

MATERIAŁY Z KONFERENCJI

Anna Kajak

Zakład Ekologii Gleby
Instytutu Ekologii PAN
Dziekanów Leśny
05-092 Łomianki

Czy ubożenie fauny może wpływać na zawartość próchnicy w glebach uprawnych? *

Can fauna impoverishment affect
humus content
in cultivated soils?

1. Wprowadzenie

Intensyfikacja gospodarki rolnej powoduje bardzo często zubożenie fauny glebowej zarówno pod względem zróżnicowania gatunkowego, jak też liczebności i biomasy. Taki skutek wywołują: częsta orka (E d w a r d s i L o f t y 1975, G h i l a r o v 1975, E d w a r d s 1980, R y s z k o w s k i 1981), stosowanie środków ochrony roślin i herbicydów (E d w a r d s 1980, 1984, Y. K i t a z a w a i T. K i t a z a w a 1980), nadmierne nawożenie mineralne, zwłaszcza azotowe (P ę t a l 1983, E d w a r d s 1984), przesuszenie gleby (K a j a k i in. 1985).

Ubożenie fauny jako jeden ze skutków zabiegów rolniczych jest zjawiskiem powszechnym, warto wobec tego rozważyć, na podstawie danych piśmiennictwa, jaki wpływ wywiera to zjawisko na zawartość próchnicy w glebie, czyli na jeden z ważnych atrybutów decydujących o żyzności gleby.

2. Wpływ uprawy na liczebność zwierząt i zawartość próchnicy

Wiele obserwacji wskazuje na to, że zwierzęta glebowe są uzależnione od zasobów próchnicy i że zmianom następującym w tych zasobach towarzyszą jednoczesne zmiany w zespołach zwierzęcych. Mało jest jednak badań, w któ-

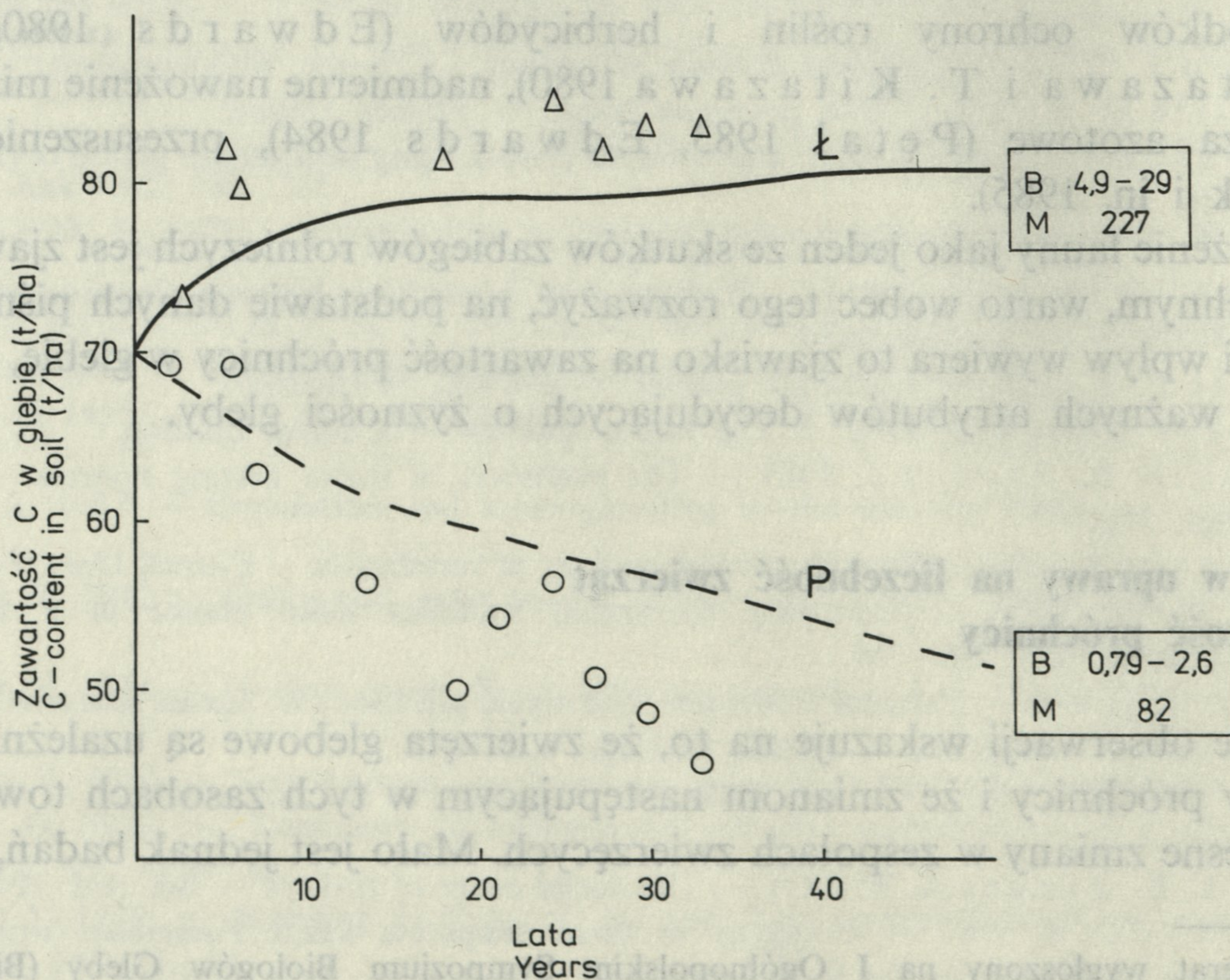
* Referat wygłoszony na I Ogólnopolskim Sympozjum Biologów Gleby (Białowieża, 1—4 IX 1988 r.), uzupełniony i zmodyfikowany.

rych oba zjawiska śledzono by równocześnie. Aby wykazać związek między nimi trzeba niekiedy zestawiać ze sobą wyniki pochodzące z różnych źródeł.

Przykładów na zmniejszanie się zawartości materii organicznej i liczebności zwierząt mogą dostarczyć dane o zmianach następujących po wprowadzeniu uprawy na naturalne tereny dziewicze. Rozpoczęcie uprawy prowadzi z reguły do zmniejszenia zawartości próchnicy w glebie, zwłaszcza gdy nie stosuje się nawożenia organicznego. Największe straty notuje się w ciągu kilku pierwszych lat po zagospodarowaniu, ale stopniowe ubywanie materii organicznej trwa przez kilkadziesiąt, czasem nawet przez ponad sto lat, aż do ustalenia się nowego stanu równowagi. Zawartość próchnicy jest wówczas o 30—60% mniejsza niż była w glebach nie uprawianych (Kononowa 1968, Jenny 1980, Lowrance i in. 1984, Juma i McGill 1985, Steen 1985, Titlianova 1985). Równocześnie towarzyszy temu ubożenie fauny.

Ghilarov (1975) na podstawie badań przeprowadzonych w różnych strefach ZSRR podaje jak zmniejsza się liczba zwierząt glebowych — mikrostawonogów, dżdżownic i innych dużych bezkręgowców pod wpływem uprawy różnych gleb dziewiczych (czarnoziemy, bielice, czarne ziemie). Liczebność, zwłaszcza dużych bezkręgowców, jest kilka do kilkunastokrotnie mniejsza w glebach uprawnych.

Jedynie na łąkach, w odróżnieniu od innych agroekosystemów, pomimo użytkowania zostaje zachowana stała zawartość węgla w glebie. Bardzo wyraźnie wykazują to długoletnie, trwające 40 lat eksperymenty przeprowadzone na Stacji Doświadczalnej w Rothamsted (rys. 1). Pola uprawne i łąki



Rys. 1. Zmiany zawartości węgla organicznego w glebie i biomasa mikroflory na polu i na łące na

w tych eksperymentach zostały założone na jednakowej glebie. Mimo to, podczas gdy w glebie pola, na którym stosowano płodozmian, zawartość węgla stawała się z upływem czasu coraz mniejsza, to w glebie łąkowej zachowany został stały poziom lub nawet następował pewien wzrost zawartości materii organicznej (J e n k i n s o n i in. 1987).

W tych doświadczeniach oceniana była jedynie biomasa mikroflory. Brak równie długotrwałych ocen biomasy zwierząt. Interesujące może być porównanie tych wyników z ocenami zmian następujących w liczebności zwierząt po założeniu łąki na miejscu pola uprawnego, mimo że dane pochodzą z innego terenu (C u r r y 1985). Obserwacje tych zmian były wprawdzie znacznie krótsze, bo tylko 3-letnie, ale następujące zmiany były wyraźnie ukierunkowane. W glebie łąki obserwowano mianowicie stały wzrost liczebności zwierząt. Ponowna zamiana łąki na pole orne prowadziła znów do zmniejszenia się gęstości (tab. I), czyli liczebność zwierząt wykazywała te same tendencje co zawartość materii organicznej.

Podobne różnice między glebą pól i łąk można wykazać także na podstawie wieloletnich badań przeprowadzonych w Polsce. Otóż dane Instytutu Ekologii PAN, pochodzące z łąk kośnych i pastwisk położonych na glebach mineralnych wykazują, że biomasa zwierząt (bez pierwotniaków) w glebie waha się w granicach 4,9—29 g sm./m², przy zawartości C wynoszącej 2,09—2,95% sm. gleby (C z e r w i ń s k i 1971, K a j a k 1974, Ł a k o m i e c 1978, B r e y m e y e r 1981, P ę t a l 1983). Natomiast na różnych polach uprawnych według danych Zakładu Biologii Rolnej i Leśnej PAN biomasa bezkręgowców (również bez pierwotniaków) glebowych nie przekracza 2,6 g sm./m² (0,79—2,6 g sm.), przy zawartości C wynoszącej mniej niż 1% (G o ł ę b i o w s k a i in. 1974, G o ł ę b i o w s k a i R y s z k o w s k i 1977, R y s z k o w s k i 1987).

podstawie długoletnich badań Stacji Doświadczalnej w Rothamsted (wg J e n k i n s o n a i in. 1987) na tle danych o biomacie zwierząt w analogicznych ekosystemach w Polsce (wg C z e r w i ń s k i e g o 1971, K a j a k 1974, G o ł ę b i o w s k i e j i R y s z k o w s k i e g o 1977, Ł a k o m c a 1978, B r e y m e y e r 1981, P ę t a l 1983 i R y s z k o w s k i e g o 1987)

M — mikroflora w g C/m², *B* — biomasa bezkręgowców w g sm./m², *L* — łąka, *P* — pole uprawne

Changes in organic C content and in microbial biomass in grassland and arable soils according to long-continued cropping (after J e n k i n s o n et al. 1987) compared with biomass of soil fauna in similarly managed ecosystems in Poland (after C z e r w i ń s k i 1971, K a j a k 1974, G o ł ę b i o w s k a and R y s z k o w s k i 1977, Ł a k o m i e c 1978, B r e y m e y e r 1981, P ę t a l 1983 and R y s z k o w s k i 1987)

M — microflora in g C/m², *B* — biomass of invertebrates in g d. wt./m², *L* — grassland, *P* — arable field

Tab. I. Zmiany gęstości stawonogów ($N \cdot m^{-2} \cdot 10^3$) w glebie tego samego pola użytkowanego łąkowo lub jako uprawa (w nawiasach błędy standardowe) (wg C u r r y ' e g o 1985, zmodyfikowane)

Soil arthropod density in a field under grass and arable crops (standard errors are given in parentheses) (after C u r r y 1985, modified)

Uprawa Crop	Kolejne lata płodozmianu Successive years of rotation	<i>Acarina</i>	<i>Collembola</i>	Inne Others
Jęczmień Barley	—	—	—	—
Łąka Meadow	1	1,28 (0,34)	0,89 (0,22)	0,14 (0,05)
	2	22,27 (5,35)	11,37 (2,02)	2,16 (1,08)
	3	61,92 (10,13)	41,25 (5,77)	11,24 (4,77)
Jęczmień Barley	4	—	—	—
Buraki cukrowe Sugar-beet	5	11,87 (3,30)	4,32 (0,65)	1,74 (0,39)

Na podstawie powyższych danych, posługując się wskaźnikiem korelacji rang Kendalla, można wykazać, że zachodzi istotna statystycznie korelacja między zawartością próchnicy w glebach mineralnych i biomasa zwierząt (współczynnik korelacji $\tau = 0,62$, $N = 8$, $p < 0,031$). Zachodzą więc nie tylko różnice między glebą pól i łąk, ale we wszystkich agroekosystemach, ze zwiększaniem się zawartości próchnicy, następuje wzrost biomasy zwierząt. Wykazano zależność między próchnicą a biomasa, mimo że z całego kompleksu czynników różniących porównywane gleby, od których może zależeć wielkość biomasy (np. wilgotność, odczyn, sposób gospodarowania itp.), wybrano tylko jeden. Przemawia to za wnioskiem, że ilość próchnicy jest czynnikiem wywierającym istotny wpływ na wielkość populacji zwierząt.

3. Zaburzenia w środowisku a zwierzęta glebowe

Gwałtowne obniżanie się zawartości materii organicznej i liczebności zwierząt zachodzi nie tylko wtedy, gdy rozpoczyna się uprawę, ale po wszelkich zasadniczych zaburzeniach w funkcjonowaniu ekosystemów, po których następuje zniszczenie roślinności i rozpoczyna się sukcesja wtórna. Przykładem takich zaburzeń może być np. wycinka lasu lub osuszanie torfowisk. Pierwszym etapem tej sukcesji jest zawsze bardzo szybka mineralizacja nagromadzonej materii organicznej, zwiększona erozja i wypłukiwanie pierwiastków z gleby. Proces gwałtownego ubywania materii organicznej zostaje częściowo

zahamowany dopiero po upływie kilku lat. Taki ogólny schemat przemian w toku sukcesji wtórnej przedstawiają różni autorzy, niezależnie od tego jaki ekosystem podlega zaburzeniom i jakie czynniki spowodowały zaburzenia (Bormann i in. 1974, Eggelsmann 1976, Gorham i in. 1979, Jenny 1980, Vitousek i Walker 1987).

Następujące w wyniku zaburzeń zmiany w środowisku glebowym są katastrofą dla występujących tam zwierząt. Ich zasoby zostają na jakiś czas drastycznie ograniczone.

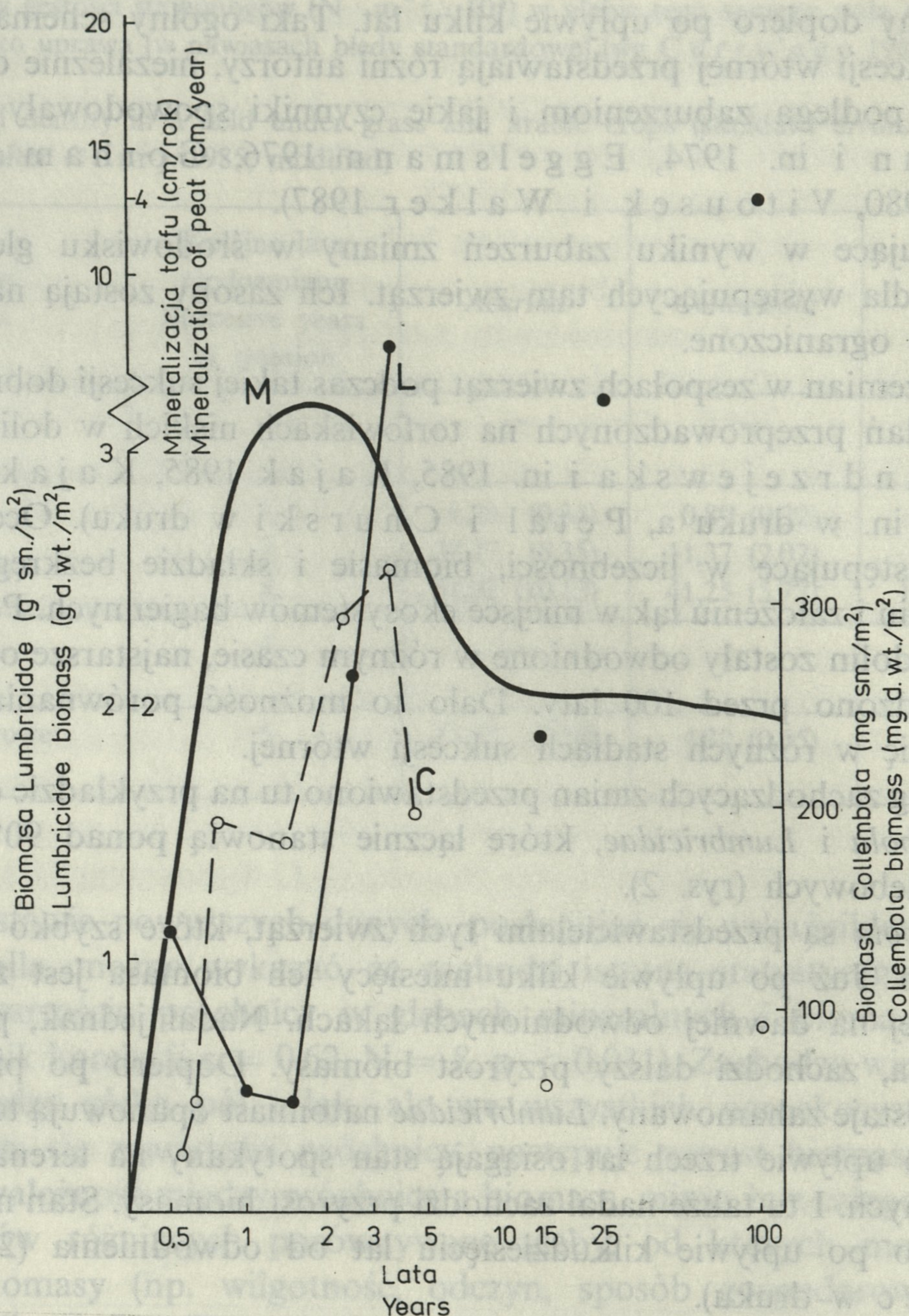
Tok przemian w zespołach zwierząt podczas takiej sukcesji dobrze ilustrują wyniki badań przeprowadzonych na torfowiskach niskich w dolinie Biebrzy i Narwi (Andrzejewska i in. 1985, Kajak 1985, Kajak i in. 1985, Kajak i in. w druku a, Pęta i Churski w druku). Oceniono tam zmiany następujące w liczebności, biomasy i składzie bezkręgowców po odwodnieniu i założeniu łąk w miejsce ekosystemów bagiennych. Poszczególne fragmenty dolin zostały odwodnione w różnym czasie, najstarsze odwodnienia przeprowadzono przed 100 laty. Dało to możliwość porównania łąk znajdujących się w różnych stadiach sukcesji wtórnej.

Przebieg zachodzących zmian przedstawiono tu na przykładzie dwóch grup — *Collembola* i *Lumbricidae*, które łącznie stanowią ponad 90% biomasy zwierząt glebowych (rys. 2).

Collembola są przedstawicielami tych zwierząt, które szybko opanowują nowy teren. Już po upływie kilku miesięcy ich biomasa jest zbliżona do stwierdzanej na dawniej odwodnionych łąkach. Nadal jednak, przez cztery kolejne lata, zachodzi dalszy przyrost biomasy. Dopiero po pięciu latach przyrost zostaje zahamowany. *Lumbricidae* natomiast opanowują teren powoli, dopiero po upływie trzech lat osiągają stan spotykany na terenach dawniej odwodnionych. I tu także nadal zachodzi przyrost biomasy. Stan maksymalny stwierdzano po upływie kilkudziesięciu lat od odwodnienia (25—100 lat) (Makulec w druku).

Na okres najmniejszej biomasy fauny, a zwłaszcza braku dużych bezkręgowców przypada najbardziej gwałtowna mineralizacja złóż torfu (rys. 2). Nie obserwuje się w tym okresie równie drastycznych zmian w ogólnej liczebności mikroflory. Ta liczebność jest podobnego rzędu na nowo zagospodarowanych i tych dawnych łąkach, o zaawansowanej sukcesji (Kajak i in. w druku a). Wyraźna zmiana zaznacza się tylko w liczebności promieniowców, które są w pierwszym roku po zagospodarowaniu 2,5-krotnie liczniejsze tam, gdzie odbywa się szybka mineralizacja materii organicznej.

Podsumowując to, co powiedziano dotychczas, można stwierdzić, że zachodzi ścisły związek między zawartością próchnicy a zwierzętami glebowymi. Biomasa zwierząt jest z reguły większa w środowiskach bardziej zasobnych w materię organiczną. Jeżeli z jakichś powodów następują zmiany w ilości materii organicznej gleby, z reguły towarzyszą im zmiany w zasobach zwierząt, idące w tym samym kierunku.



Rys. 2. Zmiany biomasy *Lumbricidae* i *Collembola* oraz szybkość mineralizacji torfu w toku sukcesji wtórnej; biomasa na podstawie danych K a j a k i in. (1985), K a c z m a r e k (w druku), K a j a k i in. (w druku a), M a k u l c a (w druku), szybkość mineralizacji wg E g g e l s m a n n a (1976)

L — *Lumbricidae*, C — *Collembola*, M — szybkość mineralizacji torfu; liniami połączono dane pochodzące z tego samego stanowiska, punkty nie połączone pochodzą z różnych stanowisk

Changes in the *Lumbricidae* and *Collembola* biomass and peat mineralization rate during secondary succession. Biomass after K a j a k et al. (1985), K a c z m a r e k (in press), K a j a k et al. (in press a) and M a k u l c a (in press), mineralization rate after E g g e l s m a n n (1976)

L — *Lumbricidae*, C — *Collembola*, M — peat mineralization rate. Points connected — data from the same stand, separate — data from varies stands

4. Zaburzenia w ekosystemach a struktura zespołów zwierząt

W ekosystemach, w których z jakichkolwiek względów następuje ubywanie materii organicznej gleby, zachodzi równoległe, jak przedstawiono wyżej, zmniejszenie się ogólnej biomasy zwierząt. Jednocześnie obserwuje się bardzo istotne przemiany w strukturze występujących zespołów. Zmienia się mianowicie struktura wielkości osobników, struktura troficzna, różnorodność gatunkowa (tab. II). I tak zachodzi bardzo charakterystyczne zmniejszanie się rozmiarów i ciężaru osobników. Przede wszystkim ubywają zwierzęta o największych rozmiarach, a więc głównie dżdżownice. Równocześnie jednak zachodzi przebudowa składu gatunkowego we wszystkich innych grupach, także tych najmniejszych, zaliczanych do mikro- i mezofauny. Przebudowa polega na zastępowaniu gatunków o większych rozmiarach przez mniejsze (K a c z m a r e k w druku, M a k u l e c w druku, W a s i l e w s k a w druku).

Taka przebudowa zespołów prowadzi oczywiście do większych strat energetycznych ponoszonych na oddychanie zwierząt, w odniesieniu do jednostki ciężaru ciała osobnika.

Zmiany w strukturze troficznej, to zwiększenie się liczebności i udziału grup roślinożernych, a ubywanie zwierząt drapieżnych, zwłaszcza tych niewyspecjalizowanych. Wśród saprofagów następuje charakterystyczne przegrupowanie, które polega na wzroście liczebności tych zwierząt, które przyspieszają procesy rozkładu i krążenia materii. Wzrasta np. liczebność nicieni, które jak wykazały doświadczenia na mikroekosystemach, powodują znaczne przyspieszenie mineralizacji szeregu pierwiastków (C, N, P) w układzie w porównaniu z sytuacją, gdy w procesach rozkładu uczestniczy tylko mikroflora (C o l e m a n i in. 1982, 1984, A n d e r s o n i in. 1983). Maleje natomiast liczebność saprofagów uczestniczących w procesach humifikacji, np. *Oligochaeta*, które jak wiadomo stymulują te procesy (K o z l o v s k a j a 1976, 1985, S t r i g a n o v a 1980). Zaznacza się równocześnie wzrost liczebności mikroflory.

Z reguły przy tych przemianach następuje znaczne uproszczenie składu gatunkowego, wysoki stopień dominacji jednego lub kilku gatunków w obrębie zespołów (K a c z m a r e k w druku, W a s i l e w s k a w druku).

Dokładnie odwrotnie dzieje się natomiast w ekosystemach, w których wzrasta zawartość materii organicznej w glebie. Tak jest np. po wprowadzeniu uprawy bez orki (H o u s e i in. 1984, H e n d r i x i in. 1987, C o l e m a n i H e n d r i x 1988). Zaniechanie orki powoduje wzrost zawartości węgla w glebie. Następuje też jednocześnie wzrost ogólnej biomasy zwierząt i charakterystyczna przebudowa zespołów, mająca dokładnie przeciwny kierunek do zachodzącej przy zmniejszaniu się zawartości próchnicy (tab. III). Tak więc zwiększa się udział dużych zwierząt w ekosystemie oraz udział drapieżców i saprofagów humifikatorów. Maleje udział drobnych zwierząt, które wpływają

Tab. II. Przemiany w ekosystemach towarzyszące ubywaniu materii organicznej gleby (wg Pęta 1983, Dąbrowskiej-Prot 1985, Kajak i in. 1985, Rapport i in. 1985, Hilla i McKevana 1987)

Changes in ecosystems that result in decrease of soil organic matter (after Pęta 1983, Dąbrowska-Prot 1985, Kajak et al. 1985, Rapport et al. 1985, Hill and McKevan 1987)

Parametr Parameter	Wzrost Increase	Spadek Decrease
Zawartość C organicznego C organic content		+
Rozmiary ciała Body size		+
Przeciętny metabolizm osobnika Metabolic rate	+	
Różnorodność gatunkowa Species diversity		+
Liczebność mikroflory Number of microflora	+	
Biomasa bezkręgowców: Invertebrate biomass:		
Roślinożerce Herbivores	+	
Drapieżce Predators		+
Saprofagi humifikatory (np. <i>Oligochaeta</i>) Saprophagic invertebrates stimulating humification (e.g. <i>Oligochaeta</i>)		+
Saprofagi mineralizatory (np. <i>Nematoda</i>) Saprophagic invertebrates stimulating mineralization (e.g. <i>Nematoda</i>)	+	

na przyspieszenie mineralizacji materii. Zmniejsza się jednocześnie liczebność mikroflory, zwłaszcza bakterii.

Przy zmianach w ilości materii organicznej następują więc nie tylko zasadnicze zmiany w liczbie zwierząt glebowych, ale także przekształcenia w budowie występujących zespołów, przemiany, które stymulują — zależnie od panujących warunków — mineralizację lub syntezę humusu. Wykazano więc współzależność między ilością materii organicznej w glebie a biomasa wy-

Tab. III. Zmiany zawartości materii organicznej w glebie oraz biomasy heterotrofów po zastosowaniu uprawy bez orki w porównaniu z uprawą konwencjonalną (wg Hendrixa i in. 1987, Coleman a i Hendrixa 1988)

Changes in soil organic matter content, and in heterotrophic biomass in conventional tillage and no tillage agriculture (after Hendrix et al. 1987, Coleman and Hendrix 1988)

Elementy porównywane Elements compared	Uprawa konwencjonalna Conventional tillage	Uprawa bez orki No tillage
Zawartość C organicznego kg/ha, warstwa 0—5 cm C org. content kg/ha, layer 0—5 cm	9067	14155
Mikroflora (g C/m ²) Microflora		
Bakterie Bacteria	69	44
Grzyby Fungi	15	16
Fauna (mg sm./m ²) (mg d.wt./m ²)		
Mikrofauna Microfauna		
Nematoda	344	254
Mikrostawonogi Microarthropods	135	343
Acarina	118	303
Collembola	17	40
Makrostawonogi Macroarthropods	7	44
Carabidae	6	30
Araneae	1	14
Oligochaeta	3188	20324
Lumbricidae	3129	20307
Enchytraeidae	59	17
Ogółem Total	3674	20962

stępujących zwierząt. Bardzo istotne jest jednak pytanie, czy zachodzi jedynie zależność jednostronna — zwierzęta po prostu szybko dopasowują liczebność i skład do panujących warunków, czy też mogą mieć znaczny wpływ na zawartość próchnicy w glebie.

5. Czy bezkręgowce glebowe wpływają na zawartość próchnicy

Przeprowadzone bardzo liczne eksperymenty laboratoryjne wykazują, że szereg grup zwierząt stymuluje procesy humifikacji. Kwasy humusowe znaleziono w odchodach dżdżownic, wazonkowców, larw muchówek, skoczogonków i roztoczy (Kozłowska 1976, 1985, Striganova 1980), żeby wymienić tylko te najliczniejsze w naszych glebach grupy zwierząt. Znacznie trudniej o wykazanie przyczynowych związków między zwierzętami a zasobami próchnicy w warunkach terenowych. Mało jest danych o skali ich wpływu, ocen udziału zwierząt w tworzeniu i utrzymywaniu substancji organicznej gleby. Rola zwierząt w tych procesach jest na ogół niedoceniana.

W przeprowadzonym przez Zakład Ekologii Gleby Instytutu Ekologii PAN i Katedrę Gleboznawstwa SGGW-AR eksperymencie terenowym porównano przebieg rozkładu ściółki w dwu środowiskach łąkowych różniących się pod względem liczebności występujących tam zwierząt glebowych (Kajak

Tab. IV. Porównanie liczebności organizmów glebowych i składu frakcyjnego próchnicy w izolatorach wypełnionych piaskiem, wkopanych w darń nowej (N) i wieloletniej (W) łąki (wg niepublikowanych danych K. Chmielewskiego, M. Kaczmarek, A. Kusińskiej, J. Łakomca, G. Makulca oraz Kajak i in. w druku b)

Comparison of the number of soil organisms and of humus components in the enclosures inserted into the turf containing the same substrate (sand) in new established (N) and in long-existing (W) meadow (after unpublished data of K. Chmielewski, M. Kaczmarek, A. Kusińska, J. Łakomiec, G. Makulec, and Kajak et al. in press b)

Elementy porównywane Elements compared	Łąki Meadows		Istotność różnic między N i W Significance level of differences between N and W
	N	W	
Mikroflora (liczba osobników w g sm. piasku) Microflora (number of individuals per g d.wt. of sand)			
Bakterie amonifikujące · 10 ⁶ Ammonifying bacteria · 10 ⁶	10,92	29,77] różnice nie- istotne* not significant
Promieniowce · 10 ⁶ Actinomycetes · 10 ⁶	1,35	0,93	
Grzyby · 10 ⁵ Fungi · 10 ⁵	9,11	0,62	
Mikroorganizmy wykorzystujące N mineral- ny · 10 ⁶ Microorganisms using N mineral · 10 ⁶	20,07	7,41	
Mikroorganizmy celulotyczne · 10 ³ Celulolitic microorganisms · 10 ³	5,62	6,14	

Mezofauna (liczba osob./100 cm ²) Mesofauna (number of indiv./100 cm ²)			
<i>Collembola</i>	32,0 ± 7,8	357,0 ± 153,0	p < 0,05 *
<i>Acarina</i>	62,0 ± 22,7	73,0 ± 18,9	różnice nieistotne not significant
<i>Enchytraeidae</i>	24,0 ± 10,9	70,0 ± 22,1	p < 0,05
Próchnica, skład frakcyjny przy końcu doświadczenia (mg C/100 g piasku), 0—10 cm Humus components at the end of experiment (mg C/100 g of sand), 0—10 cm			
C ogólny (%) C total (%)	0,044	0,056] p < 0,05 * *
Bituminy Bitumen	11,0	13,1	
Substancja rozpuszczalna w H ₂ SO ₄ Substance dissolved in H ₂ SO ₄	2,0	14,0	
Kwasy huminowe i fulwowe Humic and fulvic acids	2,8	3,3	
Stopień humifikacji (%) Degree of humification (%)	10,9	30,9	

i in. w druku b). Były to łąki sąsiadujące ze sobą, założone na glebie tego samego rodzaju. Różnice w liczebności pochodziły stąd, że łąki założono w różnym czasie, bogatsza w faunę była łąka istniejąca o 8 lat dłużej.

Analizowano na obu stanowiskach przebieg rozkładu materiału o jednakowym pochodzeniu, mianowicie części nadziemnych kupkówki (*Dactylis glomerata*) zebranych na tym samym polu. Zastosowano tzw. metodę woreczkową, tj. rejestrowano ubywanie ściółki umieszczonej w woreczkach z siatki nylonowej. Woreczki zostały wyłożone na wkopanych w darń pojemnikach z piaskiem. Pozwoliło to porównać rozkład tego samego materiału roślinnego w bardzo zbliżonych warunkach (jednakowe podłoże i warunki klimatyczne). Dzięki temu głównym czynnikiem różnicującym przebieg rozkładu w obu środowiskach było bogactwo zasiedlających ściółkę i podłoże zwierząt.

Stwierdzono, że na łące bogatszej pod tym względem intensywniej przebiegały procesy humifikacji tego samego materiału. Istotnie więcej substancji humusowych stwierdzono zarówno w samej ściółce, jak też w podłożu. W glebie łąki, na której intensywniej zachodziła humifikacja, stwierdzono istotnie większą biomasę dżdżownic, wazonkowców i skoczogonków. Nie wykazano natomiast istotnych statystycznie różnic między łąkami w liczebności mikroflory. Różnice w liczebności zwierząt w samym eksperymencie, a więc w ściółce i podłożu izolatorów, polegały przede wszystkim na istotnie większej

liczebności i innym składzie gatunkowym skoczogonków na bogatszej, dawniej założonej łące (tab. IV).

Wyniki tego eksperymentu pozwalają wnioskować, że kiedy zminimalizowane zostaje działanie innych czynników, które mogą wpływać na rozkład materii, wówczas można wykazać, że zmiany w liczebności zwierząt wywierają istotny wpływ na zawartość i skład próchnicy (tab. IV).

6. Uwagi końcowe

Omówione powyżej dane wskazują na współzależność między zawartością próchnicy a biomasą fauny glebowej. Oznacza to, że nie tylko wielkość populacji tych zwierząt jest modyfikowana przez zmiany ilości próchnicy, ale że ta wielkość także w istotny sposób wpływa na zachodzące zmiany. Przemawia za tym charakterystyczny wzrost udziału bezkręgowców stymulujących mineralizację materii (roślinożerce, drobne saprofagi) wtedy, gdy następuje ubywanie zasobów próchnicy i odwrotnie — wzrost udziału zwierząt stymulujących humifikację — gdy próchnicy przybywa. Przemawia za tym także stwierdzone w eksperymencie tworzenie się z jednakowego materiału roślinnego większej ilości próchnicy w środowisku, w którym występuje większa biomasa zwierząt.

Intensywność tworzenia próchnicy zależy od wielu warunków, które nie zostały tu omówione. Przeanalizowana została jedynie rola zwierząt dla zwrócenia uwagi na ten często niedoceniany czynnik. Jest to o tyle ważne, że wiele zabiegów uprawowych, coraz powszechniej stosowanych w rolnictwie, nie tylko ogranicza liczebność fauny, ale ponadto wprowadza istotne zmiany w strukturze zespołów. Zmiany te polegają przede wszystkim na ograniczaniu biomasy dużych bezkręgowców, tych, które stymulują humifikację. Zbyt mała jest świadomość, że wszystkie te rodzaje gospodarowania, które zubożają faunę gleby, nie pozostają bez wpływu na ilość i skład próchnicy.

Piśmiennictwo

- Anderson P. V., Gould W. D., Woods L. E., Cambardella C., Ingham R. E., Coleman D. C. 1983 — Organic and inorganic nitrogenous losses by microbivorous nematodes in soil — *Oikos*, 40: 75—80
- Andrzejewska L., Chmielewski K., Kaczmarek M., Kajak A., Wasilewska L. 1985 — The effect of peat meadow management on biocoenosis — *Pol. ecol. Stud.* 11: 53—78.
- Bormann F. H., Likens G. E., Siccama T. G., Pierce R. S., Eaton J. S. 1974 — The export of nutrients and recovery to stable conditions following deforestation at Hubbard Brook — *Ecol. Monogr.* 44: 255—277.
- Breymeyer A. 1981 — Struktura troficzna ekosystemów trawiastych — studia porównawcze — *Wiad. ekol.* 27: 115—147.
- Coleman D. C., Hendrix P. F. 1988 — Agroecosystems processes (W: Concepts of ecosystem

- ecology. Red. L. R. Pomeroy, J. J. Alberts) — Springer-Verlag, New York, Berlin, Heidelberg, 149—170.
- Coleman D. C., Ingham R. E., McClellan J. F., Trofymov J. A. 1984 — Soil nutrient transformations in the rhizosphere via animal-microbial interactions (W: Invertebrate-microbial interactions. Red. J. M. Anderson, A. D. H. Rayner, D. W. H. Walton) — Cambridge Univ. Press, Cambridge, 35—58.
- Coleman D. C., Reid C. P. P., Cole C. V. 1982 — Biological strategies of nutrient cycling in soil systems — *Adv. ecol. Res.* 13: 1—55.
- Curry J. P. 1985 — Effects of management on soil decomposers and decomposition processes in grassland (W: Microfloral and faunal interactions in natural and agroecosystems. Red. M. J. Mitchell, J. P. Nakas) — Junk, Dordrecht, Boston, Lancaster, 349—398.
- Czerwiński Z. 1971 — Productivity investigation of two types of meadows in the Vistula Valley. II. Soil conditions — *Ekol. pol.* 19: 107—119.
- Dąbrowska - Prot E. 1985 — Monitoring ekologiczny ekosystemów lądowych — możliwości i zakres — *Wiad. ekol.* 31: 55—66.
- Edwards C. A. 1980 — Interactions between agricultural practice and earthworms (W: Soil biology as related to land use practices. Proceedings of the VII International Colloquium of Soil Zoology. Red. D. L. Dindal) — Office of Pesticide and Toxic Substances, Washington, 3—12.
- Edwards C. A. 1984 — Changes in agricultural practice and their impact on soil organisms (W: Agriculture and the environment. Red. D. Jenkins) — Institute of Terrestrial Ecology, Banchory, 56—65.
- Edwards C. A., Loftly J. R. 1975 — The influence of cultivations on soil animal populations (W: Progress in soil zoology. Red. J. Vanek) — Academia, Prague, 399—407.
- Eggelsmann R. 1976 — Peat consumption under influence of climate, soil condition and utilization — 5-th Int. Peat Congress, NOT, Poznań, 233—247.
- Ghilarov M. S. 1975 — General trends of changes in soil animal populations of arable land (W: Progress in soil zoology. Red. J. Vanek) — Academia, Prague, 31—39.
- Gołębiowska J., Margowski Z., Ryszkowski L. 1974 — An attempt to estimate the energy and matter economy in the agrocenoses (W: Ecological effect of intensive agriculture. Red. L. Ryszkowski) — PWN, Warszawa, 19—40.
- Gołębiowska J., Ryszkowski L. 1977 — Energy and carbon fluxes in soil compartments of agroecosystem (W: Soil organisms as components of ecosystem. Red. U. Lohm, T. Persson) — *Ecol. Bull.* 25, Stockholm, 274—283.
- Gorham E., Vitousek P. M., Reiners W. A. 1979 — The regulation of chemical budgets over the course of terrestrial ecosystem succession — *Annu. Rev. Ecol. Syst.* 10: 53—84.
- Hendrix P. F., Crossley D. A., Coleman D. C., Parmele R. W., Beare M. H. 1987 — Carbon dynamics in soil microbes and fauna in conventional and no-tillage agroecosystems — *Intecol. Bull.* 15: 59—63.
- Hill S. B., McKevan D. K. 1987 — The soil fauna and agriculture: past findings and future priorities (W: Soil fauna and soil fertility. Red. B. R. Striganova) — Nauka, Moskva, 49—56.
- House G. J., Stinner B. R., Crossley D. A., Odum E. P. 1984 — Nitrogen cycling in conventional and no-tillage agro-ecosystems, analysis of pathways and processes — *J. appl. Ecol.* 21: 991—1012.
- Jenkinson D. S., Hart P. B. S., Rayner J. H., Parry L. C. 1987 — Modelling the turn-over of organic matter in long-term experiments at Rothamsted — *Intecol Bull.* 15: 1—8.
- Jenny H. 1980 — The soil resource. Origin and behavior — *Ecol. Stud.* 37, Springer-Verlag, New York, Heidelberg, Berlin.
- Juma H. G., McGill W. B. 1985 — Decomposition and nutrient cycling in agroecosystems (W: Microfloral and faunal interactions in natural and agroecosystems. Red. M. J. Mitchell, J. P. Nakas) — Junk, Dordrecht, Boston, Lancaster, 74—136.
- Kaczmarek M. (w druku) — Zgrupowania *Collembola* na zmeliorowanych glebach organicznych powstałych z różnego typu torfów — *Pol. ecol. Stud.*

- Kajak A. 1974 — Analysis of a sheep pasture ecosystem in the Pieniny mountains (The Carpathians). XVII. Analysis of the transfer of carbon — *Ekol. pol.* 22: 711—732.
- Kajak A. 1985 — Immediate and remote ecological consequences of the peatland drainage — *Pol. ecol. Stud.* 11: 123—150.
- Kajak A., Andrzejewska L., Chmielewski K., Ciesielska Z., Kaczmarek M., Makulec G., Wasilewska L. 1985 — Long-term changes in grassland communities of heterotrophic organisms on drained fens — *Pol. ecol. Stud.* 11: 21—52.
- Kajak A., Chmielewski K., Kaczmarek M. (w druku a) — Eksperymenty terenowe nad przyspieszaniem sukcesji zwierząt glebowych na łące zagospodarowanej po odwodnieniu torfowiska — *Pol. ecol. Stud.*
- Kajak A., Makulec G., Bogdanowicz L., Chmielewski K., Kaczmarek M., Kusińska A., Łakomic J. (w druku b) — Badania eksperymentalne nad wpływem bogactwa biocenozy łąki na przebieg procesów rozkładu trawy *Dactylis glomerata* — *Ekol. pol.*
- Kitazawa Y., Kitazawa T. 1980 — Influence of application of a fungicide and insecticide and compost upon soil biotic community (W: Soil biology as related to land use practices. Proceedings of the VII International Colloquium of Soil Zoology. Red. D. L. Dindal) — Office of Pesticide and Toxic Substances, Washington, 94—108.
- Kononowa M. 1968 — Substancje organiczne gleby, ich budowa, właściwości i metody badań — PWRiL, Warszawa.
- Kozlovskaja L. S. 1976 — Rol' bespozvonočnych v transformacii organičeskogo veščestva bolotnych počv — Nauka, Leningrad.
- Kozlovskaja L. S. 1985 — Metody izučenija otnošenij počvennych bespozvonočnych s mikroorganizmami (W: Rozloženie rastitelnych ostatkov v počve. Red. M. S. Gilarov, B. R. Striganova) — Nauka, Moskva, 112—131.
- Lowrance R., Stinner B. R., House G. J. 1984 — Agricultural ecosystems unifying concepts — John Wiley and Sons, New York.
- Łakomic J. 1978 — Influence of nitrogen fertilization and growing season on the changes in the composition of humus in the soil of "Bródno" State Farm Meadow — *Pol. ecol. Stud.* 4: 47—57.
- Makulec G. (w druku) — Dżdżownice (*Oligochaeta*, *Lumbricidae*) naturalnych i zmeliorowanych łąk torfowych — *Pol. ecol. Stud.*
- Pętał J. 1983 — The effect of mineral fertilization on biocenotic structure and matter economy on meadows — *Ekol. pol.* 31: 913—929.
- Pętał J., Churski T. (w druku) — Wstępna analiza zależności czynników fizycznych, chemicznych i biotycznych w glebach hydrogenicznych — *Zesz. probl. Post. Nauk rol.*
- Rapport D. J., Regier H. A., Hutchinson T. C. 1985 — Ecosystem behavior under stress — *Am. Nat.* 125: 617—640.
- Ryszkowski L. 1981 — Wpływ intensyfikacji rolnictwa na faunę — *Zesz. probl. Post. Nauk rol.* 233: 7—38.
- Ryszkowski L. 1987 — Influence of heterotrophs on decomposition and leaching of soil organic matter — *Intecol Bull.* 15: 65—73.
- Steen E. 1985 — Role of plant cover in the biology and fertility of Swedish arable soils — *Intecol Bull.* 12: 49—56.
- Striganova B. R. 1980 — Pitanie počvennych saprofagov — Nauka, Moskva.
- Titlianova A. A. 1985 — Feasibility of matter cycling management in the soil compartment of agroecosystems — *Intecol Bull.* 12: 69—73.
- Vitousek P. M., Walker L. R. 1987 — Colonization, succession and resource availability: ecosystem-level interactions (W: Colonization, succession and stability. Red. A. J. Gray, M. J. Crawley, P. J. Edwards) — Blackwell Sci. Publ., Oxford, London, Edinburgh, 207—224.
- Wasilewska L. (w druku) — Soil nematode communities of drained fen "Wizna" differentiated by origin of peat — *Pol. ecol. Stud.*

Summary

The paper attempts to show that the changes in the humus content are usually associated with the changes in the number and biomass of soil fauna (Fig. 1, Table I). The disturbance in the functioning of the ecosystem, cultivation of the primeval area, clear-cut, swamp drainage, is followed by permanent, or at least temporary, decrease in the content of organic matter and the number of animals in soil. Moreover, the highest rate of humus decrement is associated with the minimum number of soil fauna (Fig. 2). The decrease of the amount of organic matter in the ecosystem involves not only a reduction of animal biomass, but also deep changes in the structure of animal communities. The size and individual weight decrease, while trophic structure of communities is transformed towards higher proportions of herbivores and saprophages which stimulate the mineralization of organic matter. Also species diversity diminishes (Table II). To the contrary the treatment that increases humus content in soil is followed by a growth of total biomass and changes in the community structure opposite to those mentioned above (Table III).

On the grounds of long-term data from meadows and arable fields positive correlation was found (Kendall rank correlation coefficient $\tau = 0.62$, $N = 8$, $p < 0.031$) between humus content and biomass of soil fauna (Fig. 1).

Presented data indicate that fauna biomass and humus content are closely interrelated. However, they do not determine how the soil fauna affect the latter.

The results of the experiment described prove that, if the decomposition of organic matter takes place under similar habitat conditions, then more humus is formed in the site rich in biomass of soil fauna (Table IV).

From the information obtained it may be concluded that agricultural treatments which pauperize the soil fauna, at the same time cause a decrease in the organic matter content in soil. Hence they adversely affect one of the crucial factors of soil fertility.

(wpłynęło: 13 II 1989 r.)