

WPLYW PŁUŻNEJ UPRAWY ROLI I SIEWU BEZPOŚREDNIEGO
NA ZAWARTOŚĆ W GLEBIE MATERII ORGANICZNEJ
EKSTRAHOWANEJ METODAMI FIZYCZNYMI*

Stanisław Lenart, Aneta Perzanowska

Katedra Agronomii, Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie
ul. Nowoursynowska 159, 02-776 Warszawa
e-mail: stanislaw_lenart@sggw.pl

Streszczenie. Celem badań było określenie wpływu uprawy płużnej (UP) i siewu bezpośredniego (SB) na ogólną zawartość węgla organicznego (Corg) w glebie oraz na zawartość: a) lekkich frakcji węgla – *particulate organic matter* (POM) o średnicy cząstek 2-0,05 mm, b) zhumifikowanej frakcji węgla (HF) związanej z cząsteczkami pyłu i łu ($\varnothing < 0,05$ mm). Podstawę badań stanowiło doświadczenie polowe założone w 1975 roku w RZD Chylice na czarnej ziemi o składzie granulometrycznym gliny piaszczystej/piasku gliniastego mocnego. Próby gleby pobrano w latach 2009-2010, wiosną (maj) i jesienią (październik), z głębokości 0-10 i 10-20 cm. Stosowanie siewu bezpośredniego przyczyniło się do znacznego zwiększenia zawartości w glebie Corg, zwłaszcza w warstwie 0-10 cm (o 33%). Udział frakcji POM w ogólnej zawartości Corg wyniósł w warstwie gleby 0-10 cm 16,9% w warunkach siewu bezpośredniego oraz 13,1% w warunkach uprawy płużnej. Frakcja POM była bardziej podatna na zmiany pod wpływem badanych systemów uprawy gleby niż frakcja zhumifikowana (HF) i ogólna zawartość Corg w glebie.

Słowa kluczowe: zawartość C organicznego ogółem, fizyczne frakcjonowanie, lekkie frakcje węgla (POM), zhumifikowana frakcja materii organicznej (HF)

WSTĘP

Uprawa płużna, w odróżnieniu od uprawy bezpłużnej i siewu bezpośredniego, poprzez silną i systematyczną ingerencję w układ gleby szczególnie negatywnie wpływa na zawartość materii organicznej, będącej kluczowym składnikiem gleby. Obecnie, z uwagi na wzrastające zainteresowanie wpływem użytkowania gruntów na sekwestrację węgla w glebie, zwraca się uwagę nie tylko na stosunkowo trwałe

* Praca naukowa finansowana ze środków na naukę w latach 2009-2012 jako projekt badawczy (MNiSW nr N N305171136).

substancje humusowe, ale również na zawartość i przemiany labilnych, krótko-trwałych frakcji materii organicznej, w tym *particulate organic matter* – POM. W badaniach nad tymi frakcjami materii organicznej wykorzystuje się fizyczne metody ekstrakcji, m.in. na podstawie wielkości cząstek (Strosser 2010). Ta metoda polega na wydzielaniu cząstek materii organicznej o wielkości równej średnicy pierwotnym cząstkom gleby – piasku (2-0,05 mm), pyłu (0,05-0,002 mm) i iłu (<0,002 mm) (Cambardella i Elliott 1992). Analizę gleby przeprowadza się przy użyciu sit o odpowiedniej wielkości oczek, po uprzedniej całkowitej dyspersji gleby. Frakcja *particulate organic matter* (POM) stanowi fragmenty organiczne o średnicy 2-0,05 mm (Cambardella i Elliott 1992). POM jest uważana za pośredni stan pomiędzy świeżymi resztkami organicznymi a stabilną glebową materią organiczną (humusem). Frakcja ta może pochodzić z któregośkolwiek źródła glebowej materii organicznej, ale zwykle dominują materiały pochodzenia roślinnego (Baldock i Skjemstad 2000). Wydaje się, że POM jest frakcją materii organicznej, która z racji swej labilnej natury, łatwiej poddaje się wpływowi praktyki rolniczej, niż całkowita glebowa materia organiczna lub frakcja materii organicznej związana z cząstkami pyłu i iłu (<0,05 mm), która jest uznawana za frakcję zhumifikowaną (Cambardella i Elliott 1992).

Fragmenty organiczne stanowiące frakcję POM są rozlokowane w glebie w przestrzeniach międzyagregatowych oraz wewnątrz makro- i mikroagregatów glebowych. Jeśli mikro- i makroagregaty glebowe wykazują się dużą trwałością, zlokalizowane w ich wnętrzu cząstki POM są przez dłuższy okres fizycznie chronione przed szybką mineralizacją, mimo że ze swej natury cząstki POM są bardzo podatne na mikrobiologiczny rozkład (Baldock i Skjemstad 2000). Six i in. (1998) dowodzą, że w warunkach uprawy płużnej sprzyjającej rozpadowi agregatów glebowych, zwiększa się także tempo obiegu materii organicznej, co jest przyczyną zmniejszania się ilości węgla organicznego w glebie. Gdy stosowany jest siew bezpośredni, zaniechanie fizycznych zaburzeń gleby prowadzi do wykształcenia stabilnych agregatów i spowolnienia tempa mineralizacji materii organicznej (fizyczna jej ochrona przed saprofitami i okluzja wewnątrz stabilnych agregatów). Six i in. (1998) stwierdzili, że średni czas utrzymywania się węgla w glebie z konwencjonalną uprawą płużną jest 1,7 razy krótszy niż w glebach, na których prowadzi się uprawę zerową.

Celem badań była ocena, czy i w jakim stopniu wieloletnie stosowanie kontrastowego sposobu uprawy (siew bezpośredni i uprawa płużna) przyczynia się do akumulacji wybranych frakcji materii organicznej izolowanych z gleby metodami fizycznymi. Do badań tych wybrano frakcję o średnicy cząstek <0,05 mm, tworzącą kompleksy organiczno-mineralne z cząstkami pyłu i iłu (frakcja zhumifikowana HF) oraz bardzo labilną frakcję POM o średnicy frakcji piasku 2-0,05 mm.

MATERIAŁ I METODY

Podstawą do przeprowadzenia badań było wieloletnie statyczne doświadczenie polowe, założone przez Śmierzchalskiego i współpracowników w 1975 r. w RZD w Chylicach, woj. mazowieckie (52°05' N, 20°33' E; 105 m n.p.m.). Doświadczenie zlokalizowano na czarnej ziemi właściwej, wg FAO zaliczanej do typu Mollic Gleysols. Poziom próchniczny, którego miąższość wynosi ok. 30-35 cm, charakteryzuje się wysoką zawartością frakcji piasku (\varnothing 2-0,05 mm) – średnio około 70%; zawartość pyłu (\varnothing 0,05-0,002 mm) wynosi średnio około 20%, a iłu (\varnothing <0,002 mm) 10%. W badanym rejonie średnia roczna suma opadów z wielolecia wynosi 579,6 mm, a średnia roczna temperatura 8,4°C.

W doświadczeniu badane są dwa systemy uprawy roli, tj. uprawa tradycyjna (uprawa płużna – UP) i uprawa zerowa (siew bezpośredni - SB). Wapnowanie wykonano w 1983, 1987 oraz 2005 roku. W 1983 i 1987 zastosowano 2 t·ha⁻¹ wapna węglanowego oraz 60 kg·ha⁻¹ magnezu w formie kizerytu, a w 2005 roku 2 t·ha⁻¹ wapna węglanowego magnezowego. Corocznie stosowano nawozy mineralne (NPK) w dawkach dostosowanych do wymagań roślin, które uprawiano w zmianowaniu dowolnym. Doświadczenie założono metodą losowanych bloków w 4 powtórzeniach. Powierzchnia poletek wynosiła 50 m².

W obiekcie z siewem bezpośrednim słomę i łodygi roślin corocznie zbierano z pola po żniwach. Samosiewy i chwasty w okresie przedsejnym niszczone herbicydami, a siew nasion wykonywano specjalistycznym siewnikiem do siewu bezpośredniego marki Vredo. Na obiekcie z uprawą płużną podstawowym zabiegiem uprawowym była orka na głębokość 20-25 cm, po której przeprowadzano niezbędne zabiegi doprawiające rolę.

Glebę do analiz pobrano w latach 2009-2010 w dwóch terminach: wiosną (w maju) w okresie wegetacji zbóż (T1) i jesienią (w październiku) po zbiorze zbóż i po uprawie poźniwej na obiekcie z uprawą płużną (T2). W roku 2009 uprawiano pszenicę ozimą, a w roku 2010 jęczmień jary. Próbkę pobrano łaską glebową z 20 miejsc każdego poletka z głębokości 0-10 cm i 10-20 cm.

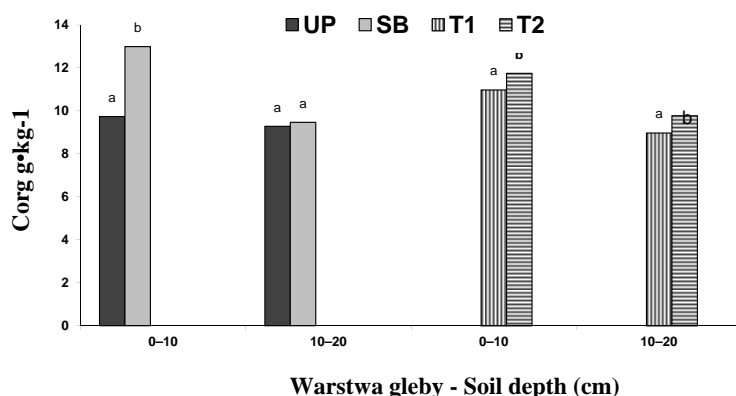
Powietrznie suchą glebę przesiano przez sito o średnicy oczek 2 mm. Część gleby zmielono na puder i użyto do oznaczenia węgla organicznego ogółem. Ponadto, 30-g próbki gleby (\varnothing <2 mm) ze wszystkich poletek zalano 100 ml roztworu heksametafosforanu sodu (5 g·dm⁻³) i wytrząsano przez 18 godzin na wytrząsaczu horyzontalnym. Zdyspergowaną glebę dokładnie przesiano przez sito o średnicy oczek 0,053 mm w dejonizowanej wodzie. Materiał zatrzymany na sicie (POM + ziarna piasku) zmyto dejonizowaną wodą na poliwęglanowy sączek, wysuszone, zważono i zmielono na puder.

Zawartość węgla organicznego ogółem oraz frakcji POM oznaczono przy użyciu aparatu TOC 5000A. Ilość węgla frakcji związanej z pyłem i łem (HF) obliczono z różnicy: zawartość węgla ogółem – zawartość węgla POM.

Uzyskane wyniki poddano dwuczynnikowej analizie wariancji. Oceniono wpływ dwóch systemów uprawy roli oraz dwóch terminów pobierania próbek gleby (oddzielnie dla warstwy 0-10 i 10-20 cm) na zawartość węgla glebowego ogółem i węgla wyizolowanych frakcji materii organicznej. W obliczeniach wykorzystano program Statgraphics Plus wersja 5.1, a istotność różnic zweryfikowano testem Tukeya na poziomie istotności $\alpha = 0,05$. Średnie obiektowe włączone do jednej grupy jednorodnej (grupy, dla których nie stwierdzono istotnych różnic między średnimi) oznaczono za pomocą tych samych liter.

WYNIKI

Zawartość węgla organicznego ogółem w warstwie ornej gleby istotnie zależała od sposobu uprawy gleby i głębokości z której pobrano próbki gleby (rys. 1).



Rys. 1. Zawartość węgla organicznego ogółem (Corg) w g·kg⁻¹ gleby w zależności od sposobu uprawy (UP – uprawa płużna, SB-siew bezpośredni) i terminu pobierania próbek: T1 – wiosna i T2 –jesień. Średnie z lat 2009 i 2010 (Średnie obiektowe włączone do jednej grupy jednorodnej oznaczono za pomocą tych samych liter)

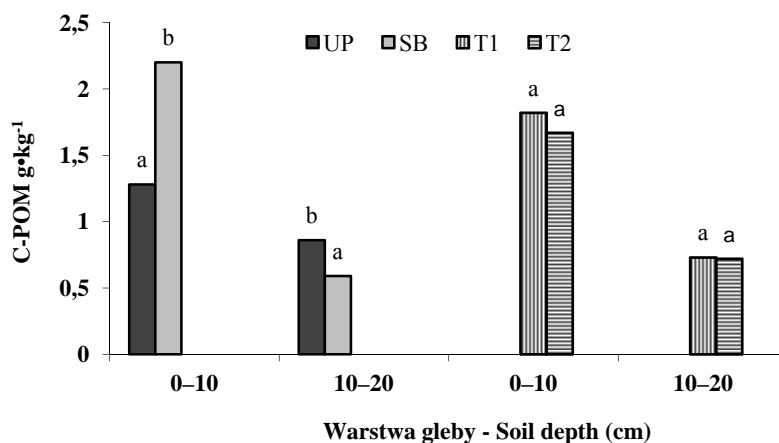
Fig. 1. Total organic carbon content (Corg) in g kg⁻¹ soil as affected by tillage systems (UP – conventional, SB-no-tillage) and sampling period: T1 – spring and T2 – autumn. Mean values for the years 2009 and 2010 (Different letters indicate significant differences between treatments)

Pomimo, iż po zakończeniu sezonu wegetacyjnego większość pozostałości nadziemnych części roślin usuwana jest z powierzchni pola, w warstwie 0-10 cm nastąpiła bardzo wyraźna kumulacja węgla organicznego na korzyść SB. W tej warstwie gleby po 34-35 latach od zaniechania mechanicznej uprawy, średnia zawartość węgla organicznego wynosiła 12,99 g C·kg⁻¹ gleby i była o 33% więk-

sza niż po 34-35 latach płużnej uprawy ($9,74 \text{ g C}\cdot\text{kg}^{-1}$ gleby). W porównaniu do warstwy 0-10 cm, w warstwie 10-20 cm zawartość węgla organicznego była znacząco mniejsza w glebie obiektu z SB ($9,47 \text{ g C}\cdot\text{kg}^{-1}$), natomiast na obiekcie z UP pozostawała na podobnym poziomie jak w warstwie 0-10 cm ($9,28 \text{ g C}\cdot\text{kg}^{-1}$). W warstwie 10-20 cm siew bezpośredni spowodował nieznaczne (około 2%) zwiększenie zawartości węgla w glebie w porównaniu do UP.

W terminie jesiennym T2, w porównaniu do wiosennego T1, średnia zawartość węgla glebowego ogółem była w warstwie 0-10 i 10-20 cm istotnie większa odpowiednio o 7% ($11,75$ vs $10,98 \text{ g C}\cdot\text{kg}^{-1}$ gleby) oraz o 9% ($9,78$ vs $8,97 \text{ g C}\cdot\text{kg}^{-1}$ gleby) – rysunek 1.

W przypadku węgla labilnej frakcji POM stwierdzono większe różnice w jej zawartości pomiędzy systemami uprawy niż w przypadku węgla ogółem (rys. 2).



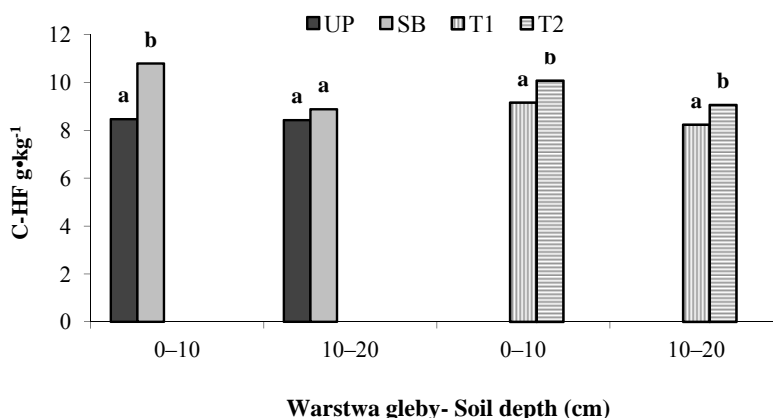
Rys. 2. Zawartość węgla frakcji POM (C-POM) w $\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ gleby w zależności od sposobu uprawy (UP – uprawa płużna, SB – siew bezpośredni) i terminu pobierania próbek: T1 – wiosna i T2 – jesień. Średnie z lat 2009 i 2010 (Średnie obiektowe włączone do jednej grupy jednorodnej oznaczono za pomocą tych samych liter)

Fig. 2. Carbon content in particulate organic matter fraction (C-POM) in $\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ soil as affected by tillage systems (UP – conventional, SB – no-tillage) and sampling period: T1 – spring and T2 – autumn. Mean values for the years 2009 and 2010 (Different letters indicate significant differences between treatments)

Wpływ systemu uprawy i terminu pobierania próbek był jednocześnie silnie związany z głębokością, z której pobrano próbki gleby. W warstwie gleby 0-10 cm nagromadzenie węgla POM było w warunkach siewu bezpośredniego o 72% większe niż w warunkach uprawy płużnej ($2,20 \text{ g C-POM}\cdot\text{kg}^{-1}$ w stosunku do $1,28 \text{ g C-POM}\cdot\text{kg}^{-1}$). Natomiast w warstwie 10-20 cm stwierdzono istotnie większą zawartość POM (o ok. 46 %) w systemie płużnym w porównaniu do SB ($0,86 \text{ g C-}$

POM·kg⁻¹ w stosunku do 0,59 g C-POM·kg⁻¹). W terminie wiosennym T1 średnia zawartość węgla POM w warstwie 0-10 cm była o około 9% większa (1,82 g C-POM·kg⁻¹ gleby) niż w terminie jesiennym (1,67 g C-POM·kg⁻¹ gleby) (rys. 2). W warstwie 10-20 cm zawartość węgla POM w terminie wiosennym T1 i jesiennym T2 była prawie taka sama (odpowiednio 0,73 i 0,72 g C-POM·kg⁻¹ gleby).

Zawartość węgla frakcji związanej z cząstkami pyłu i łu (HF Ø<0,05mm) była w warstwie powierzchniowej gleby 0-10 cm o około 28% większa w SB niż w UP (10,79 g C-HF·kg⁻¹ w stosunku do 8,46 g C-HF·kg⁻¹) (rys. 3). W głębszej warstwie 10-20 cm zawartość węgla HF utrzymywała się w obu systemach uprawy na podobnym poziomie, z niewielką, nieistotną wyższą w przypadku SB (8,88 g C-HF·kg⁻¹ w SB i 8,42 g C-HF·kg⁻¹ w UP). Termin pobierania próbek wpłynął istotnie na zawartość tej frakcji w obu warstwach gleby, w których zawartość HF była większa w terminie jesiennym niż wiosennym: o 10%, zarówno w warstwie 0-10 jak i 10-20 cm.



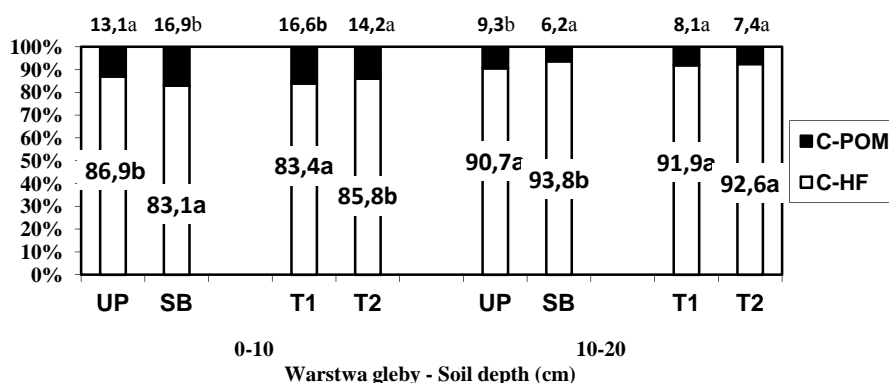
Rys. 3. Zawartość węgla frakcji HF (C-HF) w g·kg⁻¹ gleby w zależności od sposobu uprawy (UP – uprawa płużna, SB – siew bezpośredni) i terminu pobierania próbek: T1 – wiosna i T2 – jesień. Średnie z lat 2009 i 2010 (Średnie obiektowe włączone do jednej grupy jednorodnej oznaczono za pomocą tych samych liter)

Fig. 3. Carbon content in humified organic matter fraction (C-HF) in g kg⁻¹ soil as affected by tillage systems (UP – conventional, SB – no-tillage) and sampling period: T1 – spring and T2 – autumn. Mean values for the years 2009 and 2010 (Different letters indicate significant differences between treatments)

Udział oznaczonych frakcji węgla POM i HF w ogólnej zawartości węgla organicznego w glebie przedstawiono na rysunku 4. Udział węgla frakcji POM stanowił w warstwie 0-10 cm 16,9% węgla ogółem w glebie z siewem bezpośrednim oraz 13,1% w glebie z uprawą płużną (różnice istotne statystycznie). W głębszej

warstwie natomiast udział frakcji POM w glebowym węglu wyniósł 9,3 % na obiekcie z uprawą płużną, a na obiekcie z siewem bezpośrednim jej udział był istotnie mniejszy i wyniósł 6,2%. Udział frakcji HF kształtował się w zależności odwrotnej niż udział frakcji POM (suma tych frakcji = 100%). W warstwie 0-10 cm udział HF stanowił 83,1% w SB oraz 86,9% w UP (różnice istotne). Natomiast w warstwie 10-20 cm zaobserwowano sytuacją odwrotną – udział frakcji HF w węglu ogółem wyniósł 93,8% w glebie z obiektu z SB, a z obiektu z UP był niższy i wyniósł 90,7% (różnice istotne statystycznie).

Termin pobierania próbek gleby także miał istotny wpływ na udział frakcji POM i HF w węglu ogółem (rys. 4). W warstwie 0-10 cm stwierdzono istotnie większy udział węgla frakcji POM w węglu glebowym w terminie wiosennym – T1 (16,6%) niż w terminie jesiennym T2 (14,2%). Odwrotnie kształtował się udział frakcji HF: istotnie większy udział odnotowano w terminie jesiennym T2 (85,8%) niż wiosennym T1 (83,4%). W warstwie 10-20 cm udział wyizolowanych frakcji HF nie był istotnie zróżnicowany i wyniósł 91,9% oraz 92,6% odpowiednio w terminie wiosennym i jesiennym.

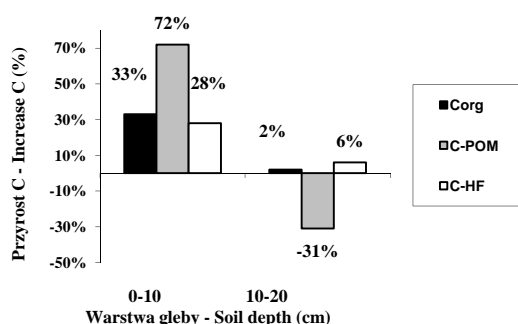


Rys. 4. Procentowy udział węgla frakcji C-POM i węgla frakcji C-HF w ogólnej zawartości węgla organicznego (Corg = 100%) w zależności od sposobu uprawy (UP – uprawa płużna, SB – siew bezpośredni) i terminu pobierania próbek: T1 – wiosna i T2 – jesień. Średnie z lat 2009 i 2010 (Średnie obiektowe włączone do jednej grupy jednorodnej oznaczono za pomocą tych samych liter)

Fig. 4. Percentage of soil organic carbon accumulated in C-POM and C-HF fractions (Corg = 100%) as affected by tillage systems (UP-conventional, SB-no-tillage) and sampling period: T1 –spring and T2 – autumn. Mean values for the years 2009 and 2010 (Different letters indicate significant differences between treatments)

Jak wynika z danych zestawionych na rysunku 5, system uprawy wpłynął naj-silniej na zawartość labilnej, łatwo poddającej się mineralizacji frakcji POM. Natomiast ogólna zawartość węgla w glebie oraz zawartość frakcji HF nie podlegała

tak silnym zmianom pod wpływem uprawy roli jak frakcja POM. Wpływ ten był jednocześnie silnie związany z głębokością, z której pobrano próby gleby.



Rys. 5. Procentowy przyrost/spadek zawartości węgla organicznego ogółem (Corg) oraz frakcji materii organicznej (C-POM i C-HF) w glebie z obiektu z SB w porównaniu do gleby z obiektu z UP (UP = 100%) w warstwie 0-10 i 10-20 cm (średnie z lat 2009 i 2010 oraz dwóch terminów: wiosna i jesień)

Fig. 5. Percentage increase/decrease of total soil organic carbon (Corg) and organic matter fractions (C-POM and C-HF) content under SB compared to UP (UP = 100%) in the 0-10 and 10-20 depths (mean values for the years 2009 and 2010 and two periods: spring and autumn)

DYSKUSJA

Wskutek 34-35-letniego ciągłego stosowania SB nastąpiło znaczne nagromadzenie węgla organicznego w badanej glebie, szczególnie w warstwie 0-10 cm, co jest zjawiskiem powszechnie obserwowanym (Arshad i in. 1999, Baldesdent i in. 1990, Franzluebbbers 2002 Jagadamma i Lal 2010, West i Post 2002). Jest to wynikiem braku odwracania i mieszania gleby, a także charakterystycznego sposobu włączania resztek poźniwnych do gleby. Baldesdent i in. (1990) na podstawie badań przy użyciu metody radiowęglowej wykazali, że po 17 latach stosowania SB w monokulturze kukurydzy, około 75% nowego C włączane było do warstwy w obrębie kilku centymetrów przy powierzchni gleby, podczas gdy w obiekcie zaoranym zapas węgla był równomiernie rozłożony w warstwie ornej. West i Post (2002) wykazali, że w uprawie zerowej około 85% glebowego węgla było sekwestrowane w warstwie 0-7 cm.

Ponadto stosowanie siewu bezpośredniego przez wiele lat powoduje wzbogacenie wierzchniej warstwy gleby w składniki pokarmowe, co niejednokrotnie stwierdzono we wcześniejszych badaniach prowadzonych w omawianym doświadczeniu (Lenart i Sławiński 2010) oraz w innych doświadczeniach polowych

z siewem bezpośrednim (Howard i in. 1999). Jones i in. (2007) stwierdzili, że w warunkach siewu bezpośredniego fosfor (składnik mniej mobilny) kumuluje się przy powierzchni gleby i przemieszcza się na nieznaczną głębokość głównie w czasie wzniesienia gleby podczas siewu nasion.

Ciekawych danych dostarczają również symulowane doświadczenia (w warunkach laboratoryjnych) dotyczące reakcji roślin na nierównomierne rozmieszczenie składników pokarmowych w ryzosferze: Drew (1975), badając wzrost i rozwój jęczmienia w kontrolowanych warunkach, stwierdził, że azot i fosfor to składniki, które stymulują wzrost i rozwój zarówno korzeni głównych, jak i pierwszego i drugiego rzędu (ich długość i ilość). Rozwój korzeni roślin był więc silniejszy w warstwie, w której znajdowało się więcej wymienionych składników pokarmowych, co potwierdził dla niektórych roślin również Hodge (2004) w swoim przeglądzie literatury. Gale i Cambardella (2000) natomiast w symulowanym doświadczeniu z siewem bezpośrednim stwierdzili, że po zbiorze rośliny uprawnej (owsa) większość węgla w glebie pochodziła z korzeni i kumulowała się głównie w warstwie 0-15 cm.

Franzluebbbers (2002) zwraca uwagę, że akumulacja materii organicznej w wierzchniej warstwie gleby w obiektach z siewem bezpośrednim silnie wpływa na jakość gleby, gdyż materia organiczna jako lepiszcze chroni agregaty z warstwy powierzchniowej – przed rozłazowaniem oraz erozją wietrzną i wodną, co w wyniku oddziaływań zwrotnych zapobiega dodatkowo stratom materii organicznej.

W badaniach własnych wykazano, że udział POM (cząstki o średnicy 2-0,05 mm) w ogólnym węglu organicznym gleby istotnie różnił się pomiędzy systemami uprawy i w warstwie 0-10 cm wynosił średnio od 13,1% w UP do 16,9% w SB (rys. 4). Wyniki te są zbliżone do uzyskiwanych w innych badaniach. West i Post (2002) po analizie 67 różnych gleb użytkowanych rolniczo stwierdzili, że POM o średnicy cząstek 2-0,05 mm stanowi średnio 19% i maksymalnie może gromadzić 65% glebowego węgla. W długoterminowym doświadczeniu Alvarez i in. (1995) wykazali natomiast, że frakcja materii organicznej >0,05 mm może reprezentować około 10% węgla ogółem w SB, a w UP jest jej mniej. Christensen (2001) w swoim przeglądzie podaje, że w gruntach ornych klimatu umiarkowanego zwykle 50-75% materii organicznej obecne jest we frakcji iłu, 20-40% we frakcji pyłu, a pozostała część (<10%) we frakcji piasku, przy czym w glebach wzbogacanych w świeże resztki organiczne (gleby trwale porośnięte roślinnością) udział POM może wzrosnąć nawet do 40%. Hassink i in. (1997) zwracają natomiast uwagę, że jeśli pojemność frakcji pyłu i iłu do wiązania węgla zostanie wyczerpana, materia organiczna może być gromadzona w większych ilościach również we frakcji piasku, co być może nastąpiło w omawianym doświadczeniu na obiekcie z siewem bezpośrednim (w warstwie 0-10 cm).

Na podstawie wielu badań stwierdzono, że różne ilości poszczególnych frakcji materii organicznej izolowanych z gleby metodami fizycznymi mogą wynikać także z różnic w tempie powstawania i rozpadu agregatów glebowych. Badania Six i in. (1998, 2000), Cambardella i Elliott (1992) wykazały, że znajdująca się wewnątrz agregatów (fizycznie chroniona przed szybkim rozkładem) labilna frakcja POM pełni ważną rolę w powstawaniu i stabilizowaniu agregatów, a w wyniku rozpadu agregatów pod wpływem zabiegów uprawy roli jest eksponowana na szybki mikrobiologiczny rozkład. Ponadto podczas uprawy roli agregaty glebowe są co jakiś czas wynoszone na powierzchnię i narażone na destrukcyjne działanie kropel deszczu, procesów wysychania, a zmiany warunków glebowych po uprawie (np. temperatura, wilgotność, napowietrzanie) zwiększają tempo rozkładu resztek roślinnych (Six i in. 1998). Natomiast tam, gdzie nie stosuje się żadnej uprawy (lasy, użytki zielone, siew bezpośredni), może dochodzić do gromadzenia węgla także w labilnych frakcjach POM, poddanych fizycznej ochronie w stabilnym środowisku glebowym. Również Arshad i in. (1999) sugerują, że nagromadzenie węgla (w tym w labilnych frakcjach) przy długoterminowym stosowaniu SB może wynikać z ochronnej funkcji agregatów. Wyniki uzyskane w minionych latach na badanych obiektach potwierdzają zjawisko wykształcenia stabilnych agregatów (na poziomie makro- i mikrostruktury) w warstwie 0-10 cm w obiektach z siewem bezpośrednim, podczas gdy na obiektach corocznie oranych stabilność agregatów jest dużo słabsza (Lenart 2002, 2004).

Spowolnienie tempa obiegu C glebowego i poprawa stabilności agregatów w warunkach siewu bezpośredniego może również wpływać na stopniowe gromadzenie materii organicznej we frakcji bardziej zhumifikowanej i stabilnej – HF, co stwierdzono w badaniach własnych (rys. 3). Tiedje i in. (1984) dowodzą, że w środowisku beztlenowym wewnątrz stabilnych agregatów zachodzą procesy prowadzące do powstawania bardziej zhumifikowanych i mniej podatnych na rozkład produktów przemiany materii organicznej.

W analizowanej glebie (w obu warstwach) zanotowano większą zawartość węgla ogółem i węgla frakcji HF w glebie pobranej w terminie jesiennym (T2) – około 2 miesiące po zbiorze zbóż niż wiosennym (T1) (rys. 1-4). Zadecydowały o tym m.in. pozostające w glebie w znaczącej ilości resztki poźniwne zbóż oraz zachodzące procesy dekompozycji tych resztek. Baldock i Skjemstad (2000) zwracają uwagę, że w trakcie dekompozycji resztek organicznych w glebie, bardziej labilne składniki mogą być szybko rozkładane, co prowadzi do koncentracji we frakcji pyłu (0,05-0,002 mm) drobin bardziej chemicznie odpornych na rozkład (np. struktury ligniny i struktury alkilowe). Dalsze przemiany tych struktur prowadzą do powstawania bardzo opornych na rozkład związków wielkości frakcji iłu. Natomiast frakcja POM (w obu warstwach) w większej ilości występowała w glebie wiosną (maj). Frakcję POM stanowiły pozostające w glebie grubsze

fragmenty (2-0,05 mm) materii organicznej trudniej poddające się rozkładowi (lub bardziej labilne chronione wewnątrz agregatów) oraz świeże korzenie uprawianej na poletkach doświadczenia pszenicy ozimej (2009 r.) i jęczmienia jarego (2010 r.), które znalazły się w pobranych próbkach gleby.

Uzyskane wyniki badań dowiodły, podobnie jak i w innych badaniach (Cambardella i Elliott 1992, Hassink i in. 1997, Six i in. 1998), że labilna frakcja POM jest bardziej podatna na zmiany pod wpływem badanych systemów uprawy gleby niż frakcja zhumifikowana (HF) i ogólna zawartość węgla w glebie (rys. 5).

WNIOSKI

Na podstawie badań przeprowadzonych po 34-35 latach stosowania uprawy płużnej i siewu bezpośredniego (uprawy zerowej) oraz danych literatury można wyciągnąć następujące wnioski:

1. Stosowanie siewu bezpośredniego przyczyniło się, w porównaniu do uprawy płużnej, do znacznego zwiększenia zawartości w glebie węgla organicznego ogółem, zwłaszcza w warstwie 0-10 cm.

2. Stosowane systemy uprawy gleby spowodowały istotne zmiany w zawartości badanych metodami fizycznymi frakcji materii organicznej: labilnej, lekkiej frakcji POM oraz stabilnej, zhumifikowanej frakcji HF. Główna część glebowego węgla organicznego zgromadzona była we frakcji HF (83,1-93,8%).

3. Stosowanie siewu bezpośredniego spowodowało w warstwie gleby 0-10 cm istotne zwiększenie udziału labilnej frakcji (POM) w ogólnej zawartości Corg oraz zmniejszenie udziału tej frakcji węgla w warstwie gleby 10-20 cm.

4. Niezależnie od systemu uprawy i warstwy gleby, udział labilnej frakcji POM w ogólnej zawartości C glebowego był większy w terminie wiosennym (maj) niż jesiennym (październik).

5. Labilna frakcja POM była bardziej podatna na zmiany pod wpływem badanych systemów uprawy gleby niż frakcja zhumifikowana (HF) i ogólna zawartość węgla w glebie.

6. Większa zawartość POM w glebie pozbawionej uprawy może być efektem fizycznej ochrony labilnych cząstek POM wewnątrz stabilnych agregatów glebowych.

7. Stosowanie siewu bezpośredniego może być skutecznym narzędziem prowadzącym do sekwestracji węgla organicznego w glebach użytkowanych rolniczo.

PIŚMIENNICTWO

- Alvarez R., Diaz R. A., Barbero N., Santanatoglia O., J., Blotta, L., 1995. Soil organic carbon, microbial biomass and CO₂-C production from three tillage systems. *Soil Tillage Res.*, 33, 17-28.
- Arshad M.A., Franzluebbers A.J., Azooz R.H., 1999. Components of surface soil structure under conventional and no-tillage in northwestern Canada. *Soil Tillage Res.*, 53, 41-47.
- Baldesdent J., Mariotti A., Boisgontier D., 1990. Effect of tillage on soil organic carbon mineralization estimated from ¹³C abundance in maize fields. *J. Soil Science.*, 41(4), 587-596.
- Baldock J.A., Skjemstad J.O., 2000. Role of soil matrix and minerals in protecting natural organic materials against biological attack. *Organic Geochemistry*, 31, 697-710.
- Cambardella C.A., Elliott E.T., 1992. Particulate organic matter across a grassland cultivation sequence. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 56, 777-783.
- Christensen B.T., 2001. Physical fractionation of soil and structural and functional complexity in organic matter turnover. *Eur. J. Soil Sci.*, 52, 345-353.
- Drew M.C., 1975. Comparison of the effects of a localized supply of phosphate, nitrate, ammonium and potassium on the growth of the seminal root system, and the shoot, in barley. *New Phytol.*, 75, 479-490.
- Franzluebbers A.J., 2002. Soil organic matter stratification ratio as an indicator of soil quality. *Soil Tillage Res.*, 66, 95-106.
- Gale W.J., Cambardella C. A., 2000. Carbon Dynamics of Surface Residue and Root-derived Organic Matter under Simulated No-till. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 64, 190-195.
- Hassink J., Whitmore A. P., Kubat J., 1997. Size and density fractionation of soil organic matter and the physical capacity of soils to protect organic matter. *Eur. J. of Agronom.*, 7, 189-199.
- Hodge A., 2004. The plastic plant: root responses to heterogeneous supplies of nutrients. *New Phytologist*, 162, 9-24.
- Howard D.D., Essington M. E., Tyler D. D., 1999. Vertical Phosphorus and Potassium Stratification in No-Till Cotton Soils. *Agron. J.*, 91, 266-269.
- Jagadamma S., Lal R., 2010. Distribution of organic carbon in physical fractions of soils as affected by agricultural management. *Biol. Fertil. Soils.*, 46, 543-554.
- Jones C., Chen C., Allison E., Neill K., 2007. Tillage effects on phosphorus availability. *Western Nutrient Management Conference, Salt Lake City, Vol. 7*, 13-18.
- Lenart S., 2002. *Studia nad wodoodpornością agregatów glebowych w różnych systemach uprawy roli i roślin.* Fundacja Rozwój SGGW, Warszawa.
- Lenart S., 2004. Wpływ wieloletniego nawożenia, zmianowania i uprawy roli na mikrostrukturę gleby. *Annales UMCS, Sec. E.*, 59, 2, 923-930.
- Lenart S., Sławiński P., 2010. Wybrane właściwości gleby oraz występowanie dżdżownic w warunkach siewu bezpośredniego i płużnej uprawy roli. *Fragm. Agron.*, 27(4), 86-93.
- Six J., Elliott E.T., Paustian K., 2000. Soil macroaggregate turnover and microaggregate formation: a mechanism for C sequestration under no-tillage agriculture. *Soil Biol. Biochem.*, 32, 2009-2103.
- Six J., Elliott E.T., Paustian K., Doran W., 1998. Aggregation and Soil Organic Matter Accumulation in Cultivated and Native Grassland Soils. *Soil. Sci. Soc. Am. J.*, 62, 1367-1377.
- Strosser E. 2010. Methods for determination of labile soil organic matter: An overview. *J. Agrobiol.*, 27, 49-60.
- Tiedje J.M., Sextone A.J. Parkin T.B., Revsbech N.P., 1984. Anaerobic processes in soil. *Plant and Soil*, 76, 197-212.
- West T.D., Post W.M., 2002. Soil organic carbon sequestration rates by tillage and crop rotation: a global data analysis. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 66, 1930-1946.

IMPACT OF NO-TILLAGE AND CONVENTIONAL TILLAGE
ON PHYSICAL SEPARATED SOIL ORGANIC MATTER FRACTIONS
CONTENT

Stanisław Lenart, Aneta Perzanowska

Department of Agronomy, Warsaw University of Life Sciences-SGGW
ul. Nowoursynowska 159, 02-776 Warszawa
e-mail: stanislaw_lenart@sggw.pl

Abstract. The study was conducted to determine the impact of long term tillage systems: conventional tillage (UP) and no-tillage (SB) on the storage of total organic carbon (Corg) and different physical organic matter fractions in soil: a) particulate organic matter (POM) – particles with diameter of 2-0.05 mm (sand-sized) and b) humified fraction (HF) associated with silt and clay particles (particles with diameter <0.05 mm). The study was based on the field experiment established in the year 1975 at the Agricultural Experimental Station, SGGW, in Chylice, located on black earth (sandy loam/loamy sand). Soil samples were collected in 2009-2010 from two depths (0-10 and 10-20 cm) in spring (May) and in autumn (October). The average content of total organic carbon was grater in soil under no-tillage (SB), especially in the top layer of 0-10 cm (about 33%). In the top layer of 0-10 cm in no-tillage about 16,9% of organic carbon was present in the POM fraction, and in conventional tillage about 13,1%. Was noted that the POM fraction is more sensitive to changes determined by tillage practices than the humified fraction (HF) and total soil organic carbon (Corg).

Keywords: total soil organic carbon, physical fractionation, particulate organic matter (POM), humified soil organic matter fraction (HF)