POLSKIE TOWARZYSTWO ENTOMOLOGICZNE

WIADOMOŚCI ENTOMOLOGICZNE

t. VII, nr 1-2

WARSZAWA 1987

PAŃSTWOWE WYDAWNICTWO NAUKOWE

WIAD. ENTOMOL. T. 7 NR 1–2: 11–22
WARSZAWA 1987

JACEK PIECHOTA, MIROSŁAWA PIECHOTA

Właściwości biologiczne mszyc a możliwość bioindykacji zmian w środowisku*

Nie wszystkie gatunki w jednakowym stopniu nadają się do bioindykacji zmian zachodzących w środowiskach naturalnych. Pewne grupy mszyc posiadają właściwości predestynujące je do spełniania roli bioindykatorów.

Heteroecja, czyli cykl życiowy mszyc, połączony z regularną, okresową zmianą rośliny żywicielskiej, dzieli się na dwa typy. Pierwszy to heteroecja starego typu, tzw. monomorficzna, w której na pierwotnego żywiciela przelatuje dwuródka (sexupara), rodząca samice amfigoniczne i samce. Mają one charakter neotenicznych larw o ograniczonej ruchliwości i kopulujących ze sobą. Konsekwencją tego chowu w pokrewieństwie jest powolna ewolucja przejawiająca się niewielkim zróżnicowaniem morfologicznym i gatunkowym. Zerwanie więzi z jednym z żywicieli prowadzi do powstania gatunku anholocyklicznego, rozmnażającego się wyłącznie partenogenetycznie (Szelęgiewicz 1978 a). Anholocykliczność umożliwia wprawdzie przetrwanie, ale powoduje ewolucyjny regres. Ta linia ewolucyjna jest więc zamknięta.

Heteroecja dymorficzna występuje jedynie u podrodziny *Aphidinae*. Na pierwotnego żywiciela przelatują oddzielnie samce i samice amfigoniczne. Zerwanie więzi z jednym z żywicieli prowadzi zawsze do powstania wtórnie jednodomnych gatunków holocyklicznych. Heteroecja dymorficzna zapewnia szybki postęp ewolucyjny i duże zróżnicowanie morfologiczne (Szelęgiewicz 1978 a).

Mszyce wykazujące heteroecję dymorficzną zdolne są do bardzo szybkiego reagowania na wszelkie zmiany zachodzące w środowisku. Reakcje te są jednak słabe i krótkotrwałe, gdyż mszyce należące do *Aphidinae* szybko przystosowują się do nowych warunków. Do badań bioindykacyjnych zdecydowanie najlepsze są gatunki wykazujące heteroecję monomorficzną, o słabym polimorfizmie. Mszyce te powoli, ale silnie reagują na wszelkie zmiany w środowisku. Zmiany te są długotrwałe i stopniowo kompensowane ze względu na słaby system genetyczny będący skutkiem ograniczonej amfimiksji

---

* Tekst referatu wygłoszonego na XI Sympozjum Sekcji Entomologii Leśnej Polskiego Towarzystwa Entomologicznego w Sulęczynie, 30 IX – 2 X 1984 r.

na pierwotnym żywicielu. Najlepsze wyniki można uzyskać przy testowaniu gatunków wykazujących heteroecję monomorficzną, które utraciły więzi z jednym z żywicieli i stały się wtórnie anholocykliczne.

Polimorfizm

Polimorfizm to zjawisko występowania w cyklu życiowym mszyc wielu różnych morf spełniających różne funkcje i różniących się morfologicznie (tab. 1). Różnice między morfami są niekiedy tak duże, że czasami zaliczano je do różnych gatunków. Poszczególne morfy pochodzące od jednej założycielki mają taki sam genotyp, a różne fenotypy. Oznacza to, że muszą u nich istnieć mechanizmy czasowej inaktywacji i reaktywacji części kodu genetycznego. Inaktywacja i reaktywacja są prawdopodobnie związane ze zmianami hormonalnymi zachodzącymi pod wpływem pokarmu. Silny polimorfizm zapewnia mszycom sukces w zasiedlaniu nowych roślin żywicielskich i umożliwia heteroecję.

Tabela 1. Charakterystyka morf występujących w cyklu życiowym mszyc (Hille Ris Lambers 1966, zmodyfikowane)

Nazwa morfy	Obecność skrzydeł	Żywiciel	Funkcje życiowe/pochodzenie
Fundatrix	zazwyczaj bezskrzydła	pierwotny	rodzi się z zapłodnionego jaja
Fundatrigeniae	bezskrzydłe	pierwotny	potomstwo założycielek rodu, występuje 1 lub 2 pokolenia
Migrantka	uskrzydlona	przelatuje z żywiciela pierwotnego na wtórnego	
Exules	bezskrzydłe	wtórny	potomstwo migrantek
	uskrzydlone	wtórny	potomstwo bezskrzydłych exules, zapewnia dyspersję na inne osobniki żywiciela wtórnego
Ovipara	bezskrzydła	wtórny	składa jaja (u *Adelgidae* i *Phylloxeridae*)
Andropara	bezskrzydła	wtórny	rodzi uskrzydlone samce
Gynopara	uskrzydlona	przelatuje z żywiciela wtórnego na pierwotnego	rodzi samice amfigoniczne składające zapłodnione jaja
Samiec	uskrzydlony	przelatuje z żywiciela wtórnego na pierwotnego	kopuluje z samicą amfigoniczną na pierwotnym żywicielu
Sexupara	uskrzydlona	przelatuje z żywiciela wtórnego na pierwotnego	rodzi samce i samice amfigoniczne kopulujące w pokrewieństwie

Mszyce ogólnie dzielimy na uskrzydlone i bezskrzydłe. Formy uskrzydlone charakteryzuje niska płodność i duża ruchliwość (są luźno związane z żywicielem). Bezskrzydłe, mają wysoką płodność i są silnie związane z rośliną mając ograniczoną ruchliwość (Hille Ris Lambers 1966).

Testy bioindykacyjne powinny być wykonywane na bezskrzydłych i uskrzydlonych żyworodnych samicach partenogenetycznych (exules). Stan rozwoju (liczebność) populacji bezskrzydłych zależy bezpośrednio od stanu zdrowotności i składu chemicznego rośliny żywicielskiej (Piechota 1981). Liczebność i proporcje uskrzydlonych i bezskrzydłych exules w populacjach są odbiciem zmian w zagęszczeniu mszyc i pogarszających się warunków żerowania. Do bioindykacji można zastosować trzy wskaźniki związane z obecnością morf uskrzydlonych.

1. Współczynnik dyspersji (w %), oznaczający proporcję mszyc odlatujących z populacji na innych żywicieli do ogólnej liczebności mszyc. Wartość tego współczynnika wzrasta wraz z pogarszaniem się warunków życia na żywicielu. Na jego wartość wpływa stan fizjologiczny żywiciela i zagęszczenie mszyc.

2. Współczynnik potencjalnej migracji (w %) oznaczający proporcję mszyc uskrzydlonych pozostających w danej chwili w populacji bezskrzydłych do ogólnej liczby mszyc. Wartość tego współczynnika wzrasta w miarę pogarszania się warunków (nie tylko klimatycznych) środowiska życia żywiciela.

3. Współczynnik uskrzydlenia oznaczający proporcję mszyc uskrzydlonych do mszyc z zawiązkami skrzydeł. Wartość tego współczynnika wzrasta wraz ze zmniejszaniem się nacisku selekcyjnego ze strony rośliny żywicielskiej i owadów pasożytniczych oraz grzybów patogenicznych.

Agregacyjność

Wiele gatunków mszyc żeruje w koloniach. W początkowej fazie rozwoju populacji obecność innych osobników powoduje zwiększenie płodności samic i wielkości ciała potomstwa. Szybkie namnażanie, duża liczebność, przegęszczenie, wytworzenie morf uskrzydlonych – to kolejne etapy rozwoju mszyc w kolonii (Way 1973). Szybkie namnażanie jest uwarunkowane ewolucyjnie. Umożliwia ono dyspersję gatunku na dużą liczbę roślin zanim kolonia macierzysta wyeksploatuje roślinę i zginie, bądź zostanie zniszczona przez pasożyty czy drapieżce. Kolonie mszyc są trudniejsze do znalezienia przez drapieżce niż pojedyncze osobniki rozrzucone losowo, ale w razie odnalezienia kolonii straty są większe. Kolonie zapewniają jednak osobnikom lepszą obronę.

Inną przyczyną żerowania w koloniach jest ograniczona ruchliwość bez-

skrzydłych larw. Skłonność do tworzenia kolonii jest różna u różnych gatunków. Skłonność mszyc do tworzenia kolonii może utrudniać entomologom pracę, zwłaszcza tam, gdzie konieczne jest namnażanie pojedynczych samic (klonów). W wielu takich przypadkach obserwuje się śmierć samotnych samic. Gdy mszyce tworzą kolonie trudne staje się zebranie danych liczbowych, tzn. ocena liczebności populacji na podstawie próby, gdyż wymagane jest wtedy zebranie bardzo dużej liczby prób. Najlepsze do testów są mszyce posiadające umiarkowane skłonności do tworzenia dużych kolonii.

Strategie żerowania i sposób wyboru rośliny żywicielskiej

Rośliny drzewiaste bronią się przed atakiem owadów „ilościowo" tzn. przy użyciu 1–2 związków działających w wysokich stężeniach. Obrona taka jest trudna do przełamania. Mszyce żerujące na takich roślinach są najczęściej monofagami, czyli żerują na roślinach w obrębie jednego rodzaju. Ewolucja ich przebiega w kierunku generalizacji żerowania (Rhoades, Cates 1976). Specjalizacja żerowania uzależnia owada od rośliny, ale zmniejsza konkurencję i metaboliczne koszty detoksykacji szkodliwych związków chemicznych oraz zapewnia zachowanie polimorfizmu. Zmniejsza jednak prawdopodobieństwo przeżycia przy zmianach w środowisku. Ta strategia żerowania jest preferowana tak długo, dopóki jest duże prawdopodobieństwo odnalezienia rośliny żywicielskiej.

Mszyce żerujące na roślinach zielnych broniących się „jakościowo", tzn. przy użyciu dużej liczby substancji toksycznych działających w niskich stężeniach, są z reguły polifagiczne lub szeroko oligofagiczne, czyli żerują na roślinach kilkunastu rodzin lub na kilkunastu rodzajach w obrębie jednej rodziny. Ewolucja ich przebiega w kierunku specjalizacji żerowania (Rhoades, Cates 1976). Cechy monofagów i polifagów zebrano w tabeli 2.

Tabela 2. Charakterystyka owadów monofagicznych i polifagicznych

Cecha	Polifagi	Monofagi
Występowanie	nieliczne	liczne
Rozwój	szybki	powolny
Rozród	wczesny	późny
Wielkość ciała	mała	duża
Reprodukcja	jednokrotna	wielokrotna
Płodność	wysoka	niska
Ruchliwość	duża	mała
Szerokość niszy ekologicznej	eurytopowe	stenotopowe
Częstość występowania i liczebność gatunków	niewiele gatunków powszechnych	wiele gatunków rzadkich

Polifagi wybierają roślinę żywicielską inaczej niż monofagi, które są uzależnione od jednej rośliny. Odnajdują one roślinę na podstawie obecności atraktantów, arestantów, fagoincytantów, a szczególnie fagostymulatorów żerowania (cukry i związki azotowe). Czuciowe odróżnianie jest silnie wyspecjalizowane, a prawdopodobieństwo błędu w znalezieniu rośliny żywicielskiej jest małe. Przełamanie (np. mutacja) genów kodujących wybór rośliny żywicielskiej prowadzić może do szybkiego opanowania nowej rośliny, tzn. szybkiego przystosowania się do dotychczas odpornych lub nie preferowanych genotypów roślinnych i w rezultacie do gradacji, zwłaszcza w monokulturach, gdzie brak jest konkurencji z innymi gatunkami. Tak więc gatunki monofagiczne mogą osiągnąć bardzo wysoką liczebność.

Polifagi żerują na wielu roślinach. O wyborze rośliny decyduje brak repelentów i antyfidantów (fagosupresantów i fagodeterentów). Receptory czuciowe są słabo wyspecjalizowane na odbieranie bodźców charakterystycznych dla danej rośliny żywicielskiej, ale dobrze wyspecjalizowane do wykrywania obecności związków niekorzystnych dla podjęcia żerowania. Zmiana rośliny żywicielskiej jest bardzo prawdopodobna, ale osiągnięcie wysokiej liczebności jest mało prawdopodobne, ze względu na silne mechanizmy kompensacji zmian liczebności.

Strategia żerowania ma istotne znaczenie przy bioindykacji. Owady monofagiczne są trudne do znalezienia w środowisku, ze względu na niską liczebność i duże zróżnicowanie gatunkowe. Gatunki te są słabo zróżnicowane morfologicznie. Stosunkowo niska płodność utrudnia prowadzenie chowu. Mszyce monofagiczne są dobrym obiektem do badań, gdyż powoli ale silnie reagują na zmiany w siedlisku bądź zmiany chemiczne rośliny żywicielskiej. Zwiększają one płodność stopniowo, a po przekroczeniu pewnego progu liczebności wykładniczo, zwłaszcza w monokulturach.

System behawioralny

Wrodzone składniki systemu behawioralnego to: popęd, sztywny schemat ruchowy, wrodzony mechanizm wywoławczy, bodziec kluczowy i czasami wyzwalacz socjalny (Szewczyk 1980). Sztywne schematy ruchowe oznaczają system swoistych gatunkowo, dziedzicznie uwarunkowanych zachowań owadów. Są one bardzo oporne na zmiany ewolucyjne.

Wrodzony mechanizm wywoławczy to mechanizm wyzwalający reakcję i odpowiadający za jej wybiórczą czułość na kombinację bodźców kluczowych. Tak więc układ bodźców kluczowych (np. skład chemiczny rośliny rozpoznawanej) powoduje uruchomienie wrodzonego mechanizmu wywoławczego i przebieg reakcji w postaci sztywnego schematu ruchowego. Czynnikiem umożliwiającym istnienie łańcucha behawioralnego jest istnienie popędu,

czyli autonomicznych pobudek wywołujących odpowiedni stan gotowości organizmu do działania.

U polifagów wrodzony mechanizm wywoławczy ma inną wybiórczą czułość niż u monofagów (jest niewyspecjalizowany i łatwy do zmiany). U monofagów jest on bardziej stabilny i ulega jedynie powolnym zmianom. Np. u mszyc z heteroecją monomorficzną brak zamknięcia cyklu życiowego w postaci jednego z żywicieli, tzn. brak odpowiednich bodźców kluczowych, powoduje przejście do anholocyklicznego trybu życia, czyli wypadnięcie pewnych etapów cyklu życiowego, a więc cykl życiowy nie ulega odtworzeniu na nowym żywicielu, mimo że grozi to nawet zagładą gatunku.

System rozmnażania i właściwości genetyczne

Mszyce rozmnażają się żyworodnie (czasem jajorodnie) drogą obligatoryjnej partenogenezy cyklicznej (heterogonia) o charakterze diploidalnej telitokii. Jeśli w cyklu życiowym pojawia się stadium zapłodnionego jaja, mówimy o holocykliczności. Jeśli mszyce rozmnażają się przez obligatoryjną partenogenezę całkowitą (acykliczną, permanentną), wówczas mówimy o anholocykliczności.

Partenogenetyczny sposób rozmnażania ma decydujący wpływ na właściwości biologiczne populacji mszyc: 1) sprzyja zachowaniu rzadkich genów, fenotypów niezwykłych oraz utrwaleniu skutków mutacji i rekombinacji; 2) powoduje wysoką heterozygotyczność, a zatem dużą wartość przystosowawczą genotypów; 3) umożliwia wyjątkowo szybki przyrost liczebności populacji; 4) może powodować wzrost polimorfizmu; 5) umożliwia kolonizację nowych obszarów nawet przez jednego osobnika (White 1973).

Można stwierdzić, że istnieje stabilność rozwojowa umożliwiająca przetrwanie faworyzowanego fenotypu mimo wysokiego stopnia zmian w genotypie. Genotyp jest zbuforowany w ten sposób, aby zapewnić „skanalizowanie" rozwoju. Bez względu na to, jakie geny spotkają się w puli genowej, istnienie określonych szlaków rozwojowych gwarantuje otrzymanie standardowego produktu końcowego. Ta stabilność rozwojowa może sobie poradzić nie tylko ze zmiennością puli genowej, lecz także ze zmiennością środowiskową. Rozwój populacji mszyc przebiega po określonych szlakach (kanałach) niezależnie od genotypu tak długo, dopóki zmienność środowiska zewnętrznego nie przekroczy pewnego progu krytycznego. Każda nagła zmiana wielkości populacji, wywołana np. szybką zmianą warunków środowiska, powoduje zmianę intensywności selekcji. Kurczenie się populacji zwiększa homozygotyczność, co sprzyja pojawianiu się fenotypów niestandardowych, dających przewagę przystosowawczą. Wzrost nacisku selekcyjnego lub zwiększona wielkość populacji prowadzą do szybkiego eliminowania zawartych w niej genów (Mayr 1974).

Jednokierunkowe naciski selekcyjne, np. działanie zanieczyszczeń prze-

mysłowych, wywierają silną selekcję kierunkową i prowadzą do zmiany dotychczasowej normy fenotypu. Zmiana ta jest tym trudniejsza, im większa jest liczba interakcji (ogniw łańcucha), w które uwikłany jest dany gatunek. Na przykład im wyższa jest hierarchiczna złożoność ekosystemu, tym wolniejsze są zmiany dotychczasowej normy fenotypu. Ponieważ mszyce rozmnażają się partenogenetycznie, mają zdolność do zachowywania nowych fenotypów w przypadku ich przewagi przystosowawczej.

Wahania liczebności populacji mają szczególne znaczenie dla gatunków typu K, adaptowanych do jednego typu środowiska, zdolnych do symbiozy i konkurencji oraz innych form współdziałania, z reguły ściśle wyspecjalizowanych, nielicznych, o obniżonej ruchliwości i płodności. Gatunki typu r zasiedlające środowiska nieustabilizowane, cechujące się szybkimi zmianami warunków, dobrze znoszą szybkie zmiany zachodzące w środowisku i wynikające stąd zmiany liczebności. Czasowe zachwianie stabilności środowiska stwarza gatunkom typu K warunki typu r. Powoduje to gwałtowny wzrost heterozygotyczności owadów i wzrost liczebności gatunku. Jeżeli zasiedlane środowisko jest jednorodne, np. monokulturowa uprawa leśna, może dojść do gradacji w związku z dużą dostępnością pokarmu, ograniczeniem konkurencji oraz presji czynników ograniczających.

Duża bezwładność ewolucyjna (stabilność) gatunków anholocyklicznych ułatwia badanie ze względu na powolność zachodzących zmian i umożliwia uzyskanie powtarzalnych wyników, zwłaszcza przy wieloletnich obserwacjach. Kierunkowe zmiany normy fenotypu zachodzące pod wpływem doboru naturalnego są szybko utrwalane u mszyc z heteroecją monomorficzną, ze względu na ograniczone zdolności adaptacji i uproszczone powiązania z rośliną żywicielską. Partenogenetyczny sposób rozmnażania ułatwia badanie mszyc ze względu na możliwość uzyskania wielu powtórzeń przy użyciu tego samego genotypu (klonu) mszycy.

Należy podkreślić, że system genetyczny mszyc jest wyjątkowo labilny i zdolny do szybkiego reagowania na zmiany środowiskowe. Wyraża się to w zdolności do tworzenia biotypów oraz w istnieniu mechanizmów czasowej aktywacji i inaktywacji części kodu genetycznego, co wyjaśnia istnienie pozornych sprzeczności. Mechanizmy te tłumaczą fakt, że identyczne pod względem genetycznym osobniki, pochodzące od jednej samicy, czyli należące do jednego klonu mają odmienne fenotypy, np. exules, które mogą być bezskrzydłe lub uskrzydlone w zależności od aktualnych warunków panujących na roślinie żywicielskiej.

Zróżnicowanie systematyczne

Właściwości genetyczne mszyc wywierają wpływ na ich ewolucję. Aby zaszła specjalizacja, konieczne jest powstanie barier przepływu genów pomiędzy tworzącymi się podjednostkami systematycznymi. Partenogenetyczne rozmnażanie, a zwłaszcza specyficzność pokarmowa, powodują, że u mszyc pow-

Tabela 3. Cechy gatunków mszyc występujących na roślinach iglastych w Polsce[1]

Gatunek	Występowanie						Częstość występowania	Cykl życiowy	Domność	Uwagi
	Abies	*Picea*	*Larix*	*Pinus*	*Juniperus*	*Pseudotsuga*				
ADELGIDAE										
Pineus cembrae		+ →		+			sporadyczny	?	r	czasami anholocykliczny na *P. cembrae*
P. pineoides		+					sporadyczny	a	j	
P. pini				+			częsty	a	j	
P. strobi				+			rzadki	a	j	zawleczony
Aphrastasia pectinatae	+						sporadyczny	h	r	
Dreyfusia nordmannianae	+						sporadyczny	a	j	w ojczyźnie holocykliczny
Adelges laricis		+ →	+				częsty	h	r	
A. tardus		+					powszechny	a	j	
Gilletteella cooleyi						+	sporadyczny	a	j	w ojczyźnie różnodomny
Sacchiphantes abietis		+					powszechny	a	j	
S. viridis		+ →	+				rzadki	h	r	
PEMPHIGIDAE										
Prociphilus (P.) *bumeliae*	+ ←			*Fraxinus*			rzadki	h	r	
P. (P.) *fraxini*	+ ←						rzadki	h	r	
P. (*Stagona*) *pini*				+ ←	*Crataegus*		sporadyczny	h	r	
P. (*Stagona*) *xylostei*		+ ←		*Lonicera*			częsty	h	r	
PHYLLAPHIDIDAE										
Mindarus abietinus	+						rzadki	h	j	
M. obliquus		+					sporadyczny	h	j	

LACHNIDAE										
Cinara brauni					+		sporadyczny	h	j	
C. confinis		+					sporadyczny	h	j	
C. costata			+				rzadki	h	j	
C. cuneomaculata				+			rzadki	h	j	
C. cupressi						+	rzadki	h	j	kosmopolityczny
C. hyperophila					+		sporadyczny	h	j	
C. juniperi						+	częsty	h	j	
C. kochiana				+			sporadyczny	h	j	
C. laricis				+			sporadyczny	h	j	
C. mordvilkovi						+	sporadyczny	h	j	
C. nuda					+		sporadyczny	h	j	
C. pectinatae		+					sporadyczny	h	j	
C. piceae			+				sporadyczny	h	j	
C. piceicola			+				sporadyczny	h	j	
C. pilicornis			+				rzadki	h	j	
C. pinea					+		częsty	h	j	
C. pini					+		częsty	h	j	
C. pinihabitans					+		sporadyczny	h	j	
C. piniphila					+		rzadki	h	j	
C. pruinosa			+				rzadki	h	j	
Schizolachnus pineti					+		częsty	h	j	
Eulachnus agilis					+		rzadki	h	j	
E. cembrae					+		sporadyczny	h	j	
E. rileyi					+		sporadyczny	h	j	
APHIDIDAE										
Elatobium abietinum			+				sporadyczny	h	j	

[1] – Podano na podstawie dostępnej literatury do 1978 r. włącznie
+ – Występowanie.
← Kierunek migracji.

a – Anholocykliczny.
h – Holocykliczny.
j – Jednodomny.
r – Różnodomny.

stają biotypy i rasy żywicielskie (Szelęgiewicz 1976). Specyficzność pokarmowa jest czynnikiem izolującym. Rozpad gatunków na liczne, sympatryczne, częściowo od siebie izolowane populacje o różnej wybiórczości pokarmowej, jest szczególnie częsty u polifagów. Prawdopodobnie więc lokalna populacja mszyc jest mieszaniną biotypów, zmieniającą swój skład z roku na rok. Drobne mutacyjne lub rekombinacyjne zmiany w loci genowych, odpowiedzialnych za wybór rośliny żywicielskiej, mogą powodować zmianę preferencji mszyc i ich przejście na nowego żywiciela. Populacje takie nazywamy rasami żywicielskimi. Powstawanie ras i biotypów u mszyc z heteroecją dymorficzną czyni je wdzięcznym obiektem badań w zakresie genetyki populacyjnej i mikroewolucji. Nie są one jednak przydatne do badań bioindykacyjnych.

Zróżnicowanie roślin a zróżnicowanie systematyczne mszyc

Dotychczas stwierdzono występowanie 50 gatunków mszyc na roślinach iglastych (Szelęgiewicz 1978 b). Autorzy przedstawiają jedynie 42 najważniejsze gatunki (tab. 3). Liczba gatunków drzew w obrębie rodzaju i liczba gatunków mszyc żerujących na tym rodzaju roślin są ściśle ze sobą skorelowane, podobnie jak liczba gatunków drzew w rodzaju i liczba rodzajów mszyc na nich spotykanych (tab. 4). A zatem zróżnicowanie systematyczne drzew pociąga za sobą zróżnicowanie systematyczne mszyc. Dzieje się tak dlatego, gdyż rośliny ewoluując wytwarzają nowe substancje toksyczne dla mszyc lub zwiększają stężenie tych związków. Mszyce reagują na te zmiany wytworzeniem nowych form dostosowanych do zmian, które zaszły w roślinach.

Powszechność występowania

Wśród gatunków żerujących na roślinach szpilkowych stwierdzono istnienie 21 gatunków sporadycznych, 12 rzadkich, 7 częstych i 2 powszechne (tab. 3). Istnieje ścisła ujemna korelacja między liczbą gatunków a częstością występowania ($r = -0{,}954$, $y = -0{,}6291x + 20{,}2517$, $n = 4$). Jest to zgodne z danymi tabeli 2, że w przyrodzie występuje wiele gatunków rzadkich i mało powszechnych.

Powszechność występowania jest bardzo ważną cechą w badaniach bioindykacyjnych. Gatunki rzadkie, trudne do znalezienia, mogą być testowane tylko w przypadku gradacji. W innych przypadkach trudno je znaleźć, a często dla pewnego rozpoznania należy wykonać preparat, czyli zniszczyć jedyny egzemplarz. Lepsze do badań są gatunki często lub powszechnie występujące.

W podsumowaniu artykułu można stwierdzić, że dla celów bioindykacyjnych najlepsze są następujące gatunki występujące na świerku: *Adelges tardus* (Dreyfus), *Sacchiphantes abietis* (L.), *Prociphilus (Stagona) xylostei* (De Geer) oraz na sośnie: *Pineus pini* (Ratzeburg), *Cinara (Cinarella) pinea*

Tabela 4. Zróżnicowanie botaniczne a zróżnicowanie systematyczne mszyc

Rodzaj botaniczny	Liczba gatunków botanicznych*	Liczba gatunków mszyc	Liczba rodzajów mszyc
Pinus	17	15	5
Abies	16	7	5
Picea	14	13	7
Larix	9	5	3
Juniperus	8	3	3
Pseudotsuga	3	1	1

* według Kościelnego, Sękowskiego (1971)
Analiza statystyczna:
$r = 0{,}859$ $y = 0{,}8831x - 2{,}5278$; $n = 6$; $P < 0.05$.
$r = 0{,}862$ $y = 0{,}3337x + 0{,}2736$; $n = 6$; $P < 0.05$.

(Mordvilko), *Cinara (Cinara) pini* (L.), *Schizolachnus pineti* (Fabricius). Są to gatunki z heteroecją monomorficzną lub wtórnie anholocykliczne, dość często lub powszechnie występujące.

PIŚMIENNICTWO

Hille Ris Lambers D. 1966. Polymorphism in *Aphididae*. Ann. Rev. Ent., **11**: 47–78.

Kościelny S., Sękowska B. 1971. Drzewa i krzewy – klucze do oznaczania. PWRiL. Warszawa, 535 ss.

Mayr E. 1974. Populacje, gatunki i ewolucja. Wiedza Powsz. Warszawa, 660 ss.

Piechota J. 1981. Podatność wybranych odmian pszenicy jarej na mszycę zbożową (*Sitobion avenae* F.) i czeremchowo-zbożową (*Rhopalosiphum padi* L.). Rozprawa doktorska. Katedra Entomologii Stosowanej, SGGW-AR, Warszawa.

Rhoades D. F., Cates R. G. 1976. A general theory of plant antiherbivore chemistry. Rec. Adv. Phyt., **10**: 168–213.

Szelęgiewicz H. 1976. Biotypy jako wyraz plastyczności biologicznej mszyc. [W:] Entomologia a ochrona środowiska, s. 13–18. PWN, Warszawa.

Szelęgiewicz H. 1978 a Różnorodność (heteroecja) u mszyc, jej pochodzenie i ewolucja. Zesz. Probl. Post. Nauk Roln., **208**: 19–31.

Szelęgiewicz H. 1978 b. Przegląd systematyczny mszyc Polski. Zesz. Probl. Post. Nauk. Roln., **208**: (wkładka).

Szewczyk K. 1980. Model wrodzonego zachowania się zwierząt – wstęp do rekonstrukcji na podstawie pism szkoły Lorenza-Tinbergena. Stud. Filozof., **2**: 25–38.

Way M. J. 1973. Population structure in aphid colonies. [W:] Bull. Ent. Soc. N. Z., **2**: 76–84.

White M. J. D. 1973. Animal cytology and evolution. Cambridge Univ. Press. 961 pp.

Przyjęto do druku 1984. 10. 20

Instytut Zoologii PAN
ul. Wilcza 64
00–679 Warszawa