

Zofia Ciesielska, Anna Chrzan

Przemiany w zespołach larw *Diptera* w rekultywowanej glebie w Krakowie-Zakrzówku

Wstęp

Badania ostatnich lat koncentrują się na zmianach występujących w składzie i strukturze zespołów zwierząt pod wpływem przekształceń środowiska, z możliwością wykorzystania danych w bioindykacji.

Większość organizmów żyjących w glebie poprzez swoje funkcje życiowe uczestniczy w obiegu materii, który jest jednym z podstawowych procesów warunkujących prawidłowe funkcjonowanie ekosystemu. Jednocześnie organizmy te przyczyniają się do magazynowania i transportu uwolnionych składników mineralnych i organicznych, a następnie udostępniania ich innym organizmom. Udział poszczególnych grup bezkręgowców w procesach rozkładu materii organicznej jest zróżnicowany i zależy od liczebności i aktywności metabolicznej. Ważną rolę w tych procesach odgrywają larwy muchówek, ze względu na znaczący udział ilościowy w faunie glebowej, jak i wielokierunkowe adaptacje troficzne.

Na zmiany zachodzące w glebie narażone są przede wszystkim organizmy żyjące w glebie, do której opadają wszystkie emisje. Różny jest również stopień ich wrażliwości, nawet w obrębie poszczególnych jednostek systematycznych na wpływy antropopresji.

Badania bioindykacyjne w odniesieniu do fauny glebowej koncentrują się wokół poszukiwań organizmów kumulujących substancje toksyczne, których poziom w organizmach stanowi podstawę oceny skażenia środowiska tymi substancjami. Wykorzystuje się również reakcje zespołów roślin i zwierząt całych biocenoz, a stwierdzone zmiany w strukturze zespołów organizmów oraz relacje pomiędzy grupami są odpowiedzią na oddziaływanie zespołu czynników abiotycznych i biotycznych. Analiza struktury zespołów wybranych grup bezkręgowców pozwala stwierdzić, czy jest ona charakterystyczna dla określonych naturalnych środowisk łąkowych, leśnych, przekształconych rolniczych czy zdegradowanych. Sprowadza się ona często do troficznego zróżnicowania zgrupowań oraz określonych relacji pomiędzy udziałem biomasy poszczególnych grup troficznych.

Materiał i metodyka

Badania prowadzono w latach 1995–1998 w glebie śródmiejskiej łąki w Krakowie–Zakrzówku poddanej procesowi rekultywacji. Zabiegi rekultywacyjne na wybranym do badań stanowisku sprowadzały się do nawadniania, zadrzewiania i zakrzewiania.

Materiał do badań pobierano jeden raz w miesiącu, od marca do grudnia, za pomocą ramy glebowej. Każda seria składała się z 16 prób o łącznej powierzchni wynoszącej 0,25 m². Faunę glebową wypłaszano metodą dynamiczną w zmodyfikowanym aparacie Tullgrena.

Wyekstrahowane larwy *Diptera* rozdzielano i konserwowano w 70% alkoholu. Oznaczanie larw *Diptera* jest bardzo trudne z powodu różnic morfologicznych poszczególnych stadiów larwalnych w obrębie tego samego gatunku. Z tego względu oznaczenie szczegółowe do gatunku lub do rodzaju wielu larw było praktycznie niewykonalne i większość larw oznaczono do rodziny. Do oznaczania używano dostępnych kluczy: Brauns 1954, Paulian 1956, Savčenko 1983.

Klasyfikowanie do poszczególnych grup troficznych oparto na opracowaniach Seguy'a (1950, 1951), Braunsa (1954), Pauliana (1956), Čeperaka i in. (1984) oraz badaniach i obserwacjach własnych.

Przeanalizowano zmiany zagęszczenia, stanu biomasy, różnorodność oraz strukturę troficzną zespołów na tle abiotycznych czynników środowiska: pH, wilgotności, zawartości materii organicznej i metali ciężkich w glebie.

Teren badań

Stanowisko badań usytuowane było na łące przyległej do rezerwatu i parku miejskiego zwanego Krzemionkami Zakrzowskimi lub Skałami Twardowskiego, znajdującej się na terenie Krakowa–Zakrzówka. Rezerwat „Skały Twardowskiego” został utworzony celem ochrony interesującej roślinności wapiennej oraz zjawisk krasowych i geologicznych.

Tereny te charakteryzują się płytkimi glebami wapiennymi o zawartości Ca około 9600 mg/l. Od wschodniej strony zalesiony obszar rezerwatu graniczy z kamieniołomem, obecnie już nieczynnym. Olbrzymie ściany skalne powstałe w czasie eksploatacji wapienia zarastają trawą. Tereny zajęte przez zwałowisko obecnie stanowią przedmiot zabiegów rekultywacyjnych poprzez wprowadzanie zadrzewień (Brodzicki 1994).

Wśród zadrzewień dominują: *Quercus robur* L., *Acer campestre* L., *Fagus sylvatica* L., *Pinus sylvestris* L., *Sambucus nigra* L. W runie występują: *Geum urbanum* L., *Galium aparine* L., *Chelidonium maius* L., *Viola odorata* L., *Veronica chamaedrys* L., *Impatiens parviflora* DC. Wśród roślinności łąki wyróżniono: *Bromus internis* Ley SS., *Poa pratensis* L., *Poa annua* L., *Dactylis glomerata* L., *Taraxacum officinale* Web., *Plantago lanceolata* L., *Veronica chamaedrys* L., *Ranunculus acer* L., *Galium aparine* L., *Convolvulus arvensis* L., *Cerastium arvense* L., *Agrimonia*

eupatoria L., *Urtica dioica* L., *Geranium Robertianum* L., *Fragaria vesca* L., *Euphorbia cyparissias* L., *Trifolium campestre* Schreb., *Trifolium pratense* L., *Trifolium repens* L., *Achillea millefolium* L.

Gleba na stanowisku w Zakrzówku zaliczana jest do II kategorii. Jest to gleba lekka, z piaskiem gliniastym o zawartości frakcji < 0,02 mm w granicach 11–20% (Turzański i in. 1996, 1997). Badana gleba wykazywała odczyn obojętny lub lekko zasadowy (pH 6,6–7,3), co wynika z dużej zawartości w niej wapnia. Zawartość próchnicy w badanej glebie wahała się od 3,31% do 9,79%. Zawartości metali ciężkich Cd, Cr, Ni, Pb w badanych okresach nie przekraczały dopuszczalnych wartości dla gleb Polski i zawierały się w przedziałach:

Cd	0,92–1,13 mg/kg
Cr	12,67–26,1 mg/kg
Ni	11,7–14,1 mg/kg
Pb	28,83–33,9 mg/kg

Wilgotność gleby w okresie letnim (V–VIII) w latach 1995, 1996 i 1998 wahała się w granicach 5–13%, a w 1997 roku – 25–35%. Średnia suma opadów wpływająca na wilgotność gleby wynosiła w kolejnych latach: 1995 – 660,4 mm, 1996 – 765 mm, 1997 – 823 mm, 1998 – 720 mm.

Wyniki

Liczebność larw muchówek

Uzyskane wyniki pozwoliły stwierdzić istnienie ukierunkowanego procesu zmian w zespole badanej grupy pedofauny. Średnie zagęszczenie larw *Diptera* wykazywało tendencję wzrostową w kolejnych latach badań, od około 60 os./m² w latach 1995–1996 do 90,4 os./m² w 1998 roku, przy wzroście aż do 164 os./m² w 1997 roku (tab. 1). Ten jednorazowy gwałtowny wzrost liczebności mógł być dodatkowo stymulowany wysokim stanem wilgotności gleby w lecie 1997 roku, potwierdzony sumą opadów wyższą w tym roku o ponad 100 mm od pozostałych lat.

Wraz ze wzrostem liczebności miała miejsce również tendencja do wzrostu zróżnicowania zespołu larw *Diptera*.

W 1995 roku stwierdzono występowanie larw należących do 11 rodzin, a w roku 1997 aż do 18 rodzin (ryc. 1).

Ryc. 1. Zróżnicowanie zespołów glebowych larw *Diptera* w latach 1995–1998

Wskaźniki	1995	1996	1997	1998
Zagęszczenie l.os./m ² /sezon	64,5	60,5	164	90,4
Biomasa mg s.m./m ² /sezon	363,9	27,41	166,55	362,5
Wskaźnik dominacji (%)	41,8 (<i>Stratiomyiidae</i>)	35,8 (<i>Chironomidae</i>)	21,3 (<i>Chironomidae</i>)	45,5 (<i>Bibionidae</i>)
Zróżnicowanie (liczba rodzin)	11	10	18	13
Wskaźnik Shannona (H')	0,62	0,73	0,93	0,73
Struktura troficzna R/D*	31	0,64	0,42	5
Średni ciężar osobniczy (mg s.m.)	5,64	0,45	1,02	4,01
Średni ciężar osobniczy saprofagów (mg s.m.)	2,38	0,4	0,53	2,14

Tabela 1. Porównanie zmian w strukturze zespołów larw *Diptera* w glebie łąki w Zakrzówku w latach 1995–1998

* R/D – wskaźnik ilościowy roślinozerców do drapieżców

W ciągu całego okresu prowadzonych badań stwierdzono obecność larw: *Cecidomyiidae*, *Chironomidae*, *Muscidae*, *Empididae*, *Dolichopodidae* i *Bibionidae* (tab. 2).

Wzrostowi zróżnicowania zespołów w latach 1995–1997 towarzyszył spadek wartości wskaźnika dominacji z 42 do 21%. W roku 1995 najwyższy wskaźnik dominacji wynoszący 42% przypadał na larwy *Stratiomyiidae*, a w latach 1996 i 1997 na larwy *Chironomidae*, z tendencją spadkową z 36 do 21%. Natomiast w 1998 roku nastąpił wzrost wskaźnika dominacji larw *Bibionidae* do 45%, które w latach 1995–1997 charakteryzowała względnie stała wartość wskaźnika dominacji wahająca się w granicach od 14% do 17%.

Pozostałe subrecedenty, formy występujące sporadycznie, to przedstawiciele 11 rodzin: *Scatopsidae*, *Psychodidae*, *Solvidae*, *Syrphidae*, *Lonchopteridae*, *Tabanidae*, *Asilidae*, *Rhagionidae*, *Erinnidae*, *Therevidae*, *Limnobiidae*. Larwy należące do tych rodzin charakteryzował również niski wskaźnik stałości występowania, zawarty w granicach od 12 do 50% (tab. 3).

Lp.	Nazwa rodziny	1995	1996	1997	1998
1.	<i>Cecidomyiidae</i>	+	+	+	+
2.	<i>Chironomidae</i>	+	+	+	+
3.	<i>Stratiomyiidae</i>	+	-	+	+
4.	<i>Scatopsidae</i>	-	-	+	-
5.	<i>Lonchaeidae</i>	+	-	+	-
6.	<i>Muscidae</i>	+	+	+	+
7.	<i>Psychodidae</i>	-	-	+	-
8.	<i>Phryneidae</i>	+	+	+	-
9.	<i>Solvidae</i>	-	-	+	-
10.	<i>Syrphidae</i>	-	+	+	+
11.	<i>Lonchopteridae</i>	-	+	-	-
12.	<i>Dolichopodidae</i>	+	+	+	+
13.	<i>Empididae</i>	+	+	+	+
14.	<i>Tabanidae</i>	-	-	+	+
15.	<i>Asilidae</i>	-	-	+	-
16.	<i>Therevidae</i>	-	-	-	+
17.	<i>Rhagionidae</i>	-	-	+	-
18.	<i>Erinnidae</i>	-	-	-	+
19.	<i>Limnobiidae</i>	-	+	-	-
20.	<i>Bibionidae</i>	+	+	+	+
21.	<i>Ceratopogonidae</i>	+	-	+	+
22.	<i>Tipulidae</i>	+	-	+	+

Tabela 2. Różnorodność zespołów larw *Diptera* w glebie łąki w Zakrzówku

+ występuje
- nie występuje

Wzrastał stopniowo wskaźnik stałości występowania larw *Cecidomyiidae* z 12 do 87% oraz *Chironomidae* i *Dolichopodidae* z 12 do 75%. W miarę upływu lat od rozpoczęcia rekultywacji terenu w Zakrzówku pojawiało się coraz więcej form akcydentalnych i akcesorycznych. Dane uzyskane w roku 1997 pozwoliły na zakwalifikowanie do nich z wartością wskaźnika stałości występowania w przedziale od 12% do 37% przedstawicieli aż 13 rodzin, przy czym występowania sześciu spośród nich, a mianowicie: *Scatopsidae*, *Psychodidae*, *Solvidae*, *Tabanidae*, *Asilidae* i *Rhagionidae*, wcześniej w glebie tego stanowiska nie stwierdzono.

W 1998 roku pojawiły się w próbach jeszcze larwy z rodziny *Erinnidae* i *Therevidae* o 20% wskaźniku stałości występowania.

Lp.	Nazwa rodziny	1995	1996	1997	1998
		%	%	%	%
SAPROFAGI					
1.	<i>Cecidomyiidae</i>	0,8	6,6	17,0	6,2
2.	<i>Chironomidae</i>	0,8	35,8	21,3	8,5
3.	<i>Stratiomyiidae</i>	41,9	–	5,2	23,5
4.	<i>Scatopsidae</i>	–	–	1,5	–
5.	<i>Lonchaeidae</i>	3,8	–	4,3	–
6.	<i>Muscidae</i>	0,8	5,7	16,5	0,4
7.	<i>Psychodidae</i>	–	–	0,6	–
8.	<i>Phryneidae</i>	2,3	0,9	1,5	–
9.	<i>Solvidae</i>	–	–	1,5	–
10.	<i>Syrhidae</i>	–	0,9	1,2	0,4
11.	<i>Lonchopteridae</i>	–	1,9	–	–
Łącznie		50,4	51,9	71,6	39,0
DRAPIEŻNE					
12.	<i>Dolichopodidae</i>	0,8	1,9	8,5	3,5
13.	<i>Empididae</i>	0,8	27,3	0,3	4,5
14.	<i>Tabanidae</i>	–	–	1,8	0,4
15.	<i>Asilidae</i>	–	–	0,6	–
16.	<i>Rhagionidae</i>	–	–	0,6	–
17.	<i>Erinnidae</i>				0,9
18.	<i>Therevidae</i>				1,3
Łącznie		1,6	29,2	11,9	10,6
FITOSAPROFAGI					
19.	<i>Limnobiidae</i>	–	1,9	–	–
20.	<i>Bibionidae</i>	15,5	17,0	14,3	45,5
21.	<i>Ceratopogonidae</i>	31,0	–	0,9	1,8
22.	<i>Tipulidae</i>	1,5	–	1,2	3,1
Łącznie		48,0	18,9	16,5	50,4

Tabela 3. Udział procentowy poszczególnych rodzin w ogólnej liczebności larw *Diptera* w glebie łąki w Zakrzówku w latach 1995–1998

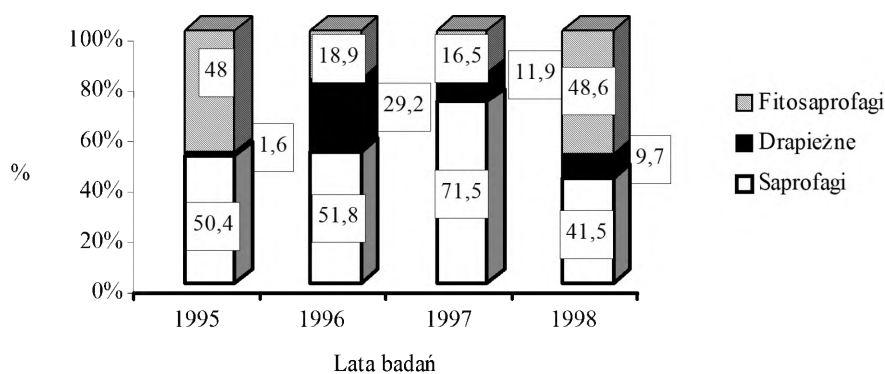
Biomasa

Stan biomasy glebowych larw *Diptera*, aczkolwiek zmienny, nie wykazywał tak wyraźnego ukierunkowania. W 1995 roku ogólna ich biomasa była stosunkowo wysoka i wynosiła średnio 364 mg s.m./m² (tab. 1). W sezonie wegetacyjnym 1996 roku nastąpił blisko 13-krotny jej spadek do wartości zaledwie 27 mg s.m./m². W latach 1997–1998 stwierdzono ponowny wzrost wartości biomasy – z 166 mg s.m./m² do 362 mg s.m./m². Wahania stanu biomasy są konsekwencją zmiennego występowania w kolejnych latach dużych larw drapieżnych i fitosaprofagicznych. I tak, najwyższa wartość biomasy, odnotowana w 1998 roku, wynikała z występowania stosunkowo

dużych larw drapieżnych *Therevidae* i *Tabanidae*. Wysokie wartości biomasy w 1995 roku wynikały natomiast z 66% udziału w ogólnej biomase glebowych larw *Bibionidae*. Natomiast w roku 1996 znacznie mniejszy, ponad 30% udział w biomase przypadła na licznie występujące larwy *Empididae* i *Chironomidae*. W 1997 roku łączna biomasa dużych larw *Tipulidae*, o średnim ciężarze ciała wynoszącym ok. 26 mg s.m. była najwyższa. Jej udział sięgał ponad 30% ogólnego stanu biomasy.

Struktura troficzna

Tendencję do ukierunkowanych zmian stwierdzono również w strukturze troficznej zespołu wyrażonej ilościowym udziałem. We wszystkich okresach prowadzonych badań grupą dominującą stanowiły tu larwy saprofagiczne lub fitosaprofagiczne (ryc. 2).



Ryc. 2. Porównanie struktury troficznej zespołów larw *Diptera* w glebie łąki w Zakrzówku w latach 1995–1998 (% w liczebności)

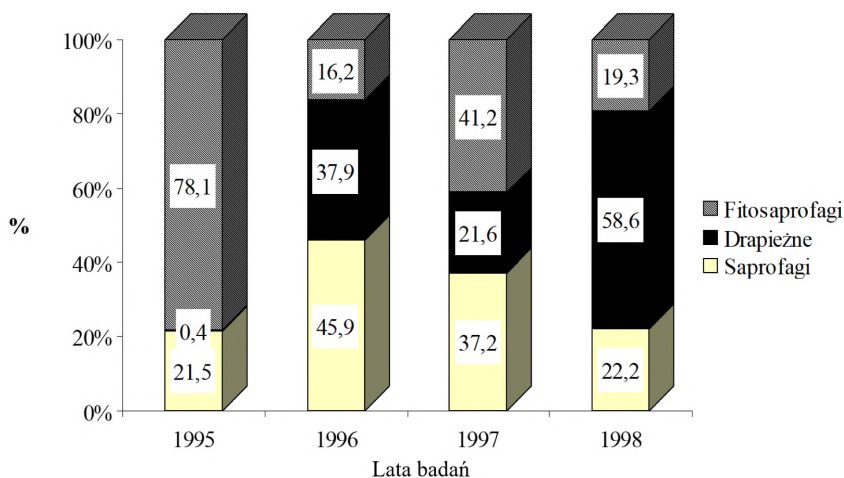
Ich średnia liczebność w sezonie w latach 1995–1998 wahała się od 31 do 117 osobników/m². Udział saprofagów w ogólnej liczebności larw *Diptera* zawarty był w granicach od 41 do 71% (ryc. 2). Najwyższe zagęszczenie larw saprofagicznych przypadło na okres jesienny (z wyjątkiem 1998 roku, gdy przypadło na lato) i wynosiło w kolejnych latach odpowiednio 152, 172 i 520 os./m². W obrębie saprofagów wyodrębniono przedstawicieli 11 rodzin: *Chironomidae*, *Lonchopteridae*, *Phryneidae*, *Psychodidae*, *Muscidae*, *Stratiomyiidae*, *Syrphidae*, *Solvidae*, *Cecidomyiidae*, *Scatopsidae* i *Lonchaeidae* (tab. 3).

Duże zróżnicowanie wykazywały również zgrupowania larw drapieżnych, w obrębie których wyróżniono przedstawicieli aż 7 rodzin: *Dolichopodidae*, *Empididae*, *Rhagionidae*, *Asilidae*, *Tabanidae*, *Erinnidae* i *Therevidae*. Jednakże ich łączny udział w ogólnej liczebności był nierównomierny, ulegał znacznym wahaniom i wynosił około 2% w 1995 roku, 29% w 1996 roku, 12% w 1997 roku i 11% w 1998 roku.

W glebie łąki w Zakrzówku również licznie występowały fitosaprofagiczne larwy należące do rodzin: *Bibionidae*, *Ceratopogonidae*, *Tipulidae* i *Limnobiidae*. Ich udział w ogólnej liczebności kształtował się w granicach od 16 do 48% (tab. 3).

Struktura troficzna zespołu wyrażona w biomase kształtowała się odmiennie. W roku 1995 najwyższe jej wartości sięgające aż ponad 280 mg s.m./m² przypadają na fitofagi i fitosaprofagi, przy jednoczesnych minimalnych wartościach biomasy larw drapieżnych.

Zmiany relacji w łącznym stanie biomasy w miarę upływu lat ukierunkowane są na zrównoważenie udziału poszczególnych grup. Proces ten jest widoczny przy zestawieniu zmian procentowego udziału biomasy w latach 1995–1998. Relacje wzajemnego udziału larw saprofagicznych, drapieżnych i fitofagicznych wynosiły w 1995 roku odpowiednio około 21%; 0,4% i 78%, w 1997 roku już 37%, 22% i 41%, natomiast w 1998 roku zdecydowaną przewagę, prawie 59%, uzyskały drapieżne przed saprofagicznymi larwami (22%) i fitosaprofagami 19% (ryc. 3).



Ryc. 3. Porównanie struktury troficznej zespołów larw *Diptera* w glebie łąki Zakrzówku w latach 1995–1998 (% w biomase)

Liczebność drobnych larw saprofagicznych była wysoka, natomiast relacje pomiędzy udziałem larw drapieżnych i fitosaprofagicznych wyrażone wskaźnikiem R/D były zmienne. I tak wartość wskaźnika R/D w roku 1995 wynosiła 31, w latach 1996–97 wahała się w granicach od 0,64 do 0,4, natomiast w 1998 roku wynosiła 5 (tab. 1).

Tak duże różnice w wartościach wskaźników są wynikiem gwałtownego wzrostu liczebności larw drapieżnych, przy jednoczesnych znacznych wahaniami liczebności pozostałych grup troficznych. Wskazuje to na zmienność struktury troficznej zespołu w glebie poddanej procesowi rekultywacji.

Dyskusja

Znaczna część larw *Diptera* to typowe formy glebowe. O ich znaczącej roli w glebie decyduje między innymi ich wysoka liczebność, stan biomasy oraz relacje troficzne zachodzące w obrębie zgrupowań. Różnice dotyczące średnich liczebności larw *Diptera* zarówno w glebach leśnych, jak i łąkowych wykazane przez wielu autorów są znaczne. Wykazują ścisły związek z rodzajem gleby, a zwłaszcza z jej wilgotnością i zawartością substancji organicznej. Gilarov (1965) ocenił średnie zagęszczenie larw muchówek w 1 m² gleby na 82 w lesie i 92 na łąkach śródleśnych, uznając je jednocześnie za najaktywniejsze saprofagi glebowe. Różnorodność i liczebność bezkręgowców w lasach jest z reguły wielokrotnie wyższa niż na polach uprawnych, z których przynajmniej raz w roku usuwa się i zmienia roślinność. W glebach organicznych i wilgotnych łąk liczni autorzy odnotowali również wysokie wartości liczebności larw *Diptera*, porównywalne z liczebnością w glebach leśnych. Persson i Lohm (1977) w glebach wilgotnych łąk w północnej Szwecji stwierdzili maksymalne ich zagęszczenie wynoszące ponad 1500 os./m². Podobnie Ciesielska i inni (1989, 1995) wykazali wysoką liczebność glebowych larw *Diptera* dochodzącą do 3500 os./m² w glebach naturalnych łąk torfowych w Pradolinie Biebrzy. Znacznie niższe wartości zagęszczenia larw *Diptera* – ponad 307 os./m² w glebach łąk naturalnych, a w glebach pól uprawnych o połowę niższe – stwierdziła Nabiałczyk-Karg (1985).

W glebach łąk uprawianych, znajdujących się w różnych stadiach sukcesji, Frouz (1997) wykazał wyższe zagęszczenie larw *Diptera*, w granicach od 588 do 823 osobników w 1 m². Z kolei Nowak (1971) stwierdził, iż w glebie naturalnej łąki bagiennej zagęszczenie omawianych larw wynosiło zaledwie 78 os./m². Porównywalne wartości zagęszczenia, w granicach 60,5 do 164 os./m², odnotowano w glebie badanej łąki w Zakrzówku.

Stwierdzono tutaj sezonowe wahania liczebności związane z biologią, okresami wylotu imagines i zimowaniem w glebie w stadium larwalnym, które pozwoliły na wyodrębnienie dwóch szczytów liczebności glebowych larw *Diptera*, na wiosnę i w jesieni, przy czym szczyt jesienny jest wyraźniejszy. Dwa szczyty w sezonowym rozkładzie liczebności glebowych larw *Diptera* potwierdzają liczni autorzy: Kurčeva (1971), Paplińska (1980), Ciesielska i in. (1991).

Zarówno liczebność, jak i biomasa drobnych larw saprofagicznych wykazują dużą zmienność związaną z wahaniami wilgotności gleby, przy zachowaniu stałych tendencji do wzrostu różnorodności zespołów i komplikowaniu się układów organizmów sprzyjających stabilizacji biocenozy (Lavelle i in. 1998). W glebach łąk odwodnionych, w miarę upływu lat od odwodnienia układ ulegał przekształceniom: organizmy drobne, o krótkich cyklach życiowych i szybkiej przemianie materii były zastępowane przez zwierzęta większe, należące do makro- i mezofauny, o dłuższych cyklach życiowych i wolniejszych procesach metabolizmu. Nabiałczyk-Karg (1985) wykazała znaczne różnice w biomacie larw muchówek występujących w glebie łąk

i pól uprawnych. W glebie łąki biomasa larw *Diptera* była wysoka i wynosiła 1885 mg s.m./m², natomiast na polu uprawnym była 3,5-krotnie niższa. Porównywalnie wysokie wartości stanu biomasy larw *Diptera* wykazała Ciesielska i in. (1991) w glebach odwadnianych łąk południowo-wschodniej Polski.

Znacznie niższe wartości stanu biomasy tej grupy pedofauny stwierdzono w glebie badanych stanowisk usytuowanych na łąkach w okolicy Krakowa. Jej średnie wartości w toku badań własnych mieściły się w granicach od 38 mg s.m./m² do 362 mg s.m./m².

Spadek ogólnej biomasy fauny w środowiskach przekształconych przez działalność człowieka stwierdzono w wielu opracowaniach (Ciesielska i in. 1989, 1995). Dla glebowych larw *Diptera* wskaźnikiem bioindykacyjnym mogą być zmiany biomasy osobniczej, które w środowiskach silnie przekształconych przez działalność przemysłową na Śląsku oraz na łąkach odwodnianych w dolinie Biebrzy, zwłaszcza na posusznych łąkach olesowych, wykazywały tendencję do zmniejszania się (Palińska 1983, Dąbrowska-Prot 1987, Ciesielska i in. 1991).

Z porównania stanu biomasy i ciężarów osobniczych larw *Diptera* w badanych glebach w Zakrzówku wynika, że wpływ antropopresji przemysłowej wyraża się w przebudowie zespołów w kierunku zwiększania udziału form drobnych.

Wśród glebowych larw *Diptera* obok typowych saprofagów występują formy fitosaprofagiczne i fitofagiczne, które w warunkach dużej wilgotności gleby i przy dużych zasobach rozkładającej się materii organicznej mogą zmieniać sposób odżywiania się (Seguy 1950, Kurčeva 1971).

Saprofagi mają większe znaczenie w procesie obiegu materii niż fitofagi i drapieżce, bowiem przeciętna masa ich wydaliny jest około 9-krotnie większa od masy zużywanego pokarmu, równocześnie zużywają więcej energii na produkcję jednostki masy ciała niż roślinożerne i drapieżne (Reichle 1971). W glebie podlegającej rekultywacji w Zakrzówku we wszystkich okresach prowadzonych badań grupą dominującą były saprofagiczne larwy *Diptera*, których udział ilościowy wzrastał od 50% do 72%.

Udział drapieżnych form *Dolichopodidae*, *Empididae*, *Rhagionidae*, *Asilidae* i *Tabanidae* w ogólnej liczebności był nierównomierny i ulegał znacznym wahaniom od 1% do 29%. Drapieżne formy regulują liczebność fitofagów i saprofagów, wykorzystując je jako pokarm. Prowadzi to do kumulacji w ich ciałach związków, których rozkład zostaje w ten sposób okresowo zahamowany. Możliwość kumulacji przez formy drapieżne stosunkowo dużej ilości materii jest związana z dużymi wymiarami ich ciała, co przyczynia się do spowalniania rozkładu materii organicznej i sprzyja jej retencji w ekosystemie (Ciesielska i in. 1991; Kajak i in. 1991).

Wysoki był natomiast udział fitosaprofagów w ogólnej liczebności larw muchówek, przy czym w kolejnych latach ulegał on zmniejszeniu z 48% do 16%. Zwiększona ich liczebność powoduje znacznie mniejsze odkładanie się substancji organicznej w glebie (Borowski 1995). Zmiany relacji w łącznym stanie biomasy grup troficznych w miarę upływu lat są na stanowisku w Zakrzówku ukierunkowane na zrównoważenie udziału poszczególnych grup troficznych.

Określone zależności pomiędzy grupami troficznymi w zespole larw *Diptera*, a zwłaszcza ich stanem biomasy, skorelowane ze zmianami zachodzącymi w procesach mineralizacji i zawartości próchnicy, umożliwiają wykorzystanie procesu zmian w zespotech oraz kierunku tych zmian jako bioindykatora przemian w glebie pod wpływem antropopresji. Podstawą analiz bioindykacyjnych jest założenie, że wraz ze wzrostem stresu środowiskowego spada liczebność i biomasa oraz różnorodność jakościowa fauny, a przebudowie ulega jej struktura troficzna, polegająca na wzroście udziału form roślinożernych i pasożytniczych (Dąbrowska-Prot 1996, Lavelle i in. 1998).

Bibliografia

- Borowski J., 1995, *Antropogeniczne przeobrażenia zgrupowań larw Diptera borów sosnowych Polski*, [w:] *Antropogeniczne przeobrażenia epigeicznej i glebowej entomofauny borów sosnowych*, red. A. Szujewski, Fundacja „Rozwój SGGW”, Warszawa, 335–354
- Brauns A., 1954, *Terricole Dipterenlarven*, T. I, Gottingen, Frankfurt, Berlin
- Brodzicki M., 1994, *Wykorzystanie kamieniolomów do rekreacji i wypoczynku na przykładzie Kamieniolomów Zakrzówek i Czatkowice*, *Aura*, 3, 9–11
- Ciesielska Z., Dąbrowska-Prot E., Kajak A., Wasilewska L., 1989, *Ecological Consequences of the Intensification of Agriculture in North-Eastern Poland*, *Ecology Int. Bull.*, 17, 25–30
- Ciesielska A., Kaczmarek M., Makulec G., Pęta J., Wasilewska L., 1991, *Zespoły bezkręgowców glebowych – ich funkcje i przemiany w glebach torfowych*, *Wiad. Instyt. Melior. i Użyt. Ziel.*, T. XVI, z. 3, 195–209
- Ciesielska Z., Chrzan A., 1995, *Zgrupowanie larw Diptera na tle przemian zachodzących w glebach pod wpływem antropopresji*, *Materiały 42 Zjazdu PTE*, Poznań, 14–15
- Čeperak J., red., 1984, *Diptera Slovenska. I. (Nematocera, Brachycera-Orthorrhapha)*, Veda Vydav. Slov. Akad. Vied., Bratislava
- Dąbrowska-Prot E., 1987, *Muchówki (Diptera) jako bioindykatory stanu środowiska przyrodniczego*, *Wiad. Entomol.*, T. 7, nr 1–2, 1–9
- Dąbrowska-Prot E., 1996, *Bioindykacyjne znaczenie Diptera do oceny ekosystemów leśnych*, *Sylwan*, 2, 63–70
- Frouz J., 1997, *Changes in communities of soil dwelling Dipteran larvae during secondary succession in abandoned fields*, *Eur. J. Soil Biol.*, 33 (2), 57–65
- Gilarov M.S., 1965, *Počvennyje zivotnyje kak komponenty biocenozy*, *Žurn. Obsčej. Biol.*, T. XXVI, 3, 276–290
- Kajak A., Andrzejewska L., Ciesielska Z., 1991, *Ekologiczna analiza przemian zachodzących na torfowiskach pod wpływem gospodarki*, *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.*, 372, 435–453
- Kurčeva G.F., 1971, *Rol počvennych zivotnych v razloženii i gumifikaciji rastitelnych ostatkov*, *Izd. Nauka*, M
- Lavelle P., Bignell D., Lepage M., 1998, *Soil function in a changing world: the role of invertebrate ecosystem engineers*, *Eur. J. Soil Biol.*, 33 (4), 159–193
- Nabiałczyk-Karg J., 1985, *Zróżnicowanie biomasy glebowych larw owadów w agroekosystemach*, *Prace Kom. Nauk. Pol. Tow. Gleb. PTG*, 90, 30–35
- Nowak E., 1971, *Productivity investigation of two types of meadows in the Vistula Valley, IV, Soil macrofauna*, *Ekol. Pol.*, 19, 129–139

- Paplińska E., 1980, *Preliminary analysis of communities of Diptera larvae in forest ecosystems from variously utilized areas*, Pol. Ekol. Stud., 6, 4, 625–644
- Paplińska E., 1983, *Udział larw muchówek w procesach glebowych*, Wiad. Entomol., T. 3, nr 3–4, 127–142
- Paulian R., 1956, *La vie larvaire des Insectes*, Libr. R. Thomas
- Persson T., Lohm U., 1977, *Energetical significance of the annelids and arthropods in a Swedish grassland soil*, Ecological Bulletins, 23, 1–211
- Reichle D.E., 1971, *Energy and nutrient metabolism of soil and litter invertebrates*, [w:] *Productivity of forest ecosystems*, ed. P. Duvigneaud, UNESCO, Paris, 465–477
- Savčenko E.N., 1983, *Fauna SSSR*, Nasekomyje dvukrylyje, II, 1–2
- Seguy E., 1950, *La biologie des Dipteres. S.A.*, T. XXVI, Paris
- Seguy E., 1951, *Atlas des Dipteres de France*, t. I, II, Paris
- Turzański K.P., Godzik B., red., 1996, *Ocena stanu zanieczyszczenia gleb województwa krakowskiego metalami ciężkimi i siarką*, Biblioteka Monitoringu Środowiska, Kraków
- Turzański K.P., Wertz J., red., 1997, *Raport o stanie środowiska w województwie krakowskim w roku 1996*, Biblioteka Monitoringu Środowiska, Kraków

Changes of the larvae *Diptera* communities in the recultivated soil in Krakow-Zakrzówek

Abstract

The structure of *Diptera* larvae groups living in a re-cultivated meadow in Kraków-Zakrzówek was studied between the years 1995–1998. An increase in abundance and diversity, as confirmed by Shannon index (0,64–0,93), indicates that the transformation of group structure is a directional process. The trophic structure of the group also showed directional alterations. In all research periods, saprophagous dipterous larvae were the dominant groups and their abundance increased from 50% to almost 72%. The contribution of predaceous *Dolichopodidae*, *Empididae*, *Rhagionidae*, *Asilidae* and *Tabanidae* to the total number of dipterous larvae was not regular and varied greatly (from 1% to 29%). The phytosaprophagous larvae of *Limnobiidae*, *Bibionidae*, *Tipulidae* and *Ceratopogonidae* were also very numerous, but their abundance fell in successive years from 48% to 16%.

The changes in total biomass during the research period showed a tendency to balance the participation of all trophic groups.