

LUCYNA WASILEWSKA

*Centrum Badań Ekologicznych PAN (dawniej Instytut Ekologii PAN)*

*Dziekanów Leśny*

*Konopnickiej 1, 05-092 Łomianki*

## WPŁYW UPROSZCZENIA ZBIOROWISK ROŚLINNOŚCI ŁĄKOWEJ NA BIOLOGIĘ GLEBY I PROCESY ROZKŁADU MATERII. BIOINDYKACYJNA ROLA FAUNY GLEBOWEJ

### WPROWADZENIE

Gleba, głębiny oceanów i korony drzew w lasach, to ostatnie, najsłabiej poznane obszary ziemi. W odniesieniu do gleby COLEMAN i HENDRIX (2000) upatrują przyczyny tego stanu rzeczy w trudności badań organizmów i procesów biologicznych w „nieprzezroczystym” środowisku, w którym one egzystują, ograniczonej możliwości obserwacji, zbierania i mierzenia, bez zmiany ich charakterystycznych cech. Tym niemniej znaczący postęp nastąpił w tej dziedzinie w ostatnich latach, podsumowany w kilku opracowaniach, które powstały w wyniku trudu wielu autorów (PANKHURST i współaut. 1997; PAOLETTI 1999, 2001; COLEMAN i HENDRIX 2000).

Lata 90. były w literaturze światowej okresem rozkwitu badań ekologii gleby, niezmiernie twórczym pod względem nowych metod badawczych. Zwrócono uwagę na ogromną różnorodność organizmów glebowych i na konieczność chronienia jej (HÅGVAR 1998). Jedynie rafy koralowe mogą się poszczycić podobną różnorodnością. Większość bezkręgowców lądowych, w tym owadów, przynajmniej część życia spędza w glebie. Tamteży biegają wielorakie powiązania, dzięki którym zachodzą tak ważne procesy, jak i rozkład materii, mikoryza, ale także te odbywające się w środowisku nadziemnym, jak np. zapylanie roślin.

W obliczu zmniejszających się obszarów nie użytkowanych przez człowieka, a także zasobów ziemi uprawnej, wywołanych ekspansją

urbanizacji i degradacją środowiska, „zrównoważona produkcja roślinna” wymaga utrzymania „zdrowej” gleby. Wzmogła się konieczność szacowania i monitorowania jej wartości. Gleba jest żywym systemem zawierającym bardzo zróżnicowane, zarówno pod względem taksonomicznym jak funkcjonalnym, zespoły organizmów. Spełniają one tak ważne funkcje jak rozkład materii i uwalnianie jonów z martwej tkanki roślin i zwierząt, włączanie ich do obiegu materii, wiązanie azotu atmosferycznego, przetwarzanie struktury gleby i jej detoksykacja. Rozpoznanie różnorodności gatunkowej roślin i zwierząt, wraz z oceną roli tej różnorodności w funkcjonowaniu ekosystemów, nabiera ogromnego znaczenia (CHAPIN i współaut. 2000).

Ostatnie lata zaowocowały również pojawieniem się szeregu nowych wskaźników biologicznych dla oceny stanu gleby, co może mieć znaczenie w tworzeniu właściwej struktury krajobrazu. Najczęściej jako wskaźniki wykorzystywane są małe organizmy glebowe, a ściślej zmiany następujące w strukturze gatunkowej ich zespołów, świadczące o przebiegu i o kierunku zachodzących w ekosystemie procesów (WASILEWSKA 1995a, 1997a).

Prezentowane tu wyniki odnoszą się do wieloletnich, kompleksowych badań prowadzonych zarówno metodą obserwacji, analiz laboratoryjnych, zbioru materiałów, jak i metodą eksperymentów wazonowych w terenie.

Głównym miejscem badań był teren Suwalskiego Parku Krajobrazowego i jego otuliny, jak również pradolina rzeki Biebrzy. Wspomniano też o kilku innych pracach zespołu, mających związek z różnorodnością biologiczną. Przyję-

to w zasadzie formę rejestracji dokonań, a nie wyczerpującą analizę wszystkich wyników, odsyłając zainteresowanych do źródłowych publikacji.

#### UPROSZCZENIE SKŁADU GATUNKOWEGO ROŚLINNOŚCI ŁAKOWEJ

Wybór przez nas, na początku lat 80., jako tematu badań – wpływu uproszczenia zbiorowisk łąkowych na biologię gleby i procesy rozkładu materii, trafił, a nawet nieco wyprzedził, główny nurt światowego zainteresowania. Pracowaliśmy nad nim przez kilka lat (1984–1990) w urokliwym miejscu Polski, jakim jest Suwalszczyzna, my to znaczy zespół ekologów gleby z Instytutu Ekologii PAN, wraz z kooperantami – fitosocjologiem mgr Włodzimierzem Jankowskim z Suwałk, prof. Ignacym Łakomcem, doc. Aliną Kusińską z Katedry Gleboznawstwa SGGW i mikrobiologami z Akademii Rolniczej w Bydgoszczy pod wodzą prof. Ojcumiły Stefaniak i prof. Zofią Ciesielską z Wyższej Szkoły Pedagogicznej w Krakowie, która badała muchówki.

Na Suwalszczyźnie udział łąk i pastwisk w strukturze użytkowania ziemi sięga 24,2%. Znaczna jest także rozpiętość różnorodności łąk, od użytkowanych, różnowiekowych łąk przemianowych (czyli włączonych do płodozmianu rolnego), do łąk trwałych, pozostających przez wiele lat bez ingerencji ludzkiej lub tylko ekstensywnie użytkowanych. Realizacji wybranego tematu sprzyjał fakt występowania blisko siebie łąk o znacznych kontrastach między stopniem zróżnicowania bogactwa gatunkowego szaty roślinnej. Po rozpoznaniu roślinności łąkowej, ocenach produkcji roślinnej i właściwości gleby, prowadziliśmy równocześnie oceny zasiedlenia gleb i runi łąk przez mikroorganizmy i wybrane grupy bezkręgowców, oraz badaliśmy w eksperymencie terenowym szybkość rozkładu wyłożonej w tym celu jednokowej ściółki trawiastej, umieszczonej na takim samym wszędzie, ubogim podłożu. Głównym celem przeprowadzonych przez nas badań nad

różnorodnością było porównanie przebiegu rozkładu materii oraz porównanie zespołów organizmów uczestniczących w tym procesie na łąkach różniących się bogactwem gatunkowym roślin w runi. Bogactwo to było zależne od zaawansowania sukcesji, zmieniało się od 2 gatunków na nowo założonych łąkach, do przeszło 30 na łąkach trwałych.

W badaniach uczestniczyło łącznie 18 osób. Wyniki zostały opublikowane w dwu wersjach – polskiej, złożonej z 23 prac, których wydanie zostało dofinansowane przez Narodowy Fundusz Ochrony Środowiska (KAJAK i WASILEWSKA 1991) i angielskiej złożonej z 20 prac (KAJAK i WASILEWSKA 1997b, WASILEWSKA 1994a). Problem rozkładu ściółki w warunkach gradientowo zwiększającej się różnorodności środowiska był też prezentowany w kilku oddzielnych publikacjach (KAJAK i współaut. 1991; WASILEWSKA 1992, 1994b). Prezentowaliśmy te wyniki także na zjazdach międzynarodowych (Francja, Finlandia, Irlandia) i krajowych, czego efektem były kolejne publikacje (KACZMAREK i współaut. 1995, KAJAK i współaut. 1995, MAKULEC i KUSIŃSKA 1995, WASILEWSKA 1998, WASILEWSKA i KAJAK 1995, KAJAK i WASILEWSKA 1996, WASILEWSKA 1999b). Miło nam było uzyskać wyróżnienie za plakat prezentowany na 6. Europejskim Kongresie Ekologicznym w Marsylii w 1992 r.

Badania przyniosły rozpoznanie flory i fauny łąk Suwalszczyzny, oceny liczebności i biomasy, struktur dominacyjnych, troficznych oraz wskaźników różnorodności biologicznej. Stosując metodę chronosekwencji stanowisk oceniono sukcesję bezkręgowców glebowych i zmiany w procesach mikrobiologicznych zachodzących w miarę starzenia się łąk.

#### RÓŻNORODNOŚĆ RUNI ŁAKOWEJ A RÓŻNORODNOŚĆ ZWIERZĄT

Stwierdziliśmy, że różnorodność fauny glebowej nie powiększa się równolegle z różnorodnością roślinności. Zwierzęta o krótkich cyklach życiowych jak nicienie i skoczogonki, które szybko formują zespoły po zabu-

rzeniach w środowisku, osiągały największą różnorodność w glebie najmłodszych łąk, o bardzo jednorodnej runi. Natomiast różnorodność zwierząt o dłuższych cyklach życiowych, jak roztocze z grupy mechowców (Ori-

batida), muchówki (Diptera) i dżdżownice (Lumbricidae), wzrastała istotnie z wiekiem łąk, a tym samym i z bogactwem gatunkowym roślin (Tabela 1).

Tabela 1. Wskaźnik różnorodności gatunkowej ( $H'$  Shannona-Wienera) w dominujących grupach fauny, na łąkach różniących się wiekiem i liczbą gatunków roślin w runi (wg Ciesielskiej za KAJAK i WASILEWSKA 1997a, KACZMARKA i KAJAK 1997, MAKULCA 1997, PETROVA 1997, STANUSZKA 1997, WASILEWSKIEJ 1997b.)

|                        |     | ŁĄKI |     |  | P      |
|------------------------|-----|------|-----|--|--------|
| Wiek w latach          | 1–3 | 8–10 | >10 |  |        |
| Liczba gatunków roślin | 1–4 | 31   | 35  |  |        |
| Niczenie ogółem*       | 4,2 | 4,4  | 4,3 |  | <0,01  |
| Niczenie bakteriożerne | 0,9 | 0,6  | 0,5 |  | <0,001 |
| Skoczogonki            | 3,7 | 3,0  | 2,8 |  | <0,001 |
| Roztocze (mechowce)**  | 2,4 | 3,3  | 3,5 |  | <0,001 |
| Muchówki **            | 2,2 | 2,3  | 3,2 |  | <0,001 |
| Dżdżownice             | 0,2 | 1,4  | 1,5 |  | <0,001 |

P – poziom istotności różnic między łąką 1–3 letnią a łąką > 10 lat, \*różnorodność rodzajów, \*\*formy dorosłe. Porównane łąki należą do rzędu Arrhenatheretalia

## ROZKŁAD ŚCIOŁKI

Rozkład materii był śledzony w eksperymencie terenowym. Na każdej z łąk wyłożone zostały woreczki z siatki, zawierające ściółkę (po 10 g), złożoną z nadziemnych części trawy kupkówki. Ściółkę rozmieszczono na powierzchni wkopanych w ziemię pojemników wypełnionych piaskiem, po 90 na każdej z łąk. Analiza rozkładu polegała na ocenie ubytku masy wyłożonej ściółki i pomiarach akumulacji węgla organicznego w ubogim, wprowadzonym podłożu, podścielającym ściółkę. Stwierdzono, że największa akumulacja węgla zachodziła na łąkach wieloletnich, najmniejsza na łąkach najmłodszych, przy czym różnice były większe w seriach eksperymentu z wyłożoną ściółką (Tabela 2) (KAJAK i współaut. 1991, KAJAK i WASILEWSKA 1997a). Znając skład taksonomiczny, liczebność i różnorodność zespołów organizmów zasiedlających ściółkę,

poszukiwaliśmy grup organizmów, którym można było przypisać sprawczą rolę w zróżnicowaniu owych przyrostów próchnicy (węgla) na różnych łąkach. W zasadzie tylko w odniesieniu do dżdżownic wykazano bezpośrednią zależność między bogactwem gatunkowym ich zespołu a ilością przetwarzanego przez nie węgla. Wzrost różnorodności polegał bowiem w tej grupie na zwiększającym się udziale gatunków żerujących w pobliżu powierzchni gleby, w warstwie zasobnej w nie rozłożone szczątki roślinne. Taki sposób żerowania powoduje wysoką zawartość węgla w koprolitach i w rezultacie zwiększenie ilości węgla wprowadzanego przez te zwierzęta do gleby, na starszych, bardziej zróżnicowanych łąkach (Tabela 2). W naszym eksperymencie ilość węgla wprowadzonego do gleby z koprolitami dżdżownic wynosiła 78, 504 i 402 g C m<sup>-2</sup> sezon<sup>-1</sup>

Tabela 2. Przyrost zawartości węgla organicznego i frakcji próchnicy (mg C/ 100 g piasku w warstwie 0–20cm) w ciągu 11-tu miesięcy w serii doświadczeń z piaskiem (seria P) i z piaskiem przykrytym ściółką (seria P+Sc) na łąkach zróżnicowanych wiekiem (wg KUSIŃSKIEJ 1997).

| Seria P       |       |                |                |      | Seria P + Sc |                |                |       |
|---------------|-------|----------------|----------------|------|--------------|----------------|----------------|-------|
| Wiek w latach | Corg. | C <sub>H</sub> | C <sub>F</sub> | Po   | Corg.        | C <sub>H</sub> | C <sub>F</sub> | Po    |
| 1             | 40,6  | 7,8            | 16,4           | 16,5 | 63,6         | 11,9           | 19,4           | 32,3  |
| 5             | 43,4  | 8,7            | 16,4           | 18,2 | 123,8        | 13,9           | 29,9           | 80,0  |
| >10           | 68,8  | 12,2           | 23,8           | 32,8 | 163,0        | 22,7           | 36,2           | 104,1 |

Corg. – węgiel organiczny, C<sub>H</sub> – węgiel kwasów huminowych, C<sub>F</sub> – węgiel kwasów fulwowych, Po – węgiel w resztkach organicznych nieshumifikowanych i w huminach

odpowiednio na łące 1–3 letniej, 8–10, letniej i łące trwałej (> 10 lat) (MAKULEC i KUSIŃSKA 1997). Nie udało się ustalić bezpośredniego związku między różnorodnością innych grup zwierząt a przebiegiem rozkładu materii. W składzie gatunkowym licznie reprezentowanych zwierząt takich jak skoczogonki (Collembola), mechowce (Oribatida), nicienie (Nematoda) nie stwierdzono wyraźnych i powtarzających się w kolejnych latach różnic, którym

neralizacja wyłożonej ściółki (BOGDANOWICZ i SZANSER 1997).

W glebie biomasa zwierząt powiększa się w miarę upływu czasu od założenia łąki. Szczególnie duże różnice występują w biomacie zwierząt stymulujących procesy humifikacji materii, takich jak larwy muchówek z rodzin Tipulidae i Bibionidae oraz dżdżownice (Lumbricidae), których biomasa jest kilka razy większa na trwałej łące (Tabela 3). Widoczne to jest

Tabela 3. Średnia biomasa bezkręgowców (mg s.m. m<sup>-2</sup>) w glebie łąk różniących się wiekiem i bogactwem gatunkowym runi. Dane za rok 1989 (wg autorów podanych w Tabeli 1).

| Takson           | Wiek łąk w latach<br>1–2 (A) | 8–9 (B) | > 10 (C) | C/A  |
|------------------|------------------------------|---------|----------|------|
| Nicienie         | 147a                         | 364 a   | 261 a    | 1,8  |
| Skoczogonki      | 192,0 a                      | 545,1 b | 172,5 a  | 0,90 |
| Mechowce         | 60 a                         | 52 b    | 136 c    | 2,27 |
| Muchówki (larwy) | 244,9 a                      | 362,5 b | 936,0 c  | 3,82 |
| Dżdżownice       | 1540 a                       | 6440 b  | 3450 c   | 2,24 |
| Ogółem           | 2624 a                       | 8479 b  | 5507 c   | 2,1  |

Istotność różnic oceniana testem *t*-Studenta i nieparametrycznym testem Wilcoxon (SIEGEL 1956). Wartości z tą samą literą w danym wierszu świadczą o nieistotnych różnicach między łąkami.

można by przypisać odpowiedzialność za odmienny przebieg rozkładu na starszych łąkach. Ściółka wyłożona na najmłodszej łące zostaje najszybciej i najobficiej, w porównaniu z innymi łąkami, zasiedlona przez bakterie, w tym także promieniowce, podczas gdy kolonizacja przez zwierzęta jest opóźniona (KACZMAREK i KAJAK 1997; KAJAK i WASILEWSKA 1997a, b; STEFANIAK i współaut. 1997). Stwierdzono też, że na najmłodszej łące najszybciej zachodzi mi-

także w zasiedlaniu wprowadzonego na łąki ubogiego podłoża.

Obecnie nasila się tendencja do wykorzystywania nowoczesnych technik do szukania powiązań między grupami organizmów a procesami glebowymi. Przypomnę, że jednym z końcowych postulatów na ostatnim Międzynarodowym Kolokwium Zoologów Gleby w Czeskich Budziejowicach w 2000 r. było włączenie badań molekularnych do analizy ekosystemu.

#### MONOKULTURA A MIESZANKA ROŚLIN – EKSPERYMENT WAZONOWY

Dla potwierdzenia wyników badań terenowych nad wpływem różnorodności gatunkowej roślin na funkcjonowanie fauny glebowej i rozkład materii przeprowadzony został eksperyment wazonowy. W warunkach naturalnych bogactwo gatunkowe szaty roślinnej było zależne od wieku łąk, wzrastając wraz z postępującą sukcesją. Chcieliśmy, dzięki porównaniu wazonów równocześnie obsianych jednym gatunkiem trawy (*Dactylis glomerata*) lub mieszanką złożoną z sześciu gatunków traw, uwolnić się od czynnika czasu. Eksperyment (1986–1989) został założony na terenie poletka doświadczalnego SGGW w kooperacji z prof. Henrykiem Pawłatem (SGGW). Zróżnicowano też wilgotność i żyzność gleby (przez

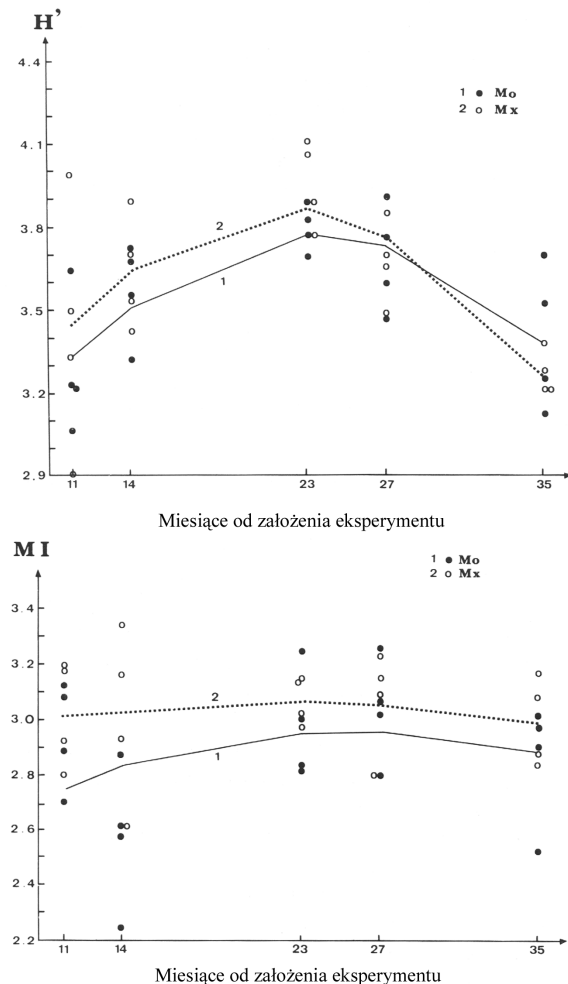
wprowadzenie koprolitów dżdżownic). Analizowaliśmy właściwości gleby, wielkość produkcji roślinnej i zawartość pierwiastków w roślinach, szybkość rozkładu ściółki, zawartość jonów w przesączach glebowych, skład i liczebność głównych grup mikroflory i takich zwierząt jak nicienie, skoczogonki, wazonkowce, dżdżownice. W ciągu trzech lat badań produkcja roślinna w wazonach o wielogatunkowym składzie roślin sukcesywnie narastała, co spowodowało zubożenie gleby, a także mniejszą zawartość azotu i fosforu w roślinach tego wariantu (PAWŁAT i MAKULEC 1991, MAKULEC i PILIPIUK 2000). Uzupełnienie braków byłoby ingerencją w układ, czego nie chcieliśmy robić. Pomimo więc, że ekspery-

ment był trzyletni, można było oprzeć niektóre porównania jedynie na pierwszym roku badań, a w dłuższym okresie ewentualnie na wariancie nawożonym koprolitami. W pierwszym roku badań, podobnie jak to było na łąkach, stwierdzono w wariancie z wielogatunkowym składem traw większą niż w monokulturze, zawartość węgla ogólnego, a także kwasów huminowych i fulwowych. W następnych latach jednak sytuacja się odwróciła (KUSIŃSKA 1991). W dwu pierwszych latach, także podobnie jak na nowych łąkach, istotnie większa była w monokulturze liczebność bakterii (KAJAK i współaut. 1995).

### FAUNA JAKO INDYKATOR STANU GLEBY

Fauna glebowa dzięki temu, że w sposób bardzo wrażliwy reaguje na zróżnicowanie warunków siedliskowych może służyć do oceny tzw. „ekologicznego zdrowia i kondycji gleby”. Wprowadzone zostały wskaźniki biotyczne, które pozwalają ocenić fizyczne, chemiczne i biologiczne właściwości gleby, oraz zmiany przebiegu procesów glebowych. Głównie trzy grupy bezkręgowców brane są pod uwagę jako wskaźnikowe, a mianowicie nicianie, skoczogonki i roztocze. Najbardziej użyteczne dla tych celów okazały się dotychczas nicianie. Atrybutami ich wskaźnikowej roli jest możliwość wyróżnienia przynajmniej pięciu grup troficznych czy też funkcjonalnych – są pasożytami roślin (fakultatywnymi lub obligatoryjnymi), destruentami (jako bakterio- i grzybożerce) i drapieżcami. Mogą być też wszytkożerne. Są wszędobylskie, mogą na przykład występować w glebie pozbawionej roślin. Łatwo można je pozyskać z gleby, a także po niewielkim szkoleniu, personelu nawet technicznego, łatwo rozpoznawać grupy funkcjonalne (tak przynajmniej uważają holenderscy nematolodzy). Szczególnego znaczenia nabrał wspomniany już wskaźnik dojrzałości zespołów (ang. maturity index MI) opracowany dla niciani glebowych przez BONGERSA (1990). Opiera się on na różnorodności strategii życiowych gatunków, lub wyższych jednostek taksonomicznych. Zjawisko r-K strategii znane jest od dawna (PIANKA 1970) i jest to po prostu sposób wykorzystywania przez gatunek zasobów przyrody. Poszczególne jednostki taksonomiczne niciani na podstawie strategii życiowych zostały zaklasyfikowane do grup, którym nadano odpowiednie rangi od 1 do 5. Rangę 1

Wyższa w wazonach z mieszanką traw okazała się różnorodność gatunkowa zespołów niciani (WASILEWSKA 1995b), skoczogonek (OLEJNICZAK 2000) i wazonkowców (MAKULEC i PILIPIUK 2000). Posługując się wskaźnikiem dojrzałości zespołów (scharakteryzowanym niżej) wykazano, że zespoły niciani rozwijające się w glebie wariantu z mieszanką roślin znajdują się na bardziej zaawansowanym etapie sukcesji, niż te, które rozwijają się w układzie jednogatunkowym. Ponadto w monokulturze liczniejsze były nicianie pasożyty roślin. Taki stan rzeczy utrzymywał się w ciągu trzech lat trwania doświadczenia (Ryc. 1).



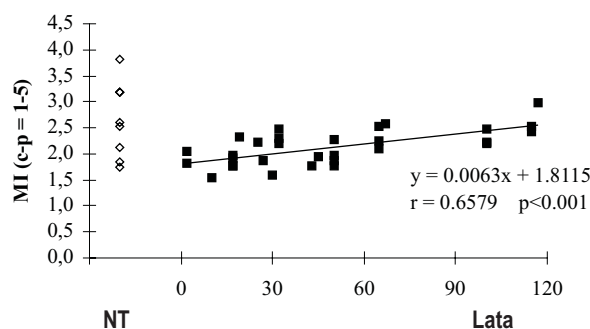
Ryc. 1. Przebieg wskaźnika różnorodności rodzajowej ( $H'$ ) i wskaźnika dojrzałości zespołu niciani (MI) w glebie wazonów obsianych jednym gatunkiem trawy (Mo) i wielogatunkowym zestawem traw (Mx) (wg WASILEWSKIEJ 1995b).

nadano grupie kolonizatorów (ang. colonisers, c) (krótkie cykle życiowe, wysoki stopień reprodukcji, tolerancja na zakłócenia), rangę 5 nadano gatunkom trwałym (ang. persisters, p) (długie cykle życiowe, słaba zdolność kolonizowania, mała ilość potomstwa, wrażliwość na zakłócenia). Pozostałe taksony zajęły pozycje pośrednie na skali *c-p*. Formuła wskaźnika dojrzałości jest następująca:

$$\sum vi/pi$$

gdzie *vi* jest wartością na skali *c-p* dla *i*-tego taksonu, a *pi* jest proporcją *i*-tego taksonu w całym zespole.

Wskaźnik dojrzałości można traktować jako miarę sukcesyjnej dojrzałości ekosystemu, (a zatem jako miarę od przewagi produktywności do przewagi wydajności systemu), zaś skażenia i występujące zakłócenia w środowisku,



jako odkształcenia od naturalnego przebiegu sukcesji. Wskaźnik pozwala ocenić jakość środowiska, wiek roślinności i zaawansowanie sukcesji, intensywność prowadzonych zabiegów, jak też regenerację ekosystemu po

ustąpieniu czynnika stresującego. W literaturze światowej, począwszy od 1990 r. można doliczyć się już około 500 prac operujących tym wskaźnikiem. Wskaźnik został zastosowany w szeregu prac naszego zespołu, np. do oceny przebiegu sukcesji wtórnej po odwodnieniu torfowisk (Ryc. 2) (WASILEWSKA 1994b, 2002), i po zagospodarowaniu łąk (WASILEWSKA 1994a), sukcesji na rozkładającej się ściółce (PETROV 2000), oceny reakcji zespołu na wielkość produkcji korzeni (WASILEWSKA 1999a) i na penetrację powierzchni gleby przez drapieżne, duże stawonogi (WASILEWSKA 2000). Wykorzystany został też w analizie stanu gleby i procesów glebowych (WASILEWSKA 1995a, 1997a, b 1998) i w ocenie skutków uproszczenia roślinności (WASILEWSKA 1995b), skażenia środowiska kwaśnymi deszczami (WASILEW-

Ryc. 2. Zmiany wskaźnika dojrzałości zespołu nienicienia (MI) w ciągu sukcesji wtórnej po odwodnieniu torfowisk niskich i ich łąkowym zagospodarowaniu (wg WASILEWSKIEJ 2002).

Lata po odwodnieniu wynikają zarówno z chronosekwencji stanowisk badawczych, jak i powtórnego badania tych samych stanowisk po 15 latach. NT – stanowiska naturalne, nie odwodnione, wprowadzone dla porównania.

SKA 1996), degradacji środowiska (WASILEWSKA 1999b). Wskaźnik może mieć też zastosowania praktyczne dla oceny stanu gleby np. w rolnictwie, leśnictwie, w ocenie efektów przeprowadzonej rekultywacji.

## WNIOSKI

Do praktycznych wniosków wynikających z badań nad różnowiekowymi łąkami Suwalszczyzny można zaliczyć postulat poszerzenia arealu kilkuletnich łąk przemianowych (włączonych do płodozmianu) i łąk trwałych, aby uzyskać dzięki temu zwiększenie retencji próchnicy w glebie.

Stwierdzenie faktu, że sukcesja przebiega szybciej w uprawie wielogatunkowej, niż w monokulturze, co ustalono za pomocą bioindykacji przez nienicie glebowe, znalazło uznanie

w światowych opracowaniach nad różnorodnością biologiczną.

Proponuje się wykorzystanie wskaźnika dojrzałości zespołu oceniającego stan gleby do wykorzystania w praktyce. Ma to już miejsce w niektórych krajach np. w Holandii, Stanach Zjednoczonych.

Świadomość braku lepszego rozeznania różnorodności gatunkowej bakterii i grzybów glebowych nasuwa propozycję prowadzenia badań w tym kierunku.

## INFLUENCE OF SIMPLIFICATION OF MEADOWS PLANT AGGLOMERATIONS ON SOIL BIOLOGY AND DECOMPOSITION PROCESSES. BIOINDICATIVE ROLE OF SOIL FAUNA

## S u m m a r y

Species diversity of plants declines recently in many ecosystems. Searching for the reasons of this phenomenon was the subject of our study. The main study area was located in North-Eastern Poland on the meadows within the Suwałki Landscape Park and its buffer zone, and supplemented by studies in other places. The results presented were collected during long-term interdisciplinary studies, consisting of observations, collecting samples, laboratory analyses and mesocosm experiments. The recognition of functional significance of sward species richness was done through analysis of differences in soil invertebrate communities and of the decomposition pattern in meadows at different stages in secondary succession. Sward species richness increased with increased age of meadows, from young meadows (grass monocultures) to permanent meadows (about 30 plant species). The role of animals in the transformation of organic substances and in the nutrient storage

was also investigated. We concluded that it would be reasonable to increase the area of old leys and permanent meadows for more efficient regeneration of organic matter in cultivated soils.

Any detrimental effect to soil biodiversity becomes evident above ground in the form of changes in the habitat. Biological indicators appear to provide an integrated measure of the severity of impact of these effects on soil. The maturity index (MI) provides a measure of successive maturity. Considering pollution and perturbations in an ecosystem as distortions of the natural process of succession, facilitates assessment of the quality of environment differing in the vegetation type, plant age, management regime and the temporal effect of stress. Thus, it becomes possible to evaluate the return to the previous state following the disappearance of an induced stress. Examples of using maturity index in evaluating biodiversity in our studies are presented.

## LITERATURA

- BOGDANOWICZ L., SZANSER M., 1997. *The decomposition rate of Dactylis glomerata grass litter in meadow ecosystems differing in age and management*. Ekol. Pol. 45, 647–663.
- BONGERS T., 1990. *The maturity index: an ecological measure of environmental disturbance based on nematode species composition*. Oecologia 83, 14–19.
- CHAPIN III F. S., ZAWALETA E. S., EVINER V. T., NAYLOR R. L., VITOUSEK P. M., REYNOLDS M. L., HOOPER D. V., LAVOREL S., SALA O. E., HOBBI E., MACK M. C., DZIAZ S., 2000. *Consequences of changing biodiversity*. Nature 405, 234–242.
- COLEMAN D. C., HENDRIX P. F. (red.) 2000. *Invertebrates as webmasters in ecosystems*. CABI Publishing.
- HÄGVAR S., 1998. *The relevance of the Rio-Convention on biodiversity to conserving the biodiversity of soils*. Appl. Soil Ecology 9, 1–8.
- KACZMAREK M., KAJAK A., 1997. *Microarthropods and decomposition processes in meadows of various plant species richness*. Ekol. Pol. 45, 795–813.
- KACZMAREK M., KAJAK A., WASILEWSKA L., 1995. *Interactions between diversity of grassland vegetation, soil fauna and decomposition processes*. Acta Zool. Fennica 196, 236–238.
- KAJAK A., MAKULEC G., BOGDANOWICZ L., CHMIELEWSKI K., KACZMAREK M., KUSIŃSKA A., ŁAKOMIEC I., 1991. *Experimental studies on the decomposition of Dactylis glomerata L. grass litter on meadows varying in the complexity of vegetation*. Ekol. Pol. 39, 113–134.
- KAJAK A., MAKULEC G., WASILEWSKA L., 1995. *Influence of plant diversity on soil organisms and soil processes in grasslands. 2. Field and lysimetric experiments* [W:] *Functioning and dynamics of natural and perturbed ecosystems*, BELLAN D., BONIN G., EMIG C. (red.). Lavoisier Publishing, Paris, 454–467.
- KAJAK A., WASILEWSKA L., 1991. *Różnorodność roślinności i jej konsekwencje dla ekosystemu łąkowego – Różnowiekowe łąki Suwalszczyzny*. Wyd. SGGW, Warszawa.
- KAJAK A., WASILEWSKA L., 1996. *Różnorodność gatunkowa organizmów a przebieg rozkładu materii w glebach uprawnych*. [W:] *Różnorodność biologiczna: pojęcia, oceny, zagadnienia ochrony i kształtowania*. Zeszyty Naukowe Komitetu „Człowiek i Środowisko” 15, 129–144.
- KAJAK A., WASILEWSKA L., 1997a. *Changes in meadow ecosystems as consequence of secondary succession and plant diversity (synthesis of research)*. Ekol. Pol. 45, 839–859.
- KAJAK A., WASILEWSKA L., 1997b. *Plant and animal diversity, succession and decomposition processes in grasslands: case studies in Suwałki Landscape Park (North-Eastern Poland)*. Pol. J. Ecol. 45, 3–4.
- KUSIŃSKA A., 1991. *Substancja organiczna w glebie pod uproszczonym i wielogatunkowym zbiorowiskiem łąkowym w 3-letnich badaniach lizymetrycznych*. Sprawozdanie z badań Centralnego Programu Badań Podstawowych 04.10, maszynopis, Instytut Ekologii PAN.
- KUSIŃSKA A., 1997. *Humification of grass litter on age-differentiated meadows in the Suwałki Landscape Park (North-Eastern Poland)*. Ekol. Pol. 45, 665–671.
- MAKULEC G., 1997. *Density and biomass of earthworms (Lumbricidae) on leys and permanent meadows*. Ekol. Pol. 45, 815–823.
- MAKULEC G., KUSIŃSKA A., 1995. *The role of earthworms in humus formation on grasslands*. Acta Zool. Fennica 196, 80–82.

- MAKULEC G., KUSIŃSKA A., 1997. *The role of earthworms (Lumbricidae) in transformations of organic matter and in the nutrient cycling in the soils of ley meadows and permanent meadows*. Ekol. Pol. 45, 825–837.
- MAKULEC G., PILIPIUK I., 2000. *Influence of plant diversity and earthworm casts on the abundance and species composition of the enchytraeids (Oligochaeta: Enchytraeidae) in a lysimetric experiment*. Pol. J. Ecol. 48, 185–193.
- OLEJNICZAK I., 2000. *Effect of simplification of grass cultures and soil conditions on Collembola (Apterygota) communities in a lysimetric experiment*. Pol. J. Ecol. 48, 209–224.
- PANKHURST C., DOUBE B., GUPTA V. V. S. R., (red.) 1997. *Biological indicators of soil health*. CAB International.
- PAOLETTI M. G., (red.) (1999, 2001). *Invertebrate biodiversity as indicator of sustainable landscapes (Practical use of invertebrates to assess sustainable land use)*. Elsevier, Amsterdam, Tokyo.
- PAWŁAT H., MAKULEC G., 1991. *Wpływ uproszczonego i wielogatunkowego zbiorowiska łąkowego na bilans azotu i składników mineralnych w ekosystemie*. Sprawozdanie z badań Centralnego Programu Badań Podstawowych 04.10, maszynopis Instytut Ekologii PAN.
- PETROV P., 1997. *The reactions of communities of oribatid mites to plant succession on meadows*. Ekol. Pol. 45, 781–793.
- PETROV P., 2000. *Przemiany w zespołach mechowców (Acari, Oribatida) zasiedlających glebę i ściółkę na tle sukcesji roślinności łąkowej*. Praca Doktorska, Instytut Ekologii PAN.
- PIANKA E. R., 1970. *On r- and K-selection*. American Naturalist 104, 592–597.
- SIEGEL S., 1956. *Nonparametric statistics for the behavioral sciences*. McGraw-Hill Book Company, Inc. New York, Toronto, London.
- STANUSZEK S., 1997. *Species composition, functional groups and structure of the saprophagous nematodes of age-differing grasslands in a postglacial region (Suwałki Landscape Park, North-Eastern Poland)*. Ekol. Pol. 45, 733–754.
- STEFANIAK O., ŚLIZAK W., GORLACH K., 1997. *Microflora colonizing grass litter exposed in bags on differently-aged meadows*. Ekol. Pol. 45, 695–708.
- WASILEWSKA L., 1992. *Participation of soil nematodes in grass litter decomposition under diverse biocenoctic conditions of meadows*. Ekol. Pol. 40, 75–100.
- WASILEWSKA L., 1994a. *The effect of age of meadows on succession and diversity in soil nematode communities*. Pedobiologia 38, 1–11.
- WASILEWSKA L., 1994b. *Changes in biotic indices in meadow ecosystems after drainage of fens* [W:] „Conservation and management of fens”. Proc. Intern. Symp. June 6–10, 1994, Warsaw – Biebrza, Poland – Institute for Land Reclamation and Grassland Farming in Falenty, 407–416.
- WASILEWSKA L., 1995a. *Nicień glebowe jako wskaźniki procesów ekologicznych*. Przegląd Zoologiczny 39, 203 – 212.
- WASILEWSKA L., 1995b. *Differences in development of soil nematode communities in single- and multi-species grass experimental treatments*. Appl. Soil Ecol. 2, 53–64.
- WASILEWSKA L., 1996. *The influence of acid rain on soil nematode communities: a comparison of contaminated habitats in the belt of the Karkonosze and Izerskie Mountains (South-West Poland) with uncontaminated areas in other regions of Poland*. Ekol. Pol. 44, 73–110.
- WASILEWSKA L., 1997a. *Soil invertebrates as bioindicators, with special reference to soil-inhabiting nematodes*. Russ. J. Nematol. 5, 113–126.
- WASILEWSKA L., 1997b. *The relationship between the diversity of soil nematode communities and the plant species richness of meadows*. Ekol. Pol. 45, 719–732.
- WASILEWSKA L., 1998. *Changes in the proportions of groups of bacterivorous soil nematodes with different life strategies in relation to environmental conditions*. Appl. Soil Ecol. 9, 215–220.
- WASILEWSKA L., 1999a. *Soil nematode response to root production in grasslands on fen peat soils*. Pol. J. Ecol. 47, 231–246.
- WASILEWSKA L., 1999b. *Wykorzystanie znajomości ekologii nicieni glebowych dla ocen odkształcenia i degradacji środowiska naturalnego*. Parki Narodowe i Rezerваты Przyrody 18, 19–27.
- WASILEWSKA L., 2000. *The effect of macroarthropods patrolling soil surface on soil nematodes: a field experiment in a mown meadow*. Pol. J. Ecol. 48, 327–338.
- WASILEWSKA L., 2002. *Post drainage secondary succession of soil nematodes on fen peat meadows in Biebrza Wetlands, Poland*. Pol. J. Ecol. 50, 269–300.
- WASILEWSKA L., KAJAK A., 1995. *Influence of plant diversity on soil organisms and soil processes in grasslands. Field study*. [W:] *Functioning and dynamics of natural and perturbed ecosystems*. BELLAN D., BONIN G., EMIG C. (red.). Lavoisier Publishing, Paris, 439–453.