

STUDIA I RAPORTY IUNG-PIB

ZESZYT 53(7): 93-103

2017

Dorota Pikula*Institut Uprawy Nawożenia i Gleboznawstwa – Państwowy Instytut Badawczy
w Puławach*

RESZTKI POZBIOROWE JAK ŹRÓDŁO GLEBOWEJ MATERII ORGANICZNEJ*

Słowa kluczowe: żywność gleby, korzenie roślin, słoma, humus, resztki poźniwne**Wstęp**

Zmniejszająca się zawartość materii organicznej w glebach Europy stanowi poważny problem. W Polsce w ostatnim 25-leciu, w strukturze zasiewów obniżył się znacznie udział roślin wpływających korzystnie na przyrost próchnicy w glebie oraz nastąpił spadek produkcji obornika, co skutkuje znaczną redukcją zasobów próchnicy w glebach (7, 10). Bilans materii organicznej w naszych glebach jest więc wciąż niekorzystny. Dlatego też podejmowane są badania nad sposobami zahamowania tego zjawiska. Za koniecznością utrzymania dodatniego salda próchnicy w glebie przemawia fakt, że obniżenie zawartości materii organicznej o zaledwie 0,5% zmniejsza pojemność sorpcyjną gleby pylasto-ilastej o 4%, a piaszczysto-gliniastej aż o 15%. Trendy spadku materii organicznej w glebach w warunkach ich ornego użytkowania, jak również możliwości złagodzenia degradacji próchnicy w glebach, potwierdzają liczne doświadczenia wieloletnie (21, 22). W warunkach braku obornika proces ten można złagodzić włączając na przykład do obiegu węgla z powrotem resztki pozbiorowe (słoma+korzenie), które obecnie są najważniejszym źródłem materii organicznej na terenach intensywnej uprawy zbóż. W Polsce jest jednak niewiele wyników wieloletnich badań dotyczących resztek poźniwnych, a szczególnie korzeni, mimo iż stanowią one ponad połowę produkcji rolniczej fitomasy. Wielkość biomasy korzeni i ścierni podstawowych zbóż pozostawionych na polu po zbiorze waha się w granicach od 1,5 do 2,5 t·ha⁻¹ (11).

Rolnictwo zrównoważone zakłada utrzymywanie zawartości materii organicznej na możliwie stałym poziomie, głównie poprzez wykorzystanie nawozów naturalnych i organicznych (4, 6, 7, 8, 14, 15, 19). Ważnym, ale niedocenianym jej źródłem są resztki pozbiorowe, na które składają się słoma i korzenie roślin. Materiał roślinny

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

wniesiony do gleby w postaci resztek po zbiorach roślin jest naturalnym źródłem materii organicznej gleb i składników pokarmowych (9, 11, 12, 13, 18, 20). Do resztek poźniwnych w zależności od gatunku rośliny i technologii jej zbioru, zalicza się: korzenie i ściern, opadłe liście, a w technologii kombajnowej plewy, łuszczyzny i strąki. Według różnych źródeł, udział resztek poźniwnych w masie organicznej wytworzonej przez roślinę wynosi w przypadku ziemniaków od poniżej 10% do 20-25% w przypadku zbóż i rzepaku (Tab. 2); (6,7). Ilość i jakość resztek pozbiorowych nie jest jednakowa i zależy od warunków klimatycznych, rzeźby terenu, gatunku gleby oraz zabiegów agrotechnicznych (3, 5, 9, 11, 12, 13). Spośród zabiegów agrotechnicznych wpływających na ilość resztek pozbiorowych ważnym elementem jest zmianowanie. Badania naukowe potwierdzają, że uproszczone zmianowanie, zwłaszcza uprawa roślin w monokulturze, nawet w przypadku roślin bobowatych prowadzi do „zmęczenia gleb” oraz do pogorszenia zmian jakościowych i ilościowych substancji próchnicznych. Wynika to z pozostawiania po ich sprzęcie mało zróżnicowanych pod względem chemicznym resztek pozbiorowych (3). Z tego względu, odpowiednia konstrukcja zmianowania ma ogromne znaczenie w zapewnieniu optymalnej jakości i ilości resztek pozbiorowych, z których następnie wytworzy się humus w glebie (16).

Korzenie roślin uprawnych

We współczesnym rolnictwie głównymi źródłami materii organicznej są resztki roślinne i nawozy naturalne, z których największe znaczenie ma obornik (14, 15, 19). Od kilkunastu lat obserwuje się jednak spadek produkcji obornika, zmniejsza się tym samym zapotrzebowanie na słomę wykorzystywaną bezpośrednio w produkcji zwierzęcej. Wzrosła natomiast rola słomy jako ważnego źródła materii organicznej w glebie (22). W badaniach pomija się jednak korzenie roślin, które również stanowią cenne źródło węgla organicznego w glebie (3, 7, 9, 11, 16, 18).

Resztki pozbiorowe roślin w większości składają się z korzeni (60-80%), z których główna masa znajduje się w warstwie 0-0,3 m. Pozostałą część stanowi ściern i ściółka. Korzenie roślin uprawnych odgrywają istotną rolę w odtwarzaniu ubytków glebowej materii organicznej, gdyż niezależnie od sposobu uprawy gleby i technologii produkcji, masa korzeniowa zawsze pozostaje w glebie (9, 7, 11, 12, 13). Rośliny uprawne różnią się zależnie od gatunku budową systemu korzeniowego, wielkością masy korzeni jak również zawartością węgla i azotu w biomacie (1, 9, 11). W związku z tym, w literaturze można znaleźć duże rozpiętości w ocenie produkcji biomasy dostającej się do gleby (7, 9, 11, 12, 13). Produkcja biomasy zależy od klimatu, typu i gatunku gleby, gatunku rośliny oraz zabiegów agrotechnicznych, np. nawożenia mineralnego i nawożenia obornikiem (badania własne niepublikowane). Z badań zagranicznych wynika, że największą masę korzeni w glebie pozostawiają lucerna i koniczyna, a ze zbóż: pszenica ozima, jęczmień ozimy oraz kukurydza na kiszonkę (11, 12, 13). Literatura przedmiotu potwierdza również, że korzenie roślin uprawnych pozostawiają w glebie od 1,3 do ponad 5 ton C na ha⁻¹, co ma szczególne znaczenie na przykład

na obszarach intensywnej uprawy zbóż w monokulturze, w warunkach regularnego nie przyorywania słomy. Słowaccy badacze (11, 12, 13) dzielą reszki pozbiiorowe na części nadziemne (słoma) oraz podziemne (korzenie). Według ich badań najlepsze jakościowo resztki pozbiiorowe pozostawiają następujące rośliny: rzepak ozimy, bób, lucerna w 3-4 roku uprawy, gorczyca biała, słonecznik i zboża. Najmniej węgla organicznego (Corg. <math><1 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}</math>) wnoszą do gleby rośliny okopowe (Tab. 1).

Tabela 1

Ilość resztek pozbiiorowych pozostawionych w glebie oraz zawartość w nich Corg.

Roślina	Powietrznie sucha masa resztek $\text{t}\cdot\text{ha}^{-1}$		Zawartość węgla w resztkach pozbiiorowych $\text{t}\cdot\text{ha}^{-1}$
	pozbiiorowych	korzeniowych	
Lucerna	7,52-12,56 11,1*	5,89-9,20 7,5*	3,4-5,6
Seradela	6,69-9,65 9,6*	3,77-5,76 2,2*	2,8-4,0
Pszenica ozima	5,65-5,72 4,2*	3,18-3,67 2,8*	2,2-2,9
Jęczmień jary	3,63-4,54 3,0*	1,73-2,18 1,1*	1,3-2,0
Żyto	4,9*	3,3*	-
Kukurydza na zielonkę	5,21-5,63 2,4*	1,09-4,8 1,3*	2,4-3,1
Kukurydza na ziarno	3,86-4,39	2,77-3,22	1,8-2,0
Ziemiak	2,18-2,93 2,4*	0,68-1,25 1,9*	0,8-1,1
Burak cukrowy	1,12-1,47 2,3*	0,53-0,64 1,4*	0,4-0,5

Źródło: ; Batalin, 1962 (2); Jurcova, 1996 (11)

Najwięcej informacji w literaturze można znaleźć o ilości i jakości resztek pozbiiorowych w uprawie zbóż. Według Myskowa (18) masa organiczna, w którą wzbogacają glebę resztki pozbiiorowe roślin bobowatych i zbożowych jest porównywalna do masy obornika stosowanego w średnich dawkach (w przeliczeniu na suchą masę). W warstwie ornej gleb żyzniejszych stanowi to ok. 10% ogólnej zawartości materii organicznej, zaś w glebach lekkich nawet 40% (18).

W literaturze polskiej aktualnych danych odnośnie masy korzeni roślin uprawnych oraz zawartości w nich C i N jest mało. Określenie masy korzeni roślin uprawnych nie zostało do tej pory dokładnie rozpoznane ze względu na brak przyjętej jednolitej metodyki oraz czasochłonne i żmudne ich pobieranie (1). Z tego powodu dane dotyczące szacowania masy korzeni są często bardzo rozbieżne. W przypadku masy korzeni zbóż najczęściej wykorzystuje się zmodyfikowaną metodę monolitów glebowych (1, 4),

polegającą na wydzieleniu w profilu glebowym sekcji o objętości 200 cm³, z których pobiera się korzenie. Umożliwia ona w miarę dokładne szacowanie masy korzeniowej poszczególnych roślin, co ma istotne znaczenie poznawcze, zwłaszcza w warunkach stosowania monokultur i zmianowań uproszczonych oraz znacznego ograniczania stosowania obornika (1, 4). Metoda ta, pomimo znacznej pracochłonności, stosowana jest również w badaniach własnych, w których w dwóch zmianowaniach różniących się doбором gatunków roślin, na tle zróżnicowanego nawożenia obornikiem i azotem mineralnym, ocenia się masę korzeni następujących roślin uprawnych: kukurydzy uprawianej na ziarno i kiszonkę, pszenicy ozimej, jęczmienia jarego oraz mieszanki koniczyny z trawami. Korzenie zbóż są pobierane zmodyfikowaną metodą kwadratowych monolitów glebowych w fazie dojrzałości młecznego ziarna, natomiast korzenie mieszanki koniczyny za pomocą precyzyjnego próbnika korzeniowego służącego do pobierania korzeni mieszanek. Masę korzeni roślin uprawnych wyznaczonych w doświadczeniach krajowych zamieszczono w tabelach 2-4.

Tabela 2

Masa reszek poźniwnych i korzeniowych głównych roślin uprawnych wprowadzonych do gleby

Gatunek rośliny	Resztki poźniwne i korzeniowe (t·ha ⁻¹ ·s.m)
Pszenica ozima	3,0-4,0
Żyto ozime	4,0-5,0
Jęczmień jary	2,5-3,5
Kukurydza na kiszonkę	5,0-6,0
Kukurydza na ziarno	10,0-15,0
Rzepak ozimy	10,0-12,0
Burak cukrowy	<1,0-6,0
ziemniak	<1,0
strączkowe	4,0-5,0
Koniczyna czerwona	3,0-5,0
Lucerna	5,0-7,0

Źródło: wg różnych autorów za: Grzebisz, 2009 (7)

Tabela 3

Masa reszek pozbiiorowych (ściern i korzenie)

Gatunek rośliny	Masa reszek (t·ha ⁻¹)
Pszenica	1,5-2,0
Żyto	1,5-2,5
Jęczmień	1,5-2,0
Owies	1,5-2,5
kukurydza	4,0-5,0
rzepak	2,5-3,0
Koniczyna z trawą i poplony ozime	4,0-7,0
Wsiewka z koniczyny lub seradeli	2,0-4,0
Lucerna	4,0-8,0
Łubin żółty na zielonkę	1,5-2,0
Seradela na zielonkę	1,0-2,0

*Masa reszek pozbiiorowych (korzenie z warstwy ornej do głębokości 25 cm i ściern na wysokości koszenia 10 cm wyrażone w s.m.)

Źródło: Harasimowicz-Hermann, 2017 (9)

Tabela 4

Średnia biomasa korzeni z doświadczenia wieloletniego w Grabowie (2007-2016)

Gatunek rośliny	Masa korzeni (t·ha ⁻¹)
Pszenvica ozima	1,6
Jęczmień jary	1,3
Kukurydza na ziarno	1,5
Kukurydza na zielonkę	1,0
Koniczyna z trawą	21,0

Źródło: opracowanie własne

Biorąc pod uwagę całą masę organiczną, łącznie z organami generatywnymi pozostawianymi na polu po zbiorze roślin może ona stanowić nawet do 33% biomasy wyprodukowanej przez rośliny uprawiane z przeznaczeniem na nasiona lub ziarno.

Oprócz szacowania masy korzeni, duże znaczenie przy bilansowaniu materii organicznej w glebie oraz ocenie jakości resztek pozbiorowych roślin ma wyznaczenie i uwzględnienie stosunku C:N, zarówno w słomie, jak i korzeniach roślin najczęściej włączanych do zmianowań. Od stosunku C:N zależy bowiem szybkość rozkładu materiału organicznego. Z obumarłym materiałem roślinnym do gleby zostają wprowadzone różne związki organiczne, o różnym składzie chemicznym i wartości stosunku C:N, co przekłada się w efekcie na różną podatność na rozkład oraz tworzenie humusu. Stosunek C:N w materiale roślinnym pozwala zatem prognozować kierunki rozkładu świeżej masy organicznej wprowadzonej do gleby i tworzenie humusu. Szybkość rozkładu resztek roślinnych i różnego rodzaju nawozów zawierających materiał organiczny jest wprost proporcjonalna do zawartości polisacharydów, a odwrotnie proporcjonalna do zawartości ligniny i stosunku C:N. Na wartość tego stosunku wpływa przede wszystkim zmieniająca się wartość azotu w resztkach roślinnych wprowadzonych do gleby, gdyż zawartość w nich węgla wynosi przeciętnie 40%. O szybkości rozkładu świeżej materii organicznej w początkowych jej fazach w glebie decyduje zatem zawartość azotu, która w połączeniu z dużą zawartością związków labilnych węgla powoduje szybkie jego utlenianie czyli mineralizację. Natomiast w późniejszych fazach intensywnego rozkładu materii organicznej, o szybkości tego procesu decyduje zawartość odpornej na rozkład mikrobiologiczny ligniny. Rozkład ligniny następuje bardzo wolno i trwa latami. To właśnie z jej powodu, gdy wyczerpią się łatwo dostępne związki węgla, dochodzi do spowolnienia procesów rozkładu, następuje transformacja ligniny i jej produktów i zachodzi proces humifikacji. Ponieważ wartością krytyczną trwałości węgla w glebie jest wartość stosunku C:N w komórkach mikroorganizmów (5 (8):1), wprowadzenie do gleby resztek roślinnych o dużej zawartości azotu i stosunku C: N zbliżonym lub węższym od materii organicznej rodzimej gleby intensyfikuje rozkład próchnicy (6). Średnie zawartości C i N w resztkach roślinnych zamieszczono w tabelach 5 i 6.

Tabela 5

Średnia zawartość C i N w resztkach roślinnych wybranych gatunków roślin oraz stosunek C:N

Gatunek Rośliny	Części nadziemne			Korzenie		
	C%	N %	C:N	C%	N %	C:N
Koniczyna	39,7	1,8	20,1	43,4	2,1	20,5
Trawy	41,7	1,6	25,8	45,9	1,1	43,3
Pszenica ozima	45,4	0,7	66,8	34,8	1,2	28,5
Jęczmień jary	44,6	0,9	49,0	41,7	1,6	26,4
Żyto ozime	46,4	0,7	68,3	44,1	1,4	31,1
Owies	45,2	1,0	45,2	40,6	1,5	26,7
Kukurydza	49,0	1,4	35,1	47,0	1,3	37,3
ziemniak	41,1	3,2	22,1	32,4	1,4	24,0
Burak cukrowy	33,5	1,5	22,1	40,2	2,1	19,3
Rzepak ozimy	47,6	0,8	58,8	43,4	1,4	30,2
Groch	46,4	1,7	27,9	43,3	1,9	22,2

Źródło: Jurcova, 1996 (11)

Tabela 6

Średnia zawartość C i N (%) w słomie i korzeniach wybranych gatunków roślin uprawnych oraz stosunek C:N

Gatunek rośliny	Słoma			Korzenie		
	C	N	C:N	C	N	C:N
Pszenica ozima	45,8	1,82	25,2	30,1	0,62	48,5
Jęczmień jary	43,7	1,95	22,4	39,3	1,26	31,2
Kukurydza na ziarno	44,9	1,72	26,1	30,3	0,73	41,5
Kukurydza na zielonkę	41,4	0,98	42,2	35,6	0,70	41,5
Koniczyna z trawami	41,8	1,99	21,0	37,8	1,36	27,8

Źródło: opracowanie własne

Ze względu na pracochłonność pobierania i oznaczania masy korzeni roślin uprawnych, w praktyce do oceny racjonalnego wykorzystywania resztek roślinnych w celu utrzymania właściwego poziomu próchnicy w glebie opracowano różne modele opisujące długookresowe zmiany zawartości materii organicznej w glebie. Wykorzystując badania prowadzone w ramach wieloletniego doświadczenia, w Rothamsted została wyznaczona następująca, dosyć skomplikowana zależność (7):

$$CAO = 1,25 [1 + 1,12 (1 - e^{-0,22 G^0})]$$

gdzie: CAO- roczny zwrot węgla do gleby w t·ha⁻¹G – plon ziarna t·ha⁻¹ (zawartość s.m. 85%)

1,25- współczynnik dopływu węgla organicznego do warstwy 0-0,5 m

Zarówno ten jak i inne modele są ciągle doskonalone i testowane w doświadczeniach wieloletnich (12), tak aby mogły być stosowane w praktyce. Podobny do modelu stworzonego w Rothamsted, z tym, że mniej skomplikowany, opracowali Jurcova

i B i e l e k (13). Ilość węgla wprowadzonego do gleby wraz z resztkami pozbiiorowymi wyznaczyli w oparciu o następujące równanie:

$$Q_r = u \cdot K_c$$

Q_r - ilość węgla wprowadzonego do gleby z resztkami w $t \cdot ha^{-1}$

u - plon w $t \cdot ha^{-1}$

K_c - współczynnik przeliczeniowy

Współczynnik przeliczeniowy K_c określa ilość węgla resztek pozbiiorowych w $t \cdot ha^{-1}$ przypadającego na tonę plonu głównego danej rośliny. Naukowcy ci, wartość współczynnika K_c dla poszczególnych gatunków roślin wyznaczyli w oparciu o uzyskany plon, ilość pozostawianych przez dane rośliny resztek pozbiiorowych i zawartości w nich węgla. Wartości współczynnika K_c zamieszczono w tabeli 7.

Tabela 7

Średnie wartości plonu roślin, ilości resztek pozbiiorowych (PZ części nadziemne, KZ-korzenie, RZ=PZ+KZ, zawartość C w resztkach pozbiiorowych oraz wartości współczynnika K_c dla wybranych roślin

Roślina	Plon	PZ	KZ	RZ	C	K_c
Lucerna	10,83	2,47	4,89	7,36	3,28	0,303
Koniczyna	7,76	2,55	3,64	6,19	2,58	0,332
Pszenica ozima	4,93	2,84	2,76	5,60	2,24	0,455
Pszenica jara	5,54	1,41	2,45	3,86	1,76	0,318
Jęczmień ozimy	4,89	1,63	2,02	3,65	1,70	0,348
Jęczmień jary	4,03	2,18	1,79	3,97	1,71	0,424
Kukurydza na ziarno	5,85	1,12	2,26	3,38	1,58	0,270
Kukurydza na kiszonkę	32,13	1,36	3,31	4,67	2,19	0,068
Ziemniak	19,5	1,57	0,87	2,44	0,93	0,047
Burak cukrowy	49,9	0,61	0,50	1,11	0,38	0,008

Źródło: Jurcova, 1997 (13)

Innym sposobem prognozowania ilości resztek pozbiiorowych są wartości indeksów zbiorów (HI- harvest index), które stanowią stosunek plonu rośliny (ziarno, łodyga, liście lub korzenie) do całkowitej fitomasy (Tab. 8.); (28).

Tabela 8

Masa resztek pozbiiorowych odpowiadająca plonom

Roślina	Plon	Resztki pozbiiorowe	S:G	HI
	$t \cdot ha^{-1}$			
Rzepak	2,57	8,42	3,28	0,23
Pszenica jara	5,54	7,20	1,30	0,43
Pszenica ozima	5,03	6,54	1,30	0,43
Pszenżyto	4,69	6,57	1,40	0,42
Żyto ozime	3,79	5,68	1,50	0,40
Jęczmień ozimy	4,99	4,71	0,94	0,51
Owies	3,77	4,91	1,30	0,43
Jęczmień jary	4,19	4,19	1,00	0,50

Źródło: Jurcova, 1997 (13)

Obecnie średnia wartość HI dla zbóż, w zależności od odmian, waha się w przedziale od 0,40-0,47 (28). Nawet bardzo rozbudowane modele nie pozwalają dokładnie określić wielkości resztek pozbiorowych, gdyż jest ona uwarunkowana głównie czynnikami agronomicznymi i środowiskowymi. Niemniej jednak, średnie ilości resztek pozbiorowych wyznaczone w wyniku wieloletnich obserwacji, należy uwzględniać w bilansie glebowej materii organicznej.

Rośliny porastające zbiorowiska trawiaste korzeniami się głęboko i rozkładają w głębszych warstwach gleby, natomiast rośliny uprawne wytwarzają więcej biomasy niż korzeni (zboża, ziemniaki); (11, 12, 13). Stąd w glebach pod użytkami zielonymi następuje systematyczny przyrost zawartości materii organicznej, natomiast w glebach gruntów ornych równowaga procesów mineralizacji i humifikacji zależy od rodzaju i ilości stosowanych nawozów, doboru gatunków roślin w zmianowaniu i sposobu uprawy gleby (7, 12, 15, 20, 24, 25).

Rozkład resztek pozbiorowych w glebie

Rozkład materiału roślinnego, wprowadzanego do gleby, uzależniony jest od składu chemicznego danej rośliny. W składzie resztek roślinnych przeważają celuloza, hemiceluloza i ligniny (3, 4, 5, 9, 18, 23, 28). Ligniny i polifenole rozkładają się powoli, natomiast celuloza szybciej. Świeży materiał roślinny w środowisku glebowym ulega różnym procesom rozkładu i syntezy, w wyniku, których w pierwszym etapie powstają prekursorzy humusu (2, 5, 11). W wyniku rozkładu masy roślinnej, część jej jest wykorzystywana przez roślinożerców i przetworzona wraca do gleby. W związku z tym niezwykle ważna jest nie tylko ilość, ale i jakość materiału roślinnego trafiającego do gleby z różnych źródeł.

Świeża masa organiczna w glebie ulega równocześnie zachodzącym procesom mineralizacji i humifikacji. Proces mineralizacji przewyższa jednak proces humifikacji. Przyjmuje się, że resztki roślinne ulegają w 75-80% procesowi mineralizacji, a pozostała część przekształca się w trwałą próchnicę (20, 24, 25). Prawidłowy przebieg procesów mineralizacji i humifikacji uwarunkowany jest nie tylko określonymi warunkami klimatyczno-glebowymi, w tym obecnością mikroorganizmów, ale również składem chemicznym materiału roślinnego wprowadzonego do gleby. Ilość wytworzonych substancji próchnicznych w procesie humifikacji wynosi: dla roślin zbożowych – 0,4-0,6, okopowych – 0,2-0,3, a wieloletnich traw – 0,5-1,0 t·ha⁻¹ (16). Zarówno nowe, jak i wcześniej wytworzone substancje próchniczne, ulegają powolnemu procesowi rozkładu. W glebie o zawartości próchnicy na poziomie 1%, rocznie procesom mineralizacji może ulec 0,6 t·ha⁻¹ materii organicznej rocznie, przy założeniu, że w ciągu roku ulega rozkładowi od 1 do 2% próchnicy. Można obliczyć, że przy masie warstwy ornej 3000 t·ha⁻¹ i zawartości C_{org.}=1%, zawartość węgla organicznego w tej warstwie wynosi 30 t·ha⁻¹. Jeśli proces mineralizacji będzie zachodził z szybkością 2% zasobów humusu, to w ciągu roku uwolnić może się 600 kg C i 60 kg N, przy stosunku C:N=10 (26, 28). Wprowadzając do gleby słomę, przy

współczynnika humifikacji 0,25 wzbogacamy glebę o 600 kg C. Ta ilość tylko rekompensuje straty węgla organicznego zachodzące drogą naturalnej mineralizacji. Przeczy to poglądom wskazującym, że można co najmniej 50% słomy przeznaczyć na spalenie (= degradacji gleb); (25, 26, 27, 28). Dodatkowo saldo próchnicy można zatem uzyskać jedynie w zmianowaniach, w których przeważają rośliny o wysokim współczynnika humifikacji, gdyż zawartość próchnicy w glebie jest wypadkową stopnia jej rozkładu i syntezy (20, 24, 17, 19, 21). Jak wspomniano wyżej rozkład próchnicy w glebie, uzależniony jest od rodzaju materiału roślinnego wprowadzanego do gleby, jego składu chemicznego, ale również od zawartości w glebie azotu. To właśnie azot odpowiada za natężenie procesów mikrobiologicznych, ponieważ wszystkie przemiany tego pierwiastka w glebie wiążą się bezpośrednio z procesami rozkładu materii organicznej. Ze względu na to czynnikiem decydującym o intensywności zachodzenia procesu mineralizacji jest stosunek C:N (23); (Tab. 5-6). Dane wskazują na znaczne różnice w zawartości C i N w resztkach pozbiorowych oraz wartości stosunku C:N. Korzenie roślin uprawnych zawierają zdecydowanie mniej N i C niż części nadziemne. Dane odnośnie najkorzystniejszego działania wprowadzonej masy organicznej do gleby, zapewniającej tzw. względną równowagę procesów mineralizacji i immobilizacji są rozbieżne. Według badań *Jurcovej* (11) stosunek ten powinien oscylować w granicach 20-25:1, *Prusinkiewicz* (23) podaje wartość 15-33:1. Równowagę procesów mineralizacji i immobilizacji spełniają więc rośliny bobowate i okopowe. Rośliny okopowe pomimo korzystnego stosunku C:N wnoszą znacznie mniej węgla do gleby.

Podsumowanie

Resztki poźniwe, a szczególnie tak mało doceniane korzenie roślin uprawnych, są ważnym i znaczącym źródłem węgla organicznego powracającego do gleby. Przy bilansowaniu materii organicznej w glebie wydaje się konieczne zatem uwzględnianie masy korzeniowej oraz zawartości w niej Corg. Korzenie mieszanki koniczyny z trawami są najbogatszym źródłem węgla i azotu w glebie. Ze względu na uwarunkowania środowiskowe i agronomiczne, niemożliwe jest prognozowanie wielkości produkcji resztek pozbiorowych za pomocą modeli. Przyjmując, że w warstwie ornej gleby znajduje się przeciętnie 30 t·ha⁻¹ węgla organicznego, a rocznie w wyniku mineralizacji 2% zasobów humusu ulega stratom, uwzględnienie słomy i korzeni roślin uprawnych jako źródła świeżej materii organicznej, powracającej po uprawie roślin do gleby jest niezwykle ważne. Od ich jakości i ilości zależy ilość i jakość humusu powstałego z ich rozkładu w glebie. Resztki pozbiorowe roślin zwiększają i chronią zatem jakość gleb. Niepodważalna jest także ich rola w ochronie gleb przed erozją, zapobieganiu stratom humusu z gleby, kształtowanie jakości glebowej materii organicznej oraz dopływie składników pokarmowych do gleby. W krajach, w których notuje się od lat spadek produkcji obornika, np. na Słowacji czy

w Polsce, zaniechanie wprowadzenia do gleby 2 mln resztek pozbiorowych odpowiada zmniejszeniu dopływu świeżej materii organicznej do gleby w ilości równoważnej aż 8-10 mln ton obornika (28).

Literatura

1. B ó h m W.: Metody badania systemów korzeniowych. PWRiL, Warszawa, 1985: 1–248
2. B a t a l i n M.: Studium nad resztkami poźniwnymi roślin uprawnych. *Nauk Rol.*, 1962, **D-98**: 6-115.
3. D ę b s k a B., G o n e t S.: Post-harvest residues as the factor determining the properties of humus. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.*, 1995, **421b**: 23-29.
4. D z i a m s k i A., S t y p c z y Ń s k a Z., Ż u r e k G., Ł a b ę d z k i L., D ł u g o s z J.: Observations of root system development and dynamics of root: shoot ratio of selected turf grass varieties and breeding lines grown in different soil conditions. *Plant Breed. Seed Sci.* **55**: 76-88.
5. G o n e t S., D ę b s k a B.: Charakterystyka kwasów huminowych powstałych w procesie rozkładu resztek roślinnych. *Zesz. Probl. Post. Nauk Roln.*, 1993, **411**: 241-248.
6. G r z e b i s z W.: Materia organiczna gleby i organiczne koloidy glebowe. Nawożenie roślin uprawnych, 1. Podstawy nawożenia, 2009: 326-332.
7. G r z e b i s z W.: Gospodarka materią organiczną gleby. Nawożenie roślin uprawnych, 2., Nawozy i Systemy Nawożenia, W: Grzebisz W., 2009: 251-263.
8. G r z e b i s z W.: Nawozy organiczne. Nawożenie Roślin Uprawnych. 2. Nawozy i Systemy Nawożenia, 2009: 236-244.
9. H a r a s i m o w i c z - H e r m a n n G.: Zagospodarowanie resztek poźniwnych. Leksykon nawożenia. Wydanie I. Polskie Wydawnictwo Rol. Topagrar Polska i Grupa Azoty. 2017, **4**: 82-87.
10. I g r a s J., K o p i ń s k i J.: Zużycie nawozów mineralnych i naturalnych w układzie regionalnym. *Studia i Raporty IUNG-PIB*, 2007, **5**: 107-117.
11. J u r c o v a D.: Korenove, a pozberove zvisky rastlin ako sucast balancie podnej organickej hmoty. *Humusove latky-aktivni slozka system puda*, Praha, 1996,;36-41.
12. J u r c o v a O., B i e l e k P.: Zabiepczenie bezdeficithego hospodarenia s podnou organicckou hmotu. *Zbornik VSP, Nitra, Sekcia C*, 1996: 203-207.
13. J u r c o v a O., B i e l e k P.: Zdroje a straty podnej organickej hmoty a ich bilancia. *Humic Subst. Environ*, 1997, **1**: 7-12.
14. K o n d r a t o w i c z - M a c i e j e w s k a K.: Wpływ nawożenia obornikiem i zmianowania na właściwości materii organicznej gleby. Praca doktorska, ATCHR, Bydgoszcz 2004: 6-106.
15. M a ć k o w i a k C.: Wpływ doboru roślin w zmianowaniu, obornika i nawozów mineralnych na zawartość węgla organicznego w glebie i produktywność zmianowań. *Nawozy i Nawożenie –Fertilizers and Fertilization*, 2000A, **4**: 102-109.
16. M a z u r T.: Znaczenie resztek poźniwnych w bilansie substancji organicznej gleb. *Mat. Konf.1992, „Nawozy organiczne” Szczecin*, **2**: 4-11.
17. M a z u r T.: Stan i perspektywa bilansu substancji organicznej w glebach uprawnych. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.*, 1995, **421 a**: 267-276.
18. M y ś k ó w W.: Przemiany substancji organicznej i jej znaczenie dla żyzności gleb. *Nowe Rol.*, 1971, **18**: 13-14.
19. M e r c i k S., S t ę p i ę n W., Ł a b ę t o w i c z J.: Żyzność gleb w trzech systemach nawożenia: mineralnym, organicznym i organiczno-mineralnym – w doświadczeniach wieloletnich. *Cz.II Właściwości chemiczne gleb. Fol. Univ. Agric. Stetin.*, 211, *Agricultura*, 2000, **84**: 317-322 .
20. P i e t r S.: Odczyn gleby a materia organiczna. *Leksykon nawożenia. Wydanie I. Polskie Wydawnictwo Rol. Topagrar Polska i Grupa Azoty.* 2017, **4**: 54-63.
21. P i k u ł a D.: Aspekty środowiskowe gospodarowania materią organiczną w rolnictwie/ *Environmental aspects of managing the organic matter in agriculture. Economic and Regional Studies*, 2015, **8(2)**: 98-112
22. P i k u ł a D.: Wpływ wieloletniego nawożenia słomą na plonowanie roślin i żyzność gleby. *Studia i RaportyIUNG-PIB*, 2015, **45(19)**: 85-96.

-
23. Prusinkiewicz Z.: Rozkład resztek poźniwnych. W: Ekologiczne procesy w monokulturowych uprawach zbóż. Wyd. Nauk. UAM Poznań, 1990: 90-109.
 24. Simansky V., Tobiasova E., Zaujec A.: Vplyv obrabania na stabilitu podnej struktury vo vzťahu ku kvantite a kvalite podnej organickej hmoty. In Agrochemia, 2007, **11** (47), **1**: 27-30.
 25. Stępień A.: Zmiany chemicznych właściwości gleby pod wpływem różnych sposobów nawożenia w zmianowaniu. Fol. Univ. Agric. Stetin., Agricultura, 2000, **84**: 459-464
 26. Zaujec A.: Modelovanie bilancie humusu v pode. Modely a modelovanie rastlinnej produkcie, 1994, VSP Nitra, 101:104.
 27. Zaujec A.: Soil organic matter as indicator of soil quality and human influences on agroecosystem and natural forest ecosystem. Ekologia, 2001, Suppl. 2, **20**:133-139.
 28. Zaujec A.: Funkcje materii organicznej w obiegu związków węgla i żywności gleby. Praca zbiorowa pod redakcją Goneta i Markiewicza. Polskie Towarzystwo Substancji Humusowych. 2007: 31-46,
-

Adres do korespondencji:

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

