

**UNIWERSYTET TECHNOLOGICZNO-PRZYRODNICZY  
IM. JANA I JĘDRZEJA ŚNIADECKICH  
W BYDGOSZCZY**

**WYDZIAŁ ROLNICTWA I BIOTECHNOLOGII**

mgr inż. Ewa Rosa

Streszczenie rozprawy doktorskiej pt.:

**SEZONOWE ZMIANY ZAWARTOŚCI  
ROZPUSZCZALNEJ MATERII ORGANICZNEJ  
W GLEBACH UŻYTKOWANYCH ROLNICZO**

Promotor

prof. dr hab. inż. Bożena Dębska

BYDGOSZCZ 2015

## WSTĘP I CEL PRACY

Rozpuszczalna materia organiczna (RMO) stanowi heterogenną fazę w skład której wchodzi proste o krótkich łańcuchach związki organiczne zaliczane do grupy nieswoistych substancji próchnicznych (kwasy tłuszczowe, kwasy organiczne, aminokwasy, cukry) jak i rozpuszczalne w wodzie substancje o charakterze związków humusowych [Moore 2003; Silveira 2005]. RMO jako wysoce reaktywna oraz najbardziej mobilna i szybko rozkładająca się frakcja próchnicy kontroluje szereg chemicznych, fizycznych i biologicznych procesów zachodzących w środowisku glebowym [Gonet i in. 2002; Bolan i in. 2004]. Mimo, iż RMO często stanowi mniej niż 1% całkowitej materii organicznej odgrywa bardzo ważną rolę w biogeochemicznym obiegu węgla, azotu i fosforu a także w transporcie składników odżywczych [Kalbitz i in. 2000; Donald i in. 1993].

Według Zsolnaya [1996], Kalbitza i in. [2000] oraz Chantigny'ego [2003] powstawanie i przemieszczanie rozpuszczalnej materii organicznej w glebach użytkowanych rolniczo zależy od wielu czynników środowiskowych (klimat, warunki hydrologiczne, aktywność mikrobiologiczna) i antropogenicznych (uprawa roli, nawożenie mineralne, nawożenie organiczne i/lub naturalne). Jak wynika z doniesień literaturowych [Chantigny 2003; Leifeld i in. 2002] na zmiany zawartości i właściwości RMO wpływa także sposób zagospodarowania terenu (lasy, łąki, grunty orne). Zawartość RMO jest większa w glebach leśnych i łąkowych niż w glebach użytkowanych rolniczo [Zsolnay 1996] i jest proporcjonalna do zawartości całkowitej materii organicznej [Gregorich i in. 2000]. Jak podają m.in. Chantigny [2003] i Kalbitz [2001] w glebach użytkowanych rolniczo czynnikiem który istotnie różnicuje zawartość RMO, zwłaszcza w wierzchniej warstwie gleb, jest stosowanie zabiegów agrotechnicznych. Przeprowadzone dotychczas badania wykazały, że zawartość RMO w glebach łąkowych [Jaszczyński i in. 2008; Nadany, Sapek 2004] i leśnych [Guggenberger i in. 1998; McDowell i in. 1998; Chapman i in. 1995] zmienia się w zależności od pory roku. Niewiele jest natomiast informacji na temat sezonowych zmian zawartości rozpuszczalnej materii organicznej w glebach uprawnych.

W pracy przyjęto hipotezę, że ze względu na dużą różnorodność czynników kształtujących zawartość rozpuszczalnej materii organicznej oraz jej mobilność, w glebach użytkowanych rolniczo zawartość RMO zmieniają się w czasie. Założono również, że zmiany zawartości RMO zachodzące w warstwie powierzchniowej mogą modyfikować zawartość RMO w głębszych warstwach profilu gleb.

Celem niniejszej pracy było określenie sezonowych zmian zawartości rozpuszczalnej materii organicznej w glebach użytkowanych rolniczo na podstawie oznaczenia zmian ekstrahowalnego węgla organicznego (EWO) i ekstrahowalnego azotu ogółem (ENt) oraz określenie czynników mogących kształtować zawartość RMO w glebach.

## MATERIAŁ I METODY BADAŃ

Do badań wykorzystano próbki gleb użytkowanych rolniczo pobrane w miejscowości Gniewkówiec (województwo kujawsko-pomorskie), położonej w powiecie inowrocławskim, około 30 km na południe od Bydgoszczy. Próbki czarnych ziem i gleb płowych pobierano z głębokości 0-30 cm, 30-60 cm i 60-100 cm, w okresie od listopada 2011 roku do września 2013 roku, w miesiącach: listopad, marzec, maj, lipiec, wrzesień. Miejsca poboru próbek glebowych czarnych ziem były zróżnicowane pod względem zastosowanego nawadniania oraz dawek mineralnego nawożenia azotowego. W miejscach na których stosowano nawadnianie uprawiano warzywa, a w miejscach nienawadnianych zboża i rzepak. Natomiast miejsca poboru próbek gleb płowych różniły się pod względem zastosowanych dawek nawożenia naturalnego i organicznego oraz mineralnego nawożenia azotowego. W latach

przewodzenia badań na glebach pływających uprawiano zboża, rzepak i buraki cukrowe. We wszystkich wytypowanych miejscach poboru próbek gleb stosowano uprawę pluzną.

Realizację celu badań oraz sprawdzenie hipotezy badawczej przeprowadzono w oparciu o wykonanie następujących analiz:

- *składu granulometrycznego*. Skład granulometryczny wierzchniej warstwy (0-30 cm) badanych gleb oznaczono metodą areometryczną Cassagrande'a w modyfikacji Prószyńskiego, zawartość części szkieletowych oznaczono metodą sitową. Grupy granulometryczne określono według klasyfikacji Polskiego Towarzystwa Gleboznawczego z 2011 roku (PTG 2011);

- *pH gleb*. Badanie pH próbek glebowych wykonano w zawiesinie wody destylowanej i gleby oraz w roztworze  $1 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}$  KCl przy stosunku próbka gleby:roztwór jak 1:5 wg PN-ISO 10390:1997 (*Jakość gleby. Oznaczanie pH*). Pomiar pH wykonano przy użyciu pehametru MultiCal pH 540 GLP WTW;

- *zawartości suchej masy ( $W_{dm}$ )*. Zawartość suchej masy gleb w próbkach o wilgotności polowej oznaczono metodą wagową wg PN-ISO 11465:1999 (*Jakość gleby. Oznaczanie zawartości suchej masy gleby i wody w glebie w przeliczeniu na suchą masę gleby. Metoda wagowa*);

- *aktywności dehydrogenaz (DHA)*. Aktywność dehydrogenaz (DHA) w próbkach gleb o wilgotności polowej oznaczono kolorymetrycznie przy długości fali 546 nm. Odważano 1 g gleby i dodawano 1 ml roztworu TTC (chlorek 2,3,5-trifenyloctetrazoliowy) rozpuszczonego w buforze Tris-HCl o pH=7,6 oraz 1 ml glukozy. Tak przygotowane próbki inkubowano 24 godziny w temperaturze 37°C. Po 24-godzinnej inkubacji dodano 8 ml acetonu, a następnie próbki inkubowano w ciemności, w temperaturze pokojowej przez 1 godzinę. Po inkubacji próbki przesączono i wykonano oznaczenia. Aktywność enzymów wyrażono ilością powstałego 2,3,5- trifenyloformazanu ( $\mu\text{g TPF} \cdot \text{g}^{-1}$  s.m. gleby). Oznaczenie wykonano w Zakładzie Biochemii WRiB;

- *zawartości węgla związków organicznych (Corg) i azotu ogółem (Nt)*. Zawartość węgla organicznego (Corg) i azotu ogółem (Nt) oznaczono analizatorem Vario Max CN firmy Elementar (Niemcy). Analizator elementarny Vario Max CN funkcjonuje na zasadzie wysokotemperaturowego spalania w rurze z dozowaniem tlenu. Powstałe gazy, które są produktem spalania są oczyszczane z nie podlegających oznaczeniu gazów zakłócających (np. lotnych chlorowców). Poszczególne składniki objęte oznaczeniem są separowane od siebie za pomocą specjalnych kolumn adsorpcyjnych i kolejno po sobie, w sposób sekwencyjny są oznaczane w detektorze przewodności cieplnej (TCD). Zawartość Corg i Nt podano w  $\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$  s.m. gleby;

- *zawartości ekstrahowalnego węgla organicznego (EWO) i ekstrahowalnego azotu (ENT)*. Ekstrahowalny węgiel organiczny (EWO) oraz ekstrahowalny azot ogółem (ENT) uzyskano przez ekstrakcję próbki gleby  $0,004 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}$   $\text{CaCl}_2$  przy stosunku próbka gleby:ekstrahent jak 1:10. W tym celu odważano 5 g próbki gleby i zalewano  $50 \text{ cm}^3$  roztworu  $\text{CaCl}_2$ . Zalane próbki wytrząsano przez 1 godzinę, następnie zlano do probówek wirówkowych i odwirowano. Po odwirowaniu roztwory zostały zlane z nad osadu. W otrzymanych ekstraktach rozpuszczalnej materii organicznej oznaczono zawartość ekstrahowalnego węgla organicznego (EWO) oraz ekstrahowalnego azotu ogółem (ENT) analizatorem Multi N/C 3100 Analytik Jena. Zawartość EWO i ENT wyrażono w  $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$  s.m. próbki gleby oraz jako ich procentowy udział w puli odpowiednio: Corg i Nt.

W celu określenia wpływu terminu poboru próbek do badań na wartości badanych cech jakościowych w poszczególnych głębokościach przeprowadzono jednoczynnikową analizę wariancji z użyciem testu Tukeya, przy poziomie istotności  $\alpha=0,05$ . Ocenę różnic badanych parametrów między głębokościami poboru próbek do badań przeprowadzono obliczając indeksy jednopodstawowe (między próbkami pobranymi z głębokości 0-30 cm a 30-60 i 60-

100 cm) oraz łańcuchowe (między próbkami pobranymi z głębokości 30-60 cm a 60-100 cm). Wpływ czynników antropogenicznych (nawadnianie, nawożenie naturalne i organiczne oraz nawożenie mineralne) na zróżnicowanie wybranych parametrów jakościowych gleb oceniono testem t-Studenta dla prób zależnych. Zależności między badanymi czynnikami określono za pomocą współczynników korelacji Pearsona. Do obliczeń statystycznych wykorzystano arkusz kalkulacyjny Excel oraz pakiet Statistica MS 2010.

## OMÓWIENIE WYNIKÓW

Najwyższą zawartością ekstrahowalnego węgla organicznego (EWO) w pierwszym roku badań zarówno w przypadku czarnych ziem, jak i gleb pływych, charakteryzowały się próbki gleb pobrane w listopadzie a najniższą w marcu. Zawartość EWO w próbkach gleb pobranych w okresie wiosennym była istotnie niższa o 38,5% (czarne ziemie) i 46,4% (gleby pływce) niż w okresie jesiennym, co wskazuje na obniżenie zawartości tej frakcji węgla w glebie w okresie zimowym. W drugim roku badań zaobserwowano odwrotną zależność – zawartość EWO w próbkach gleb pobranych w okresie wiosennym była wyższa niż w próbkach gleb pobranych w okresie jesiennym, jednak uzyskane różnice nie były istotne statystycznie. Tendencje zmian zawartości ekstrahowalnego węgla organicznego w próbkach gleb pobieranych z głębokości 30-60 cm oraz 60-100 cm przebiegały podobnie jak w próbkach pobieranych z głębokości 0-30 cm. Wyższą zawartością EWO w próbkach gleb pływych (średnio o 36% dla warstwy 30-60 cm i 55% dla warstwy 60-100 cm) i czarnych ziem (57% i 68%) w pierwszym roku badań charakteryzowały się próbki pobrane w okresie jesiennym, a niższą w okresie wiosennym. Różnice zawartości EWO między próbkami pobranymi w okresie jesiennym a wiosennym były zazwyczaj istotne statystycznie. Ponadto w próbkach czarnych ziem zaobserwowano stopniowy wzrost zawartości rozpuszczalnych frakcji węgla organicznego od najniższej w miesiącach wiosennych do najwyższej w miesiącach letnich i jesiennych. Natomiast w drugim roku badań próbki gleb warstw 30-60 cm i 60-100 cm charakteryzowały się wyższą zawartością EWO w okresie późnej wiosny i lata niż próbki pobrane późną jesienią i wczesną wiosną.

W przeciwieństwie do stwierdzonych istotnych zmian zawartości ekstrahowalnego węgla organicznego w czasie, różnice zawartości ekstrahowalnego azotu ogółem (ENt) między terminami poboru próbek do badań na ogół nie były istotne statystycznie. W próbkach pobranych z głębokości 0-30 cm w marcu i maju zaobserwowano wzrost zawartości rozpuszczalnych związków azotu, który najprawdopodobniej był konsekwencją zastosowanego nawożenia azotowego. Stwierdzono także, że wyższa zawartość ENt w warstwie powierzchniowej, skutkowała na ogół wyższą zawartością ENt w głębszych warstwach profilu glebowego.

W przeprowadzonych badaniach dla próbek gleb pobranych z głębokości 0-30 cm i 30-60 cm nie uzyskano istotnych zależności między zawartością EWO i jego udziałem w puli Corg, a średnią temperaturą, podobnie jak dla ENt. Należy jednak podkreślić, że zarówno w próbkach gleb pływych jak i czarnych ziem pobranych z głębokości 0-30 cm – szczególnie w pierwszym roku badań – w okresie od marca do maja, czyli w okresie najwyższego wzrostu średnich temperatur, zaobserwowano znaczący wzrost zawartości (ok. 28% w glebach pływych i ok. 30% w czarnych ziemiach) i udziału EWO (odpowiednio o 0,15 i 0,19 pkt %). Ponadto, w pierwszym roku badań otrzymano istotne statystycznie zależności korelacyjne między średnią temperaturą a zawartością ekstrahowalnego węgla organicznego (od -0,35 do -0,36) oraz jego udziałem (od -0,53 do -0,66) dla próbek pobranych z najgłębszej badanej warstwy (60-100 cm). Fakt ten sugeruje, że rozważając wpływ czynników środowiskowych na zawartość ekstrahowalnego węgla organicznego w glebach, nie można zupełnie wyeliminować wpływu temperatury.

W pierwszym roku badań w próbkach czarnych ziem i gleb płowych pobranych z głębokości 0-30 cm zaobserwowano, że najniższą zawartością suchej masy a najwyższą EWO charakteryzowały się próbki pobrane w listopadzie. Ponadto między zawartością i udziałem EWO oraz ENt a suchą masą gleb, dla niektórych wariantów otrzymano istotne statystycznie ujemne współczynniki korelacji (od -0,33 do -0,56). Powyższe zależności wskazują na występowanie związku między wilgotnością gleb a zawartością rozpuszczalnej materii organicznej.

Średnia zawartość i udział ekstrahowalnego węgla organicznego była istotnie skorelowana ze średnią zawartością całkowitego węgla organicznego. Współczynniki korelacji między zawartością EWO a zawartością Corg wahały się od 0,37 do 0,63 w próbkach czarnych ziem i od 0,34 do 0,73 w próbkach gleb płowych. Ponadto w próbkach czarnych ziem i gleb płowych uzyskano istotne statystycznie współczynniki korelacji między zawartością i udziałem ekstrahowalnego węgla organicznego a azotu ogółem. W próbkach czarnych ziem współczynniki korelacji między zawartością EWO a Nt kształtowały się w zakresie od  $r=0,39$  do  $r=0,56$ , a w próbkach gleb płowych od  $r=0,33$  do  $r=0,76$ . Między zawartością i udziałem ENt a zawartością węgla organicznego i azotu ogółem nie otrzymano tak jednoznacznych zależności.

Największe ilości EWO wyrażone jako procentowy udział w zawartości całkowitego węgla organicznego, zarówno w przypadku czarnych ziem jak i gleb płowych, odnotowano w próbkach gleb pobranych z głębokości 60-100 cm (średnio od 1,27 do 3,17%), a najmniejsze w próbkach pobranych z głębokości 0-30 cm (średnio od 0,66 do 1,03%). W próbkach gleb pobranych z głębokości 60-100 cm średni udział frakcji EWO w porównaniu do średniego udziału EWO w próbkach z głębokości 0-30 cm był prawie dwu lub trzykrotnie wyższy, co wskazuje na migrację rozpuszczalnej materii organicznej w głąb profilu glebowego. W przypadku zawartości ENt wyrażonej jako procentowy udział w puli azotu całkowitego nie stwierdzono tak jednoznacznych zależności jak dla udziału EWO – na ogół średnio najwyższym udziałem ENt cechowały się próbki gleb pobrane z najgłębszej warstwy profilu glebowego (średnio od 1,84 do 5,85%).

W przeprowadzonym badaniu nie zaobserwowano istotnych różnic wartości stosunku Corg:Nt w zależności od terminu poboru próbek do badań. Znaczące różnice wartości stosunku Corg:Nt zaobserwowano natomiast między próbkami pobranymi z różnych głębokości. Średnio najniższą wartość stosunku Corg:Nt otrzymano dla próbek gleb pobranych z głębokości 60-100 cm (od 5,8 do 8,4), co mogło być spowodowane większą migracją związków azotu niż węgla z głębokości 0-30 cm oraz 30-60 cm, gdzie odnotowano szersze wartości tego stosunku (8,3–9,5 dla warstwy 0-30 cm oraz 7,7–8,9 dla warstwy 30-60 cm). Dla większości wariantów średnia zawartość i średni udział ekstrahowalnego węgla organicznego i ekstrahowalnego azotu ogółem zarówno w próbkach gleb płowych jak i czarnych ziem nie była istotnie skorelowana z wartością stosunku Corg:Nt.

Badane gleby charakteryzowały się głównie odczynem lekko kwaśnym, obojętnym i zasadowym, w kilku przypadkach odnotowano także odczyn kwaśny i bardzo kwaśny. W przeprowadzonych badaniach nie zaobserwowano jednoznacznego wpływu odczynu gleb na zawartość i udział ekstrahowalnego węgla organicznego i azotu.

Najwyższą aktywność dehydrogenaz w próbkach pobranych z głębokości 0-30 cm odnotowano w maju (od 198,6 do 420,9  $\mu\text{gTPF}\cdot\text{g}^{-1}$ ) i w lipcu (od 242,7 do 377,4  $\mu\text{gTPF}\cdot\text{g}^{-1}$ ). W próbkach pobranych z głębokości 30-60 cm oraz 60-100 cm występowały na ogół podobne zależności jak w próbkach gleb pobranych z głębokości 0-30 cm, choć różnice aktywności dehydrogenaz między poszczególnymi terminami nie były tak wysokie i istotne statystycznie. Ponadto w przeprowadzonym badaniu otrzymano istotne statystycznie współczynniki korelacji między zawartością ekstrahowalnego węgla organicznego a aktywnością dehydrogenaz w próbkach gleb pobranych z głębokości 60-100 cm ( $r=0,51-0,55$ ). Pomimo

braku istotnych wartości współczynników korelacji dla pozostałych próbek, otrzymane dodatnie wartości wskazują na wzrost zawartości EWO wraz ze wzrostem aktywności DHA. Pośrednim dowodem takiej zależności może być fakt, że w próbkach gleb pobranych z głębokości 0-30 cm w okresie wiosennym (od marca do maja) wraz ze wzrostem aktywności DHA nastąpił wzrost zawartości EWO.

Mimo braku istotnych różnic zawartości ekstrahowalnego azotu ogółem (ENt) między poszczególnymi terminami poboru – zarówno w próbkach czarnych ziem jak i gleb pływających, pobranych z głębokości 0-30 cm w pierwszym i drugim roku badań – zaobserwowano znaczący wzrost rozpuszczalnych form azotu całkowitego w próbkach pobranych w okresie wiosennym. Średnia zawartość ENt w próbkach gleb pobranych w miesiącu bezpośrednio po zastosowaniu wiosennego nawożenia (w pierwszym roku badań – w maju, w drugim roku badań – w marcu) w porównaniu z zawartością ENt w listopadzie była o 131% wyższa w pierwszym roku badań oraz o 72% w drugim roku badań. Ponadto stwierdzono, że poziom nawożenia mineralnego, jest ważnym czynnikiem kształtującym zawartość i udział ENt. W próbkach czarnych ziem pobranych z miejsc gdzie stosowano wyższe dawki nawozów mineralnych ( $>120 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ ) zawartość i udział ENt był wyższy niż w próbkach gleb na których stosowano niższe dawki ( $<120 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ ).

Czynnikiem istotnie różnicującym zawartość i udział ekstrahowalnego azotu ogółem w głębszych warstwach (30-60 cm oraz 60-100 cm) profilu glebowego czarnych ziem było również nawadnianie. Zawartość i udział ENt w próbkach gleb nawadnianych był istotnie wyższy niż w próbkach pobranych z miejsc nienawadnianych. Stwierdzono, że zawartość ENt w próbkach gleb pobranych z miejsc nawadnianych, w porównaniu z nienawadnianymi, była wyższa o ok. 99-129% w warstwie 30-60 cm oraz o ok. 122-160% w warstwie 60-100 cm. Podobne zależności – ale nieistotne statystycznie – otrzymano dla próbek gleb pobranych z głębokości 0-30 cm. Zaobserwowano także, że w miejscach nawadnianych wraz ze wzrostem głębokości wzrastał udział ENt, co może świadczyć o stosunkowo silnym wymywaniu rozpuszczalnych form azotu ogółem pod wpływem tego czynnika. Ponadto w próbkach gleb pobranych z warstwy 60-100 cm z miejsc nawadnianych stwierdzono istotny wzrost udziału EWO od 0,30 do 0,36 pkt.% w stosunku do gleb nienawadnianych

We wszystkich miejscach poboru próbek glebowych stosowano płodozmian wpływający neutralnie lub zubożająco na zawartość materii organicznej. Nie zaobserwowano, aby w okresie badawczym gatunek uprawianej rośliny modyfikował zawartość rozpuszczalnej materii organicznej. Stwierdzono natomiast, że w okresie od lipca do września, czyli w okresie bezpośrednio po wprowadzeniu resztek pozbiorowych do gleb, zawartość EWO w próbkach pobieranych z głębokości 0-30 cm wzrastała. Należy jednak podkreślić, że wzrost zawartości EWO w glebie w tych miesiącach mógł być także powiązany zastosowaniem zabiegów uprawowych lub wpływem obu tych czynników.

## WNIOSKI

1. Zawartość ekstrahowalnego węgla organicznego (EWO) w glebach użytkowanych rolniczo zmieniała się w ciągu roku. Najwyższe różnice zawartości ekstrahowalnego węgla organicznego występowały między próbkami gleb pobranymi w okresie jesiennym a próbkami pobranymi w okresie wiosennym.
2. Ekstrahowalny węgiel organiczny ulegał migracji do głębszych warstw profilu glebowego, przy czym nasilenie migracji występowało w okresie letnim (lipiec), na co wpływać mogła zarówno wyższa temperatura i opady a także zwiększona aktywność dehydrogenaz w tym okresie.

3. Zawartość ekstrahowalnego węgla organicznego była istotnie powiązana z zawartością węgla organicznego i azotu ogółem. Otrzymane zależności wskazują również na ważną rolę aktywności dehydrogenaz, a także wilgotności gleb w kształtowaniu zawartości EWO.
4. Nie zaobserwowano bezpośredniego wpływu temperatury i opadów na zmiany zawartości ekstrahowalnego węgla organicznego. Wzrost temperatury i opadów wpływał na wzrost aktywności dehydrogenaz, co pośrednio mogło wpływać na obserwowany wzrost zawartości EWO.
5. Zawartość ekstrahowalnego azotu ogółem nie zmieniała się istotnie w ciągu roku, a czynnikiem który mógł powodować wzrost zawartości ekstrahowalnego azotu ogółem w okresie wiosennym było azotowe nawożenie mineralne. Zmiany zawartości rozpuszczalnych form azotu ogółem w profilu czarnych ziem były spowodowane zarówno nawożeniem mineralnym, jak i nawadnianiem.
6. Gleby na których stosowano nawadnianie i wyższe dawki azotu charakteryzowały się wyższą zawartością i udziałem rozpuszczalnych form azotu w porównaniu z glebami nienawadnianymi i glebami na których stosowano niższe dawki azotu.
7. Otrzymane wyniki wykazały, że zmiany sezonowe zawartości rozpuszczalnej materii organicznej w glebach uprawnych zależą w sposób bezpośredni i/lub pośredni od czynników środowiskowych i antropogenicznych, z których jedne powodują wzrost a inne obniżają zawartość rozpuszczalnej materii organicznej. Dlatego w celu oceny zmian zawartości rozpuszczalnej materii organicznej w warunkach polowych należy zawsze uwzględniać efekt ich wzajemnego oddziaływania.