

CEZARY TKACZUK¹, RYSZARD MIĘTKIEWSKI¹ i STANISŁAW BAŁAZY²

¹Katedra Ochrony Roślin Akademii Podlaskiej

Prusa 14, 08-110 Siedlce

²Zakład Badań Środowiska Rolniczego i Leśnego PAN

Bukowska 19, 60-809 Poznań

e-mail: tkaczuk@ap.siedlce.pl

mietkier@ap.siedlce.pl

balazy@man.poznan.pl

ROZTOCZE FITOFAGICZNE JAKO MAŁO ZNANA GRUPA GOSPODARZY GRZYBÓW ENTOMOPATOGENICZNYCH

Roztocze są powszechnie spotykanymi szkodnikami roślin uprawnych zarówno w warunkach polowych, jak i pod osłonami. Krótki cykl rozwojowy, a zatem wiele pokoleń w ciągu roku i łatwość uodpornienia się na pestycydy predysponują tę grupę szkodników do występowania na roślinach w dużym nasileniu, przez co osłabiają one wzrost i wpływają ujemnie na ilość i jakość plonu. Pośrednia szkodliwość wielu gatunków roztoczy polega na przenoszeniu wirusowych, bakteryjnych i grzybowych chorób roślin uprawnych. Spora grupa tych stawonogów zaliczana jest do poważnych szkodników przechowywanych. Charakteryzują się one większą zazwyczaj szkodliwością gospodarczą niż owady występujące w magazynach i przechowalniach produktów rolniczych.

Roztocze należące do rodzin Tetranychidae, Tenuipalpidae i nadrodziny Eriophyoidae, są wyłącznymi fitofagami, a przedstawiciele kilku dalszych rodzin (Tarsonemidae, Pyemotidae, Tydeidae, Acaridae) mogą także poważnie uszkadzać rośliny (BOCZEK 1999). Liczba poznanych dotychczas patogenów roztoczy jest niewielka, ale spośród wszystkich mikroorganizmów chorobotwórczych względem tych stawonogów grzyby stanowią grupę najliczniejszą (LIPA 1971, VAN DER GEEST 1985, MCCOY 1996, VAN DER GEEST i współaut. 2000). Cho-

ciaż mikozy roztoczy powodowane są przez gatunki grzybów entomopatogenicznych tych samych jednostek systematycznych, z których rekrutują się patogeny owadów, to pierwszy przypadek opisany został dopiero 70 lat po rozpoznaniu i naukowym udokumentowaniu pasożytnictwa grzybów w owadach. Dokonał tego przed 100 laty KIRCHNER (1904) podając jako przyczynę obumierania roztoczy *Tarsonemus spirifex* grzyba z grupy strzępczaków (*Hyphomycetes*), opisanego później przez ROSTRUPA (1916) jako *Sporotrichum kirchneri*, który obecnie jest znany pod nazwą *Hirsutella kirchneri* (Rostrup) Minter, BRADY et Hall. Mniej więcej w tym samym czasie ukazał się opis mikozy szpepiciela *Cecidophyopsis ribis* (Nal.), wywoływanej przez strzępczaka opisanego pod nazwą *Botrytis eriophyes* Massee (TAYLOR 1909), który w wyniku licznych rewizji taksonomicznych został uznany za identyczny z *Verticillium lecanii* (Zimm.) Viegas (GAMS 1971), pod którą to nazwą – jak wykazały ostatnio kompleksowe badania filogenetycznego pokrewieństwa form grzybów mitosporowych grupowanych w sekcji *Prostata* rodzaju *Verticillium* – „ukrywała się” grupa bardzo podobnych pod względem morfologicznym grzybów mitosporowych, wykazujących właściwości chorobotwórcze względem wielu grup lądowych zwierząt

bezkęgowych oraz innych grzybów (ZARE i GAMS 2001). Pierwsze dane o grzybach owadomorkowych (Entomophthorales) na roztoczach opublikował PETCH (1940, 1944), a spośród roztoczy roślinożernych entomoforozę przedziorków *Panonychus citri* powodowaną przez gatunek z rodzaju *Neozygites* opisała FISHER (1951). Intensyfikacja badań nad grzybowymi chorobami roztoczy nastąpiła w latach 1970–1980 w związku z powtarzającymi się doniesieniami o epizootycznym nasileniu wśród niektórych roztoczy chorób powodowanych głównie przez gatunki z rodzajów *Neozygites* i *Hirsutella*. Z tego okresu na szczególną uwagę zasługują prace McCOY'A i SELHIME (1977) i McCOY'A (1981), będące kontynuacją rozpoznania mikoz szkodników w plantacjach roślin cytrusowych na Florydzie (FISHER 1950, 1951), a dotyczące roli grzyba *H. thompsonii* w ograniczaniu populacji *P. citri*. Bardzo dużą wartość mają również taksonomiczne opracowania MINTERA i BRADY (1980) oraz MINTERA i współaut. (1983), w których autorzy opisują szereg gatunków z rodzaju *Hirsutella*, infekujących szpeciele żerujące na różnych gatunkach traw w Anglii. W Polsce ukazało się w tym czasie kilka opracowań traktujących głównie o patogenach grzybowych roztoczy drapieżnych i komensalach zasiedlających gniazda mrówek oraz korytarze żerujących pod korą owadów (BAŁAZY 1970, 1973; BAŁAZY i współaut. 1977; BAŁAZY i

WIŚNIEWSKI 1978, 1982, 1984, 1986)). Rezultatem tych badań było określenie prawie 40 gatunków grzybów niższych i strzępczaków patogenicznych lub potencjalnie patogenicznych głównie w stosunku do roztoczy drapieżnych. Większość z nich została opisana na podstawie morfologii zarodników przetrwalnikowych mających cechy zygo- lub azygospor owadomorków i na tej podstawie włączona do rodzaju *Tarichium* Cohn (BAŁAZY 1993). Dalsza intensyfikacja badań nad mikozami fitofagicznych roztoczy w Polsce nastąpiła w latach 90. w wyniku współpracy Katedry Ochrony Roślin, Akademii Podlaskiej w Siedlcach z Zakładem Badań Środowiska Rolniczego i Leśnego PAN w Poznaniu. Jej efektem było poznanie roli grzyba *N. floridana* w ograniczaniu populacji przedziorka chmielowca (*T. urticae*) (MIĘTKIEWSKI i współaut. 1993) oraz znaczne poszerzenie stanu wiedzy o krajowych gatunkach grzybów z rodzaju *Hirsutella*, infekujących różne gatunki roztoczy, głównie z rodzin Eriophyidae i Tetranychidae (MIĘTKIEWSKI i współaut. 2000). Pierwszymi przeglądowymi opracowaniami patogenów roztoczy i kleszczy są prace LIPY (1971) i VAN DER GEESTA (1985), a z publikacji najnowszych na uwagę zasługują zwłaszcza obszerna monografia VAN DER GEESTA i współaut. (2000) oraz podsumowanie badań prowadzonych nad patogenami szpecieli (Eriophyidea) McCOY'A (1996).

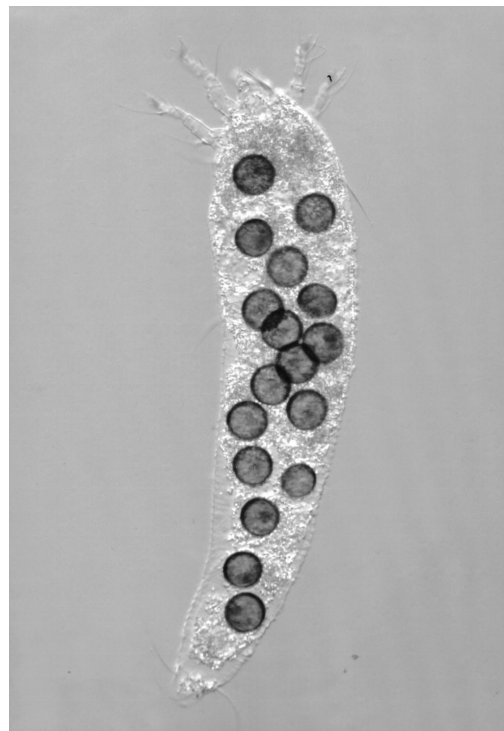
BIOLOGIA GRZYBÓW PATOGENÓW ROZTOCZY

Grzyby chorobotwórcze względem roztoczy stanowią stosunkowo niewielką grupę (około 50 gatunków) w porównaniu z 750 gatunkami znanymi z owadów. Większość z nich należy do owadomorkowców Entomophthorales (Zygomycotina), oraz grzybów workowych (Ascomycotina), jak również do form znanych tylko z zarodnikowania konidialnego (anamorfy) i umieszczanych w umownie wydzielonym typie grzybów mitosporowych – dotychczas powszechnie nazywanych grzybami niedoskonałymi – Deuteromycotina.

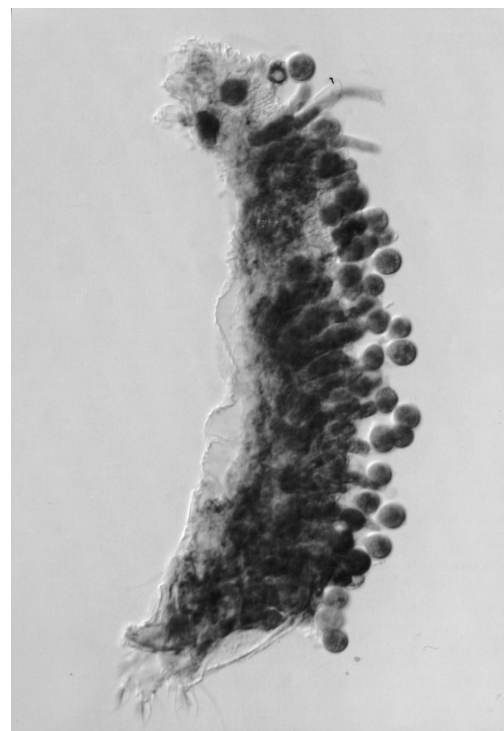
Grzyby entomopatogeniczne zazwyczaj infekują swojego gospodarza za pomocą wyspecjalizowanych zarodników, które przyczepiają się do oskórka, kielkują, a następnie strzępka kielkowa przenika przez oskórek do wnętrza ciała. Grzyb namnaża się w hemolimfie i tkankach miękkich gospodarza, którego śmierć na-

stępuje zwykle po 3 do 10 dniach, na skutek utraty wody, pozbawienia składników odżywczych, uszkodzeń mechanicznych we wnętrzu ciała oraz oddziaływania toksyn wydzielanych przez patogena. W sprzyjających okolicznościach grzyb intensywnie zarodnikuje na ciele martwego owada czy roztocza, stwarzając tym samym warunki do rozprzestrzeniania się mikozy w populacji gospodarza. Większość entomopatogenicznych gatunków spośród owadomorków, workowców oraz strzępczaków powszechnie spotykanych na stawonogach stanowią pasożyty obligatoryjne, zdolne do infekowania zdrowych osobników gospodarzy i rozwoju kosztem płynów ustrojowych oraz tkanek i organów wewnętrznych, degradowanych przez enzymy wydzielane przez patogeny. Charakteryzują się one zazwyczaj ograniczonymi spektrami zakażanych gatunków

żywicieli. Śmierć zakażonego owada czy roztocza zaatakowanego przez któryś z tych gatunków następuje zwykle dopiero po wykorzystaniu znacznej części dostępnych składników odżywczych oraz opanowaniu przez grzybnię jamy ciała i znaczący stopień intoksykacji oraz uszkodzenia organów wewnętrznych. Znane są jednakże przypadki obumierania stawonogów w wyniku zakażeń przez grzyby nie mające zdolności infekowania gospodarzy drogą enzymatycznej perforacji oskórka; wnika one do jamy ciała bądź przez naturalne otwory, bądź przez zranienia i rozwijają się w obrębie miejsc zakażenia, natomiast śmierć osobników ich gospodarzy następuje zwykle wkrótce po zakażeniu bądź w wyniku zatrucia silnymi toksynami wydzielanymi przez grzyba, bądź w efekcie równoczesnego wtargnięcia innych mikroorganizmów, powodujących ogólną bakteremię lub septicemię w organizmie gospodarza. Procesy te opisane są w licznych publikacjach naukowych i podręcznikach patologii owadów (MÜLLER-KÖGLER 1965, LIPA 1967). Mumifikacja ciała gospodarzy przez rozwijające się w nich wewnątrz grzybnie patogenów jest jedną z oznak, na podstawie której można wstępnie wnioskować, że czynnikiem sprawczym choroby są typowe entomopatogeny, podczas gdy gatunki z drugiej grupy nie powodują mumifikacji, lecz zdolne są przez dłuższy czas i konkurować z saprotrofami o zasiedlone szczątki gospodarza. Cechą charakterystyczną grzybów zaliczanych do klasy sprężniaków – Zygomycotina oprócz właściwego całej klasie procesu gametangiogamii – jest zdolność wytwarzania aktywnie odrzucanych konidiów tworzonych na trzonkach konidialnych. Ciała strzępkowe lub poszczególne komórki grzybni mogą funkcjonować jako gametangia. Zygota powstaje wewnątrz jednego z gametangiów lub uwypukla się na zewnątrz, po czym ulega obłonieniu grubą ścianą i funkcjonuje jako zarodnik przetrwalnikowy – zygospora (Ryc. 1). Jako struktury przetrwalnikowe w grzybni wegetatywnej mogą być tworzone również chlamidospory (BAŁAZY 1993). Trzonki konidialne wyrastają bezpośrednio z ciał strzępkowych lub jako odgałęzienia strzępek, są u większości gatunków nierozgałęzione, stanowiąc zakończenia strzępek rosnących wewnątrz ciała gospodarza i przebijających jego oskórek. Ich część szczytowa – stanowiąca komórkę zarodnikotwórczą – jest zazwyczaj maczugowato lub butelkowato pogrubiona. Na jej szczycie tworzy się pierwotny



Ryc. 1. Zarodniki przetrwalnikowe grzyba *Neozygites abacaridis* w ciele roztocza *Abacarus hystrix*.



Ryc. 2. Zarodnikowanie konidialne grzyba *Neozygites abacaridis* na *A. hystrix*.

zarodnik konidialny (Ryc. 2), który po dojrzewaniu jest aktywnie odrzucany dzięki specjalnej strukturze połączenia z komórką zarodnikotwórczą oraz różnic ciśnienia osmot-

ycznego pomiędzy tymi elementami grzybni. Odrzucane aktywnie konidia nazywane są balistosporami. Szczegóły na temat mechanizmu tworzenia zarodników konidialnych i ich odrzucania znajdziemy w pracach HUMBERA i współaut. (1981), BEN-ZE' EVA i KENNETH'A (1982) oraz LATGE i współaut. (1989). Inną ważną cechą niemal wszystkich przedstawicieli grzybów z rzędu Entomophthorales jest zdolność resporulacji, czyli tworzenia różnego typu zarodników wtórnych. Zarodniki drugiego i dalszych rzędów mogą powstawać z zarodników pierwotnych, gdy ich strzępka kielkowa nie jest w stanie spenetrować kutikuli potencjalnego gospodarza lub gdy zarodnik upadnie poza jego ciałem. U owadomorków opisano 5 różnych typów tego rodzaju zarodników.

Rozwój *N. floridana* jest ściśle powiązany z cyklem życiowym gospodarza. Grzyb rozwija się w ciele roztocza w formie protoplastów i ciał strzępkowych, które namnażają się przez pączkowanie. Pierwsze symptomy choroby pojawiają się po 3–4 dniach od infekcji. Roztocz wolniej się porusza, jego ciało blednie i na-

brzmiewa na skutek wypełnienia ciałami strzępkowymi, a śmierć następuje w dość krótkim czasie. Przy wysokiej wilgotności trzonki konidialne przebijają skórę, a formujące się na ich szczycie pierwotne zarodniki konidialne są „wystrzeliwane” i tworzą aureolę o szerokości 1–3 mm wokół ciała gospodarza (BROWN i HASIBUAN 1995). Zarodniki pierwotne *N. floridana* nie mają zdolności infekcyjnych. Większość z nich wytwarza wydłużony trzonek kapilarny, na szczycie którego powstaje migdałowatego kształtu kapilispora – zarodnik infekcyjny. Niektóre z zarodników pierwotnych mogą bezpośrednio wytwarzać balistosporę II rzędu, które mają identyczny wygląd, ale są znacznie mniejsze od zarodników pierwotnych, z których powstały. W niesprzyjających dla grzyba okolicznościach, implikowanych najczęściej warunkami pogodowymi, w ciele gospodarza powstają zarodniki przetrwalnikowe. Po wykiełkowaniu przetrwalnika wytwarzana jest strzępka rostkowa, na której tworzy się zarodnik pierwotny, który po odrzuceniu wytwarza trzonek kapilarny, zakończony kapilisporą.

NATURALNE INFЕКCJE ROZTOCZY WYWOŁANE PRZEZ GRZYBY OWADOMORKOWE

Dotychczas znanych jest zaledwie kilka gatunków grzybów z rzędu Entomophthorales, które mogą infekować roztocze (HUMBER i współaut. 1981). Należą one głównie do rodzaju *Neozygites* (choć w starszym piśmiennictwie były często podawane pod rodzajowymi nazwami *Empusa*, *Entomophthora* lub *Triplosporium*). Gatunki z tego rodzaju są na kuli ziemskiej dość szeroko rozprzestrzenione i oprócz roztoczy porażają pluskwiaki równoskrzydłe (Homoptera) oraz przylżeńce (Thysanoptera). Opisano dotychczas 7 gatunków grzybów z tego rodzaju, które wydają się być wyspecjalizowane w stosunku do roztoczy, aczkolwiek ich rozróżnienie w oparciu o morfologię elementów grzybni nastręcza wiele trudności (KELLER 1991). Najczęściej spotykanym gatunkiem, który wywołuje mikozy wśród roztoczy, z rodziny przedziorkowatych (Tetranychidae) jest grzyb *N. floridana*. Po raz pierwszy został opisany z roztocza *Eutetranychus banksi*, szkodnika drzew cytrusowych na Florydzie. W literaturze znajduje się wiele informacji, które potwierdzają znaczącą jego rolę w naturalnej redukcji populacji szkodliwych roztoczy w uprawach rolnych i ogrodniczych na różnych

regionach kuli ziemskiej. Wymieniany jest m.in. jako groźny patogen *Tetranychus evansi* w uprawie pomidorów w Brazylii, *T. tumidus* na bawełnie, *T. ludeni* na fasoli w Indiach, *T. urticae* w uprawie kukurydzy w USA oraz *Manonchellus tanajoa* w uprawie manioku w Wenezueli oraz Brazylii (VAN DER GEEST i współaut. 2000). Jest on również najgroźniejszym patogenem przedziorka chmielowca (*T. urticae*) w Polsce, atakując jego populacje na licznych gatunkach roślin uprawnych (fasola, ogórek, truskawka, porzeczka) i dziko rosnących i powodując nierzadko od 60 do 80% śmiertelności, zwłaszcza jesienią i pod koniec lata (MIĘTKIEWSKI i współaut. 1993). Infekcje przedziorków wywołane przez ten gatunek są obserwowane począwszy od trzeciej dekady maja do końca października. Dość często pojawia się on również w populacji roztoczy z rodzaju *Bryobia*, żerujących na liściach pięciornika gęsiego *Potentilla anserina* L., a ostatnio stwierdzono również występowanie zarodników przetrwalnikowych *N. floridana* w zmumifikowanych osobnikach rubinowca owocowca (*Bryobia rubroculus*) na pędach jabłoni w okresie zimowym (TKACZUK i współaut. 2003).

Wśród owadomorków znany jest do tej pory tylko jeden gatunek infekujący roztocze z rodziny szpecielowatych (*Eriophyidae*). Jest nim stwierdzony – jak dotąd jedynie w Polsce grzyb *Neozygites abacaridis* (MIĘTKIEWSKI i BAŁAZY 2003). Wydaje się, że jest on ściśle związany z zespołem szpecieli występujących na trawach – *Abacarus hystrix* (Nalepa) oraz z towarzyszącymi mu *Aculodes dubius* (Nalepa) i *A. mckenziei* (Keifer). Patogen ten pojawia się w ich populacjach w okresie od około połowy sierpnia aż do jesiennych przymrozków, z kulminacją pomiędzy pierwszą dekadą września a drugą połową października, i powo-

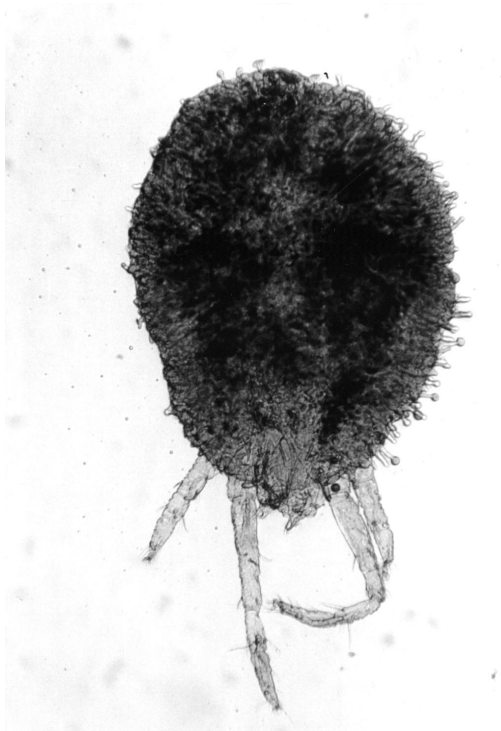
dując od pojedynczych przypadków 10% śmiertelności roztoczy.

Wśród grzybowych patogenów roztoczy fitofagicznych znajdują się również zaliczane do sprężniaków gatunki *Basidiobolus* sp., *Conidiobolus obscurus* i *C. thromboides* (VAN DER GEEST i współaut. 2000). Mikozę roztoczy z rodzaju *Bryobia* (Ryc. 3), zasiedlających liście pięciornika gęsiego (*P. anserina* L.) na podmokłych stanowiskach łąkowych, wywołaną przez nieoznaczony gatunek z rodzaju *Conidiobolus* odnotowano również w Polsce (MIĘTKIEWSKI i współaut. 2000).

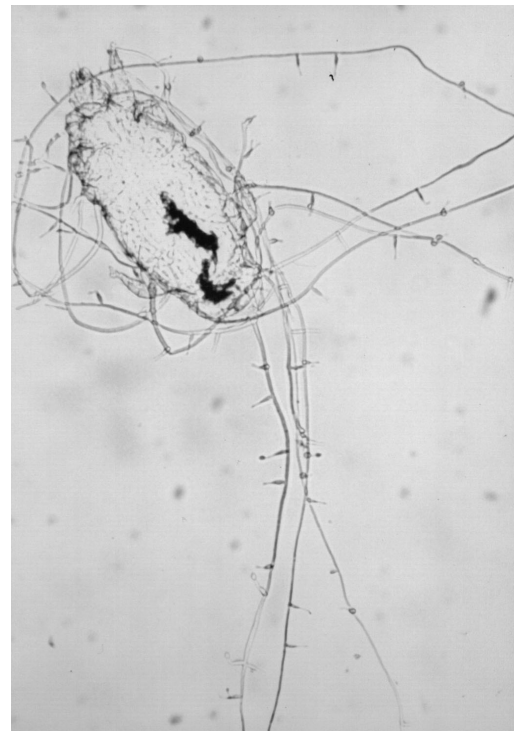
STRZĘPCZAKI JAKO PATOGENY ROZTOCZY

Drugą ważną grupą patogenów roztoczy są grzyby należące do Deuteromycotina, a wśród nich zwłaszcza duża stosunkowo liczba gatunków z rodzaju *Hirsutella* wyspecjalizowana w infekowaniu tych stawonogów z tej gromady.

(CHANDLER i współaut. 2000) i – jak się wydaje – liczba ta będzie szybko wzrastać. Teleomorfy (stadia doskonałe) z rodzaju *Hirsutella* to gatunki workowców głównie z rodzaju *Cordyceps* lub *Torrubiella*. Grzyby infekują roztocze



Ryc. 3. Roztocz z rodzaju *Bryobia* zainfekowany przez *Conidiobolus* sp.



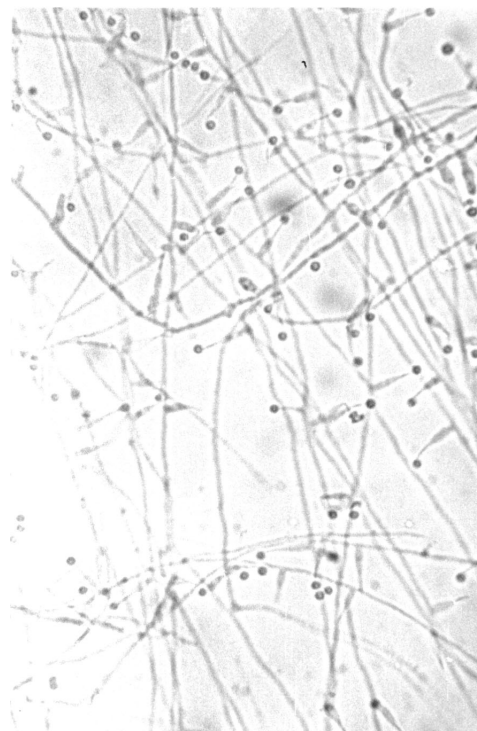
Ryc. 4. Roztocz z rodziny *Tarsonemidae* zainfekowany przez grzyba z rodzaju *Hirsutella*.

Taksonomia tego rodzaju jest złożona i jak dotychczas tylko fragmentarycznie opracowana. Zaliczane do niego gatunki znane są w większości jako patogeny bezkręgowców (głównie owadów) w rejonach tropikalnych (McCOY 1981), a 10 gatunków opisano na roztoczach

za pomocą konidiów, które tworzone są pojedynczo lub po kilka na końcach fialid. Zarodniki te są często otoczone śluzową otoczką, co zapewnia im lepszą przyczepność do kutykuli gospodarza. Podobnie jak inne gatunki owadobójcze grzyby z rodzaju *Hirsutella* w trakcie in-

fekcji wytwarzają szereg enzymów proteo- i chitynolitycznych, które ułatwiają wnikanie strzępki kielkowej do ciała gospodarza. Po wnikięciu patogen rozwija się w całym ciele w postaci grzybni strzępkowej. Po śmierci gospodarza strzępki grzybni przerastają przez oskórek lub wydostają się poprzez naturalne otwory ciała (otwór gębowy, otwór odbytowy lub otwory genitalne), a tworzące się na fialdach zarodniki konidialne mogą kontynuować proces infekcji dalszych potencjalnych gospodarzy (Ryc. 4). W niesprzyjających warunkach u niektórych gatunków *Hirsutella* (np. *H. thompsonii*) patogen może przechodzić stadia spoczynkowe, tworząc w ciele roztocza wielojądrowe chlamidospory, które są bardzo często stadium zimującym.

Gatunkiem najlepiej poznany i mającym bardzo duży zasięg geograficzny, a jednocześnie wyspecjalizowanym w porażaniu roztoczy jest już wcześniej wspomniany *Hirsutella thompsonii* (Ryc. 5). Powodowane przez niego przypadki wysokiej śmiertelności szpecielia (*Phyllocoptruta oleivora*), masowo zasiedlającego drzewa cytrusowe na Florydzie opisali SPEARE i YOTHERS (1924), a obecnie używaną nazwę nadała mu FISHER (1950). Do tej pory został on stwierdzony na 22 gatunkach roztoczy. Oprócz szpecielowatych gospodarzy tego patogena są również niektóre gatunki roślinożerne z rodzin Tetranychidae i Tarsonemidae oraz niektóre drapieżne np. spośród Phytoseiidae. Bazując na 11 izolatach pochodzących ze szpecielowatych SAMSON i współaut. (1980), opisali trzy polimorficzne odmiany *H. thompsonii*. Są to: *H. thompsonii* var. *synnematos*, uważana za typową dla rejonów tropikalnych, oraz *H. thompsonii* var. *thompsonii* i *H. thompsonii* var. *vinacea* – częściej występujące w klimacie umiarkowanym i subtropikalnym. Na podstawie bardzo dużej liczby europejskich szczepów przebadanych w ostatnich latach stwierdza się bardzo dużą zmienność morfologii elementów grzybni u obu pierwszych odmian *H. thompsonii* w kulturach pożywkowych, przy czym zarówno szczepy odmiany *synnematos*, jak i odmiany *thompsonii* wytwarzają białe wiązki grzybowe o cechach podkładek (stromata) typowych dla workowców z rodzaju *Cordyceps*, chociaż zarodnikowania workowego dotychczas nie uzyskano. Jak stwierdził McCOY (1981) *H. thompsonii* bardzo szybko zabija swojego gospodarza. Zarodniki konidialne tego grzyba potrzebują tylko czterech godzin, aby skielkować



Fot. 5. Grzybnia *Hirsutella thompsonii* (widok spod mikroskopu).

i dokonać infekcji, zaś od momentu infekcji do wystąpienia zarodnikowania na powierzchni zaatakowanego roztocza mijają zaledwie 4 dni w warunkach wysokiej wilgotności i temperaturze 25–30°C.

Oprócz *H. thompsonii* na fitofagicznych roztoczach, głównie z rodziny Eriophyidae, odnotowano występowanie następujących gatunków grzybów z rodzaju *Hirsutella*: *H. brownorum*, *H. gregis*, *H. kirchneri*, *H. necatrix*, *H. nodulosa*, *H. rostrata* i *H. tydeicola* (VAN DER GEEST i współaut. 2000). Większość tych gatunków została opisana ze szpecieli żerujących na trawach, jednak jak dotychczas rola patogenów wpływających na liczebność tej grupy roztoczy była rozpoznana stosunkowo słabo. Oprócz prac o wartości historycznej z pierwszych 10-leci XX w. przytaczanych w przeglądowych opracowaniach LIPY (1971), VAN DER GEESTA (1985) i McCOY'A (1996), obszerniejsze opracowania na temat ich chorób grzybowych opublikowane zostały dopiero w latach 80. XX w. (LEWIS i współaut. 1981, MINTER i współaut. 1983), na podstawie badań przeprowadzonych w Berkshire (Anglia). W ostatnich latach rozpoznania mikoz szpecieli zostały znacznie poszerzone przez autorów niniejszego artykułu. Na podstawie stosunkowo szerokich badań przeprowadzonych w Wielkopolsce i na Podlasiu oraz przeglądów znacznej liczby prób po-

chodzących z Francji, Wielkiej Brytanii, Danii i Niemiec. MIĘTKIEWSKI i współaut. (2003) stwierdzili, że patogeniczne strzępczaki z rodzaju *Hirsutella* towarzyszą praktycznie wszystkim populacjom szpecieli występujących na trawach w ciągu całego roku, z kulminacją w miesiącach późnoletnich i jesiennych. Najwyższą śmiertelność powodowały gatunki *H. kirchneri* i *H. thompsonii*, a *H. necatrix* i *H. gregis* były zwykle komponentami towarzyszącymi. Wymienione grzyby obserwowano zazwyczaj w przypadkach 80 do 95% odnotowywanych mikozy w populacjach występujących na trawach szpecieli, głównie gatunków *Abacarus hystrix*, *Aculodes dubius* i *A. mckenziei*, a powodowana przez nie śmiertelność tych roztoczy osiągała w miesiącach jesiennych od 30 do ponad 60%. Stwierdzono również, że w krajobrazach rolniczych Basenu Paryskiego przeżywalność roztoczy na trawach była istotnie wyższa, a ich redukcja przez choroby grzybowe istotnie niższa niż na niżowych obszarach rolniczych Polski. Najbardziej prawdopodobnymi przyczynami takiej sytuacji, zdaniem autorów, są: wysoki stopień uproszczenia struktury krajobrazów rolniczych, większa intensywność zabiegów agrotechnicznych – zwłaszcza w zakresie nawożenia mineralnego i ochrony roślin, jak również brak śródpolnych zadrzewień i częste przypadki traktowania zadarnionych przydroży herbicydami we Francji. W trakcie badań nad chorobami roztoczy fitofagicznych w Polsce stwierdzono występowanie grzyba *H. thompsonii* var. *synnematosus* na należącym również do Eriophyoidea – podskórniku grusowym (*Eriophyes piri* Pgst.). Szkodnik ten uszkadza liście gruszy, żerując w ich wnętrzu. Grzyb w okresie wegetacji opanowuje około 10% roztoczy, a w ciele osobników zimujących pod łuskami pąków wytwarza stadium spoczynkowe w postaci chlamidospor (MIĘTKIEWSKI i współaut. 2000, TKACZUK i współaut. 2003).

Jak już wcześniej wspomniano wśród gospodarzy grzybów z rodzaju *Hirsutella* wymieniane są również roztocze należące do innych rodzin. Grzyb *H. thompsonii* podawany był jako przyczyna naturalnej redukcji populacji

przędziorka *Mononychellus tanajoa*, żerującego na manioku w Afryce. Podobnie gatunek *H. kirchneri* wymieniany jest jako przydatny do biologicznego zwalczania takich roztoczy z rodziny przędziorkowatych jak *Eutetranychus orientalis*, *Panonychus citri* czy *Tetranychus cinnabarinus* (VAN DER GEEST i współaut. 2000). Gatunek *H. nodulosa* jest w Polsce od lat notowany jako przyczyna naturalnej redukcji roztocza truskawkowca (*Phytoneumus pallidus* ssp. *fragariae* Zimm.), z rodziny Tarsonomidae, będącego groźnym szkodnikiem w uprawach truskawek (MIĘTKIEWSKI i współaut. 2000).

Na roztoczach okazjonalnie notowane są również inne gatunki grzybów zaliczane do strzępczaków. Można tu wymienić wspomnianą na wstępie mikozę porzeczkowego (*Cecidophyopsis ribis*) – wywołanej przez grzyba opisanego pierwotnie pod nazwą *Botrytis eriophyes*, a następnie przemianowanego przez LEATHERDALE (1965) na *Paecilomyces eriophytis*. Był on również izolowany jako patogen ze szpecieli *Phytoptus avellanae* i *Aceria vaccinii*. MIĘTKIEWSKI i współaut. (2003), badając grzyby infekujące szpeciele występujące na trawach, stwierdzają, że obok grzybów z rodzaju *Hirsutella* stałym komponentem na martwych roztoczach był gatunek opisany pod nazwą *Ramularia ludoviciana* Minter, Brady et Hall. Spośród innych strzępczaków izolowanych z martwych roztoczy częstymi były *Acrodontium crateriforme* oraz przedstawiciele z rodzajów *Acremonium*, *Cladosporium*, *Verticillium* i *Paecilomyces*. Można przypuszczać, że niektóre spośród nich mogą okazyjnie powodować obumierania roztoczy. Ponadto na roztoczach okazyjnie notowane są gatunki występujące na owadach takie jak *Beauveria bassiana* czy gatunki zaliczane do niedawna do sekcji Prostata w rodzaju *Verticillium* najczęściej *V. lecanii* (VAN DER GEEST i współaut. 2000). W świetle przeprowadzonej ostatnio analizy kryteriów różnicowania taksonów w obrębie tej sekcji (ZARE i GAMS 2001) prawidłowość identyfikacji tych szczepów musi być poddana weryfikacji.

MOŻLIWOŚCI WYKORZYSTANIA GRZYBÓW DO ZWALCZANIA SZKODLIWYCH ROZTOCZY

Tak samo jak badania nad składem gatunkowym grzybów występujących na roztoczach podjęte zostały ponad 150 lat później niż na owadach, również próby wykorzystania ich do

zwalczania roztoczy podjęte zostały z podobnym opóźnieniem. Pierwsze próby zwalczania owadów przy wykorzystaniu grzybów przeprowadził Mieczników w 1888 r. Obecnie na

świecie jest kilkanaście zarejestrowanych mikroinsektycydów opartych na takich grzybach jak *Beauveria bassiana*, *B. brongniartii*, *Metarhizium anisopliae* czy *Verticillium lecanii*. Preparaty te wykazują jednakże niską skuteczność w stosunku do przędziorków. Natomiast technologię pierwszego biopreparatu przeciw roztoczom opracowano w USA dopiero w 1970 r. wykorzystując wysoko wirulentne szczepy grzyba *H. thompsonii*. Pod handlową nazwą „Mycar” był on stosowany głównie do zwalczania *Phyllocoptruta oleivora* na drzewach cytrusowych na Florydzie oraz *Panonychus citri* w Australii. Skuteczność jego działania w wielu przypadkach dorównywała syntetycznym akarycydom. Niestety preparat ten charakteryzował się małą stabilnością w okresie przechowywania i transportu, zmienną persystencją oraz skutecznością działania w warunkach polowych, w dużym stopniu uzależnioną od wysokiej wilgotności powietrza. Czynniki te sprawiły, że zaprzestano jego produkcji w 1985 r. (McCOY 1996).

Na podstawie dotychczasowych rozpoznawień składu gatunkowego grzybów pasożytujących w roztoczach oraz ocen powodowanej przez nie śmiertelności wydaje się, że największe perspektywy wykorzystania w integrowanym zwalczaniu szkodników stwarzają gatunki z rodzaju *Hirsutella* i *Neozygites floridana*. Gatunki z rodzaju *Hirsutella* występujące powszechnie na szpecielach dobrze znoszą warunki hodowli na syntetycznych podłożach a niektóre

spośród nich – jak np. *H. kirchneri* – wykazują również patogeniczność względem innych grup roztoczy (np. Tarsonemidae). W naszych warunkach grzyby te mogłyby być wykorzystane do zwalczania szpecieli (Eriophyidae), które nie stanowią tak dużego problemu jak przędziorki (Tetranychidae). Na tych ostatnich grzyby z rodzaju *Hirsutella* spotykane są raczej rzadko, natomiast silne epizooty powoduje wśród niektórych *N. floridana*. W tym wypadku w wykorzystaniu *N. floridana* główną trudność w pracach nad jego wykorzystaniem do zwalczania przędziorków stanowi trudność namnażania materiału infekcyjnego na sztucznych podłożach. W ostatnich latach odnotowano na tym polu pewne sukcesy pozwalające mieć nadzieję, że w niedługim czasie można będzie hodować gatunki z rodzaju *Neozygites* na podłożach odpowiednio wzbogaconych wyciągiem z tkanek żywicieli i innymi składnikami (DELALIBERA i współaut. 2003), co powinno doprowadzić do opracowania biotechnologicznych metod pozyskiwania bądź materiału infekcyjnego, bądź metabolitów przydatnych do zastosowania jako bioakarycydów. Nadmienić przy tym wypada, że dotychczasowe badania nad patogenami roztoczy są rozpoznaniem wstępnymi, w pewnym zakresie opartymi nawet na przypadkowych spostrzeżeniach, a w niedalekiej przyszłości można oczekiwać znacznego poszerzenia zarówno wiedzy o chorobach roztoczy, jak i o możliwościach wykorzystania ich patogenów.

PHYTOPHAGOUS MITES – LITTLE KNOWN HOSTS OF ENTOMOPATHOGENIC FUNGI

S u m m a r y

Little is known about parasitic fungi associated with mites, but interest in them is growing because of their potential as agents for biological control of many pests and diseases vectors among these arthropods. An overview is given of studies on fungal diseases of phytophagous mites. Most of these studies concern on fungal pathogens of eriophyoids and spider mites. The most frequently encountered pathogens of mites belong to the genera *Neozygites* of the order Entomophthorales and *Hirsutella* of the hyphomycetous anamorphs. These two fungal genera differ not only taxonomically but they also have different biology and pathogenic abilities. *Neozygites floridana* is a common species causing epizootics in spider mite populations, while fungi from the genus *Hirsutella* seem to

be more specific to eriophyoid mites. They are of special interest because most of their strains can be grown on artificial media and multiplied by this means for application against pest mites. Fungus *H. thompsonii* commercial mycoacaricide Mycar was produced for the control of eriophyoid mites on citrus. The state of the knowledge about the mycoses of mites should be estimated as initial and further research is required to clarify the taxonomic anamorph – teleomorph alliances of fungal pathogens of mites especially from the genus *Hirsutella*, and to study their ecology in order to develop their efficient biotechnological utilization for pest control.

LITERATURA

- BALAŻY S., 1970. *Notes on Hirsutella nodulosa* Petch 1926. Wiadom. Bot. 14, 153-156.
- BALAŻY S., 1973. *Review of entomopathogenic species of the genus Cephalosporium* Corda (Mycota, Hyphomycetales). Bulletin de la Société des Amis des Sciences et des Lettres de Poznań. Serie D 14, 101-137.
- BALAŻY S., 1993. *Flora of Poland. Fungi (Mycota). XXIV. Entomophthorales*. Polish Academy of Sciences, W. Szafer Institute of Botany, Kraków.
- BALAŻY S., KIELCZEWSKI B., WIŚNIEWSKI J., 1977. *Fungal spores found on mites in bark beetle galleries.* Pozn. Tow. Przyj. Nauk, Prace Kom. Nauk. Roln. Leśn. 44, 3-11.
- BALAŻY S., WIŚNIEWSKI J. 1978. *Nowy dla Polski gatunek owadomorka (Mycophyta, Entomophthoraceae) z roztocza Veigaia sp.* Pozn. Tow. Przyj. Nauk, Prace Kom. Nauk. Roln. Leśn. 46, 3 -6.
- BALAŻY S., WIŚNIEWSKI J., 1982. *Two species of entomopathogenic fungi on the myrmecophilic mite Tetranychus coccinea (Michael, 1891) (Acari: Uropodina)*. Bull. Acad. Pol. Sci. Serie Sci., Biol., 30, 1-12.
- BALAŻY S., WIŚNIEWSKI J. 1984. *Records on some lower fungi occurring on mites (Acarina) from Poland*. Acta Mycol. 20, 159-172.
- BALAŻY S., WIŚNIEWSKI J., 1986. *Two new species of Hirsutella infecting mites in Poland*. Trans. Br. Mycol. Soc. 86, 629-635.
- BEN-ZE'EV I., KENNETH R. G., 1982. *Features – criteria of taxonomic value in the Entomophthorales: 1. A revision of the Batkoan classification. 2. A revision of the genus Erynia* Nowakowski 1881 (*Zoophthora* Batko 1964). Mycotaxon 14, 395-475.
- BOCZEK J. 1999. *Zarys akarologii rolniczej*. Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa.
- BOLLAND H. R., GUTIERREZ J., FLECHTMANN C. H. W., 1998. *World Catalogue of the Spider Mite Family (Acari: Tetranychidae)* Brill, Leiden.
- BROWN G. C., HASIBUAN R., 1995. *Conidial discharge and transmission efficiency of Neozygites floridana, an entomopathogenic fungus infecting two-spotted spider mites under laboratory conditions*. J. Invertebr. Pathol. 65, 10-16.
- CHANDLER D., DAVIDSON G., PELL J. K. BALL B. V., SHAW K., SUNDERLAND K. D. 2000. *Fungal biocontrol of Acari*. Bioc. Sc. Technol. 10, 357-384.
- DELALIBERA J. I., HAJEK A. E., HUMBER R. A., 2003. *Use of cell culture media for cultivation of the mite pathogenic fungi Neozygites tanajoae and Neozygites floridana*. J. Invertebr. Pathol. 84, 119-127.
- FISHER F. E., 1950. *Two new species of Hirsutella*. Mycologia 42, 290-297.
- FISHER F.E., 1951. *An Entomophthora attacking citrus red mite*. Florida Entomol. 34, 83-88.
- GAMS W., 1971. *Cephalosporium artige Schimmelpilze (Hyphomycetes)*. Gustav Fisher Verlag, Stuttgart.
- HUMBER R. A., DE MORAES G. J., DOS SANTOS J. M., 1981. *Natural infection of Tetranychus evansi (Acarina: Tetranychidae) by a Triplosporium sp. (Zygomycetes: Entomophthorales) in northeastern Brazil*. Entomophaga 26, 421-425.
- KELLER S., 1991. *Arthropod – pathogenic Entomophthorales of Switzerland. II. Erynia, Eryniopsis, Neozygites, Zoophthora and Tarichium*. Sydowia 43, 39-122.
- KIRCHNER O., 1904. *Milbenkrankheit des Hafers*. Z. Pflanzenkrankh. 14, 13-18.
- LATGÉ J. P., PERRY D. F., PRÉVOST M. C., SAMSON R. A., 1989. *Ultrastructural studies of primary spores of Conidiobolus, Erynia and related Entomophthorales*. Can. J. Botany 67, 2576-2589.
- LEATHERDALE D., 1965. *Fungi infecting rust and gall mites (Acarina: Eriophyidae)*. J. Invertebr. Pathol. 7, 325-328.
- LEWIS G. C., HEARD A. J., BRADY B. L., MINTER D. W., 1981. *Fungal parasitism of the eriophyid mite vector of ryegrass mosaic virus*. Proc. Br. Crop Prot. Conf. Pest and Diseases. 1, 109-111.
- LIPA J. J., 1967. *Zarys patologii owadów*. PWRiL, Warszawa.
- LIPA J. J., 1971. *Microbial control of mites and ticks*. [W:] *Microbial Control of Insects and Mites*. BURGESS H. D., HUSSEY N. W. (red.). Academic Press, New York, 357-373.
- MCCOY C. W., 1981. *Pest control by the fungus Hirsutella thompsonii*. [W:] *Microbial Control of Pests and Plant Diseases, 1970-1980*. BURGESS H. D. (red.). Academic Press, London, 499-512.
- MCCOY C. W., 1996. *Pathogens of eriophyid mites*. [W:] *Eriophyid mites, their biology, natural enemies and control*. LINDQUIST E. E., SABELIS M. W., BRUIN J. (red.), Elsevier, Amsterdam, 481-490.
- MCCOY C. W., SELHIME A. G., 1977. *The fungus pathogen, Hirsutella thompsonii and its potential use for control of the citrus mite in Florida*. Proc. Int. Citrus Congr. Murcia, Spain, 521-527.
- MIĘTKIEWSKI R., BALAŻY S., 2003. *Neozygites abacaridis sp.nov. (Entomophthorales), a new pathogen of phytophagous mites (Acari, Eriophyidae)*. J. Invertebr. Pathol. 83, 223-229.
- MIĘTKIEWSKI R., BALAŻY S., TKACZUK C., 2000. *Mycopathogens of mites in Poland – a review*. Biocontr. Sci. Tech. 10, 459-465.
- MIĘTKIEWSKI R., BALAŻY S., TKACZUK C., 2003. *Mikozy szpecieli (Acari: Eriophyoidea) występujących na trawach*. Progress in Plant Protection. Postępy w Ochronie Roślin, 43, 268-276.
- MIĘTKIEWSKI R., BALAŻY S., VAN DER GEEST L. P. S., 1993. *Observations on a mycosis of spider mites (Acari: Tetranychidae) caused by Neozygites floridana in Poland*. J. Invertebr. Pathol. 61, 317-319.
- MINTER D. W., BRADY B. L. 1980. *Mononematous species of Hirsutella*. Trans. Br. Mycol. Soc. 74, 271-282.
- MINTER D. W., BRADY B. L., HALL R. A., 1983. *Five hyphomycetes isolated from eriophyid mites*. Trans. Br. Mycol. Soc. 81, 455-471.
- MÜLLER-KÖGLER K., 1965. *Pilzkrankheiten bei Insekten*. Paul Parey, Berlin-Hamburg.
- ROSTRUP O., 1916. *Birdrag til Danmarks svampeflora*. Dansk Botanisk Arkiv. 2, 1-56.
- PETCH T., 1940. *An Empusa on a mite*. Proc. Linn. Soc. New South Wales 65, 259-260.

- PETCH T., 1944. *Notes on entomogenous fungi*. Trans. Brit. Mycol. Soc. 27, 81-93.
- SAMSON R. A., MCCOY C. W., O'DONNELL K. L., 1980. *Taxonomy of the acarine parasite Hirsutella thompsonii*. Mycologia 72, 359-377.
- SPEARE A. T., YOTHERS W. W., 1924. *Is there an entomogenous fungus attacking the citrus rust mite in Florida?* Science 40, 41-42.
- TAYLOR A. M., 1909. *Description and life histories of two new parasites of the black currant mite, Eriophyes ribis (Nal.)*. J. Econ. Biol. 4, 1-8.
- TKACZUK C., MIĘTKIEWSKI R., BAŁAZY S., 2003. *Mycoses of phytophagous mites during the winter time*. Proc. of 9th European Meeting of the IOBC/WPRS Working Group "Insect Pathogens and Entomoparasitic Nematodes" Salza, Germany, 108.
- VAN DER GEEST L. P. S., 1985. *Pathogens of spider mites*. [W:] *Spider mites, their biology, natural enemies and control*. HELLE W., SABELIS M. W. (red.). Elsevier, Amsterdam, 247-258.
- VAN DER GEEST L. P. S., ELLIOT S. L., BREEUWER J. A. J., BEERLING E. A. M., 2000. *Diseases of mites*. Exp. Appl. Acarol. 24, 497-560.
- ZARE R., GAMS W., 2001. *A revision of Verticillium section Prostrata*. IV. *The genera Lecanicillium and Simplicillium gen. nov.* Nova Hedwiga 73, 1-50.