

GRAŻYNA MADEJ

Katedra Ekologii

Uniwersytet Śląski

Bankowa 9, 40-007 Katowice

e-mail: gmadej@us.edu.pl

ROZTOCZE MESOSTIGMATA (ARACHNIDA, ACARI) JAKO DOBRY WSKAŹNIK STADIÓW SUKCESYJNYCH HAŁD

WSTĘP

Wykształcenie gleb na hałdach jest przede wszystkim procesem biologicznym. Powolne kształtowanie i intensyfikacja procesów glebotwórczych nie mogą obyć się tam bez udziału fauny glebowej. Poznanie mechanizmów zasiedlania i opis stopniowego formowania zgrupowań zwierząt glebowych na podłożu niemal pozbawionym życia jest jed-

nym z bardziej interesujących problemów w ekologii gleby.

Pomimo, że roztocze (Acari) są jedną z najliczniej reprezentowanych grup organizmów glebowych ich rola w tym procesie jest często pomijana. Do tej pory nie były one w pełni wykorzystywane do określania stadiów sukcesyjnych nieużytków poprzemysłowych.

GLEBOWE ROZTOCZE MESOSTIGMATA (GAMASIDA)

Roztocze w procesie ewolucji wykorzystwały różne możliwości adaptacyjne. Prawdopodobnie przyczyną powstawania dużej różnorodności w sposobie pobierania pokarmu, sposobach zaplemnienia czy różnej budowy systemu oddechowego były czynniki ekologiczne (BŁASZAK 2000). Dużą różnorodnością przystosowań form, typów odżywiania (trofii), reprodukcji oraz zróżnicowaniem morfologicznym cechują się roztocze z rzędu Mesostigmata (Gamasida). Z całego świata znanych jest około 6000 gatunków (ALBERTI i COONS 1999). Są wśród nich szybko poruszające się wolno żyjące formy drapieżne (glebowe i naziemne (tzw. epigeiczne), roślinożerne (glebowe) i pasożytnicze. Najliczniej w glebie występują roztocze z podrzędów Gamasina i Uropodina. Glebowe roztocze z podrzędu Gamasina są w większości typowymi drapieżnikami. Posiadają kleszczowate cheli-

cery, których ukształtowanie wskazuje na rodzaj pobieranego pokarmu (BURYŃ i BRANDL 1992) (Ryc. 1). Odżywiają się skoczogonkami, innymi roztoczami, nicieniami, wazonkowcami, jajami, larwami i poczwarkami owadów. Dzięki pozycji na końcu łańcucha troficznego odgrywają istotną rolę w regulacji liczebności ofiar i w przepływie energii. Nie biorą bezpośredniego udziału w procesach glebotwórczych, nie zmieniają struktury gleby, ale dzięki możliwości szybkiego poruszania się mają duży udział w wymieszaniu materii organicznej i kolonizacji gleby przez bakterie i grzyby.

Niejednorodność środowiska glebowego spowodowała przywiązanie pewnych gatunków Gamasina do określonego poziomu w profilu glebowym. W trakcie ewolucji tych roztoczy wykształciły się adaptacje morfologiczne, w wyniku których powstały różne formy życio-



Ryc. 1. *Geholaspis mandibularis*, chelicery.

we w zależności od pionowego rozmieszczenia w glebie (Tabela 1). Bardzo drobne, wolniej poruszające się, żyjące w głębszych war-

Roztocze z podrzędu Uropodina to głównie formy odżywiające się grzybami (mykofagiczne), bakteriami (bakteriofagiczne), mate-

Tabela 1. Formy życiowe Gamasina w zależności od rozmieszczenia pionowego

	Hemiedafon	Euedafon
Rozmieszczenie pionowe	poziomy organiczne gleby (większe przestwory międzyglebowe)	głębiej leżące poziomy mineralne (mniejsze przestwory międzyglebowe)
Wielkość ciała	0,8–1,5 mm, owalne (Ryc. 3)	0,25–0,5 mm, wydłużone (Ryc. 2)
Odnóża	długie, szybko poruszają się	krótsze, wolniej poruszają się
Barwa	brązowa	biaława, żółto-biaława, różowa
Sklerotyzacja	mocno sklerotyzowane	słabo lub średnio sklerotyzowane
Preferencje pokarmowe	głównie Arthropoda	głównie Nematoda
Model reprodukcji	biseksualny	partenogeneza
Preferencje środowiskowe	biotopy leśne	biotopy „otwarte”
Strategia życiowa	K	r (z wyjątkiem Rhodacaridae – RUF 1997)
Metabolizm	wysoki	niski

stwach gleby formy są jasno ubarwione, posiadają miękkie ciało, zredukowaną liczbę szczecin i krótsze odnóża. Według klasyfikacji fauny gleb są to zwierzęta euedaficzne (euedafon) (GÓRNY 1975) (Ryc. 2). Do grupy zwierząt hemiedaficznych (hemiedafon) należą formy żyjące w ściółce i w wierzchnich warstwach gleby. Roztocze żyjące w takim środowisku są większe, brunatne, o twardej okrywie ciała z liczniejszymi szczecinkami i dłuższymi odnóżami. Twarda okrywa ciała chroni je przed nadmierną utratą wody oraz wpływem niekorzystnych czynników. Szybko poruszają się w poszukiwaniu ofiar, którymi są głównie skoczogonki i inne roztocze (Tabela 1; Ryc. 3).



Ryc. 2. *Rhodacarellus silesiacus*, samica, strona brzuszna.



Ryc. 3. *Pergamasus crassipes*, samica, strona grzbietowa.

rią organiczną (saprofagiczne) oraz nicieniami (nematofagiczne) (ALBERTI i COONS 1999). Nazywane są „żółwiami glebowymi” ze względu na owalny, talerzowaty kształt ciała, z ukrytymi w zagłębieniach krótkimi nogami, silną sklero-

tyzację i wolne poruszanie się. Występują w dużej liczbie w glebach zasobnych w materię organiczną, z licznymi przestworami międzyglebowymi (Ryc. 4).



Ryc. 4. *Uropodina*, samica strona brzuszna.

ZNACZENIE GLEBOWYCH ROZTOCZY MESOSTIGMATA W BIOINDYKACJI

Przez dłuższy czas uważano, że, ze względu na zdolność szybkiego poruszania się, roztocze Gamasina nie mogą być wskaźnikami ekologicznymi. Pogląd ten zmieniły badania m. in.: GLOCKEMANNA i LARINKA (1989), SCHULZA (1991), KARGA (1994), KARGA i FREIERA (1995) oraz RUF (1997). Dzięki pozycji na końcu łańcucha troficznego, bogactwu gatunkowemu, umiarkowanemu zagęszczeniu oraz łatwości pozyskiwania z prób, uważane są one za dobre indykatory stanu gleby. Są czułe na zmiany różnych czynników, w tym antropogenicznych (KOEHLER 1999).

Również roztocze *Uropodina* mogą pełnić rolę wskaźników ekologicznych. Ich rozwój zależy głównie od dostępności pokarmu i biolo-

gicznej aktywności gleby. Materia organiczna bogata w destruenty (destruenci – organizmy rozkładające substancje organiczne do związków nieorganicznych, np. bakterie, grzyby), z intensywną aktywnością mikrobiologiczną, stanowi dla nich główną bazę pokarmową i przestrzeń życiową. Stanowią bardzo czuły wskaźnik biologicznej aktywności gleby i są indykatorami „niezaburzonych”, dojrzałych gleb (KARG 1986, ATHIAS-BINCHE 1989).

Obecnie trwają badania nad reakcją poszczególnych gatunków i zgrupowań na zmiany środowiska. W ocenach tych wykorzystuje się zmiany liczebności, składu gatunkowego, oraz analizuje się zgrupowania roztoczy w oparciu o ich strukturę dominacji, stałości,

zróznicowanie morfoekologiczne, typy odżywiania, model reprodukcji, preferencje środowiskowe. Podjęto również badania historii życia roztoczy (historia życia, zwana też stylem życia – czasowy wzorzec wzrostu i reprodukcji) (SIEPEL 1994, 1995; RUF 1998). Może to być również jeden ze sposobów na określenie stopnia zaburzenia środowiska. W oparciu o strate-

gie życiowe roztoczy Gamasina (strategie życiowe to genetycznie uwarunkowane cechy osobników, które zapewniają gatunkom utrzymanie się w konkretnym środowisku) RUF (1998) zaproponowała „wskaźnik dojrzałości”, który określa stopień zaawansowania sukcesji i zaburzenia środowiska w glebach leśnych.

ROZWÓJ ZGRUPOWAŃ ROZTOCZY MESOSTIGMATA NA HAŁDACH

Proces sukcesji na hałdach został lepiej poznany w przypadku organizmów glebowych, mających duże znaczenie w procesach rozkładu materii organicznej.

Badania nad sukcesją roztoczy Mesostigmata na hałdach kopalnictwa węglowego zapoczątkowali MADEJ (1990) i CHRISTIAN (1993).

Analiza zmian cech morfoekologicznych, preferencji troficznych, środowiskowych i modelu reprodukcji w trakcie rozwoju zgrupowań, może być pomocna przy wyróżnianiu etapów sukcesji roztoczy na hałdach.

Zgrupowania roztoczy Mesostigmata podlegają sukcesji ekologicznej równolegle do sukcesji zespołów roślinnych. Według ewolucyjnych ekologów kierunek rozwoju i organizacja zgrupowań w tym procesie jest wynikiem współwystępowania gatunków o różnych strategiach życiowych.

Zgrupowania pionierskie i późniejszych stadiów sukcesyjnych wykazują różne strategie eksploatacji środowiska. Pionierskie zgrupowania zdominowane są przez kolonizatorów, którzy w mocno zmieniającym się środowisku nagich lub słabo pokrytych inicjalną roślinnością hałd, charakteryzują się niskim zagęszczeniem i małą liczbą gatunków. Niewielka różnorodność gatunkowa, wysoka dominacja jednego lub dwóch gatunków (superdominanty) oraz mała częstość występowania w próbach glebowych świadczą o tworzeniu pionierskiego zgrupowania.

Kolonizacja hałd następuje dzięki zdolności roztoczy do dyspersji. Zdolności te zależne są od rozrodczości, możliwości biernego transportu lub aktywnego przemieszczania (DUNGER 1989). Wprawdzie roztocze Gamasina szybko się poruszają, jednak ich zdolności przemieszczania się na większe odległości są ograniczone. Niektóre gatunki wykorzystują owady, gryzonie lub ptaki jako środek ułatwiający im przenoszenie się do nowych środowisk. Niektóre roztocze Gamasina i Uro-

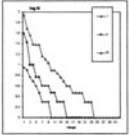
podina wykazują zdolności foretyczne (forezja – wykorzystanie w sposób czynny lub bierny osobników jednego gatunku, jako środka transportu dla gatunku drugiego) najczęściej na owadach (Diptera i Coleoptera). Forezja może być jednym ze sposobów zasiedlania nowych środowisk. Jednym z pionierskich gatunków o dużych zdolnościach do dyspersji i wysokiej reprodukcji jest *Arctoseius cetratus*. Jest on dzięki forezji na Sciaridiae zdolny do szybkiego zasiedlania świeżo usypanych hałd.

Roztocze mogą być przenoszone biernie również przez wiatr lub przypadkowe przyczepienie do drobnych gryzoni albo ptaków. Jedną z możliwości kolonizacji hałd jest wprowadzenie roztoczy razem z nawożoną glebą lub roślinami użytymi do rekultywacji tych hałd.

W pionierskich zgrupowaniach hałd słabo porośniętych inicjalną roślinnością dominują małe, euedaficzne roztocze, typowe dla biotopów „otwartych”. Małe rozmiary ciała, przedzielona płytka grzbietowa (*Rhodacarellus silesiacus*, *Rhodacarus coronatus*, *Rhodacarus clavulatus*, *Rhodacarus reconditus*, *Protogamasellus mica*, *Dendrosetius reticulatus*, *Dendrolaelaspis hungaricus*, *Gamasellodes bicolor*, *Gamasellodes minor*) lub wcięcie (*Arctoseius cetratus*), słaba chitynizacja, wydłużone ciało (Rhodacaridae, Digamasellidae) sprawiają, że roztocze te są giętkie i z łatwością mogą poruszać się w inicjalnych glebach o dużym stopniu zbicia.

Wielkość ciała skorelowana jest ze sposobem odżywiania i modelem reprodukcji (NORTON i współaut. 1993). Roztocze w stadium pionierskim to przeważnie formy odżywiające się nicieniami, które są jednymi z pierwszych kolonizatorów, z łatwością zasiedlających inicjalne gleby. Roztocze, odżywiające się nicieniami charakteryzują się wyższą rozrodczością, szybszym rozwojem (WALTER i PROCTOR 1999), a więc wykazują

Tabela 2. Kryteria wyróżniania stadiów sukcesji dla zgrupowań roztoczy Mesostigmata na hałdach

			
	Stadium pionierskie (I)	Stadium "pośrednie" (II)	Stadium "przedleśne" (III)
Struktura zgrupowań	• zaburzona struktura dominacji, obecność superdominanta • niska częstość występowania	• zaburzona struktura dominacji • niska częstość występowania	• pełna struktura dominacji • zwiększenie częstości występowania
Rozkład liczebności gatunków	zagęszczenie, liczba gatunków 		
Uropodina	brak	poniżej 10% (Ryc. 4)	powyżej 10 % (Ryc. 4)
Model reprodukcji	Partenogeneza	Partenogeneza, biseksualny	Biseksualny
Trofia	Nematoda; Nematoda i Arthropoda	Nematoda; Nematoda i Arthropoda; Arthropoda	Arthropoda; Nematoda i Arthropoda
Środowisko	biotopy "otwarte"	biotopy "otwarte" eurytopowe	biotopy "otwarte" leśne eurytopowe
Strategie życiowe	r	r, K	K
Formy życiowe	euedaficzne	euedaficzne hemiedaficzne	euedaficzne hemiedaficzne

rodziny :

Digamasellidae

Rhodacaridae
Ascidae

Laelapidae

Parasitidae
Veigaiidae

atrybuty typowe dla strategii typu „r”. Wiele spośród małych euedaficznych, nematofagicznych roztoczy stanowią formy partenogenetyczne o dużym tempie reprodukcji. Ten typ rozrodu występuje często u gatunków z dużą zdolnością kolonizowania nowych środowisk. Partenogeneza z ekologicznego punktu widzenia jest korzystna w ubogich glebach, ponieważ ten typ reprodukcji możliwy jest nawet przy małym zagęszczeniu osobników (ATHIAS-BINCHE 1989).

W pionierskich zgrupowaniach roztoczy nie stwierdzono występowania roztoczy Uropodina lub ich udział był niewielki (Tabela 2).

Wraz z upływem czasu na hałdach zwiększała się różnorodność zespołów roślinnych, wzrastało pokrycie roślin, następowała intensyfikacja humifikacji, wzrastała ilość materii organicznej oraz poprawie ulegała struktura gleby. W rozwoju zgrupowań roztoczy wyróżniono oprócz stadium pionierskiego, stadia „pośrednie” i „przedleśne”. Na hałdach porośniętych zbiorowiskami trawiastymi lub łąkowymi, z nielicznymi młodymi okazami drzew lub krzewów, rozwijały się zgrupowania roztoczy stadium „pośredniego”. Zgrupowania stadium „przedleśnego” rozwijały się na hałdach z dobrze rozwiniętą roślinnością i dużym udziałem drzew i krzewów. Zmiany flory wpływały na charakter środowiska glebowego, na zwiększenie przestrzeni międzyglebowych, a to w konsekwencji determinowało strukturę i skład zgrupowań roztoczy. Roztocze występowały w próbach liczniej i z większą częstością, zwiększyła się liczba gatunków, które charakteryzowały się umiarkowaną dominacją

Wraz z pojawieniem się drzew zmniejszył się udział roztoczy Rhodacaridae, Ascidae, La-

elapidae, a dominowały roztocze Parasitidae i Veigaiaidae, którym do kolonizacji potrzebna jest ściółka. Były to gatunki średniej wielkości, bardziej schitynizowane (*Veigaia decurtata*, *Paragamasus cambriensis*, *Paragamasus missellus*, *Paragamasus wasmanii*, *Leptogamasus suecicus*). Rozszerzyło się spektrum pokarmowe z tendencją do zmniejszania udziału roztoczy odżywiających się nicieniami. Zwiększenie udziału wyspecjalizowanych gatunków odżywiających się drobnymi stawonogami (arthropofagów) wskazuje na późniejszy etap sukcesji. Dobrym wskaźnikiem rozwoju gleby jest również wzrost udziału roztoczy rozmnażających się biseksualnie. W stadium tym zwiększył się udział gatunków leśnych, a zwiększenie udziału roztoczy Uropodina świadczy o dużej biologicznej aktywności gleby.

Wskaźnikiem rozwoju gleby może być stosunek form euedaficznych do hemiedaficznych. Wzrost udziału form hemiedaficznych świadczy o poprawie jakości gleby. Pomocne w określeniu stopnia rozwoju zgrupowań są również krzywe rozkładu liczebności gatunków. Na osi X układu współrzędnych ułożono gatunki według ich rang, co oznacza, że rangę 1 ma gatunek najliczniejszy, rangę 2 mniej liczny, itd. Na osi Y zaznaczono logarytm liczebności poszczególnych gatunków. Bardziej stromy spadek krzywej wskazuje na wcześniejszy etap sukcesji (Tabela 2).

Na podstawie tych danych wynika, że roztocze Gamasina i Uropodina są dobrymi indykatorami stadiów sukcesyjnych na hałdach nie poddanych rekultywacji. Mogą być również pomocne przy ocenie efektów rekultywacji na hałdach poddanych tym zabiegom (Madej dane niepublikowane).

SOIL MESOSTIGMATID MITES (ARACHNIDA, ACARI) AS A GOOD INDICATOR OF SUCCESSION STAGES ON DUMPS

S u m m a r y

The present paper considers possible mites community indicators. They are based on the following characteristics: species abundance, dominance structure, life histories, trophic types, morphotypes and habitat preferences. In the early stages of succession, predominantly small fast developing pioneer nematophagous species from open habitats were found. The proportion of species with parthenogenetic reproduction decreased during later stages of succession. From ecological point of view the repro-

duction by parthenogenesis is extremely important in scanty soils, where the abundance of mite populations is low. The dominant species of a pioneer stage are adapted to life in unfavourable conditions of scanty soils. The species are characterized by the „r” strategy type. The oldest dumps were dominated by polyphagous and microarthropod feeders typical of forest and „open” habitats. The proportion of euedaphic/hemiedaphic life-forms may be a good indicator of soil quality dumps.

LITERATURA

- ALBERTI G., COONS L. B., 1999. *Microscopic Anatomy of Invertebrates*. [W:] *Chelicerate Arthropoda*, Tom 8C, HARRISON F., W., FOELIX R., F. (red.). Wiley-Liss, Inc.
- ATHIAS-BINCHE F., 1989. *General Ecological Principles Which are Illustrated by Population Studies of Uropodid Mites*. Adv. Ecol. Res. 19, 303–344.
- BLASZAK C., 2000. *Fagizm u roztoczy (Acari)*. [W:] *Stawonogi pasożytnicze i alergogenne*. BUCZEK A., BLASZAK C. (red.) KGM Lublin, 9–22.
- BURYN R., BRANDL R., 1992. *Are the morphometrics of chelicerae correlated with diet in mesostigmatid mites (Acari)?* Exp. Appl. Acarology 14, 67–82.
- CHRISTIAN A., 1993. *Untersuchungen zur Entwicklung der Raubmilbenfauna (Gamasina) der Halden des Braunkohlentagebaues Berzdorf/OL*. Abh. Ber. Naturkundemus. Görlitz 67, 2–64.
- DUNGER W., 1989. *The return of soil fauna to coal mined areas in the German Democratic Republic*. [W:] *Animals in primary succession. The Role of Fauna in Reclaimed Lands*. MAJER J. D. (red.). University Press, Cambridge, 307–337.
- GLOCKEMANN B., LARINK O., 1989. *Einfluß von Klärschlammdüngung und Schwermetallbelastung auf Milben, speziell Gamasiden, in einem Ackerboden*. Pedobiologia 33, 237–246.
- GÓRNY M., 1975. *Zoekologia gleb leśnych*. PWRiL, Warszawa.
- KARG W., 1986. *Vorkommen und Ernährung der Milbencohors Uropodina (Schildkrötenmilben) sowie ihre Eignung als Indikatoren in Agroökosystemen*. Pedobiologia 29, 285–295.
- KARG W., 1994. *Raubmilben, nützliche Regulatoren im Naturhaushalt. Lebensweise, Artenbestimmung und Nutzung*. Die Neue Brehm-Bücherei, Westarp Wissenschaften, Magdeburg.
- KARG W., FREIER B., 1995. *Parasitiforme Raubmilben als Indikatoren für den ökologischen Zustand von Ökosystemen*. Mitt. Biol. Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft, Berlin-Dahlem.
- KOEHLER H. H., 1999. *Gamasina in a succession of thirteen years*. [W:] *Ecology and Evolution of the Acari*. BRUIN J., van der GEEST L. P. S., SABELIS M. W. (red.). Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, Boston, London, 531–539.
- MADEJ G., 1990. *Zasiedlanie zwalowisk kopalnicwa węglowego przez roztocze z rzędu Mesostigmata (Arachnida, Acari)*. I. *Charakterystyka zgrupowań*. Acta Biol. Siles. 16, 37–68.
- NORTON R. A., KETHLEY J. B., JOHNSTON D. E., O'CONNOR B. M., 1993. *Phylogenetic Perspectives on Genetic Systems and Reproductive Modes of Mites*. [W:] *Evolution and Diversity of Sex Ratio in Insects and Mites*. WRENSCH D. L., EBBERT M. A. (red.). Chapman Hall, New York, London, 8–99.
- RUF A., 1997. *Fortpflanzungsbiologie von Raubmilben und Charakterisierung von Böden. Ein Konzept zur Indikation von Belastungszuständen von Böden*. Abh. Ber. Naturkundemus. Görlitz 69, 209–216.
- RUF A., 1998. *A maturity index for predatory soil mites (Mesostigmata: Gamasina) as an indicator of environmental impacts of pollution on forest soils*. Appl. Soil Ecol. 9, 447–452.
- SCHULZ E., 1991. *Die Milbenfauna (Acari: Mesostigmata und Cryptostigmata) in Lebensräumen auf Kalkgestein: Populationökologie, Sukzession und Beziehungen zum Lebensraum*. Berichte des Forschungszentrums Waldökosysteme. Reihe A 79, 1–245.
- SIEPEL H., 1994. *Life – history tactics of soil microarthropods*. Biol. Fert. Soils 18, 263–278.
- SIEPEL H., 1995. *Applications of microarthropod life - history tactics in nature management and ecotoxicology*. Biol. Fert. Soils 19, 75–83.
- WALTER D. E., PROCTOR H. C., 1999. *Mites. Ecology, evolution and behaviour*. Cabi, Publishing.