

Krassimira ILIEVA-MAKULEC

Instytut Ekologii i Bioetyki, UKSW, Warszawa

Renata FRAN CZAK

ul. Żąbkowska 23/25 m. 60; 03-735 Warszawa

Grzegorz MAKULEC

Instytut Ekologii i Bioetyki, UKSW, Warszawa

Nicienie glebowe na polu i odłogu – zagęszczenie i różnorodność

Słowa kluczowe: mikrofauna glebowa, nicienie glebowe, pole uprawne, odłóg, wskaźniki biocenotyczne, bioindykacja

Key words: soil nematodes, arable field, fallow, biocenotic indices, bioindication

1. Wstęp

Intensywny rozwój ekologii gleby w ostatnim pięćdziesięcioleciu przyczynił się do poznania roli edafonu w procesach glebotwórczych oraz przepływie energii i obiegu materii. Bogactwo gatunkowe organizmów zasiedlających glebę pod względem taksonomicznym i funkcjonalnym odzwierciedla jej stan. Wiele prac naukowych, w tym również polskich (Wasilewska 1979, Kozłowska 1986, 1989, Bongers 1990, Dmowska 1993, Freckman, Ettema 1993, Ferris et al. 1999, Ferris et al. 2001, Dmowska 2002, Yeates 2003, Dmowska, Ilieva-Makulec 2004) dowodzi możliwości zastosowania nicieni glebowych (mikrofauny) jako wskaźnik degradacji gleb oraz przekształcenia antropogenicznego.

W związku z reformami społeczno-gospodarczymi w Polsce po 1989 r. znacznie powiększyła się powierzchnia obszarów wyłączonych z rolniczego użytkowania. W szczególności było to spowodowane odłogowaniem Państwowych Gospodarstw Rolnych (PGR). Według

Głównego Urzędu Statystycznego (2010) powierzchnia ugorów i odłogów na gruntach ornych, która w roku 1989 wynosiła 163 tys. ha, w 2002 r. osiągnęła 2,3 mln ha. W następnych latach wielkość ta stopniowo malała, jednak po przystąpieniu Polski do UE odnotowano ponowny jej wzrost zarówno w sektorze prywatnym, jak i publicznym. Zgodnie z polityką rolną UE Polska została zobowiązana do ograniczenia powierzchni obszarów uprawnych. Skłania to do poszukiwania nowych bardziej korzystnych sposobów zagospodarowania ugorów i odłogów. W tym celu niezbędne jest zapoznanie się ze zmianami jakie zachodzą na nieużytkach porolnych. Jednym z kluczowych elementów do pogłębienia tej wiedzy są właśnie badania z zakresu zoologii i ekologii gleby. Kształtujące się zespoły fauny glebowej mogą pokazać, w jakim kierunku zmierza sukcesja środowiska wyłączzonego z użytkowania rolniczego.

Prezentowane wyniki dotyczą badań przeprowadzonych wczesną wiosną 2009 r. na dwóch stanowiskach, polu i odłogu, znajdujących się na terenie wsi Dziekanów Leśny.

Celem niniejszej pracy było zbadanie i porównanie zagęszczenia i struktury zespołów nicieni w glebie uprawnej i odłogowanej oraz zweryfikowanie możliwości zastosowania tych organizmów jako wskaźnik stanu środowiska glebowego.

Postawiona przed rozpoczęciem badań hipoteza robocza zakładała, że postępująca w glebie odłogowanej sukcesja spowoduje zwiększenie zagęszczenia i różnorodności mikrofauny. Zakładano, że pozostawienie gleby bez zakłóceń nawet po krótkim czasie (po 3 latach) będzie sprzyjać rozwojowi bardziej dojrzałych i złożonych zespołów nicieni glebowych.

2. Materiał i metody badań

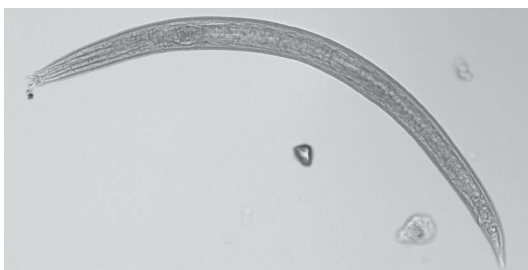
2.1. Obiekt badań

Zwierzęta żyjące w glebie klasyfikuje się stosując różne kryteria. Najbardziej rozpowszechniona jest klasyfikacja, która uwzględnia średnicę ciała zwierząt (Swift et al. 1979) i dzieli je na mikrofaunę, mezofaunę, makrofaunę i megafaunę. Nicienie (Nematoda) to mikrosko-

powe zwierzęta należące do mikrofauny glebowej, czyli do zwierząt o średnicy ciała mniejsza od 100 μm . Są grupą wyróżniającą się niezmiernym bogactwem gatunkowym (Jura 2004). Do chwili obecnej opisano ok. 25 000 gatunków nicieni, które są szeroko rozprzestrzenione. W środowisku glebowym żyje ok. 5000 z nich (Wall, Moore 1999). Po pierwotniakach stanowią najliczniejszą grupę w glebie. W zależności od panujących warunków klimatycznych, rodzaju gleby, zachodzących procesów w glebie i sposobu jej użytkowania rozmieszczenie, liczebność oraz skład gatunkowy nicieni ulega zmianie (Tischler 1971, Wasilewska 1979). Zagęszczenie nicieni w różnych typach środowisk waha się od 60 tys. do 30 mln. osobników na m^2 . Najliczniej nicienie występują w glebie ekosystemów trawiastych, natomiast najmniejsze zagęszczenie tej grupy mikrofauny stwierdza się w glebie uprawnej (Wasilewska 1979).

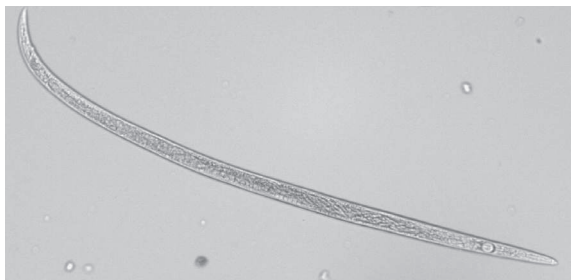
Przy ocenie znaczenia nicieni dla funkcjonowania gleby dużą rolę odgrywa tak samo ich zagęszczenie, jak i zmiany wzajemnych relacji poszczególnych grup troficznych względem siebie. Najczęściej wyróżnia się 5 grup troficznych nicieni (Yeates et al. 1993):

- nicienie bakteriożerne (fot. 1) - odżywiają się bakteriami. Występują w każdym rodzaju gleby. Stanowią od 30 do 72% wszystkich nicieni w glebach uprawnych i lasach iglastych, natomiast w ekosystemach trawiastych oraz lasach liściastych ok. 30% (Lavelle, Spain 2005). Ich zagęszczenie odzwierciedla zagęszczenie bakterii w glebie. Wykazują selektywność do gatunków bakterii, którymi się odżywiają oraz wymagają różnego zagęszczenia bakterii, aby się rozwijać (Ilieva-Makulec 2001).



Fot. 1. Nicień bakteriożerna. (Foto: R. Franczak)

- nicienie grzybożerne (fot. 2) – odżywiają się grzybami nakłuwając grzybnię za pomocą sztyletu i wysysając soki komórkowe. Zazwyczaj stanowią ok. 20-30% wszystkich nicieni w glebie (Lavelle, Spain 2005). Występują najliczniej w glebach leśnych, co wiąże się z większym zagęszczeniem grzybów w ekosystemach leśnych, niż na polach uprawnych i łąkach.



Fot. 2. Nicienie grzybożerne. (Foto: R. Franczak)

- nicienie roślinożerne (fot. 3) – uszkodzają tkanki roślinne sztylceciem znajdującym się w ich jamie głębowej. W ekosystemach leśnych ich udział procentowy waha się od 0-14%, natomiast w ekosystemach trawiastych i agrocenozach od 17 do 40% (w niektórych przypadkach, aż do 83% (Lavelle, Spain 2005).



Fot. 3. Nicienie roślinożerne. (Foto: R. Franczak)

- nicienie drapieżne (fot. 4) – odżywiają się niewielkimi bezkręgowcami m.in. wrotki, pierwotniaki, wazonkowce, skoczogonki czy inne nicienie (Tischler 1971). Stanowią nieznaczną część wszystkich ni-

cieni (2-5%). Największe zagęszczenie nicieni drapieżnych odnotowuje się w ekosystemach naturalnych, słabo przekształconych. Szczególnie licznie występują w środowisku leśnym, najmniej licznie w glebach ornyczych.



Fot. 4. Nicień drapieżny. (Foto: R. Franczak)

nicień wszystkożerne (fot. 5) – ich układ pokarmowy przystosowany jest do pobierania zróżnicowanego pożywienia, którym mogą być zarówno strzępki grzybów, glony, zawartość komórek roślinnych czy inne organizmy zasiedlające glebę. Ich udział procentowy waha się od 5 do 25%, przy czym największe ich zagęszczenie odnotowuje się w środowiskach trawiastych (Lavelle, Spain 2005).



Fot. 5. Nicień wszystkożerny. (Foto: R. Franczak)

Przynależność do grupy troficznej określa rolę jaką pełnią dane nicień w środowisku glebowym. Nicień roślinożerne żerując na koseniach mogą doprowadzać do obumarcia całej rośliny. Według jednych szacunków straty w produkcji pierwotnej spowodowane żerowaniem nicieni w ekosystemach trawiastych wynoszą 6–13% (Inghman i Dethling 1984), według innych mogą dochodzić nawet do 28% (Stanton 1988).

Z kolei bakteriożerne i grzybożerne nicień odgrywają istotną pozytywną rolę w procesie mineralizacji, gdyż uwalniają biopierwiastki (Anderson et al. 1983, Freckman, Caswell 1985). Nicień z tych dwóch grup oddziałują także na skład zespołów mikroorganizmów. Poprzez selektywny wybór swojego pokarmu sprawiają, że jego skład ulega zmianie. Pewne gatunki bakterii czy grzybów zmniejszają lub zwiększają swoją liczebność.

Natomiast drapieżcy wśród nicieni mają znaczenie w kształtowaniu się składu gatunkowego oraz liczebności innych organizmów glebowych takich jak: pierwotniaki, wrotki, wazonkowce czy nawet inne nicień (Nielsen za: Burges, Raw 1971).

2.2. Teren badań

Obszary badawcze położone są na terenie wsi Dziekanów Leśny mieszczącej się w województwie mazowieckim, gminie Łomianki, w otulinie Kampinoskiego Parku Narodowego. Wytypowane zostały dwa stanowiska o zbliżonej powierzchni (ok. 0,5 ha) różniące się sposobem użytkowania. Odległość między stanowiskami wynosiła ok. 50 m.

Pierwszym terenem badań było pole uprawne (fot. 6) czyli agrotechnoza wytworzona przez człowieka i poddawana stałym zabiegom agrotechnicznym. Powierzchnia pola późną jesienią 2008 r., po zbiorze plonów, była nawożona obornikiem i poddana orce.

Jako drugie stanowisko wybrano odłóg (fot. 7). Były to grunty rolne od trzech lat wyłączane z rolniczego użytkowania. Efektem pozostawienia ziem bez ingerencji człowieka jest postępowanie sukcesji wtórnej prowadzącej do przywrócenia stabilności ekosystemu i naturalnych procesów w nim zachodzących (Prończuk 1982).

Na obu stanowiskach próby glebowe zostały pobrane jednokrotnie wczesną wiosną 2009 r. W czasie pobrania prób na polu nie było jeszcze żadnej rośliny uprawnej, natomiast roślinność na terenie odłogowanym znajdowała się na początku okresu wegetacyjnego.



Fot. 6. Pole uprawne. (Foto: R. Franczak)



Fot. 7. Teren odłogowany (Foto: R. Franczak)

2.3. Pobieranie prób glebowych, wyplaszanie i konserwacja nicieni

Na obu stanowiskach, zarówno na polu, jak i odłogu, do oceny zagęszczenia oraz składu rodzajowego mikrofauny (nicieni) pobrano losowo po 5 prób gleby do głębokości 20 cm. W tym celu posłużono się metalową łaską glebową. Uzyskane słupki gleby o powierzchni 2,5 cm² dzielono na dwie warstwy: od 0 do 10 cm oraz od 10 do 20 cm. Tym samym sposobem, przy pomocy łaski glebowej, pobrano również po 3 próby z dwóch warstw obu stanowisk do ustalenia wilgotności gleby oraz po 1 próbie do oznaczenia kwasowości (pH_{H₂O}) gleby.

Do wyplaszania nicieni z próbek glebowych zastosowano zmodyfikowaną metodę Baermanna wykorzystującą aktywność lokomotoryczną nicieni (Flegg, Hooper 1970). Wydajność zmodyfikowanej metody Baermanna ocenia się na ok. 70-80% (Oostenbrink 1970 za: Górny, Grüm 1981). W tej metodzie nicienie aktywnie przechodzą przez filtr do wody, a następnie wypłoszone nicienie są konserwowane 4% formaldehydem.

2.4. Oznaczanie wilgotności i kwasowości gleby

Kwasowość gleby (pH_{H₂O}) z obu stanowisk została oznaczona metodą potencjometryczną. Wilgotność gleby oceniono metodą wagową, w której podaje się różnicę między masą próbki gleby wilgotnej i jej suchą masą (Mocek et al. 2004). Wilgotność obliczono się według wzoru:

$$\frac{\text{waga świeżej gleby} - \text{waga suchej gleby}}{\text{waga gleby suchej} - \text{waga pojemnika}} \times 100$$

2.6. Analiza materiału

Ocena zagęszczenia nicieni dokonano poprzez liczenie wypłoszonych zwierząt pod mikroskopem stereoskopowym firmy Leica. Uzyskane wyniki przeliczono na jednostkę powierzchni [m²].

W celu identyfikacji taksonomicznej utrwalonych organizmów poszczególne okazy były przenoszone za pomocą igieł preparacyjnych na szkiełka mikroskopowe. Obserwacje prowadzono pod mikroskopem świetlnym firmy Leica. Do identyfikacji rodzajów nicieni wykorzystano klucze Bongersa (1988).

Przynależność nicieni do grupy troficznej określano według klasyfikacji Yeates'a et al. (1993). Wyodrębniono 5 głównych grup troficznych: bakteriożerne, grzybożerne, roślinożerne, drapieżne i wszystkożerne.

Obliczono następujące wskaźniki biocenotyczne:

- Współczynnik dominacji został wyliczony ze wzoru (Kasprzak, Niedbała 1981):

$$D_i = n_i/N * 100\%$$

gdzie: D_i – dominacja i-tego gatunku, n_i – liczebność osobników i-tego gatunku, N – łączna liczebność wszystkich gatunków

Wyznaczone zostały 4 klasy dominacji: superdominanty – stanowiące powyżej 30% ogółu osobników, dominanty – 10–30%, subdominanty – 2,5–9,9% i recedenty < 2,5%.

- Wskaźnik różnorodności taksonomicznej Shannona i Weavera (1949):

$$H' = - \sum_{i=1}^S p_i \ln p_i$$

gdzie: S – liczba gatunków, p_i – stosunek liczby osobników i-tego gatunku do liczby osobników ze wszystkich gatunków: n_i/N

- Wskaźnik podobieństwa taksonomicznego Sørensen (Southwood et al. 2000):

$$S = 2s/(s_1+s_2) * 100$$

gdzie: s_1 – liczba taksonów dla zbioru A, s_2 – liczba taksonów dla zbioru B, s – liczba taksonów wspólnych dla zbioru A i B.

- Wskaźnik dojrzałości (WD) (ang. *maturity index* MI) opracowany przez Bongersa (1990). Wskaźnik ten wykorzystywany jest do monitoringu warunków i zdrowotności gleby. Przy obliczeniu wskaźni-

ka brana jest pod uwagę strategia życiowa danego taksonu oraz jego wrażliwość na stres:

$$\sum v_i p_i$$

gdzie: v_i – wartość c-p dla i-tego taksonu, p_i – proporcja i-tego taksonu w całym zespole.

Wartość c-p waha się od 1 do 5 i zależy od miejsca, które zajmują taksony w kontinuum r-K strategów (Pianka 1970). Taksonom, które rozwijają się według strategii r (ang. *colonisers*) czyli szybko kolonizują obszar, charakteryzują się dużą płodnością, krótkim czasem dojrzewania jednego pokolenia oraz tolerancją na zakłócenia przypisuje się wartość c-p równą 1. Natomiast taksonom nicieni zachowującym się według odmiennej strategii K (ang. *persisters*) tzn. mającym długie cykle życiowe, słabą zdolność do kolonizacji, małą liczbę potomstwa, cechującym się wrażliwością na zaburzenia przypisano wartość c-p równą 5. Pozostałe taksony zajmują pozycje pośrednie na skali c-p.

Wskaźnik dojrzałości pozwala ocenić stan środowiska glebowego, stopień zaawansowania sukcesji, stopień zaburzenia i degradacji powstałych pod wpływem różnych zabiegów, jak również proces przywracania zdegradowanej glebie pierwotnych warunków (Bongers 1990, Freckman, Ettema 1993, Yeates i Bongers 1993, Ferris 1999, Bongers et al. 2001, Yeates 2003, Dmowska, Ilieva-Makulec 2004).

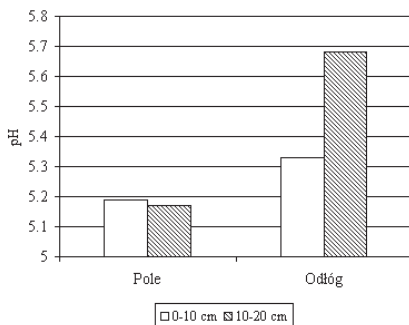
Do analizy uzyskanych wyników dotyczących zagęszczenia nicieni zastosowano nieparametryczny test Manna-Whitney'a. Analizy wykonano w programie Statgraph.

3. Wyniki

3.1. Kwasowość i wilgotność gleby

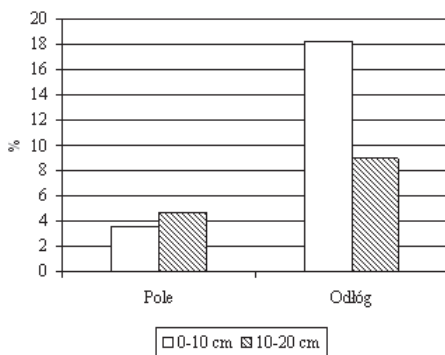
Wartości pH (ok. 5,0) wskazują, że gleba pola uprawnego miała odczyn kwaśny, zarówno w warstwie 0-10 cm jak i 0-20 cm (rys. 1). Na terenie odłogowanym odczyn gleby był wyższy, wahał się w granicach od 5,3 do 5,7 pH. Według klasyfikacji Mocka et al. (2004) glebę na tym

stanowisku w warstwie 0-10 cm można zaliczyć do gleb kwaśnych, natomiast w warstwie 10-20 cm do gleb lekko kwaśnych.



Rys. 1. Kwasowość gleby na polu i odłogu

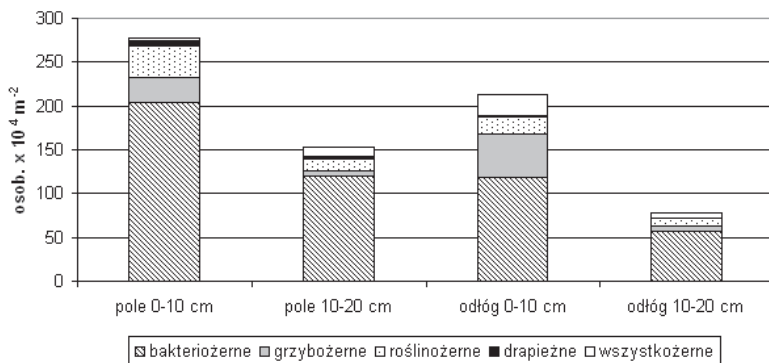
Metoda wagowa zastosowana do oznaczenia wilgotności gleby wykazała, że gleba pola uprawnego charakteryzowała się niższą wilgotnością w porównaniu z glebą gruntów odłogowanych (rys. 2). Największą zawartość wody stwierdzono w wierzchniej warstwie odłogu. Wilgotność w tej części wynosiła 18%, natomiast na polu była pięciokrotnie mniejsza, ledwie 3,5%. Wilgotność gleby w obu warstwach pola była zbliżona, natomiast wilgotność gleby odłogu w głębszej warstwie była dwukrotnie mniejsza, niż w warstwie powierzchniowej.



Rys. 2. Wilgotność gleby na polu i odłogu

3.2. Zagęszczenie i struktura troficzna zespołów nicieni

Zestawienie uzyskanych wyników pozwoliło stwierdzić, że gleby pola i odłogu różniły się pod względem zagęszczenia mikrofauny (rys. 3). Średnie zagęszczenie nicieni na polu było większe, niż na gruntach polnych w obu warstwach gleby. Z tym, że jedynie w warstwie 10-20 cm stwierdzono statystycznie istotną różnicę ($p < 0,05$).



Rys. 3. Średnie zagęszczenie (całkowite i dla grup troficznych) nicieni na polu i odłogu w warstwie gleby 0-10 cm oraz 10-20 cm.

W tej warstwie średnie zagęszczenie mikrofauny na polu było o dwa razy większe, niż na odłogu. Na obu stanowiskach stwierdzono większe średnie zagęszczenia nicieni w powierzchniowych warstwach, niż głębszych warstwach gleby.

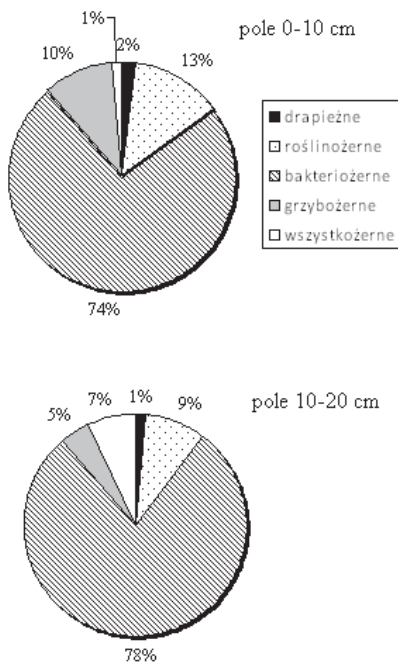
Wśród wypłoszonych nicieni zidentyfikowano przedstawicieli należących do 5 grup troficznych (rys. 3). Najliczniejszą grupę stanowiły nicienie bakteriożerne. Średnie zagęszczenie nicieni bakteriożernych w glebie uprawnej było istotnie większe od zagęszczenia w glebie odłogowanej zarówno w warstwie 0-10 cm, jak i 10-20 cm. Na obu stanowiskach więcej nicieni bakteriożernych zanotowano w warstwie 0-10 cm.

Nicieenie bakteriożerne miały duży udział procentowy w strukturze troficznej zespołów nicieni na obu badanych stanowiskach. Stanowiły one ponad 70% całkowitego zagęszczenia (rys. 4, 5). Jedynie w po-

wierzchniowej warstwie gleby odłogowanej ich udział był niższy i wynosił 55% (rys. 5).

Nie stwierdzono statystycznie istotnych różnic w zagęszczeniu nicieni grzybożernych, roślinożernych i wszystkożernych w glebie uprawnej i odłogowanej (rys. 3). Stwierdzono jedynie pewne tendencje w warstwie 0-10 cm. Więcej nicieni grzybożernych i wszystkożernych występowało w glebie odłogowanej, niż w glebie uprawnej i odwrotnie, więcej nicieni roślinożernych odnotowano w glebie uprawnej, niż odłogowanej.

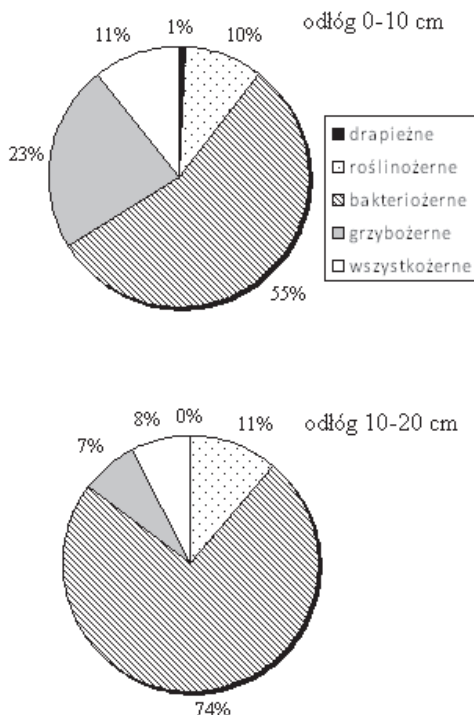
Na obu stanowiskach nicienie grzybożerne występowały liczniej w warstwie 0-10 cm, niż w warstwie 10-20 cm (rys. 3). Udziały procentowe tej grupy troficznej również były zdecydowanie wyższe w warstwie powierzchniowej, niż w warstwie głębszej (rys. 4, 5).



Rys. 4. Udział procentowy grup troficznych nicieni na polu w warstwie gleby 0-10 cm i 10-20 cm.

Na polu zagęszczenie oraz udział procentowy nicieni wszystkich nocy były większe w głębszej warstwie (rys. 3, 4). W glebie odłogowanej natomiast ich zagęszczenie w warstwie 0-10 cm było większe, niż w warstwie 10-20 cm (rys. 3). Jednakże udziały procentowe nicieni wszystkich nocy w obu warstwach na tym stanowisku były podobne (rys. 5).

Drapieżcy stanowili grupę najmniej liczną (rys. 3), ich znikomy udział procentowy zaznaczał się w glebie uprawnej, szczególnie w wierzchniej warstwie (rys. 4). Na odłogu w warstwie 10-20 cm nie stwierdzono, ani jednego przedstawiciela tej grupy troficznej (rys. 5).

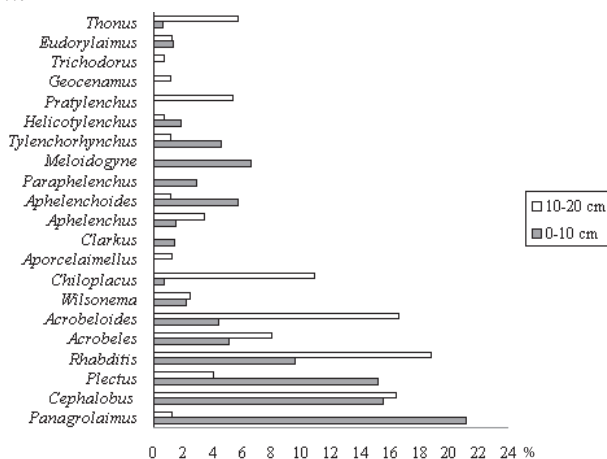


Rys. 5. Udział procentowy grup troficznych nicieni na odłogu w warstwie gleby 0-10 cm i 10-20 cm.

3.2. Skład rodzajowy nicieni, struktura dominacji, wskaźniki biocenotyczne zespołów nicieni

Ogółem w glebie badanych środowisk rozpoznano 28 rodzajów Nematoda: *Achromadora*, *Acrobeles*, *Acrobeloides*, *Cephalobus*, *Cervidellus*, *Chiloplacus*, *Eumonhystera*, *Mesorhabditis*, *Panagrolaimus*, *Plectus*, *Rhabditis*, *Wilsonema*, *Aporcelaimellus*, *Clarkus*, *Aphelenchoides*, *Aphelenchus*, *Ditylenchus*, *Paraphelenchus*, *Filenchus*, *Geocenamus*, *Helicotylenchus*, *Meloidogyne*, *Pratylenchus*, *Trichodorus*, *Tylenchorhynchus*, *Eudorylaimus*, *Mesodorylaimus* i *Thonus*.

W glebie uprawnej występowało 21 z nich (rys. 6). W warstwie 0-10 cm zespół nicieni reprezentowany był przez 17 rodzajów. Dominantami były trzy rodzaje nicieni bakteriożernych: *Panagrolaimus*, *Cephalobus* i *Plectus*. Stwierdzono 7 subdominantów oraz 7 recedentów. Najmniej licznie występowały nicienie wszystkożerne z rodzaju *Thonus* oraz bakteriożerne z rodzaju *Chiloplacus*. Na głębokości od 10 do 20 cm zidentyfikowano 18 rodzajów, wśród których dominowały również rodzaje bakteriożerne: *Rhabditis*, *Acrobeloides* i *Cephalobus*. Stwierdzono 6 subdominantów i 9 recedentów. Najmniej liczne w tej warstwie były nicienie rodzajów *Helicotylenchus* oraz *Trichodorus* należące do roślinożerców.



Rys. 6. Struktura dominacji rodzajów nicieni w glebie uprawnej

Skład rodzajowy nicieni w obu warstwach pola uprawnego nie różnił się. Znotowano 14 rodzajów wspólnych dla obu warstw. Wskaźnik podobieństwa taksonomicznego wyniósł 80% (tab. 1).

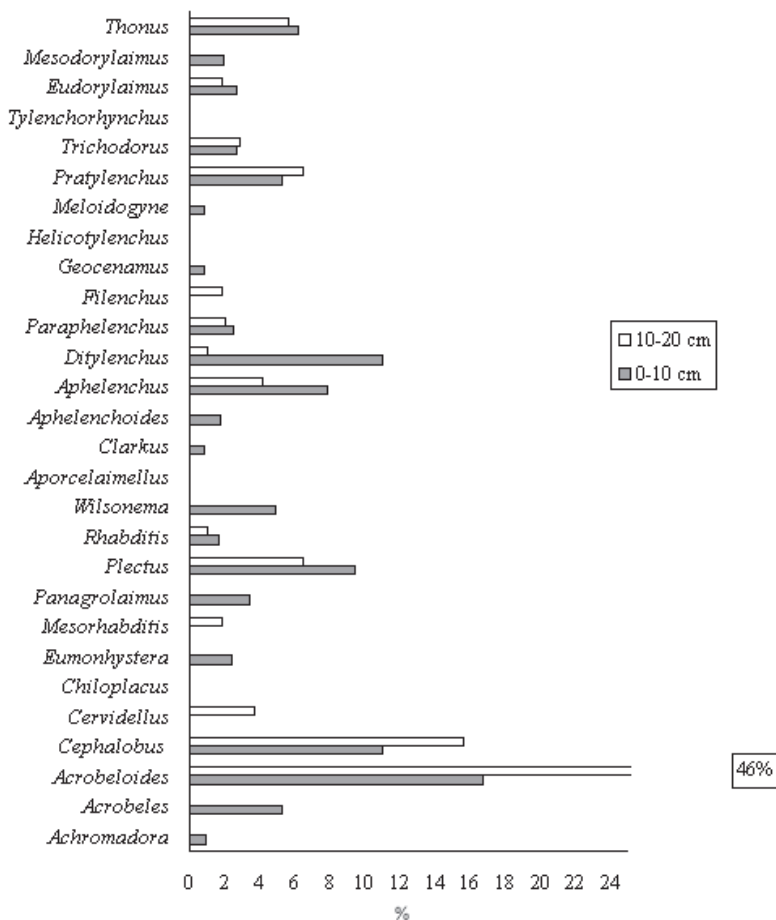
Wartości wskaźnika różnorodności rodzajowej Shannona-Weavera były zbliżone dla obu głębokości pola uprawnego (tab. 1).

Parametry i wskaźniki	Pole		Odłóg	
	0–10 cm	10–20 cm	0–10 cm	10–20 cm
Liczba rodzajów	17	18	21	14
Wskaźnik różnorodności Shannona-Weavera	2,40	2,39	2,70	1,91
Wskaźnik podobieństwa Sørensen	80%		62%	
Wskaźnik dojrzałości (WD)	1,72	1,97	2,23	2,14

Tab. 1. Parametry i wskaźniki zespołów nicieni

W glebie odłogowanej stwierdzono 24 rodzaje nicieni, 21 występowało w warstwie 0-10 cm oraz 14 w warstwie głębszej (rys. 7). Zaobserwowano tylko 11 rodzajów wspólnych dla obu głębokości. Wskaźnik podobieństwa taksonomicznego Sørensen wyniósł 62% (tab. 1).

W wierzchniej warstwie odłogu dominowały, oprócz nicieni 2 rodzaje bakteriożernych: *Acrobeloides* i *Cephalobus* również nicienie rodzaju grzybożernego: *Ditylenchus* (rys. 7). Stwierdzono 9 subdominantów oraz 9 recedentów. W głębszej warstwie odłogu zdecydowaną przewagą wykazały się nicienie bakteriożerne z rodzaju: *Acrobeloides*. Udział procentowy tego rodzaju stanowił prawie 46%, co określa go jako superdominanta. Ponadto w tej warstwie odnotowano tylko 1 dominanta. Był to bakteriożerny rodzaj *Cephalobus*. Pozostałe rodzaje należały do subdominantów – 6 i recedentów – 6.



Rys. 7. Struktura dominacji rodzajów nicieni w glebie odłogowanej

Wartości wskaźnika różnorodności Shannona-Weavera dla rodzajów różniły się w obu warstwach gleby odłogowanej (tab. 1). Warstwa powierzchniowa odłogu okazała się o wiele bardziej zróżnicowana, niż warstwa znajdująca się głębiej. Ponadto warstwa ta odznaczała się największą różnorodnością rodzajową spośród wszystkich badanych warstw na obu stanowiskach.

Wartości wskaźnika podobieństwa Sørensenia wskazują, że skład rodzajowy nicieni w glebie pola uprawnego różnił się od tego na odłogu, zarówno w warstwie 0-10 cm jak i w warstwie 10-20 cm. Większą różnicę stwierdzono w głębszej warstwie, gdzie wartość wskaźnika Sørensenia wynosiła tylko 56%. W warstwie 0-10 cm natomiast wartość wskaźnika podobieństwa wynosiła 74%. Liczba rodzajów wspólnych dla pola i odłogu w warstwie 0-10 cm wynosiła 14, natomiast w warstwie 10-20 cm - 9.

Wartości wskaźnika dojrzałości zespołów nicieni (WD) były niższe dla gleby rolnej, niż odłogowanej w obu warstwach, przy czym większą różnicę stwierdzono w warstwie 10-20 cm, niż w warstwie 0-10 cm (tab. 1).

W glebie agrocenozy współczynnik dojrzałości miał większą wartość w warstwie 10-20 cm, niż w warstwie 0-10 cm. W glebie odłogowanej wystąpiła sytuacja odwrotna – większa była wartość WD w warstwie 0-10 cm, niż w warstwie 10-20 cm. Spostrzeżono również, że różnica między wartościami wskaźnika dojrzałości WD badanych warstw gleby uprawnej jest większa, niż różnica pomiędzy wartościami tego współczynnika dla warstw gleby odłogowanej.

4. Dyskusja

Uzyskane w niniejszej pracy wyniki pomimo swoich ograniczeń (próby glebowe pobrano jednorazowo na wiosnę) wskazują, że nicienie glebowe zareagowały na sposób użytkowania terenów. Nawet po tak krótkim czasie – 3 lata od zaniechania produkcji rolniczej - zespoły nicieni glebowych na odłogu różniły się od tych na polu uprawnym pod względem zagęszczenia, składu taksonomicznego oraz struktury funkcyjnej. Stwierdzono zarówno tendencje znajdujące potwierdzenie w innych pracach naukowych, jak i takie, które od wyników innych badaczy się różnią.

Wyniki wielu prac naukowych wskazują, że zagęszczenie oraz różnorodność taksonomiczna nicieni, jest większe w glebach odłogowanych, niż w glebach uprawnych (Tischler 1971, Wasilewska 1979, Lavelle, Spain 2005). Taka hipoteza robocza przyjęta przed rozpoczęciem prezentowanych tu badań nie do końca się potwierdziła.

Nicienie w niniejszych badaniach liczniej wystąpiły w glebie uprawnej, niż odłogowanej w obu badanych warstwach 0-10 i 10-20 cm (rys. 3). Wynik ten tylko na pierwszy rzut oka wydaje się kłócić z postawioną hipotezą. Większe zagęszczenia nicieni na polu wynika przede wszystkim z większego zagęszczenia nicieni bakteriożernych (rys. 3, 4). Jest to częsta odpowiedź tej grupy troficznej na zwiększone zasoby łatwo rozkładającej się materii organicznej w wyniku wprowadzenia do gleby obornika. O dużych zasobach pokarmowych na polu świadczy również dominacja takich rodzajów jak: *Panagrolaimus* i *Rhabditis* (rys. 6). Nicienie należące do tych rodzajów do rozwoju swoich populacji wymagają dużych zasobów pokarmowych (Ilieva-Makulec 2001). Na odłogu w prowadzonych badaniach również dominowały nicienie bakteriożerne, lecz ich zagęszczenie było niższe, niż w glebie polnej (rys. 3, 5, 7). Prawdopodobnie wynika to ze zbyt krótkiego okresu odłogowania gleby, w którym nagromadzona materia organiczna okazała się niewystarczająca dla rozwoju nicieni o większych zapotrzebowaniach pokarmowych. Dowodem na to jest wystąpienie na odłogu jednego superdominanta, którym był rodzaj o bardzo niskich wymaganiach pokarmowych - *Acrobeloides* (rys. 7) (Ilieva-Makulec 2001).

Większą różnorodność taksonomiczną nicieni na glebie odłogowanej, niż na polu oraz różnice w składzie taksonomicznym zespołów między dwoma stanowiskami należy tłumaczyć wrażliwością niektórych gatunków mikrofauny na orkę. Wymieszanie warstw gleby podczas orki spowodowało również wymieszanie się fauny glebowej, a co za tym idzie brak różnic w składzie taksonomicznym badanych grup zwierząt między warstwami (0-10 cm i 10-20 cm) na polu w porównaniu z odłogiem.

Według wielu danych z literatury (m.in. Ferris i Ferris 1972, 1974, Popovici 1977, Wasilewska 1974, 1979, 2003) w środowiskach naturalnych w stosunku do agrocenoz występuje przewaga nicieni wszystkożernych i drapieżców. W niniejszej pracy pomimo braku istotnych różnic stwierdzono podobną tendencję w przypadku wszystkożernych i grzybożernych nicieni (rys. 3, 4, 5, 6, 7). Brak istotnych różnic znów należy tłumaczyć krótkim czasem odłogowania. Różnice w zespołach nicieni w zależności od czasu odłogowania stwierdzili Pate

et al. (2000). Wygląda na to, że struktura troficzna nicieni na odłogu w niniejszych badaniach dopiero zaczyna się kształtować. O postępującej sukcesji na odłogu świadczą również wartości wskaźnika dojrzałości. Jego wartość jest wyższa w glebie odłogowanej, niż w glebie uprawnej (tab. 1). Wskazuje to na większy udział w glebie odłogowanej rodzajów nicieni o dłuższych cyklach życiowych należących do wyższych poziomów troficznych. Nawet po takim krótkim czasie odłogowania (tylko trzy lata) wskaźnik dojrzałości okazał się bardzo dobrym parametrem do oszacowania różnic w dojrzałości oraz złożoności zespołów nicieni między glebą uprawną, a odłogiem. Jest to również w zgodzie z założoną na początku badań hipotezą roboczą.

Reasumując, uzyskane wyniki wskazują, iż wyłączenie gleby z użytku rolniczego prowadzi do zmian we właściwościach gleby, które znajdują odzwierciedlenie w składzie taksonomicznym oraz strukturze funkcyjnej zespołów mikrofauny glebowej.

Uzyskane wyniki potwierdziły, że parametry i wskaźniki zespołów mikrofauny glebowej można z powodzeniem wykorzystywać do oceny stanu środowisk glebowych podlegających różnym sposobom użytkowania.

Bibliografia

- Anderson R.V., Gould W.D., Woods L.E., Cambardella C., Ingham R.E., Coleman D.C., 1983, *Organic and inorganic nitrogenous losses by microbivorous nematodes in soil*, Oikos, Vol. 40, 5-80.
- Bongers T., 1988, *De Nematoden van Nederland*, KNNV Bibliotheekuitgave No 46, Pirola, Schoorl.
- Bongers T., 1990, *The maturity index: an ecological measure of environmental disturbance based on nematode species composition*, Oecologia, Vol. 83, 14-19
- Burges A., Raw F., 1971, *Biologia gleby*, PWRiL, Warszawa.
- Dmowska E., 1993, *Effects of long-term artificial acid rain on species range and diversity of soil nematodes*, European Journal of Soil Biology, Vol. 29, 97-107.
- Dmowska E., 2002, *Rola pierwotniaków i nicieni w środowisku glebowym*, Wiadomości Ekologiczne, Vol. XLVIII No.1, Dziekanów Leśny.
- Dmowska E., Ilieva-Makulec K., 2004, *Past and present status of nematode community indicators*, Nematology Monographs and Perspectives, Vol. 2, 487-501.
- Ferris V.R., Ferris J.M., 1972, *Nematode community dynamics in natural and disturbed environments*, Intern. Symp. Nematol., 11th Reading, England, Abstracts, 21-22.
- Ferris V.R., Ferris J.M., 1974, *Inter-relationships between nematode and plant communities in agricultural ecosystems*, Agro-Ecosystems, Vol. 1, 275-299.

- Ferris H., Bongers T., De Goede R.G.M., 1999, *Nematode faunal indicators of soil food web condition*, J. Nematology, Vol. 31, 534-535.
- Ferris H., Bongers T., De Goede R.G.M., 2001, *A framework for soil food web diagnostics: extension of the nematode faunal analysis concept*, Applied Soil Ecology, Vol. 18, 13-19.
- Flegg J.J.M., Hooper D.J., 1970, *Laboratory methods for work with plant and soil nematodes*, Techn. Bull. Ministry Agric., London, Vol. 2, 5-23.
- Freckman, D.W., Caswell E.P., 1985, *The ecology of nematodes in agroecosystems*, Annual Review Phytopathology Vol. 23, 275-296.
- Freckman D.W., Ettema Ch. H., 1993, *Assessing nematode communities in agroecosystems of varying human intervention*, Agriculture, Ecosystems and Environment, Vol. 45, 239-261.
- Górny M., Grüm L., 1981, *Metody stosowane w zoologii gleby*, PWN, Warszawa.
- Ilieva-Makulec K., 2001, *A comparative study of the life strategies of two bacterial-feeding nematodes under laboratory conditions. II. Influence of the initial food level on the population dynamics of Acroboloides nanus (de Man 1880) Anderson 1968 and Dolichorhabditis dolichura (Schneider 1866) Andrassy 1983*, Polish Journal of Ecology, Vol. 49, 123-135
- Ingham R.E., Detling J., 1984, *Plant herbivore interactions in a North American mixed-grass prairie. III. Soil nematode populations and root biomass on Cynomys ludoviciana colonies and adjacent uncolonized areas*, Oecologia, 63, 307-313.
- Jura Cz., 2004, *Bezkręgowce*, PWN, Warszawa.
- Kasprzak K., Niedbała W., 1981, *Wskaźniki biocenotyczne stosowane przy porządkowaniu i analizie danych w badaniach ilościowych*, w: Górny M., Grüm L. (red.) „Metody stosowane w zoologii gleby”, PWN, Warszawa, 397-408.
- Kozłowska J., 1986, *Communities of soil nematodes in grassland ecosystems periodically flooded with pig liquid manure*, Polish Ecological Studies, Vol.12, 137-145.
- Kozłowska J., 1989, *The effect of sewage sediments on communities of soil nematodes*, Polish Ecological Studies, Vol. 15, 27-39.
- Lavelle P., Spain A. V., 2005, *Soil ecology*, Springer, Dordrecht.
- Mocek A., Drzymała S., Maszner P., 2004, *Geneza, analiza i klasyfikacja gleb*, Akademia Rolnicza, Poznań.
- Pate E., Ndiaye-Faye N., Thioulouse J., Villenave C., Bongers T., Cadet P., Debouzie D., 2000, *Successional trends in the characteristics of soil nematode communities in cropped and fallow lands in Senegal (Sonkorong)*, Applied Soil Ecology, Vol. 14, 5-15.
- Pianka E. R., 1970, *On r- and K-selection*, American Naturalist, Vol.104, 592-597.
- Popovici, 1977, *The specific structure and affinity of nematode populations in brown-humus soil and leached chernozem*, Pedobiologia, 17, 216-221.
- Prończuk, 1982, *Podstawy ekologii rolniczej*, PWN, Warszawa, 166-168, 221-225.
- Shannon C.E., Weaver W., 1949, *The mathematical theory of communication*, University of Illinois Press, Urbana.
- Southwood T.R.E., Henderson P.A., 2000, *Ecological methods*, Blackwell Science Ltd.
- Stanton N.L., 1988, *The underground in grasslands*, Annual Review of Ecology and Systematics, Vol. 19, 573-589.

- Swift M.J., Heal O.W., Anderson J.M., 1979, *Decomposition in terrestrial ecosystems*, University of California Press, Berkeley.
- Tischler W., 1971, *Agroekologia*, PWRiL, Warszawa, 101-124.
- Wall D.H., Moore J.C., 1999, *Interactions Underground. Soil biodiversity, mutualism, and ecosystem processes*, BioScience, Vol. 49, No. 2, 109-117.
- Wasilewska L., 1974, *Analysis of a sheep pasture ecosystem in the Pieniny Mountains (The Carpatians). XIII. Quantitative distribution, respiratory metabolism and some suggestion on production of nematodes*, Ekologia polska, Vol. 22, 651-668.
- Wasilewska L., 1979, *The structure and function of soil nematode communities in natural ecosystems and agrocenoses*, Polish Ecological Studies, Vol. 5, 97-145.
- Wasilewska L., 2003, *Wpływ uproszczenia zbiorowisk roślinności łąkowej na biologię gleby i procesy rozkładu materii. Bioindykacyjna rola fauny glebowej*, Kosmos, Vol. 52, No. 2-3 (259-260), 357-364
- Yeates G.W., Bongers T., de Goede R.G.M., Freckman D.W., Georgieva S.S., 1993, *Feeding habits in nematode families and genera - an outline for soil ecologists*, J. Nematology, Vol. 25, 315-331.
- Yeates G.W., 2003, *Nematodes as soil indicators: functional and biodiversity aspects*, Biology Fertility of Soils, Vol. 37, 199-210.

Soil nematodes in an arable field and a fallow – density and diversity

SUMMARY

The results presented here concern the study, which was carried out in the spring 2009 on an arable field and a fallow. Following parameters were analysed: density, taxonomic composition, trophic and dominance structure of soil nematode communities. Shannon-Weaver diversity index, Sørensen's index of similarity and Maturity index were also calculated.

The results show that the nematode community in the soil of arable field differed from that on the fallow in respect of density and trophic structure. Nematode density was higher in the arable soil than in the fallow. The group of bacterial-feeding nematodes was the most numerous among five trophic groups recorded in the study. The higher density of that group in the arable soil than in the fallow indicates the positive response of bacterial-feeding nematodes to the higher nutrient supply after the manure applying. The results show that in three years of fallow nematode communities became more mature and diverse than in the arable soil.

The study confirms the indicative value of some nematode community parameters and indices for the assessment of the varying human intervention and the functional state of soil.