	46
	55	56
odpady z fermentacji płynne	4	6
	7	9
	10	12
stałe	25	36
	35	50
kompostowane	30	40
	60	70
odpady specjalne, kompost bydlęcy	30	60
szlam ze stawów i jezior	50	100
	10	10
	40	40

Tabela 7

Wycena salda próchnicy w kg C próchnicy/rok/ha

SALDO próchnicy kg C ·rok·ha <sup>-1</sup>	GRUPA	WYCENA
< -200	A bardzo niskie	Niekorzystny wpływ na właściwości gleby i wielkość plonów roślin
-200 do -76	B niskie	Średnio tolerowane, okresowo szczególnie na glebach wzbogacanych w próchnicę
-75 do 100	C optymalne	Najlepszy dla uzyskania wysokich plonów i minimalnych strat składników pokarmowych. Zaleca się go utrzymywać
101-300	D wysokie	Średnio tolerowane, okresowo szczególnie na glebach ubogich w próchnicę
>300	E bardzo wysokie	Zwiększone ryzyko strat azotu i mała efektywność nawożenia azotem

Źródło: VDLUFA, 2004.

Zgodnie z założeniami nowej metody bilansowej próchnicy w celu utrzymania optymalnego jej salda należy stosować co najmniej 50 kg azotu na hektar, aby ograniczyć proces mineralizacji próchnicy, a więc jej strat (18, 19, 27). Nawożenie azotem mineralnym zapobiega utrzymywaniu się przez kilka lat ujemnego salda próchnicy, które może skutkować degradacją gleby, utratą jej żyzności i produktywności, oraz większymi nakładami na produkcję (18, 19, 27). Warto nadmienić, że w warunkach niskiej zawartości próchnicy w glebie maleje efektywność stosowanych nawozów mineralnych, a w celu utrzymaniu optymalnego poziomu próchnicy w glebie zaleca się regularne stosowanie niewielkich dawek wapna, gdyż wapń zawarty w nawozach stabilizuje nie tylko odczyn gleby, ale również próchnicę (26, 33).

### Nowe współczynniki reprodukcji dla obornika

Na podstawie badań własnych prowadzonych w Grabowie w latach 2008-2011 z dwoma zmianowaniami różniącymi się doбором gatunków roślin, a więc wpływającymi w różny sposób na saldo próchnicy w glebie, wyznaczono nowe wartości współczynników reprodukcji dla obornika. W zmianowaniu A uprawiano kolejno po sobie rośliny zaliczane do zubożających glebę w próchnicę: kukurydzę na ziarno, pszenicę ozimą, jęczmień jary i kukurydzę na zielonkę. W zmianowaniu B uprawiano natomiast rośliny korzystnie oddziałujące na przyrost próchnicy w glebie, tj. kukurydzę na ziarno, pszenicę ozimą+ gorczycę na przeoranie, jęczmień jary z wsiewką oraz koniczynę z trawami w mieszance. W obu zmianowaniach pod kukurydzę uprawianą na ziarno stosowano raz na 4 lata obornik w zróżnicowanych dawkach (0-80 t·h<sup>-1</sup>). W badaniach własnych zawartość materii organicznej w glebie oznaczana była w odstępach czteroletnich, zawsze po zbiorze ostatniej rośliny

w 4-polowym członie zmianowania, czyli kukurydzy na kiszonkę w zmianowaniu A i mieszanki koniczyny z trawami w zmianowaniu B. Była to jednocześnie roślina przychodząca w obu zmianowaniach w czwartym roku od zastosowania obornika. Z tych względów wyznaczenie współczynników reprodukcji możliwe było tylko dla całego czteroletniego zmianowania. Dla czteroletnich, pełnych rotacji zmianowań A i B, w zależności od dawki obornika wyliczono wartości współczynników reprodukcji dla obornika, przyjmując wyliczoną średnią wartość współczynnika humifikacji 12,1% dla zmianowania A i 31,44% dla zmianowania B. Wielkość współczynników humifikacji była uzależniona od wielkości dawek obornika i od długości okresu regularnego (co 4 lata) stosowania tego nawozu. W tabeli poniżej porównano nowe (wyliczone na podstawie doświadczenia wieloletniego) i oficjalnie obowiązujące w Polsce współczynniki reprodukcji materii organicznej (WR) dla obornika.

Tabela 8

Bilans materii organicznej (SOM) w zmianowaniach A i B, na glebie średniej z wykorzystaniem nowych i niemieckich (20) współczynników reprodukcji

Dawka obornika w t·ha <sup>-1</sup> w (C t·ha <sup>-1</sup> )	WR* dla obornika t SOM·ha <sup>-1</sup>			Bilans dla 4-letniej rotacji zmianowań w t SOM·ha <sup>-1</sup>			
	Wg (20)	nowe		nowe	Wg (20)	nowe	Wg (20)
		A	B	A		B	
0 (0)*	0	0	0	-9,59	-3,25	-3,93	-1,4
20 (1,84)	1,4	0,38	0,98	-9,14	-1,85	-0,54	0
40 (3,65)	2,8	0,76	1,96	-6,58	-0,45	1,64	+1,4
60 (5,47)	4,2	1,14	2,93	-1,32	+0,95	4,04	+2,8
80 (7,29)	5,6	1,52	3,95	-2,31	+2,30	5,63	+4,2

WR\* współczynnik reprodukcji dla obornika obliczone jako iloraz masy węgla w oborniku i średniego współczynnika humifikacji, który wynosi 12,15% dla zmianowania A i 31,44% dla zmianowania B. WR dla zmianowania zawiera w sobie oczywiście WR dla określonej dawki obornika stosowanej w czteroletniej rotacji.

Wartości współczynników reprodukcji materii organicznej z obornika wyznaczone w badaniach własnych są znacznie mniejsze od podawanych przez naukowców niemieckich (1, 20). Nawet w zmianowaniu B osiągają one zaledwie 50% wartości niemieckich. Zgodnie z założeniem niemieckiej koncepcji współczynnik humifikacji materii organicznej z obornika, wynosi prawie zawsze 100%. Według badaczy niemieckich (1, 20) wartość tego współczynnika przyjęto na poziomie +0,35 dla 4000-5000 kg świeżej masy obornika, co oznacza, że w ciągu 1-5 lat z 1000 kg s.m. popielnej masy organicznej obornika wniesionej do gleby pozostaje średnio 350 kg s.m. materii organicznej, która podlega dalszym przemianom w glebie. Oczywiście w wyznaczeniu tego algorytmu krytyczną kwestią jest wyznaczenie masy popielnej, czyli rzeczywistej masy organicznej zawartej w tonie danego nawozu. Wartości te wynikają z właściwości fizycznych nawozu,

a więc zawartości wody i związków mineralnych w chwili aplikacji nawozu do gleby (12). Dla obornika przyjmuje się wartość stałą wynoszącą 20%, czyli wprowadzając do gleby 1000 kg obornika jego masa popielna wynosi 200 kg, z której następnie reprodukuje się 70 kg materii organicznej (reprodukcja =  $0,35 \cdot 200$ ). Z badań własnych wynika, że w ciągu 4 lat średnio z ogólnej ilości węgla wniesionego w oborniku, stosowanym raz na 4 lata, w glebie pod zmianowaniem A procesowi humifikacji ulegało 12,1% węgla z obornika, a w glebie pod zmianowaniem B – 31,4%. Uprawa koniczyny w mieszance z trawami stymulowała humifikację węgla z obornika, gdyż w warunkach większej ilości azotu w glebie proces humifikacji następuje szybciej. W zmianowaniu B wyliczone salda bilansu materii organicznej (SOM) z zastosowaniem własnych i niemieckich współczynników WR są dosyć podobne. W zmianowaniu tym już dawka 20 ton masy obornika w czteroletniej rotacji zapewnia lekko ujemny lub zrównoważony bilans SOM w glebie. W zmianowaniu A zgodnie z wartościami współczynników podawanymi przez badaczy niemieckich równowagę procesów degradacji i reprodukcji uzyskuje się przy dawkach obornika powyżej 40 ton masy na hektar. Bilans obliczany z uwzględnieniem nowych współczynników wskazuje na postępujący ubytek SOM w glebie, niezależnie od wielkości dawek obornika. Wyjaśnić to można tym, że nawożenie tym nawozem nawet w dawkach wyższych niż  $40 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$  raz na 4 letnie zmianowanie, w którym nie przyoruje się poplonów, ani nie uprawia rośliny bobowatej nie wystarcza do odbudowy glebowej materii organicznej, a przynosi pozytywny skutek gdy w zmianowaniu uprawia się rośliny bobowate, pozostawiające w glebie dużo azotu i węgla. W takim układzie powstaje więcej trwałej materii organicznej (humusu). Ilość humusu w glebie jest w większym stopniu powiązana z doborem roślin w zmianowaniu niż z obornikiem, co przedkłada się na wartości współczynników WRD (20, 21, 29).

### Podsumowanie

Niska zawartość glebowej materii organicznej w polskich glebach wynika przede wszystkim z uwarunkowań klimatycznych i glebowych, które nie sprzyjają jej akumulacji w glebie. Zmniejszenie zawartości materii organicznej notowane w ostatnich latach spowodowane jest zwiększającym się udziałem monokultur zbożowych oraz zmniejszeniem stosowania obornika, który w latach 80. XX w. był głównym źródłem próchnicy w glebie (25, 33). W celu sprawdzenia zasobności gleb w próchnicę zamiast sporządzania jej bilansu bardziej miarodajne wydaje się oznaczenie w glebie zawartości  $C_{\text{org}}$ . Natomiast do rozpoznania procesu przemian glebowej materii organicznej, w efekcie których powstaje trwała próchnica należy dodatkowo brać pod uwagę azot. Na podstawie stosunku do siebie obu pierwiastków C:N można wnioskować o kierunku przemian świeżo wprowadzonej do gleby masy organicznej (mineralizacja lub humifikacja). Zwiększający się obecnie areal monokultur zbożowych, zmniejszenie areалу uprawy roślin bobowatych oraz spadek

produkcji nawozów będzie sprzyjał dalszemu spadkowi materii organicznej w glebie. Z badań prowadzonych w IUNG-PIB wynika, że trwale zwiększanie zawartości próchnicy w glebie w warunkach tradycyjnej płużnej uprawy, niepozostawiania słomy do przeorania i braku w płodozmianie roślin wieloletnich jest trudne, nawet przy stosowaniu przeciętnych dawek obornika (29). Należy podkreślić, że optymalne gospodarowanie materia organiczną nie jest możliwe bez nawożenia obornikiem i stosowanie w naszej strefie klimatycznej innych form nawożenia, np. słomą, nie zapewni utrzymania próchnicy na poziomie gwarantującym uzyskiwanie zadowalających polonów roślin uprawnych, szczególnie na glebach lżejszych. Z tego względu nadal będzie się poszukiwać sposobów podwyższania i utrzymania próchnicy w glebie na zrównoważonym poziomie. Jedną z takich metod jest stosowanie tzw. zewnętrznej materii organicznej w postaci kompostów, odpadów czy osadów ściekowych. W przyszłości należy w oparciu o badania naukowe z zakresu zmian klimatu, użytkowania gleb, monitoringu materii organicznej i bio-różnorodności ustalić optymalne zawartości materii organicznej w różnych glebach, uwzględniając naturalne warunki klimatyczno-glebowe. Takie dane byłyby podstawą w przyszłości do oceny ewentualnej postępującej degradacji gleb. W Polsce należy prowadzić więc nie tylko stały monitoring zmian zawartości materii organicznej w glebach, ale opracować nowe normatywy, które byłyby pomocne przy opracowywaniu programów zapobiegających spadkowi materii organicznej w glebach uprawnych (10).

## Literatura

1. Asmus F., Görlitz H.: Einfluss organischer und mineralischer Düngung auf die organische Substanz und den Stickstoffgehalt einer Tieflehm-Fahlerde. Archiv für Acker- und Pflanzenbau und Bodenkunde, 1978, **22(2)**: 123-129.
2. Bednarek R., Dziadowiec H., Pokojńska 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. COM(2002)179. Commission of the European Communities – COM(2002)179 final – Communication from the Commission to the Council, the European Parliament, the Economic and Social Committee and the Committee of the Regions Towards a Thematic Strategy for Soil Protection, Brussels, 16.4.2002.
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. Dietz Th., Bachtaler G.: Auswirkungen unterschiedlicher Fruchtfolge, Düngung und Bodenbearbeitung auf den Humusgehalt der Böden. Landwirtschaftliches Jahrbuch, 1978, **55**: 368-377.
6. Filipek T., Fotyła M., Lipiński W.: Stan, przyczyny i skutki zakwaszenia gleb ornych w Polsce. Bibliotheca, Fragmenta Agronomica, Polskie Towarzystwo Agronomiczne, Puławy, 2006, **10/06**: 7.
7. Foerid B., Høgh-Jensen H.: Carbon sequestration potential of organic agriculture in northern Europe – a modelling approach. Nutr. Cycl. Agroecosyst., 2004, **68(1)**: 13-24.
8. Fotyła M., Czyż E., Dexter A., Fotyła E., Terelak H.: Gehalt und Bilanz der organischer Substanz in Böden von Polen und ihrer Einfluss auf die Krümelbeständigkeit. Beiträge zum: 9 Konsultativtreffen der Landwirtschaftlichen Untersuchungs- und Forschungsanstalten der

- MOE- Länder sowie Österreichs und Deutschlands, vom 15 bis 17 Mai 2002 in Bundesamt und Forschungszentrum für Landwirtschaft, Wien, 2002: 1-8.
9. Gantzer C., Anderson S., Thompson A., Brown J.: Evaluation of Soil Loss after 100 Years of Soil and Crop Management. *Agronomy Journal*, 1991, **83**: 74-77.
  10. Gonet S., Markiewicz M.: Rola materii organicznej w środowisku. Praca zbiorowa pod redakcją S. Gonet i M. Markiewicza. *Polskie Towarzystwo Substancji Humusowych*, 2007: 9-15.
  11. Górlach E.: Gleba i jej rola w odżywianiu roślin i nawożeniu. Rozdział 3, *Chemia rolna*. Wydawnictwo Naukowe PWN, 2001: 72-79.
  12. Grzebiś W.: Nawożenie roślin uprawnych cz. I. Podstawy nawożenia, Rodział IV: 326-332 i cz. II. Systemy nawożenia, Rozdział V, *PWRiL*, 2009: 251-263.
  13. Johnson J. M. F., Allmaras R. R., Reicosky D. C.: Estimating source carbon from crop residues, roots and rhizodepositis using the national grain-yield database. *Agron. J.*, 2006, **89**: 622-636.
  14. Jurcova D.: Korenove, pozberove zvyšky rastlin ako súčasť bilancie podnej organickej hmoty. Humusové latky-aktivní složka systému puda-rostlina. Praha, 1990: 36-41.
  15. Jurcova O., Bielek P.: Zabezpečenie bezdeficitného hospodarenia s podnou organickou hmotou. Zborník VSP, Nitra, sekcia C, 1996: 203-207
  16. Kolbe H.: Verification of the VDLUFA humus balance method using long-term field trials. *Archives of Agronomy and Soil Science*, 2005, **51(2)**: 221-239.
  17. Kolbe H.: Einfache Methode zur standortangepassten Humusbilanzierung von Ackerland unterschiedlicher Anbauintensität <http://orgprints.org/view/projects/wissenschaftstagung-2007.html>
  18. Körschens M.: Importance of soil organic matter (SOM) for biomass production and environment (areview). *Arch. Acker Pfl. Boden.*, 2002, **48**: 89-94.
  19. Körschens M. (red.): Humusbilanzierung. Methode zur Beurteilung und Bemessung der Humusversorgung von Ackerland. Standpunkt VDLUFA, Bonn, 2004.
  20. Kundler P., Eich D., Liste H.-J., Raue K.: Mehr tun als nur ersetzen. *Neue Deutsche Bauernzeitung*, Berlin 1981, **36**: 8-9.
  21. Kusińska A.: Zasoby i skład humusu glebowego pod niektórymi gatunkami roślin w dwóch systemach uprawy. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.*, 1999, **465**: 319-330.
  22. Leithold G., Hülsbergen K. J., Michel D., Schönmeier H.: Humusbilanz-Methoden und Anwendung als Agrar- Umweltindikator, Initiativen zum Umweltschutz, Osnabrück, 1997, **5**: 43-54.
  23. Macowiak C. Z.: Wpływ doboru roślin w zmianowaniu, obornika i nawozów mineralnych na zawartość węgla organicznego w glebie i produktywność zmianowań. *Nawozy i Nawożenie – Fertilizers and Fertilization*, 2000, **4(5)**: 102-109.
  24. Mazur T.: Znaczenie resztek poźniwnych w bilansie substancji organicznej gleb. *Mat. Konf. „Nawozy organiczne” Szczecin*, 1992, **2**: 4-11.
  25. Mazur T.: Stan i perspektywa bilansu substancji organicznej w glebach uprawnych. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.*, 1995, **421 a**: 267-276.
  26. Myśków W.: Przemiany substancji organicznej i jej znaczenie dla żyzności gleb. *Nowe Rol.*, 1971, **18**: 13-14.
  27. Pałosz T.: Rolnicze i środowiskowe znaczenie próchnicy glebowej i metodyka jej bilansu. *Rocznik Ochrony Środowiska*, 2009, **11(1)**: 329-338.
  28. Piękła D.: Wpływ wybranych właściwości fizyko-chemicznych gleby na zawartość metali ciężkich w roślinach paszowych. Praca doktorska, 2006, SGGW, ss 142.
  29. Rutkowska A., Piękła D.: Effect of crop rotation and nitrogen fertilization on the quality and quantity of soil organic matter. *Soil Processes and Current Trends in Quality Assessment*. Edited by Maria C. Hernandez Soriano, Chapter 9, INTECH, 2012: 249-267.

30. Stępień W., Mercik S., Pikula D.: Wpływ substancji organicznej na mobilność metali ciężkich w glebie w doświadczeniu mikropoletkowym. Roczniki Gleboznawcze, Zakład Chemii Rolniczej, Katedra Nauk o Środowisku Glebowym, SGGW, Warszawa, 2004, Tom LV Nr 4: 149-156.
  31. Stevenson F. J.: Humus chemistry-genesis, composition reactions. John Wiley and Sons, Chicester.,1994, ss 496.
  32. Terelak H.: Materiały niepublikowane, 2001 (Informacja własna).
  33. Wiaterski J.: Wpływ nawożenia organiczno–mineralnego na bilans węgla organicznego. Fol. Univ. Agric. Stetin. 211, Agricultura, 2000, **84**: 515-520.
- 

Adres do korespondencji

*dr inż. Dorota Pikula*  
*Zakład Żywienia Roślin i Nawożenia*  
*IUNG-PIB*  
*u. Czartoryskich 8*  
*24-100 Puławy*  
*tel. 81 886 34 21 w. 258*  
*e-mail: dpikula@iung.pulawy.pl*