



Grzegorz Gabryś, Adrianna Kościelska, Elżbieta Roland

ROZTOCZE (ACARI) JAKO WSKAŹNIKI „DZIKOŚCI” BIOCENOTYCZNEJ

Mites (Acari) as indicators of „wildness” in biocoenoses

ABSTRAKT: „Dzikość” w sensie biologicznym jest pojęciem pozytywnym. Kojarzy się z naturalnym, a więc w optymalnym stopniu zróżnicowanym, charakterem ekosystemów. Trudno jest zmierzyć i dokładnie określić stopień „dzikości”. Można to jednak uzyskać stosując odpowiednie wskaźniki zróżnicowania biotycznego – bioindykatory. Spośród organizmów zwierzęcych dobrymi bioindykatorami są niektóre grupy roztoczy (Acari), szczególnie mechowce (Oribatida), Mesostigmata (= Gamasida) i wodopójki (Hydrachnidia). Nie jest wykluczone zastosowanie innych taksonów, np. Microtrombidiidae należących do Parasitengona terrestria czyli Trombidia.

SŁOWA KLUCZOWE: bioindykacja, biomonitoring, Acariformes, Parasitiformes, Oribatida, Mesostigmata, Parasitengona, Microtrombidiidae

ABSTRACT: “Wildness” in a biological sense is a positive concept. It associates with a natural, optimally diversified quality of ecosystems. It is difficult to evaluate and determine precisely the degree of “wildness”. However, it is possible to do so by using relevant parameters of biotic variation – the bioindicators. Among animals, certain groups of mites (Acari), especially moss mites (Oribatida), Mesostigmata (= Gamasida), and water mites (Hydrachnidia), are good bioindicators. The use of other taxa, e.g., Microtrombidiidae of Parasitengona terrestria s. Trombidia, can also be considered.

KEY WORDS: bioindication, biomonitoring, Acariformes, Parasitiformes, Oribatida, Mesostigmata, Parasitengona, Microtrombidiidae

Wstęp

Pojęcie „dzikość” nie zawsze ma dodatnie konotacje. My jesteśmy jednak przekonani, że prawdziwego biologa-terenowca można poznać właśnie po tym, że na dźwięk tego słowa w jego oczach pojawia się błysk zaciekawienia, emocji i nadziei, ponieważ z punktu widzenia przyrody „dzikość” jest zjawiskiem ze wszech miar pozytywnym i pożądanym. Niemniej jest to termin raczej nieoficjalny, a tym samym trudny do zdefi-

niowania. Można założyć, że miarą „dzikości” jakiegoś obszaru, jest stopień istniejącej w jego granicach różnorodności biologicznej (= bioróżnorodności) lub, jak chcą niektórzy autorzy, różnorodności biotycznej (Wilson 1999, 2003, Pullin 2004, Kalinowska 2011). Nie istnieją mierzalne wartości „dzikości biologicznej” (biotycznej) czy może zgodnie z aktualnym trendem słowotwórczym – „biodzikości”. Jak słusznie zauważają Pawlaczyk i Jermaczek (2009: 114) w swoim klasycznym już podręczniku: „Ekolodzy, a

głównie zoologdy, od wieków poszukiwali idealnego wskaźnika, który pozwoliłby za pomocą jednej wartości liczbowej porównywać strukturę i stan ekosystemów”, ale nie znaleźli. Również botanicy i mykologdy nie uporali się z tym problemem, chociaż lichenolodzy położyli duże zasługi na tym polu, tworząc przejrzyste skale czystości powietrza na podstawie lichenoindykacji (Lipnicki 2003).

Niemniej organizmy żywe od zawsze pomagały człowiekowi oszacować kondycję otaczającego środowiska, choć pierwsze, udokumentowane relacje o zamierzonym zastosowaniu wrażliwości roślin na zmiany środowiska znajdujemy dopiero w XVIII wieku u Linneusza. Zauważył on i wykorzystał w praktyce, szczególnego rodzaju wrażliwość tych organizmów. Hodowane w ogrodzie botanicznym w Uppsali rośliny wskazywały godziny. Zostały tak dobrane, że otwierały i zamykały swe kwiaty o różnych porach dnia. Z czasem gatunki podatne i wrażliwe na zmiany środowiskowe zaczęto określać mianem gatunków wskaźnikowych lub wskaźników biologicznych, czyli bioindykatorów. Termin ten przyjął się i jest stosowany do dziś, lecz w stopniu znacznie bardziej złożonym niż pierwotnie (Sokół 1991, Paoletti i Bressan 1996, Van Straalen 1998, Paoletti 1999).

Poszukując miernika zoologicznej „dzikości biocenotycznej” w pewnym sensie szukamy właśnie odpowiednich gatunków wskaźnikowych. Szukamy bioindykatorów, mogących wskazać nam, jak głębokie zmiany, spowodowane innymi czynnikami biotycznymi i abiotycznymi o różnym pochodzeniu, zachodzą w składzie gatunkowym badanej grupy organizmów w konkretnym siedlisku w określonym przedziale czasowym. Kluczową rolę w tych rozważaniach powinna zawsze stanowić znajomość dwóch czynników: pojemności gatunkowej środowiska dla fauny oraz występowania gatunków rzadkich i bardzo rzadkich (Niedbała et al. 1981, 1982, Trojan 1998, 2000). W tym miejscu nie sposób pominąć trzeciego czyn-

nika, niepopularnego i niepropagowanego, choć często, świadomie bądź nieświadomie, wykorzystywanego przez uczonych, nawet tej miary, co Karol Darwin, Albert Einstein, James Watson czy Francis Crick – intuicji (Hołyński 2012). Wszystkim „roztoczaczom” znany jest fakt, iż nestor polskich akarologów – ś.p. profesor Jan Rafalski (Rajski 1982), posiadał niezwykłą intuicję do miejsc obfitujących w interesujące gatunki bezkręgowców, a szczególnie roztoczy i innych pajęczaków. Intuicję popartą głęboką wiedzą przyrodniczą i wieloletnim doświadczeniem. Jeden z autorów [G. Gabryś] miał to szczęście, że korzystał z prób glebowych pobieranych w terenie przez Profesora. To zawsze były próby przebogate, obfitujące w ciekawe gatunki, na co oczywiście miał też wpływ ówczesny stan rodzimej przyrody. Nie zmienia to jednak faktu, że wytrawny znawca siedlisk, doświadczony zoolog, potrafił, kierując się wiedzą, doświadczeniem, ale też intuicją, określić zasobność biotopu i pobrać materiał z najciekawszego fragmentu, nawet, jeśli stanowił on jedynie cząstkę niewielkiej merocenozy. W istocie – ocenić bezbłędnie to „najdziksze z dzikiego”. Może więc, powołując się na ten przykład, warto pozostawić pewien margines mierzalności „dzikości przyrody” poza sferą *stricte* eksperymentalną. Dysponując zaś rzetelnymi danymi o pojemności gatunkowej środowiska, liczbie występujących w nim gatunków rzadkich oraz pewną dozą wiedzy, doświadczenia i intuicji zoologicznej, pokusić się o stworzenie względnej skali „dzikości akarologicznej” dla wybranych biotopów.

Pochodzenie pajęczaków, w tym roztoczy, stanowi jedną z większych zagadek filogenezy stawonogów (Arthropoda). Badania morfologiczne i molekularne wskazują, że co najmniej dwie linie fyletyczne roztoczy ewoluowały niezależnie, a wszelkie ich podobieństwa wynikają z konwergencji i paralelizmów. Wielu autorów nadal używa pojęcia „Acari”, choć niewykluczone, że już w niedalekiej przyszłości będziemy musieli „powołać” w obrębie Arachnida dwa równo-

rzędne taksony w randze nadrzędów: Actinotrichida (= Acariformes) i Anactinotrichida (= Parasitiformes). W niniejszej pracy stosujemy termin roztocze (Acari) na określenie jednostki systematycznej skupiającej oba wyżej wymienione taksony (Lindquist 1984, Gabrys i Roland 2006, Lindquist et al. 2009, Walter i Proctor 2013).

Próba odpowiedzi na pytanie: czy roztocze (Acari), a przynajmniej niektóre z nich, mogą spełniać rolę wskaźników różnorodności biologicznej, a więc w konsekwencji, tak cenionej przez biologów „dzikości” – stanowi myśl przewodnią tej krótkiej rozprawy.

Materiał i metody

Praca ma charakter kompilacyjny i przygotowana została głównie w oparciu o dane literaturowe. Niemniej jednak, wykorzystano pewne wyniki z prowadzonych w przeszłości i obecnie terenowych badań akarologicznych w zachodniej Polsce. Dotyczą one występowania roztoczy *Parasitengona terrestria* (= *Trombidia*), a w szczególności rodziny *Microtrombidiidae* Thor, 1935 w wybranych biotopach województwa dolnośląskiego i lubuskiego (Gabrys 1996, Roland i Gabrys 2006).

Wyniki i dyskusja

W obrębie szczękoczułkowców (*Chelicerata*) tylko roztocze (Acari), pająki (*Araneae*) i w niewielkim tylko stopniu kosarze (*Opiliones*), przeszły wyraźną radiację adaptacyjną. Roztocze, znane już ze środkowego Paleozoiku (400 mln lat temu), wykazują wiele wtórnych przystosowań we wszystkich liniach ewolucyjnych. Są znacznie bardziej ubikwistyczne niż jakkolwiek inna grupa stawonogów, włączając w to owady. Umożliwiło im to skolonizowanie ogromnej liczby mikrośrodków, zarówno lądowych, słodkowodnych, jak i morskich. Nie spo-

tykamy ich praktycznie tylko na otwartych przestrzeniach oceanicznych (np. Lindquist 1979). Poza tym występują wszędzie: w ekstremalnych ekosystemach polarnych i wysokogórskich, w tropikalnych dżunglach i spalonych słońcem pustyniach, na powierzchni i wewnątrz różnego typu gleb, w zimnych i gorących źródłach i wodach podziemnych, w różnego typu strumieniach, stawach, jeziorach, rzekach, w strefie przypluwów, morskich wodach przybrzeżnych i głębinach oceanicznych. Znane są jako endo- i ektopasożyty bytujące w tchawkach owadów, w układzie oddechowym, pokarmowym i na skórze płazów, gadów, ptaków i ssaków. Spotykamy je także w układzie rozrodczym błonkówek i żółwi, dutkach piór, skórze człowieka i wszystkich typach grzybów, porostów, mchów, roślin naczyniowych, włącznie z dzbankami niektórych roślin owadożernih (Lindquist 1979, Bernini 1986, Pinto-da-Rocha et al. 2007, Krantz i Walter 2009, Walter i Proctor 2013).

Osiągnięcia takiego sukcesu ewolucyjnego przez roztocze upatruje się m. in. w budowie ich aparatu gębowego. Szereg modyfikacji budowy chelicer (szczękoczułków) i pedipalp (nogogłaszczek) pozwoliło na zwiększenie zakresu i sposobu odżywiania się z wyłącznie lub prawie wyłącznie drapieżnego, typowego dla pozostałych pajęczaków, na fito-, miko- i saprofagiczny. Również powiązania z innymi organizmami, zarówno bezkręgowcami, jak i kręgowcami, w formie symbiozy czy pasożytnictwa, zwiększyły znacznie zdolności dyspersji i kolonizacji roztoczy. Niewielkie rozmiary pozwoliły roztoczom na opanowanie wolnej przestrzeni pomiędzy tą, którą zdominowały potencjalnie najzasobniejsze w gatunki grupy zwierząt, jakimi są nicianie i owady. Stanowią one zdecydowaną grupę konkurencyjną dla tych ostatnich pod względem różnorodności sposobów życia i zajmowanych nisz, przewyższając owady zarówno liczbą osobników, jak i biomasą. Na przykład w 1 m³ ściółki leśnej we wschodniej Kanadzie może występować 1 mln roztoczy należących do

100 gatunków i 50 rodzin (Lindquist 1979, Bernini 1986, Beccaloni 2009, Krantz i Walter 2009, Walter i Proctor 2013).

Doskonałą pracę przeglądową na temat roli poszczególnych grup roztoczy w procesie bioindykacji przedstawiła Gulvik (2007). Stwierdziła, że wiele cech wskazuje na mechowce (Oribatida) jako najlepsze wskaźniki bioróżnorodności wśród roztoczy. Wpływa na to ich stosunkowo długi okres życia, niska rozrodczość, wolny rozwój i ograniczone zdolności dyspersji. Zmiany w strukturze dominacji w zgrupowaniach mechowców mogą więc stanowić czynnik „wczesnego ostrzegania” przed niekorzystnymi zmianami środowiskowymi. Walter i Proctor (2013) dodają do tych właściwości tworzenie przez mechowce w miarę stabilnych populacji przez osobniki dojrzałe, osiąganie wysokiej różnorodności gatunkowej w stosunkowo niewielkiej objętości gleby, a także łatwość sortowania i oznaczania w związku z dobrą dostępnością opracowań monograficznych i kluczy. Wiele prac potwierdza skuteczność mechowców w ocenie stanu środowiska (Behan-Pelletier 1999, Klimek 2000, Seniczak i Seniczak 2008, Skubała 2008, Walter i Proctor 2013).

Również niektóre Gamasida (= Mesostigmata) postrzegane są przez Gulvik (2007) jako potencjalnie użyteczne w bioindykacji i biomonitoringu. Szczególnie dobre cechy wykazują Uropodina, co potwierdzają w pełni długoterminowe badania Błoszyka (1995a, b, 1999) nad ekologią tych Parasitiformes. Madej (2002, 2008), Boczek i Błaszak (2005), Ruf i Beck (2005), Gwiazdowicz (2007), Beaulieu i Weeks (2007) oraz Skorupski et al. (2013) wskazują na możliwość wykorzystania wielu innych taksonów Mesostigmata w bioindykacji. Ruf (1998) z powodzeniem przenosi na pole akarologii koncepcję „Maturity index”, zastosowaną wcześniej przez Bongers’a (1990) w odniesieniu do nicieni. W metodzie tej wykorzystuje gatunki Gamasida wykazujące strategię rozrodcze typu „r” lub „K” do oceny stopnia stabilizacji gleb leśnych. Przewaga gatun-

ków o strategii „r” wskazuje na zakłócenia w ekosystemie, przewaga „K” – na stabilizację. Stosowanie tej metody, jak Czytelnik zapewne się zorientował, wymaga niezwykle głębokiej wiedzy z zakresu taksonomii, ekologii i etologii badanej grupy.

Trzecią grupą roztoczy wykorzystywaną obecnie w bioindykacji wód słodkich płynących i stojących są wodopójki (Hydrachnidia). Walter i Proctor (2013) wskazują na niedocenienie tych roztoczy w procesie bioindykacji. Wynika to z pewnością ze specyfiki grupy, która nie jest systematycznie łatwa. Traktowanie wszystkich taksonów zbiorczo, jak praktykują to niektórzy autorzy, nie upoważnia jednak do wyciągania jakichkolwiek wniosków natury ekologicznej. Ostatnie lata pokazują wzrost zainteresowania wodopójkami w badaniach nad oceną jakości wód i przekształceń ekosystemów limnetycznych (Proctor 2007, Miccoli et al. 2013, Walter i Proctor 2013, Więcek et al. 2013).

Czy inne grupy roztoczy też mogą określać stopień „dzikości biocenotycznej”? W dużej mierze tak, na co wskazuje szereg prac uwzględniających oprócz mechowców i Gamasida także inne taksony, szczególnie należące do roztoczy glebowych (np. Bedano et al. 2005, Sławska 2007, Proctor et al. 2011, Magro et al. 2013, Zhao et al. 2013). Wydaje się, że niewłączone dotychczas do szerszych badań środowiskowych lądowe Parasitengona, czyli Trombidia, też mogą znaleźć zastosowanie w ocenie „dzikości biocenotycznej”. Trombidia skupiają około 4 000 gatunków w trzech nadrodzinach: Calyptostomatoidea, Erythraeoidea i Trombidioidea, z czego z Polski wykazano 149 gatunków (Gabryś i Mąkol 2008, Gabryś et al. 2008, Mąkol i Gabryś 2008). Występują we wszystkich środowiskach lądowych – od skrajnie wilgotnych do skrajnie suchych. Mogą być bardzo czułym wskaźnikiem zmian zachodzących w ekosystemach, a ich regularny monitoring może z dużym wyprzedzeniem wskazać na tendencje zmian występujących w badanych siedliskach. Kluczem do sukcesu jest jednak należyty dobór badanego taksonu, z zacho-

waniem cech jak najbardziej zbliżonych do tych, które zostały wyszczególnione powyżej, przy charakterystyce Oribatida. Przykładem niech będą przedstawiciele stosunkowo dobrze zbadanej rodziny Microtrombidiidae (Gabrys 1996, 1999). Idealnym byłoby utworzenie „skali roztoczowej” (analogicznej do „skali porostowej” w przypadku zmian i zanieczyszczeń powietrza), mającej stanowić w przyszłości przejrzysty wskaźnik zmian i zanieczyszczeń środowiska ściółkowo-glebowego. Skali opartej o „ciągi” gatunków, od najrzadszych do najpospolitszych, których „kompletność” (bądź jej brak) może wskazać na charakter i kierunek zmian środowiskowych. Nieobecność któregośkolwiek z ogniw wskazuje na stopień przekształcenia. Badane siedliska muszą być dobrze zdefiniowane fitosocjologicznie, bo łąka łące, las lasowi i torfowisko torfowisku nierówne. Wydaje się więc, że w obrębie konkretnych jednostek fitosocjologicznych badania takie mają sens. Niestety, często o tych najrzadszych gatunkach, które onegdaj występowały na badanych przez nas obszarach, dowiadujemy się li tylko z literatury, często przedwojennej.

Wstępnie można założyć, że przykładowy skład gatunków Microtrombidiidae dla wilgotnych siedlisk łąkowych, poczynając od stenotopów do eurytopów, mógłby wyglądać następująco: *Valgothrombium valgum* (George, 1909), *Valgothrombium major* (Halbert, 1920), *Echinothrombium rhodinum* (C. L. Koch, 1837), *Enemothrombium bifoliosum* (Canestrini, 1884), *Camerotrombidium rasum* (Berlese, 1910), *Atractothrombium sylvaticum* (C. L. Koch, 1835), *Platytrombidium fasciatum* (C. L. Koch, 1836), *Microtrombidium pusillum* (Hermann, 1804), a dla lasów liściastych: *Milandanielia intermedia* (Feider, 1950), *Camerotrombidium pexatum* (C. L. Koch, 1837), *Campylothrombium clavatum* (George, 1909), *Dactylothrombium pulcherrimum* (Haller, 1882) (Gabrys 1996, 1999, Gabrys et al. 2005).

Czy powyższe rozważania mają charakter czysto teoretyczny? Nie, ponieważ w trakcie długoterminowych badań na przełomie XX

i XXI wieku, prowadzonych w rezerwacie florystycznym „Łąka Sulistrowicka”, zaobserwowano pewne prawidłowości (Gabrys 1996). Rezerwat przyrody „Łąka Sulistrowicka”, utworzony w 1958 roku, kiedyś należał do najcenniejszych obiektów florystycznych Dolnego Śląska. Wbrew nazwie, obejmuje cały zespół łąk o dość zróżnicowanym charakterze: częściowo położonych wśród lasu, częściowo podmokłych lub zatorfionych, nie brak też stanowisk suchych i nasłonecznionych. Ta różnorodność owocuje bogactwem flory, obejmującej rośliny zbiorowisk łąkowych, torfowiskowych, bagiennych, leśnych i górskich – kserotermicznych. Kiedyś notowany był tutaj nawet wrzosec bagienny *Erica tetralix* L. Prócz cennych roślin rezerwat posiada też bogatą entomo- i arachnofaunę (Sarosiek et al. 1967, Berdowski 1995, Rąkowski 2007). Badania akarologiczne prowadzone były między innymi na powierzchni obejmującej podmokłe i częściowo zatorfione łąki. Początkowo w latach 80. i 90. XX wieku, odnajdywano tam regularnie trzy gatunki Microtrombidiidae: najrzadszy *Enemothrombium bifoliosum*, nieco częstszy *Camerotrombidium rasum* i najpospolitszy – *Microtrombidium pusillum*. W miarę upływu czasu w rezerwacie i jego otoczeniu zaczęły zachodzić zmiany. Niekoszone łąki zarosły drzewami, a rosnące w otulinie jak grzyby po deszczu dacje promienckie – pośrednio i bezpośrednio wpływały na charakter rezerwatu, powodując m. in. zaśmiecenie, przesuszenie i zanieczyszczenie cieków wodnych. Zmieniał się również skład gatunkowy Microtrombidiidae. Początkowo zaniknął najrzadszy, skrajnie stenotopowy *E. bifoliosum*. W kolejnych latach nie odnaleziono stenotopowego *C. rasum*. Pozostał jedynie eurytopowy *M. parvum*, a następnie zaobserwowano obecność typowo leśnego gatunku – *Campylothrombium clavatum*. Dziś *Enemothrombium bifoliosum* pozostaje już legendą „Łąki Sulistrowickiej”, podzieliwszy los również legendarnego wrzośca bagiennego (Sarosiek et al. 1967, Berdowski 1995, Gabrys 1996).

A więc zmiany we florze, krajobrazie i strukturze roślinności rezerwatu widoczne „gołym okiem” znalazły również odzwierciedlenie w zubożeniu akarofauny Microtrombidiidae. I to w kolejności od gatunku skrajnie stenotopowego poprzez stenotopowy do eurytopowego. Zgodnie z założeniem Trojana (1998, 2000), najważniejszymi wskaźnikami okazały się gatunki rzadkie i bardzo rzadkie. „Dzikość” „Łąki Sulistrowickiej” została okiełznana napierającą cywilizacją.

Podsumowując, można zadać sobie pytanie: dlaczego bioindykacja z zastosowaniem roztoczy nie jest powszechnie stosowana? Dlatego, ponieważ istnieje szereg niedogodności w wykorzystaniu roztoczy jako bioindykatorów. Małe rozmiary, a więc konieczność pobierania prób wyrafinowanymi metodami, często skomplikowana preparatyka, brak kluczy do oznaczania i duża specyficzność taksonomiczna poszczególnych grup, szybko następująca wymiana pokoleń, zazwyczaj nieregularny cykl życiowy z udziałem heteromorficznych larw i nimf, z reguły nierównomierne, skupiskowe rozmieszczenie. Te wszystkie czynniki powodują, że bardzo trudno jest utrzymać reżim regularnych badań ilościowych większości roztoczy.

Czy powinniśmy zatem zaniechać prób wykorzystywania różnorodnych taksonów roztoczy do oceny stanu środowiska? Na to pytanie znów odpowiada w sposób racjonalny Maria Gulvik (2007: 433): „Wiele badań dowodzi, że skład gatunkowy roztoczy odzwierciedla gradient stresu w ekosystemach i obrazuje status zarówno bioróżnorodności,

jak i zasobów naturalnych. W praktyce, z powodu trudności taksonomicznych i pracochłonnych procedur badawczych nie jest możliwe określenie rozmieszczenia oraz włączenie w globalne systemy monitoringu bioróżnorodności roztoczy na poziomie poszczególnych krajów. Niemniej jednak, pewne wskaźniki i wybrane taksony powinny być wykorzystane jako bioindykatory”. I dalej (Gulvik 2007: 434): “Istnieje konieczność standaryzacji procedur pobierania próbek i analizy baz danych oraz przystosowanie ich do specyfiki ekologii roztoczy glebowych”.

Nie zrażajmy się więc trudnościami i podejmujmy wysiłki zaprzęgnięcia roztoczy do szacowania różnorodności biotycznej. Wtedy na pewno, przy okazji systematycznych badań, specjaliści z poszczególnych grup Acariformes i Parasitiformes będą w stanie określić tendencje zmian środowiskowych na podstawie zmian składu gatunkowego w obrębie badanych taksonów, a więc w pewnym sensie dokonać oceny „dzikości” badanego ekosystemu.

Biolodzy, jak napisaliśmy we wstępie, nie muszą utwierdzać się w przekonaniu, że „dzika przyroda” jest wartością samą w sobie, a jej istnienie warunkuje dalszą egzystencję życia na Ziemi. Znaczenie „dzikości” pięknie ujął wielki amerykański zoolog Edward Osborne Wilson (2003: 187): „Potrzebujemy przyrody, zwłaszcza jej dzikich bastionów. To obcy świat, który dał początek naszemu gatunkowi, a zarazem dom, do którego możemy bezpiecznie powrócić. Mamy więc możliwość wyboru, który jest jednym z przywilejów ludzkiego ducha”.

LITERATURA

- BEAULIEU F., WEEKS A.R. 2007. Free-living mesostigmatic mites in Australia: their roles in biological control and bioindication. *Australian Journal of Experimental Agriculture*, 47: 460-478.
- BECCALONI J. 2009. Arachnids. Natural History Museum, London.
- BEDANO J.C., CANTÚ M.P., DOUCET M.E. 2005. Abundance of Soil Mites (Arachnida: Acari) in a Natural Soil of Central Argentina. *Zool. Stud.* 44, 4: 505-512.

- BEHAN-PELLETIER V. M. 1999. Oribatid mite biodiversity in agroecosystems: role for bioindication. *Agr. Ecosyst. Environ.* 74: 411-423.
- BERDOWSKI W. 1995. Flora rezerwatu "Łąka Sulistrowicka". *Prace Botaniczne* 52. Acta Univ. Wratislav. 1667: 113-124.
- BERNINI F. 1986. Current ideas on the phylogeny and the adaptive radiations of Acarida. *Bollettino di Zoologia* 53: 279-313.
- BŁOSZYK J. 1995a. Ubóstwo gatunkowe i niska liczebność zespołów roztoczy Uropodina (Acari: Anactinotrichida) Karkonoszy – wynik naturalnych uwarunkowań, czy też degradacji środowiska? In: SAROSIEK J. (Ed.). *Geoekologiczne problemy Karkonoszy*. Wydawnictwo Acarus, Poznań: 161-168.
- BŁOSZYK J. 1995b. Rozmieszczenie wybranych gatunków roztoczy (Acari) jako odzwierciedlenie stanu środowiska naturalnego na przykładzie Karkonoskiego Parku Narodowego i Gór Izerskich. In: SAROSIEK J. (Ed.). *Geoekologiczne problemy Karkonoszy*. Wydawnictwo Acarus, Poznań: 169-172.
- BŁOSZYK J. 1999. Geograficzne i ekologiczne zróżnicowanie zgrupowań roztoczy z kohorty Uropodina (Acari: Mesostigmata) w Polsce. Wydawnictwo Kontekst, Poznań.
- BOCZEK J., BŁASZAK C. 2005. *Roztocze (Acari)*. Znaczenie w życiu i gospodarce człowieka. Wydawnictwo SGGW, Warszawa.
- BONGERS T. 1990. The maturity index: an ecological measure of environmental disturbance based on nematode species composition. *Oecologia* 83: 14-19.
- GABRYŚ G. 1996. Microtrombidiidae (Acari, Actinedida) of Poland. *Annals of the Upper Silesian Museum, Entomology* 6-7: 145-242.
- GABRYŚ G. 1999. The world genera of Microtrombidiidae (Acari, Actinedida, Trombidioidea). *Mono-graphs of the Upper Silesian Museum* 2, Bytom.
- GABRYŚ G., MAŁKOL J. 2008. Erythraeoidea. In: BOGDANOWICZ W., CHUDZICKA E., PILIPIUK I., SKIBIŃSKA E. (Eds.). *Fauna Polski. Charakterystyka i wykaz gatunków*. Tom III. Muzeum i Instytut Zoologii PAN, Warszawa: 142-145, 209-210.
- GABRYŚ G., MAŁKOL J., ŁAYDANOWICZ J. 2008. Calyptostomatoidea. In: BOGDANOWICZ W., CHUDZICKA E., PILIPIUK I., SKIBIŃSKA E. (Eds.). *Fauna Polski. Charakterystyka i wykaz gatunków*. Tom III. Muzeum i Instytut Zoologii PAN, Warszawa: 140-142, 209.
- GABRYŚ G., ROLAND E. 2006. Mites (Acari) in the system of Chelicerata. In: GABRYŚ G., IGNATOWICZ S. (Eds.). *Advances in Polish Acarology*. Wydawnictwo SGGW, Warszawa: 92-105.
- GABRYŚ G., WOHLTMANN A., MAŁKOL J. 2005. A redescription of *Platytrombidium fasciatum* (C. L. Koch, 1836) and *Atractothrombium sylvaticum* (C. L. Koch, 1835) (Acari: Parasitengona: Microtrombidiidae) with notes on synonyms, biology and life cycle. *Annales Zoologici* 55, 3: 477-496.
- GULVIK M.E. 2007. Mites (Acari) as indicators of soil biodiversity and land use monitoring: a review. *Pol. J. Ecol.* 55, 3: 415-440.
- GWIAZDOWICZ D.J. 2007. Ascid mites (Acari, Mesostigmata) from selected forest ecosystems and microhabitats in Poland. Wydawnictwo Akademii Rolniczej im. Augusta Cieszkowskiego w Poznaniu, Poznań.
- HOLYŃSKI R.B. 2012. *Nauka? – co to takiego? Cele, podstawy, reguły badań naukowych*. Wydawnictwo Klubu Przyrodników, Świebodzin.
- KALINOWSKA A. (Ed.). 2011. *Różnorodność biologiczna w wielu odślonach. Wybrane zagadnienia z ekologii i ochrony środowiska*. Uniwersytet Warszawski, Warszawa.
- KLIMEK A. 2000. Wpływ zanieczyszczeń emitowanych przez wybrane zakłady przemysłowe na roztoczce (Acari) glebowe młodników sosnowych ze szczególnym uwzględnieniem mechowców (Oribatida). *Rozprawy nr 99. Akademia Techniczno-Rolnicza im. Jana i Jędrzeja Śniadeckich w Bydgoszczy, Bydgoszcz*.
- KRANTZ G.W., WALTER D.E. (Eds.). 2009. *A manual of acarology*. 3rd ed. Texas Tech University Press, Lubbock, TX, USA.

- LINDQUIST E.E. 1979. Acari. In: DANKS H.V. (Ed.). Canada and its insect fauna. Memoirs of the entomological Society of Canada 108: 252-290.
- LINDQUIST E.E. 1984. Current theories on the evolution of major groups of Acari and on their relationships with other groups of Arachnida, with consequent implications for their classification. In: GRIFFITHS D.A., BOWMAN C.E. (Eds.). *Acarology* 6, vol. 1. Ellis Horwood Lim., Chichester: 28-62.
- LINDQUIST E.E., KRANTZ G.W., WALTER D.E. 2009. Classification. In: KRANTZ G.W., WALTER D.E. (Eds.). *A manual of acarology*. 3rd ed. Texas Tech University Press, Lubbock, TX, USA: 97-103.
- LIPNICKI L. 2003. Porosty Borów Tucholskich. Park Narodowy „Bory Tucholskie”. Charzykowy.
- MADEJ G. 2002. Roztocze Mesostigmata (Arachnida, Acari) jako dobry wskaźnik stadiów sukcesyjnych hałd. *Kosmos* 51, 2: 205-211.
- MADEJ G. 2008. Ecological succession of mites (Acari) with particular reference to the predatory mites Gamasina (Mesostigmata). In: GWIAZDOWICZ D.J. (Ed.). Selected problems of acarological research in forests. Wydawnictwo Uniwersytetu Przyrodniczego w Poznaniu, Poznań: 7-22.
- MAGRO S., GUTIERREZ-LOPEZ M., CASADO M.A., JIMENEZ M.D., TRIGO D., MOLA I., BALAGUER L. 2013. Soil functionality at the roadside: Zooming in on a microarthropod community in an anthropogenic soil. *Ecological Engineering* 60: 81-87.
- MAKOL J., GABRYŚ G. 2008. Trombidioidea. In: BOGDANOWICZ W., CHUDZICKA E., PILIPIUK I., SKIBIŃSKA E. (Eds.). *Fauna Polski. Charakterystyka i wykaz gatunków*. Tom III. Muzeum i Instytut Zoologii PAN, Warszawa: 145-148, 210-112.
- MICCOLI F.P., LOMBARDO P., CICOLANI B. 2013. Indicator value of lotic water mites (Acari: Hydrachnidia) and their use in macroinvertebrate-based indices for water quality assessment purposes. *Knowledge and Management of Aquatic Ecosystems* 411, 8: 1-28.
- NIEDBAŁA W., BŁASZAK C., BŁOSZYK J., KALISZEWSKI M., KAŻMIERSKI A. 1981. Zoocenologiczne podstawy kształtowania środowiska przyrodniczego osiedla mieszkaniowego Białołęka Dworska w Warszawie. Część I. Skład gatunkowy i struktura fauny terenu projektowanego osiedla mieszkaniowego. *Roztocze (Acari)*. *Fragm. Faun.* 26, 9: 105-156.
- NIEDBAŁA W., BŁASZAK C., BŁOSZYK J., KALISZEWSKI M., KAŻMIERSKI A. 1982. Soil mites (Acari) of Warsaw and Mazovia. *Memorabilia zool.* 36: 235-252.
- PAOLETTI M.G. 1999. Using bioindicators based on biodiversity to assess landscape sustainability. *Agricult. Ecosyst. Environ.* 74: 1-18.
- PAOLETTI M.G., BRESSAN M. 1996. Soil invertebrates as bioindicators of human disturbance. *Crit. Rev. Plant Sci.* 15, 1: 21-62.
- PAWLACZYK P., JERMACZEK A. 2009. *Poradnik lokalnej ochrony przyrody*. Wydawnictwo Klubu Przyrodników, Świebodzin.
- PINTO-DA-ROCHA R., MACHADO G., GIRIBET G. 2007. *Harvestmen. The biology of Opiliones*. Harvard University Press. Cambridge.
- PROCTOR H. 2007. Aquatic mites in assessments of stream invertebrate diversity. In: MORALES-MALACARA J.B., BEHAN-PELLETIER V., UECKERMANN E., PÉREZ T.M., ESTRADA-VENAGAS E.G., BADI M. (Eds.). *Acarology XI. Proceedings of the International Congress*, México: 105-117.
- PROCTOR H., KANOWSKI J., CATTERALL C.P., WARDELL-JOHNSON G., REIS T. 2011. Rainforest-restoration success as judged by assemblages of soil- and litter-dwelling mites (Arachnida: Acari). *Zoosymposia* 6: 234-254.
- PULLIN A. S. 2004. *Biologiczne podstawy ochrony przyrody*. PWN. Warszawa.
- RAJSKI A. 1982. Poland. In: PRASAD V. (Ed.). *History of Acarology*. Indira Publishing House. Oak Park, Michigan: 383-413.
- RAKOWSKI G. (Ed.). 2007. *Rezerваты przyrody w Polsce Południowej*. Instytut Ochrony Środowiska. Warszawa.

- ROLAND E., GABRYŚ G. 2006. Faunistic review of *Parasitengona terrestris* (= *Trombidia*) (Acari: Actinotrichida) of the Lubuskie Province. In: GABRYŚ G., IGNATOWICZ S. (Eds.). *Advances in Polish Acarology*. Wydawnictwo SGGW, Warszawa: 282-292.
- RUF A. 1998. A maturity index for predatory soil mites (Mesostigmata: Gamasina) as an indicator of environmental impacts of pollution on forest soils. *Applied Soil Ecology*, 9: 447-452.
- RUF A., BECK L. 2005. The use of predatory soil mites in ecological soil classification and assessment concepts, with perspectives for oribatid mites. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 62: 290-299.
- SAROSIEK J., SEMBRAT K., WIKTOR A. 1967. *Sudety*. Wiedza Powszechna, Warszawa.
- SENICZAK A., SENICZAK S. 2008. Oribatid mites (Acari, Oribatida) as bioindicators of forest habitats. In: GWIAZDOWICZ D.J. (Ed.). *Selected problems of acarological research in forests*. Wydawnictwo Uniwersytetu Przyrodniczego w Poznaniu, Poznań: 41-58.
- SKORUPSKI M., HORODECKI P., JAGODZIŃSKI A.M. 2013. Roztocze z rzędu Mesostigmata (Arachnida, Acari) na terenach przemysłowych i poprzemysłowych w Polsce. *Nauka Przyroda Technologie, Dział Leśnictwo* 7, 1: 1-23.
- SKUBAŁA P. 2008. Dead wood as the richest habitat in a healthy forest and mite (Acari) fauna living in it. In: GWIAZDOWICZ D.J. (Ed.). *Selected problems of acarological research in forests*. Wydawnictwo Uniwersytetu Przyrodniczego w Poznaniu, Poznań: 23-39.
- SŁAWSKA M. 2007. Skoczogonki Collembola, Hexapoda i roztocze Acari, Arachnida jako wskaźniki zdrowotności gleb leśnych. *Studia i Materiały CELP w Rogowie* 9, 2-3: 208-217.
- SOKÓŁ S. 1991. *Przyroda ostrzega. O czym rośliny i zwierzęta informują człowieka*. Almaprint, Katowice.
- TROJAN P. 1998. Nowe perspektywy w badaniach entomofaunistycznych. *Wiad. Ecol.* 17, Suppl.: 137-155.
- TROJAN P. 2000. Wyznaczanie gatunków owadów zagrożonych wyginięciem. *Wiad. Ecol.* 18, Suppl. 2: 221-232.
- VAN STRAALEN N.M. 1998. Evaluation of bioindicator systems derived from soil arthropod communities. *Appl. Soil Ecol.* 9: 429-437.
- WALTER D.E., PROCTOR H.C. 2013. *Mites: Ecology, Evolution and Behaviour*. 2nd ed. Springer.
- WIĘCEK M., MARTIN P., LIPINSKI A. 2013. Water mites as potential long-term bioindicators in formerly drained and rewetted raised bogs. *Ecological Indicators* 34: 332-335.
- WILSON E.O. 1999. *Różnorodność życia*. Państwowy Instytut Wydawniczy, Warszawa.
- WILSON E.O. 2003. *Przyszłość życia*. Zysk i S-ka Wydawnictwo, Poznań.
- ZHAO J., SHAO Y., WANG X., NEHER D.A., XU G., LI Z., FU S. 2013. Sentinel soil invertebrate taxa as bioindicators for forest management practices. *Ecological Indicators* 24: 236-239.

Summary

From a biological point of view, "wildness" is a desired phenomenon in nature because it associates with natural character of ecosystems. It means that in wild habitats, biodiversity is far better preserved than in habitats subjected to any kind of civilisational impact. It seems impossible to value "wildness" precisely. However, it is feasible to approximate the degree of wildness by using relevant indicators of biodiversity – the bioindicators. Bioindication has been introduced into biological sciences in the times of Linnaeus. Today, it is a basic tool for a broad scope evaluation of environment quality. Among animals, certain groups of mites (Acari), especially moss mites (Oribatida), Mesostigmata (= Gamasida), and water mites (Hydrachnidia), are very good bioindicators. It is due to special taxonomical, ecological, and ethological characters of these mites. Moss mites are especially useful as bioindicators because they are present in any habitat with organic litter. Especially in forests, where litter layer is stable, they reach high diversity. Additionally, moss mites are long-lived, develop slowly, have low fecundity, their

dispersion is low, which makes their adult populations stable. At the same time, it is relatively easy to separate moss mites into taxonomical groups, mainly due to unproblematic manuals and keys that are easy to obtain. We can not exclude the use of other taxa, e.g., Microtrombidiidae that belong to Parasitengona terrestria (= Trombidia), as indicators of biotic diversity. However, the precise phytosociological analysis of the studied area is essential for the use of mites for evaluation of environmental quality. Nevertheless, basing on data concerning the biological capacity and rare species occurrence in the studied area and using general zoological knowledge, experience and intuition, we can attempt to evaluate its “wildness” by studying the acarofauna.

Adresy autorów:

Grzegorz Gabrys, Adrianna Kościelska, Elżbieta Roland
Katedra Zoologii, Wydział Nauk Biologicznych, Uniwersytet Zielonogórski,
ul. Prof. Z. Szafrana 1, 65-516 Zielona Góra
e-mail: g.gabrys@wnb.uz.zgora.pl

Współautorka Adrianna Kościelska jest stypendystką w ramach Poddziałania 8.2.2 „Regionalne Strategie Innowacji”, Działania 8.2 „Transfer wiedzy”, Priorytetu VIII „Regionalne Kadry Gospodarki” Programu Operacyjnego Kapitał Ludzki współfinansowanego ze środków Europejskiego Funduszu Społecznego Unii Europejskiej i z budżetu państwa.