

JAROSŁAW SKŁODOWSKI

## Dyfuzja glebowego CO<sub>2</sub> i dekompozycja materii organicznej na zrębach z różnym sposobem przygotowania gleby\*

Diffusion of soil CO<sub>2</sub> and decomposition of organic matter on felled areas using different soil preparation methods

### ABSTRACT

Skłodowski J. 2009. Dyfuzja glebowego CO<sub>2</sub> i dekompozycja materii organicznej na zrębach z różnym sposobem przygotowania gleby. Sylwan 153 (12): 805-813.

Soil respiration and organic matter decomposition in the soil prepared by four different methods was investigated. Soil was prepared with the cutter, active plough, deep furrowing (strips) plough and manual disk ploughing on areas felled in summer or winter, with and without retained branch piles, as well as in the clumps of old-growth and young-growth stands. The soil respiration rate increased following stand removal, while it was reduced after soil preparation process. The highest CO<sub>2</sub> respiration and organic matter decomposition were noted in the variants with the soil cutter or manual disk plough, while the lowest – in the variant with deep furrowing (strips) plough.

### KEY WORDS

soil respiration, organic matter decomposition, soil preparation, forest cutter, active plough, deep furrowing plough, manual ploughing

### ADDRESSES

Jarosław Skłodowski – e-mail: skłodowski@wl.sggw.pl

Katedra Ochrony Lasu i Ekologii; SGGW; ul. Nowoursynowska 159; 02-776 Warszawa

## Wstęp

Wielu badaczy podkreśla, że jednym z następstw wycięcia drzewostanu jest wzrost oddychania gleby. Laporte i in. [2003] dokonując przeglądu literatury na temat konsekwencji wycięcia zrębów wskazali 7 prac donoszących o wzroście tempa oddychania gleby, 2 prace donoszące o jego redukcji i 5 prac, w których autorzy nie stwierdzili zmian w tempie respiracji glebowej. Według Lando i in. [1999] przyczyną wzrostu tempa respiracji gleby jest rozwój korzeni regenerujących oraz wzrost aktywności mikroorganizmów. Laporte i in. [2003] łączą redukcję emisji glebowego CO<sub>2</sub> nie tylko z faktem usunięcia drzew, ale głównie ze zmianami fizycznymi i chemicznymi w glebie (np. przesuszeniu gleby). Howard i Howard [1993] podkreślają, że wzrost wilgotności gleby pociąga za sobą wzrost jej respiracji. Respiracja korzeni oraz rozkład martwych korzeni może być źródłem nawet 65-80% całkowitego glebowego CO<sub>2</sub>, natomiast reszta pochodzi z dekompozycji materii organicznej [Edwards, Harris 1977; Bowden i in. 1993]. Wiseman i Selser [2004] podkreślają, że głównymi czynnikami wpływającymi na wielkość emisji glebowego CO<sub>2</sub> jest temperatura i wilgotność gleby. Oba czynniki pozostają w interakcjach z produktywnością ekosystemów łądowych oraz tempem dekompozycji materii organicznej. Wpływają też na sezonowe

\* Badania finansowane przez Generalną Dyрекcję Lasów Państwowych

zmiany emisji CO<sub>2</sub> – zimą respiracja gleby jest wolniejsza, a latem szybsza. Wydaje się, że w wielu przypadkach zmiany respiracji gleby podążają za zmianami tempa dekompozycji glebowej materii organicznej. Tempo dekompozycji materii organicznej może po wycięciu drzew zwiększyć się. Kim [2000] zauważył największe tempo dekompozycji próbek celulozy w warunkach całkowitego usunięcia drzewostanu, zaś coraz mniejsze przy częściowej jego wycince i pozostawieniu 25%, 75% i 100% drzew.

Tempo respiracji gleby oraz dekompozycji materii organicznej są dobrymi wskaźnikami procesów zachodzących w glebie. Dlatego wydaje się, że oba wskaźniki można wykorzystać między innymi w ocenie zasadności stosowania różnych sposobów przygotowania gleby na zrębie. W lasach gospodarczych przygotowanie gleby można wykonać wieloma sposobami, np. orką w pasy pługiem LPZ, pługiem aktywnym (tzw. „słoneczko”), ręcznym przygotowaniem gleby w talerze oraz, od niedawna, tzw. frezem glebowym. Powstaje pytanie o to, który z tych sposobów najlepiej przygotowuje glebę przed posadzeniem uprawy. Można też zapytać czy zręby należy ciąć tylko zimą, czy też można wycinać również latem? Jednak niezależnie od pory cięcia zrębu powstaje problem gałęzi – odpadków zrębowych. Gałęzie można zrębkować i pozostawiać rozrzucone na zrębie lub też wywozić. Można je również bez zrębkowania ułożyć w podłużnych stosach na zrębach i pozostawić do ich całkowitej dekompozycji. Który z tych sposobów zapewnia najlepsze przygotowanie gleby do posadzenia uprawy? Celem pracy jest próba odpowiedzenia na te pytania na podstawie oceny tempa respiracji gleby i dekompozycji materiału.

### Miejsce badań

Badania przeprowadzono w Leśnym Kompleksie Promocyjnym Lasy Mazurskie, na terenie nadleśnictwa Spychowo. Do badań wybrano po 3 zręby zimowe i letnie oraz 3 zręby, na których stosowano 4 rodzaje przygotowania gleby w wariacie ze zrębkami oraz bez zrębków. Zręby założone były na siedliskach Bśw i BMśw. Zręby zimowe umiejscowione były w oddziałach 95, 117 i 150, zaś letnie – 130, 134 i 256. Na zrębach tych dodatkowo ułożono stosy gałęzi. Wszystkie sposoby przygotowania gleby badano w wariantach ze zrębkami i bez zrębków. Ręczne przygotowanie gleby w talerze (T) wykonano w oddziałach: 111, 111a i 185. Przygotowanie gleby frezem leśnym (F) miało miejsce w oddziałach: 111, 111a i 185, pługiem aktywnym (S) w oddziałach: 111 i 111a, 188, natomiast pługiem LPZ (orka w pasy (L)) w oddziałach: 111, 111a i 188.

### Metodyka badań

Tempo respiracji gleby mierzono w terenie przy użyciu miernika AirTech P-2500 Gazex. Zasadą pracy tego urządzenia jest porównanie absorpcji światła podczerwonego w znanej zawartości CO<sub>2</sub> w próbce kontrolnej powietrza z próbką powietrza pobieraną bezpośrednio z badanej gleby. Dokładność metody oceniana jest bardzo wysoko, rzędu promili ppm dwutlenku węgla. Pomiarów dokonywano bezpośrednio na zrębach w sierpniu 2007 i 2008 roku.

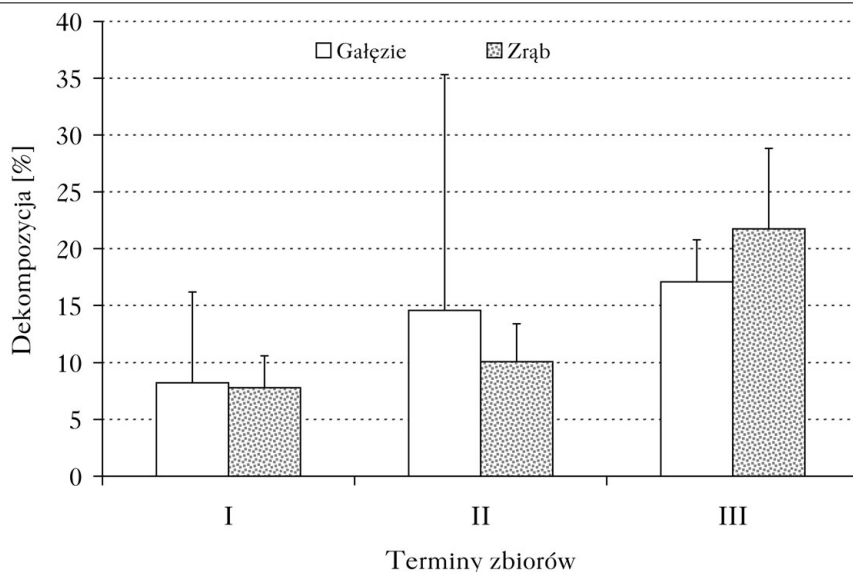
Do badania dekompozycji zastosowano próbki drewna o wymiarach 1×1×10 cm, które wycięto z tego samego bielastego kawałka sosny. Próbki suszono przez 3 dni w temperaturze 80°C, a następnie ważono z dokładnością 0,0001 g. Każdą próbkę zaopatrzone w metryczkę wyciętą ze stosowanej w kwaciarstwie folii aluminiowej, na której pisząc długopisem trwale „wygnieciono” ciężar początkowy próbki. W dniu 5 maja 2007 roku w badanych wariantach zakopano po 15 próbek drewna. Następnie w trzech terminach (listopad 2007, maj i listopad 2008 roku) z każdego stanowiska wykopano po 5 próbek drewna, które ponownie suszono i ważono. Dekompozycję określono jako różnicę wagi.

Dodatkowo na powierzchni każdego zrębu pobierano próbki gleby z głębokości 10 cm, które posłużyły do analizy pH, ciężaru właściwego gleby oraz zawartości węgla, azotu, wapnia, potasu, magnezu i sodu. Kwasowość gleby mierzono w roztworze wodnym i w roztworze KCl stacjonarnym pH-metrem Orion 555a firmy Thermo. Oznaczenie węgla wykonano metodą Turina, azotu metodą Kjeldahla, zaś pozostałe pierwiastki metodą emisyjnej spektrometrii atomowej z plazmą związaną indukcyjnie ICP-AES.

Obliczenia statystyczne wykonano po uprzednim sprawdzeniu zgodności danych z rozkładem normalnym za pomocą testu Shapiro-Wilka. Dane odbiegające od rozkładu normalnego porównano testem U Manna-Whitney'a, zaś zgodne z rozkładem normalnym za pomocą analizy wariancji. Obliczenia przeprowadzono w pakiecie Statistica.

## Wyniki

STOSY GAŁĘZI NA ZRĘBACH. W 2007 roku tempo respiracji gleby nieznacznie było wyższe na środku zrębów niż w glebie pod stosami gałęzi: 613,7 ±909,7 ppm CO<sub>2</sub> vs. 602,8 ±1004,2 ppm CO<sub>2</sub> (różnica nieistotna). W 2008 roku oddychanie gleby na zrębie było niższe niż pod stosem gałęzi: 909,7 ±268,2 ppm CO<sub>2</sub> vs. 1004,2 ±320,7 ppm CO<sub>2</sub> (różnica nieistotna). Pomiędzy 2007 a 2008 rokiem zanotowano wzrost oddychania gleby z 631,1 ±160,8 ppm CO<sub>2</sub> do 965,4 ±313,4 ppm CO<sub>2</sub> ( $Z=3,3487$ ;  $p<0,001$ ). Tempo dekompozycji materii organicznej w dwóch pierwszych terminach obserwacji wyższe było w glebie przykrytej stosami gałęzi niż na terenie zrębu (ryc. 1 – dwa lata badań: 8,2 ±8,0 vs. 7,8 ±2,8; 14,6 ±20,7 vs. 10,1 ±3,3; różnice nieistotne). Natomiast w trzecim terminie zbioru tempo dekompozycji materii organicznej wyższe było na terenie zrębu (21,7 ±7,1 vs. 17,1 ±3,7; różnica nieistotna). Potwierdzono różnice statystyczne pomiędzy tempem dekompozycji obliczonych dla obu lat w terminie pierwszym i w trzecim: 7,66 ±4,13% vs. 20,17 ±5,49% ( $Z=3,553$ ;  $p<0,001$ ) oraz w drugim i w trzecim: 11,94 ±9,68% vs. 20,17 ±5,49% ( $Z=3,0237$ ;  $p=0,002$ ).



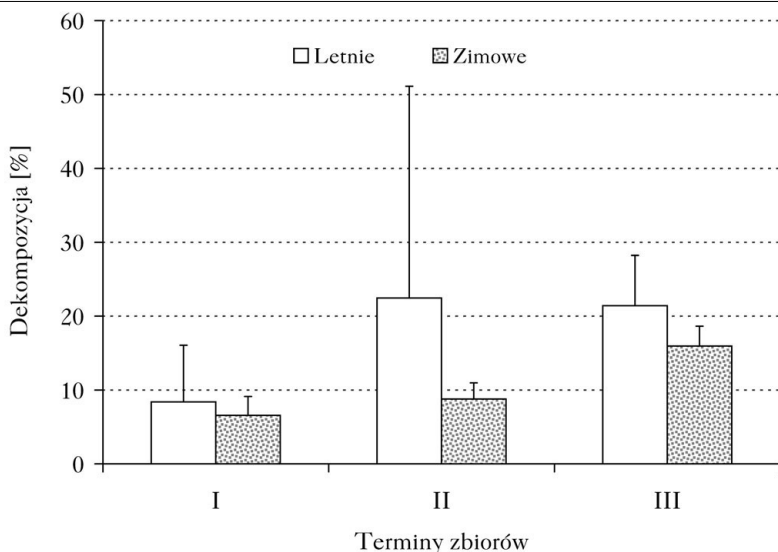
Ryc. 1.

Dekompozycja materii organicznej [%] w glebie na środku zrębów i pod stosami gałęzi w trzech kolejnych terminach obserwacji

Organic matter decomposition [%] in soil in the central part of the cutting area and under branch piles at three successive observation dates

ZRĘBY LETNIE I ZIMOWE. Respiracja gleby zrębów letnich niższa była niż zimowych zarówno w pierwszym roku:  $507,3 \pm 53,2$  vs.  $720 \pm 264,1$  ppm CO<sub>2</sub>, jak i w drugim:  $735 \pm 112,3$  vs.  $1084 \pm 275,1$  ppm CO<sub>2</sub> (różnice nieistotne). Zauważono wzrost respiracji między pierwszym a drugim rokiem z  $613,7 \pm 206,4$  do  $909,7 \pm 268,2$  ppm CO<sub>2</sub> (F=6,5371; p=0,034; NIR; p=0,034). W obu latach respiracja gleby wyższa była na zrębach zimowych w porównaniu do zrębów letnich  $902,2 \pm 313,0$  vs.  $621,2 \pm 147,5$  ppm CO<sub>2</sub> (F=5,8913; p=0,041; NIR; p=0,041). Dekompozycja materii organicznej osiągała większą wartość na zrębach letnich niż zimowych  $8,4 \pm 7,7$  vs.  $6,6 \pm 2,6\%$  (I termin – różnica nieistotna),  $22,5 \pm 28,7$  vs.  $8,8 \pm 2,2\%$  (II termin – różnica nieistotna) oraz  $21,4 \pm 6,8$  vs.  $16,0 \pm 2,7\%$  (III termin – Z=1,9743; p=0,0484) (ryc. 2). Jednocześnie stwierdzono istotność różnic między wielkością dekompozycji ocenianą we wszystkich terminach pobierania próbek ( $7,5 - 15,6 - 18,7$ ; Z=3,0296 do 4,8179; p=0,002 do <0,001).

WYSPI STARODRZEWU I OTACZAJĄCE JE MŁODNIKI. Respiracja gleby w pierwszym roku badań nieznacznie wyższa była w młodniku niż w kępie starodrzewu –  $608,7 \pm 64,0$  vs.  $591 \pm 94,2$  ppm CO<sub>2</sub> (różnica nieistotna). Natomiast w drugim roku obserwacji była nieznacznie niższa –  $755 \pm 93,7$  vs.  $768 \pm 41,5$  ppm CO<sub>2</sub> (różnica nieistotna). Istotna okazała się różnica pomiędzy średnią respiracją gleby w 2007 i w 2008 roku –  $600 \pm 72,7$  vs.  $761,5 \pm 65,2$  ppm CO<sub>2</sub> (F=13,3330; p=0,006; NIR=0,006). Dekompozycja materii organicznej w dwóch pierwszych terminach przebiegała szybciej na terenie kęp starodrzewu niż na terenie otaczających je młodników:  $15,2 \pm 17,4$  vs.  $5,2 \pm 2,4\%$  (I rok) i  $10,1 \pm 9,7$  vs.  $6,8 \pm 3,0\%$  (II rok). Sytuacja ta zmieniła się przy trzecim terminie, w którym dekompozycja na terenie wysp okazała się wolniejsza niż na terenie młodnika –  $9,6 \pm 22,6$  vs.  $22,2 \pm 17,2\%$ . Generalnie średnie tempo dekompozycji (liczone na I przegląd) na terenie wysp wynosiło  $11,5 \pm 10,7\%$ , zaś na terenie młodnika  $11,6 \pm 8,7\%$  (różnica nieistotna). Średnie tempo dekompozycji różniło się pomiędzy trzema kolejnymi przeglądami:  $10,2 \pm 9,0$  vs.  $8,5 \pm 7,4$  vs.  $16,1 \pm 11,5\%$  (Z=1,9630; p=0,049).



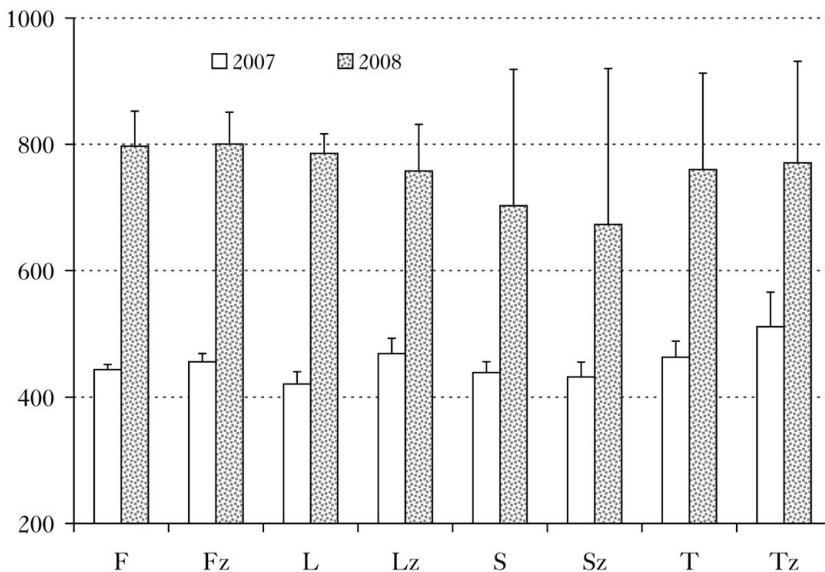
Ryc. 2.

Dekompozycja materii organicznej [%] w glebie zrębów letnich i zimowych w trzech kolejnych terminach obserwacji

Organic matter decomposition [%] in soil on the summer and winter cutting areas in three successive observation dates

RÓŻNE SPOSOBY PRZYGOTOWYWANIA GLEBY. W ciągu dwóch lat badań zanotowano wzrost średniej respiracji glebowej z 454,5 ±34,9 do 755 ±128,8 ppm CO<sub>2</sub> (Z=5,8793; p<0,001). Dane szczegółowe przedstawia rycina 3, z której można odczytać następujący, malejący w 2007 roku porządek średniej wartości respiracji gleby: talerze (463,3 ±25,4), frez (443,7 ±8,1), pług aktywny (439 ±17,1) i pług LPZ (421 ±19,3). Pomiędzy wariantem przygotowania gleby pługiem LPZ a frezem glebowym stwierdzono różnicę bliską poziomowi istotności (Z=1,7712; p=0,076). Respiracja gleby przygotowanej frezem oraz w talerze porównywana w wariancie z dodanymi zrębkami różniła się istotnie – 456,0 ±13,2 vs. 511,7 ±54,1 ppm CO<sub>2</sub> (Z=1,9640; p=0,049). W prawie wszystkich rozpatrywanych wariantach przygotowania gleby, dodanie do niej zrębków powodowało wzrost oddychania, przy czym statystycznie udowodniono to tylko w przypadku wariantu z pługiem LPZ: 421 ±19,3 vs. 469 ±24,3 ppm CO<sub>2</sub> (Z=1,9640; p=0,049). W drugim roku obserwacji, porządek malejący tempa respiracji gleby, ułożył warianty według kolejności: frez glebowy (797 ±55,6), pług LPZ (785,7 ±30,9), talerze (760 ±152,7) i pług aktywny (702,7 ±216,0). Dodanie zrębków mogło wpłynąć na respirację gleby, bowiem w wariantach: frezu i talerzy zanotowano zwiększenie oddychania (różnica nieistotna statystycznie), zaś w wariantach: pługa LPZ i pługa aktywnego – zmniejszenie emisji glebowego CO<sub>2</sub> (różnica nieistotna statystycznie).

Średnia wielkość dekompozycji pomiędzy trzema przeglądami wzrastała: 5,9 ±2,5 (I przegląd), 10,2 ±4,7 (II przegląd) i 17,5 ±12,0% (III przegląd). Różnice okazały się istotne między I a II przeglądem (Z=5,1443; p<0,001), I a III przeglądem (Z=6,8084; p<0,001) oraz pomiędzy II a III przeglądem (Z=3,4739; p< 0,001). W pierwszym terminie zbioru próbek drewna, największym tempem dekompozycji cechowały się warianty: pługa aktywnego i frezu glebowego: 7,2 ±10,1 i 6,6 ±1,7, zaś najmniejszym tempem – wariant pługa LPZ 3,7 ±0,1% (Z=1,9926; p=0,046). W wariantach mechanicznego przygotowania gleby dodanie zrębków



Ryc. 3.

Respiracja glebowa [ppm] w wariantach przygotowania gleby ze zrębkami i bez zrębków

Soil respiration [ppm] value in four variants of soil preparation with and without chips

T – ręcznie w talerze; F – frezem glebowym; S – pługiem aktywnym „słoneczko”; L – w pasy pługiem LPZ; z – wariant ze zrębkami  
T – manual with disks; F – soil cutter; S – active plough; L – deep furrowing (strips) ploughing; z – indicates the variant with chips

mogło spowodować zmniejszenie tempa dekompozycji, natomiast przy przygotowaniu gleby ręcznie w talerze – zwiększenie. Zmiany te nie były jednak istotne statystycznie. W drugim terminie zbioru próbek, największą wartością dekompozycji charakteryzował się wariant frezu ( $11,9 \pm 13,2\%$ ), natomiast w pozostałych wariantach wielkość dekompozycji wahała się na poziomie 8,1-9,1 (różnice nieistotne). Warianty z dodanymi zrębkami w przypadku frezu i pługa opisywała mniejsza dekompozycja niż warianty bez zrębków. Natomiast wariant pługa aktywnego i ręcznego przygotowania gleby, po dodaniu zrębków, cechowała większa dekompozycja. W wariacie pługa aktywnego stwierdzono istotność różnic pomiędzy dekompozycją w glebie bez oraz z dodanymi zrębkami –  $8,2 \pm 3,0$  vs.  $14,8 \pm 6,9\%$  ( $Z=1,9640$ ;  $p=0,049$ ). W trzecim terminie uzyskano stosunkowo duże różnice pomiędzy wariantami przygotowania gleby. Tempo dekompozycji wynosiło poszczególnych wariantach:  $26,4 \pm 20,1$  (talerze),  $20,0 \pm 11,5$  (pług aktywny),  $12,6 \pm 3,4$  (frez) i  $9,2 \pm 1,3$  (pług LPZ). Istotność różnic potwierdzono jedynie pomiędzy talerzami a pługiem ( $Z=1,9640$ ;  $p=0,049$ ). Porównanie wariantów, w których zrębki stosowano bądź nie, przyniosło powtórzenie po raz trzeci trendu zmian zaledwie w dwóch wariantach. W przypadku pługa LPZ było to zmniejszenie, zaś w przypadku talerzy zwiększenie wielkości dekompozycji. Średnia wielkość dekompozycji obliczona ze wszystkich terminów przedstawia się w malejącej kolejności w następujący sposób: talerze ( $13,8 \pm 13,5$ ), pług aktywny ( $12,4 \pm 8,9$ ), frez ( $10,4 \pm 6,3$ ) i pług LPZ ( $7,4 \pm 2,8$ ).

Próba korelacji tempa respiracji gleby i tempa dekompozycji materii organicznej z poszczególnymi parametrami siedliska (pH, ciężar objętościowy gleby oraz zawartość węgla lub azotu) przyniosła umiarkowany efekt. Generalnie na zrębach tempo dekompozycji materii organicznej korelowało z pH gleby oznaczonym w KCl na granicy istotności statystycznej ( $r=-0,30$ ;  $p=0,059$ ). Ponadto tempo respiracji w I roku korelowało z pH gleby ( $r=-0,47$ ;  $p=0,002$ ), z ciężarem objętościowym ( $r=-0,41$ ;  $p=0,008$ ) oraz zawartością węgla i azotu w glebie (odpowiednio  $r=0,36$ ;  $p=0,023$  oraz  $r=0,33$ ;  $p=0,039$ ). Na zrębach bez stosów oraz z wyłożonymi stosami gałęzi respiracja gleby pod stosem silnie korelowała z pH w KCl ( $r=-0,64$ ;  $p=0,044$ ), a jeszcze silniej korelowała respiracja gleby z pH poza stosami gałęzi ( $r=-0,90$ ;  $p=0,038$ ).

## Dyskusja

W ciągu 2 lat badań prowadzonych na zrębach przygotowanych różnymi sposobami, zrębach letnich i zimowych oraz na zrębach z pozostawionymi stosami gałęzi, zanotowano istotny wzrost tempa respiracji gleby oraz dekompozycji materii organicznej. Natomiast średnie wartości tempa respiracji i dekompozycji materii organicznej na terenie wysp starodrzewu i otaczających je młodników zmieniły się w niewielkim zakresie, zaś uzyskane różnice okazały się nieistotne statystycznie.

Można przypuszczać, że zmiany z roku na rok respiracji gleby czy dekompozycji materii organicznej w młodnikach i wyspach starodrzewów zachodzą wolniej niż na terenie zrębu. Przypuszczalnie powodem tego jest ocienienie gleby stworzone przez korony drzew. Natomiast wycięcie drzewostanu i uprawa gleby zmieniają fizyko-chemiczne warunki respiracji i dekompozycji materii organicznej. W prezentowanych badaniach tempo respiracji gleby po wycięciu drzewostanu ( $758,8$  ppm  $\text{CO}_2$ ), ale jeszcze przed zaoraniem powstałego zrębu, było wyższe niż w młodnikach i wyspach starodrzewu ( $680,7$  ppm  $\text{CO}_2$ ). Natomiast przygotowanie gleby na zrębach mogło zredukować tempo respiracji do  $605,2$  ppm  $\text{CO}_2$ , czyli do wartości mniejszej niż notowanej w starodrzewach i młodnikach. Wiseman i Seler [2004] powiązali szybsze, w porównaniu z niewyciętym drzewostanem, tempo respiracji gleby i dekompozycji materii organicznej na zaorany zrębie z procesami regeneracji środowiska glebowego oraz ze wzrostem masy drob-

nych korzeni. Zmiany tempa oddychania korzeni i mikroorganizmów oraz dekompozycji materii organicznej generowane wycięciem zrębu trwają nawet wiele lat [Mattson, Smith 1993]. W literaturze istnieje więcej przykładów badań świadczących o wzroście tempa oddychania gleby po wycięciu drzewostanu niż o jego spadku [Laporte i in. 2003]. Striegi i Wickland [1998] zauważają jednak, że wycięcie drzewostanu sosnowego (*P. banksiana*) pociąga za sobą redukcję dyfuzji CO<sub>2</sub>. Według Laporte i in. [2003] redukcja tempa respiracji gleby na zrębie może być powodowana przesuszeniem gleby zrębu zupełnego. Na przykład połamanie drzew przez huragan spowolniło w 3 kolejnych latach tempo dyfuzji glebowego CO<sub>2</sub> i tempo dekompozycji, co powiązano z silnym przesuszeniem ściółki [Skłodowski 2007]. Wiesman i Seler [2004] twierdzą, że 40% rejestrowanych przypadków redukcji respiracji gleby można wytłumaczyć zamieraniem korzeni i redukcją aktywności mikrobiologicznej.

Według Londo i in. [1999] wycinka lasu prowadzi do wzrostu oddychania gleby, co może być spowodowane wzrostem aktywności mikrobiologicznej, zamieraniem korzeni, a jednocześnie rozwojem roślinności zielnej na zrębie. Wiesman i Seler [2004] sugerują istotne oddziaływanie temperatury i wilgotności gleby na dyfuzję CO<sub>2</sub>. Natomiast Tarabula [1999], badająca respirację na ugorach, w młodnikach i starodrzewach, uznała wilgotność gleby i jej porowatość za czynniki najbardziej wpływające na tempo respiracji. Natomiast temperatura odgrywała znacznie mniejszą rolę. Również Mallik i Hu [1997] wskazują nikły wpływ temperatury na tempo respiracji gleby. Dlatego wydaje się, że temperatura wywierała niewielki wpływ na tempo respiracji gleby, zwłaszcza, że większość analizowanych powierzchni położonych była na otwartych powierzchniach zrębów. Ponieważ w dwóch kolejnych latach zanotowano wzrost oddychania gleby na zrębach, można założyć, że warianty lepiej przygotowujące glebę pod odnowienie drzewostanu, powinny cechować się wyższym tempem oddychania gleby oraz dekompozycji materii organicznej.

Analizowane różne sposoby przygotowania gleby obejmowały zdarcie i odwrócenie całego pasa gleby lub tylko jego spulchnienie, dlatego należy spodziewać się różnic pomiędzy tempem oddychania gleby w poszczególnych wariantach. Mallik i Hu [1997], badając respirację gleby i dekompozycję materii organicznej w różnych wariantach przygotowania gleby, uszeregowali badane warianty w malejący gradient tempa respiracji w następujący sposób: gleba zaorana do głębokości 20 cm, zręb niezaorany, niewycięty drzewostan i zręb z usuniętą wierzchnią warstwą gleby. W pierwszym roku prezentowanych badań tempo respiracji gleby ułożono (w porządku malejącym): ręczne przygotowanie w talerze, frez, pług aktywny oraz pług LPZ. W drugim roku kolejność była następująca: frez, pług LPZ, talerze i pług aktywny. Choć nie stwierdzono istotności różnic wyników, wydaje się, że spulchnienie gleby sprzyja większej respiracji gleby, natomiast zdarcie wierzchniego pasa pługiem LPZ – mniejszemu tempu oddychania. Według Mallik i Hu [1997] wymieszanie gleby może usprawnić obieg materii przez wzrost dekompozycji będącej wynikiem polepszenia warunków wilgotnościowych i tlenowych gleby. W 4 testowanych sposobach przygotowania gleby tempo dekompozycji materii organicznej wzrastało sukcesywnie w trzech kolejnych przeglądach. W pierwszym terminie spulchnienie gleby frezem lub odsłonięcie jej pługiem aktywnym przyspieszyło istotnie tempo dekompozycji materii organicznej do 6,6 i 7,2% w porównaniu do 3,7% przy zdarcie całego pasa gleby. Najwyższe tempo dekompozycji materii organicznej na koniec doświadczenia zanotowano w glebie przygotowywanej ręcznie w talerze (26,4%), natomiast najmniejsze – w wariantcie zdarcia pasa gleby pługiem LPZ (9,2%).

Okazuje się, że spulchnianie gleby może zwiększać respirację glebową oraz tempo dekompozycji materii organicznej. Na pierwszy plan wysuwa się wariant ręcznego przygotowania gleby w talerze. Ponieważ talerze mają niewielkie wymiary, gleba spulchniona bezpośrednio styka się

z niespulchnioną, z której do talerzy przechodzą mikroorganizmy oraz wrastają korzenie roślin zielnych. Lytle i Cronan [1998] przypisują wzrost respiracji gleby zrębu nie tylko zwiększonej dekompozycji materii organicznej, ale również obecności cienkich korzeni regenerującej się roślinności. Również Wiesman i Seler [2004] zauważają duży wpływ na dyfuzję CO<sub>2</sub> korzeni, których masa wraz z wiekiem uprawy wzrasta.

Natomiast porównanie tempa respiracji gleby zrębów wyciętych latem i zimą potwierdziło istotną przewagę tempa oddychania zrębów zimowych. Jednak wyższe tempo oddychania gleby zrębów zimowych ujemnie korelowało z tempem dekompozycji materii organicznej, które wyższe było w glebie zrębów ciętych latem. W tym przypadku różnica nie była istotna statystycznie. Również tempo dyfuzji CO<sub>2</sub> oraz dekompozycji materii organicznej w glebach zrębów bez stosów oraz z ułożonymi stosami gałęzi w 2 kolejnych latach badań okazało się odmienne, co rzutowało na brak istotności różnic pomiędzy wynikami. W tym przypadku wydaje się, że stosy gałęzi ułożone na zrębie, zwiększając wilgotność gleby, powinny przyczynić się do zwiększenia tempa respiracji, natomiast ocieniając glebę i tym samym ograniczając jej temperaturę oddziaływiają również przeciwnie. Tym samym nie powinno się zanotować większych różnic pomiędzy oddziaływaniem stosów gałęzi na zrąb, co też zaobserwowano

## Wnioski

- ✦ Wycięcie drzewostanu zwiększa tempo respiracji gleby i dekompozycji materii organicznej na zrębie.
- ✦ Tempo respiracji gleby i dekompozycji materii organicznej pod zostawionymi stosami gałęzi na zrębie jest podobne do analogicznych parametrów rejestrowanych na terenie zrębu otwartego.
- ✦ Po wycięciu zrębów i przygotowaniu gleby różnymi sposobami zarówno tempo respiracji glebowej, jak i dekompozycji materii organicznej wzrastało.
- ✦ Mierzone w młodnikach i wyspach starodrzewu tempo respiracji glebowej nie zmieniało się w ciągu 2 lat obserwacji, natomiast wielkość dekompozycji materii organicznej wzrastała.
- ✦ Przygotowanie gleby czterema badanymi sposobami przyczyniło się do obniżenia tempa respiracji glebowej, aczkolwiek obserwacje nie były w pełni jednorodne.
- ✦ Największe tempo respiracji glebowej uzyskano w wariantach spulchniania gleby frezem lub ręcznie w talerze.
- ✦ Największe tempo dekompozycja materii organicznej uzyskała w wariantach spulchnianych w talerze, najmniejsze w wariacie orki w pasy.
- ✦ Sugerowany sposób przygotowywania gleby na siedliskach borowych to spulchnianie gleby frezem lub przygotowanie gleby w talerze.

## Literatura

- Bowden R. D., Nadelhoffer K. J., Boone R. D., Melillo J. M., Garrison J. B. 1993. Contribution of aboveground litter, belowground litter and root respiration to total soil respiration in a temperate hardwood forest. *Can. J. For. Res.* 23: 1402-1407.
- Edwards N. T., Harris W. F. 1977. Carbon cycling in a mixed deciduous forest floor. *Ecology* 58: 431-437.
- Howard D. M., Howard P. J. A. 1993. Relationship between CO<sub>2</sub> evolution, moisture content and temperature for a range of soil types. *Soil. Biol. Biochem.* 25: 1537-1546.
- Kim C. 2000. Canopy cover effects on cellulose decomposition in oak and pine stands. *J. For. Res.* 5: 145-149.
- Laporte M. F., Duchense L. C., Morrison I. K. 2003. Effect of clearcutting, selection cutting, shelterwood cutting and microsites on soil surface CO<sub>2</sub> efflux in a tolerant hardwood ecosystem of northern Ontario. *Forest Ecology and Management* 174: 565-575.
- Londo A. J., Messyna M. G., Schoenholtz S. H. 1999. Forest harvesting effects on soil temperature, moisture and respiration in a bottomland hardwood forest. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 63: 637-644.



- Lytle D. E., Cronan Ch. S. 1998. Comparative soil CO<sub>2</sub> evolution. Litter decay, and root dynamics in clearcut and uncut spruce-fir forest. *Forest Ecology and Management* 103: 121-128.
- Mallik A. U., Hu D. 1997. Soil respiration following site preparation treatments in boreal mixedwood forest. *Forest Ecology and Management* 97: 265-275.
- Mattson K. G., Smith H. C. 1993. Detrital organic matter and soil CO<sub>2</sub> efflux in forests regenerating from cutting in West Virginia. *Soil Biol. Biochem* 25: 1241-1248.
- Skłodowski J. 2007. Dyskusja. W: Skłodowski J. [red.]. *Monitoring zoindykacyjny poharaganowych zniszczeń ekosystemów leśnych Puszczy Piskiej*. 179-200. Warsaw Agricultural University Press.
- Striegi R. G., Wickland K. P. 1998. Effects of clear-cut harvest on soil respiration in a jack pine – lichen woodland. *Can. J. For. Res.* 28 (4): 534-539.
- Tarabula T. 1999. Zmiany tempa respiracji gleby na ugorach i w drzewostanach sosnowych na gruntach porolnych i leśnych. W: Mazur S., Tracz H. [red.]. *Zmiany w strukturze i różnorodności fauny borów sosnowych świeżych na terenie Puszczy Człuchowskiej w ciągu 20 ostatnich lat*. 23-33. Fundacja Rozwój SGGW.
- Wiseman P. E., Seler J. R. 2004. Soil CO<sub>2</sub> efflux across four age classes plantation loblolly pine [*Pinus taeda* L.] on the Virginia Piedmont. *Forest Ecology and Management* 192: 297-311.

## SUMMARY

### Diffusion of soil CO<sub>2</sub> and decomposition of organic matter on felled areas using different soil preparation methods

The studies covered cutting areas in the third or fourth year after felling. The felled areas were located in the coniferous forest habitat with Scots pine as the dominant species. Soil respiration and organic matter decomposition in the soil prepared with four different methods was investigated. Preparation methods included forest soil cutter, active plough with sod cutter, deep furrowing (strips) ploughing and manual disk ploughing on areas felled in summer or winter, with retained branch piles, as well as in the clumps of old-growth and young-growth stands. An additional element of the research was the adding of chips in four different soil preparation variants.

While the soil respiration rate increased following stand removal, it was reduced after soil preparation. In the young-growth stand and in the isolated clumps of the old-growth stands it was unchangeable during the two years of research, however, it increased on the cutting areas. The highest CO<sub>2</sub> diffusion and organic matter decomposition rates were observed in the variants with a soil cutter (F) or manual soil preparation in disks (T), the lowest – in the variant with strips ploughing (L – Fig.3). Addition of chips gave no effect. Either branch piling on the cutting area did not significantly affect soil respiration and organic matter decomposition rate in comparison with the cutting areas with any branch piles (Fig. 1). The areas felled in winter featured lower respiration rate than those felled in summer and was reverse to the decomposition rate.