

JAN BOCZEK
Instytut Ochrony Roślin — Puławy

ROZTOCZE (ACARINA) GLEBY I ICH UDZIAŁ W TWORZENIU PRÓCHNICY

Zoologowie dzielą najczęściej zwierzęta żyjące w glebie na 3 grupy, w zależności od wielkości ciała i metod, jakich używają dla ich oddzielenia od cząstek mineralnych i organicznych. Pierwotniaki, większość robaków (wirki, wrotki, nicienie) i niesporczaki zaliczane są do mikrofauny. Zwierzęta o wielkościach między 100 mikronów a 1 cm stanowią grupę pośrednią (meiofauna—mezofauna), do której należą wazonkowce, większość pajęczaków i małe owady. Pozostałe, większe zwierzęta (mięczaki, dżdżownice, większe stawonogi) tworzą trzecią grupę (makrofauna).

Najliczniejszą grupę zwierząt, zarówno pod względem ilości gatunków, jak i ilości osobników w jednostce objętości gleby tworzą w obrębie mezofauny roztocze. Są to pajęczaki zdolne do życia we wszystkich siedliskach, rozprzestrzenione po całym świecie. Roztocze glebowe mają szereg przystosowań morfologiczno-fizjologicznych umożliwiających im życie w tym środowisku, a mianowicie: grzbieto-brzusze spłaszczenie ciała, skrócenie odnóży i szczecin, zdolność oddychania w warunkach małego stężenia tlenu (Hughes, 14) i dużego stężenia dwutlenku węgla. Ilość gatunków zasiedlających glebę stanowi około 60% wszystkich gatunków stawonogów w tym siedlisku, niezależnie od rodzaju gleby i klimatu. Na przykład dla Anglii wynosił on 60,0% (Salt, 26), dla Afryki 69,9% (Belfield, 3) i 56,0% dla Zachodnich Indii (Strickland, 31). Zarówno ilość gatunków, jak przede wszystkim stopień ich zagęszczenia zależą od wielu czynników, jak: warunków klimatycznych rejonu, rodzaju i właściwości fizyko-chemicznych gleby, ilości substancji organicznej, sposobu uprawy itp. Znacznie mniejszy wpływ wywiera tutaj rodzaj uprawianych roślin (Baring, 1, Thiele, 32), a więc mniejsze różnice można stwierdzić porównując akarofaunę np. pola ziemniaczanego z uprawą żyta na glebie piaszczystej niż przy porównaniu gleby piaszczystej i gliniastej pod uprawą żyta. Niektóre grupy roztoczy występują częściej w określonych typach gleb, np. *Gamasidae* w glebach gliniastych, *Trombididae* w piaszczystych (Tischler, 33).

Roztocze oddziela się od gleby przy pomocy prostego urządzenia zaproponowanego przez Berlese'a, ulepszonego przez Tullgrena i Haarlov'a (11), używanego już ponad 50 lat. Jest to lejek o nachyleniu ścian

pod kątem około 40° , wykonany z gładkiej blachy. W górnej jego części jest rozpięta siatka, na której umieszcza się badaną próbkę gleby. Nad lejkiem umocowuje się żarówkę, grzałkę elektryczną lub naczynie z gorącym piaskiem, który nagrzewa i powoli odsusza próbę. Ponieważ roztocze są wrażliwe na zmiany temperatury i wilgotności, wywędrowują z próbki w kierunku przeciwnym do źródła ciepła i spadają w podstawione pod lejek naczynko z płynem utrwalającym. Metoda ta pozwala na szybkie, mało pracochłonne wywabienie wszystkich form ruchomych roztoczy niezależnie od stanu fizycznego i rodzaju gleby (Edwards, 5, Kühnelt, 20, McFadyen, 21, Murphy, 23). Ma ona zresztą szerokie zastosowanie i używana jest również do oddzielania roztoczy szkodliwych od produktów spożywczych, ziarna, ziół itp. Niektórzy autorzy (Belfield, 3, Raw, 24, Sheals, 28) polecają jako dokładniejszą metodę flotacji. Próbkę gleby zanurza się wtedy w płynie o ciężarze właściwym pośrednim między ciężarem właściwym ciała roztoczy (około $1,05 \text{ g/cm}^3$) a gleby. Roztocze wtedy pływają po wierzchu, a gleba opada na dno naczynia. Metoda ta pozwala na oddzielenie wszystkich stadiów, także nieruchomych, a więc jaj, form przedwylinkowych i hypopusów.

Wśród roztoczy znajdujących w glebie można wyróżnić: 1) które występują tutaj rzadko, przypadkowo, a ich właściwe siedlisko jest zupełnie inne (np. *Tetranychidae* — szkodniki nadziemnych części roślin); 2) takie, dla których gleba jest typowym, właściwym siedliskiem; tu najczęściej żyją i rozmnażają się (np. *Oribatidae*) i 3) takie, które obok częstego występowania w warunkach glebowych mogą żyć równie dobrze w innych środowiskach (np. liczni przedstawiciele grupy *Tyroglyphoidea*, pospolitych szkodników produktów spożywczych w magazynach). Pod względem systematycznym roztocze glebowe zaliczane są do 3 grup:

1. *Parasitiformes* — tu reprezentowane są liczne rodziny, jak *Parasitidae*, *Gamasidae*, *Laelaptidae*, *Uropodidae*.

2. *Trombidiformes* — rodziny: *Tarsonemidae*, *Eupodidae*, *Tetranychidae*, *Trombididae*, *Tydeidae*.

3. *Sarcoptiformes* — rodziny: *Oribatidae*, *Glycyphagidae*, *Tyroglyphidae*, *Saproglyphidae*, *Anoetinae*.

Większość form należących do grup *Parasitiformes* i *Trombidiformes* są to zwierzęta drapieżne, pasożytnicze lub żywiące się padliną. Tylko nieliczne są koprofagami, a wiele gatunków należących do rodzin *Tarsonemidae* i *Tetranychidae* jest szkodnikami roślin uprawnych. Przedstawiciele podrzędu *Sarcoptiformes* żyją przede wszystkim kosztem martwej substancji roślinnej i zwierzęcej i stąd największe ich ilości znaleźć możemy w pozostawionych na polu resztkach roślinnych, kompostach, w glebach o dużej zawartości substancji organicznej.

Zwierzęta należące do mikrofauny i mezofauny żyją w porach między

gruzełkami, gdy natomiast większe zwierzęta wędrują między grudkami mineralnymi i organicznymi. W przeciwieństwie do zwierząt bardzo drobnych, które żyją głównie w porach wypełnionych wodą, roztocze zamieszkują wyłącznie pory wypełnione powietrzem. Powietrze glebowe różni się znacznie swoim składem od atmosferycznego, gdyż jest ono najczęściej nasycone parą wodną, zawiera 10—1000 razy więcej dwutlenku węgla nagromadzonego wskutek oddychania zwierząt i rozkładu materii organicznej (Heydecker, 12) a natomiast ciśnienie tlenu jest w nim bardzo niskie. Zarówno wielkość por, ich ilość, jak i stężenie poszczególnych składników powietrza są czynnikami wpływającymi i ograniczającymi liczebność poszczególnych grup i gatunków roztoczy. Według Schwimitscheka (za Baringiem, 1) dopiero gleby o objętości por ponad 20% ogólnej masy są licznie zasiedlane przez roztocze.

Powyższe czynniki, włączając ponadto rozmieszczenie substancji organicznej w glebie, warunkują także rozmieszczenie roztoczy w profilu pionowym. Niezależnie od rodzaju gleby, największe zagęszczenie populacji roztoczy obserwuje się zawsze w górnej, 5—10 cm warstwie; w miarę posuwania się w głąb ilość ich maleje. W porównaniu jednak do innych zwierząt można stwierdzić, że roztocze stosunkowo licznie zasiedlają głębsze warstwy i wiele form znajduje się nawet w podglebiu, na głębokości ponad 40 cm (Eglitis, 6, Strickland, 31). Wielu autorów podkreśla częste występowanie u roztoczy glebowych pionowych wędrowek, związanych ze zmianami nasłonecznienia (temperatury) (Baring, 1, Kühnelt, 20), wilgotności (np. opadów) (Belfield, 3, Haarlov, 10, Volz, 35), z porami roku (Sheals, 30) i zawartością substancji organicznej (Jahn, 15, Tischler, 33, 34).

Gęstość populacji roztoczy w przeliczeniu na 1 m² może się wahać od kilku do miliona osobników. Największe ilości obserwuje się w glebie leśnej i pod ugorami, a znacznie mniej w glebach uprawnych (Murphy, 22). W tym ostatnim wypadku ilość roztoczy zależy od warunków klimatycznych i glebowych danej okolicy, a przede wszystkim od wilgotności gleby oraz od ilości i rodzaju substancji organicznej w niej zawartej. Ogólnie można powiedzieć, że w glebach urodzajnych jest zawsze więcej roztoczy niż w glebach ubogich.

Należałoby sądzić, że uprawa gleby przez poprawianie jej struktury, zwiększanie dopływu powietrza i wymieszanie substancji organicznej z częściami mineralnymi powinna stwarzać lepsze warunki dla rozwoju roztoczy i innych zwierząt w niej żyjących. Badania przeprowadzone w tym zakresie pozwalają stwierdzić, że w rzeczywistości jest zupełnie inaczej. Niezależnie od tego czy są w zastosowaniu narzędzia odwracające glebę, czy powodujące mieszanie, rozluźnianie czy rozdrabnianie, ich wpływ na faunę gleby będzie zawsze bardzo silny w kierunku zre-

dukowania ilości zwierząt w warstwie uprawianej. Z badań Baringa (2), Krügera (18), Shealsa (27, 30) i Tischlera (33, 34) wynika, że każdy zabieg, nawet najwłaściwiej przeprowadzony, doprowadza do silnego zmniejszenia liczebności wszystkich grup zwierząt. W czasie pracy są niszczone, przynajmniej w części, pory między grudkami, zmienia się przewodnictwo cieplne i zdolność utrzymywania wilgotności, co wpływa ujemnie na zwierzęta. Wpływ ten może być różny w zależności od czasu zabiegu i rodzaju narzędzi. Orka jesienna powoduje np. nagły, silny spadek ilości zarówno nicieni, roztoczy, jak i dżdżownic, wazonkowców i wijów. Jak wynika z obserwacji przeprowadzonych przez Stöckli'ego (wg Shealsa, 28), jedynie populacja nicieni wraca do poprzedniego stanu stosunkowo szybko, natomiast spadek ilości roztoczy zostaje wyrównany dopiero po kilku miesiącach. Krüger (18) porównał działanie różnych aparatów i doszedł do wniosku, że najmniejsze zmiany w populacji roztoczy, jak i innych zwierząt, zachodzą przy stosowaniu zwykłego pługa, a natomiast największe przy użyciu brony talerzowej, która silnie zmienia strukturę górnego poziomu gleby. Zmiany wywołane zabiegami uprawowymi są znacznie mniejsze w glebach żyznych niż w glebach słabo urodzajnych.

Bardzo niekorzystny wpływ na stan ilościowy roztoczy w glebie wywierają preparaty chemiczne stosowane do zwalczania szkodników glebowych lub szkodników, które jakiegoś stadium rozwojowe czy okres życia spędzają w glebie. Trzeba tutaj podkreślić, że niektóre preparaty powszechnie w tym celu stosowane (np. HCH) wykazują długotrwałe działanie w glebie i nawet jeszcze po 4 latach obserwowano ich toksyczne działanie na faunę (Richter, 25). Mimo że roztocze wykazują dużą odporność w porównaniu z innymi grupami zwierząt na wiele preparatów stosowanych w ochronie roślin, jednak w warunkach glebowych, przy stałym kontakcie z trucizną, w wysokiej wilgotności, zachodzą zasadnicze zmiany w gęstościach populacji nie tylko poszczególnych gatunków ale całej grupy (Brauns, 4, Sheals, 27). Dawki HCH ponad 100 g gamma preparatu na ar już wywołują zmniejszenie zagęszczenia (Richter, 25); podobnie preparaty DDT obniżają ilość, lecz w tym wypadku stosunkowo szybko następowała odbudowa populacji (Keller, 16).

Roztocze, jako cała duża grupa zwierząt, jak również roztocze glebowe charakteryzują się bardzo dużą aktywnością, o czym świadczy ich ogromna rola, jaką odgrywają w życiu i gospodarce człowieka. Wszelkie dane pozwalają stwierdzić, że znaczenie to ciągle rośnie i dlatego poświęca się im coraz więcej uwagi. Aktywność roztoczy w glebie wyraża się w ich ciągłych wędrówkach oraz w przepuszczaniu przez przewód pokarmowy i w przerabianiu dużych ilości substancji organicznej w próchnicę oraz w jej dalszym rozkładzie. Według Soadeka (za Krügerem, 18) 1 roztocz

przepuszcza w ciągu doby 0,0043 mm³ pożywienia przez przewód pokarmowy, a więc w ciągu 300 dni — 46 cm³. Oprócz wędrówek w kierunku pionowym, notowane są często przemieszczania się populacji w kierunku poziomym, bardzo silnie występujące, np. przy lokalnym stosowaniu trucizn chemicznych (Keller, 16). Znane jest ponadto masowe zasiedlanie kompostów i koncentrowanie się roztoczy w resztkach poźniwnych. Roztocze są też masowo przenoszone biernie przez większe zwierzęta, jak dżdżownice, duże owady, gryzonie polne (Howell i inni, 13). Wskutek ruchów w obrębie profilu glebowego roztocze mieszają elementy mineralne z organicznymi, przemieszczają sole nagromadzone w glebie, rozdrabniają gruzełki i spulchniają glebę. Przez wydalanie kału przenoszą substancję organiczną, roznoszą mikroflorę jelitową i zakażają nią różne warstwy oraz wzbogacają glebę substancjami próchnicznymi, znajdującymi się w dalekim stopniu rozkładu. Niezależnie od tych dobrze widocznych zmian w strukturze i budowie gleby, roztocze wywierają zasadniczy, choć pośredni wpływ na glebę przez tworzenie i rozkład substancji próchnicznych. O tym wpływie mówi już w 1879 r. Müller, kiedy wyróżnia obok humusu „mull” i „mor” trzecią formę, nazywaną „insect mull” wytwarzaną wyłącznie przez zwierzęta glebowe, a zwłaszcza stawonogi. Waksman w 1936 r. (36), choć zaledwie wspomina o tym wpływie, jednak także widzi możliwość zmian w przebiegu procesów humifikacyjnych w zależności od współudziału zwierząt.

Znacznie więcej uwagi temu zagadnieniu poświęciła Kononowa (17). Autorka ta badała w warunkach laboratoryjnych humifikację różnych resztek roślinnych bez udziału zwierząt i doszła do wniosku, że stosunkowo łatwo pod wpływem mikroorganizmów ulegają rozkładowi żywe tkanki (floem, parenchyma, epiderma), natomiast tylko w nieznacznym stopniu zostają zmienione w tych warunkach warstwy kory i wszelkie zdrewniałe części. Wszystkie te elementy nawet w toku kilkuletnich procesów pozostawały niezmienione. Jeśli natomiast dopuszczone zostały zwierzęta, proces humifikacji bardzo się przyspieszał, gdyż wszystkie elementy roślinne zostawały przez nie przetarte i zmieniane w bezpostaciową próchnicę. Autorka ta również wskazuje na odpowiedni kierunek procesów, gdyż według niej humifikacja z udziałem zwierząt (w warunkach obojętnego środowiska i umiarkowanej wilgotności) prowadzi do tworzenia się słodkiej, cennej próchnicy tzw. „mull”. Jak wiadomo jest to próchnica, w której nie tylko daleko został posunięty proces rozkładu i humifikacji, lecz nastąpiło tu rozdzielenie substancji humusowych i mineralnych. Czołową rolę w tych procesach Kononowa przyznaje roztoczom, które szczególnie intensywnie przerabiają resztki roślinne.

Znany gleboznawca prof. Kubiena opisał 30 form próchnicy, opierając się w ich systematyce na cechach mikromorfologicznych. Wśród tych form nie znalazł ani jednej, gdzie nie można by ustalić wpływu zwierząt glebowych na jej tworzenie się. Aktywność zwierząt może stąd służyć za pośrednią podstawę nie tylko w opisach morfologii i systematyki gleb, lecz również w ogólnym zrozumieniu biologii różnych gleb. Kubiena (19) streszcza swoje poglądy na to zagadnienie w 5 punktach: 1) przy małej aktywności zwierząt humifikacja jest nieznaczna; 2) między działalnością mikroflory i fauny istnieje ścisła zależność. Włókna roślinne i inne resztki mogą być atakowane wyłącznie przez niektóre zwierzęta; 3) humifikacja przebiega równolegle z akumulacją wydaliny w glebie; 4) mieszanie i łączenie przez zwierzęta substancji organicznych i nieorganicznych nie może być zastąpione w glebie przez żaden inny czynnik; 5) w humifikacji i tworzeniu różnych form humusu zwierzęta odgrywają decydującą rolę. Kubiena szczególny udział przyznaje w tych procesach małym stawonogom, a więc głównie roztoczom, które są dominantami w tej grupie.

W przewodzie pokarmowym roztoczy następuje z jednej strony rozdrobnienie pobranych resztek roślinnych i zwierzęcych, zmieszanie ich z mineralnymi, sokami trawiennymi i mikroflorą jelitową, a z drugiej strony mniej lub dalej posunięty proces rozkładu pod wpływem fermentów trawiennych i charakterystycznej mikroflory jelitowej. Równocześnie z procesami rozpadu zachodzi resynteza plazmy nowo powstających komórek bakterii, grzybów i pierwotniaków.

W przewodzie pokarmowym, jak również w jego uchyłkach i gruczołach trawiennych bardzo wielu gatunków roztoczy glebowych występują symbionty, przeważnie jednokomórkowe organizmy roślinne, bez których zwierzęta te nie mogą istnieć. Udowodniono, że przynajmniej niektóre z nich mają zdolność bezpośredniego wiązania azotu, częściowo przyswajanego przez organizm roztocza, a częściowo wydalonego z kałem, przez co zwiększa się ilość tego pierwiastka w substancji organicznej (Franz, 9).

Kał roztoczy, podobnie jak innych zwierząt glebowych, zawiera obok niestrawionych produktów pokarmowych także produkty metabolizmu, komórki bakteryjne i pierwotniaków jelitowych oraz związki moczowe. Nie wszystkie elementy zwierzęce czy roślinne zostają strawione w jednakowym stopniu przez różne zwierzęta, czy nawet przez ten sam gatunek, lecz przez zwierzęta znajdujące się w różnym wieku. Im więcej w pokarmie znajduje się ligniny, kutikuli, substancji rogowych albo celulozy, tym słabiej przebiega trawienie i więcej tych składników pozostaje w kale. Od składu kału zależy kierunek dalszych jego procesów humifikacyjnych i rozkładu substancji organicznych z nim zmieszanych

w glebie. Elementy tkankowe roślin czy zwierząt, na równi z tkankami skorkowaciałymi, zdrewniałymi, schitynizowanymi, pobrane przez roztocze, zostają w przewodzie pokarmowym roztarte na jednolitą masę i w kale nie znajduje się w zasadzie całych komórek. Pod wpływem fermentów trawiennych biologicznie związany azot zostaje zmieniony w materiały humusowe o charakterze kwasów huminowych. Następuje także tworzenie się próchnicy z węglowodanów, z celulozy (Kononowa, 17) oraz z ligniny, w warunkach normalnych odpornej na te procesy (Franz, 7, 8). W kale roztoczy następuje w porównaniu z pobieranym pokarmem znaczne zwiększenie ilości substancji nie rozpuszczalnych w bromku acetylu (Franz, 9).

Wnioski końcowe

Roztocze stanowią w faunie glebowej szczególnie liczną i ważną grupę, mającą zasadniczy wpływ na procesy zachodzące w glebie. Liczebność ich waha się znacznie w zależności od jej rodzaju i struktury fizyko-chemicznej, warunków klimatycznych, pory roku, a także od rodzaju przeprowadzanych zabiegów uprawowych. Ilość roztoczy, zwłaszcza z grupy *Sarcoptiformes*, jest wskaźnikiem żyzności gleby. Trucizny chemiczne stosowane do gleby redukują w znacznym stopniu populację tych zwierząt.

Roztocze glebowe, wskutek dużej ruchliwości i szybkiej przemiany materii, rozprowadzają i mieszają części mineralne z organicznymi. W ich organach trawiennych istnieją specjalnie dogodne warunki dla tworzenia próchnicy, a zwłaszcza kwasów huminowych odgrywających decydującą rolę przy wytwarzaniu się strukturalnych agregatów glebowych.

Szczególnie aktywne w sensie tworzenia próchnicy są roztocze z rodziny *Oribatidae* oraz grupy *Tyroglyphoidea* i tworzą one wysoko wartościowy humus.

LITERATURA

1. Baring H. H. 1956: Die Milbenfauna eines Ackerbodens und ihre Beeinflussung durch Pflanzenschutzmittel. I. Ökologische Betrachtungen über die Milbenfauna des Bodens im Leinetal. Z. angew. Entom., 39 (4): 410—444.
2. Baring H. H. 1957: Die Milbenfauna eines Ackerbodens und ihre Beeinflussung durch Pflanzenschutzmittel. II. Der Einfluss von Pflanzenschutzmitteln. Z. angew. Entom., 41(1): 17—51.
3. Belfield W. 1956: The Arthropoda of the soil in a west African pasture. J. anim. Ecol., 25(2): 275—289.
4. Brauns A. 1955: Applied soil biology and plant protection. Soil Zoology (Proc. Univ. Nottingham): 231—240.

5. Edwards C. A. T. 1955: Simple techniques for rearing, *Collembola*, *Symphyla* and other small — soil inhabiting *Arthropods*. Soil Zoology (Proc. Univ. Nottingham): 412—416.
6. Eglitis W. K. 1954: Fauna poczw Łatwijskoj SSR — Riga.
7. Franz H. 1943: Bildung von Humus aus pflanzlichem Bestandsabfall und Wirtschaftsdünger durch Kleintiere. Bodenk. Pflanzenern., 32(77): 336—351.
8. Franz H. 1951: Über die Bedeutung terricoler Kleintiere für den Stickstoff- und Humushaushalt des Bodens. Z. Pflanzenern. Düng. Bodenkunde, 55(1): 44—52.
9. Franz H., Leitenberger L. 1946: Biologisch-chemische Untersuchungen über Humusbildung durch Bodentiere. Österr. Zool. Z., 1(5): 498—518.
10. Haarlov Niels 1955: Vertical distribution of mites and *Collembola* in relation to soil structure. Soil Zoology (Proc. Univ. Nottingham): 167—179.
11. Haarlov Niels 1955: A modified Tullgren apparatus. Soil Zoology (Proc. Univ. Nottingham): 333—337.
12. Heydecker W. 1955: Production of controlled atmospheres in the soil. Soil Zoology (Proc. Univ. Nottingham): 445—8.
13. Howel J. F., Allred D. M., Beck D. E. 1957: Seasonal population fluctuations of mites in desert wood rat nests in central Utah. Ecology, 38(1): 82—88.
14. Hughes T. E. 1943: The respiration of *Tyroglyphus farinae* L. J. exper. Biol., 20(1): 1—5.
15. Jahn E. 1950: Bodentieruntersuchungen in den Flugsandgebieten des Marchfeldes. Z. angew. Entom., 32(2): 208—274.
16. Keller H. 1951: Über die Wirkung einer Bodenbegiftungsmittels DDT und Hexa-Mitteln auf Kleinarthropoden insbesondere *Colembolen*. Naturwissenschaften, 38(20): 480—481.
17. Kononowa M. 1951: Problema poczwiennogo gumusa i sowremiennyje zadaczije izuczenija. Moskwa.
18. Krüger W. 1952: Einfluss der Bodenbearbeitung auf die Tierwelt der Felder. Z. Acker-Pflbau, 95(2): 261—302.
19. Kubiena W. L. 1955: Animal activity in soils as a decisive factor in establishment of humus forms. Soil Zoology (Proc. Univ. Nottingham): 73—83.
20. Kühnelt W. 1955: A preliminary note on sampling for soil animals. Soil Zoology (Proc. Univ. Nottingham): 313—314.
21. MacFadyen A. 1955: A comparison of methods for extracting soil arthropods. Soil Zoology (Proc. Univ. Nottingham): 315—332.
22. Murphy P. W. 1955: Ecology of the fauna of forest soils. Soil Zoology (Proc. Univ. Nottingham): 99—124.
23. Murphy P. W. 1955: Note on processes used in sampling, extraction and assesment of the meiofauna of heathland. Soil Zoology (Proc. Univ. Nottingham): 338—340.
24. Raw F. 1955: A flotation extraction process for soil microarthropods. Soil Zoology (Proc. Univ. Nottingham): 341—346.
25. Richter G. 1953: Die Auswirkung von Insecticiden auf die terricole Macrofauna. Nachrbl. f. d. D. Pflschutzd., 7(4): 61—67.
26. Salt G. 1952: The *Arthropod* population of the soil in some east African pastures. Bull. ent. Res., 43(2): 203—220.
27. Sheals J. G. 1955: The effect of DDT and BHC on soil *Collembola* and *Acarina*. Soil Zoology (Proc. Univ. Nottingham): 241—252.

28. Sheals J. G. 1956: Soil population studies. I. The effects of cultivation and treatment with insecticides. Bull. ent. Res., 47(4): 803—822.
29. Sheals J. G. 1956: Notes on a collection of soil Acari. Entomol. Monthly Mag., 92(196): 99—103.
30. Sheals J. G. 1957: The *Collembola* and *Acarina* of cultivated soil. J. anim. Ecol., 26(1): 125—135.
31. Strickland A. H. 1945: A survey of the arthropod soil and litter fauna of some forest reserves and cacao estates in Trinidad, British West Indies. J. anim. Ecol., 14(1): 1—11.
32. Thiele H. U. 1956: Die Tiergesellschaften der Bodenstreu in den verschiedenen Waldtypen des Niederbergischen Landes. Z. angew. Ent., 39(3): 316—367.
33. Tischler W. 1955: Influence of soil types on the epigeic fauna of agricultural land. Soil Zoology (Proc. Univ. Nottingham): 125—137.
34. Tischler W. 1955: Effect of agricultural practice on the soil fauna. Soil Zoology (Proc. Univ. Nottingham): 215—230.
35. Volz P. 1934/35: Untersuchungen über Microschichtung der Fauna von Waldböden. Zool. Jb., 66(3): 153—210.
36. Waksman S. H. 1936: Humus. New York.