Uniwersytet Technologiczno-Przyrodniczy
im. J. i J. Śniadeckich w Bydgoszczy
Wydział Hodowli i Biologii Zwierząt

Wpływ nawożenia obornikiem świńskim i kozim na akarofaunę łąki

Hanna Szczukowska

Pracę doktorską wykonano
w Zakładzie Ekologii
pod kierunkiem
dr hab. Anny Seniczak, prof. nadzw. UTP

Bydgoszcz 2015

SPIS TREŚCI

1. WSTĘP 4

2. CEL BADAŃ I HIPOTEZY BADAWCZE 10

3. PRZEGLĄD LITERATURY 11

4. OPIS TERENU BADAŃ 23

4.1. POŁOŻENIE 23

4.2. KLIMAT I WARUNKI EKOFIZJOGRAFICZNE 25

4.3. WARUNKI GLEBOWE 26

5. MATERIAŁ I METODY 28

6. WYNIKI 36

6.1. SKŁAD CHEMICZNY OBORNIKA ŚWIŃSKIEGO I KOZIEGO 36

6.2. WPŁYW OBORNIKA NA PLONOWANIE, WYDAJNOŚĆ I WARTOŚĆ POKARMOWĄ ZIELONKI 36

6.3. WPŁYW OBORNIKA NA ROŚLINNOŚĆ ŁĄKI 38

6.4. WPŁYW OBORNIKA NA GLEBĘ 40

6.5. ANALIZA ROZTOCZY 41

6.5.1. Liczebność 41

6.5.2. Rozmieszczenie pionowe 43

6.5.3. Sezonowa dynamika 45

6.6. ANALIZA GATUNKOWA MECHOWCÓW 47

6.6.1. Skład gatunkowy 47

6.6.2. Liczebność 47

6.6.3. Struktura dominacji 49

6.6.4. Struktura wiekowa 52

6.6.5. Rozmieszczenie pionowe 56

6.6.6. Analiza zgrupowań mechowców 59

6.6.7. Sezonowa dynamika mechowców 63

6.6.8. Charakterystyka wybranych gatunków 65
6.6.8.1. *Platynothrus peltifer* (C.L. Koch, 1839)..... 65
6.6.8.2. *Nanhermannia nana* (Nicolet, 1855)..... 65
6.6.8.3. *Damaeus onustus* C.L. Koch, 1841 70
6.6.8.4. *Metabelba pulverosa* Strenzke, 1953 72
6.6.8.5. *Pantelozetes paolii* (Oudemans, 1913)..... 75
6.6.8.6. *Eupelops occultus* (C.L. Koch, 1835)..... 78
6.6.8.7. *Achipteria coleoptrata* (Linnaeus, 1758)..... 80
6.6.8.8. *Galumna obvia* (Berlese, 1914)..... 81
6.6.8.9. *Trichoribates novus* (Sellnick, 1928) 86
6.6.8.10. *Liebstadia similis* (Michael, 1888)..... 88
6.6.8.11. *Scheloribates laevigatus* (C.L. Koch, 1835)..... 91
7. DYSKUSJA..... 95
8. WNIOSKI 105
9. LITERATURA 107

1. WSTĘP

Trwałe użytki zielone, czyli łąki i pastwiska, zajmują na świecie 2/3 wszystkich obszarów użytkowanych rolniczo, co stanowi ponad 3,2 miliarda hektarów. W Polsce użytki zielone zajmują ponad 13% powierzchni kraju (ponad 4 mln ha), co stanowi powyżej 1/5 wszystkich użytków rolnych. Spośród wszystkich trwałych użytków zielonych na terenie Polski, 62% ich powierzchni stanowią łąki, a jedynie pozostałe 38% to pastwiska. Rozmieszczenie trwałych użytków zielonych na terenie całego kraju jest bardzo nierównomierne, najwięcej łąk i pastwisk spotyka się na obszarach charakteryzujących się wysokimi opadami atmosferycznymi i położonych w dolinach rzek (Rogalski, 2004). Według Danych Urzędu Statystycznego w Bydgoszczy (2013) w województwie kujawsko-pomorskim trwałe użytki zielone zajmują powierzchnię 116 957 ha, z czego łąki stanowią ponad 74%.

Istnieje wiele podziałów użytków zielonych, ze względu na różne kryteria ich klasyfikacji. Po pierwsze, ze względu na sposób, w jaki jest użytkowana ruń, użytki zielone dzieli się na pastwiska, gdzie ruń spasa się zwierzętami oraz łąki, których ruń jest użytkowana kośnie. Użytki zielone dzieli się także na trwałe oraz przemienne. Trwałe użytki to zbiorowiska roślin, które nawet jeżeli powstały poprzez siew nasion, to po czasie udało im się w znacznym stopniu zneutralizować, przede wszystkim przez przystosowanie składu gatunkowego roślinności do panujących warunków siedliska. W łąkarstwie przemienne użytki zielone to takie łąki i pastwiska, które zakłada się na stosunkowo krótki okres czasu. Zwykle po rocznym lub 2-3-letnim użytkowaniu mieszanki koniczynowo-trawiastej, uprawia się na użytkach przemiennych przez 2-3 lata ziemniaki, rośliny przemysłowe, żyto itp. Łąki dzieli się także ze względu na sposób użytkowania, na łąki użytkowane ekstensywnie oraz intensywnie (Moraczewski, 1986; Doboszyński i in., 1988; Dreyer, 1995).

Na całym świecie ogromne znaczenie ma uprawa użytków zielonych, a także ekologia i fizjologia zbiorowisk roślinnych na łąkach i pastwiskach (Davies, 1967). Łąki i pastwiska pełnią szereg ról w przyrodzie i są ważne z wielu powodów dla człowieka. Posiadają wyjątkową wartość ekologiczną, poprzez zachowanie różnorodności biologicznej i ochronę środowiska naturalnego. Stanowią także miejsca do rekreacji i wypoczynku, o wyjątkowych walorach krajobrazowych. Jednak, do najistotniejszych celów, dla jakich wykorzystuje się użytki zielone należy produkcja pasz, które powinny mieć odpowiednią wartość pokarmową i jak najlepsze walory smakowe dla zwierząt. Wielkość plonu oraz jego jakość zależą od różnych czynników, zarówno biologicznych, siedliskowych, klimatycznych, ale także od antropogenicznych, a w szczególności od nawożenia. Proces nawożenia użytków zielonych ma na celu przede wszystkim uzupełnienie w glebie niedoborów składników mineralnych przyswajalnych dla roślin. Jednakże, drogie nawożenie mineralne użytków zielonych znacznie obciąża ekonomicznie proces produkcyjny paszy, a stosowane w nadmiernych ilościach nawozy mineralne oddziałują szkodliwie

na środowisko naturalne. Z tego względu doskonałym rozwiązaniem wydaje się stosowanie nawozów naturalnych – m.in. gnojowicy i obornika. Dodatkowo nawozy te zalicza się do najbardziej wszechstronnych pod względem składu chemicznego (Rogalski, 2004).

Nawożenie trwałych użytków zielonych różni się zasadniczo od nawożenia gruntów ornych. Na trwałych użytkach zielonych nawozy nie tylko przyczyniają się do wzrostu masy roślinnej, ale także wpływają na skład chemiczny roślin oraz zmieniają skład botaniczny runi. Roślinność, która wchodzi w skład zespołów roślinnych łąk czy pastwisk dzieli się na trzy zasadnicze grupy, różniące się reakcją na nawożenie. Do grupy pierwszej należą trawy, które zalicza się do roślin pobierających azot i potas w dużych ilościach. Drugą grupę stanowią rośliny motylkowe, które pobierają znaczne ilości potasu i fosforu, a także mają zdolność asymilacji azotu. Warto podkreślić, że rośliny motylkowe mają silnie rozwinięte systemy korzeniowe, dzięki czemu znoszą lepiej, aniżeli trawy, niedobór wody. W związku z tym, na bardziej suchej łące, kiedy zawartość potasu i fosforu w glebie jest wysoka, rośliny motylkowe konkurują z trawami. Do trzeciej grupy roślin zalicza się zioła, które pobierają wszystkie składniki pokarmowe, w różnych ilościach, w zależności od gatunku. Niektóre gatunki ziół, które mają niską wartość pokarmową i hamują rozwój innych, bardziej wartościowych gatunków, uznaje się za chwasty łąkowe. Na użytkach zielonych zwykle występują wielogatunkowe zespoły roślinne, stąd rodzaj nawozu i termin nawożenia nie wpływa w równomierny sposób na rozwój wszystkich gatunków roślin. Dlatego, w zespołach roślinnych łąk i pastwisk właściwie wszystkie składniki pokarmowe, w tym te których nie można stosować pod roślinność w uprawach polowych, są prawie zawsze przydatne. Według praktyki rolniczej, najlepiej jednak nawozić łąki obornikiem późną jesienią lub wczesną wiosną, w pochmurne, mżyste dni. Woda w postaci słabego deszczu, mgły czy rosy, ułatwi przechodzenie cennych składników do głębszych poziomów gleby, a zachmurzenie ochroni nawóz przed nadmiernym ogrzaniem i wyparowaniem jego wartościowych składników. Najwłaściwsze jest nawożenie obornikiem drobnym, dobrze i równomiernie rozłożonym, wówczas są najmniejsze straty oraz lepsze wykorzystanie przez rośliny. Obornik w takiej formie lepiej też chroni roślinność przed gwałtownymi zmianami temperaturowymi w okresie wiosennym i jesiennym (Zarzycki i Burczyk, 1972; Doboszyński, 1996; Wesołowski, 2008).

Według Ustawy o nawozach i nawożeniu z 2007 roku (Dz. U. z 2007 r. Nr 147, poz. 1033), nawozy to produkty, które są przeznaczone do dostarczania roślinom składników pokarmowych albo zwiększania żyzności gleb lub stawów rybnych i dzielą się na nawozy mineralne, organiczne, organiczno-mineralne i naturalne. Nawozy mineralne to nawozy nieorganiczne, które produkowane są w drodze przemian chemicznych, fizycznych bądź przerobu surowców mineralnych. Nawozami organicznymi nazywa się nawozy wyprodukowane z substancji organicznej albo z mieszanin substancji organicznych, do których zalicza się komposty (w tym komposty z wykorzystaniem dżdżownic).

Mieszaniny nawozów organicznych i mineralnych, to nawozy organiczno-mineralne. Nawozy naturalne, według ustawy to obornik, gnojówka, gnojowica, nawozy pochodzące od zwierząt gospodarskich, z wyjątkiem odchodów pszczół oraz guano, przeznaczone do rolniczego wykorzystania.

Nawozy naturalne, nazywane także nawozami gospodarskimi, dzielą się na dwie zasadnicze grupy: nawozy stałe (obornik, okrywy i nawóz owczy) oraz nawozy płynne (gnojowica i gnojówka). Działanie nawozów gospodarskich stałych jest wielokierunkowe, ponieważ nawozy te są bogate we wszystkie składniki pokarmowe, łącznie z mikroelementami, a ponadto chronią darń i wpływają pozytywnie na właściwości fizyczne i biologiczne gleby. Nawozy naturalne działają w dwójnasób, mianowicie tak jak nawozy mineralne, poprzez zawarte w nich substancje pokarmowe oraz dodatkowo poprzez tzw. substancje specjalne. W szczególności obornik bogaty jest w substancje specjalne, do których należą hormony wzrostu, organiczne koloidy, enzymy oraz inne czynne związki. Ponadto, nawożenie nawozami naturalnymi zwiększa ilość substancji organicznej w glebie, poprawia strukturę glebową poprzez zawarte w nich enzymy i mikroorganizmy (wzrasta np. liczba pożytecznych bakterii) oraz stymuluje rozwój, krzewienie i chroni rośliny (Falkowski, 1983; Moraczewski, 1986; Jankowska-Huflejt i Zastawny, 2004; Wesołowski, 2008).

W Ustawie o nawozach i nawożeniu z 2007 roku (Dz. U. z 2007 r. Nr 147, poz. 1033) określona jest dawka azotu (N) zawartego w stosowanych nawozach, która nie może przekraczać 170 kg w czystym składniku na 1 ha użytków rolnych. Według Kodeksu Dobrej Praktyki Rolniczej (2004) roczna dawka obornika nie może przekraczać 40 $t \cdot ha^{-1}$ (co odpowiada średnio 170 kg $N \cdot ha^{-1}$). Dawki nawozów naturalnych powinny być ustalane według zawartego w nich azotu działającego. Oddziaływanie nawozowe azotu działającego zawartego w nawozach naturalnych jest takie samo, jak azotu zawartego w nawozach mineralnych. W Dyrektywie Rady Unii Europejskiej z dnia 12 grudnia 1991 roku (91/676/EWG) dotyczącej ochrony wód przed zanieczyszczeniami azotanowymi pochodzenia rolniczego, znajduje się zapis, iż pomimo, że stosowanie nawozów, które zawierają azot oraz oborników jest niezbędne dla sektora rolnictwa Unii Europejskiej, to stosowanie nawozów w sposób nadmierny niesie ze sobą ryzyko dla środowiska naturalnego.

Przy stosowaniu nawożenia należy również brać pod uwagę, jak stosowane nawozy oddziałują na faunę glebową, w tym na roztocze (Acari). Roztocze są grupą zwierząt charakteryzującą się ogromną rozmaitością przystosowań i zajmującą najróżniejsze środowiska. Nazwa „Acari" pochodzi ze starożytności i oznacza z greckiego *a-kari* – bez głowy bądź *akares* – mały, krótki. Pod względem systematycznym roztocze należą do gromady pajęczaków (Arachnida), typu stawonogów (Arthropoda) i podtypu szczękoczułkowców (Chelicerata) (Błaszak, 2013). Sama grupa roztoczy (Acari, też Acarina, Acarida) różnie jest klasyfikowana, Lindquist i in. (2009) określili ją jako podgromadę.

Wśród roztoczy występuje wiele gatunków szkodliwych dla człowieka,

zwierząt czy roślin. Wyróżnia się kilka rodzajów szkodliwości, jakie powodują przedstawiciele tych pajęczaków. Pierwszą szkodliwością jest powszechne endo- i ektopasożytnictwo roztoczy wobec człowieka i zwierząt domowych. Występują roztocze pasożytujące na skórze, w skórze, w układzie oddechowym, krwi, limfie i narządach wewnętrznych. Wiele spośród pasożytujących roztoczy dodatkowo przenosi patogeny będące przyczyną chorób człowieka i zwierząt. Do najgroźniejszych zalicza się kleszcze, przenoszące śmiertelne odkleszczowe zapalenie opon mózgowych, boreliozę i wiele innych groźnych wektorów chorobowych. Popularnymi pasożytami należącymi do roztoczy są na przykład świerzbowce. Niektóre roztocze, na przykład wiele gatunków mechowców (Oribatida) i roztocze kurzu domowego *Glycyphagus domesticus* (De Geer, 1778) są też żywicielami pośrednimi pasożytniczych robaków. Część roztoczy to także groźne szkodniki roślin, odżywiające się żywymi, martwymi albo rozkładającymi się roślinami. Roztocze powodują dwa typy uszkodzeń roślin – zjadają tkankę roślinną, uszkadzając ją, oraz przyczyniają się do powstawania galasów (wyrośli) na roślinach. Ponadto, niektóre gatunki roztoczy przenoszą patogeny roślin (mikoplazmy, grzyby, bakterie, wirusy). Roztocze są też przyczyną poważnych szkód w magazynowanych produktach spożywczych, odżywiając się tymi produktami i zanieczyszczając je swoimi odchodami, wylinkami i zwłokami, a także przyczyniają się w znacznym stopniu do zawilgocenia i zagrzania produktów spożywczych, co z kolei powoduje proces pleśnienia, a tym samym zatrucia pokarmowe i schorzenia układu pokarmowego u ludzi i zwierząt, po zjedzeniu takich produktów (Boczek, 1966, 1980; Denegri, 1993).

Jednak wśród roztoczy występują także pożyteczne gatunki. Na przykład roztocze z rodziny dobroczynkowatych (Phytoseiidae) odżywiają się szkodliwymi przędziorkowatymi (Tetranychidae), szpecielami (Eriophyoidea) i różnopazurkowcami (Tarsonemidae). Roztocze z rodziny Pyemotidae żywią się jajami korników, bądź pasożytują na ich larwach i formach dorosłych, przyczyniając się do walki z tymi szkodliwymi owadami. Niektóre roślinożerne gatunki roztoczy pomagają człowiekowi w walce biologicznej z chwastami. Z kolei, roztocze glebowe, odżywiające się grzybami przykorzeniowymi roślin, są ważnymi sprzymierzeńcami roślin, gdyż grzyby przykorzeniowe ograniczają zjawisko mikoryzy i tym samym hamują wzrost roślin (Boczek, 1966, 1980).

Roztocze powszechnie występują w glebie, przede wszystkim w warstwie humusu i należą do bardzo licznych przedstawicieli glebowej mezofauny. W lesie w warstwie gleby o grubości 10 cm i powierzchni 1 m^2 może występować nawet milion osobników roztoczy (Rajski, 1961). Akarofauna ekosystemów łąkowych jest zdecydowanie uboższa niż w ekosystemach leśnych, przede wszystkim na skutek braku wyraźnego poziomu fermentacyjnego i humusowego w glebie. Jednakże, i tak na łąkach występuje na 1 m^2 od kilkunastu tysięcy roztoczy, aż do liczebności przekraczającej 100 000 osobników. Należy podkreślić, że roztocze glebowe zamieszkują wiele warstw gleby, zarówno powierzchniową ściółkę, humus, jak i poziom

mineralny, osiągając średnią głębokość do kilkunastu centymetrów, a nieliczne występują nawet na głębokości 3 m w warstwie mineralnej gleby (Boczek i Błaszak, 2005). Roztocze cechuje skupiskowe rozmieszczenie w środowisku glebowym, zarówno w poziomie, jak i w pionie. Jednak zdecydowana większość roztoczy zamieszkuje w strefie epiedaficznej (powierzchniowej) gleby, a w kolejnych warstwach spotyka się nie tylko ich mniejszą liczebność, ale także specyficzne gatunki. Znając gatunki roztoczy można określić warstwę gleby, z której pochodzi próba glebowa (Niedbała, 1980).

Roztocze odgrywają niezwykle istotną rolę w glebie, gdyż w ich przewodach pokarmowych występują wyjątkowo korzystne warunki do procesu tworzenia cennych kwasów huminowych, które tworzą gruzełkowatą strukturę gleby. Ponadto, roztocze żyjące w glebie reprezentują właściwie wszystkie typy fagiczne: formy drapieżne, roślinożerne, grzybożerne, bakteriożerne, wszystkożerne, a także roztocze odżywiające się martwą materią organiczną (detrytusem) (Niedbała, 1980). Również zasiedlają i odżywiają się odchodami czy padliną, które znajdują się w glebie. Drapieżne roztocze (głównie należące do Mesostigmata i Prostigmata) żywią się przede wszystkim nicieniami, skoczogonkami, innymi roztoczami, jajami roztoczy, jajami, larwami i poczwarkami drobnych owadów, wazonkowcami, a także spotyka się gatunki, które są kanibalami. Poprzez fakt, że roztocze żywią się nicieniami występującymi w glebie (np. roztocze należące do rodziny Rhodacaridae to nicieniożercy), redukują populacje niektórych gatunków, które są szkodnikami roślin. Wyjątkowo ważną rolę odgrywają gatunki roztoczy będące saprofagami, czyli odżywiające się detrytusem, ponieważ rozdrabniają martwy materiał roślinny i w ten sposób przygotowują substancję organiczną dla grzybów i mikroorganizmów. Mikrofitofagi (gatunki z rodzin Anoetidae i Tarsonemidae oraz wiele gatunków mechowców) żywią się bardzo drobnymi cząstkami roślinnymi, a także bakteriami i glonami. Z kolei, makrofitofagi żywią się większymi cząstkami roślinnymi, przyczyniając się do procesu wstępnego rozdrabniania opadłych części roślin. Do grupy makrofitofagów należy wiele gatunków roztoczy odżywiających się tylko drewnem (tzw. ksylofagi), czy wyłącznie liśćmi (fyllofagi). Należy do nich również wiele gatunków z Astigmata, Prostigmata i mechowców, między innymi te z rodzajów *Mesoplophora, Hermannia, Scheloribates* etc. Saprofagiczne gatunki roztoczy mają ogromne znaczenie w biologii gleby, przerabiając opadły materiał organiczny. Saprofagi posiadają charakterystyczne chelicery, które zaopatrzone są w tępe zęby, ułatwiające rozcieranie pokarmu. Szczególnie istotne w glebie są pionowe migracje roztoczy, ponieważ przyczyniają się do przenoszenia materii organicznej, nieorganicznej, grzybów i bakterii między poszczególne warstwy glebowe. Zachodzi zwiększanie ilości materii organicznej w warstwie mineralnej gleby, w której występują korzenie roślinne, ma miejsce proces przewietrzania gleby i wreszcie zachodzą korzystne zmiany wilgotności (Boczek, 1966, 1980; Boczek i Błaszak, 2005).

Mechowce są niewielkimi roztoczami (100 μm – 1 mm) i charakteryzują się ogromnym zróżnicowaniem pod względem ekologicznym oraz morfologicznym. Od 1758 roku na świecie opisano prawie 10 000 gatunków mechowców, z czego w Europie wykazano ponad 1/3, a w Polsce blisko 1/10 wszystkich gatunków (Olszanowski i in., 1996; Niedbała i Olszanowski, 2008). Roztocze te stanowią najliczniejszą grupę roztoczy glebowych i w największym stopniu przerabiają martwą materię organiczną w glebie. Oribatida mogą zjeść w ciągu dwóch tygodni pokarm równy masie swojego ciała i szacuje się, że zajmują drugie – trzecie miejsce spośród wszystkich zwierząt naziemnych pod względem biomasy i energii metabolizmu. Oprócz tego, że mechowce przygotowują materię organiczną dla następnych ogniw łańcucha pokarmowego, przyczyniają się także do prawidłowego obiegu składników mineralnych w środowisku glebowym. Przenoszą też mikroorganizmy na powierzchni swojego ciała oraz w kale. Są także istotnym ogniwem w procesie przepływu energii przechodzącej przez zwierzęta glebowe (około dwuprocentowy strumień energii) (Krivolutsky, 1976; Niedbała, 1980; Olszanowski i in., 1996; Walter i Proctor, 1999).

Oribatida stanowią również poważne zagrożenie tasiemczycą, szczególnie dla zwierząt gospodarskich przebywających na łąkach i pastwiskach. Stwierdzono, że aż kilkadziesiąt gatunków mechowców należy do żywicieli pośrednich tasiemców, przede wszystkim z grupy Anoplocephalata (Niedbała, 1980), stąd niezwykle istotne jest prowadzenie dokładnych badań na trwałych użytkach zielonych nad stosowaniem zabiegów agrotechnicznych, takich jak na przykład nawożenie. Uzyskane wyniki takich doświadczeń mogą być wykorzystane w przyszłości nie tylko do określenia optymalnej dawki nawozu dla celów rolniczych, ale również mogą pomóc w opracowaniu skutecznej metody zapobiegania rozprzestrzenianiu się tasiemczycy wśród zwierząt gospodarskich.

Pomimo powszechnego przekonania o plonotwórczym działaniu obornika, wyniki badań na łąkach wykazują spore różnice. Na przykład według Wesołowskiego i Łyducha (1963) obornik wpływa korzystnie na plonowanie, gdy jego dawka wynosi 10 $t \cdot ha^{-1}$, zaś wyższe dawki, 20 $t \cdot ha^{-1}$ i 30 $t \cdot ha^{-1}$, nie powodują znaczącego przyrostu plonu. Z kolei np. według Ciurusia (1960) to właśnie dawka 20 $t \cdot ha^{-1}$ przyczynia się do wzrostu plonu. Na pewno istotne znaczenie ma rodzaj obornika, co niestety nie zawsze jest w publikacjach podawane, jak również rodzaj nawożonej łąki oraz warunki nawożenia. Podobnie wiele wątpliwości budzi wpływ nawożenia na faunę glebową; są zarówno badania mówiące o negatywnym (Nakamura, 1976; Graczyk, 2010; Wasińska-Graczyk, 2010; Kaszyński, 2015), jak i pozytywnym (np. Purvis i Curry, 1984; Zabrocka i in., 2006) oddziaływaniu nawożenia na faunę glebową. Większość z dotychczasowych badań dotyczyła wpływu nawozów płynnych na faunę glebową, w tym roztocze, a tylko nieliczne prace dotyczyły wpływu obornika, i nie badano dotychczas oddziaływania obornika koziego na faunę glebową. Zachęciło mnie to do przeprowadzenia niniejszych badań.

2. CEL BADAŃ I HIPOTEZY BADAWCZE

Przeprowadzone doświadczenie miało na celu określenie wpływu nawożenia trwałej łąki obornikiem świńskim i kozim w 3 różnych dawkach (80, 140 i 200 kg $N \cdot ha^{-1}$) na akarofaunę glebową. Zbadano wpływ nawożenia na liczebność, pionowe rozmieszczenie i sezonową dynamikę grup roztoczy oraz na liczebność, stałość występowania, skład gatunkowy, strukturę dominacji, sezonową dynamikę, pionowe rozmieszczenie i strukturę wiekową mechowców, ze względu na ich kluczową rolę w glebie. Ponieważ roztocze glebowe są ściśle zależne od jakości środowiska, zbadano także wpływ zastosowanych nawozów na glebę i roślinność łąki. Testowane na roztoczach nawozy i ich różne dawki, oceniono również z punktu widzenia zootechniki, badając skład nawozów i ich oddziaływanie na plonowanie, wydajność i wartość pokarmową zielonki.

W pracy postawiono następujące hipotezy badawcze:

1. Wysokie dawki obornika wpływają negatywnie na roślinność łąkową oraz ilość i jakość plonu.

2. Nawożenie obornikiem świńskim i kozim wpływa na akarofaunę glebową łąk, zależnie od rodzaju i dawki nawozu.

3. PRZEGLĄD LITERATURY

Według Kalinowskiej (1993) nieprawidłowe nawożenie bądź nadmierne stosowanie nawozów sztucznych, jest jednym z głównych zagrożeń pochodzących z sektora rolnictwa dla środowiska naturalnego. To właśnie rolnictwo ponosi odpowiedzialność za ponad połowę zanieczyszczeń, które spływają rzekami do Morza Bałtyckiego (gnojowica, która spływa bezpośrednio do wód, pozostałości nawozów, pestycydy itd.). Największy problem stanowi brak skrupulatnego przestrzegania dawek oraz terminu stosowania poszczególnych nawozów, a także złe ich przechowywanie. Zarówno w Polsce, jak i na całym świecie, problem stanowi również ogromny wzrost zużycia nawozów sztucznych w drugiej połowie XX wieku. Od lat 60. do 90. XX wieku stosowanie nawozów sztucznych na świecie zwiększyło się aż 100-krotnie. Zmiany te sprawiają, że coraz częściej powraca się do bezpieczniejszych, tańszych i mniej groźnych dla środowiska nawozów naturalnych.

Stosowanie obornika na użytki zielone było praktykowane od zawsze, a obornik uważano za wartościowy nawóz, który wpływa dodatnio na żyzność gleby na łąkach. Już Niklewski (1936) pisał, że gnój, czyli obornik należy do podstawowych nawozów ziem polskich, obok kompostów i nawozów zielonych. Według tego autora, poprzez odpowiednie stosowanie obornika, pochodzącego zaledwie od 10 sztuk bydła, można zebrać co roku plony większe o 10 t w przypadku ziemniaków, o 0,57 t ziarna, czy wreszcie o 1 t więcej słomy żyta. Obornik, podobnie jak inne nawozy naturalne, został powszechniej stosowany do nawożenia użytków zielonych po roku 1989. Zjawisko to spowodowane było zarówno przemianą ustroju w Polsce, jak i przemianą gospodarki w system rynkowy, co poskutkowało znacznym podwyższeniem cen nawozów mineralnych. Ponadto, na początku lat dziewięćdziesiątych nastąpił znaczny spadek ogólnego zysku rolniczego, co również w konsekwencji doprowadziło do częstszego stosowania w gospodarstwach nawozów naturalnych, szczególnie obornika, zamiast droższych nawozów mineralnych (Tomaszewski, 1969; Doboszyński i in., 1988; Wesołowski, 2008). Jankowska-Huflejt (2008) stwierdziła, że obornik działa nawozowo przez 2-3 lata (następcze działanie), z tym, że uwalnianie azotu nie jest równomierne przez cały ten okres. Szacuje się, że przez pierwszy rok po nawożeniu wykorzystane zostaje około 40-50% obornika, przez drugi rok jest to 30-35%, a przez trzeci rok 10-15%.

Według Jankowskiej-Huflejt (2008) obornik, zarówno w formie przefermentowanej, jak i kompostowanej nadaje się najlepiej ze wszystkich nawozów gospodarskich do stosowania na trwałe użytki zielone. Obornik chroni glebę, odżywia, reguluje stosunki wodne, a także spełnia funkcję ochronną dla roślin przed mrozem i suszą. Ponadto, nawożenie trwałych użytków zielonych obornikiem wydłuża okres wegetacyjny roślin, wpływa pozytywnie na zadarnienie, spowalnia niekorzystny proces zakwaszania gleb oraz zwiększa występowanie cennych roślin motylkowych i traw, co znacząco

poprawia wartość paszy (Jankowska-Huflejt, 2008). Rośliny motylkowe biorą znaczny udział w dostarczaniu do gleby związków azotowych, asymilując przy pomocy symbiotycznych bakterii brodawkowych azot atmosferyczny. Obornik stosowany na łąkach wpływa korzystnie na masę roślin, zarówno nadziemną, jak i masę korzeni, dostarczając roślinom mikro- i makroelementów, niezbędnych dla prawidłowego rozwoju i wzrostu. W takich warunkach trawy są pobudzane do intensywnego krzewienia, a to z kolei umożliwia sprawniejsze zamykanie uszkodzeń darni. Według Rogalskiego (2004) obornik może przyspieszyć odrost roślinności wiosną o 7-10 dni, co przedłuża okres wegetacji tych roślin w okresie jesiennym. Stosowanie obornika wpływa pozytywnie na aktywność mikroflory oraz pożytecznej fauny glebowej, dzięki czemu szybciej ma miejsce uwalnianie składników pokarmowych w formach przystępnych dla roślin, ze związków uprzednio trudno dostępnych. Nawożenie obornikiem poprawia ruń łąkową poprzez zwiększenie stabilności składu botanicznego. Regularne nawożenie obornikiem doskonale oddziałuje również na glebę, poprawiając jej właściwości fizyczne, chemiczne oraz biologiczne. Warto pamiętać, że obornik korzystnie wpływa na plon, zarówno w następnym roku po nawożeniu, jak i w kolejnych latach użytkowania. Stosowanie dobrze rozłożonego obornika i kompostów zwiększa liczebność pożytecznych zwierząt glebowych (np. dżdżownic) oraz poprawia aktywność biologiczną nawożonej gleby. Natomiast nawożenie w nadmiernych dawkach nawozami mineralnymi czy gnojowicą działa negatywnie na zwierzęta glebowe i aktywność biologiczną gleby, gdyż nawozy te zawierają azot w formie amonowej (Russel, 1974; Rogalski, 2004; Wesołowski, 2008).

Jak pisze Wesołowski (2008) obornik, który jest jednym z najstarszych znanych nawozów stosowanych na grunty orne oraz trwałe użytki zielone, to nic innego jak mieszanina ściółki oraz stałych i płynnych odchodów zwierzęcych. Wartość obornika jako nawozu uzależniona jest od gatunku zwierząt, ich wieku, sposobu żywienia, stanu fizjologicznego, ilości stosowanej ściółki, jak również od tego, jak długo i jaki sposób nawóz był przechowywany. Jeżeli zwierzęta, od których pochodzi obornik skarmiane są intensywnie paszą z dużą zawartością białka oraz paszami treściwymi, z niewielkim dodatkiem włókna surowego, wówczas obornik zawiera za dużo azotu, ma zbyt płynną konsystencję i nie rozkłada się właściwie (Kodeks Dobrej Praktyki Rolniczej, 2004; Jankowska-Huflejt, 2008). Niezwykle istotna jest także odpowiednia ściółka w oborniku, gdyż to ściółka dostarcza energii dla mikroorganizmów w postaci węglowodanów oraz sprawia, że powietrze do pryzmy łatwiej się dostaje. Według (Jankowskiej-Huflejt, 2008) najlepszym obornikiem jest taki, w którym jako ściółkę zastosowano słomę, ziemniaczane łęty czy słomę rzepaku, grochu itp.

Według Kodeksu Dobrej Praktyki Rolniczej (2004) zarówno nawozy naturalne, jak i mineralne powinny być stosowane w odpowiedni sposób i w odpowiednich terminach, aby zminimalizować ryzyko przedostawania się azotu, fosforu i innych składników do wód powierzchniowych i podziemnych,

a także nawożenie nie może w żaden sposób stwarzać zagrożenia dla ludzi i zwierząt. Nawozy naturalne powinny być stosowane pod rośliny, które mają długi okres wegetacyjny i najlepiej wykorzystują zawarte w nich składniki pokarmowe, w szczególności azot. Wszystkie nawozy produkowane w gospodarstwie, płynne i stałe, powinny być przechowywane w szczelnych zbiornikach bądź na specjalnych płytach, które są usytuowane w odpowiedniej odległości od zabudowań gospodarczych i mieszkalnych oraz od granic zagrody wiejskiej (zgodnie z wymogami prawa budowlanego), a w szczególności w odpowiedniej odległości od studni, która stanowi źródło wody dla ludzi i zwierząt. Ponadto, obornik powinien być przechowywany w pomieszczeniach inwentarskich albo na specjalnych płytach gnojowych, posiadających ściany boczne, w których to miejscach gromadzony obornik będzie przechodził proces fermentacji. Ważne, aby podłogi w pomieszczeniach inwentarskich i płyty gnojowe były zabezpieczone przed przepływem wycieków do gruntu oraz zaopatrzone w instalacje, które będą odprowadzać wycieki do szczelnych zbiorników na wodę gnojową i gnojówkę. Płyta gnojowa powinna posiadać taką pojemność, aby można było w niej gromadzić obornik przez okres przynajmniej 6 miesięcy. Pojemność płyty gnojowej uzależniona jest od wysokości pryzmy obornika. Przy pryzmie o wysokości 2 m i wyłącznie alkierzowym sposobie utrzymywania zwierząt, powierzchnia płyty gnojowej powinna wynosić 3,5 m^2 na 1 DJP (dużą jednostkę przeliczeniową, równą zwierzęciu o masie ciała 500 kg). W zależności od czasu przebywania utrzymywanych zwierząt na pastwisku, powierzchnia ta może być proporcjonalnie mniejsza. Dodatkowo, aby ułatwić dowóz i wywóz obornika oraz łatwiej utrzymać czystość w gospodarstwie, dojazd do pomieszczeń inwentarskich oraz teren, który otacza płytę gnojową powinny mieć utwardzoną powierzchnię. Najlepszym rozwiązaniem jest nakrycie płyty dachem, aby uchronić obornik przed wodą opadową i nadmiernym wysychaniem. Nie powinno się przechowywać obornika w pryzmie polowej, ponieważ może to doprowadzić do zanieczyszczenia wody gruntowej związkami azotu, fosforu, a także do przenawożenia powierzchni znajdującej się bezpośrednio pod pryzmą. Pogłówne zastosowanie nawozów naturalnych i organicznych w stałej postaci dopuszcza się tylko na użytkach zielonych albo uprawach polowych, ale wieloletnich. Nawozy naturalne można stosować w odległości przynajmniej 20 metrów od stref ochronnych źródeł oraz ujęć wody, brzegów zbiorników i cieków wodnych, kąpielisk znajdujących się na wodach powierzchniowych i obrzeżach morskich położonych w pasie nabrzeżnym Bałtyku. Z kolei, przy nawożeniu azotem, zawsze należy odpowiednio dostosować dawki nawozu do aktualnych potrzeb pokarmowych roślin, uwzględniając ilości azotu działającego, azotu pochodzącego z nawozów naturalnych, z opadów atmosferycznych oraz azotu wiązanego biologicznie. Jest to niezwykle istotny aspekt w nawożeniu, ponieważ stosowanie nadmiernych dawek azotu prowadzi do jego strat w formie gazowej (ulatnia się do atmosfery) oraz w formie azotanów (przedostających się do wód powierzchniowych i gruntowych), co nie

tylko przynosi straty ekonomiczne, ale stanowi poważne zagrożenie dla środowiska naturalnego.

Często stosowanym obornikiem, jest obornik świński. Użytkowanie i hodowla trzody chlewnej jest integralną częścią produkcji rolniczej, zarówno w Polsce, jak i na całym świecie. Świnie są, zaraz po bydle, najcenniejszym gatunkiem zwierząt gospodarskich. Dowodzą tego wysoka liczebność pogłowia świń na świecie oraz wyjątkowo duże spożycie wieprzowiny na świecie i jej udział w wyżywieniu ludności.

Rozmieszczenie i liczebność pogłowia świń na świecie rozkłada się nierównomiernie, w zależności od poglądów religijnych, kulturowych oraz zasobów paszowych, niezbędnych do wyżywienia trzody chlewnej. Ze względów wyznaniowych w ogóle nie spożywają mięsa wieprzowego ortodoksyjni Żydzi i Muzułmanie, czyli łącznie ponad 1/4 ludzkości świata. Według Tory (świętej księgi Judaizmu) dopuszczalne do spożycia jest tylko mięso tzw. zwierząt koszernych, czyli wśród ssaków takich, które posiadają rozszczepione kopyto oraz należą do przeżuwaczy. Świnie nie spełniają drugiego warunku i dlatego są nazywane przez Żydów zwierzętami nieczystymi, a mięso wieprzowe jest wykluczone całkowicie z żydowskiego menu. Z kolei w świętej księdze Islamu – Koranie, w kilku miejscach można znaleźć zapis o tym, że Allah zabrania spożywania krwi zwierząt, padliny oraz mięsa wieprzowego, uznając je za nieczyste i obrzydliwe. Z wyżej wymienionych przyczyn, na Ziemi wyróżnia się trzy główne skupiska chowu trzody chlewnej, przede wszystkim zlokalizowane na półkuli północnej (na południowej przeważa chów przeżuwaczy). Pierwszym regionem są kukurydzane stany USA (Iowa, Minnesota, Missouri, Illinois itd.), drugim są europejskie obszary intensywnej uprawy ziemniaka, a trzecie skupisko to południowo-wschodnie Chiny. Sytuacja pogłowia trzody chlewnej oraz spożywania mięsa wieprzowego na świecie jest dynamiczna i zmienia się w przeciągu lat, z powodów przemian politycznych, gospodarczych, wahań ekonomicznych państw, a także z powodu zmian w klimacie. Największym światowym producentem wieprzowiny są Chiny (produkcja ponad 55 000 tys. t) i Stany Zjednoczone (34 000 tys. t). Z kolei, największy udział wieprzowiny w ogólnej produkcji mięsa odnotowuje się w Danii (ponad 80%), Polsce (ponad 71%) i Chinach (niecałe 70%) (Gabriš, 1975).

Zmiany w liczebności pogłowia trzody chlewnej wynikają również z zasobów paszowych i zapotrzebowania rynku krajowego i międzynarodowego danego państwa. Zazwyczaj pasze stosowane w żywieniu świń, stanowią też podstawowe wyżywienie ludzi (głównie zboża, ziemniaki, mleko itd.), stąd świnie, pomimo dostarczania cennych produktów spożywczych, są też gatunkiem konkurencyjnym dla ludzi. W szczególności w okresach klęsk głodu, wojen, nieurodzajów ziemiopłodów, kryzysów gospodarczych itp. następuje gwałtowny spadek pogłowia świń, a jego wzrost odnotowuje się dopiero lata po ustabilizowaniu sytuacji. Zjawisko to doskonale obrazuje sytuacja w Polsce po II wojnie światowej, kiedy to zaobserwowano stopniowy wzrost liczebności

pogłowia trzody chlewnej. Dzięki tradycji i zwyczajom kulinarnym mięso wieprzowe zajmuje w Polsce szczególną pozycję. Udział wieprzowiny spożywanej przez Polaków od lat 60. do 1995 roku oscylował pomiędzy 52,1%, a 61,7% w ogólnym spożyciu mięsa. Po znacznym wzroście pogłowia świń w pięcioleciu 1975-1980, a następnie spadku po 1980 roku, obecna sytuacja wielkości pogłowia trzody chlewnej w Polsce jest ustabilizowana z delikatną tendencją wzrostową. W 1995 roku produkcja mięso wieprzowego w Polsce wyniosła 1962 tys. t, co stanowiło 71,14% mięsa ogółem produkowanego w kraju i 2,3% światowej produkcji wieprzowiny (na świecie wyprodukowano ponad 80 mln t).

Wyróżnia się cztery podstawowe typy użytkowe trzody chlewnej: smalcowy, słoninowy, tłuszczowo-mięsny i mięsny. Typ smalcowy i słoninowy, to świnie o powolnym wzroście i rozwoju (przyrost dzienny poniżej 500 g), a typ tłuszczowo-mięsny i mięsny, to zwierzęta szybko rosnące i rozwijające się (przyrost powyżej 600 g dziennie). Z kolei, wcześnie dojrzewają somatycznie świnie w typie smalcowym oraz tłuszczowo-mięsnym (okres dojrzewania 2 lata lub krótszy), a późno w typie słoninowym i w typie mięsnym (okres dojrzewania 3 lata lub dłuższy). Wielka biała polska (wbp) należy do ras w mięsnym typie użytkowania, posiada białe umaszczenie i stojące uszy (świnia ostroucha). Masa świń rasy wielkiej białej polskiej sięga górnej granicy charakterystycznej dla ras w typie użytkowania mięsnego (dorosłe lochy ważą zwykle ponad 300 kg). Zwierzęta tej rasy cechuje wysoka płodność (10-12 prosiąt w 1 miocie), charakterystyczna dla ras w typie mięsnym, dobra mleczność i odporność na zadowalającym poziomie. Udział świń rasy wielkiej białej polskiej w krajowym pogłowiu świń zarodowych wynosi blisko 40% (Gabriš, 1975).

Świnie rasy polskiej białej zwisłouchej (pbz) należą do typu użytkowego mięsnego i są odporne na niekorzystne warunki środowiskowe oraz niewybredne w stosunku do pasz, którymi się je skarmia. Ponadto, maciory tej rasy ceni się za troskliwość dla młodych, wysoką płodność i mleczność. Udział rasy polskiej białej zwisłouchej w pogłowiu świń w Polsce stopniowo wzrasta i pod koniec lat 90. XX wieku wynosił ponad 50%. Pod względem cech użytkowości rzeźnej i rozrodczej polska biała zwisłoucha przypomina wielką białą polską (Grudniewska, 1994; Grudniewska, 1998; Rekiel, 2005).

Według Grudniewskiej (1994) niezwykle istotne przy chowie i użytkowaniu trzody chlewnej jest żywienie, które ma również ogromny wpływ na wartość pozyskiwanego obornika. Świnia nie ma możliwości wykorzystywania paszy z pomocą mikroflory jelitowej, tak jak przeżuwacze. W jednokomorowym żołądku trzody chlewnej zachodzi tylko proces trawienia enzymatycznego, więc świnie mogą być skarmiane jedynie paszą, która jest stosunkowo łatwa do rozkładu w przewodzie pokarmowym tych zwierząt. Dlatego odpowiednie do karmienia świń są pasze okopowe, śruty zbożowe, mąki pastewne czy młode rośliny zielone. Ponadto, dojrzałe, zdrewniałe rośliny pastewne mające niewielką wartość odżywczą, mogą służyć w karmieniu świń

jako pasze dające poczucie sytości. Zatem, żywienie trzody chlewnej, to przede wszystkim pasze wysokostrawne. Strawność paszy musi być wyższa, im wyższe są wymagania produkcyjne. Podstawę wyżywienia świń stanowi białko, które świniom należy dostarczać wraz z paszą, najlepiej w postaci białka o wysokiej wartości biologicznej (zawierające egzogenne aminokwasy). Do karm o tak wysokiej wartości białkowej należy większość pasz pochodzenia zwierzęcego (np. mleko), ale także ziemniaki czy soja. Najczęściej jednak stosuje się w praktyce mieszanki paszowe, zawierające zmieszane składniki białkowe różnych pasz. Tłuszcze cechuje zdecydowanie wyższa wartość pokarmowa, aniżeli np. węglowodany, lecz przydatność tłuszczy w żywieniu świń zależy od jakości i przyswajalności związków tłuszczowych, ale także od ich budowy chemicznej oraz właściwości fizycznych. Substancje tłuszczowe, które mają niską temperaturę topnienia, występujące np. w kukurydzy, negatywnie wpływają na jakość słoniny (jej konsystencję), dlatego nie mogą być podawane tucznikom. W żywieniu trzody chlewnej niezwykle ważne jest także podawanie odpowiedniej ilości witamin, takich jak witaminy rozpuszczalne w tłuszczach (A, D, K, E) czy witaminy z grupy B. Należy także pamiętać o dostarczaniu świniom nieorganicznych składników mineralnych, takich jak wapń, fosfor, chlor, magnez, siarka czy potas, jak również pierwiastków śladowych, szczególnie młodym zwierzętom (żelazo, kobalt, miedź, mangan, jod, cynk itd.) (Richter, 1973). Świnie produkują dziennie od 0,7 do 1 kg kału oraz 3-6 l moczu, które wraz ze ściółką mogą stanowić cenny nawóz w postaci obornika świńskiego.

Podobnie, jak obornik świński, tak i kozi stosowany jest jako wartościowy nawóz naturalny. Jak piszą Szeliga i Pieniak-Lendzion (1995), według nomenklatury zootechnicznej kozy zaliczane są do drobnego inwentarza. Posiadają one liczne zalety, jako zwierzęta gospodarskie. Przede wszystkim kozy w niedrogi sposób dostarczają wartościowe mleko pitne oraz mleko do produkcji przetworów mlecznych, głównie serów. Te małe przeżuwacze są zwierzętami długowiecznymi; kozy przeżywają 25 lat, a kozły 17 lat i są stosunkowo mało wymagające, zarówno pod względem pomieszczeń, jak i żywienia. Chów kóz jest możliwy zarówno w dużych, jak i w drobnych gospodarstwach rolnych, a nawet na działkach przydomowych. Ponadto, z kóz uzyskuje się mięso, skóry do wyrobów galanteryjnych i futer, a z niektórych ras także wełnę i puch. Należy dodać, iż istotnym kierunkiem użytkowania kóz każdej rasy i każdego typu, jest użytkowanie nawozowe tych zwierząt. Dorosła koza produkuje dziennie od 500 do 1250 g kału i od 0,5 do 2 l moczu. W zależności od ilości, składu gatunkowego i jakości ściółki jedna koza może wytworzyć około 15-18 g świeżego nawozu, który cechuje się wyjątkowo wysoką zawartością cennego dla roślin potasu. Pogłowie kóz w Polsce w 2010 roku wyniosło 117 268 sztuk, w tym w województwie kujawsko-pomorskim 3030 (Bank Danych Regionalnych, 2014).

Tyszka (1994) oraz Niżnikowski i in. (2007) uważają, że łatwość chowu i pozostałe zalety kóz sprawiają, iż pogłowie tych zwierząt stale rośnie na

świecie, zarówno w krajach rozwijających się, jak również w państwach dobrze rozwiniętych. W 1956 roku światowe pogłowie kóz szacowano na 330 mln, w 1980 roku na około 450 mln sztuk, a pod koniec lat 90. XX wieku pogłowie kóz wynosiło już ponad 700 milionów zwierząt. Najwięcej kóz użytkuje się w krajach Azji i Afryki, gdzie ich pogłowie stale wzrasta (tylko w Chinach w 1997 roku znajdowało się 170 mln kóz – 1/4 światowego pogłowia). Również w Europie pogłowie kóz od lat 80. XX stale rośnie. Szacuje się, że w roku 2006, wśród krajów Europy Zachodniej i Północnej, najwięcej kóz miała Norwegia. Ciekawie sytuacja stanu pogłowia kóz przedstawiała się w Polsce. Bardzo duże zainteresowanie chowem tych zwierząt miało miejsce w latach powojennych, przede wszystkim na obszarze Górnego i Dolnego Śląska, gdzie górnicy użytkowali powszechnie kozy na mleko. Pod koniec lat 40. XX wieku szacowano polskie pogłowie kóz na ponad 800 tysięcy sztuk, w latach 70. XX wieku zaledwie na około 100 tys., a pod koniec lat 90. ubiegłego stulecia pogłowie znowu wzrosło do blisko 200 tys. sztuk. W 1991 roku średnia koncentracja stada kóz utrzymywanych w gospodarstwach sektora publicznego wyniosła 64 sztuki, a w sektorze prywatnym – 3 sztuki, natomiast już w 1993 roku średnia koncentracja kóz w stadach prywatnych wzrosła trzykrotnie, co jest najlepszym dowodem potwierdzającym dynamikę rozwoju chowu kóz w polskich gospodarstwach. Znaczący wzrost liczebności kóz w Polsce od lat 70. XX wieku można wytłumaczyć dążeniem społeczeństwa polskiego do zwiększenia różnorodności na rynku żywności (Dobrowolska, 1993).

Według Niżnikowskiego i in. (2007) kozie mleko zaczęło zyskiwać na popularności ze względu na modę na rolnictwo ekologiczne i zdrową żywność oraz możliwość jego spożywania przez dzieci ze skazą białkową. Struktura skrzepu białkowego mleka koziego jest bardziej delikatna, drobnoziarnista i miękka, przez co w łatwiejszy i szybszy sposób może być trawiona przez proteolityczne enzymy żołądkowe, a więc mleko kozie nie działa uczulająco na organizm, szczególnie wyjątkowo wrażliwy organizm dziecka. Z kolei, tłuszcz zawarty w kozim mleku występuje w postaci niezwykle drobnych kuleczek (nawet trzykrotnie mniejszych niż w krowim mleku), które tworzą emulsję, co sprawia, że kozie mleko jest lepiej przyswajalne dla ludzkiego układu pokarmowego. Oprócz tego, mleko kozie zawiera więcej niskocząsteczkowych kwasów tłuszczowych niż tradycyjne mleko od krowy, co także zwiększa łatwość jego trawienia (Rozwadowska i Kuźniewicz, 1995). Po mleku kozim rozpowszechniły się także wyroby przetwórstwa mlecznego z mleka koziego, przede wszystkim sery świeże i dojrzewające, masło i śmietana. Regularne spożywanie koziego mleka lub jego przetworów zwiększa stopień mineralizacji kośćca, zawartość witaminy A oraz wapnia w surowicy krwi. Mleko kozie posiada właściwości przeciwmiażdżycowe, przeciwreumatyczne, antyalergiczne, a nawet przeciwnowotworowe Polskie produkty z mleka koziego uzyskały tak wysoki standard, że istnieje duża szansa na rozwój eksportu tych produktów, przede wszystkim do Niemiec i pozostałych krajów Europy Zachodniej. Polska zajmuje pod względem wielkości pogłowia kóz

i produkcji mleka koziego około 8. – 9. miejsce w Europie. Hodowcy kóz z państw regionu Basenu Morza Śródziemnego upatrują także dużą konkurencyjność i zagrożenie dla swoich rynków właśnie w polskim chowie kóz w walce o niemiecki rynek zbytu (Tyszka, 1994; Niżnikowski i in., 2007).

W różnych rejonach świata przeważają inne typy hodowlane kóz. W krajach rozwiniętych, przede wszystkim w Ameryce Północnej i Europie, hoduje się głównie kozy o typie użytkowym mlecznym, a w Azji i Afryce hoduje się te zwierzęta na mięso, skórę, wełnę i puch. Nawet w obszarze samej Europy w użytkowaniu kóz spotyka się znaczne różnice i Europę dzieli się na dwa regiony. Pierwszy to Europa Północna, Zachodnia oraz Północna część Europy Środkowej i Wschodniej, gdzie występują kozy przede wszystkim chowane na mleko, oraz drugi obszar – państwa bałkańskie i regionu Morza Śródziemnego, w których przeważa mięsne użytkowanie kóz. Również wykorzystanie mleka koziego różni się w poszczególnych obszarach na Ziemi. W państwach rozwijających się mleko kozie jest zazwyczaj spożywane bezpośrednio, a w krajach rozwiniętych przede wszystkim pośrednio – w postaci wyrobów przetwórstwa mlecznego, głównie serów (Tyszka, 1994; Niżnikowski i in., 2007).

Biała uszlachetniona rasa kóz należy do typu ras wszechstronnie użytkowych. Hodowla tej rasy w Polsce najpierw rozpowszechniła się na terenie województwa opolskiego. Kozy rasy białej uszlachetnionej mają białe umaszczenie, a zarówno samce, jak i samice mogą być rogate oraz bezrogie. Średnia wydajność mleczna tej rasy w okresie laktacji osiąga wartość od 650 do 1100 kg. Według Polskiego Związku Hodowców Kóz wydajność mleka rasy białej uszlachetnionej w Polsce wynosiła pod koniec lat 90. XX wieku odpowiednio: 430 kg w I laktacji, 514 kg w II laktacji, 540 kg w III laktacji oraz 560 kg w kolejnych laktacjach. Kozy rasy białej uszlachetnionej są powszechnie chowane w Polsce i występują na terenie całego kraju (Tyszka, 1994; Dankowski i in., 1998; Nowicki i in., 1999).

Golonka (1952) stwierdził pozytywny wpływ nawożenia obornikiem trwałych użytków zielonych na rozwój fauny glebowej, między innymi na dżdżownice, oraz na glebę. Ponadto, Golonka (1965) zauważył cenną cechę nawożenia organicznego, jako „naśladowania natury". Podobnie uważa Grzyb (1967), według którego nawozy organiczne zwiększają równowagę zbiorowisk i polepszają wierność plonowania. Grzyb (1967, 1973) zalecał stosowanie obornika jesienią, a w przeciągu lat przekropnych latem, a także podkreślał, że obornik dobrze rozłożony nie wymaga już wygrabiania. Mikołajczak (1960) z kolei, przeprowadził w okresie dwóch lat 3 doświadczenia, porównujące nawożenie pastwiska w grudniu, styczniu i marcu. Uzyskano wówczas średnie plony po zastosowaniu dawki obornika 20 $t \cdot ha^{-1}$, niezależnie od terminu nawożenia, jedynie zimowe nawożenie spowodowało niewielki spadek wykorzystania pastwiska. Jednakże, w latach późniejszych otrzymano wyniki, które zachęcały do stosowania obornika i kompostu jako nawozu.

Moraczewski (1973) badał efektywność nawożenia obornikiem na łące

trwałej, położonej na glebach mineralnych. W doświadczeniu stosowano w niewielkim stopniu rozłożony obornik w okresie jesiennym i wiosennym, przez okres 4 lat, w 2 dawkach, 20 $t \cdot ha^{-1}$ i 4 $t \cdot ha^{-1}$. Stwierdzono wówczas, że najwyższa efektywność wykorzystania azotu, potasu i fosforu była, kiedy łąkę nawożono obornikiem jesienią, w dawce 20 $t \cdot ha^{-1}$ i wygrabiano wiosną, tuż przed rozpoczęciem wegetacji roślin. Średnia efektywność 1 kg NPK z badanych 4 lat wyniosła 60 kg zielonki. Ponadto, stwierdzono, że nawożenie obornikiem przyczyniło się znacząco do rozwoju i dłuższego udziału wartościowych gatunków roślin z rodziny motylkowatych.

Obornik ceniony jest za wszechstronność działania, którą również zauważyli Falkowski i Nowak (1975). Według tych autorów działanie obornika w znacznym stopniu zależy od tego, jak kształtują się warunki atmosferyczne na danym obszarze, a także radzili stosowanie obornika na niską przykoszoną darń. Falkowski i Skolimowski (1968) zauważyli również wzrost udziału roślin motylkowatych w runi, po zastosowaniu nawożenia organicznego. Według Szeligi i Pieniak-Lendzion (1995) obornik kozi, należący do nawozów gorących (podobnie, jak owczy, koński czy króliczy) bardzo dobrze sprawdza się w stanie świeżym lub szczególnie w formie przefermentowanej do nawożenia użytków zielonych oraz warzywników. Z kolei obornik świński, podobnie jak obornik bydlęcy, należy do tzw. nawozów zimnych, wolniej rozkładających się (Niklewski, 1936). Według Grudniewskiej (1994) obornik świński zwykle mieszany jest w jednej pryzmie z obornikiem bydlęcym, tworząc wartościowy nawóz organiczny.

Przeciętna zawartość cennych składników pokarmowych w oborniku, w przeliczeniu na obornik zawierający 75% wody, wynosi odpowiednio: N 0,5%; P_2O_5 0,3%; K_2O 0,7%; CaO 0,5%; MgO 0,19% (Maćkowiak, 1979). Za Doboszyńskim i in. (1988) najczęściej praktykuje się nawożenie obornikiem użytków zielonych w dawce 20 $t \cdot ha^{-1}$, jednorazowo co kilka lat. Taka dawka obornika jest wystarczająca, aby nastąpił wzrost plonu o ponad dwie tony siana lub odpowiednio zielonki pastwiskowej już w pierwszym roku po zastosowaniu nawozu, a wpływ następczy występuje jeszcze w 2-3 kolejnych latach. W Niemczech, po nawożeniu obornikiem w dawce 20 $t \cdot ha^{-1}$ wzrost plonu siana na 100 kg obornika wyniósł 11,8 kg, a przy dwukrotnie wyższej dawce (40 $t \cdot ha^{-1}$), plon zwiększył się jedynie o 6,9 kg (Falkowski, 1983). Także według Bergałowskiej (1972) najefektywniejsze jest nawożenie obornikiem na użytki zielone w dawce 20 $t \cdot ha^{-1}$.

W doświadczeniach przeprowadzanych w Polsce, mających na celu określenie działania obornika na użytkach zielonych, stwierdzano dość rozbieżne wyniki. Na 100 kg zastosowanego obornika uzyskano przeciętnie na glebie torfowej wzrost plonu o blisko 14 kg, a na glebie mineralnej wzrost ten wynosił 4,9 kg. Zauważono, że efektywność nawożenia obornikiem jest zwykle lepsza przy zastosowaniu mniejszych dawek nawozu (Falkowski, 1983). Na przykład, w 3-letnim doświadczeniu Wesołowskiego i Łyducha (1963) na łące torfowej, stwierdzono silne korzystne działanie obornika w dawce 10 $t \cdot ha^{-1}$,

natomiast wyższe dawki (20 $t \cdot ha^{-1}$ i 30 $t \cdot ha^{-1}$) nie spowodowały znaczącego przyrostu plonu. Ciuruś (1960) natomiast stwierdził w swoim doświadczeniu nad działaniem obornika owczego, że właśnie dawki 20 $t \cdot ha^{-1}$ przyczyniały się do wzrostu plonu, szczególnie w działaniu następczym obornika. Średnie dawki obornika stosowanego na użytki zielone zależą od wielu czynników, na przykład aktualnego stanu roślinności, i wahają się w granicach 10-60 $t \cdot ha^{-1}$.

Popularne do dziś są doświadczenia sprawdzające wpływ nawożenia obornikiem w połączeniu z nawożeniem mineralnym. Jankowska-Huflejt (1998) badała efektywność takiego nawożenia na łąkach, położonych na glebie mineralnej. W doświadczeniu sprawdzano między innymi działanie samego obornika, stosowanego co roku oraz obornika stosowanego naprzemiennie każdego roku z mineralnym NPK, w tym obornik stosowano w dawce 30 $t \cdot ha^{-1}$, a nawozy mineralne w dawkach: N – 240 $kg \cdot ha^{-1}$, P – 33 $kg \cdot ha^{-1}$ i K – 100 $kg \cdot ha^{-1}$. Obornik zastosowano jesienią, a każdego roku koszono roślinność łąki 3-krotnie. Najwyższe plony siana (11,85 $t \cdot ha^{-1}$) uzyskano na poletkach nawożonych naprzemiennie obornikiem i nawozem mineralnym. Nawożenie samym obornikiem przyniosło 1,5 razy wyższe plony niż obiekt kontrolny. Z kolei, zawartość białka ogólnego w sianie, po zastosowaniu obornika na przemian z nawozem mineralnym NPK, rosła wraz z czasem trwania doświadczenia, natomiast stwierdzono w sianie z tego połączenia nawozów nadmierną zawartość potasu, a zadawalający poziom magnezu i sodu. W doświadczeniu zauważono również pozytywne działanie obornika na utrzymywanie się w runi cennych gatunków traw oraz gatunków roślin motylkowatych, przy czym udział ziół i chwastów łąkowych nie uległ zwiększeniu. Także połączenie obornika z nawozem mineralnym NPK wpłynęło korzystnie na skład gatunkowy na łące. Ponadto, nawożenie samym obornikiem łąki okazało się wpływać stabilizująco na odczyn gleby oraz korzystnie na zawartość cennej próchnicy glebowej.

Na początku XXI wieku Marcinkowski i Pietrzak (2006) porównywali ilości ulatniającego się amoniaku z obornika bydlęcego i gnojówki bydlęcej. W badaniach stwierdzono, że straty z obornika, który przykryto glebą po pierwszej dobie od nawożenia wyniosły 9,5% azotu ogólnego, a po 3 dobach były dwukrotnie wyższe. Natomiast straty azotu ogólnego po zastosowaniu gnojówki bydlęcej, gdy przy nawożeniu łąk stosowano techniki aplikacyjne typu rozbryzgowego, wyniosły aż 49,5%.

W historii akarologii przeprowadzono wiele doświadczeń, mających na celu określenie wpływu różnych czynników na roztocze glebowe. Niektóre gatunki roztoczy reagują wyraźnie na określone czynniki środowiska, jak na przykład zmiany odczynu, temperatury, wilgotności, rodzaj roślinności, zanieczyszczenia środowiska (np. pestycydy). Roztocze, w szczególności lądowe, wykorzystywane są jako biowskaźniki, bowiem wiele z nich, to organizmy o ściśle określonych wymaganiach siedliskowych i wąskim zakresie tolerancji na zmiany warunków środowiskowych (Gulvik, 2007; Gergócs i Hufnagel, 2009). Ponadto, roztocze są pospolicie występującymi

organizmami, cechuje je duża liczebność i różnorodność gatunkowa oraz mała zdolność aktywnej migracji, co sprawia że są idealnymi bioindykatorami (Gackowski i in., 1997; Dąbrowski i Seniczak, 1999). Roztocze glebowe wykorzystuje się powszechnie jako organizmy wskaźnikowe do oceny stanu siedlisk (Seniczak i Seniczak, 2008), a także badając wpływ metali ciężkich na glebę (Seniczak, 2006). Stwierdzono, że zanieczyszczenia w postaci emisji gazowych i pyłowych są przyczyną wyraźnego przemieszczania się typowo leśnych gatunków roztoczy. Na przykład zaobserwowano, że jeden z gatunków mechowców – *Oribatula exilis* (Nicolet, 1855), którego naturalnym środowiskiem życia są drzewa, w warunkach silnej emisji związków fluorowych i fosforowych migruje, aż do poziomu butwinowego w glebie (Boczek i Błaszak, 2005).

Roztocze wykorzystuje się także do badań bioindykacyjnych nad wpływem nawożenia na środowisko naturalne. Reakcja akarofauny na zastosowane nawozy jest różnorodna i zależy zwykle od rodzaju, dawki i składu nawozu. Domek-Chruścicka i Seniczak (2005a, b) stwierdzili pozytywną reakcję mechowców na nawożenie gnojowicą trzody chlewnej w dawkach 10, 20 i 30 tys. $l \cdot ha^{-1}$ na przemiennych użytkach zielonych, gdzie po zastosowanym nawożeniu wzrosła liczebność i różnorodność gatunkowa Oribatida. Zbliżone rezultaty uzyskali Sokołowska i Seniczak (2005a, b), nawożąc przemienne użytki zielone gnojowicą bydlęcą w dawkach 10 i 20 $m^3 \cdot ha^{-1} \cdot rok^{-1}$. Seniczak i in. (2005a, b) zaobserwowali również zwiększenie liczebności akarofauny glebowej po użyciu nawożenia wodą amoniakalną, zastosowanej w dawkach 6, 50 i 200 $kg \cdot ha^{-1}$. Jednak w wielu badaniach bioindykacyjnych zaobserwowano wyraźnie negatywny wpływ nawożenia na roztocze. Ograniczające działanie gnojowicy bydlęcej na akarofaunę na użytkach zielonych wykazali Debry i Lebrun (1980). Także Trojanowski i Baluk (1992) stwierdzili, że nawożenie azotowe w dawce 270 kg $N \cdot ha^{-1}$ redukuje liczebność roztoczy. Zbliżony wynik uzyskali Seniczak i Słowikowska (1993) przy zastosowaniu nawożenia azotem w dawkach 210 i 250 kg $N \cdot ha^{-1}$. Bielska i Paszewska (1995), badając łąki trwałe, stwierdziły efekt ograniczający nawożenia azotem na mechowce na glebach mineralnych. Graczyk (2010) stwierdził redukujący wpływ nawożenia gnojowicą bydlęcą na roztocze glebowe, w tym na Oribatida na trwałych użytkach zielonych w dawkach 40, 60 i 80 $m^3 \cdot ha^{-1} \cdot rok^{-1}$. Podobny wynik uzyskała Wasińska-Graczyk (2010) stosując nawożenie gnojowicą bydlęcą w ilości 20, 40 i 60 $m^3 \cdot ha^{-1} \cdot rok^{-1}$ na tych samych użytkach. W innych doświadczeniach nie zauważono wpływu nawożenia na roztocze glebowe. Taki efekt uzyskali Cole i in. (2008) nawożąc trwałe użytki zielone azotem 60, 120, 180 i 240 kg $N \cdot ha^{-1}$.

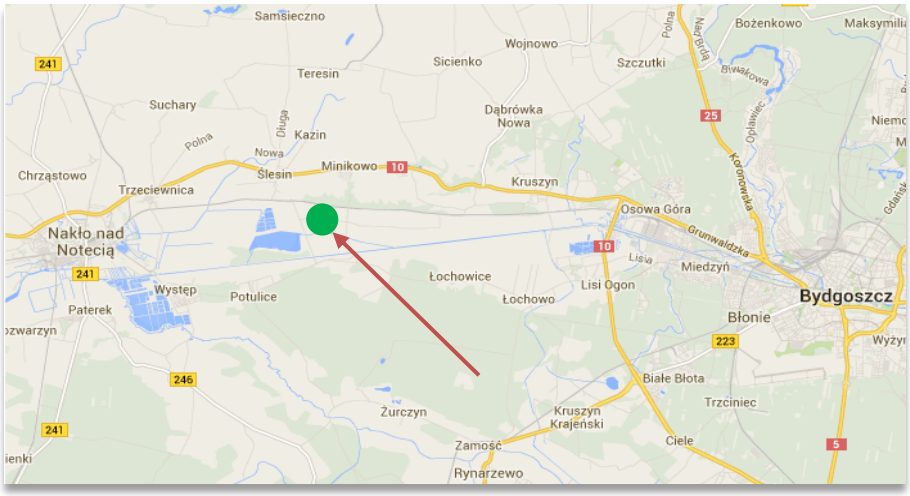
Poważne zagrożenie dla zwierząt gospodarskich stanowią tasiemczyce, a do powszechnych żywicieli pośrednich tych pasożytów, głównie z grupy Anoplocephalata należy ponad 60 gatunków mechowców. W szczególności siedliska łąkowe, gdzie mechowce licznie występują, stanowią duże niebezpieczeństwo dla przebywających tam zwierząt. Najważniejszymi

łąkowymi gatunkami Oribatida, będącymi przenosicielami tasiemców, są *Galumna elimata* (C.L. Koch, 1941), *Liebstadia similis* (Michael, 1888), *Platynothrus peltifer* (C.L. Koch, 1839), *Scheloribates laevigatus* (C.L. Koch, 1835) i *Scheloribates latipes* (C.L. Koch, 1844) (Niedbała, 1980; Denegri, 1993). Wymienione mechowce przenoszą m.in. tasiemca *Moniezia expansa* Rudolphi, 1810 i *M. benedeni* Moniez, 1879 (Denegri, 1989). Jaja tasiemców są zjadane przez mechowce, które mogą mylić je z zarodnikami grzybów bądź pyłkami (Niedbała, 1980). Następnie, roztocze te, żyjące w glebach łąk i pastwisk, podczas migracji dobowych przenoszą się na trawę i dolne części roślin, gdzie są zjadane przez zwierzęta i w ten sposób dochodzi do zarażenia. Dodatkowo, duża liczebność mechowców na łąkach i pastwiskach oraz dobowe migracje pionowe (przede wszystkim o świcie, kiedy zwierzęta gospodarskie są wypasane) przyczyniają się do zagrożenia tasiemczycą dla zwierząt i człowieka (Niedbała, 1980).

4. OPIS TERENU BADAŃ

4.1. POŁOŻENIE

Teren badań stanowiła łąka położona na terenie Rolniczego Zakładu Doświadczalnego w Minikowie, który podlega Uniwersytetowi Technologiczno-Przyrodniczemu w Bydgoszczy. Łąka oddalona jest o około 25 km od Bydgoszczy w kierunku zachodnim (ryc. 1) i położona w obrębie mikroregionu Doliny Kanału Bydgoskiego. Należy ona do trwałych użytków zielonych i jest koszona dwa razy w roku. Teren badań należy do prowincji Środkowoeuropejskiego Niżu, podprowincji Południowobałtyckiego Pojezierza, makroregionu Pradoliny Toruńsko-Eberswaldzkiej oraz mezoregionu Kotliny Toruńskiej (Kondracki, 2007). Badane siedlisko łąkowe (ryc. 2 i 3) położone jest na torfowiskach nadnoteckich, które należą do kompleksu Łąk Nadnoteckich. Torfowisko w Minikowie jest pochodzenia pojeziernego i powstało w rozległym zastoisku wodnym (Roguski, 1972). Dolina Kanału Bydgoskiego rozciąga się pomiędzy Bydgoszczą a Nakłem nad Notecią i ma 27 km długości i średnio 2 m szerokości (Gapiński i Miatkowski, 1998). Kanał Bydgoski jest zasilany wodami górnego odcinka rzeki Noteć, a jego różnicę wysokości z poziomem Wisły (31 m) pokonuje się za pomocą 6 śluz. Użytek, na którym przeprowadzono doświadczenie należy do krajobrazu młodoglacjalnego, charakteryzującego się sporą ilością zagłębień bezodpływowych, wypełnionych częściowo torfowiskami oraz słabo rozwiniętym naturalnym drenażem (Kondracki, 2007, 2011).



Ryc. 1. Lokalizacja badanej łąki w Minikowie

Ryc. 2. Poletka badawcze na łące w Minikowie, widok w kierunku południowym

Ryc. 3. Poletka badawcze na łące w Minikowie, widok w kierunku zachodnim

4.2. KLIMAT I WARUNKI EKOFIZJOGRAFICZNE

Do najważniejszych czynników klimatycznych, wpływających zarówno na łąki, jak i akarofaunę łąkową, należą temperatura i opady atmosferyczne. Badana łąka położona jest w strefie klimatu przejściowego pomiędzy wschodnim klimatem kontynentalnym a zachodnim klimatem oceanicznym (Kondracki, 2007). Średnia temperatura w pierwszym roku badań (2012 r.) wynosiła 8,3 ^{o}C, a w drugim roku badań (2013 r.) 8,1 ^{o}C. Obie te temperatury były niższe od średniej z wielolecia 1997-2007, która wyniosła 8,7 ^{o}C (tab. 1). W obydwu badanych latach najcieplejszym miesiącem był lipiec, analogicznie jak w dziesięcioleciu 1997-2007. Z kolei najzimniejszym miesiącem okazał się w 2012 roku luty, w którym średnia temperatura wynosiła -4,6 ^{o}C, a w 2013 roku – styczeń (średnia temperatura: -2,8 ^{o}C), podobnie jak w wieloleciu (średnia temperatura: -0,8 ^{o}C).

Najobfitsze opady atmosferyczne zanotowano w pierwszym roku badań (suma z 12 miesięcy: 654,8 mm), zdecydowanie przewyższały one wartość średnich opadów w wieloleciu 1997-2007 (545,1 mm) (tab. 2). Drugi rok badań – 2013, okazał się natomiast bardziej skąpym w opady, nie tylko od pierwszego roku, ale i od wielolecia, a suma opadów atmosferycznych rocznych wyniosła w tym roku zaledwie 519,7 mm.

Tabela 1. Temperatury średnie miesięczne, minimalne i maksymalne na badanym terenie (dane wg stacji meteorologicznej Kujawsko-Pomorskiego Ośrodka Doradztwa Rolniczego w Minikowie, 2014)

Miesiąc	Temperatura (^{o}C)								
	2012 r.			2013 r.			Wielolecie: 1997-2007		
	średnia	min	max	średnia	min	max	średnia	min	max
Styczeń	-0,2	-2,5	2,0	-2,8	-5,5	-1,1	-0,8	-11,3	6,7
Luty	-4,6	-8,2	-1,6	-0,2	-2,1	1,4	0,0	-10,2	7,4
Marzec	5,0	0,7	10,2	-2,7	-6,3	1,9	2,9	-6,0	13,2
Kwiecień	8,4	3,5	14,7	7,0	2,7	13,1	8,7	-0,7	19,8
Maj	14,1	8,4	22,1	14,4	9,8	20,9	13,4	3,5	26,1
Czerwiec	15,7	10,8	21,0	16,9	12,0	23,5	16,3	6,9	27,9
Lipiec	18,7	14,0	25,1	18,2	12,7	25,5	18,1	10,4	30,4
Sierpień	17,9	13,1	24,3	18,1	13,0	25,3	17,8	8,8	28,6
Wrzesień	13,5	8,8	19,7	11,9	3,5	17,8	15,6	4,9	24,3
Październik	7,7	4,3	12,5	9,7	5,1	14,7	8,8	-0,1	17,1
Listopad	5,0	2,5	7,0	4,7	2,0	7,3	3,4	-3,8	10,7
Grudzień	-1,8	-4,9	0,0	2,3	-0,2	4,5	0,3	-7,0	6,0
Średnia: Styczeń-Grudzień	8,3	4,2	13,1	8,1	3,9	12,9	8,7	-0,4	18,2

Tabela 2. Średnie sumy opadów atmosferycznych na badanym terenie (stacja meteorologiczna Kujawsko-Pomorskiego Ośrodka Doradztwa Rolniczego w Minikowie, 2014)

Miesiąc	Opady atmosferyczne (mm)		
	Średnie miesięczne sumy opadów atmosferycznych		Średnia z wielolecia: 1997-2007
	2012 r.	2013 r.	
Styczeń	65,4	52,1	38,9
Luty	35,4	47,2	34,4
Marzec	6,1	39,1	40,0
Kwiecień	39,6	13,2	32,7
Maj	35,1	97,4	52,7
Czerwiec	139,6	59,0	46,4
Lipiec	134,7	48,2	75,3
Sierpień	51,2	31,0	60,1
Wrzesień	29,6	55,8	48,6
Październik	32,5	21,8	38,8
Listopad	59,9	29,1	34,8
Grudzień	25,7	25,8	42,4
Suma	654,8	519,7	545,1

4.3. WARUNKI GLEBOWE

Gleby łąkowe znacząco różnią się od gleb uprawnych czy leśnych. Gleby występujące na łąkach cechuje większe uwilgotnienie oraz wyższa zawartość cennej dla roślin próchnicy i rozkładającej się substancji organicznej. Większość gleb łąkowych, to gleby o mineralnym składzie masy glebowej, wśród których spotyka się właściwie wszystkie związki mineralne, podobnie jak w przypadku innych kategorii gleb (Tomaszewski, 1969).

Według Systematyki Gleb Polskich (Polskie Towarzystwo Gleboznawcze, 1989) gleby na badanej łące w Minikowie należą do działu gleb hydrogenicznych, rzędu gleb pobagiennych, typu gleb murszowych i podtypu gleb torfowo-murszowych. Takie gleby charakteryzują się dobrą strukturą wierzchnich warstw glebowych, dużą wilgotnością, a w okresie wiosennym przez długi czas utrzymuje się stan nasycenia wodą powierzchniową natlenioną (anaerobioza względna), co sprzyja rozdrabnianiu masy glebowej i działaniu procesu eluwialnego (Tomaszewski, 1969). Gleby torfowo-murszowe są najbardziej rozpowszechnionymi glebami w Polsce i występują na wszystkich zmelioryzowanych torfowiskach niskich. Gleby te powstają na skutek procesu murszenia, w wyniku którego w masie torfowej zmieniają się znacznie właściwości fizyko-chemiczne, fizyczne, chemiczne, a także biologiczne. Zagęszcza się substancja organiczna, a w konsekwencji zwiększa się ciężar objętościowy, natomiast zmniejszają się pojemność wodna i porowatość.

Charakterystyczną i niezwykle istotną cechą procesu murszenia gleby jest intensywnie zachodząca humifikacja, przy czym należy zaznaczyć, że tak powstająca próchnica „murszowa" wykazuje inne właściwości, aniżeli próchnica „torfowa". Zewnętrznym wyrazem zjawiska murszenia torfu są wyraźne zmiany morfologiczne, objawiające się wykształceniem charakterystycznych poziomów genetycznych. Cechą szczególnie widoczną jest zanik budowy włóknistej, w wyniku zaawansowanej humifikacji masy torfowej oraz powstanie agregatów o różnym kształcie i wielkości. W użytkowaniu łąkowym zmeliorowane gleby torfowo-murszowe należą do klas III i IV, a gleby o nieuregulowanych stosunkach wodno-powietrznych zalicza się do klas V i VI (Uggla, 1979).

5. MATERIAŁ I METODY

Na badanej łące wybrano jednolitą florystycznie powierzchnię, a następnie wyznaczono 7 poletek o wymiarach 4 m x 4 m, rozdzielonych 5-metrowymi pasami izolacyjnymi (ryc. 5). Poletko kontrolne (PK) pozostawiono bez nawożenia. Na pozostałych poletkach użyto dwóch rodzajów nawozów naturalnych (obornik świński, obornik kozi) w 3 różnych dawkach: 80 kg $N \cdot ha^{-1}$, 140 kg $N \cdot ha^{-1}$ i 200 kg $N \cdot ha^{-1}$. Nawożenie zastosowano w okresie wiosennym 2012 roku. Na wszystkich poletkach wykonano zdjęcia fitosocjologiczne, analizę gleby, analizę składu chemicznego zielonki (% zawartość suchej masy, białka surowego, popiołu surowego, tłuszczu surowego, włókna surowego); określono wydajność plonu z hektara badanej łąki oraz wykonano chemiczną analizę obu rodzajów obornika.

Obornik kozi pochodził z niewielkiego stada kóz (12-15 sztuk) rasy białej uszlachetnionej (ryc. 4), użytkowanych mlecznie w gospodarstwie pod Toruniem w województwie kujawsko-pomorskim, w pastwiskowym systemie chowu. Kiedy zwierzęta nie przebywają na pastwisku, utrzymywane są płytkościółkowo w koziarni. Kozy spasane są zielonką na pastwisku, sianem, słomą, ziarnem zbóż i nasionami roślin strączkowych.

Ryc. 4. Kozy, od których pochodził obornik kozi użyty w doświadczeniu

Obornik świński pochodził od stada świń (100-120 sztuk) rasy polskiej białej zwisłouchej, wielkiej białej polskiej i krzyżówek tych ras. Zwierzęta (ryc. 6 i 7) pochodzą z gospodarstwa położonego niedaleko Sośna (woj. kujawsko-pomorskie) i utrzymywane są płytkościółkowo. Świnie żywione są śrutami zbożowymi z własnej uprawy oraz paszową mieszanką uzupełniającą.

Ryc. 5. Schematyczne ułożenie poletek na badanej łące, w tle badana łąka

Ryc. 6. Trzoda chlewna, od której pochodził obornik świński użyty w doświadczeniu – prosięta

Ryc. 7. Trzoda chlewna, od której pochodził obornik świński użyty w doświadczeniu – warchlaki

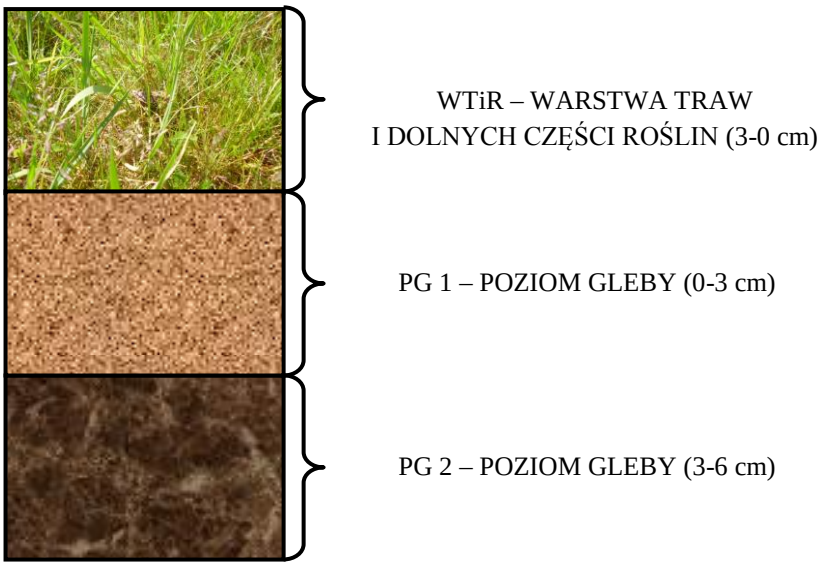
Przed nawożeniem obornik poddano analizie w Katedrze Chemii Rolnej Wydziału Rolnictwa i Biotechnologii Uniwersytetu Technologiczno-Przyrodniczego w Bydgoszczy. Nawóz zbadano pod względem zawartości suchej masy podstawową metodą praktykowaną w chemii rolnej (Ostrowska i in., 1991). Wykonano również analizę obornika na zawartość azotu ogółem, metodą Parnasa-Wagnera, fosforu metodą kolorymetryczną, potasu, sodu oraz wapnia metodą spektroskopową przy zastosowaniu fotometru płomieniowego oraz analizę zawartości magnezu, metodą atomowej spektrometrii absorpcyjnej (ASA) (Łoginow i in., 1996).

W doświadczeniu określono plon zielonki z badanych poletek oraz zawartość składników pokarmowych w pobranym materiale roślinnym. W tym celu w latach 2012-2013 dwukrotnie w ciągu każdego roku (zgodnie z terminem pokosów łąki dwukośnej) pobrano próbki zielonki z powierzchni 1 m^2, z każdego poletka w 3 powtórzeniach, a wyniki przeliczono na 1 hektar łąki. Skład chemiczny badanego materiału roślinnego określono w Zakładzie Żywienia Zwierząt i Gospodarki Paszowej Wydziału Hodowli i Biologii Zwierząt Uniwersytetu Technologiczno-Przyrodniczego w Bydgoszczy. Omawianą analizę przeprowadzono za pomocą spektrofotometru InfraAlyzer 450, firmy Braun & Luebbe, przy użyciu spektroskopii odbiciowej w bliskiej podczerwieni [NIRS]. Po ustaleniu dla każdego poletka współczynnika podsuszania, wykonano obliczenia procentowej zawartości suchej masy, białka surowego, tłuszczu surowego, popiołu surowego, włókna surowego w materiale świeżym oraz zawartości procentowej bezazotowych związków wyciągowych (BNW) w zielonce oraz wymienionych składników w suchej masie (AOAC, 1995).

Analizę roślinności wykonano w Zakładzie Ekologii Wydziału Hodowli i Biologii Zwierząt Uniwersytetu Technologiczno-Przyrodniczego w Bydgoszczy. Na każdym z nawożonych poletek oraz na poletku kontrolnym wykonano zdjęcie fitosocjologiczne metodą Braun-Blanqueta (Pawłowski, 1972). Następnie dokonano klasyfikacji zbiorowisk roślinnych (Matuszkiewicz, 2001), a nazewnictwo gatunków podano zgodnie z Mirkiem i in. (2002).

Analizy prób glebowych z warstw powierzchniowych z wszystkich badanych poletek dokonano w Katedrze Gleboznawstwa i Ochrony Gleb Wydziału Rolnictwa i Biotechnologii Uniwersytetu Technologiczno-Przyrodniczego w Bydgoszczy. Zawartość węgla – związków organicznych (C_{org}) i nieorganicznych (C_{nieorg}) i azotu ogółem (N_{og}) oznaczono w próbach stałych przy użyciu analizatorów TOC Primacs firmy Skalar oraz Vario Max CN firmy Elementar. W doświadczeniu zbadano kwasowość czynną i wymienną gleby metodą potencjometryczną w roztworze H_2O i 1M KCl. Oznaczono także zasobność badanych prób gleby w przyswajalne dla roślin formy fosforu i potasu, które oznaczono metodą Egnera-Riehma oraz magnezu przyswajalnego dla roślin, za pomocą metody Schachtschabela (Lityński i in., 1976).

Próby do badań roztoczy, o powierzchni 17 cm^2 i objętości 50 cm^3 każda, pobierano z trzech warstw (ryc. 8) tj. traw i dolnych części roślin (3 cm), górnego poziomu gleby (do głębokości 3 cm) i dolnego poziomu gleby (od 3 cm do 6 cm). Próby pobierano w 10 powtórzeniach, co łącznie dało 30 prób z każdego poletka. Próby pobierano przez dwa lata, w każdym roku w trzech kolejnych okresach (wiosna, lato, jesień 2012 r.; wiosna, lato, jesień 2013 r.), łącznie pobrano 1260 prób. Roztocze wypłaszano z prób w zmodyfikowanych aparatach Tullgrena przez 8 dób, a następnie konserwowano w 70% alkoholu etylowym i preparowano przy zastosowaniu mikroskopu stereoskopowego. Roztocze oznaczono pod mikroskopem świetlnym, po uprzednim ich spreparowaniu w kwasie mlekowym na szkiełkach z łezką. Mechowce (z wyłączeniem kohorty Astigmata) zostały oznaczone do gatunku, a pozostałe roztocze do wyższych taksonów (rzędu, podrzędu, kohorty, nadrodziny) za Linquist i in. (2009). Mechowce dorosłe oznaczono wg klucza Weigmann'a (2006), a młodociane oznaczono do stadium (larwy, protonimfy, deutonimfy, tritonimfy) według Seniczaka (1975, 1978a, 1980, 1988, 1990, 1991, 1992a, b, 1993), Seniczaka i Seniczak (2007, 2013), Seniczaka i in. (2009).



Ryc. 8. Schemat próby badawczej

Zgrupowania roztoczy analizowano przy pomocy wskaźników analitycznych (*A*, *D*, *C*, *S*) i syntetycznych (*H'*, E_{Pielou}, E_{Hurlbert}, *Ja*, *Re*).

a. **Wskaźnik abundancji (*A*)** charakteryzuje liczebność populacji na 1 m^2 (Odum, 1982).

b. **Wskaźnik dominacji (*D*)** charakteryzuje procentowy udział gatunku w zgrupowaniu mechowców (Odum, 1982)

$$D = \frac{n(i)}{N} \cdot 100\%$$

gdzie:
n(i) – liczba osobników gatunku „*i*",
N – liczba osobników wszystkich gatunków w zgrupowaniu.

Strukturę dominacji mechowców sporządzono za Seniczakiem (1978b):

Superdominanty	$D > 40{,}0$
Eudominanty	$20{,}0 < D \leq 40{,}0$
Dominanty	$10{,}0 < D \leq 20{,}0$
Subdominanty	$5{,}0 < D \leq 10{,}0$
Recedenty	$1{,}0 < D \leq 5{,}0$
Subrecedenty	$D \leq 1{,}0$

c. Wskaźnik stałości występowania (*C*) charakteryzuje procentowy udział prób, w których dany gatunek wystąpił w stosunku do ogólnej liczby prób (Odum, 1982)

$$C = \frac{a}{b} \cdot 100\%$$

gdzie:
a – liczba prób w danym środowisku, w których dany gatunek wystąpił,
b – ogólna liczba wszystkich pobranych prób.

d. Liczba gatunków Oribatida (*S*).

e. Wskaźnik ogólnej różnorodności Shannona (*H'*) (Górny, 1975)

$$H = -\sum_{i=1}^{S} p_i \cdot \ln(p_i)$$

gdzie:
S – liczba gatunków w grupie,
p_i – względna liczebność wyrażona liczbą z przedziału od 0,0 do 1,0

f. Wskaźnik jednorodności gatunkowej Pielou (E_{Pielou}) (Beisel i in., 2003)

$$E_{Pielou} = \frac{H'}{H'_{\max}}$$

gdzie:
H' – wskaźnik ogólnej różnorodności Shannona,
H'_{max} – wskaźnik maksymalnej różnorodności Shannona.

g. Wskaźnik jednorodności gatunkowej Hurlberta ($E_{Hurlbert}$) (Beisel i in., 2003)

$$E_{Hurlbert} = \frac{H' - H'_{\min}}{H'_{\max} - H'_{\min}}$$

gdzie:
H' – wskaźnik ogólnej różnorodności Shannona,
H'_{min} – wskaźnik minimalnej różnorodności Shannona,
H'_{max} – wskaźnik maksymalnej różnorodności Shannona.

h. Wskaźnik podobieństwa gatunków Jaccarda (*Ja*) (Jaccard, 1912)

$$Ja = \frac{j}{a+b-j} \cdot 100$$

gdzie:
j – liczba gatunków wspólnych dla obu poletek,
a i *b* – liczby gatunków na poletku *a* i *b*.

i. Wskaźnik podobieństwa dominacji Renkonena (*Re*) (Renkonen, 1938)

$$Re = \sum \min D$$

gdzie:
min *D* – mniejszy wskaźnik dominacji gatunków wspólnych dla dwóch zgrupowań.

Otrzymane dane poddane zostały analizie statystycznej z wykorzystaniem arkusza kalkulacyjnego MS Excel 2013 oraz pakietu Statistica 10.0, postępując zgodnie ze standardowymi technikami analizy danych i metodami wnioskowania statystycznego. Wszystkie testy statystyczne wykonano przy poziomie istotności $p \leq 0{,}05$ (Berthet i Gerard, 1965; Parker, 1978; Górny i Grüm, 1981; Zieliński i Zieliński, 1990; Stanisz, 1998, 2000, 2005, 2006a, b; Łomnicki, 2000; Kala, 2005; Rutkowska i Socha, 2005; StatSoft, 2006; McDonald, 2009).

Analiza statystyczna obejmowała następujące rozwiązania szczegółowe, a część obliczeń przeprowadzono na danych po logarytmicznej transformacji ln (x+1) (Berthet i Gerard, 1965; Łomnicki, 2000; McDonald, 2009), (punkty b-d):

a. Podstawowe statystyki opisowe: średnich, wariancji;
b. Ocenę zgodności rozkładu parametrów mierzalnych z rozkładem normalnym przy użyciu testu Kołmogorowa-Smirnowa;
c. Ocenę jednorodności wariancji za pomocą testu Levene'a;
d. Test Tukey'a do wyboru istotnie różnych średnich, w przypadku istotności różnic między średnimi (stwierdzonych analizą wariancji testem F);
e. Analiza korespondencji (CA).

6. WYNIKI

6.1. SKŁAD CHEMICZNY OBORNIKA ŚWIŃSKIEGO I KOZIEGO

W przeprowadzonej analizie chemicznej obornika, wykazano wyższą zawartość azotu ogólnego w oborniku świńskim niż kozim. W oborniku świńskim zawartość azotu ogólnego wyniosła ponad 8 $g \cdot kg^{-1}$ św. m. (tab. 3), podczas gdy w oborniku kozim wyniosła 6,53 $g \cdot kg^{-1}$ św. m. Zawartość fosforu w obydwu nawozach była bardzo zbliżona. Z kolei, odnotowano wyższe wartości potasu, magnezu, sodu, wapnia i suchej masy w oborniku kozim aniżeli w świńskim.

Tabela 3. Zawartość suchej masy oraz skład chemiczny obornika świńskiego i koziego zastosowanego w doświadczeniu

Składnik ($g \cdot kg^{-1}$ św. m.)	Obornik świński	Obornik kozi
Azot (N) ogółem	8,05	6,53
Fosfor (P)	2,00	1,97
Potas (K)	2,77	4,32
Magnez (Mg)	2,52	3,46
Sód (Na)	0,35	0,59
Wapń (Ca)	2,14	4,59
Sucha masa (%)	22,81	24,72

6.2. WPŁYW OBORNIKA NA PLONOWANIE, WYDAJNOŚĆ I WARTOŚĆ POKARMOWĄ ZIELONKI

W przeprowadzonym doświadczeniu na poletku kontrolnym plony wynosiły 24 $t \cdot ha^{-1} \cdot rok^{-1}$. Nie stwierdzono znaczących różnic w plonach zielonki po nawożeniu niskimi i średnimi dawkami obornika. Odnotowano natomiast negatywny wpływ nawożenia najwyższą dawką obornika świńskiego i koziego na wydajność zielonki, co potwierdza normę prawną o najwyższych dawkach nawożenia, które nie powinny przekraczać 170 kg $N \cdot ha^{-1}$, gdyż wówczas wpływają niekorzystnie na plonowanie (tab. 4).

Tabela 4. Wydajność zielonki z badanych poletek ($t \cdot ha^{-1} \cdot rok^{-1}$)

Okres	Poletko kontrolne	Obornik świński (kg $N \cdot ha^{-1}$)			Obornik kozi (kg $N \cdot ha^{-1}$)		
	-	80	140	200	80	140	200
Wiosna	11,9	11,0	10,0	6,7	11,2	11,0	7,8
Lato	12,1	12,2	11,6	7,7	12,4	12,1	8,4
Razem	24,0	23,2	21,6	14,4	23,6	23,1	16,2

Procentowa zawartość suchej masy okazała się niższa w okresie letnim (20,68-24,86%), aniżeli w wiosennym (23,48-27,40%) (tab. 5). Latem pod wpływem nawożenia obornikiem świńskim oraz kozim zawartość suchej masy w materiale roślinnym spadła, natomiast wiosną nie stwierdzono takich zmian pod wpływem nawożenia. Wiosną zawartość popiołu surowego wzrosła pod wpływem wszystkich dawek obydwu rodzajów obornika, natomiast latem zawartość popiołu uzależniona była od rodzaju obornika – pod wpływem obornika świńskiego (niezależnie od dawki) nieznacznie zmalała, a pod wpływem najwyższej dawki obornika koziego znacząco wzrosła. Stwierdzono podobną procentową zawartość białka ogólnego, tłuszczu surowego i włókna surowego na wszystkich poletkach, zarówno wiosną, jak i latem. Natomiast zawartość bezazotowych związków wyciągowych (BNW) zwykle malała pod wpływem nawożenia, szczególnie latem i na poletkach nawożonych obornikiem kozim – spadek o 16,25-22,84% w świeżej masie (tab. 5 i 6).

Tabela 5. Procentowy skład chemiczny zielonki w świeżej masie

	Okres	Poletko kontrolne	Obornik świński (kg N·ha^{-1})			Obornik kozi (kg N·ha^{-1})		
		-	80	140	200	80	140	200
Sucha masa	wiosna	26,38	27,40	26,38	26,68	24,72	26,45	23,48
	lato	24,86	23,51	23,69	23,63	20,68	21,04	22,81
Popiół surowy	wiosna	2,06	2,30	2,51	2,63	2,12	2,83	2,67
	lato	2,02	1,80	1,87	1,93	1,87	1,84	2,35
Białko ogólne	wiosna	2,93	2,80	2,75	2,90	2,66	3,02	2,43
	lato	2,94	2,58	2,73	2,87	2,59	2,36	2,73
Tłuszcz surowy	wiosna	0,67	0,64	0,72	0,67	0,61	0,69	0,59
	lato	0,60	0,56	0,57	0,52	0,48	0,47	0,50
Włókno surowe	wiosna	8,09	8,97	7,91	7,71	7,67	7,92	7,08
	lato	7,61	7,64	7,46	8,04	6,72	7,17	7,44
BNW	wiosna	12,63	12,69	12,49	12,77	11,66	11,99	10,71
	lato	11,69	10,93	11,06	10,27	9,02	9,20	9,79

Tabela 6. Procentowy skład chemiczny zielonki w suchej masie

	Okres	Poletko kontrolne	Obornik świński (kg N·ha^{-1})			Obornik kozi (kg N·ha^{-1})		
		-	80	140	200	80	140	200
Sucha masa	wiosna	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
	lato	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
Popiół surowy	wiosna	7,22	7,76	9,31	9,16	7,91	9,89	10,62
	lato	7,54	7,23	7,42	7,53	8,62	8,16	9,73
Białko ogólne	wiosna	10,28	9,43	9,62	10,10	9,96	10,58	9,57
	lato	10,95	10,19	10,68	11,28	11,72	10,48	11,12
Tłuszcz surowy	wiosna	2,33	2,17	2,51	2,34	2,27	2,39	2,29
	lato	2,21	2,18	2,21	2,03	2,15	2,10	2,03
Włókno surowe	wiosna	28,39	30,58	27,52	26,88	28,63	27,84	28,17
	lato	28,29	30,15	29,25	31,52	29,65	31,86	30,49
BNW	wiosna	51,78	50,06	51,04	51,52	51,23	49,30	49,35
	lato	51,01	50,25	50,44	47,54	47,86	47,40	46,63

6.3. WPŁYW OBORNIKA NA ROŚLINNOŚĆ ŁĄKI

Na terenie badanej łąki stwierdzono zbiorowiska roślinności łąkowej z klasy *Molinio-Arrhenatheretea* (Matuszkiewicz, 2001). Łąki te wykazują dużą zmienność lokalno-siedliskową, na co w istotny sposób wpływa wilgotność siedliska oraz zabiegi agrotechniczne, a to z kolei istotnie oddziałuje na skład gatunkowy roślinności.

Teren, na którym wyznaczono powierzchnie badawcze, usytuowano na jednorodnym siedlisku, porastanym przez zbiorowisko łąkowe o następującej systematyce:

Cl. *Molinio-Arrhenatheretea* R. Tx. – klasa

O. *Molinietalia caeruleae* W. Koch – rząd

All. *Calthion palustris* R. Tx em. Oberd – związek

Calthion palustris to antropogeniczne zbiorowisko meliorowanych i nawożonych dwu- i wielokośnych łąk wilgotnych i mokrych, tradycyjnie zagospodarowanych jako baza paszowa. Intensyfikacja produkcji, w szczególności wielokrotne pokosy w krótkich odstępach czasu, nawożenie, orka i wysiewanie wysoko produktywnych mieszanek traw i motylkowych powodują duże zmiany w strukturze takich zespołów, w związku z tym często spotykane są zbiorowiska kadłubowe, dla których określenie dokładnej identyfikacji syntaksonomicznej nie jest możliwe (Wysocki i Sikorski, 2002). W analizowanym zbiorowisku roślinnym wystąpiły 23 gatunki roślin, wśród

których duży udział miały dwa gatunki: śmiałek darniowy [*Deschampsia caespitosa* (L.) P. Beauv] i jaskier ostry (*Ranunculus acris* L.) (tab. 7).

Tabela 7. Charakterystyka roślinności na badanych poletkach

	PK	Obornik świński (kg N·ha^{-1})			Obornik kozi (kg N·ha^{-1})		
	-	80	140	200	80	140	200
Zwarcie roślinności (%)	100	100	100	100	100	90	90
Babka lancetowata *Plantago lanceolata* L.	-	+1,0	+1,0	-	-	+1,0	+1,0
Chaber łąkowy *Centaurea jacea* L.	+1,0	+1,0	+1,0	+1,0	+1,0	+1,0	+1,0
Firletka poszarpana *Lychnis flos-cuculi* L.	+1,0	-	+1,0	-	+1,0	+1,0	+1,0
Jaskier ostry *Ranunculus acris* L.	2,1	2,1	1,1	2,1	2,1	3,1	3,1
Kłosówka wełnista *Holcus lanatus* L.	1,3	1,2	1,2	1,1	1,1	1,1	1,1
Komonica błotna *Lotus uliginosus* Schkuhr	+1,0	+1,0	+1,0	+1,0	+1,0	-	-
Kostrzewa łąkowa *Festuca pratensis* Huds.	+1,0	+1,0	+1,0	+1,0	+1,0	-	-
Krwiściąg lekarski *Sanguisorba officinalis* L.	+1,0	+1,0	+1,0	+1,0	+1,0	+1,0	+1,0
Kuklik zwisły *Geum rivale* L.	-	-	+1,0	+1,0	+1,0	+1,0	+1,0
Mięta pieprzowa *Mentha ×citrata* Ehrh	+1,0	+1,0	+1,0	+1,0	-	-	-
Ostrożeń błotny *Cirsium palustre* (L.) Scop.	+1,0	+1,0	+1,0	+1,0	+1,0	+1,0	+1,0
Ostrożeń łąkowy *C. rivulare* (Jacq.) All.	+1,0	+1,0	+1,0	+1,0	+1,0	+1,0	+1,0
Ostrożeń warzywny *C. oleraceum* (L.) Scop.	+1,0	+1,0	+1,0	+1,0	-	-	-
Pokrzywa zwyczajna *Urtica dioica* L.	+1,0	1,4	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5
Przytulia bagienna *Galium uliginosum* L.	+1,0	+1,0	+1,0	+1,0	+1,0	+1,0	+1,0
Rdest wężownik *Polygonum bistorta* L.	+1,0	+1,0	+1,0	+1,0	+1,0	+1,0	+1,0
Rogownica pospolita *Cerastium holosteoides* Fr. em. Hyl.	+1,0	+1,0	+1,0	+1,0	+1,0	+1,0	+1,0
Rzeżucha łąkowa *Cardamine pratensis* L.	+1,0	+1,0	+1,0	+1,0	+1,0	+1,0	+1,0
Skrzyp błotny *Equisetum palustre* L.	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	+1,0
Szczaw zwyczajny *Rumex acetosa* L.	1,1	1,1	2,1	2,1	1,1	1,1	1,1
Śmiałek darniowy *Deschampsia caespitosa* (L.) P. Beauv.	3,3	3,3	4,3	3,3	3,3	2,3	2,2
Wiechlina błotna *Poa palustris* L.	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,1
Wiechlina łąkowa *P. pratensis* L.	1,3	1,3	1,2	1,2	1,2	1,2	1,1
Liczba gatunków	21	21	23	21	20	19	19

Po przeprowadzeniu badań na wszystkich poletkach nieznacznie zmniejszyła się liczba gatunków roślin w stosunku do liczby stwierdzonej przed badaniami. Może to być powodowane zarówno nawożeniem, jak i stosunkowo małą powierzchnią poletek – na większej powierzchni stwierdza się zwykle więcej gatunków. Zasadniczy skład gatunkowy roślinności nie uległ drastycznym zmianom. Na uwagę zasługują zmiany ilościowe i towarzyskości trzech gatunków: śmiałka darniowego, jaskra ostrego i szczawiu zwyczajnego (*Rumex acetosa* L.) na poszczególnych poletkach badawczych (tab. 7). Należy podkreślić, iż na poletkach nawożonych obornikiem kozim rośliny były niższe niż na pozostałych poletkach, a na poletkach nawożonych średnią i wysoką dawką obornika koziego zwarcie roślinności nie osiągnęło 100%.

6.4. WPŁYW OBORNIKA NA GLEBĘ

Stwierdzono niewielki wpływ zastosowanego nawożenia na właściwości gleby (tab. 8). Na wszystkich poletkach stosunek węgla do azotu i zawartość węgla organicznego utrzymywały się na podobnym poziomie.

Tabela 8. Właściwości gleby na badanej łące

Próba	pHH_2O	pHKCL	C/N	C_{org}	C_{nieorg}	N_{og}	$CaCO_3$
				$(g \cdot kg^{-1})$			(w %)
PK 1	7,24	7,14	11,4	266,5	13,66	24,54	16,23
PK 2	7,23	7,07	11,6	278,4	14,42	23,75	15,11
PK 3	7,35	7,12	12,3	263,0	14,11	21,75	13,53
Ś.80a	7,41	7,23	10,9	276,8	11,61	25,54	9,45
Ś.80b	7,38	7,25	10,5	257,2	10,84	24,64	8,32
Ś.80c	7,32	7,21	10,6	266,8	11,22	24,64	5,65
Ś.140a	7,33	7,22	12,2	269,2	8,61	22,53	7,42
Ś.140b	7,26	7,15	11,9	282,3	9,45	21,54	8,42
Ś.140c	7,39	7,16	12,1	271,5	10,04	20,64	6,41
Ś.200a	7,27	7,13	10,8	287,6	5,76	24,65	8,41
Ś.200b	7,36	7,09	12,2	257,6	8,53	23,76	9,41
Ś.200c	7,35	7,11	10,0	296,4	9,98	25,21	3,42
K.80a	7,21	7,20	12,5	276,4	10,86	21,21	4,13
K.80b	7,33	7,13	11,4	258,6	11,65	21,54	2,45
K.80c	7,38	7,23	12,4	296,6	4,78	22,54	7,41
K.140a	7,34	7,24	10,1	254,5	5,76	25,32	6,41
K.140b	7,28	7,29	12,4	298,7	7,86	22,54	9,31
K.140c	7,29	7,14	10,9	254,7	8,21	24,65	2,43
K.200a	7,23	7,24	12,5	258,6	8,98	21,21	2,65
K.200b	7,42	7,26	11,3	278,5	9,56	23,41	6,32
K.200c	7,39	7,13	10,2	298,0	3,64	25,32	1,98

PK 1,2,3 – poletko kontrolne;
Ś. 80a, b, c – poletko z dawką 80 kg $N \cdot ha^{-1}$ obornika świńskiego;
Ś. 140a, b, c – poletko z dawką 140 kg $N \cdot ha^{-1}$ obornika świńskiego;
Ś. 200a, b, c – poletko z dawką 200 kg $N \cdot ha^{-1}$ obornika świńskiego;
K. 80a, b, c – poletko z dawką 80 kg $N \cdot ha^{-1}$ obornika koziego;
K. 140a, b, c – poletko z dawką 140 kg $N \cdot ha^{-1}$ obornika koziego;
K. 200a, b, c – poletko z dawką 200 kg $N \cdot ha^{-1}$ obornika koziego;

Zawartość węgla nieorganicznego była podwyższona na poletku kontrolnym, w porównaniu z poletkami nawożonymi. Obydwa użyte rodzaje obornika również wpłynęły negatywnie na zawartość węglanu wapnia w glebie, którego zawartość znacznie obniżyła się na poletkach nawożonych, w porównaniu z poletkiem kontrolnym. Nie stwierdzono wpływu nawozów na zawartość azotu ogólnego w glebie. Pod wpływem wysokich dawek nawozów

zwiększyła się ilość, natomiast nie uległy zmianie pozostałe formy przyswajalne dla roślin (tab. 9).

Tabela 9. Zawartość form przyswajalnych dla roślin w glebie na badanej łące

Próba	P_2O_5	K_2O	Mg
	($mg \cdot 100g^{-1}$)		
PK 1	8,43	7,53	11,53
PK 2	7,31	9,32	12,87
PK 3	9,42	8,23	14,02
Ś.80a	6,41	8,32	17,53
Ś.80b	6,45	6,31	18,41
Ś.80c	8,63	8,53	21,97
Ś.140a	6,23	8,12	22,86
Ś.140b	7,42	9,23	19,78
Ś.140c	9,53	7,42	19,21
Ś.200a	10,42	3,86	18,64
Ś.200b	9,87	5,18	20,64
Ś.200c	10,98	4,82	21,43
K.80a	6,64	8,64	16,41
K.80b	7,53	9,24	19,64
K.80c	8,21	7,13	20,68
K.140a	7,64	3,86	21,93
K.140b	6,67	6,31	22,01
K.140c	7,78	8,91	19,42
K.200a	9,09	4,31	18,99
K.200b	10,23	7,42	19,30
K.200c	11,25	6,99	20,01

PK 1,2,3 – poletko kontrolne;
Ś. 80a, b, c – poletko z dawką 80 kg $N \cdot ha^{-1}$ obornika świńskiego;
Ś. 140a, b, c – poletko z dawką 140 kg $N \cdot ha^{-1}$ obornika świńskiego;
Ś. 200a, b, c – poletko z dawką 200 kg $N \cdot ha^{-1}$ obornika świńskiego;
K. 80a, b, c – poletko z dawką 80 kg $N \cdot ha^{-1}$ obornika koziego;
K. 140a, b, c – poletko z dawką 140 kg $N \cdot ha^{-1}$ obornika koziego;
K. 200a, b, c – poletko z dawką 200 kg $N \cdot ha^{-1}$ obornika koziego;

6.5. ANALIZA ROZTOCZY

6.5.1. Liczebność

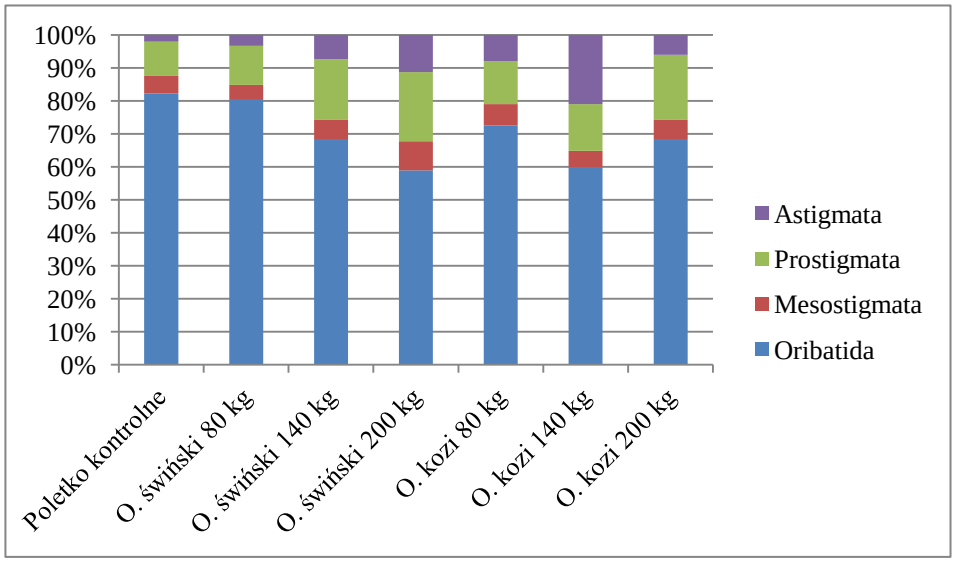
W doświadczeniu stwierdzono łącznie 21 154 roztocze, w tym 15 226 mechowców. Zastosowane nawożenie obornikiem, zarówno świńskim, jak i kozim, zredukowało średnią liczebność roztoczy. Wraz ze wzrostem dawki obu rodzajów nawozu nastąpił większy spadek liczebności roztoczy. Analogiczny wynik uzyskano dla mechowców, których najwyższą liczebność

zanotowano na poletku kontrolnym, a najniższą na poletkach nawożonych najwyższymi dawkami obornika (tab. 10). Prostigmata okazały się drugą, po Oribatida, grupą roztoczy pod względem liczebności (ryc. 9). Liczebność Prostigmata na wszystkich poletkach doświadczalnych utrzymywała się na podobnym poziomie, jedynie znaczący spadek ich liczebności odnotowano na poletku nawożonym dawką 200 kg N·ha^{-1} obornika koziego. Astigmata – trzecia pod względem liczebności grupa roztoczy – zareagowała wzrostem liczebności na poletkach nawożonych obornikiem świńskim oraz na poletkach ze średnią i wysoką dawką obornika koziego, w szczególności pod wpływem średniej dawki tego nawozu. Liczebność Mesostigmata kształtowała się w granicach do 0,8 tys. osobn.·m^{-2} na poletku z dawką 200 kg N·ha^{-1} obornika koziego do 2,5 tys. osobn.·m^{-2} na poletku kontrolnym.

Tabela 10. Średnia liczebność roztoczy (w tys. osobn.·m^{-2}) na badanych poletkach

Grupa roztoczy	PK	Obornik świński (kg N·ha^{-1})			Obornik kozi (kg N·ha^{-1})			ANOVA	
	-	80	140	200	80	140	200	F	*p*
Oribatida	38,6	28,1	18,1*^{a}	11,1*^{ab}	27,6^{bc}	19,9*^{c}	9,4*^{abde}	40,09	0,00
Mesostigmata	2,5	1,6*	1,6*	1,7*	2,5^{ab}	1,7*	0,8*^{abcde}	10,74	0,00
Prostigmata	4,9	4,1	4,8	4,0	4,9	4,7	2,7*^{bd}	2,52	0,03
Astigmata	1,0	1,2	2,0	2,1*	3,1*^{a}	7,0*^{abcd}	0,8^{cde}	19,39	0,00
Acari ogółem	47,0	35,0	26,5*	18,9*^{a}	38,0^{bc}	33,2^{c}	13,7*^{abde}	32,58	0,00

PK – Poletko kontrolne
Różnice istotne statystycznie przy $p \leq 0,05$ pomiędzy poletkami:
* 0 a I-VI; ^{a} I a II-VI; ^{b} II a III-VI; ^{c} III a IV-VI; ^{d} IV a V-VI; ^{e} V a VI



Ryc. 8. Udział procentowy wszystkich grup roztoczy na badanych poletkach

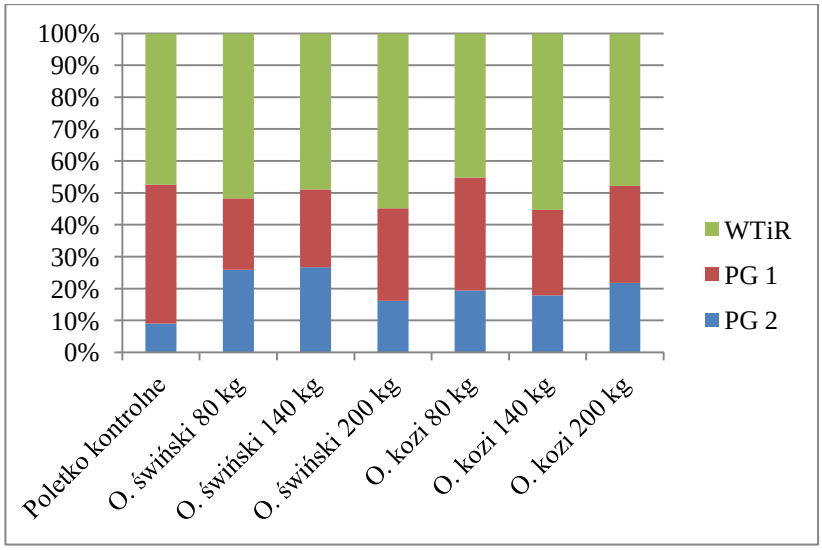
6.5.2. Rozmieszczenie pionowe

Rozmieszczenie pionowe wszystkich grup roztoczy kształtowało się podobnie (tab. 11). Zdecydowanie największą liczebność roztoczy (45-55%, ryc. 10) stwierdzono w warstwie traw i dolnych części roślin, a najniższą w drugim poziomie glebowym (9-27%). Analogicznie kształtowało się rozmieszczenie pionowe mechowców, które również najliczniej wystąpiły w warstwie traw i dolnych części roślin (43-53%, ryc. 11), a najmniej licznie w drugim poziomie gleby (9-26%). Na poletku kontrolnym, zarówno wśród wszystkich grup roztoczy, jak i spośród mechowców, znacząco mniej osobników odnotowano w drugim poziomie glebowym, w porównaniu do tego poziomu na nawożonych poletkach.

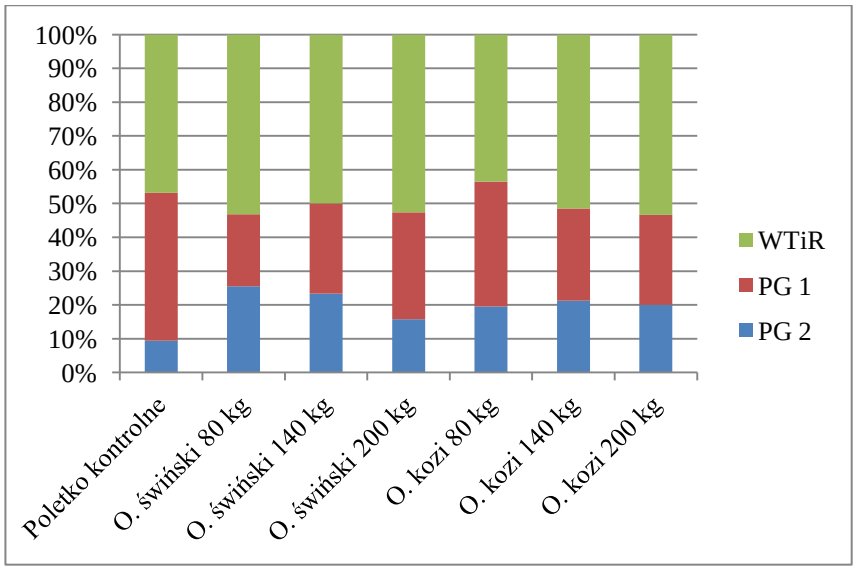
Tabela 11. Pionowe rozmieszczenie roztoczy (średnie zagęszczenie osobn.·100 cm^{-3}), WTiR – warstwa traw i dolnych części roślin, PG 1 – poziom glebowy głęb. 0-3 cm, PG 2 – poziom glebowy głęb. 3-6 cm, <1 – mniej niż 1 osobnik

Grupa roztoczy	Warstwa/ Poziom	PK	Obornik świński (kg N·ha^{-1})			Obornik kozi (kg N·ha^{-1})		
		-	80	140	200	80	140	200
Oribatida	WTiR	60	50	30	20	40	34	16
	PG 1	57	20	16	11	34	18	9
	PG 2	11	23	15	6	18	14	7
Mesostigmata	WTiR	4	3	2	2	3	3	1
	PG 1	4	1	1	2	4	1	1
	PG 2	1	2	2	1	1	1	1
Prostigmata	WTiR	7	5	7	7	6	9	3
	PG 1	7	4	4	3	6	4	4
	PG 2	2	4	5	3	4	3	2
Astigmata	WTiR	2	3	5	5	7	16	2
	PG 1	1	1	1	2	1	6	1
	PG 2	<1	<1	1	<1	2	1	1
Acari ogółem	WTiR	74	61	44	34	57	62	21
	PG 1	68	26	21	19	45	29	14
	PG 2	14	30	23	10	25	19	10

PK – Poletko kontrolne



Ryc. 9. Rozmieszczenie pionowe roztoczy (w %) na badanych poletkach; WTiR – warstwa traw i dolnych części roślin, PG 1 – poziom glebowy głęb. 0-3 cm, PG 2 – poziom glebowy głęb. 3-6 cm



Ryc. 10. Rozmieszczenie pionowe mechowców (w %) na badanych poletkach; WTiR – warstwa traw i dolnych części roślin, PG 1 – poziom glebowy głęb. 0-3 cm, PG 2 – poziom glebowy głęb. 3-6 cm

6.5.3. Sezonowa dynamika

Na poletku kontrolnym liczebność większości grup roztoczy kształtowała się podobnie w poszczególnych okresach (tab. 12, ryc. 12). Nawożenie najwyższą dawką obornika koziego spowodowało znaczny wzrost liczebności roztoczy wiosną, a spadek w okresie letnim i jesiennym. Zastosowanie najwyższej dawki obornika świńskiego zwiększyło liczebność roztoczy jesienią, a zmniejszyło latem, wiosną zaś pozostała prawie bez zmian.

Najliczniejsze ze wszystkich grup roztoczy były mechowce, stąd ich największy wpływ na ukształtowaniu sezonowej dynamiki ogółu Acari. Na poletku kontrolnym Oribatida i Astigmata najliczniej wystąpiły jesienią, a Mesostigmata i Prostigmata w okresie wiosennym. Na nawożonych poletkach najwyższą liczebność Oribatida i Acari przeważnie obserwowano wiosną (za wyjątkiem poletka nawożonego obornikiem świńskim w dawce 140 kg $N \cdot ha^{-1}$, gdzie była ona najwyższa jesienią), a najniższą, latem (tab. 12, ryc. 13). Na pozostałych poletkach wykazano wzrost liczebności jesienią i wiosną, a spadek latem.

Tabela 12. Liczebność roztoczy (w tys. osobn.$\cdot m^{-2}$) w poszczególnych okresach, istotność różnic pomiędzy okresami oraz istotność różnic pomiędzy poletkami dla poszczególnych taksonów

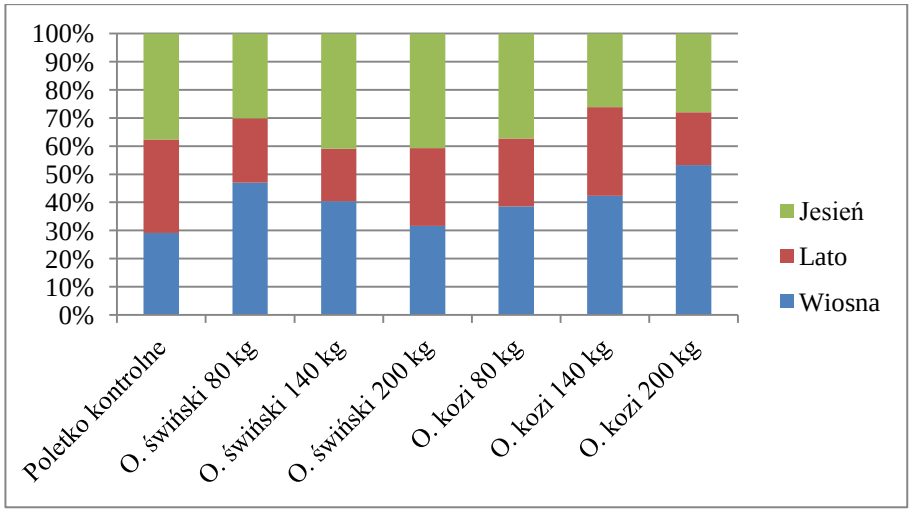
Grupa roztoczy	PK	Obornik świński (kg $N \cdot ha^{-1}$)			Obornik kozi (kg $N \cdot ha^{-1}$)			ANOVA	
	-	80	140	200	80	140	200	F	*p*
wiosna									
Oribatida	31,4	41,2	21,6^{a}	12,6*^{ab}	34,7^{c}	25,2^{ac}	15,9*^{abde}	15,48	0,00
Mesostigmata	3,0	2,6	2,8	2,0	2,5	2,1	1,3*^{b}	3,08	0,01
Prostigmata	6,4	5,4	7,0	3,4	6,6	5,6	4,5	1,84	0,11
Astigmata	0,2	0,2	0,8	0,1	0,2	0,2	0,2	1,03	0,42
Acari ogółem	41,0	49,3	32,1	17,9*^{ab}	44,0^{c}	33,0^{c}	21,9*^{ad}	12,35	0,00
lato									
Oribatida	41,8	19,9^{1}*	10,4^{1}*^{a}	8,7*^{a}	20,0*^{bc}	20,0*^{bc}	5,1^{1}*^{abde}	28,01	0,00
Mesostigmata	1,9	1,0	0,6^{1}*	1,1	2,3^{bc}	1,5	0,5*^{d}	6,05	0,00
Prostigmata	2,7	2,2	3,1	5,3	4,0	2,8	1,7^{1cd}	3,43	0,01
Astigmata	0,4	1,0	0,7	0,6	1,2	0,3	0,4	2,70	0,21
Acari ogółem	46,8	24,1*	14,8*	15,7*	27,5^{bc}	24,6*^{b}	7,7*^{abcde}	21,96	0,00
jesień									
Oribatida	42,7	23,2	22,4^{2}*	12,2*^{ab}	28,0^{c}	16,5*^{d}	7,0^{1}*^{abde}	22,01	0,00
Mesostigmata	2,7	1,2^{d}	1,3	1,9	2,7^{a}	1,0	0,7*^{cd}	5,43	0,00
Prostigmata	5,5	4,9	4,4	3,3	4,1	2,4	1,9*^{abde}	5,48	0,00
Astigmata	2,3^{1}	2,4^{1}	4,4^{12}	5,7^{12}*	7,8^{12}*^{a}	0,5^{12}*^{abcd}	1,9^{12cde}	17,61	0,00
Acari ogółem	53,2	31,7	32,5	23,1*	42,6^{c}	20,5^{c}	11,5*^{abcde}	18,52	0,00

PK – Poletko kontrolne

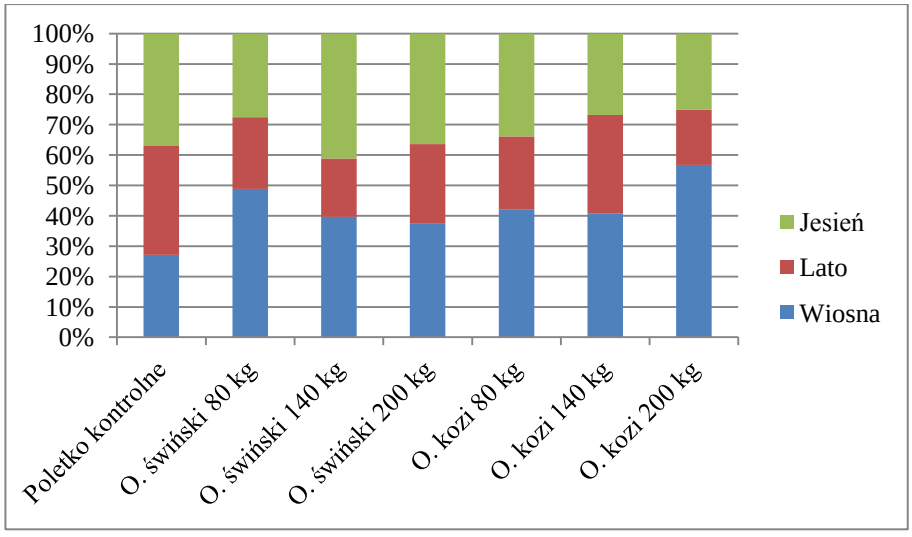
Różnice istotne statystycznie przy $p \leq 0,05$ pomiędzy okresami:

^{1} wiosną a latem, jesienią; ^{2} latem a jesienią

Różnice istotne statystycznie przy $p \leq 0,05$ pomiędzy poletkami:
* 0 a I-VI; ^{a} I a II-VI; ^{b} II a III-VI; ^{c} III a IV-VI; ^{d} IV a V-VI; ^{e} V a VI



Ryc. 11. Procentowy rozkład liczebności roztoczy w trzech okresach na badanych poletkach



Ryc. 12. Procentowy rozkład liczebności mechowców w trzech okresach na badanych poletkach

Szczególnie duży wpływ na dynamikę sezonową mechowców wywarło nawożenie najwyższą dawką obornika koziego, których liczebność w okresie jesiennym stanowiła ponad 1/2 liczebności ze wszystkich 3 badanych okresów. We wszystkich okresach najwięcej istotnych różnic pomiędzy poletkami odnotowano w przypadku mechowców.

6.6. ANALIZA GATUNKOWA MECHOWCÓW

6.6.1. Skład gatunkowy

Zastosowane nawożenie obornikiem świńskim znacząco wpłynęło na liczbę gatunków mechowców (tab. 13) – najmniejsza dawka spowodowała wzrost liczby gatunków o 25%, a największa spadek o 25%, a różnica liczby gatunków na tych poletkach wyniosła aż 8. Łącznie stwierdzono 27 gatunków mechowców na badanych poletkach, z których 14 wystąpiło na każdym poletku. Najmniej gatunków (16) mechowców wystąpiło na poletku nawożonym najwyższą dawką obornika świńskiego, a najwięcej (24) stwierdzono na poletku, na którym zastosowano najniższą dawkę obornika świńskiego. Nawożenie obornikiem kozim we wszystkich 3 dawkach zwiększyło liczbę gatunków mechowców o 2-3 w stosunku do poletka kontrolnego.

6.6.2. Liczebność

Większość mechowców nie zareagowała na najmniejszą dawkę nawozu, jednak zareagowała negatywnie na średnie i wysokie dawki (tab. 13). U niektórych gatunków Oribatida nastąpił nieznaczny wzrost liczebności pod wpływem najmniejszej dawki obornika świńskiego – np. u *Achipteria coleoptrata* (Linnaeus, 1758), *Eupelops occultus* (C.L. Koch, 1835), *Oppiella nova* (Oudemans, 1902) czy *Pantelozetes paolii* (Oudemans, 1913) oraz obornika koziego – np. u *Achipteria coleoptrata*, *Liebstadia humerata* Sellnick, 1928 i *Oppiella nova*. *Scheloribates laevigatus* wystąpił najliczniej na poletku kontrolnym, następnie liczebność tego gatunku sukcesywnie malała wraz ze wzrostem dawki obornika, zarówno koziego, jak i świńskiego. Analogicznie, jak *S. laevigatus* zareagowały na zastosowane nawożenie *Galumna obvia* (Berlese, 1915) oraz *Parachipteria bella* (Sellnick, 1928). Bardzo wrażliwym gatunkiem na każdą dawkę obu rodzajów obornika okazał się *Hypochthonius luteus* Oudemans, 1917, który najliczniej wystąpił tylko na poletku kontrolnym. Z kolei, stwierdzono pozytywny wpływ nawożenia najwyższą dawką obornika świńskiego i koziego na *Platynothrus peltifer*, który na tych poletkach zwiększył swoją liczebność ponad 2-krotnie w stosunku do poletka nienawożonego.

Tabela 13. Średnia liczebność mechowców (*A* w tys. osobn.·m^{-2}), wskaźnik dominacji (*D*, w %), stałości występowania (*C*, w %) i liczba gatunków (*S*) na badanych poletkach, + – mniej niż 100 osobn.·m^{-2}

Gatunek mechowca		PK	Obornik świński (kg N·ha^{-1})			Obornik kozi (kg N·ha^{-1})			ANOVA	
		-	80	140	200	80	140	200	F	*p*
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Achipteria coleoptrata (Linnaeus, 1758)	*A*	2,5	2,6	1,4*^{a}	0,7*^{a}	2,9^{bc}	1,8^{cd}	0,9*^{ade}	19,79	0,00
	D	7,5	10,3	6,7	5,8	11,7	9,4	9,4		
	C	95	93	72	50	93	87	58		
Ceratozetes gracilis (Michael, 1884)	*A*	1,5	1,0	0,5*	+*^{ab}	0,5*^{c}	0,3^{a}	0,2*^{a}	15,69	0,00
	D	4,2	3,4	2,9	0,5	1,8	1,4	1,1		
	C	67	63	37	10	40	33	15		
Damaeus onustus C.L. Koch, 1844	*A*	0,1	0,1	+	+	0,1	+	-*^{d}	3,8	0,00
	D	0,4	0,4	0,2	0,1	0,4	0,2	-		
	C	13	13	7	2	17	5	-		
Dissorhina ornata (Oudemans, 1900)	*A*	-	+	+	-	0,2	+	-	2,31	0,04
	D	-	0,1	0,1	-	0,5	0,1	-		
	C	-	5	3	-	7	2	-		
Eniochthonius minutissimus (Berlese, 1903)	*A*	+	+	-	-	+	+	+	0,97	0,45
	D	0,1	0,1	-	-	0,1	-	0,2		
	C	3	3	-	-	5	2	3		
Eupelops occultus (C.L. Koch, 1835)	*A*	6,1	7,3	3,7^{a}	1,6*^{ab}	4,9^{c}	5,1^{c}	2,0*^{abde}	17,36	0,00
	D	16,4	23,1	20,9	14,6	16,9	25,1	18,0		
	C	97	100	82	78	98	97	77		
Galumna obvia (Berlese, 1915)	*A*	4,3	2,7	1,5*	0,3*^{ab}	2,9^{c}	1,8*^{c}	0,2*^{abde}	41,43	0,00
	D	12,2	10,0	7,9	1,7	10,7	8,3	2,2		
	C	100	93	72	25	93	77	2,2		
Hypochthonius luteus Oudemans, 1917	*A*	4,1	+*	-*	+*	+*	+*	-*	32,37	0,00
	D	7,0	0,2	-	0,1	0,2	0,1	-		
	C	38	12	-	2	7	2	-		
Liebstadia humerata Sellnick, 1928	*A*	0,5	0,3	0,4	0,1	1,3*^{abc}	0,5^{d}	0,1*^{de}	12,33	0,00
	D	1,4	0,9	1,6	1,4	5,1	2,6	0,7		
	C	45	27	25	15	75	42	10		
L. similis (Michael, 1888)	*A*	4,0	2,5	2,3	1,4*	3,2^{c}	2,2	0,7*^{abde}	14,08	0,00
	D	10,7	9,4	11,7	11,8	11,6	11,4	6,6		
	C	100	92	80	72	90	85	50		
Malaconothrus monodactylus (Michael, 1888)	*A*	0,12	+	+*	0,2*	0,1	+*	0,1*	2,43	0,04
	D	0,3	0,3	0,2	1,5	0,4	-	1,4		
	C	13	12	3	18	12	2	17		
Metabelba pulverosa Strenzke, 1953	*A*	0,2	0,1	+	-	0,1	+	+	7,19	0,00
	D	0,5	0,3	0,1	-	0,3	0,2	0,2		
	C	25	13	2	-	12	3	2		
Nanhermannia comitalis Berlese, 1916	*A*	-	+	-	-	-	-	+	1,56	0,17
	D	-	0,1	-	-	-	-	0,2		
	C	-	3	-	-	-	-	2		
N. nana (Nicolet, 1855)	*A*	0,5	+	+*	+*	0,2	+*	+*	3,05	0,01
	D	0,8	0,3	0,2	0,5	0,7	0,2	0,7		
	C	17	10	5	7	15	5	5		
Nothrus palustris C.L. Koch, 1839	*A*	+	+	+	+	0,5*^{abc}	+^{d}	0,1^{d}	5,24	0,00
	D	0,2	-	0,2	0,5	1,6	0,2	1,8		
	C	7	2	5	5	23	8	13		
Oppiella nova (Oudemans, 1902)	*A*	+	0,1	+	+	0,1	0,1	+	2,42	0,36
	D	0,2	0,4	-	0,1	0,5	0,5	0,1		
	C	12	15	2	2	13	17	2		
O. subpectinata (Oudemans, 1900)	*A*	-	+	-	-	-	-	+	1,56	0,17
	D	-	0,1	-	-	-	-	0,1		
	C	-	3	-	-	-	-	2		

C.d. Tabeli 13.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Oribatula exilis (Nicolet, 1855)	*A*	-	-	-	-	-	-	+	1,0	0,43
	D	-	-	-	-	-	-	0,11		
	C	-	-	-	-	-	-	2		
Pantelozetes paolii (Oudemans, 1913)	*A*	1,1	1,2	0,7	-*^{ab}	0,8^{c}	0,7^{c}	0,2*^{abd}	13,68	0,00
	D	3,5	4,3	4,0	-	2,7	3,3	1,8		
	C	63	72	55	-	40	47	22		
Parachipteria bella (Sellnick, 1928)	*A*	1,3	0,5	+	+	1,1	0,2	+	12,25	0,00
	D	3,1	1,9	0,4	0,6	3,5	0,8	0,4		
	C	67	43	12	8	48	22	8		
Phauloppia lucorum (C.L. Koch, 1841)	*A*	+	+	+	-	0,1*^{bc}	+	+^{d}	3,16	0,01
	D	-	0,1	0,1	-	0,6	0,2	0,1		
	C	2	3	2	-	12	5	2		
Platynothrus peltifer (C.L. Koch, 1839)	*A*	0,3	0,1	0,2	0,6^{ab}	0,2^{c}	0,4	0,8*^{abd}	8,4	0,00
	D	0,7	0,3	0,9	5,8	0,6	2,1	11,3		
	C	22	15	17	55	22	43	48		
P. thori (Berlese, 1904)	*A*	-	-	-	-	-	-	+	1	0,43
	D	-	-	-	-	-	-	0,1		
	C	-	-	-	-	-	-	2		
Scheloribates laevigatus (C.L. Koch, 1835)	*A*	11,1	8,4	6,6*	5,3*^{a}	7,7	5,7*	3,4*^{abcde}	16,46	0,00
	D	28,9	30,7	37,9	47,3	28,4	28,8	36,6		
	C	98	100	98	97	98	100	87		
Sellnickochthonius hungaricus (Balogh, 1943)	*A*	-	-	+	-	+	+	-	1,32	0,26
	D	-	-	0,1	-	-	-	-		
	C	-	-	3	-	12	2	-		
Tectocepheus velatus (Michael, 1880)	*A*	-	+*	-^{a}	-^{a}	-^{a}	-^{a}	+	2,7	0,02
	D	-	0,2	-	-	-	-	0,2		
	C	-	5	-	-	-	-	2		
Trichoribates novus (Sellnick, 1928)	*A*	0,9	0,9	0,6	0,8	0,5	0,9	0,5^{e}	2,91	0,01
	D	2,1	3,3	4,1	7,7	1,9	,	6,6		
	C	53	62	47	62	52	63	45		
Liczba gatunków	*S*	20	24	20	16	22	22	23		

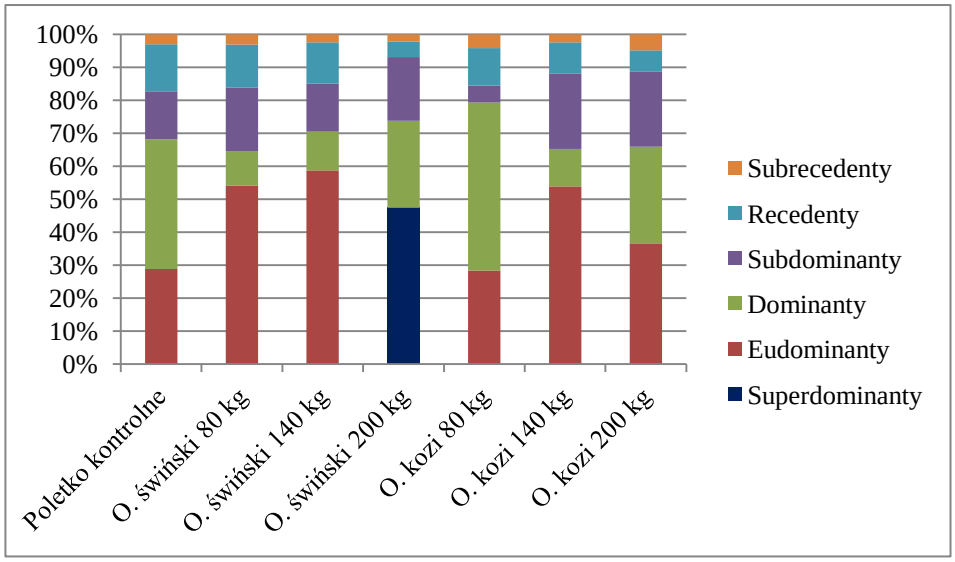
PK – Poletko kontrolne

Różnice istotne statystycznie przy $p \leq 0,05$ pomiędzy poletkami:
* 0 a I-VI; ^{a} I a II-VI; ^{b} II a III-VI; ^{c} III a IV-VI; ^{d} IV a V-VI; ^{e} V a VI

6.6.3. Struktura dominacji

Tylko na jednym poletku – nawożonym najwyższą dawką obornika świńskiego – stwierdzono wystąpienie superdominanta ($D > 40$), którym okazał się najliczniejszy w całych badaniach spośród mechowców – *Scheloribates laevigatus* (tab. 14). Na pozostałych poletkach gatunek ten zakwalifikował się do klasy eudominantów ($20 < D \leq 40$), osiągając dominację rzędu 29-38% (tab. 14 i 15). Ponadto, do klasy eudominantów na 3 poletkach należał *Eupelpos occultus*, który na pozostałych 4 poletkach okazał się dominantem ($10 < D \leq 20$) i którego dominacja na wszystkich poletkach kształtowała się na poziomie 15-25%. Do dominantów należały także *Liebstadia similis* (aż na 5 poletkach), *Galumna obvia* (na 3 poletkach), *Achipteria coleoptrata* (na 2 poletkach) i *Platynothrus peltifer* (na 1 poletku). Najwięcej subdominantów ($5 < D \leq 10$) (3 gatunki) zanotowano na poletkach nawożonych najwyższą dawką obornika

świńskiego i koziego. Do klasy recedentów ($1 < D \leq 5$) zakwalifikowano od 3 do 5 gatunków, z czego aż na 7 poletkach były to *Ceratozetes gracilis* (Michael, 1884) i *Pantelozetes paolii*. Subrecedenty ($D \leq 1$) to najbogatsza w gatunki klasa dominacji mechowców w przeprowadzonym doświadczeniu, a ich liczba wynosiła od 7 gatunków na poletku z dawką 200 kg $N \cdot ha^{-1}$ obornika świńskiego, do 15 gatunków na poletku nawożonym 80 kg $N \cdot ha^{-1}$ tego obornika. Co ciekawe, na poletkach nawożonych obornikiem świńskim, liczba subrecedentów była dużo wyższa niż na poletku kontrolnym i sukcesywnie malała wraz z dawką, aby przy najwyższej dawce osiągnąć niższą wartość niż na nienawożonym poletku. Natomiast na poletkach z obornikiem kozim sytuacja kształtowała się odwrotnie – liczba gatunków należących do klasy subrecedentów regularnie zwiększała się, w porównaniu do poletka kontrolnego, już od najniższej dawki nawozu. Procentowy udział poszczególnych klas dominacji zmieniał się pod wpływem nawożenia w przypadku superdominantów, eudomiantów, dominantów i subdominantów, jednakże nie ulegał większym zmianom w przypadku recedentów i subrecedentów, za wyjątkiem poletek nawożonych najwyższymi dawkami obornika koziego i świńskiego, na których nastąpił ponad 2-krotny spadek klasy recedentów (ryc. 14).



Ryc. 13. Udział poszczególnych klas dominacji mechowców na badanych poletkach

Tabela 14. Struktura dominacji mechowców na poletku kontrolnym i poletkach nawożonych obornikiem świńskim

Poletko kontrolne (PK)	Obornik świński (kg N·ha^{-1})		
-	80	140	200
Superdominanty ($D > 40,0$)			
-	-	-	*S. laevigatus* 47,3
Eudominanty ($20,0 < D \leq 40,0$)			
S. laevigatus 28,9	*E. occultus* 23,1 *S. laevigatus* 30,7	*E. occultus* 20,9 *S. laevigatus* 37,9	-
Dominanty ($10,0 < D \leq 20,0$)			
E. occultus 16,4 *G. obvia* 12,2 *L. similis* 10,7	*A. coleoptrata* 10,3	*L. similis* 11,7	*E. occultus* 14,6 *L. similis* 11,8
Subdominanty ($5,0 < D \leq 10,0$)			
A. coleoptrata 7,5 *H. luteus* 7,0	*G. obvia* 10,0 *L. similis* 9,4	*A. coleoptrata* 6,7 *G. obvia* 7,9	*A. coleoptrata* 5,8 *P. peltifer* 5,8 *T. novus* 7,7
Recedenty ($1,0 < D \leq 5,0$)			
C. gracilis 4,2 *L. humerata* 1,4 *P. paolii* 3,5 *P. bella* 3,1 *T. novus* 2,1	*C. gracilis* 3,4 *P. paolii* 4,3 *P. bella* 1,9 *T. novus* 3,3	*C. gracilis* 2,9 *L. humerata* 1,6 *P. paolii* 4,0 *T. novus* 4,1	*G. obvia* 1,7 *L. humerata* 1,4 *M. monodactylus* 1,5
Subrecedenty ($D \leq 1,0$)			
D. onustus 0,4 *E. minutissimus* 0,1 *M. monodactylus* 0,3 *M. pulverosa* 0,5 *N. nana* 0,8 *N. palustris* 0,2 *O. nova* 0,2 *P. lucorum* <0,1 *P. peltifer* 0,7	*D. onustus* 0,4 *D. ornata* 0,1 *E. minutissimus* 0,1 *H. luteus* 0,2 *L. humerata* 0,9 *M. monodactylus* 0,3 *M. pulverosa* 0,3 *N. comitalis* 0,1 *N. nana* 0,3 *N. palustris* <0,1 *O. nova* 0,4 *O. subpectinata* 0,1 *P. lucorum* 0,1 *P. peltifer* 0,3 *T. velatus* 0,2	*D. onustus* 0,2 *D. ornata* 0,1 *M. monodactylus* 0,2 *M. pulverosa* 0,1 *N. nana* 0,2 *N. palustris* 0,2 *O. nova* <0,1 *P. bella* 0,4 *P. lucorum* 0,1 *P. peltifer* 0,9 *S. hungaricus* 0,1	*C. gracilis* 0,5 *D. onustus* 0,1 *H. luteus* 0,1 *N. nana* 0,5 *N. palustris* 0,5 *O. nova* 0,1 *P. bella* 0,6

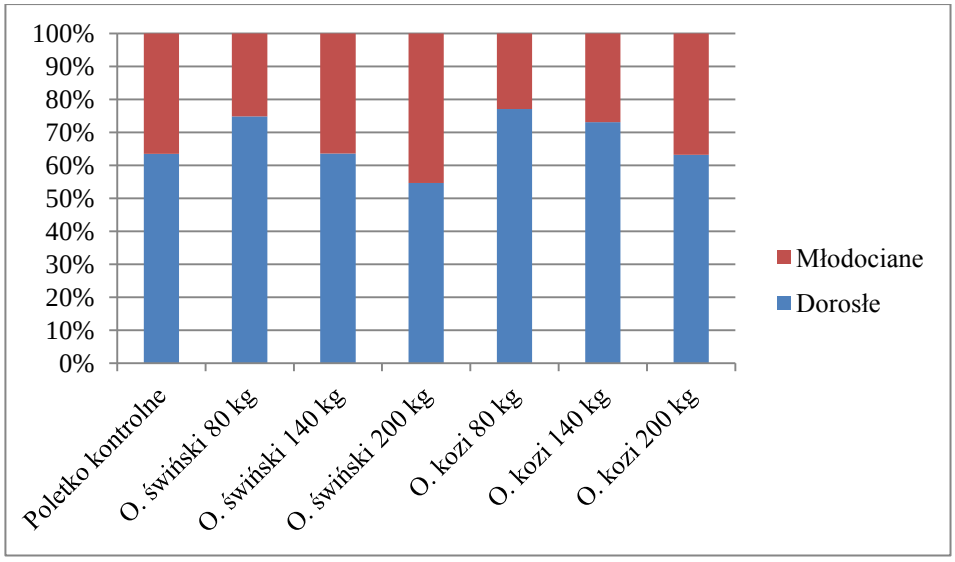
Tabela 15. Struktura dominacji mechowców na poletku kontrolnym i poletkach nawożonych obornikiem kozim

Poletko kontrolne (PK)	Obornik kozi (kg N·ha^{-1})		
-	80	140	200
Eudominanty (20,0 < *D* ≤ 40,0)			
S. laevigatus 28,9	*S. laevigatus* 28,4	*E. occultus* 25,1 *S. laevigatus* 28,8	*S. laevigatus* 36,6
Dominanty (10,0 < *D* ≤ 20,0)			
E. occultus 16,4 *G. obvia* 12,2 *L. similis* 10,7	*A. coleoptrata* 11,7 *E. occultus* 16,9 *G. obvia* 10,7 *L. similis* 11,6	*L. similis* 11,4	*E. occultus* 18,0 *P. peltifer* 11,3
Subdominanty (5,0 < *D* ≤ 10,0)			
A. coleoptrata 7,5 *H. luteus* 7,0	*L. humerata* 5,1	*A. coleoptrata* 9,4 *G. obvia* 8,3 *T. novus* 5,2	*A. coleoptrata* 9,4 *L. similis* 6,6 *T. novus* 6,6
Recedenty (1,0 < *D* ≤ 5,0)			
C. gracilis 4,2 *L. humerata* 1,4 *P. paolii* 3,5 *P. bella* 3,1 *T. novus* 2,1	*C. gracilis* 1,8 *N. palustris* 1,6 *P. paolii* 2,7 *P. bella* 3,5 *T. novus* 1,9	*C. gracilis* 1,4 *L. humerata* 2,6 *P. paolii* 3,3 *P. peltifer* 2,1	*C. gracilis* 1,1 *G. obvia* 2,2 *M. monodactylus* 1,4 *P. paolii* 1,8
Subrecedenty (*D* ≤ 1,0)			
D. onustus 0,4 *E. minutissimus* 0,1 *M. monodactylus* 0,3 *M. pulverosa* 0,5 *N. nana* 0,8 *N. palustris* 0,2 *O. nova* 0,2 *P. lucorum* <0,1 *P. peltifer* 0,7	*D. onustus* 0,4 *D. ornata* 0,5 *E. minutissimus* 0,1 *H. luteus* 0,2 *M. monodactylus* 0,4 *M. pulverosa* 0,3 *N. nana* 0,7 *O. nova* 0,5 *P. lucorum* 0,6 *P. peltifer* 0,6 *S. hungaricus* <0,1	*D. onustus* 0.2 *D. ornata* 0,1 *E. minutissimus* <0,1 *H. luteus* 0,1 *M. monodactylus* <0,1 *M. pulverosa* 0,2 *N. nana* 0,2 *N. palustris* 0,2 *O. nova* 0,5 *P. bella* 0,8 *P. lucorum* 0,2 *S. hungaricus* <0,1	*E. minutissimus* 0,2 *L. humerata* 0,7 *M. pulverosa* 0,2 *N. comitalis* 0,2 *N. nana* 0,7 *N. palustris* 1,8 *O. nova* 0,1 *O. subpectinata* 0,1 *O. exilis* 0,1 *P. bella* 0,4 *P. lucorum* 0,1 *P. thori* 0,1 *T. velatus* 0,2

6.6.4. Struktura wiekowa

Na wszystkich badanych poletkach osobniki dorosłe przeważały nad młodocianymi (ryc. 15). Wraz z większą dawką zastosowanego obornika, zarówno świńskiego, jak i koziego, udział form młodocianych zwiększał się, a osobników dorosłych malał. Szczególnie widoczne jest to na poletkach nawożonych dawką 200 kg N·ha^{-1} obydwu rodzajów zastosowanego nawozu naturalnego, na których wyraźnie widać negatywną reakcję osobników dorosłych i pozytywną form juwenilnych.

U niewielu gatunków mechowców stwierdzono dominację osobników młodocianych nad dorosłymi (tab. 16). U *Nothrus palustris* C.L. Koch, 1839 wystąpiła przewaga form juwenilnych nad dorosłymi na wszystkich badanych poletkach, a u *Trichoribates novus* (Sellnick, 1928) na 6 z 7 poletek. Ponadto, zaobserwowano przewagę osobników młodocianych nad dorosłymi na 4 poletkach u *Platynothrus peltifer*, na 3 poletkach u *Hypochthonius luteus*, *Liebstadia similis* i *Parachipteria bella*. U najliczniejszego gatunku spośród mechowców w całym doświadczeniu – *Scheloribates laevigatus*, jedynie na poletku nawożonym najwyższą dawką obornika świńskiego stwierdzono nieznaczną przewagę form młodocianych nad dorosłymi, na pozostałych poletkach to osobniki dorosłe dominowały nad juwenilnymi.



Ryc. 14. Procentowy udział osobników dorosłych i młodocianych mechowców na badanych poletkach

Tabela 16. Średnia liczebność (w tys. osobn.·m^{-2}) osobników dorosłych i młodocianych mechowców (r – razem, d – dorosłe, m – młodociane)

Gatunek mechowca		PK	Obornik świński (kg N·ha^{-1})			Obornik kozi (kg N·ha^{-1})		
		-	80	140	200	80	140	200
1	2	3	4	5	6	7	8	9
A. coleoptrata	m	0,24	0,23	0,20	0,07	0,23	0,06	0,10
	d	2,21	2,40	1,15	0,60	2,69	1,69	0,83
	r	2,45	2,63	1,35	0,67	2,92	1,75	0,93
C. gracilis	m	-	0,02	-	-	-	-	-
	d	1,45	0,93	0,51	0,06	0,51	0,31	0,17
	r	1,45	0,95	0,51	0,06	0,51	0,31	0,17
D. onustus	m	0,05	0,04	0,04	-	0,03	0,01	-
	d	0,08	0,06	0,01	0,01	0,10	0,02	-
	r	0,13	0,10	0,05	0,01	0,13	0,03	-
D. ornata	m	-	-	-	-	-	-	-
	d	-	0,03	0,03	-	0,16	0,02	-
	r	-	0,03	0,03	-	0,16	0,02	-
E. minutissimus	m	-	-	-	-	-	-	0,03
	d	0,02	0,02	-	-	0,03	0,01	0,01
	r	0,02	0,02	-	-	0,03	0,01	0,04
E. occultus	m	0,87	0,67	0,54	0,24	0,57	0,45	0,32
	d	5,23	6,59	3,20	1,33	4,34	4,67	1,64
	r	6,10	7,26	3,74	1,58	4,92	5,12	1,96
G. obvia	m	1,12	0,55	0,35	0,13	0,66	0,34	0,03
	d	3,13	2,17	1,12	0,13	2,24	1,41	0,14
	r	4,25	2,72	1,47	0,26	2,90	1,76	0,17
H. luteus	m	2,93	0,03	-	-	0,07	0,01	-
	d	1,19	0,04	-	0,01	0,01	-	-
	r	4,12	0,07	-	0,01	0,08	0,01	-
L. humerata	m	0,19	0,06	0,21	0,07	0,29	0,11	0,03
	d	0,35	0,20	0,14	0,06	1,04	0,41	0,09
	r	0,54	0,26	0,35	0,13	1,33	0,52	0,12
L. similis	m	1,52	1,22	1,57	0,94	0,98	0,93	0,43
	d	2,46	1,30	0,75	0,44	2,22	1,30	0,22
	r	3,97	2,53	2,32	1,38	3,20	2,24	0,65
M. monodactylus	m	0,06	0,05	0,01	0,07	0,09	0,01	0,06
	d	0,06	0,02	0,01	0,09	0,02	-	0,06
	r	0,12	0,07	0,02	0,16	0,11	0,01	0,12
M. pulverosa	m	0,02	0,01	-	-	0,00	0,01	-
	d	0,18	0,09	0,01	-	0,10	0,02	0,01
	r	0,20	0,10	0,01	-	0,10	0,03	0,01
N. comitalis	m	-	-	-	-	-	-	0,01
	d	-	0,02	-	-	-	-	-
	r	-	0,02	-	-	-	-	0,01
N. nana	m	0,21	0,04	0,01	0,03	0,07	0,01	0,01
	d	0,27	0,03	0,04	0,01	0,09	0,03	0,02
	r	0,48	0,07	0,05	0,04	0,16	0,04	0,03

C.d. Tabeli 16.

1	2	3	4	5	6	7	8	9
N. palustris	m	0,04	0,01	0,02	0,04	0,37	0,04	0,07
	d	0,01	-	0,01	-	0,11	0,01	0,03
	r	0,05	0,01	0,03	0,04	0,48	0,05	0,10
O. nova	m	-	-	-	-	-	-	-
	d	0,08	0,14	0,01	0,01	0,13	0,11	0,02
	r	0,08	0,14	0,01	0,01	0,13	0,11	0,02
O. subpectinata	m	-	-	-	-	-	-	-
	d	-	0,02	-	-	-	-	0,01
	r	-	0,02	-	-	-	-	0,01
O. exilis	m	-	-	-	-	-	-	-
	d	-	-	-	-	-	-	0,01
	r	-	-	-	-	-	-	0,01
P. paolii	m	0,07	-	0,04	-	0,14	0,06	0,02
	d	1,04	1,18	0,69	-	0,66	0,59	0,22
	r	1,11	1,18	0,73	-	0,80	0,65	0,24
P. bella	m	0,34	0,03	0,06	0,03	0,42	0,04	0,03
	d	0,91	0,46	0,03	0,03	0,68	0,12	0,03
	r	1,25	0,49	0,09	0,06	1,10	0,16	0,06
P. lucorum	m	-	-	-	-	-	-	-
	d	0,01	0,02	0,01	-	0,14	0,05	0,01
	r	0,01	0,02	0,01	-	0,14	0,05	0,01
P. peltifer	m	0,25	0,10	0,11	0,22	0,11	0,15	0,30
	d	0,03	0,01	0,05	0,37	0,06	0,28	0,51
	r	0,28	0,11	0,16	0,59	0,17	0,43	0,81
P. thori	m	-	-	-	-	-	-	-
	d	-	-	-	-	-	-	0,01
	r	-	-	-	-	-	-	0,01
S. laevigatus	m	5,51	3,40	3,00	2,69	2,03	2,33	1,66
	d	5,60	4,96	3,57	2,65	5,62	3,34	1,74
	r	11,11	8,36	6,57	5,34	7,65	5,67	3,39
S. hungaricus	m	-	-	-	-	-	-	-
	d	-	-	0,03	-	0,01	0,01	-
	r	-	-	0,03	-	0,01	0,01	-
T. velatus	m	-	0,01	-	-	-	-	-
	d	-	0,02	-	-	-	-	0,01
	r	-	0,03	-	-	-	-	0,01
T. novus	m	0,68	0,60	0,43	0,53	0,25	0,78	0,34
	d	0,19	0,29	0,16	0,25	0,26	0,15	0,12
	r	0,87	0,89	0,59	0,78	0,51	0,93	0,46

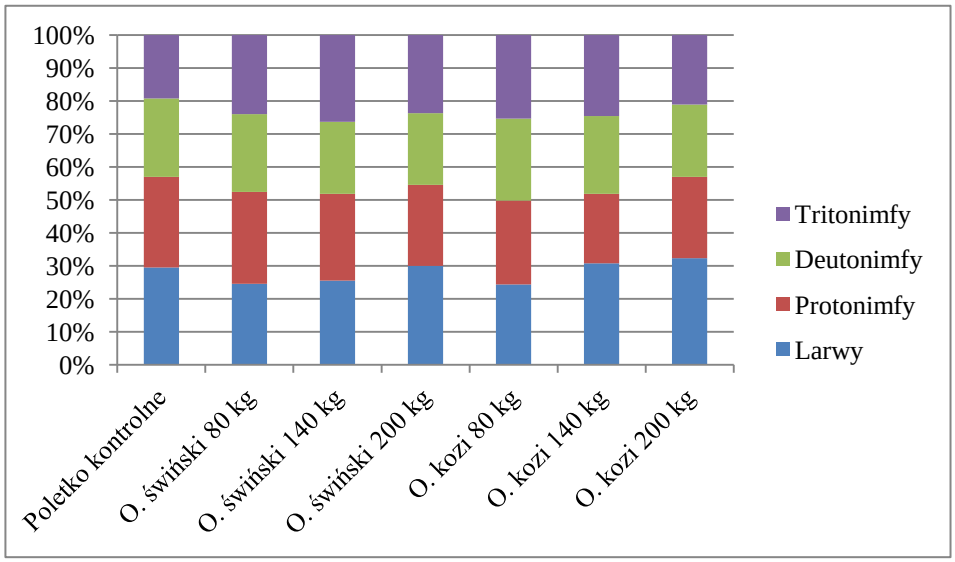
PK – Poletko kontrolne

Spośród stadiów młodocianych mechowców na większości badanych powierzchni przeważały larwy, a następnie kolejno, protonimfy, deutonimfy i najmniej liczne były tritonimfy (tab. 17, ryc. 16). Na poletku kontrolnym oraz na poletku nawożonym średnią i wysoką dawką obornika koziego oraz wysoką dawką obornika świńskiego, różnice w liczebności larw i tritonimf były

najbardziej widoczne i wahały się w granicach 27-34%, natomiast na pozostałych poletkach wartości te wyniosły 4-17%.

Tabela 17. Średnie zagęszczenie (w tys. osobn.·m^{-2}) stadiów młodocianych mechowców na badanych poletkach

Stadium młodociane	Poletko kontrolne	Obornik świński (kg N·ha^{-1})			Obornik kozi (kg N·ha^{-1})		
Oribatida	-	80	140	200	80	140	200
Larwa	3,99	1,74	1,69	1,53	1,48	1,65	1,09
Protonimfa	3,72	1,98	1,74	1,25	1,54	1,13	0,83
Deutonimfa	3,22	1,67	1,45	1,11	1,51	1,26	0,74
Tritonimfa	2,60	1,70	1,74	1,21	1,54	1,32	0,71



Ryc. 15. Procentowy udział stadiów młodocianych mechowców na badanych poletkach

6.6.5. Rozmieszczenie pionowe

Poszczególne gatunki mechowców zazwyczaj występowały najliczniej w warstwie traw i dolnych części roślin, a następnie w pierwszym poziomie glebowym. Najuboższą faunę stwierdzono w drugim poziomie gleby, co jest typowe dla akarofauny łąkowej (tab. 18).

Tabela 18. Pionowe rozmieszczenie mechowców (średnie zagęszczenie osobn. w 100 cm^3), WTiR – warstwa traw i dolnych części roślin, PG 1 – poziom glebowy głęb. 0-3 cm, PG 2 – poziom glebowy głęb. 3-6 cm, <1 – mniej niż 1 osobn. w 100 cm^3

Gatunek mechowca	Warstwa/ Poziom	PK	Obornik świński (kg N·ha^{-1})			Obornik kozi (kg N·ha^{-1})		
		-	80	140	200	80	140	200
1	2	3	4	5	6	7	8	9
A. coleoptrata	WTiR	4	4	1	1	5	2	1
	PG 1	3	2	2	1	3	2	1
	PG 2	1	3	1	<1	2	2	1
C. gracilis	WTiR	2	2	1	<1	1	1	<1
	PG 1	3	1	<1	<1	1	<1	<1
	PG 2	<1	1	1	<1	<1	<1	<1
D. onustus	WTiR	<1	<1	<1	-	<1	<1	-
	PG 1	<1	<1	-	-	<1	-	-
	PG 2	-	<1	<1	<1	<1	-	-
D. ornata	WTiR	-	<1	<1	-	<1	<1	-
	PG 1	-	<1	-	-	-	-	-
	PG 2	-	-	<1	-	<1	<1	-
E. minutissimus	WTiR	<1	-	-	-	<1	-	-
	PG 1	-	-	-	-	<1	-	<1
	PG 2	-	<1	-	-	-	<1	-
E. occultus	WTiR	11	13	6	2	8	9	3
	PG 1	8	5	3	2	5	5	2
	PG 2	2	6	3	1	3	3	2
G. obvia	WTiR	6	4	1	<1	3	2	<1
	PG 1	7	2	2	1	5	2	<1
	PG 2	1	2	2	<1	2	2	<1
H. luteus	WTiR	1	<1	-	<1	-	<1	-
	PG 1	13	<1	-	-	<1	-	-
	PG 2	<1	<1	-	-	-	-	-
L. humerata	WTiR	1	<1	1	<1	2	1	<1
	PG 1	1	<1	<1	<1	2	<1	<1
	PG 2	<1	<1	<1	<1	1	<1	<1
L. similis	WTiR	8	4	5	3	5	5	1
	PG 1	4	2	1	1	3	2	1
	PG 2	1	2	2	<1	2	1	<1
M. monodactylus	WTiR	<1	<1	-	<1	<1	-	<1
	PG 1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	-
	PG 2	-	-	-	<1	-	-	<1
M. pulverosa	WTiR	<1	<1	<1	-	<1	<1	<1
	PG 1	<1	<1	-	-	<1	<1	-
	PG 2	<1	<1	-	-	<1	-	-
N. comitalis	WTiR	-	<1	-	-	-	-	<1
	PG 1	-	<1	-	-	-	-	-
	PG 2	-	-	-	-	-	-	-

C.d. Tabeli 18.

1	2	3	4	5	6	7	8	9
N. nana	WTiR	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
	PG 1	2	<1	<1	-	<1	<1	-
	PG 2	-	<1	-	<1	<1	-	<1
N. palustris	WTiR	<1	-	<1	<1	<1	<1	<1
	PG 1	<1	<1	<1	<1	1	<1	<1
	PG 2	<1	-	<1	<1	<1	<1	<1
O. nova	WTiR	<1	<1	<1	-	<1	<1	-
	PG 1	<1	<1	-	<1	<1	<1	-
	PG 2	<1	-	-	-	-	<1	<1
O. subpectinata	WTiR	-	<1	-	-	-	-	<1
	PG 1	-	<1	-	-	-	-	-
	PG 2	-	-	-	-	-	-	-
O. exilis	WTiR	-	-	-	-	-	-	<1
	PG 1	-	-	-	-	-	-	-
	PG 2	-	-	-	-	-	-	-
P. paolii	WTiR	1	3	<1	-	<1	1	<1
	PG 1	2	1	1	-	2	1	<1
	PG 2	<1	1	1	-	1	1	<1
P. bella	WTiR	1	1	<1	-	1	<1	<1
	PG 1	3	<1	<1	<1	2	<1	0
	PG 2	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
P. lucorum	WTiR	-	-	<1	-	<1	<1	-
	PG 1	-	-	-	-	<1	<1	-
	PG 2	<1	<1	-	-	<1	<1	<1
P. peltifer	WTiR	1	<1	<1	1	<1	1	2
	PG 1	<1	<1	<1	1	<1	<1	1
	PG 2	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
P. thori	WTiR	-	-	-	-	-	-	-
	PG 1	-	-	-	-	-	-	<1
	PG 2	-	-	-	-	-	-	-
S. laevigatus	WTiR	22	16	12	10	12	10	6
	PG 1	11	6	5	5	8	5	3
	PG 2	4	6	5	3	5	4	2
S. hungaricus	WTiR	-	-	<1	-	-	-	-
	PG 1	-	-	<1	-	<1	-	-
	PG 2	-	-	-	-	-	<1	-
T. velatus	WTiR	-	<1	-	-	-	-	<1
	PG 1	-	<1	-	-	-	-	-
	PG 2	-	-	-	-	-	-	-
T. novus	WTiR	2	2	1	2	1	3	1
	PG 1	<1	1	<1	1	1	<1	<1
	PG 2	<1	1	<1	<1	<1	<1	<1

PK – Poletko kontrolne

Najwyższe liczebności w warstwie traw i dolnych części roślin stwierdzono u dominujących gatunków Oribatida, jak *Achipteria coleoptrata* (za wyjątkiem poletka nawożonego najwyższą dawką obornika świńskiego), *Eupelops occultus, Liebstadia similis, Trichoribates novus* oraz *Scheloribates laevigatus* (za wyjątkiem poletka nawożonego średnią dawką obornika świńskiego, na którym nastąpił wzrost jego liczebności w drugim poziomie glebowym w stosunku do pierwszego). Nietypowo zachował się *Hypochthonius luteus*, który najliczniej wystąpił tylko na poletku kontrolnym w pierwszym poziomie glebowym, na którym jego liczebność była 6-krotnie wyższa względem pozostałych poletek. Również *Galumna obvia* wystąpił najliczniej w drugim poziomie glebowym na 2 poletkach.

6.6.6. Analiza zgrupowań mechowców

Najwięcej wspólnych gatunków mechowców z poletkiem kontrolnym (20 gatunków) stwierdzono na poletkach, na których stosowano najniższą dawkę obornika świńskiego i koziego oraz średnią dawkę obornika koziego (tab. 19). Najmniej gatunków wspólnych z poletkiem kontrolnym odnotowano na poletkach nawożonych najwyższą dawką obydwu rodzajów obornika. Najmniej wspólnych gatunków zaobserwowano pomiędzy poletkami nawożonymi najwyższą dawką obornika koziego i najwyższą dawką obornika świńskiego (14). Niewiele wspólnych gatunków wykazano pomiędzy poletkiem nawożonym najwyższą dawką obornika świńskiego a pozostałymi poletkami (15-16). Z kolei najwięcej wspólnych gatunków (22) wystąpiło pomiędzy poletkiem nawożonym obornikiem kozim w dawce najmniejszej a poletkiem nawożonym dawką średnią tego nawozu.

Wskaźniki podobieństwa gatunkowego (*Ja*) i podobieństwa dominacji Renkonena (*Re*) pomiędzy poletkiem kontrolnym a pozostałymi poletkami malały wraz z rosnącą dawką obydwu zastosowanych nawozów (tab. 20 i 21). Wskaźnik różnorodności gatunkowej Shannona (*H'*) spadał wraz z dawką zastosowanych w doświadczeniu nawozów, i podobnie spadały wskaźniki jednorodności gatunkowej Pielou (E_{Pielou}) i Hurlberta (E_{Hurlbert}) (tab. 22). Najniższą wartość wskaźnika Shannona (*H'*) wykazano na poletku nawożonym 200 kg $N \cdot ha^{-1}$ obornika świńskiego. Zaobserwowano nieznaczny pozytywny wpływ na różnorodność gatunkową najniższej dawki obornika koziego w porównaniu do poletka kontrolnego. Wskaźniki jednorodności gatunkowej Pielou (E_{Pielou}) oraz Hurlberta (E_{Hurlbert}) uzyskano najwyższe dla poletka kontrolnego i poletka z najniższą dawką nawozu koziego.

Tabela 19. Liczba wspólnych gatunków mechowców na badanych poletkach

		PK	Obornik świński (kg N·ha^{-1})			Obornik kozi (kg N·ha^{-1})		
		-	80	140	200	80	140	200
PK	-	-	20	18	16	20	20	18
Obornik świński (kg N·ha^{-1})	80	20	-	19	16	21	21	21
	140	18	19	-	15	20	20	17
	200	16	16	15	-	16	16	14
Obornik kozi (kg N·ha^{-1})	80	20	21	20	16	-	22	18
	140	20	21	20	16	22	-	18
	200	18	21	17	14	18	18	-

PK – Poletko kontrolne

Tabela 20. Wskaźnik podobieństwa gatunkowego Jaccarda (*Ja*) w % mechowców na badanych poletkach

		PK	Obornik świński (kg N·ha^{-1})			Obornik kozi (kg N·ha^{-1})		
		-	80	140	200	80	140	200
PK	-	-	83,3	81,8	80,0	90,9	90,9	66,7
Obornik świński (kg N·ha^{-1})	80	83,3	-	76,0	66,7	84,0	84,0	80,8
	140	81,8	76,0	-	71,4	90,9	90,9	65,4
	200	80,0	66,7	71,4	-	72,7	72,7	56,0
Obornik kozi (kg N·ha^{-1})	80	90,9	84,0	90,9	72,7	-	100,0	66,7
	140	90,9	84,0	90,9	72,7	100,0	-	66,7
	200	66,7	80,8	65,4	56,0	66,7	66,7	-

PK – Poletko kontrolne

Tabela 21. Wskaźnik podobieństwa dominacji Renkonena (*Re*) w % mechowców na badanych poletkach

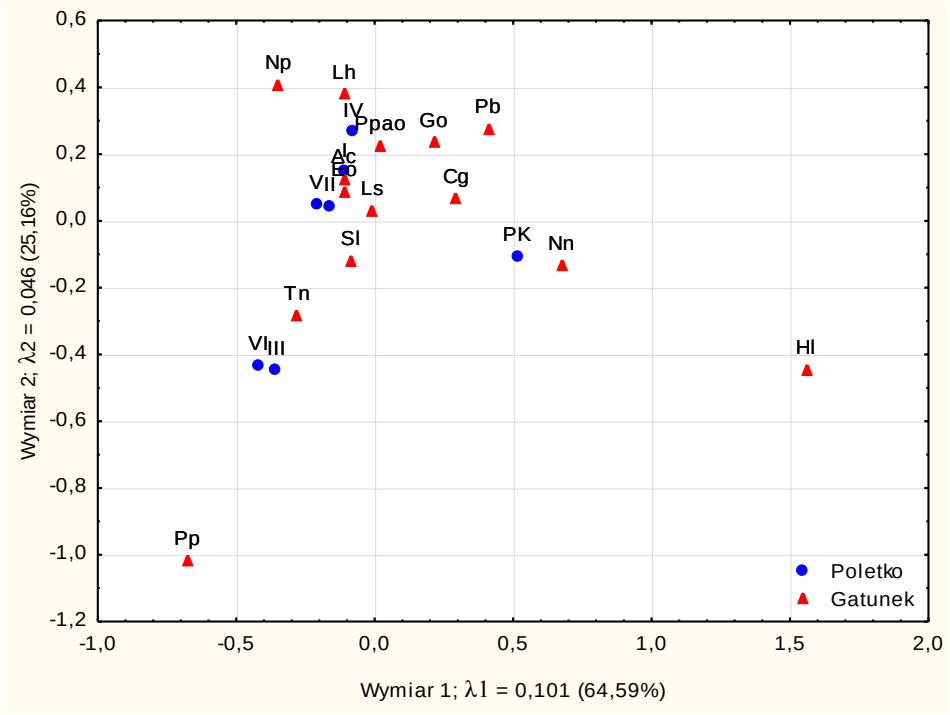
		PK	Obornik świński (kg N·ha^{-1})			Obornik kozi (kg N·ha^{-1})		
		-	80	140	200	80	140	200
PK	-	-	86,1	82,5	68,3	87,6	82,5	70,0
Obornik świński (kg N·ha^{-1})	80	86,1	-	88,3	68,7	84,9	90,4	76,0
	140	82,5	88,3	-	79,7	81,6	88,3	79,9
	200	68,3	68,7	79,7	-	68,8	72,8	81,8
Obornik kozi (kg N·ha^{-1})	80	87,6	84,9	81,6	68,8	-	86,1	73,2
	140	82,5	90,4	88,3	72,8	86,1	-	77,1
	200	70,0	76,0	79,9	81,8	73,2	77,1	-

PK – Poletko kontrolne

Tabela 22. Wskaźnik różnorodności gatunkowej Shannona (*H'*), jednorodności gatunkowej Pielou (E_{Pielou}), jednorodności gatunkowej Hurlberta ($E_{Hurlbert}$) mechowców na badanych poletkach

	PK	Obornik świński (kg N·ha^{-1})			Obornik kozi (kg N·ha^{-1})		
	-	80	140	200	80	140	200
Wskaźnik Shannona (*H'*)	2,03	1,96	1,80	1,61	2,09	1,92	1,80
Wskaźnik Pielou (E_{Pielou})	0,68	0,62	0,60	0,58	0,68	0,62	0,57
Wskaźnik Hurlberta ($E_{Hurlbert}$)	0,67	0,61	0,59	0,56	0,67	0,61	0,55

PK – Poletko kontrolne



Ryc. 16. Diagram ordynacyjny analizy korespondencji (CA) dla wybranych gatunków mechowców ($A > 0,5$) i 7 poletek doświadczalnych na badanej łące w Minikowie
PK – poletko kontrolne; I – poletko nawożone dawką 80 kg N·ha^{-1} obornika świńskiego; II – 140 kg N·ha^{-1} obornika świńskiego; III – 200 kg N·ha^{-1} obornika świńskiego; IV – 80 kg N·ha^{-1} obornika koziego; V – 140 kg N·ha^{-1} obornika koziego; VI – 200 kg N·ha^{-1} obornika koziego
Ac – *Achipteria coleoptrata*; Cg – *Ceratozetes gracilis*; Eo – *Eupelops occultus*; Go – *Galumna obvia*; Hl – *Hypochthonius luteus*; Lh – *Liebstadia humerata*; Ls – *L. similis*; Nn – *Nanhermannia nana*; Np – *Nothrus palustris*; Ppao – *Pantelozetes paolii*; Pb – *Parachipteria bella*; Pp – *Platynothrus peltifer*; Sl – *Scheloribates laevigatus*; Tn – *Trichoribates novus*

Analizę korespondencji (CA) przeprowadzono w celu oceny relacji pomiędzy strukturą ilościową wybranych gatunków mechowców ($A > 0,5$) a poletkami doświadczalnymi nawożonymi obornikiem świńskim i kozim w różnych dawkach. Wartości własne dla obu osi nie są istotne statystycznie (Dekkers i in., 1994) i wynoszą dla osi 1 $\lambda 1 = 0,101$, dla osi drugiej $\lambda 2 = 0,046$. Wartości własne osi wskazują, że gradient reprezentowany zarówno przez pierwszą, jak i drugą oś ordynacyjną nie różnicują występowania gatunków. Dwa wymiary wyjaśniają aż 89,75% ogólnej zmienności występowania gatunków. Analizowane poletka doświadczalne oraz gatunki mechowców są dobrze odwzorowane w przestrzeni dwuczynnikowej (ryc. 17). Poletka doświadczalne nawożone najwyższą dawką azotu (200 $N \cdot ha^{-1}$), zarówno obornika świńskiego, jak i koziego w największym stopniu przyczyniły się do zdefiniowania przestrzeni dwuczynnikowej. Analiza korespondencji wykazała, że badana łąka w wyniku nawożenia obornikiem świńskim i kozim, odznacza się stosunkowo nietypową strukturą zagęszczenia mechowców. Jednocześnie przeprowadzona analiza nie wskazała poletek doświadczalnych o jednoznacznie typowej strukturze zagęszczenia mechowców. Wśród badanych poletek doświadczalnych wyróżniono kilka grup o podobnej strukturze liczebności wybranych gatunków mechowców. Pierwszą grupę stanowią poletka nawożone niską dawką azotu tj. 80 $N \cdot ha^{-1}$ (poletka I, IV), równorzędnie drugą grupę stanowią poletka nawożone średnią dawką azotu 140 $N \cdot ha^{-1}$ (poletka II, V), do trzeciej grupy zaliczono poletka z najwyższą dawką azotu 200 $N \cdot ha^{-1}$ (poletka III, VI), zaś wyraźnie od pozostałych grup wyróżnia się poletko kontrolne (PK).

Odległości punktów, reprezentujących zagęszczenie wybranych gatunków mechowców w przestrzeni dwuczynnikowej są stosunkowo podobne. Pod względem struktury zagęszczenia takie gatunki, jak *Hypochthonius luteus* (Hl) i *Platynothrus peltifer* (Pp), najbardziej różnicują badaną łąkę pod wpływem zastosowanego nawożenia i jednocześnie mają największy wkład w tworzenie przestrzeni czynnikowej. Analizowane gatunki, w szczególności *Liebstadia similis* (Ls), *Achipteria coleoptrata* (Ac), *Eupelops occultus* (Eo), *Scheloribates laevigatus* (Sl), *Platynothrus peltifer* (Pp) i *Hypochthonius luteus* (Hl) w bardzo różny sposób względem siebie i gatunków pozostałych, reagowały na zastosowane dawki i w odmienny sposób, poprzez wzrost lub spadek liczebności, charakteryzowały poletka. Poletka nawożone niską i średnią dawką azotu (poletka I, II, IV, V) istotnie wyróżniają się wśród poletek nawożonych, z uwagi na zagęszczenie wartości wskaźników zagęszczenia *Achipteria coleoptrata* (Ac), *Eupelops occultus* (Eo), *Liebstadia similis* (Ls) i *Pantelozetes paolii* (Ppao), tzn. gatunki te są najbardziej charakterystyczne dla tych poletek.

Analiza wykazała, że poletka nawożone niską i średnią dawką azotu (poletka I, II, IV, V) względem poletka kontrolnego (PK) oraz poletek z najwyższą dawką azotu (poletka III, VI) wyraźnie odznaczają się odmienną strukturą zagęszczenia *Achipteria coleoptrata* (Ac), *Eupelops occultus* (Eo), *Liebstadia similis* (Ls), *L. humerata* (Lh), *Pantelozetes paolii* (Ppao) i *Nothrus palustris* C.L. Koch, 1839 (Np). *Achipteria coleoptrata* (Ac), *Eupelops occultus*

(Eo), *Liebstadia similis* (Ls) i *L. humerata* (Lh), a zwłaszcza *Parachipteria bella* (Pb), *Ceratozetes gracilis* (Cg) i *Galumna obvia* (Go), stanowią zespół gatunków o mniejszej odporności na wysokie dawki azotu, a jednocześnie tolerują niskie dawki. Z kolei, *Trichoribates novus* (Tn) w dużym stopniu znosi wysokie dawki azotu, a *Scheloribates laevigatus* (Sl) toleruje średnie i wysokie.

6.6.7. Sezonowa dynamika mechowców

Na większości poletek mechowce wystąpiły najliczniej wiosną i jesienią. Niektóre gatunki, jak *Ceratozetes gracilis* i *Dissorhina ornata* (Oudemans, 1900), wystąpiły najliczniej wiosną na wszystkich badanych poletkach (tab. 23) bądź na 4-6 z badanych 7 poletek [*Damaeus onustus*, *Eniochthonius minutissimus* (Berlese, 1903), *Eupelops occultus*, *Galumna obvia*, *Metabelba pulverosa* Strenzke, 1953, *Scheloribates laevigatus*]. Z kolei, *Trichoribates novus*, aż na 6 poletkach najliczniej wystąpił jesienią. Najwyższą liczebność *Hypochthonius luteus* (ponad 91% całej liczebności gatunku) zaobserwowano na poletku kontrolnym w okresie jesiennym.

Tabela 23. Liczebność mechowców (w tys. osobn.·m^{-2}) w poszczególnych okresach, istotność różnic pomiędzy okresami oraz pomiędzy poletkami

Gatunek mechowca	Okres	PK	Obornik świński (kg N·ha^{-1})			Obornik kozi (kg N·ha^{-1})			ANOVA	
		-	80	140	200	80	140	200	F	*p*
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
A. coleoptrata	W	2,47	2,74	1,35	0,48*^{a}	2,20^{c}	2,08^{c}	1,41	6,97	<0,001
	L	1,99	2,47	0,57*	0,36*^{a}	2,77^{bc}	1,41^{c}	0,33^{1}*^{ade}	14,47	0,000
	J	2,89	2,68	2,14^{2}	1,17*^{a}	3,79^{c}	1,96^{d}	1,05*^{ad}	7,14	<0,001
C. gracilis	W	1,84	1,54	0,84	0,12	0,96	0,48	0,42	7,25	<0,001
	L	1,11	0,45	0,30	0,03	0,36	0,39	0,03	5,41	<0,001
	J	1,41	0,87	0,39	0,03	0,21	0,21	0,06	8,33	<0,001
D. onustus	W	0,09	0,15	0,12	0,03	0,24	0,03	-	1,57	0,170
	L	0,24	0,06	-	-	0,12	0,03	-	2,49	0,032
	J	0,06	0,09	0,03	-	0,03	0,03	-	0,89	0,506
D. ornata	W	-	0,09	0,09	-	0,48	0,06	-	2,49	0,031
	L	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	J	-	-	-	-	-	-	-	-	-
E. minutissimus	W	0,06	0,06	-	-	-	0,03	0,12	1,13	0,353
	L	-	-	-	-	0,03	-	-	1,00	0,433
	J	-	-	-	-	0,06	-	-	2,25	0,050
E. occultus	W	5,12	14,45*	6,89^{a}	2,62^{ab}	9,06^{c}	7,95^{c}	3,7^{d}	10,78	0,000
	L	8,37	3,64^{1}	1,44^{1}*^{a}	0,54^{1}*^{a}	2,35^{1}*^{c}	4,73^{bc}	0,54^{1}*^{ade}	19,77	0,000
	J	4,82	3,70^{1}	2,89^{1}	1,57*^{a}	3,34^{1}	3,61^{1}	1,63*^{a}	4,81	<0,001
G. obvia	W	3,67	3,79	2,05	0,15*^{ab}	3,4^{c}	2,62^{c}	0,24*^{abde}	19,8	0,000
	L	3,94	1,63*	0,57*^{a}	0,09*^{a}	2,59^{bc}	1,90*^{bc}	0,21*^{ade}	23,29	0,000
	J	5,15	2,74	1,81	0,54*^{ab}	2,71^{c}	1,32^{1}*^{ad}	0,06*^{abd}	20,65	0,000
H. luteus	W	0,21	0,09	-	-	0,03	-	-	2,43	0,035
	L	0,45	0,03	-	0,03	-	-	-	4,75	<0,001
	J	11,71	0,09	-	-	0,21	-	-	30,08	0,000
L. humerata	W	0,27	0,39	0,15	0,15	1,26	0,60	0,33	3,73	0,003
	L	0,75	0,12	0,24	0,15	1,05	0,54	0,03	8,58	<0,001
	J	0,60	0,27	0,66	0,09	1,69	0,33	-	5,27	<0,001

C.d. Tabeli 23.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
L. similis	W	3,88	3,19	1,81	1,29*	4,94[bc]	2,29	0,84*[ade]	10,66	0,000
	L	5,39	2,17*	1,14*	0,72*[a]	2,50[c]	2,53[c]	0,27*[ade]	14,89	0,000
	J	2,65	2,23	4,00	2,14	2,17	2,05	0,84[b]	2,29	0,046
M. monodactylus	W	0,03	0,03	0,03	0,18	-	0,03	0,24	3,16	0,009
	L	0,09	0,12	0,03	0,09	0,06	-	0,09	0,94	0,476
	J	0,24	0,06	-	0,21	0,27	-	0,03	1,91	0,094
M. pulverosa	W	0,33	0,24	-	-	0,27	0,03	-	5,57	<0,001
	L	0,12	0,03	0,03	-	-	-	0,03	2,47	0,033
	J	0,15	0,03	-	-	0,03	-	-	2,15	0,060
N. comitalis	W	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	L	-	0,03	-	-	-	-	0,03	0,83	0,549
	J	-	0,03	-	-	-	-	-	1,00	0,433
N. nana	W	0,06	0,06	-	0,03	0,09	0,03	-	1,10	0,373
	L	0,06	0,12	0,03	0,06	0,18	0,09	0,03	0,97	0,452
	J	1,32	0,03	0,12	0,03	0,21	0,06	0,06	3,40	0,006
N. palustris	W	0,09	0,03	0,03	-	0,03	0,03	0,03	0,54	0,771
	L	-	-	0,03	0,03	0,15	0,12	0,24	2,77	0,019
	J	0,06	-	0,03	0,09	1,26	0,06	0,03	7,65	<0,001
O. nova	W	0,15	0,21	0,03	0,03	0,12	0,24	0,06	1,77	0,120
	L	0,03	0,03	-	-	0,09	0,03	-	1,50	0,193
	J	0,06	0,18	-	-	0,18	0,09	-	1,56	0,175
O. subpectinata	W	-	0,06	-	-	-	-	0,03	1,56	0,174
	L	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	J	-	-	-	-	-	-	-	-	-
O. exilis	W	-	-	-	-	-	-	0,03	1,00	0,433
	L	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	J	-	-	-	-	-	-	-	-	-
P. paolii	W	1,11	1,78	0,57	-	0,54	0,87	0,45	5,96	<0,001
	L	0,84	0,48	0,33	-	0,51	0,69	0,03	5,23	<0,001
	J	1,38	1,29	1,29[2]	-	1,35	0,63	0,24	7,15	<0,001
P. bella	W	0,81	0,51	0,03	006	0,90	0,18	0,15	6,49	<0,001
	L	0,90	0,48	0,06	0,09	0,48	0,24	0,03	6,00	<0,001
	J	2,05	0,48	0,18	0,03	1,93	0,15	-	7,34	<0,001
P. lucorum	W	-	0,03	-	-	0,12	0,06	0,03	1,71	0,133
	L	0,03	0,03	0,03	-	0,30	0,09	-	1,69	0,139
	J	-	-	-	-	-[2]	-	-	-	-
P. peltifer	W	0,03	0,24	0,36	0,54	0,18	0,66	1,51	7,03	<0,001
	L	0,57	0,03	0,06	0,63	0,15	0,30	0,51[1]	4,28	0,001
	J	0,24	0,06	0,06	0,60	0,18	0,18	0,42[1]	3,35	0,006
P. thori	W	-	-	-	-	-	-	0,03	1,00	0,433
	L	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	J	-	-	-	-	-	-	-	-	-
S. laevigatus	W	10,75	10,41	6,77	6,29	9,36	6,26	5,84	4,45	0,001
	L	16,49	7,59	5,06	4,91	5,81	6,29	2,35[1]	14,59	0,000
	J	6,08[2]	7,07	7,89	4,82	7,77	5,21	1,99[1]	9,77	0,000
S. hungaricus	W	-	-	-	-	-	0,03	-	1,00	0,433
	L	-	-	0,03	-	-	-	-	1,00	0,433
	J	-	-	0,06	-	0,03	-	-	0,86	0,531
T. velatus	W	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	L	-	0,09[1]	-	-	-	-	0,03	2,70	0,021
	J	-	-[2]	-	-	-	-	-	-	-
T. novus	W	0,42	1,11	0,45	0,57	0,48	0,60	0,45	1,59	0,165
	L	0,36	0,27	0,48	0,93	0,48	0,57	0,30	2,05	0,072
	J	1,84[12]	1,29[2]	0,84	0,84	0,57	0,60	0,63	3,15	0,009

PK – Poletko kontrolne; W – wiosna, L – lato, J – jesień

Różnice istotne statystycznie przy $p \leq 0,05$ pomiędzy:
[1] wiosną a latem, jesienią; [2] latem a jesienią

Różnice istotne statystycznie przy $p \leq 0,05$ pomiędzy poletkami:
* 0 a I-VI; [a] I a II-VI; [b] II a III-VI; [c] III a IV-VI; [d] IV a V-VI; [e] V a VI

6.6.8. Charakterystyka wybranych gatunków

6.6.8.1. *Platynothrus peltifer* (C.L. Koch, 1839)

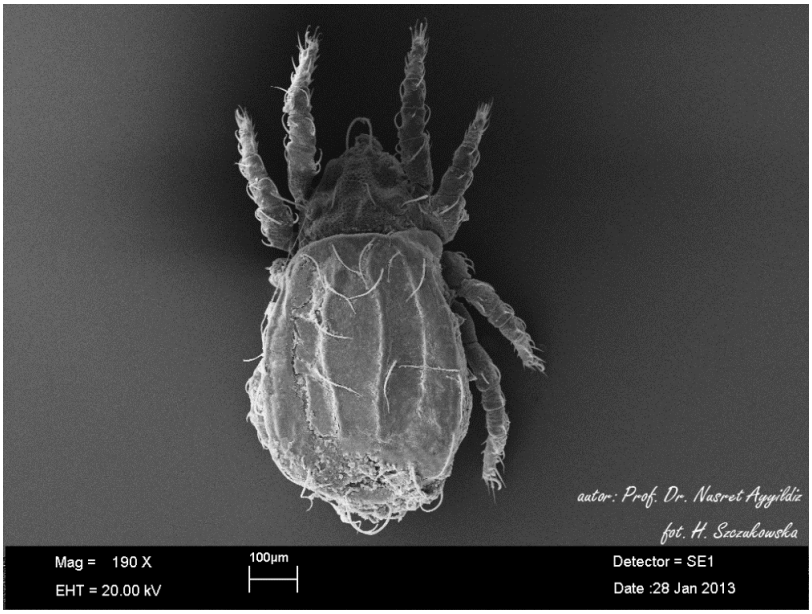
Platynothrus peltifer (C.L. Koch, 1839) (ryc. 18-21) to gatunek kosmopolityczny i eurytopowy (Weigmann, 2006). Zaliczany jest do grupy gatunków pastwiskowych, żyjących na łąkach i pastwiskach, które są przenosicielami tasiemców (Boczek i Błaszak, 2005). Według badań Lebruna (1965) *P. peltifer* unika niskiej temperatury, a według Travé (1963) oraz Lebruna (1965) należy do gatunków higrofilnych. *Platynothrus peltifer* wyróżnia się spośród mechowców również wysoką aktywnością metaboliczną (Niedbała, 1980).

W przeciwieństwie do większości gatunków mechowców, zastosowane w doświadczeniu nawożenie w najwyższych dawkach wpłynęło pozytywnie na *P. peltifer*, u którego stwierdzono wzrost liczebności o 100% pod wpływem wysokiej dawki obornika świńskiego i aż o 167% po zastosowaniu wysokiej dawki obornika koziego, w porównaniu z powierzchnią kontrolną (tab. 13). Na większości poletek *P. peltifer* uplasował się w klasie subrecedentów, natomiast na poletku nawożonym najwyższą dawką nawozu świńskiego okazał się subdominantem, a obornika koziego – dominantem (tab. 14 i 15).

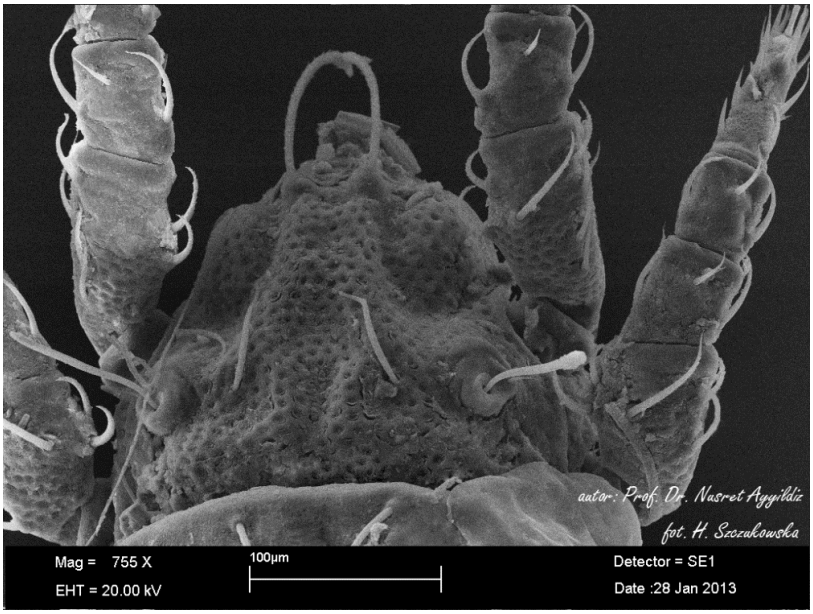
6.6.8.2. *Nanhermannia nana* (Nicolet, 1855)

Nanhermannia nana (Nicolet, 1855) (ryc. 22-25) występuje na całym świecie, przede wszystkim w świeżych, wilgotnych, a nawet mokrych siedliskach, głównie w glebach leśnych i łąkowych. Występuje też na terenach bagiennych, jednakże unika kwaśnych torfowisk wysokich (Weigmann, 2006).

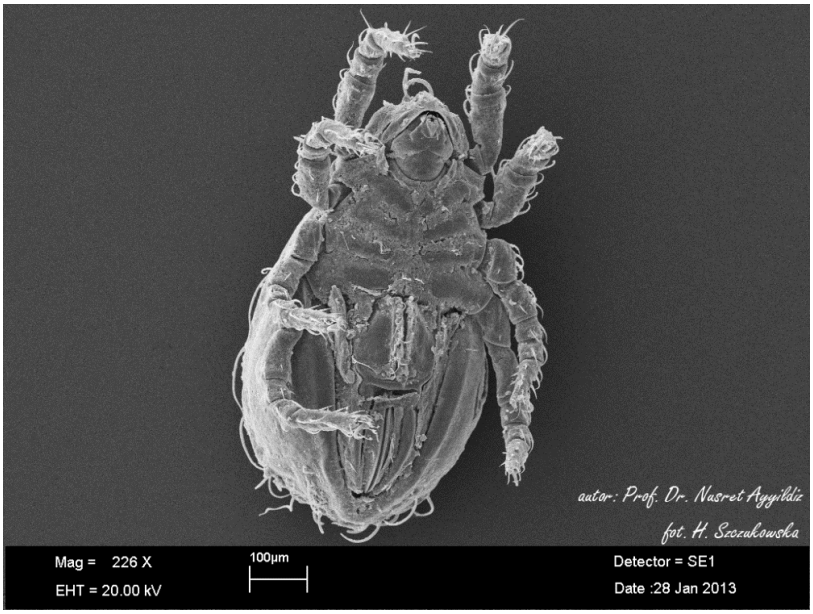
Wszystkie dawki obu rodzajów obornika zadziałały w sposób negatywny na *N. nana*, który wystąpił najliczniej na poletku kontrolnym (tab. 13). Na wszystkich badanych powierzchniach gatunek należał do klasy subrecedentów (tab. 14 i 15).



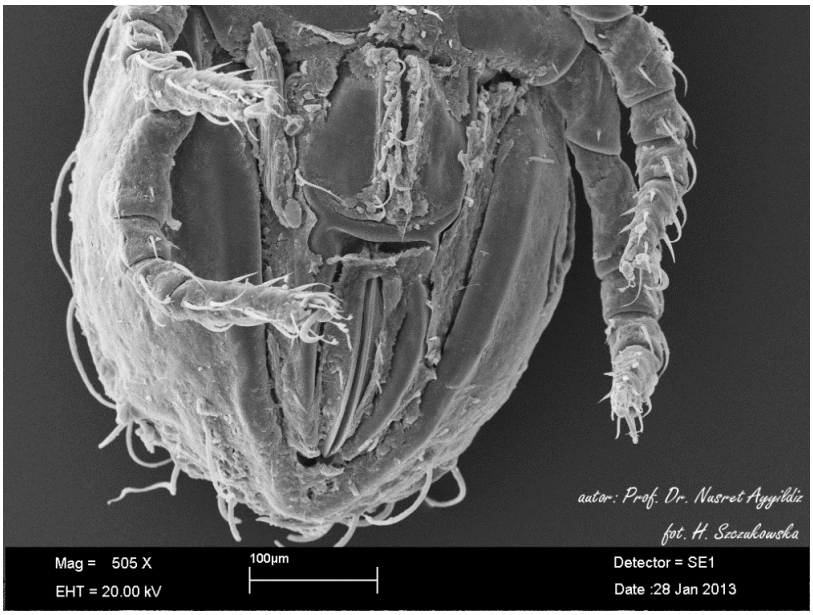
Ryc. 17. *Platynothrus peltifer*, osobnik dorosły, strona grzbietowa



Ryc. 18. *Platynothrus peltifer*, osobnik dorosły, przednia część ciała

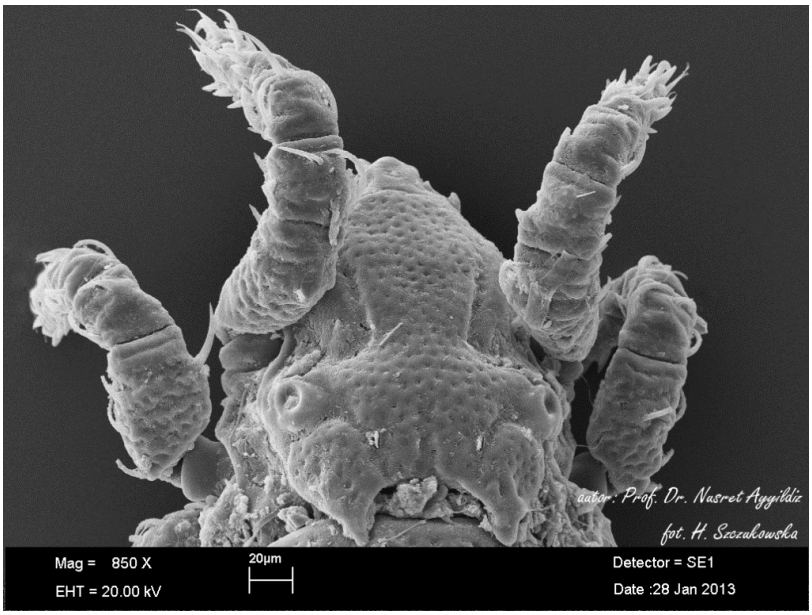


Ryc. 19. *Platynothrus peltifer*, osobnik dorosły, strona brzuszna

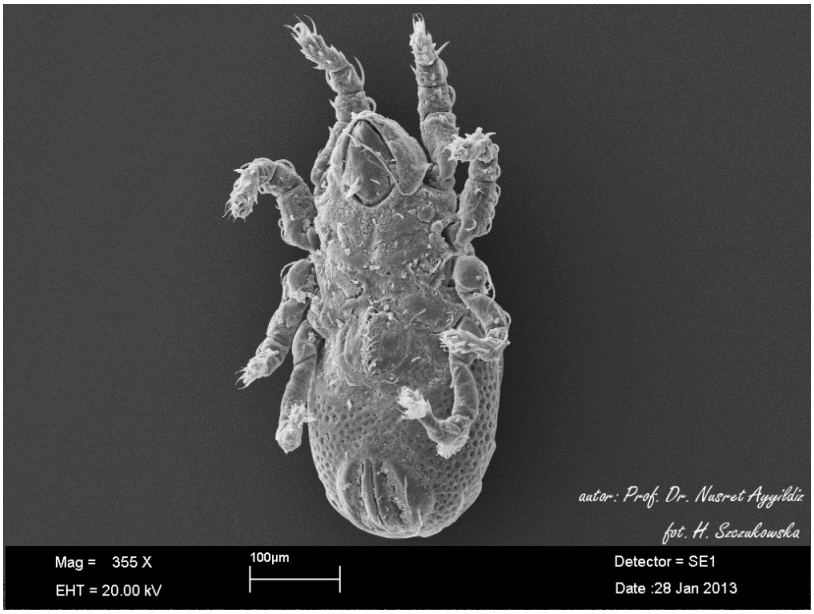


Ryc. 20. *Platynothrus peltifer*, osobnik dorosły, płytka genitalna i analna

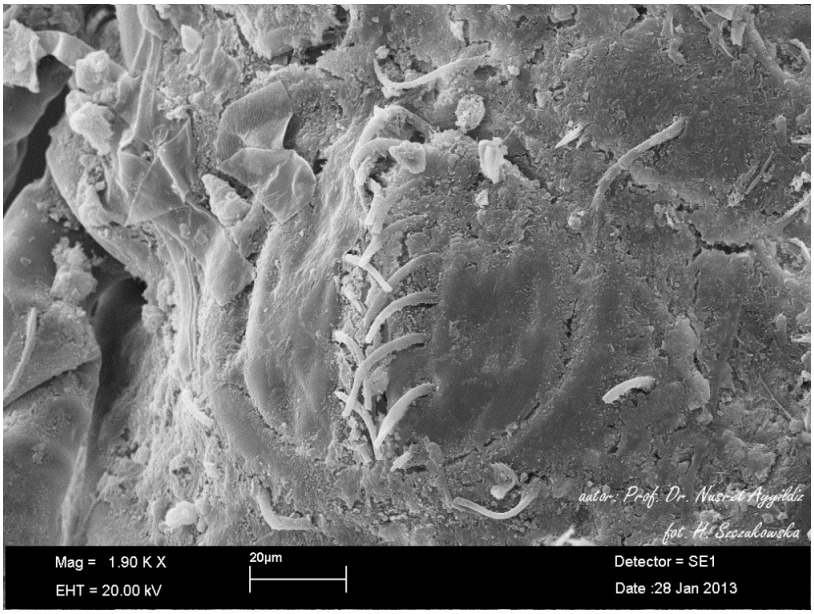
Ryc. 21. *Nanhermannia nana*, osobnik dorosły, strona grzbietowa



Ryc. 22. *Nanhermannia nana*, osobnik dorosły, przednia część ciała



Ryc. 23. *Nanhermannia nana*, osobnik dorosły, strona brzuszna

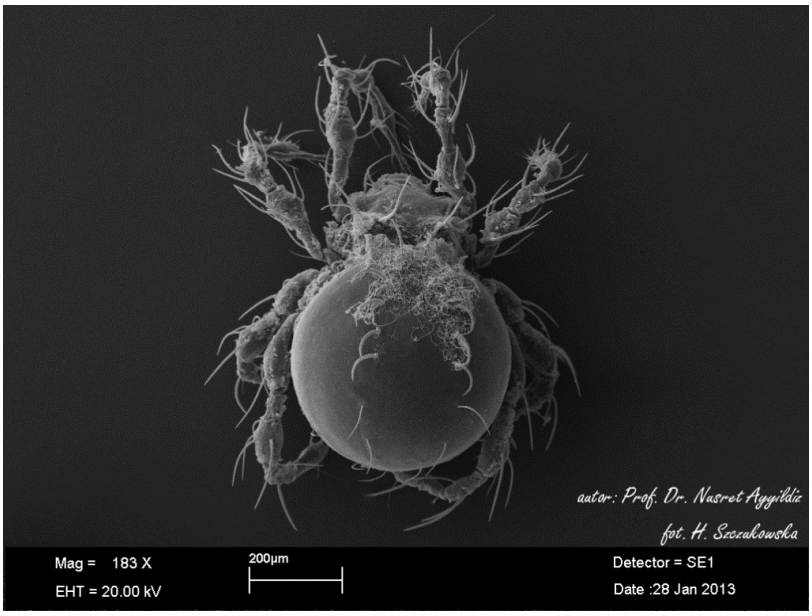


Ryc. 24. *Nanhermannia nana*, osobnik dorosły, płytka genitalna

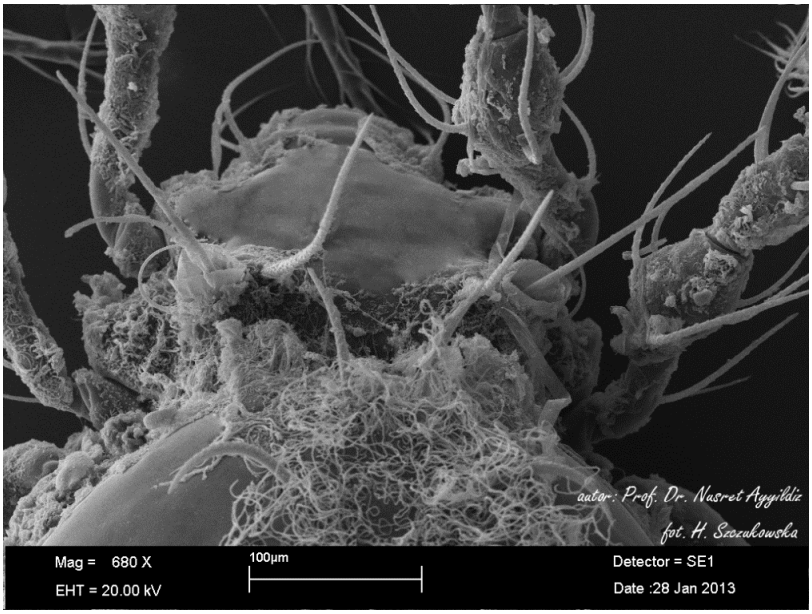
6.6.8.3. *Damaeus onustus* C.L. Koch, 1841

Damaeus onustus C.L. Koch, 1841 (ryc. 26-29) to europejski gatunek, występujący głównie w ściółce leśnej oraz w mchach pokrywających glebę czy skały (Weigmann, 2006). U tego gatunku, jak i u wszystkich mechowców należących do Damaeidae, odnóża są dłuższe od ciała. Samica tego gatunku składa w ciągu życia zaledwie 40 jaj, a całkowity czas trwania stadiów rozwojowych *D. onustus* wynosi aż 130 dni (Niedbała, 1980).

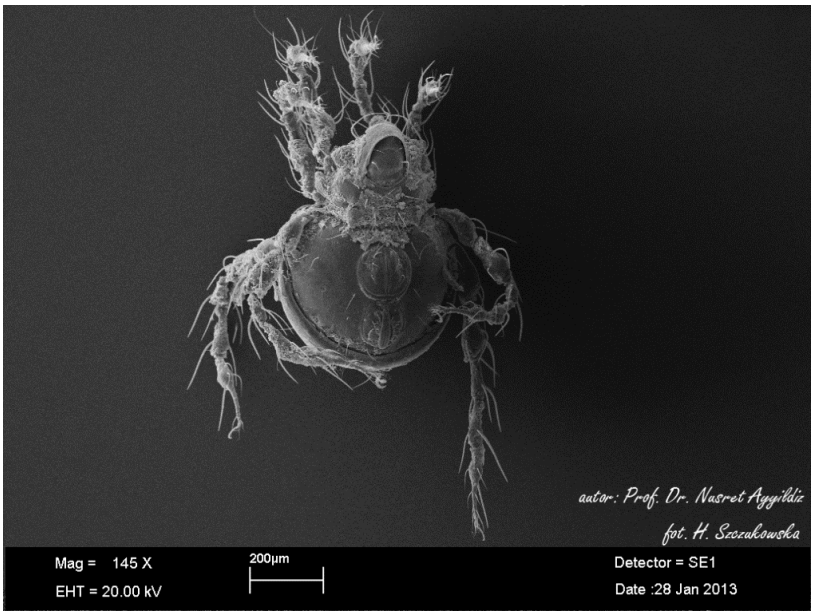
Użyte w doświadczeniu nawożenie w średnich i wysokich dawkach obniżyło liczebność *D. onustus* (tab. 13), szczególnie najwyższa dawka obornika koziego, po której zastosowaniu nie stwierdzono obecności tego gatunku.



Ryc. 25. *Damaeus onustus*, osobnik dorosły, strona grzbietowa



Ryc. 26. *Damaeus onustus*, osobnik dorosły, przednia część ciała



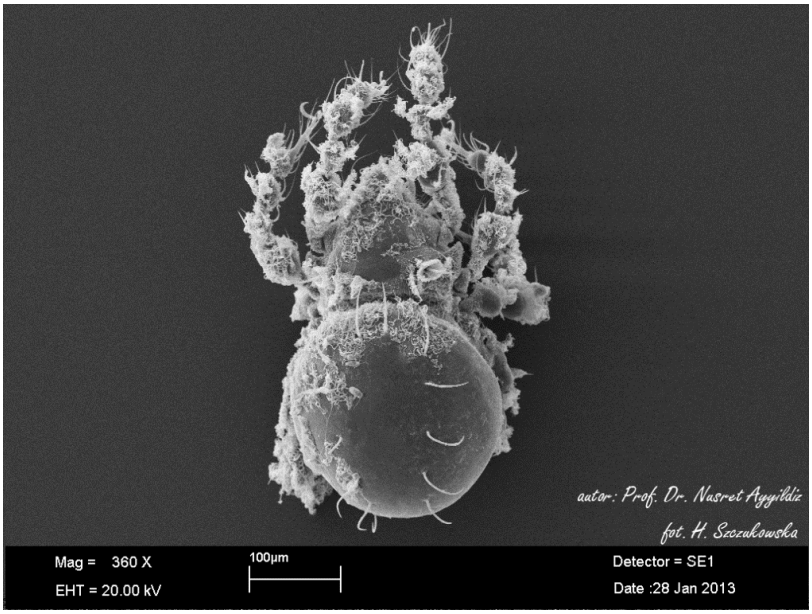
Ryc. 27. *Damaeus onustus*, osobnik dorosły, strona brzuszna

Ryc. 28. *Damaeus onustus*, osobnik dorosły, płytka genitalna i analna

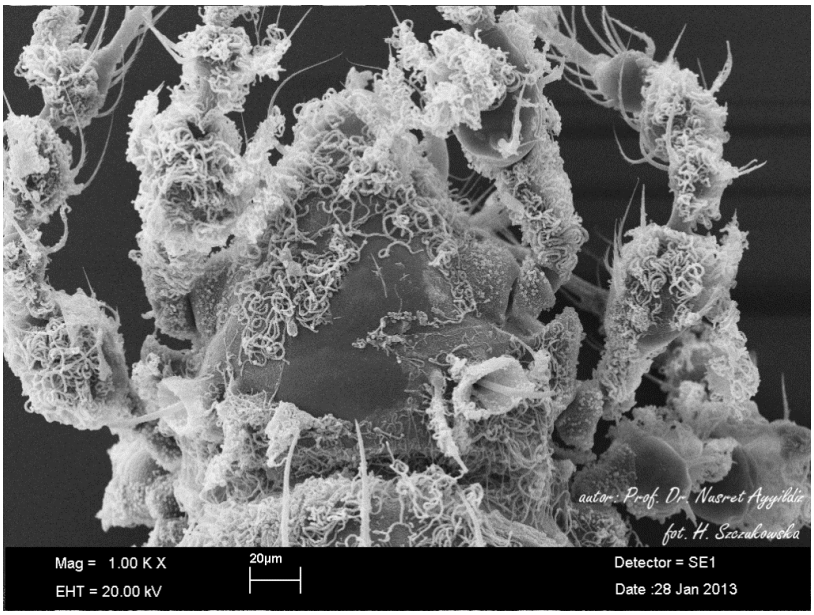
6.6.8.4. *Metabelba pulverosa* Strenzke, 1953

Metabelba pulverosa Strenzke, 1953 (ryc. 30-33) jest gatunkiem powszechnie występującym w ściółce leśnej, mchach, porostach, spotykany także na torfowiskach i w otwartych siedliskach (Weigmann, 2006). Mechowce odżywiają się przede wszystkim w sposób saprofagiczny, tymczasem u *M. pulverosa* odnotowano przypadki nekrofagii, czyli żerowania na padlinie (Niedbała, 1980).

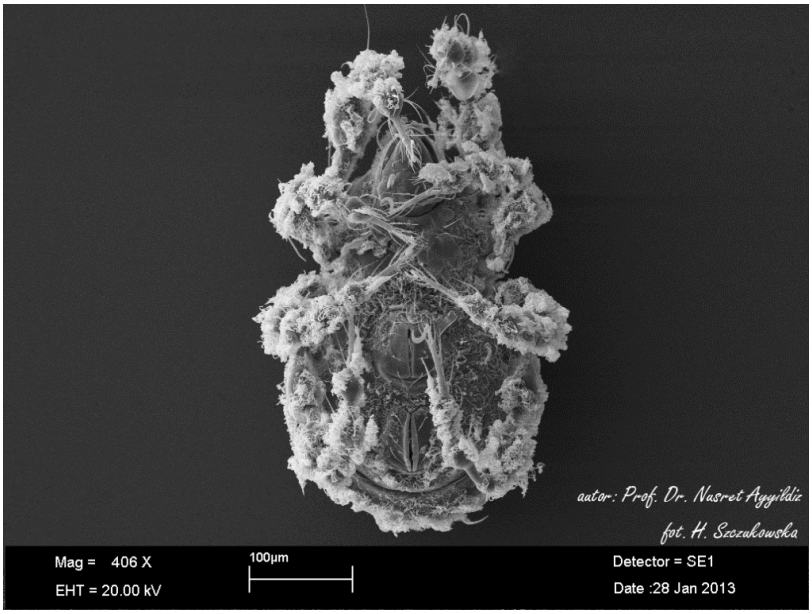
Metabelba pulverosa najliczniej wystąpił na poletku kontrolnym, a na powierzchniach nawożonych liczebność tego gatunku malała proporcjonalnie do rosnącej dawki nawozu (tab. 13). Osobniki dorosłe tego gatunku przeważały w całym badaniu nad młodocianymi (tab. 16). Zdecydowanie najwyższą liczebność *M. pulverosa* odnotowano w okresie wiosennym (tab. 23)



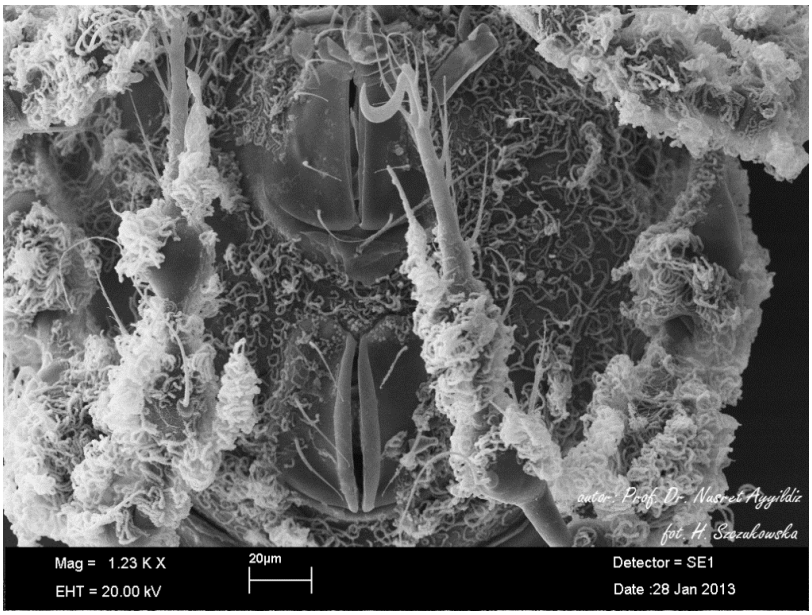
Ryc. 29. *Metabelba pulverosa*, osobnik dorosły, strona grzbietowa



Ryc. 30. *Metabelba pulverosa*, osobnik dorosły, przednia część ciała



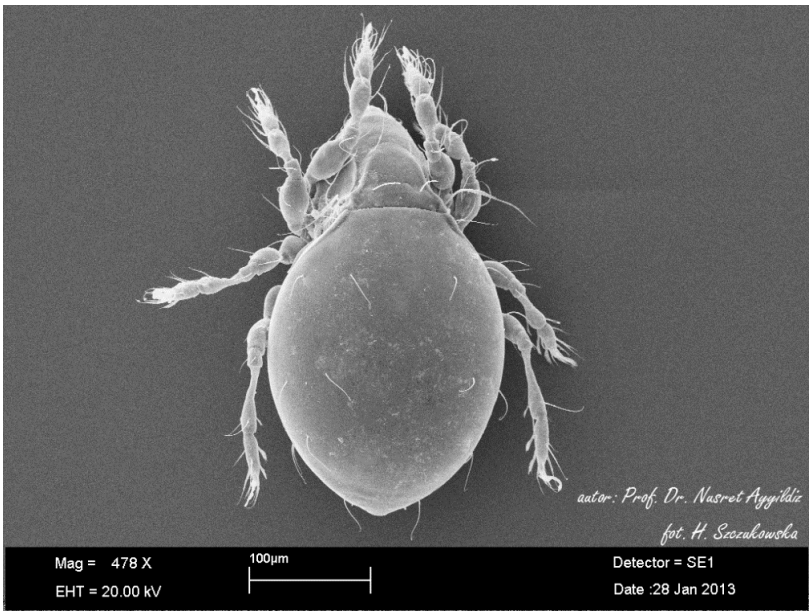
Ryc. 31. *Metabelba pulverosa*, osobnik dorosły, strona brzuszna



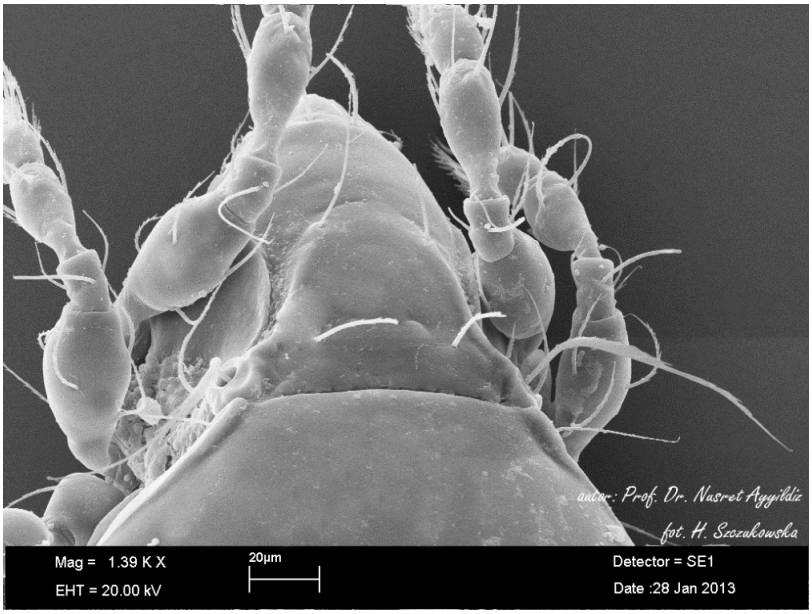
Ryc. 32. *Metabelba pulverosa*, osobnik dorosły, płytka genitalna i analna

6.6.8.5. *Pantelozetes paolii* (Oudemans, 1913)

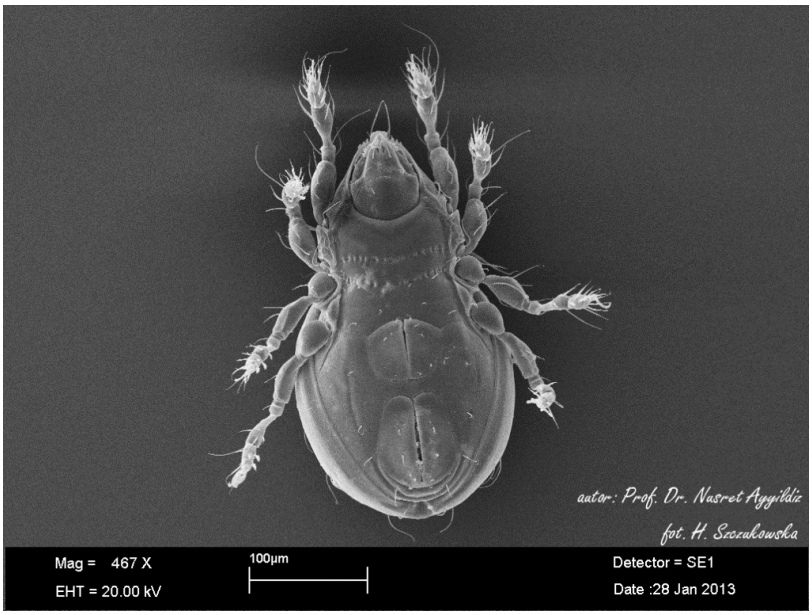
Pantelozetes paolii (Oudemans, 1913) (ryc. 34-38) to gatunek holarktyczny, zasiedlający świeże i mokre gleby leśne, spotykany także na łąkach (Weigmann, 2006). *Pantelozetes paolii* najchętniej zasiedlał poletko kontrolne oraz poletka z niskimi dawkami nawozów (tab. 13). Wysoka dawka obornika koziego znacznie zredukowała liczebność tego gatunku, a na poletku z najwyższą dawką obornika świńskiego *P. paolii* nie wystąpił w ogóle. W strukturze dominacji mechowców gatunek na wszystkich badanych powierzchniach, poza poletkiem z wysoką dawką obornika świńskiego, wystąpił jako recedent (tab. 14 i 15). Osobniki dorosłe znacząco dominowały nad młodocianymi u *P. paolii*, podobnie, jak u większości pozostałych gatunków Oribatida w doświadczeniu (tab. 16).



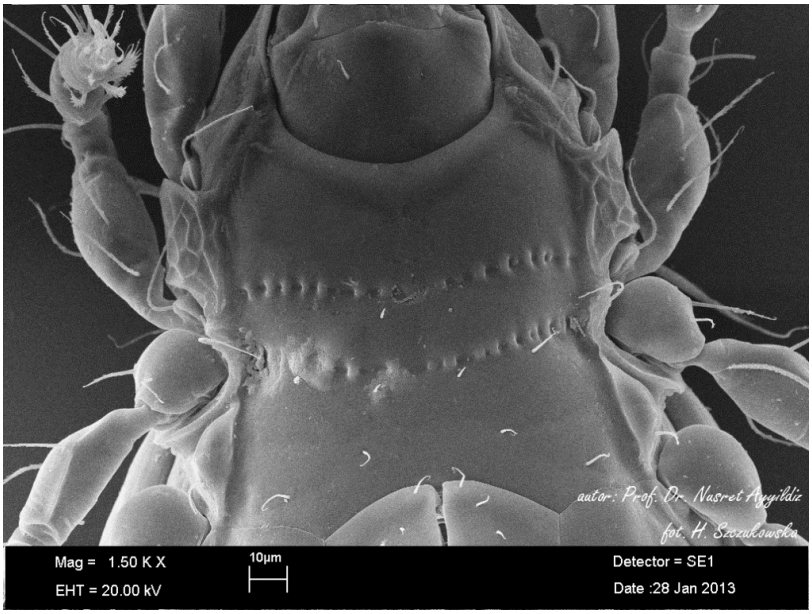
Ryc. 33. *Pantelozetes paolii*, osobnik dorosły, strona grzbietowa



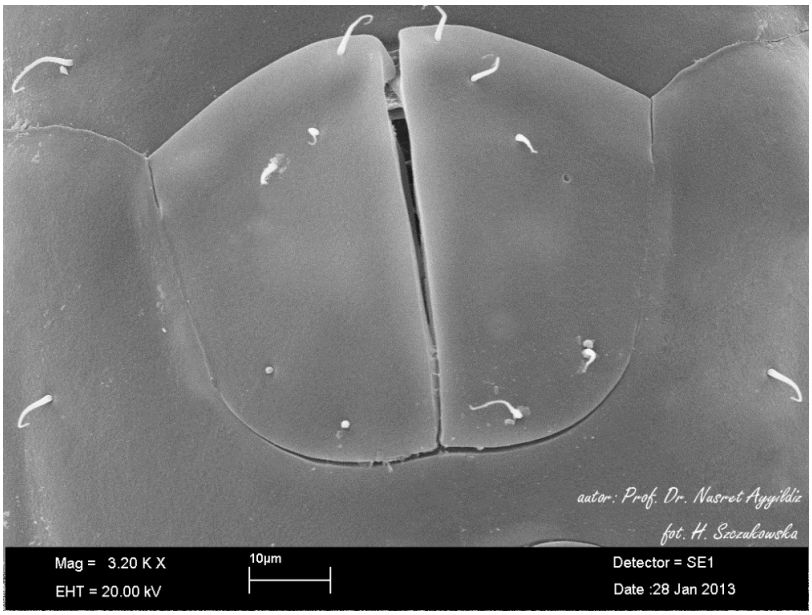
Ryc. 34. *Pantelozetes paolii*, osobnik dorosły, przednia część ciała



Ryc. 35. *Pantelozetes paolii*, osobnik dorosły, strona brzuszna



Ryc. 36. *Pantelozetes paolii*, osobnik dorosły, strona brzuszna, region epimeralny

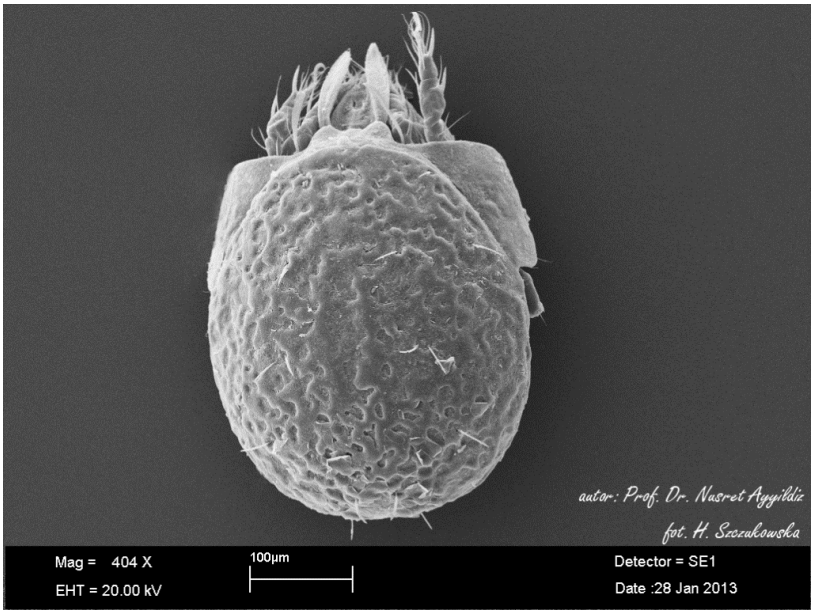


Ryc. 37. *Pantelozetes paolii*, osobnik dorosły, płytka genitalna

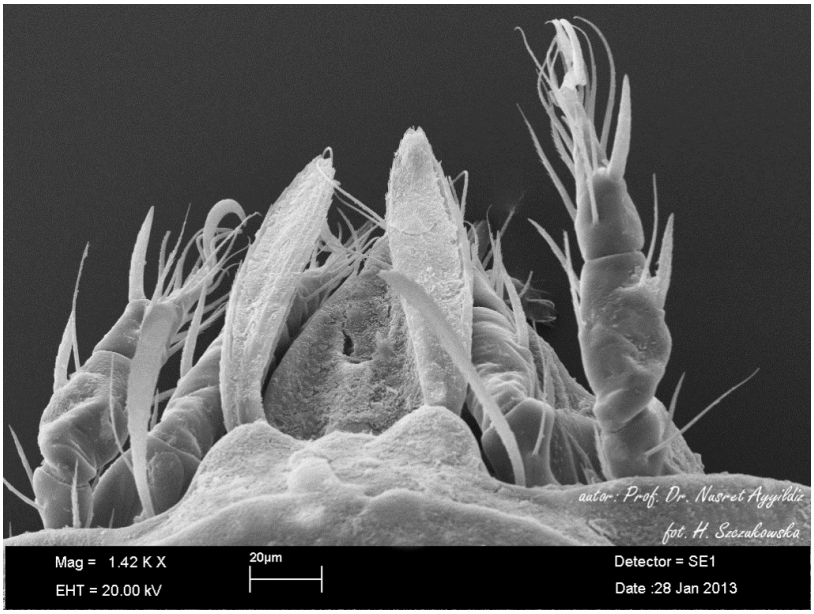
6.6.8.6. *Eupelops occultus* (C.L. Koch, 1835)

Eupelops occultus (C.L. Koch, 1835) (ryc. 39-42) należy do gatunków holarktycznych i jest gatunkiem powszechnie spotykanym w całej Polsce (Olszanowski i in., 1996). Chachaj i Seniczak (2005) stwierdzili większą liczebność *E. occultus* na pastwiskach, aniżeli na łąkach.

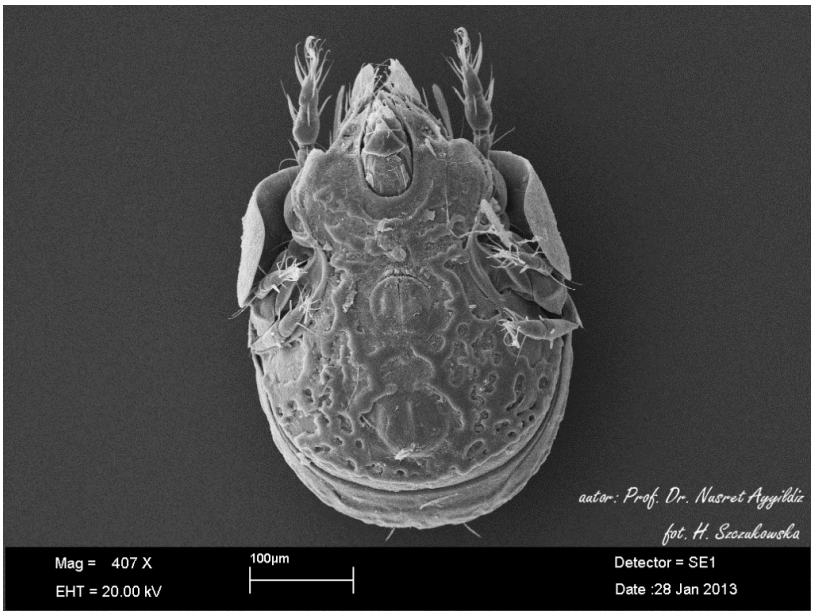
W przeprowadzonym doświadczeniu *E. occultus* należał na 3 poletkach do klasy eudominantów, a na 4 do klasy dominantów (tab. 14 i 15). Na wszystkich poletkach, niezależnie od rodzaju i dawki obornika, osobniki dorosłe zdecydowanie przeważały nad formami młodocianymi (tab. 16). Wraz z dawką zastosowanych nawozów malała liczebność *E. occultus*, jedynie na najmniejszą dawkę obornika świńskiego gatunek zareagował pozytywnie w stosunku do poletka kontrolnego (tab. 13). Podobne wyniki uzyskali Seniczak i in. (2005a) w badaniu nad wpływem wody amoniakalnej na roztocze, w którym *E. occultus* zareagował pozytywnie na małą i średnią dawkę azotu, a zdecydowanie negatywnie na wysoką dawkę. *Eupelops occultus* zdecydowanie najliczniej wystąpił w okresie wiosennym na wszystkich nawożonych poletkach, jedynie na poletku kontrolnym najliczniejszy był jesienią (tab. 23).



Ryc. 38. *Eupelops occultus*, osobnik dorosły, strona grzbietowa



Ryc. 39. *Eupelops occultus*, osobnik dorosły, przednia część ciała



Ryc. 40. *Eupelops occultus*, osobnik dorosły, strona brzuszna

Ryc. 41. *Eupelops occultus*, osobnik dorosły, płytka genitalna i analna

6.6.8.7. *Achipteria coleoptrata* (Linnaeus, 1758)

Achipteria coleoptrata (Linnaeus, 1758) (ryc. 43-46) jest gatunkiem holarktycznym, eurytopowym, powszechnie występującym w Polsce (Olszanowski i in., 1996). Jako środowisko życia preferuje siedliska mezo- i oligotroficzne oraz dobrze znosi niską zawartość materii organicznej (Strenzke, 1952; Rajski, 1968). Ponadto, według Rajskiego (1968) *A. coleoptrata* występuje licznie na łąkach rajgrasowych, świeżych czy lasach dębowych. Z kolei, Sokołowska i in. (2006) stwierdzili niską liczebność gatunku na przemiennych użytkach zielonych, a Klimek (2000) zaobserwował niską liczebność *A. coleoptrata* w glebach młodników sosnowych na terenach zanieczyszczonych przez zakłady przemysłowe.

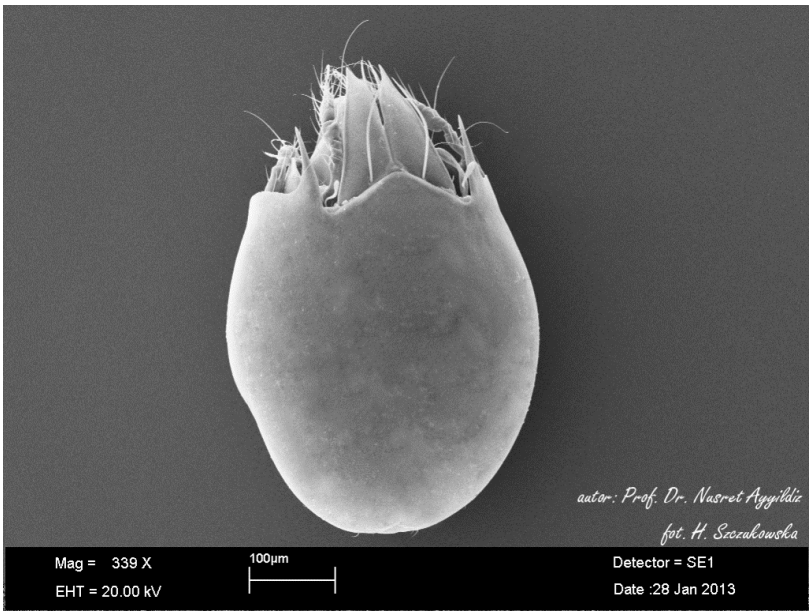
Na badanych poletkach *A. coleoptrata* należał do klasy dominantów przy najniższej dawce obornika koziego i obornika świńskiego (tab.15 i 16), a na pozostałych poletkach gatunek ten okazał się subdominantem. Wysokie dawki nawozu, szczególnie świńskiego, ograniczyły liczebność tego gatunku (tab. 13), co jest zgodne z doświadczeniem Graczyka (2010). Na wszystkich badanych poletkach znacząco przeważały osobniki dorosłe (85,2-96,6%) (tab. 16). Pozytywnie *A. coleoptrata* zareagował na dawkę 80 kg $N \cdot ha^{-1}$ obornika koziego oraz tą samą dawkę obornika świńskiego, natomiast zmniejszył swoją liczebność pod wpływem średniej i najwyższej dawki nawozów (tab. 13). Gatunek preferował warstwę dolnych części roślin i traw (tab. 18), co

zaobserwowali także Chachaj (2008) i Wasińska-Graczyk (2010). Na większości poletek *A. coleoptrata* liczniejszy był w okresie jesiennym (tab. 23), podobnie jak w doświadczeniu Chachaja i Seniczaka (2005).

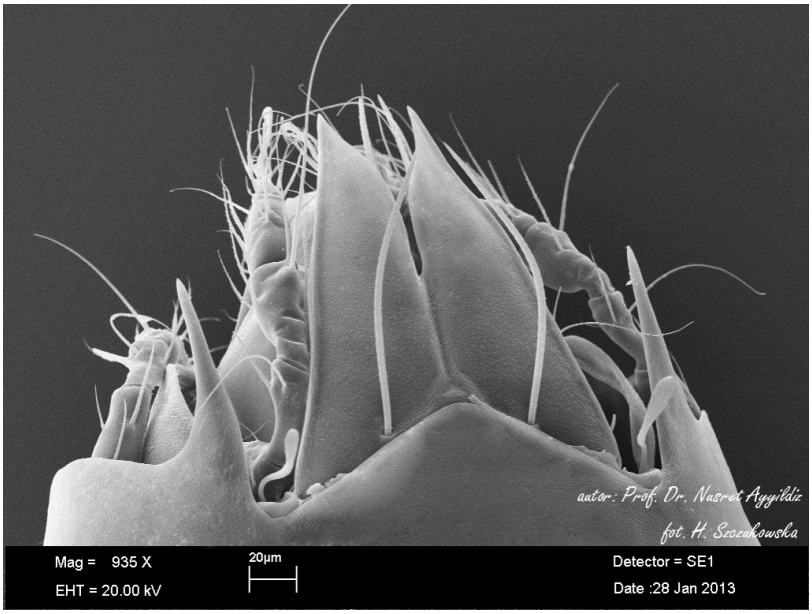
6.6.8.8. *Galumna obvia* (Berlese, 1914)

Galumna obvia (Berlese, 1914) (ryc. 47-52) zaliczany jest do gatunków holarktycznych i pospolicie występuje w Polsce (Olszanowski i in., 1996). Według Gundłacha i Sadzikowskiego (2004) gatunki z rodzaju *Galumna* należą do żywicieli pośrednich wielu tasiemców pasożytujących na zwierzętach gospodarskich (owcach, kozach i bydle).

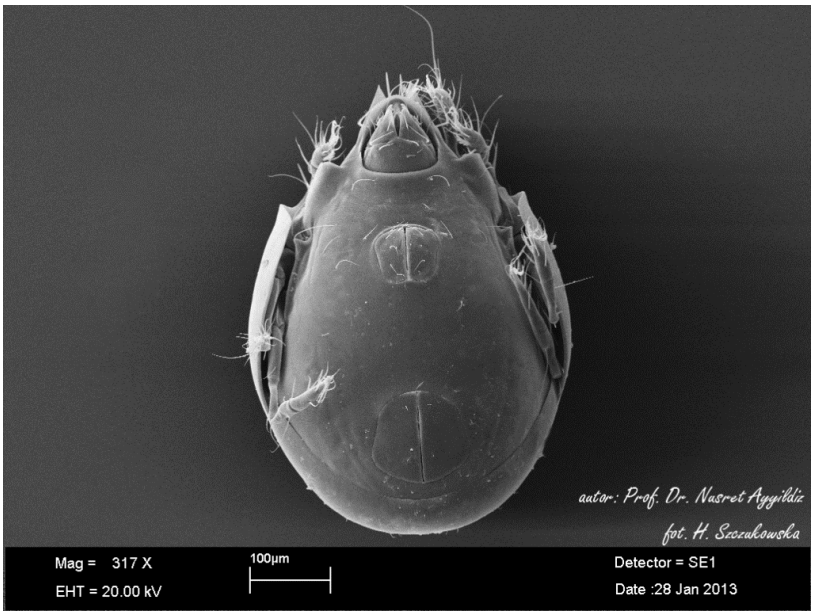
Gatunek wyraźnie negatywnie zareagował na oba rodzaje obornika, a jego liczebność spadała proporcjonalnie do zwiększającej się dawki azotu. Tylko na poletku nienawożonym i nawożonym małą dawką obornika koziego *G. obvia* zaliczony został do klasy dominantów, na pozostałych poletkach okazał się subdominantem lub nawet recedentem (tab. 14 i 15). *Galumna obvia* wystąpił najliczniej w pierwszym poziomie glebowym, a nie jak większość mechowców w warstwie traw i dolnych części roślin (tab. 18). Najliczniej wystąpił w okresie wiosennym, a najmniej licznie latem (tab. 23). W strukturze wiekowej u *G. obvia* zwykle osobniki dorosłe dominowały nad juwenilnymi (tab. 16).



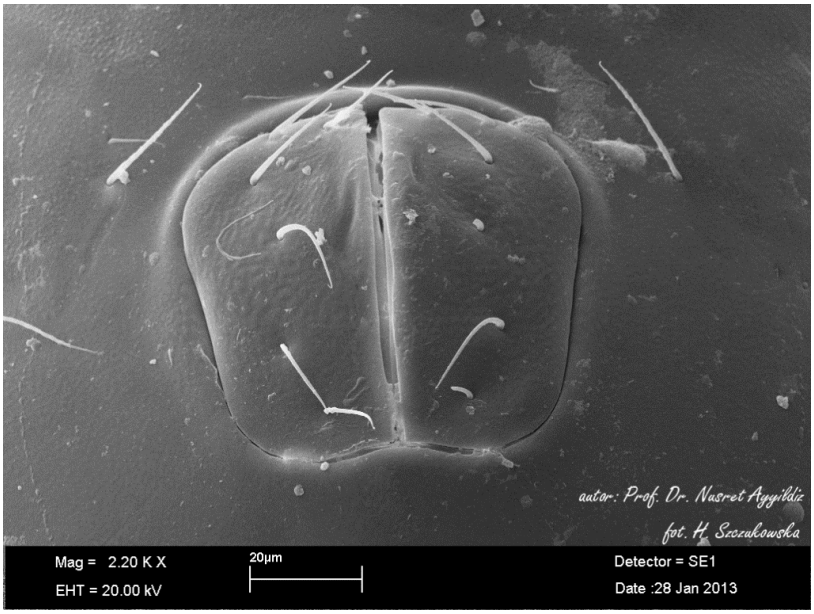
Ryc. 42. *Achipteria coleoptrata*, osobnik dorosły, strona grzbietowa



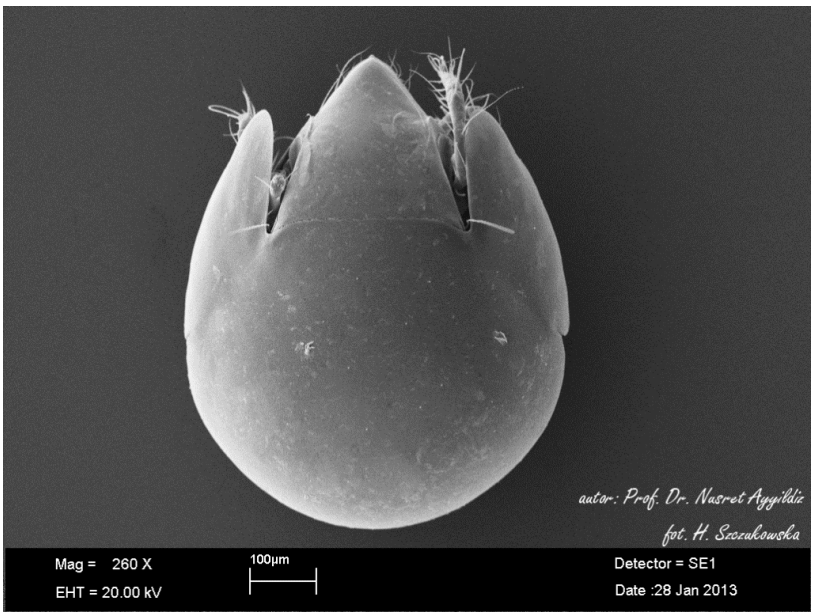
Ryc. 43. *Achipteria coleoptrata*, osobnik dorosły, przednia część ciała



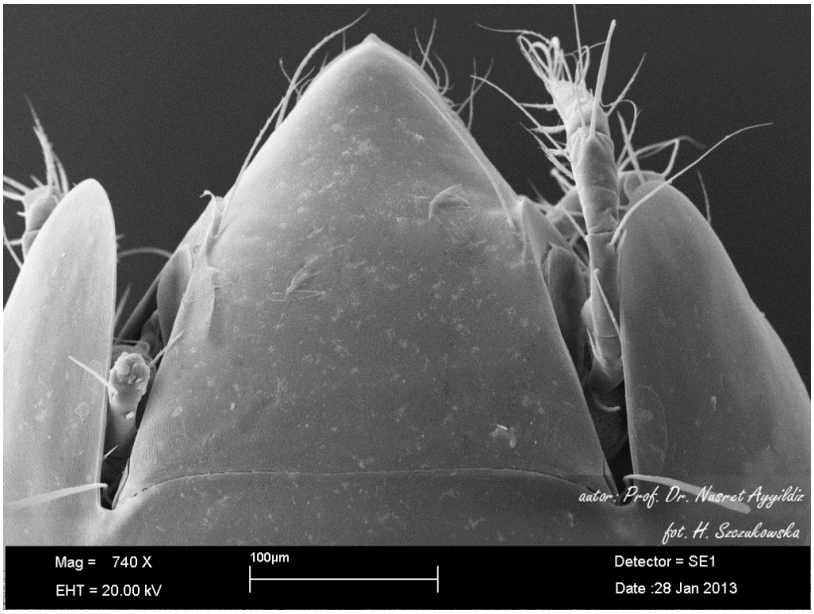
Ryc. 44. *Achipteria coleoptrata*, osobnik dorosły, strona brzuszna



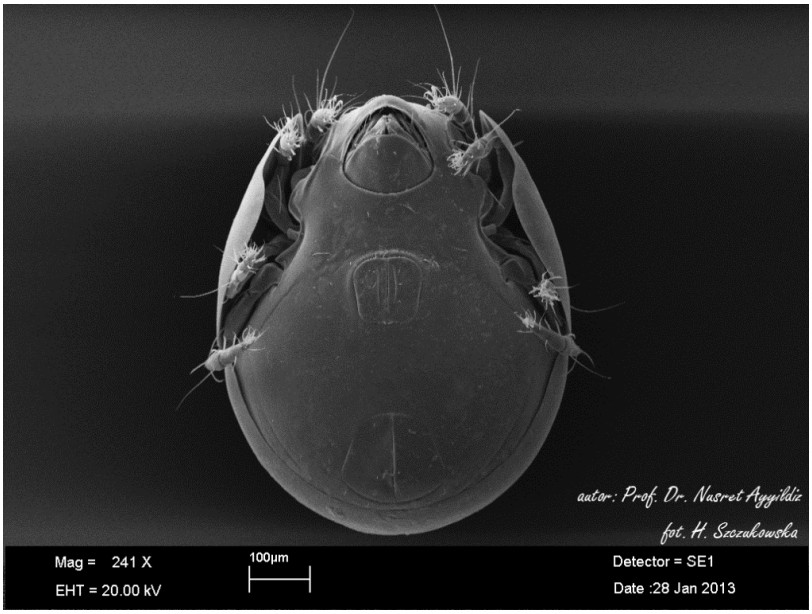
Ryc. 45. *Achipteria coleoptrata*, osobnik dorosły, płytka genitalna



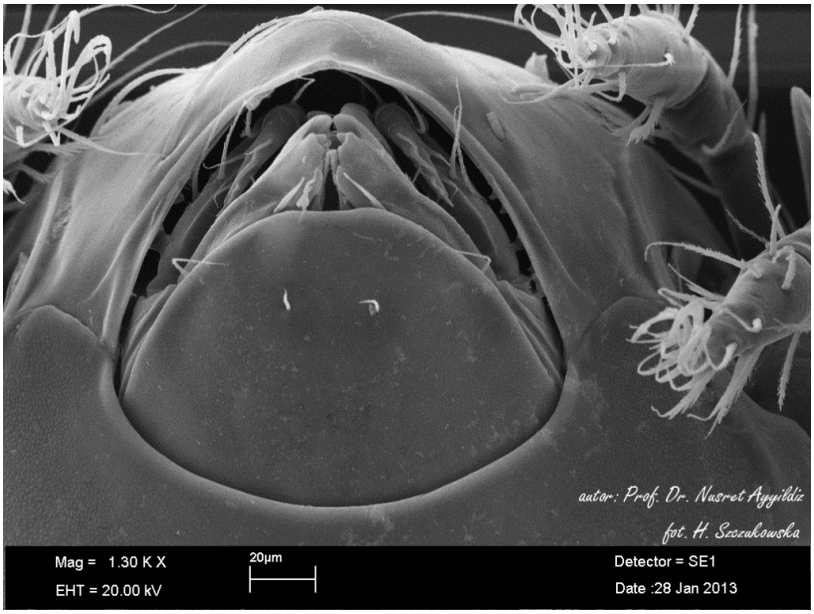
Ryc. 46. *Galumna obvia*, osobnik dorosły, strona grzbietowa



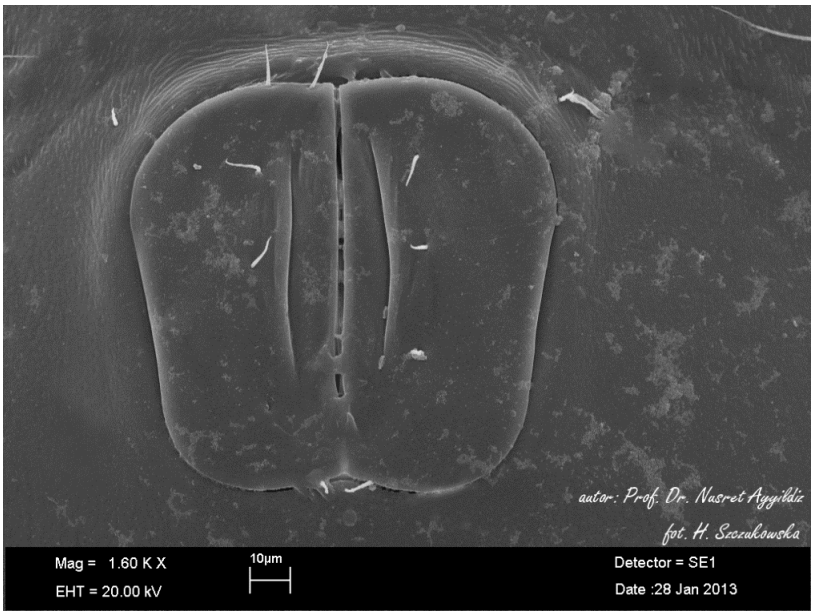
Ryc. 47. *Galumna obvia*, osobnik dorosły, przednia część ciała



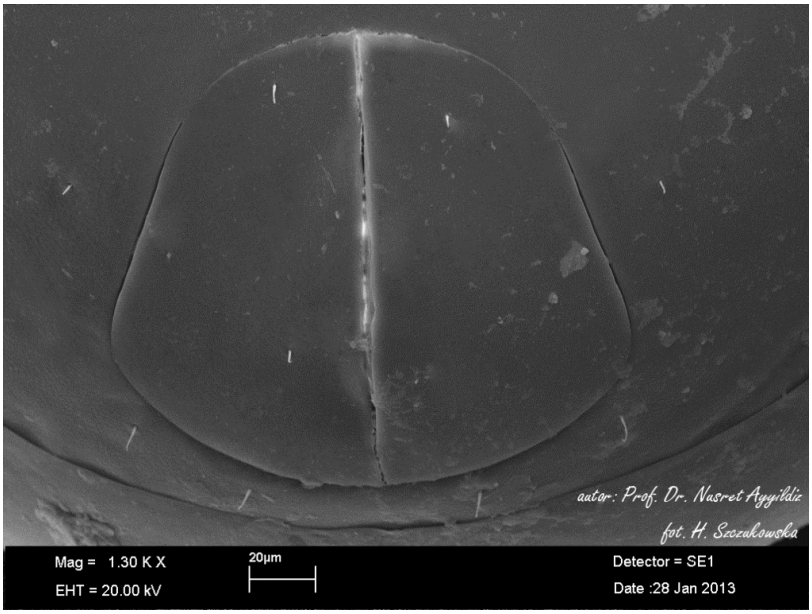
Ryc. 48. *Galumna obvia*, osobnik dorosły, strona brzuszna



Ryc. 49. *Galumna obvia*, osobnik dorosły, gnatosoma, widok od strony brzusznej



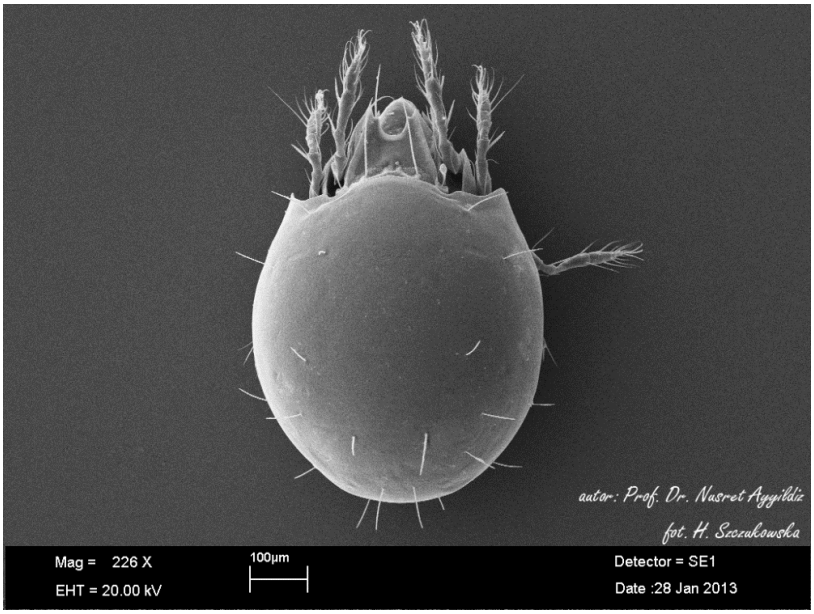
Ryc. 50. *Galumna obvia*, osobnik dorosły, płytka genitalna



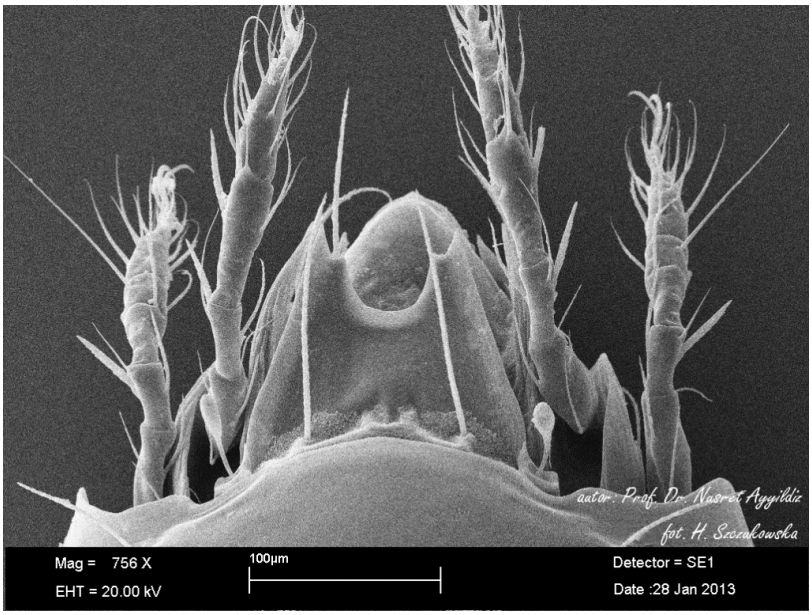
Ryc. 51. *Galumna obvia*, osobnik dorosły, płytka analna

6.6.8.9. *Trichoribates novus* (Sellnick, 1928)

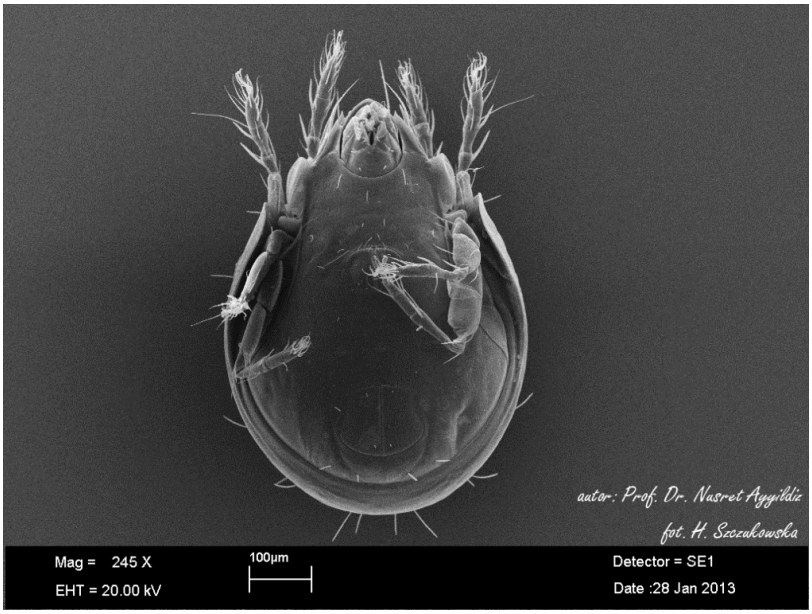
Holarktyczny gatunek, *Trichoribates novus* (Sellnick, 1928) (ryc. 53-55) zasiedla najchętniej świeże i wilgotne łąki, występuje również w glebach ruderalnych (Weigmann, 2006). Najliczniej wystąpił na poletku kontrolnym oraz na poletkach nawożonych najniższymi dawkami obu rodzajów obornika (tab. 13). U tego gatunku stwierdzono, jako u nielicznego spośród badanej fauny mechowców, zdecydowaną przewagę form młodocianych nad osobnikami dorosłymi (tab. 16). Osobniki juwenilne u *T. novus* dominowały na wszystkich badanych poletkach, za wyjątkiem poletka nawożonego najmniejszą dawką obornika koziego, gdzie minimalnie przeważały osobniki dorosłe. Gatunek, podobnie jak większość akarofauny, najliczniej zasiedlał warstwę traw i dolnych części roślin (tab. 18).



Ryc. 52. *Trichoribates novus*, osobnik dorosły, strona grzbietowa



Ryc. 53. *Trichoribates novus*, osobnik dorosły, przednia część ciała

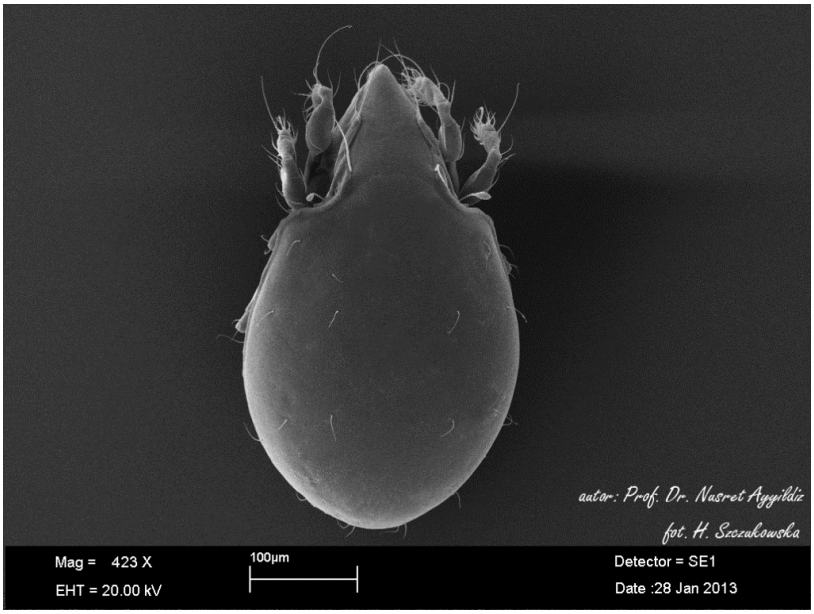


Ryc. 54. *Trichoribates novus*, osobnik dorosły, strona brzuszna

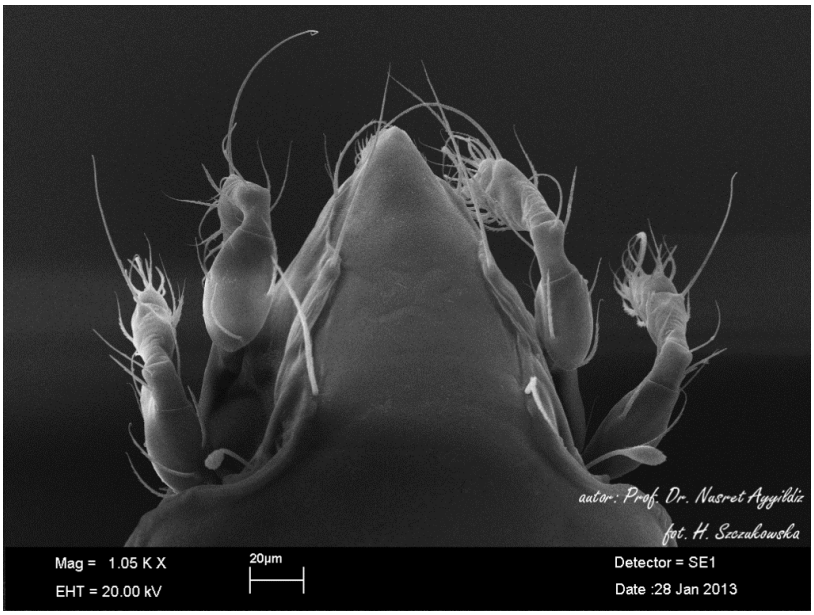
6.6.8.10. *Liebstadia similis* (Michael, 1888)

Liebstadia similis (Michael, 1888) (ryc. 56-59) to pospolity gatunek holarktyczny, w całej Polsce występuje licznie i należy do charakterystycznych gatunków łąkowych (Olszanowski i in., 1996; Chachaj i Seniczak, 2005). *Liebstadia similis* należy do 5 najważniejszych gatunków pod względem przenoszenia tasiemców z grupy Anoplocephalata, zarażających m.in. owce, kozy i bydło rogate (Rajski, 1959). Gatunek bogato występuje w trzciniskach, na torfowiskach łąkowych, słodkich łąkach oraz w eutroficznych olszynach (Niedbała, 1980). Dąbrowski (1999) stwierdził *L. similis* także w nadrzewnych młodnikach sosnowych zanieczyszczonych przez zakłady przemysłowe.

Jak większość gatunków mechowców w badaniu, tak *L. similis* również zareagował negatywnie na nawożenie, szczególnie na najwyższe dawki (tab. 13). Na 5 z badanych 7 poletek gatunek należał do klasy dominantów, na 2 poletkach do klasy subdominantów (tab. 14 i 15). U *L. similis* aż na 3 poletkach dominowały formy juwenilne nad dorosłymi (przy średniej i najwyższej dawce obornika świńskiego oraz przy najwyższej dawce obornika koziego), w przeciwieństwie do większości oznaczonych w badaniu gatunków Oribatida, u których zdecydowanie przeważały osobniki dorosłe (tab. 16). Natomiast, jak większość pozostałych gatunków mechowców, też *L. similis* preferował warstwę traw i dolnych części roślin (tab. 18), podobnie jak w badaniach Seniczaka i in. (2005a).

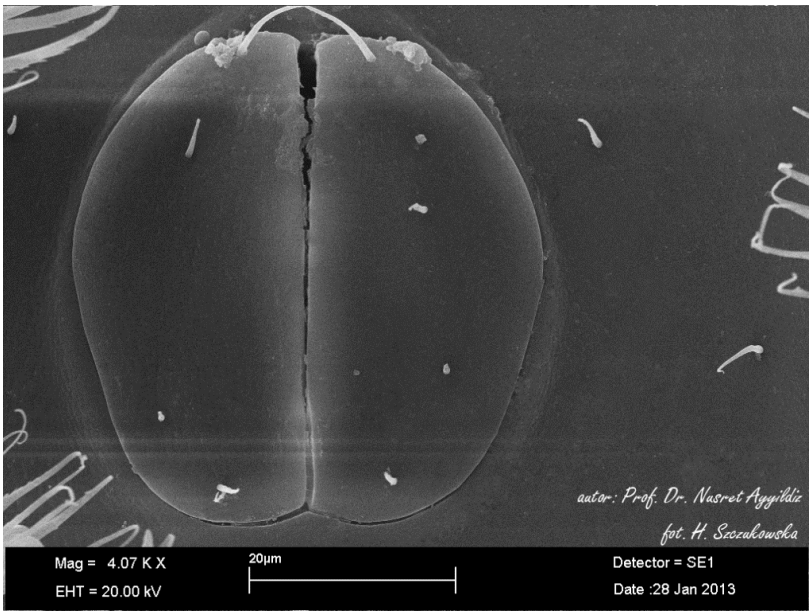


Ryc. 55. *Liebstadia similis*, osobnik dorosły, strona grzbietowa

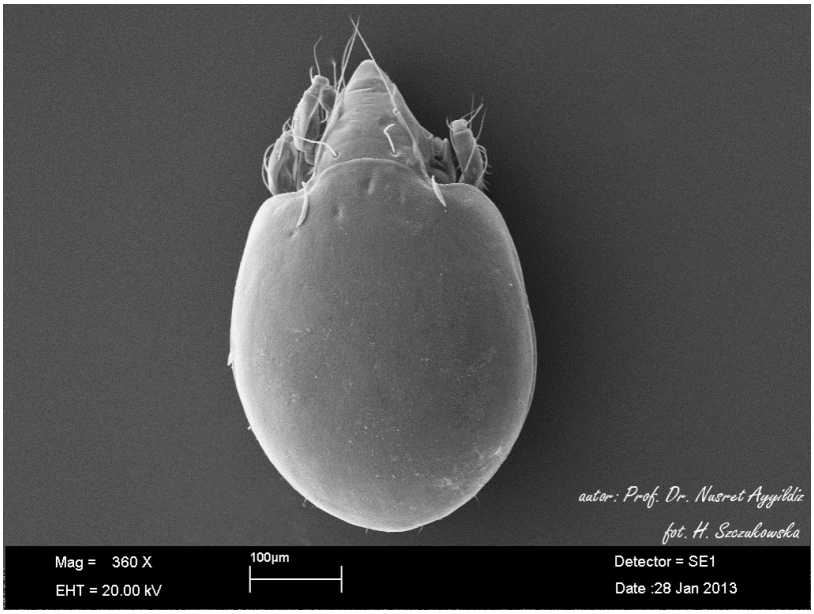


Ryc. 56. *Liebstadia similis*, osobnik dorosły, przednia część ciała

Ryc. 57. *Liebstadia similis*, osobnik dorosły, strona brzuszna



Ryc. 58. *Liebstadia similis*, osobnik dorosły, płytka genitalna



Ryc. 59. *Scheloribates laevigatus*, osobnik dorosły, strona grzbietowa

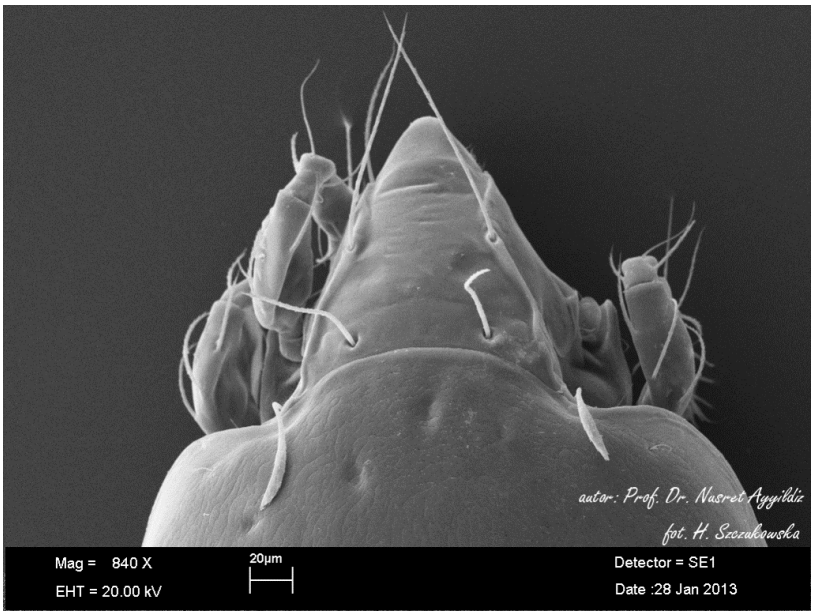
6.6.8.11. *Scheloribates laevigatus* (C.L. Koch, 1835)

Scheloribates laevigatus (C.L. Koch, 1835) (ryc. 60-65) należy do gatunków holarktycznych, pospolicie występuje w całej Polsce (Olszanowski i in., 1996). Według Strenzke'go (1952), Rajskiego (1961) oraz Seniczaka i in. (1987) jest to gatunek typowy dla siedlisk łąkowych czy terenów podmokłych i bagiennych. Gatunek ten wykazano też na polach uprawnych i bagnach torfowych (Eglitis, 1954; Rajski, 1968). *Scheloribates laevigatus* preferuje środowiska mokre, świeże, bogate w materię organiczną, a jego populacje są liczniejsze przy średniej do wysokiej wilgotności, aniżeli w miejscach periodycznie zalewanych wodą (Knülle, 1957; Moritz, 1963; Rajski, 1968).

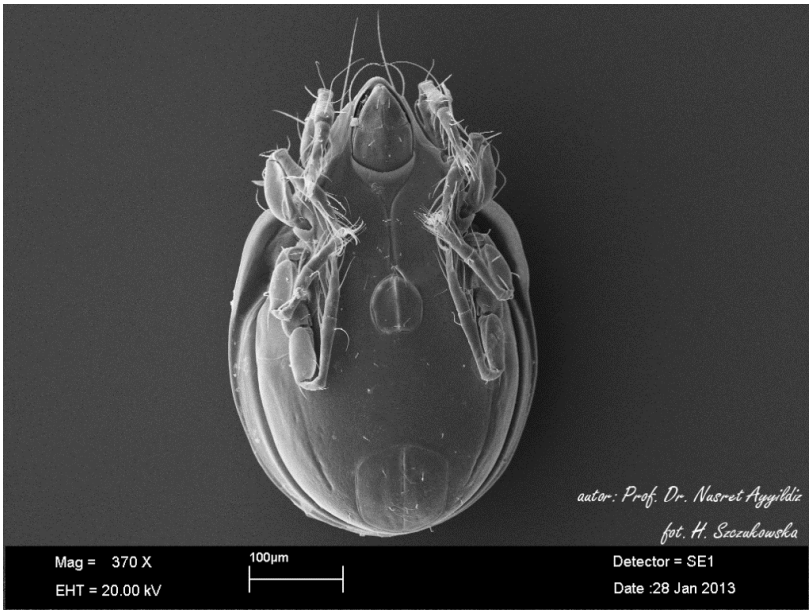
Omawiany gatunek pełni wyjątkowo ważną rolę, jako żywiciel pośredni jednego z groźnych endopasożytów zwierząt i ludzi – tasiemców. Podobnie, jak większość gatunków z rodziny Scheloribatidae Grandjean, 1933, *S. laevigatus* jest żywicielem pośrednim tasiemców z rodzaju *Moniezia* oraz innych z grupy Anoplocephalata, które wywołują tasiemczycę m.in. u przeżuwaczy (Rajski, 1959; Gundłach i Sadzikowski, 2004). *Scheloribates laevigatus* zasiedla przede wszystkim warstwę traw i dolnych części roślin, która jest pożywieniem wypasających się zwierząt gospodarskich, co jest bezpośrednią przyczyną ich zarażenia tasiemczycą i pośrednim zagrożeniem zarażenia człowieka, po spożyciu mięsa zwierząt. Ze względu na liczne występowanie *S. laevigatus* na łąkach i pastwiskach oraz preferencję do zasiedlania traw i dolnych części roślin gatunek ten uważany jest za najgroźniejszego przenosiciela pośredniego

tasiemców w Polsce. Ponadto, co ciekawe, u *S. laevigatus* stwierdzono przypadki drapieżnictwa (zoofagii), co jest nietypowe dla roztoczy wolno żyjących (Niedbała, 1980).

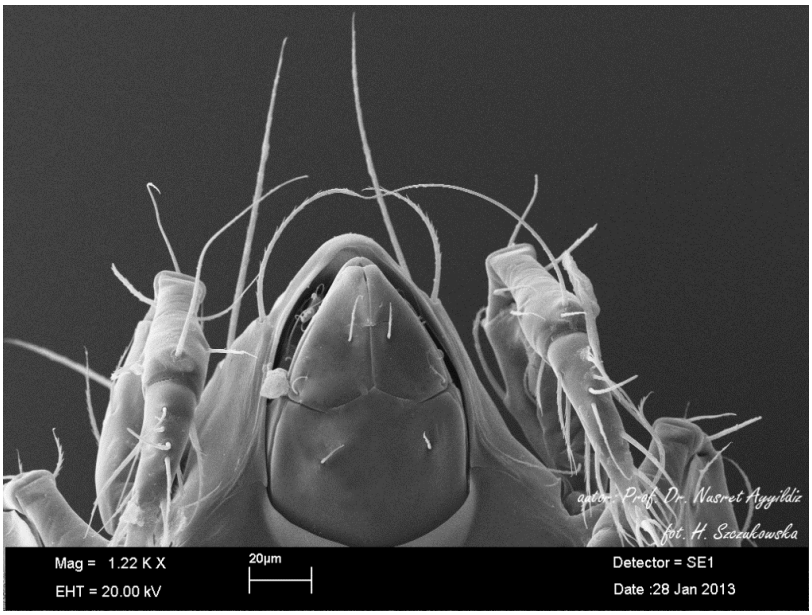
Na badanych poletkach *S. laevigatus* okazał się najliczniejszym gatunkiem i wyraźnie dominował wśród wszystkich mechowców, należąc na jednym z poletek (nawożonym świńskim obornikiem w najwyższej dawce) do klasy superdominantów, a na 6 pozostałych do eudominantów (tab. 14 i 15). Osobniki dorosłe *S. laevigatus* przeważały nad formami młodocianymi, za wyjątkiem poletka nawożonego najwyższą dawką obornika świńskiego, gdzie osobniki juwenilne w niewielkim stopniu (50,37%) dominowały nad dorosłymi (tab. 16). Największe populacje *S. laevigatus* wystąpiły w poziomie traw i dolnych części roślin (tab. 18), podobnie jak w doświadczeniach Chachaja (2008), Leśniewskiej-Kowalskiej (2009) i Wasińskiej-Graczyk (2010). Wraz z dawką zastosowanego nawozu liczebność tego mechowca malała (tab. 13), co jest zgodne z eksperymentem Graczyka (2010). Na 4 poletkach *S. laevigatus* najliczniej wystąpił wiosną, na 2 latem (w tym na poletku kontrolnym), a tylko na 1 poletku w okresie jesiennym (tab. 23).



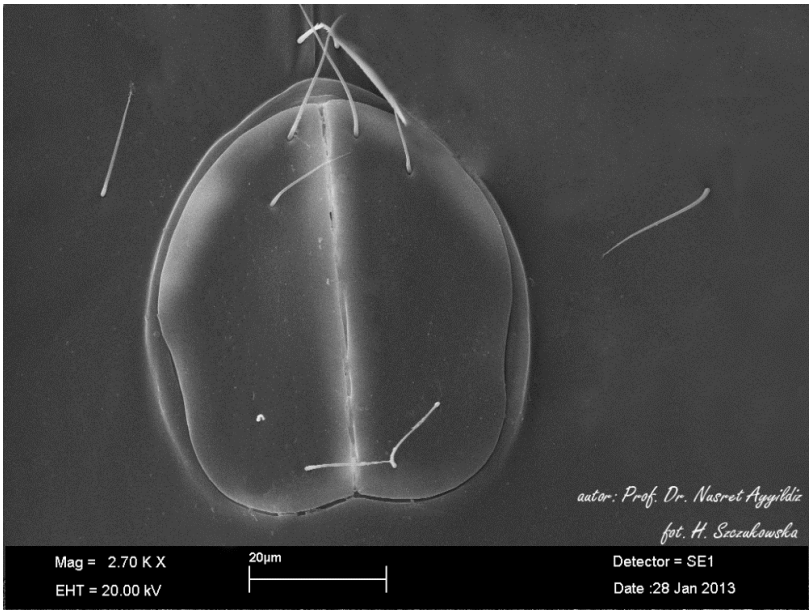
Ryc. 60. *Scheloribates laevigatus*, osobnik dorosły, przednia część ciała, widok od strony grzbietowej



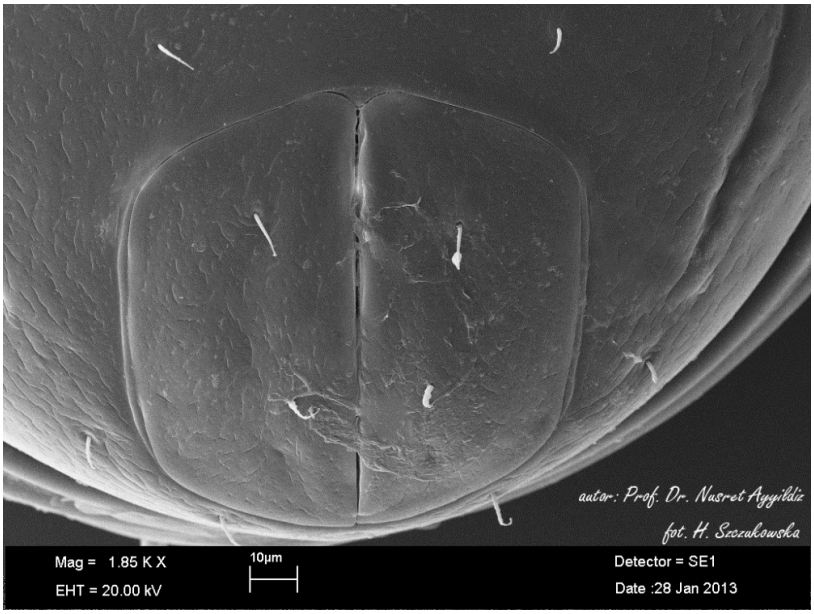
Ryc. 61. *Scheloribates laevigatus*, osobnik dorosły, strona brzuszna



Ryc. 62. *Scheloribates laevigatus*, osobnik dorosły, przednia część ciała, widok od strony brzusznej



Ryc. 63. *Scheloribates laevigatus*, osobnik dorosły, płytka genitalna



Ryc. 64. *Scheloribates laevigatus*, osobnik dorosły, płytka analna

7. DYSKUSJA

W Europie, w tym także w Polsce, w ostatnich latach odnotowuje się rosnącą popularność produktów ekologicznych, przez co również wzrasta liczba gospodarstw ekologicznych. Według Jankowskiej-Huflejt (2008) wyjątkowo ważną rolę w rolnictwie ekologicznym odgrywają trwałe użytki zielone. Są one źródłem taniej, naturalnej i pełnowartościowej paszy dla zwierząt gospodarskich, jak również stanowią dla nich dodatkowe miejsce wybiegu, który jest szczególnie istotnym elementem dobrostanu zwierząt. Ponadto, trwałe użytki zielone pozwalają utrzymać żyzność gleby poprzez odpowiednie ich użytkowanie, w tym także zabiegi agrotechniczne, takie jak nawożenie. Warto podkreślić, że w gospodarstwach ekologicznych nie wolno stosować mineralnych nawozów azotowych, a więc azot dla roślin musi być dostarczany poprzez zastosowanie wyłącznie naturalnego nawożenia, na przykład w postaci obornika. W Polsce obserwuje się coraz wyższy popyt na produkty ekologiczne, między innymi rośnie ekologiczna produkcja mleka koziego i wyrobów mlecznych, głównie serów kozich, ze względu na ich możliwość spożywania przez dzieci ze skazą białkową, właściwości prozdrowotne, specyficzne walory smakowe oraz modę na żywność ekologiczną. W efekcie rośnie zainteresowanie chowem i hodowlą kóz, a w konsekwencji również obornikiem kozim, który świetnie nadaje się do wykorzystania jako nawóz dostarczający niezbędny azot dla roślin na trwałe użytki zielone (Tabor i Kmita, 2007). Według Nowickiego i in. (1999) wartość nawozowa obornika koziego jest zbliżona do wartości obornika owczego i zdecydowanie wyższa aniżeli wartość nawozowa obornika świńskiego. W oborniku kozim zawartość azotu ogólnego waha się zwykle w granicach 5,5-12 $g \cdot kg^{-1}$ (Marszewska-Ziemięcka, 1969), podczas gdy w niniejszym badaniu znajdowała się przy górnej granicy normy (6,53 $g \cdot kg^{-1}$). Z kolei trzoda chlewna to najpopularniejsze, po drobiu, zwierzęta gospodarskie w kraju, a obornik świński od wieków w tradycji polskiej wykorzystywany jest jako naturalny nawóz na grunty orne oraz na łąki i pastwiska. W oborniku świńskim zawartość azotu wynosi przeciętnie 7 $g \cdot kg^{-1}$ (Marszewska-Ziemięcka), a w niniejszym badaniu wyniosła 8 $g \cdot kg^{-1}$. Obornik pochodzący od zwierząt gospodarskich jest o wiele tańszy aniżeli nawozy mineralne, w pełni naturalny, a także posiada szereg zalet, m.in. duża wartość nawozowa obornika wynika z zawartych w nim cennych mikroelementów (Maćkowiak i Żebrowski, 2000). Według Doboszyńskiego (1996) obornik był pierwszym nawozem stosowanym na pola w Polsce, natomiast już od XVII wieku był również używany jako nawóz łąkowy. Golonka (1952) stwierdził pozytywny wpływ nawożenia obornikiem użytków zielonych, ze względu na rozwój pożytecznej fauny glebowej, poprawę jakości gleby i bilansu wilgoci glebowej – co jest szczególnie ważnym aspektem w przypadku okresowo podsychających łąk i pastwisk. Odmienne wyniki uzyskał Kostuch (1984), badając wpływ nawożenia mineralnego i nawożenia obornikiem na górskich użytkach zielonych. Według tego autora nawożenie obornikiem wpłynęło pozytywnie na

darń użytku oraz skład botaniczny i chemiczny roślinności, ale nie zwiększyło plonowania użytku zielonego.

W przeprowadzonym badaniu zawartość suchej masy w oborniku świńskim wyniosła 22,81%, a w oborniku kozim 24,72%. Bardzo zbliżoną wartość suchej masy uzyskali Maćkowiak (1997) oraz Czekała i in. (2014), którzy badali obornik świński. Ilość azotu, fosforu i potasu w zastosowanych nawozach również mieści się w normach zawartości tych pierwiastków w oborniku, według Koconia (2012). Jedynie zawartość azotu w oborniku kozim (6,53 $g \cdot kg^{-1}$ św. m.) w doświadczeniu przewyższała przeciętną wartość, która według Ocetkiewicza (1963) wynosi 4,0 $g \cdot kg^{-1}$ św. m., a według Marszewskiej-Ziemięckiej (1969) waha się w granicach 5,5-12 $g \cdot kg^{-1}$. Jednakże, jak podaje literatura, zawartość azotu, jak i pozostałych składników mineralnych w oborniku oraz pozostałych nawozach naturalnych, może się znacząco różnić. Doboszyński (1996) to potwierdza i podaje, że tak szeroki zakres wartości składników mineralnych w oborniku jest następstwem wielu różnych czynników. Przede wszystkim zawartość makroelementów w oborniku uzależniona jest od gatunku zwierząt, od którego pochodzi, rasy tych zwierząt, ich wieku, sposobu żywienia, jakości i ilości stosowanej w chowie ściółki, a także od czasu i sposobu jej przechowywania.

W przeprowadzonym doświadczeniu zastosowano dwa rodzaje obornika, świński oraz kozi, w 3 rosnących dawkach: 80 kg $N \cdot ha^{-1}$, 140 kg $N \cdot ha^{-1}$ oraz 200 kg $N \cdot ha^{-1}$. W przypadku najwyższej zastosowanej dawki obornika, umyślnie przekroczono dopuszczalną ustawowo maksymalną dawkę azotu, która wynosi 170 kg $N \cdot ha^{-1}$, aby otrzymane wyniki jeszcze wyraźniej obrazowały efekt działania wysokich dawek azotu na akarofaunę glebową, plonowanie łąki, wartość pokarmową zielonki, roślinność łąkową oraz glebę. W literaturze spotyka się podobne doświadczenia, w których celowo autorzy przekroczyli dozwoloną według ustawy dawkę 170 kg $N \cdot ha^{-1}$, w celu jeszcze lepszego określenia wpływu wysokich dawek azotu na faunę glebową, roślinność, plon czy skład faunistyczny. Jankowska-Huflejt (1998) zastosowała w swoim badaniu dawkę 240 kg $N \cdot ha^{-1}$, czyli wyższą od maksymalnej dozwolonej według ustawy o 70 kg $N \cdot ha^{-1}$, z kolei Trojanowski i Baluk (1992) w swoim doświadczeniu nad wpływem nawożenia wykorzystali dawkę 270 kg $N \cdot ha^{-1}$, przekraczając tym samym dozwoloną dawkę aż o 100 kg $N \cdot ha^{-1}$.

W Polsce średnie plony zielonki wynoszą 5 t suchej masy z jednego hektara łąki na rok (Rogalski, 2004). W doświadczeniu odnotowano ogólnie negatywny wpływ nawożenia obornikiem obu rodzajów na wydajność zielonki z hektara na badanej łące, potwierdzając jedną z założonych hipotez. Jedynie najniższa dawka obornika świńskiego zadziałała prawie neutralnie na plon, a najmniejsza dawka obornika koziego wpłynęła w niewielkim stopniu nań w sposób pozytywny (w okresie letnim). Wydajność plonowania najbardziej została ograniczona po zastosowaniu najwyższej dawki obornika świńskiego (redukcja uzyskanego plonu aż o 40% w porównaniu do poletka kontrolnego) i koziego (redukcja o 32,5%), co potwierdza słuszność ograniczenia dawki

nawożenia obornikiem do 170 kg $N \cdot ha^{-1}$. Redukcja plonu po nawożeniu, w szczególności wysokimi dawkami obornika może być spowodowana zbyt wysoką wilgotnością gleby, która według Okruszko (1986) i Czyża (2000) może powodować zmniejszenie skuteczności nawożenia. Jednakże w badaniu stwierdzono wyższy plon w okresie letnim w stosunku do wiosny, a w przypadku małych dawek użytych nawozów również nastąpił wzrost plonu latem względem poletka kontrolnego. Uzyskana wielkość plonu jest zgodna z wynikami Łyszczarza i Łuniewskiego (2006), którzy badali trwałe użytki zielone w Ślesinie (miejscowości położonej obok Minikowa, gdzie przeprowadzano omawiane doświadczenie), a także z badaniami Wasińskiej-Graczyk (2010) i Graczyka (2010), którzy prowadzili badania na łące w Minikowie. Znaczący wpływ na wydajność plonowania łąki, oprócz nawożenia, mają także warunki atmosferyczne, a w szczególności opady. Według Okruszko (1986) oraz Jankowskiej-Huflejt i Zastawnego (2004) trwałe użytki zielone najlepiej rozwijają się i wydają najlepszy plon przy intensywnych opadach atmosferycznych, przynajmniej około 800 mm, natomiast teren badanej łąki charakteryzuje się o wiele niższymi opadami (500-600 mm), co z pewnością także przyczynia się do mniejszych otrzymanych plonów zielonki. Szczególnie drugi rok badań (2013) okazał się ubogi w opady atmosferyczne (jedynie 519,7 mm w przeciągu roku), przez co otrzymany z łąki plon był niższy.

Użycie obydwu rodzajów obornika nie wpłynęło w znaczący sposób na zawartość azotu w glebie, co jest zgodne z badaniami Krzywego i Grześkowiaka (1988) oraz Dzieni i Piskiera (1992), a także z doświadczeniem przeprowadzonym przez Graczyka (2010), którzy wykazali niewielki wpływ nawożenia na zawartość azotu w glebie. Po zastosowanym nawożeniu natomiast zmniejszyła się zawartość węgla organicznego oraz węglanu wapnia, podobnie jak w doświadczeniu Wasińskiej-Graczyk (2010), ale przeciwnie niż w badaniu Graczyka (2010). Stosunek węgla do azotu w glebie wynosił od 10,4 do 12,6, co jest zgodne ze średnią wartością C/N w glebach badanego klimatu (Lityński i in., 1976). Wysoka wilgotność gleb torfowo-murszowych wyjaśnia niewielką zawartość przyswajalnych dla roślin form potasu, fosforu i magnezu, co jest w pełni zgodne z doświadczeniem Bratli i Myhre (1999) oraz Wasińskiej-Graczyk (2010).

Roztocze są najliczniejszymi przedstawicielami mezofauny glebowej, a dominujące wśród nich mechowce pełnią szereg istotnych ról w glebie, m.in. rozdrabniają resztki roślinne, przenoszą zarodniki grzybów, są istotnym ogniwem w przepływie energii przechodzącej przez faunę glebową, biorą znaczny udział w procesach glebotwórczych czy wreszcie transportują substancję organiczną z powierzchniowych do głębszych warstw gleby (Richards, 1979; Boczek i Błaszak, 2005). Według Marszewskiej-Ziemięckiej (1969) najwięcej roztoczy występuje w dobrych glebach leśnych oraz glebach łąkowych, a najmniej w glebach uprawnych. Podobnie podają Skubała i in. (1999), że akarofauna występująca na trwałych użytkach zielonych, w lasach

czy na torfowiskach jest dużo bogatsza, aniżeli na gruntach ornych. W lasach liczba roztoczy na metr kwadratowy waha się od 100 000 osobników do nawet ponad pół miliona (Boczek i Błaszak 2005), natomiast na łące Margowski (1954) wykazał przeciętną liczebność Acari na poziomie 80 000 osobników na metr kwadratowy. W niniejszym badaniu liczebność roztoczy była jeszcze niższa i na poletku kontrolnym wynosiła 47 000 roztoczy na metr kwadratowy.

Zastosowane nawożenie obornikiem świńskim i kozim ogólnie wpłynęło w sposób negatywny na roztocze, w tym na mechowce. Negatywne działanie nawożenia naturalnego na akarofaunę stwierdził również Nakamura (1976), badając na pastwiskach wpływ nawożenia obornikiem bydlęcym na roztocze. Odmienne wyniki uzyskali Purvis i Curry (1984) badając wpływ nawożenia obornikiem na pola buraków cukrowych. Autorzy zaobserwowali wzrost liczebności i bioróżnorodności fauny glebowej pod wpływem zastosowanego obornika. Pfotzer i Schüler (1997) porównywali wpływ nawożenia mineralnego pól oraz nawożenia obornikiem na zwierzęta glebowe. W wynikach swoich badań jednoznacznie stwierdzili lepszą aktywność mikrobiologiczną oraz wyższą liczebność i różnorodność fauny glebowej, w tym skoczogonków i roztoczy, pod wpływem nawożenia obornikiem aniżeli pod wpływem nawozów mineralnych. Natomiast w przeprowadzonym doświadczeniu w szczególności średnie i wysokie dawki zastosowanego obornika świńskiego i koziego zadziałały redukująco na akarofaunę łąkową. Podobne wyniki uzyskali Wasińska-Graczyk (2010) po nawożeniu łąki gnojówką świńską, Graczyk (2010) po nawożeniu łąki gnojowicą bydlęcą i Kaszyński (2015) po nawożeniu łąki obornikiem bydlęcym. Odmienne wyniki uzyskali Zabrocka i in. (2006), którzy po nawożeniu mineralnym na przemiennym użytku trawiastym w dawkach 90 i 180 kg $N \cdot ha^{-1}$ stwierdzili stymulujący wpływ nawozu na akraofaunę i zaobserwowali zwiększenie liczebności roztoczy.

W przeprowadzonym eksperymencie najliczniejszą grupą roztoczy na wszystkich powierzchniach okazały się mechowce, które stanowiły od 58,95% aż do 82,19% badanej akarofauny łąkowej. Tak wysoka dominacja mechowców jest charakterystyczna dla środowisk glebowych na łąkach i w lasach. Według Boczka i Błaszaka (2005) w glebach leśnych mechowce stanowią zazwyczaj od 50% do 90% ogółu Acari. Dominację Oribatida na trwałych użytkach zielonych wykazali również inni autorzy (Seniczak i in., 1991, 1993, 2005a, b; Maire i in., 1999; Chachaj i in., 2005; Leśniewska i Seniczak, 2006; Zabrocka i in., 2006). Prostigmata okazały się drugą najbardziej liczną po mechowcach grupą roztoczy, stanowiąc od 10,43% do 21,16% ogółu Acari. Zbliżony wynik dominacji Prostigmata uzyskali Graczyk (2010) oraz Wasińska-Graczyk (2010), którzy również przeprowadzili badania nad akarofauną glebową na trwałych użytkach zielonych. Dla porównania Boczek i Błaszak (2005) w niektórych glebach leśnych zaobserwowali dominację Prostigmata nawet do 50% wszystkich roztoczy. W przeprowadzonym doświadczeniu zaobserwowano udział Mesostigmata na poziomie od 4,57% do 8,99%, a Astigmata – od 2,13% do aż 21,08% na poletku nawożonym 140 kg $N \cdot ha^{-1}$ obornika koziego. Podobną

dominację Astigmata stwierdził Chachaj (2008) na trwałych użytkach zielonych, natomiast autor ten zaobserwował zdecydowanie wyższy udział Mesostigmata względem ogółu roztoczy, od 9,31% do 32,97%. Także Boczek i Błaszak (2005) podają większy udział Mesostigmata w glebach leśnych – od kilkunastu procent do nawet 30% akarofauny, jak również wyższą dominację Astigmata, aż do 50%.

Najliczniej mechowce wystąpiły na poletku kontrolnym, a następnie na poletkach nawożonych niską dawką obornika świńskiego i koziego. Natomiast najwyższa dawka zastosowanych nawozów (200 kg $N \cdot ha^{-1}$) spowodowała ogromny spadek liczebności ogółu Acari, o blisko 60% w przypadku obornika świńskiego i aż ponad 70% po zastosowaniu obornika koziego, w tym także nastąpił znaczny spadek liczebności mechowców (o ponad 71% po użyciu obornika świńskiego i ponad 75% po zastosowaniu obornika koziego). Ograniczające działanie wysokich dawek azotu na roztocze jest zgodne również z badaniami innych autorów, na przykład Trojanowskiego i Baluk (1992), którzy w swoim doświadczeniu wykazali znaczny spadek liczebności akarofauny pod wpływem dawki 270 kg $N \cdot ha^{-1}$. Również Żyromska-Rudzka (1976) stwierdziła, że nawożenie mineralne NPK załamuje stabilność populacji poszczególnych gatunków mechowców oraz obniża liczebność i biomasę Oribatida.

Liczba gatunków mechowców okazała się najwyższa na poletku kontrolnym oraz na poletkach nawożonych niską dawką obornika świńskiego i koziego, natomiast nawożenie średnią, a szczególnie wysoką dawką obornika świńskiego oraz wysoką dawką obornika koziego nieznacznie zmniejszyło liczbę gatunków Oribatida. Zjawisko niewielkiego spadku różnorodności biologicznej roztoczy pod wpływem nawożenia naturalnego zaobserwowali w swoich doświadczeniach również Bolger i Curry (1980), Bielska i Paszewska (1995) oraz Graczyk (2010). Należy jednak podkreślić, że wraz z rosnącą dawką zastosowanych w doświadczeniu nawozów zwiększał się proporcjonalnie poziom dominacji gatunków panujących. Pod wpływem najwyższej dawki obornika świńskiego dominujący gatunek, *Scheloribates laevigatus,* osiągnął dominację blisko 50% i uzyskał status superdominanta, a na pozostałych poletkach *S. laevigatus* okazał się eudominantem. *Scheloribates laevigatus* należy do gatunków eurytopowych, z preferencjami względem siedlisk łąkowych, czym można w sposób pośredni wytłumaczyć jego liczną obecność na badanym użytku (Rajski, 1961, 1968; Olszanowski i in., 1996). Jednakże wzrost dominacji tego gatunku na poletkach nawożonych najwyższą dawką obornika, świadczy o wysokiej odporności tego mechowca na wysokie stężenie azotu i pozostałych składników nawozu. *Scheloribates laevigatus* należy ponadto do głównych żywicieli pośrednich kilkunastu gatunków tasiemców, a więc jego duża liczebność na trwałych użytkach zielonych stanowi tym samym bezpośrednie zagrożenie zarażenia tasiemczycą dla zwierząt gospodarskich oraz pośrednio także dla ludzi. Stwierdzono dodatkowo, że gatunek ten nie wykazuje dobowych migracji pionowych i jest

obecny na trawie przez cały dzień, co uniemożliwia ograniczenie zarażenia tasiemczycą u zwierząt przez zastosowanie innego czasu ich wypasu (Ibarra i in., 1965).

Uważa się, że pionowy rozkład mechowców w środowisku jest związany bardziej z rozmieszczeniem pokarmu, aniżeli z czynnikami fizycznymi środowiska (Niedbała, 1980). Analiza pionowego rozmieszczenia badanej akarofauny wykazała, że wszystkie grupy roztoczy, w tym także mechowce, najliczniej zasiedlały warstwę traw i dolnych części roślin, a zastosowane w pracy nawożenie nie wpłynęło na rozkład roztoczy w poszczególnych warstwach. Taki schemat rozmieszczenia pionowego jest typowy dla wszystkich grup roztoczy, w tym Oribatida, na użytkach zielonych, a podobne wyniki rozkładu pionowego akarofauny na siedliskach łąkowych uzyskali Żyromska-Rudzka (1976), Domek-Chruścicka (2005), Domek-Chruścicka i Seniczak (2005a), Sokołowska (2005), Sokołowska i Seniczak (2005a), Domek i in. (2006), Seniczak i in. (2007).

Nawożenie obornikiem, zarówno świńskim, jak i kozim, zmieniło dynamikę sezonową mechowców, przede wszystkim na korzyść wiosny, a ze stratą liczebności w okresie jesiennym i letnim. Odmienne wyniki otrzymali Graczyk (2010) i Wasińska-Graczyk (2010), którzy stwierdzili, że pod wpływem nawożenia gnojowicą trwałych użytków zielonych dynamika sezonowa mechowców nie uległa zmianie. Natomiast w przeprowadzonym doświadczeniu w szczególności najwyższa dawka zastosowanych nawozów wpłynęła znacząco na sezonowość Oribatida. Zjawisko to można wytłumaczyć tym, że gatunki mechowców wykazują sezonowe różnice w liczebności populacji, zachodzące pod wpływem różnorodnych warunków środowiskowych, jak również wewnątrz- i międzypopulacyjnych. Dynamikę sezonową roztoczy kształtują bowiem przede wszystkim warunki klimatyczne, takie jak temperatura, wilgotność i nasłonecznienie (Dajoz, 1975), ale także stosowane zabiegi agrotechniczne, w tym także nawożenie naturalne (Niedbała, 1980).

Na wszystkich badanych powierzchniach zaobserwowano dominację osobników dorosłych mechowców nad stadiami młodocianymi, co jest charakterystyczne dla Oribatida i wykazane przez licznych autorów (Niedbała, 1980; Chachaj, 2008; Graczyk i in., 2008; Graczyk, 2010; Wasińska-Graczyk, 2010). Dorosłe mechowce odznaczają się mniejszą wrażliwością na niektóre czynniki zewnętrzne, np. znacznie lepiej znoszą szerszy zakres temperatur aniżeli osobniki młodociane (Madge, 1965; Niedbała, 1980). Osobniki młodociane także częściej padają ofiarą drapieżników, chociażby drapieżnych roztoczy z grupy Mesostigmata, a także innych drobnych zwierząt glebowych – młode Oribatida wykazano w jelitach dżdżownic, gdzie trawione były jedynie formy młodociane albo osobniki jeszcze słabo sklerotyzowane (Niedbała, 1980). Potwierdzają to wyniki liczebności *Eupelops occultus*, u którego stwierdzono znaczną dominację osobników dorosłych nad młodocianymi. Dodatkowo, formy juwenilne *E. occultus* najliczniej zaobserwowano na poletku

kontrolnym, a wszystkie dawki obu rodzajów obornika redukowały ich liczebność. Odmienne wyniki zaobserwowali Seniczak i in. (1985) badając akarofaunę gleb słonych, a więc nietypowe i trudne dla *E. occultus* środowisko. Stwierdzono wówczas, w jednym z badanych słonych siedlisk, ponad dwukrotną dominację osobników młodocianych nad dorosłymi tego gatunku.

W strefie klimatu przejściowego, w której przeprowadzano badania występują dwa szczyty liczebności Oribatida (wiosną i jesienią), kiedy to intensywnie pojawiają się larwy i nimfy mechowców (Niedbała, 1980). Pod wpływem zastosowanego nawożenia obornikiem znacząco spadła liczebność larw i protonimf Oribatida. Szczególnie pod wpływem najwyższej dawki obornika świńskiego i koziego liczebność larw mechowców spadła aż o 72,68-61,45%, w porównaniu z poletkiem kontrolnym. Zastosowane nawożenie, zwłaszcza w wysokich dawkach, znacznie ograniczyło także liczebność dorosłych mechowców, co automatycznie wpłynęło na spadek możliwości rozrodczych populacji w następnych okresach, a w konsekwencji spowodowało obniżenie liczebności osobników młodocianych, głównie larw. Jednakże, pomimo znacznego spadku liczebności mechowców pod wpływem nawożenia, zarówno form młodocianych, jak i osobników dorosłych, należy podkreślić, że udział form juwenilnych zwiększał się wraz z dawką nawozu, a osobników dorosłych malał. Przede wszystkim zauważalne jest to na poletkach nawożonych najwyższą dawką obydwu rodzajów zastosowanego obornika, na których widać wyraźnie negatywną reakcję osobników dorosłych na nawożenie, a pozytywną form juwenilnych. Należy jednak podkreślić, iż na najbardziej nawożonych poletkach znacznej redukcji uległa liczebność drapieżnych Mesostigmata, które atakują właśnie w szczególności stadia młodociane mechowców, a tylko sporadycznie osobniki dorosłe są ich ofiarami, co mogło również wpłynąć w sposób pozytywny na liczebność osobników juwenilnych na tych powierzchniach. Niektórzy autorzy, jak Sengbusch (1951), Wallwork (1959) oraz Tarras-Wahlberg (1961) uważają także, że to właśnie stadia młodociane Oribatida, a nie dorosłe mechowce są bardziej odporne na czynniki środowiskowe, np. na zmiany temperatury, a poprzez swoje niewielkie wymiary ciała młode Oribatida potrafią wnikać głębiej w glebę aniżeli osobniki dorosłe, i tym samym lepiej chronią się m.in. przed nadmierną utratą wody w warunkach suszy (Niedbała, 1980). Fakt, że spośród wszystkich stadiów młodocianych najliczniej w doświadczeniu wystąpiły larwy jest dosyć nietypowym zjawiskiem dla większości gatunków mechowców, ale podobne wyniki uzyskał Lebrun (1969) badając stadia młodociane populacji *Nothrus palustis* C.L. Koch. Na aż 5 z 7 badanych poletek stwierdzono dominację osobników dorosłych nad młodocianymi u *Platynothrus peltifer*. Może być to spowodowane długim rozwojem od jaja do osobnika dorosłego tego gatunku, który trwa aż 150 dni, w porównaniu do długości życia tego mechowca, która wynosi 200 dni (Niedbała, 1980).

Poszczególne gatunki mechowców w różny sposób zareagowały na zastosowane nawożenie, jednak w zdecydowanej większości nawożenie silnie

zredukowało liczebność Oribatida, szczególnie najwyższa dawka użytych nawozów. Z kolei, najniższa dawka obornika świńskiego i koziego wpłynęła pozytywnie na część gatunków mechowców, na przykład zadziałała stymulująco na liczebność *Achipteria coleoptrata*. Również dominacja *A. coleoptrata* zwiększyła się na poletkach z niską dawką nawozów do pozycji dominanta, tymczasem na pozostałych badanych poletkach ten gatunek mechowca wystąpił zaledwie jako subdominant. Według Seniczaka (1978a) *A. coleoptrata*, podobnie jak inne gatunki należące do Achipteriidae, biorą udział w początkowej fazie przemiany materii organicznej w glebie. Faza ta jest niezwykle istotna pod względem ekologicznym, gdyż inicjuje dalsze procesy rozkładu materii organicznej. Z tego względu, zwiększenie liczebności *A. coleoptrata* na trwałym użytku zielonym pod wpływem niskiej dawki nawożenia obornikiem jest zjawiskiem korzystnym dla jakości gleby i wydajności łąki.

Wysokie dawki zastosowanego obornika, zarówno świńskiego, jak i koziego, wpłynęły ogólnie w sposób negatywny na większość gatunków mechowców. Tak zachował się *Liebstadia similis*, którego liczebność zmniejszała się proporcjonalnie wraz z rosnącą dawką obornika, a pod wpływem najwyższej dawki nawozu świńskiego oraz koziego liczebność tego gatunku zmalała kilkakrotnie. Taka reakcja *L. similis* świadczy o silnym wpływie nawożenia obornikiem (w szczególności w wysokich dawkach) na ten gatunek, który według innych badań jest dość odporny na niekorzystne warunki środowiska. Rajski (1959) stwierdził na przykład dużą wytrzymałość *L. similis* na okresowe deficyty wody w glebie.

W badaniu stwierdzono spadek liczebności większości gatunków Oribatida pod wpływem najwyższej użytej dawki obornika świńskiego i koziego, tymczasem zastosowanie najwyższej dawki nawozów zwiększyło jednocześnie dominację najliczniejszego w całym doświadczeniu gatunku – *Scheloribates laevigatus*. Ten typowo łąkowy gatunek mechowca należy do głównych przenosicieli jaj tasiemców, a więc stanowi bezpośrednie zagrożenie dla zwierząt gospodarskich i pośrednio także dla człowieka. Również pozostałe gatunki Oribatida dominujące w doświadczeniu, takie jak *Achipteria coleoptrata*, *Liebstadia similis* czy *Ceratozetes gracilis* są żywicielami pośrednimi tasiemców. Jednym ze sposobów zapobiegania rozprzestrzeniania się tasiemczycy na trwałych użytkach zielonych jest regularne odrobaczanie zwierząt gospodarskich środkami chemicznymi. Według Niedbały (1980) można również zrezygnować na kilka lat z wypasu zwierząt na danym użytku zielonym, na którym stwierdzono zarażenia tasiemczycą, gdyż taki okres czasu wiąże się z długością życia większości mechowców i pozwala wykluczyć zagrożenie. Także stosowanie zabiegów agrotechnicznych, np. zaorywanie łąki, pozwala na ograniczenie ryzyka zarażenia tasiemczycą (Wasińska-Graczyk, 2010).

Roztocze doskonale sprawdzają się jako organizmy biowskaźnikowe środowiska. Według Skubały (2002) roztocze nadają się świetnie do badań nad

biomonitoringiem, ponieważ występują w dużych zagęszczeniach i ogromnej różnorodności w niewielkiej objętości badanego środowiska (glebowego czy wodnego). Podobnie Marshall i in. (1987) uważają, że roztocze sprawdzają się bardzo dobrze jako organizmy wskaźnikowe, m.in. w badaniach nad zanieczyszczeniem powietrza, kwaśnymi deszczami, uprawą roli, jak również stosowaniem nawozów mineralnych, herbicydów, insektycydów i innych środków ochrony roślin, efektami pożarów, wycinaniem drzew, a nawet nad zanieczyszczeniem radioaktywnym. Brakuje w literaturze jednak ciągle badań biomonitoringowych nad wpływem nawożenia obornikiem na środowisko, w których również można wykorzystywać akarofaunę. W przeprowadzonym doświadczeniu biowskaźnikiem wpływu nawożenia obornikiem świńskim i kozim na środowisko naturalne okazał się *Hypochthonius luteus*, który wyraźnie w sposób negatywny zareagował na nawożenie obornikiem obu rodzajów i właściwie we wszystkich zastosowanych dawkach, a w szczególności pod wpływem średniej i wysokiej dawki nawozów. Podobnie zachowały się także inne gatunki mechowców, takie jak *Damaeus onustus*, *Eupelops occultus*, *Liebstadia humerata*, *Metabelba pulverosa*, *Nanhermannia nana*, *Pantelozoetes paoli* czy *Parachipteria bella*, które ewidentnie źle znoszą średnie, a szczególnie wysokie dawki nawożenia i okazały się organizmami biowskaźnikowymi w przeprowadzonym doświadczeniu.

Stosowanie maksymalnej dozwolonej ustawowo dawki obornika świńskiego i koziego (170 kg $N \cdot ha^{-1}$) na łąkach w świetle przeprowadzonego doświadczenia oraz dotychczasowej wiedzy zootechnicznej, rolniczej, botanicznej, gleboznawczej i akarologicznej dotyczącej tych rodzajów obornika oraz innych nawozów naturalnych wydaje się nieuzasadnione, zarówno pod względem niekorzystnego wpływu tak wysokich dawek nawozów na plonowanie, skład gatunkowy roślinności, środowisko glebowe, jak i pożyteczną akarofaunę. Wnioskując z uzyskanych wyników oraz rezultatów podobnych badań, racjonalnym na trwałe użytki zielone jest zastosowanie obornika jedynie w niewielkich dawkach. Dodatkowo, w świetle otrzymanych wyników, wysokie dawki obornika ewidentnie skutkowały spadkiem nie tylko liczebności, ale również różnorodności biologicznej mechowców, a także wzrostem dominacji gatunków przenoszących tasiemce, co dodatkowo potwierdza słuszność stosowania obornika w mniejszych dawkach. W efekcie, biorąc pod uwagę wysokie ryzyko zarażania tasiemczycą zwierząt gospodarskich i pośrednio człowieka przez wiele gatunków łąkowych mechowców oraz fakt, że roztocze glebowe, a spośród nich przede wszystkim mechowce biorą udział w rozkładzie materii organicznej w glebie, rozdrabnianiu cząstek glebowych oraz ich ogromną rolę w procesie próchnicotwórczym, warto podjąć dalsze badania akarologiczne nad wpływem nawożenia naturalnego na łąkach i pastwiskach. Szczególnie ważnym aspektem do dalszych badań powinno być sprawdzanie wpływu poszczególnych rodzajów nawozów naturalnych na trwałe użytki zielone oraz akarofaunę je zasiedlającą, a także dostosowanie odpowiedniej dawki stosowanych nawozów, wpływającej

korzystnie na środowisko, zarówno pod względem biologicznym, ekologicznym, jak i agrotechnicznym oraz zootechnicznym. Interesujące byłoby włączenie do tego typu badań analizy jaj tasiemców przenoszonych przez badane mechowce, pod kątem rodzaju/gatunku pasożyta i jego potencjalnych ofiar wśród zwierząt gospodarskich. Słusznym wydaje się być także poszerzenie podobnych badań w przyszłości o wpływ nawożenia na pozostałe zwierzęta glebowe oraz mikroflorę glebową. Rezultaty doświadczenia rozszerzone o powyższe elementy pozwoliłyby jeszcze dokładniej poznać reakcję środowiska glebowego na nawożenie.

8. WNIOSKI

1. Zastosowane nawożenie zmniejszyło wydajność plonu z hektara i wpłynęło negatywnie na roślinność łąki i skład zielonki; negatywny miała wpływ w szczególności najwyższa dawka (200 kg $N \cdot ha^{-1}$) obornika świńskiego i koziego, co potwierdza słuszność ograniczenia dawki nawożenia obornikiem do 170 kg $N \cdot ha^{-1}$.

2. Pod wpływem nawożenia właściwości gleby generalnie nie uległy zmianie, spadła jedynie znacząco zawartość węglanu wapnia.

3. Wpływ nawożenia na akarofaunę łąkową zależał od rodzaju i dawki nawozu. Najniższa dawka każdego obornika nie miała wpływu na akarofaunę, natomiast najwyższa dawka obornika zredukowała znacząco liczebność roztoczy i ograniczyła liczbę gatunków mechowców; stwierdzono silniejszy wpływ ograniczający obornika koziego niż świńskiego.

4. Nawożenie zmieniło strukturę dominacji gatunków mechowców; pod wpływem najwyższej zastosowanej dawki obornika przetrwały tylko odporne gatunki (np. *Scheloribates laevigatus*, *Platynothrus peltifer*, *Malaconothrus monodactylus*), a wrażliwe zmniejszyły znacząco swoją liczebność lub wyginęły (np. *Ceratozetes gracilis*, *Galumna obvia*, *Hypochthonius luteus*). Najwyższa dawka obornika zwiększyła dominację *S. laevigatus*, który przenosi wiele gatunków tasiemców i stanowi zagrożenie tasiemczycą dla zwierząt gospodarskich i człowieka.

5. Nawożenie nie wpłynęło znacząco na rozmieszczenie pionowe roztoczy na badanych poletkach. Mechowce, w tym *Scheloribates laevigatus*, wystąpiły najliczniej w warstwie traw i dolnych części roślin, co stwarza również zagrożenie zarażenia przeżuwaczy tasiemczycą.

6. Nawożenie obornikiem świńskim i kozim zmieniło dynamikę sezonową mechowców, głównie na korzyść wiosny, a ze stratą liczebności jesienią i latem.

7. Na wszystkich badanych poletkach osobniki dorosłe mechowców dominowały nad formami młodocianymi, ale udział form młodocianych zwiększał się wraz z dawką nawozu, co można wyjaśnić spadkiem liczebności Mesostigmata, które atakują stadia młodociane mechowców.

PODZIĘKOWANIA

Serdeczne podziękowania składam Pani dr hab. Annie Seniczak, prof. nadzw. UTP z Zakładu Ekologii za opiekę merytoryczną, życzliwość, pomoc przy realizacji badań i oznaczaniu materiału badawczego oraz cenne wskazówki przy pisaniu i przygotowaniu pracy,

Panu prof. zw. dr hab. inż. Stanisławowi Seniczakowi za życzliwą pomoc przy realizacji badań, oznaczaniu gatunków i stadiów młodocianych mechowców oraz za niezwykłą pasję i wprowadzenie do wyjątkowego świata akarologii,

Panu dr inż. Radomirowi Graczykowi z Zakładu Ekologii UTP za pomoc i cierpliwość przy oznaczaniu gatunków i stadiów młodocianych mechowców, za pomoc przy analizie statystycznej oraz cenne wskazówki przy pisaniu i przygotowaniu całej pracy,

Panu prof. dr Nusret'owi Ayyldiz z Erciyes Univesitesi w Kayseri w Turcji za życzliwość, pomoc przy realizacji pracy i wykonanie zdjęć skaningowych mechowców,

Panu prof. dr hab. Janowi Mikołajczakowi z Katedry Żywienia Zwierząt i Gospodarki Paszowej za analizę chemiczną zielonki,

Pani dr hab. Ewie Spychaj-Fabisiak, prof. nadzw. UTP z Katedry Chemii Rolnej za analizę chemiczną obornika,

Panu dr inż. Grzegorzowi Bukowskiemu z Zakładu Ekologii UTP za analizę roślinności,

Panu dr inż. Mirosławowi Kobierskiemu z Katedry Gleboznawstwa i Ochrony Gleb UTP za analizę chemiczną gleby,

Państwu Ryterskim za udostępnienie obornika do doświadczenia oraz pomoc merytoryczną w opisie zwierząt.

9. LITERATURA

[1] AOAC, 1995. Official methods of analysis of the assoctiation of official analytical chemists. 16th Edition, Arlington, Virginia, USA.

[2] Beisel J.N., Usseglio-Polatera Ph., Bachmann V., Moreteau J.C., 2003. A comparative analysis of evenness index sensitivity. Internat. Rev. Hydrobiol. 88, 3-15.

[3] Bergałowska R., 1972. Wpływ nawożenia obornikiem ściółkowym na plon, skład botaniczny i chemiczny roślinności łąkowej. Zesz. nauk. AR Szczec. Rol., 38, 3.

[4] Berthet P., Gerard G., 1965. A statistical study of microdistribution of Oribatei (Acari). Part I. The distribution pattern. Oikos 16, 214-227.

[5] Bielska I., Paszewska H., 1995. The Oribatida (Acari, Oribatida) communities of meadows fertilized and non-fertilized with liquid manure. Pol. Ecol. Stud. 21, 3, 277-292.

[6] Błaszak Cz. (red.), 2013. Zoologia t. 2 cz. 1. Stawonogi: szczękoczułkopodobne, skorupiaki. PWN Warszawa.

[7] Boczek J., 1966. Roztocze: Szkodniki roślin i produktów przechowywanych. PWRiL Warszawa.

[8] Boczek J., 1980. Zarys akarologii rolniczej. PWN Warszawa.

[9] Boczek J., Błaszak Cz., 2005. Roztocze (Acari). Znaczenie w życiu i gospodarce człowieka. SGGW Warszawa, 1-267.

[10] Bolger T., Curry J.P., 1980. Effects of cattle slurry on soil arthropods in grassland. Pedobiologia 20, 246-253.

[11] Bratli H., Myhre A., 1999. Vegetation – environment relationships of old hay meadows at Sverveli, Telemark, S Norway. Nord. J. Bot. 19, 455-471.

[12] Ciuruś J., 1960. Badania nad sposobem nawożenia użytków zielonych obornikiem owczym. Biul. Prac Nauk.-Bad. IZ 13, 57-63.

[13] Chachaj B., 2008. Wpływ wypasu wybranych zwierząt gospodarskich na roztocze (Acari) glebowe. Rozpr. dokt., UTP w Bydgoszczy.

[14] Chachaj B., Seniczak S., 2005. Dynamika liczebności roztoczy (Acari) na łąkach i pastwiskach z analizą gatunkową mechowców (Oribatida). Zesz. Nauk. ATR w Bydgoszczy, Zootechnika 35, 79-89.

[15] Chachaj B., Seniczak S., Waldon B., Kobierski M., 2005. Wpływ wypasu zwierząt gospodarskich na roztocze (Acari) łąkowe. Zesz. Nauk. ATR w Bydgoszczy, Zootechnika 35, 69-78.

[16] Cole L., Buckland S.M., Bardgett R.D., 2008. Influence of disturbance and nitrogen addition on plant and soil animal diversity in grassland. Soil Biol. Biochem. 40, 2, 505-514.

[17] Czekała W., Dach J., Janczak D., Lewicki A., Carmona P.C.R., Witaszek K., Mazur R., 2014. Comparison of the aerobic and anaerobic technologies of pig manure management in different ambient temperature conditions. Archiwum Gosp. Odp. i Ochr. Środ., 19-32.

[18] Czyż E.A., 2000. Uwilgotnienie gleb i zużycie wody przez rośliny w zależności od wybranych czynników agrotechnicznych. Rozpr. hab., Pamiętnik Puławski, IUNG, Puławy, Zesz. 123, 1-143.
[19] Dajoz R., 1975. Préis d'Écologie. Ed. Gauthier-Villars, Paris.
[20] Dankowski A., Bernacka H., Siminska E., 1998. Żywienie kóz. ODR w Minikowie, Regionalny Związek Hodowców Owiec i Kóz w Bydgoszczy Minikowo..
[21] Davies W., 1967. Użytki zielone, ich rozwój, uprawa i użytkowanie. PWRiL Warszawa.
[22] Dąbrowski J., 1999. Roztocze (Acari) nadrzewne młodników sosnowych w rejonach oddziaływania zanieczyszczeń wybranych zakładów przemysłowych. Rozpr. dokt., UTP w Bydgoszczy, 94, 1-89.
[23] Dąbrowski J., Seniczak S., 1999. A bioindycative reaction of arboreal mites (Acari) to industrial pollution in scots pine forests of different age. Materiały XXVI Sympozjum Akarologicznego: Akarologia polska u progu nowego tysiąclecia. Kazimierz Dolny, 151-159.
[24] Debry J.M., Lebrun Ph., 1980. Essai de fertilisation forestière par du lisierde porcs. II. Aspects biologiques, quelques donnèes preliminaries. Pedobiologia 20, 1-23.
[25] Dekkers T.B.M., van der Werff, P.A., van Amelsvoort P.A.M., 1994. Soil Collembola and Acari related to farming systems and crop rotations in organic farming. Acta Zool. Fenn. 195, 28-31.
[26] Denegri G.M., 1989. New potential intermediate host of *Moniezia expansa* Rudolphi, 1810, in Argentina. Vet. Parasitol., 33, 191-194.
[27] Denegri G.M., 1993. Review of oribatid mites as intermediate hosts of tapeworms of the Anoplocephalidae. Exp. Appl. Acarol. 17, 567-580.
[28] Doboszyński L., 1996. Nawożenie użytków zielonych w świetle prac polskich. IMUZ Falenty.
[29] Doboszyński L., Gajda J., Kostuch R., Kościuk Z., Martyniak J., Mikołajczak Z., Misiewicz F., Okruszko H., Ostrowski W., Rutkowska B., Śniadowski Z., Żerański Z., 1988. Przewodnik łąkarski. PWRiL Warszawa.
[30] Dobrowolska D. (red.), 1993. Normy żywienia bydła, owiec i kóz. Wartość pokarmowa pasz dla przeżuwaczy. IZ Kraków, Omnitech Press Kraków Warszawa.
[31] Domek K., Seniczak S., Kaczmarek S., Bukowski G., 2006. Preliminaty studies on the effects of swine liquid manure fertilization on some soil mesofauna. [W:] Gabryś G., Ignatowicz S. (red.) Postępy Polskiej Akarologii. SGGW Warszawa, 62-70.
[32] Domek-Chruścicka K., 2005. Wpływ nawożenia gnojowicą świńską na wybrane grupy mezofauny glebowej przemiennego użytku zielonego. Rozpr. dokt., UTP w Bydgoszczy.

[33] Domek-Chruścicka K., Seniczak S., 2005a. The effect of pig liquid manure fertilization on the crop of alternating grassland and some groups of soil mesofauna. Folia Biol. Kraków 53, 139-143.
[34] Domek-Chruścicka K., Seniczak S., 2005b. Wpływ nawożenia gnojowicą trzody chlewnej na wydajność przemiennego użytku zielonego i liczebność wybranych grup mezofauny glebowej. Zesz. Nauk. ATR Bydgoszcz, Zootechnika.
[35] Dreyer W., 1995. Łąka: rośliny i zwierzęta. Multico Warszawa.
[36] Dziennik Urzędowy Unii Europejskiej: 15 t. 2: Dziennik Urzędowy Wspólnot Europejskich: L 375/1 – Dyrektywa Rady z dnia 12 grudnia 1991 r. dotycząca ochrony wód przed zanieczyszczeniami powodowanymi przez azotany pochodzenia rolniczego (91/676/EWG).
[37] Dziennik Ustaw z dnia 14 sierpnia 2007 roku, Nr 147, poz. 1033 – ustawa z dnia 10 lipca 2007 roku o nawozach i nawożeniu.
[38] Dzienia S., Piskier T., 1992. Wpływ masy organicznej i gnojowicy na chemiczne właściwości gleby lekkiej. Materiały Konferencji Naukowej Nawozy Organiczne, AR w Szczecinie, 2, 110-116.
[39] Eglitis V., 1954. Soil fauna of the Latvian SSR. Publishing House of the Academy of Sciences of Latvian SSR, Riga.
[40] Falkowski M., Nowak M., 1975. Nawożenie użytków zielonych. PWRiL Warszawa.
[41] Falkowski M. (red.), 1983. Łąkarstwo i gospodarka łąkowa. PWRiL Warszawa.
[42] Falkowski M., Skolimowski L., 1968. gospodarka łąkowa w Wielkopolsce. Poradnik gospodarski. PWRiL Warszawa.
[43] Gabriš J. (red.), 1975. Atlas ras zwierząt gospodarskich. PWRiL Warszawa.
[44] Gackowski G., Seniczak S., Klimek A., 1997. Wartość bioindykacyjna wybranych gatunków mechowców (Acari, Oribatida) glebowych zasiedlających młodniki sosnowe skażone zanieczyszczeniami Huty Miedzi Głogów. Zesz. Nauk. ATR w Bydgoszczy, Zootechnika 29, 105-115.
[45] Gapiński R., Miatkowski Z., 1998. Ekspertyza pomelioracyjna kompleksu łąk położonych w Dolinie Kanału Bydgoskiego, obiekt RZD Minikowo. WZMiUW Bydgoszcz.
[46] Gergócs V., Hufnagel L., 2009. Application of oribatid mites as indicators (review). Appl. Ecol. Environ. Res. 7(1), 79-98.
[47] Golonka Z., 1952. Gospodarstwo pastwiskowe. PWRiL Wyd. 2 Warszawa.
[48] Golonka Z., 1965. Nawożenie łąk i pastwisk. [W:] Nawożenie roślin uprawnych, J. Góralski (red.). PWRiL Warszawa, 457-496.
[49] Górny M., 1975. Zooekologia gleb leśnych. PWRiL Warszawa.
[50] Górny M., Grüm L., 1981. Metody stosowane w zoologii gleby. PWN Warszawa.

[51] Graczyk R., 2010. Wpływ nawożenia gnojowicą bydlęcą na akarofaunę glebową trwałego użytku zielonego. Rozpr. dokt., UTP w Bydgoszczy.
[52] Graczyk R., Seniczak S., Wasińska-Graczyk B., 2008. Effects of cattle liquid manure fertilization on mites (Acari) of permanent meadow. JCEA 9, 4, 651-658.
[53] Grudniewska B. (red.), 1994. Żywienie trzody chlewnej. Wyd. ART Olsztyn.
[54] Grudniewska B. (red.), 1998. Hodowla i użytkowanie świń. Wyd. ART Olsztyn.
[55] Grzyb S., 1967. Uprawa łąk i pastwisk. Podręcznik dla techników wodno-melioracyjnych. PWRiL Warszawa.
[56] Grzyb S., 1973. Intensywne nawożenie łąk i pastwisk. PWRiL Warszawa.
[57] Gulvik M. E., 2007. Mites (Acari) as indicators of soil biodiversity and land use monitoring: a review. Pol. J. Ecol. 55(3), 415-440.
[58] Gundłach J.L., Sadzikowski A.B., 2004. Parazytologia i parazytozy zwierząt. PWRiL Warszawa.
[59] Ibarra E.I., Wallwork J.A., Rodriguez J.G., 1965. Ecological studies of mites found in sheep and cattle pastures. I. Distribution patterns of oribatid mites. Ann. Entomol. Soc. Am., 58(2), 153-159.
[60] Jaccard P., 1912. The distribution of the flora of the alpine zone. New Phytol 11, 37-50.
[61] Jankowska-Huflejt H., 1998. Ocena wpływu wieloletniego nawożenia obornikiem na stan i produkcyjność łąki. Rozpr. dokt. IMUZ Falenty.
[62] Jankowska-Huflejt H., 2008. Wytyczne nawożenia łąk w gospodarstwach ekologicznych. Zakład Łąk i Pastwisk, IMUZ Falenty.
[63] Jankowska-Huflejt H., Zastawny J., 2004. Nawożenie łąk i pastwisk wiosną. Zakład Łąk i Pastwisk, IMUZ Falenty.
[64] Kala R., 2005. Statystyka dla przyrodników. AR w Poznaniu.
[65] Kalinowska A., 1993. Ekologia – wybór przyszłości. Editions Spotkania, Warszawa.
[66] Kaszyński B., 2015. Wpływ nawożenia naturalnego na różnorodność roztoczy glebowych łąki ze szczególnym uwzględnieniem Oribatida. Rozpr. dokt., UKW w Bydgoszczy.
[67] Klimek A., 2000. Wpływ zanieczyszczeń emitowanych przez wybrane zakłady przemysłowe na roztocze (Acari) glebowe młodników sosnowych, ze szczególnym uwzględnieniem mechowców (Oribatida). Rozpr. hab., ATR w Bydgoszczy, 99, 1-93.
[68] Knülle W., 1957. Die Verteilung der Acari: Oribatei im Boden. Z. Morph. und Ökol. Tierre, Berlin 46, 397-432.
[69] Kocoń A., 2012. Nawozy naturalne i organiczne – współczesne zasady stosowania. IUNG Warszawa.
[70] Kodeks Dobrej Praktyki Rolniczej, 2004. MRiRW, MŚ Warszawa.
[71] Kondracki J., 2007. Geografia fizyczna Polski. PWN Warszawa.

[72] Kondracki J., 2011. Geografia regionalna Polski. PWN Warszawa.
[73] Kostuch R., 1984. Działanie nawozowe obornika na górskie użytki zielone. Wiad. Melior., 2, 59-61.
[74] Krivolutsky D. A., 1976. Rol' pancirnych kleščej v biogeocenozach. Zool. Ž, 55(2), 226-236.
[75] Krzywy E., Grześkowiak A., 1988. Wpływ nawożenia gnojowicą bydlęcą na zawartość węgla organicznego i azotu ogółem w glebie brunatnej kwaśnej. Materiały Konferencji Naukowej Nawozy Organiczne, AR w Szczecinie, 2, 133-142.
[76] Lebrun P., 1965. Contribution a l'étude écologique des Oribates de la litiere dans une foret de Moyenne-Belgique. Mem. Inst. Sci. nat. Belg., 153, 1-96.
[77] Lebrun P., 1969. Écologie et biologie de *Nothrus palustris* (C.L. Koch) (Acari, Oribatei). Densité et structure de la population. Oikos, 20(1), 34-40.
[78] Leśniewska J., Seniczak S., 2006. Wpływ koszenia trawy na zbiorowiska roślinne, glebę i roztocze glebowe (Acari) łąki śródleśnej w pobliżu rezerwatu Cisy Staropolskie w Borach Tucholskich. Zesz. Nauk. UTP w Bydgoszczy, Zootechnika 36, 59-68.
[79] Leśniewska-Kowalska J., 2009. Wpływ koszenia traw na roztocze (Acari) glebowe łąk w rejonie Wierzchlas w Borach Tucholskich. Rozpr. dokt., UTP w Bydgoszczy.
[80] Lindquist E.E., Krantz G.W., Walter D.E., 2009. Classification. [W:] A Manual of Acarology, third edition, Walter D.E., Krantz G.W. (red.), Texas Tech. University Press Lubbock, 97-103.
[81] Lityński T., Jurkowska H., Gorlach E., 1976. Analiza chemiczno-rolnicza. PWN Warszawa.
[82] Łomnicki A., 2000. Wprowadzenie do statystyki dla przyrodników. PWN Warszawa.
[83] Łoginow W., Cwojdziński W., Andrzejewski J., 1996. Chemia rolna: przewodnik do ćwiczeń dla studentów wydziału rolniczego i zootechnicznego. ATR w Bydgoszczy.
[84] Łyszczarz R., Łuniewski M., 2006. Możliwości odtworzenia potencjału produkcyjnego ekstensywnie użytkowanych trwałych łąk w dolinie Kanału Bydgoskiego. [W:] Tarasiuk J., Kępczyński J. (red.) Człowiek i środowisko przyrodnicze Pomorza Zachodniego, Uniwersytet Szczeciński 1, 191-200.
[85] Maćkowiak Cz., 1979. Nawozy organiczne. [W:] Nawożenie. PWRiL Warszawa.
[86] Maćkowiak Cz.,1997. Ekologiczne aspekty nawożenia organicznego w Polsce. [W:] Żywieniowe metody ograniczenia wydalania do środowiska azotu, fosforu i innych pierwiastków przez zwierzęta gospodarskie. IZ Kraków, 65-84.

[87] Maćkowiak Cz., Żebrowski J., 2000. Skład chemiczny obornika w Polsce w zależności od gatunku i żywienia zwierząt oraz sposobu jego przechowywania, Biuletyn Inf. IUNG, 14, 15-21.
[88] Madge D.S., 1965. The effects of lethal temperatures on Oribatid mites. Acarologia, 7(1), 121-130.
[89] Maire N., Borcard D., Laczko E., Matthey W., 1999. Organic matter cycling in grassland soils of the Swiss Jura mountains: biodiversity and strategies of the living communities. Soil Biol. Biochem. 31, 1281-1293.
[90] Marcinkowski T., Pietrzak S., 2006. Straty amoniaku z obornika i gnojówki bydlęcej w różnych warunkach ich stosowania. Nawozy i Nawożenie, 4(29), 204-211.
[91] Margowski Z., 1954. Kilka spostrzeżeń nad występowaniem bezkręgowej fauny glebowej w zależności od szaty roślinnej. Roczn. Glebozn. 3.
[92] Marshall V.G., Reeves R.M., Norton R.A., 1987. Catalogue of the Oribatida (Acari) of continental USA and Canada. Mem. Entomol. Soc. Can. 139, 1-418.
[93] Marszewska-Ziemięcka J. (red.), 1969. Mikrobiologia gleby i nawozów organicznych. PWRiL Warszawa.
[94] Matuszkiewicz W., 2001. Przewodnik do oznaczania zbiorowisk roślinnych Polski. PWN Warszawa.
[95] McDonald J.H., 2009. Handbook of biological statistics, 2nd ed. Sparky House Publishing, Baltimore, Maryland, 1-319.
[96] Mikołajczak Z., 1960. Nawożenie użytków zielonych obornikiem w okresie zimowym. Nowe Rol. 5, 39-40.
[97] Mirek Z., Piekoś-Mirkowa H., Zajac A., Zajac Z., 2002. Flowering plants and pteridophydes of Poland. A checklist. Krytyczna lista roślin naczyniowych Polski. W. Szafer Institute o Botany. PAN Kraków.
[98] Moraczewski R., 1973. Badania nad techniką stosowania obornika na łąkach trwałych. Rocz. Gleb. t. 24 z. 2, 415-427.
[99] Moraczewski R., 1986. Łąkarstwo. PWN Warszawa.
[100] Moritz M., 1963. Über Oribatidengemeinschaften (Acari, Oribatei) norddeutscher Laubwaldböden, unter besonderer Berücksichtigung der die Verteilung regeldnen Milieubedingungen. Pedobiologia 3, 142-243.
[101] Nakamura Y., 1976. Decomposition of organic materials and soil fauna in pastures. 4. Disappearance of cow dung and succession of the associated soil-microarthropods. Pedobiologia 16, 243-257.
[102] Niedbała W., 1980. Mechowce – roztocze ekosystemów lądowych. PWN Warszawa.
[103] Niedbała W., Olszanowski Z., 2008. Mechowce Oribatida [W:] Bogdanowicz W., Chudzicka E., Pilipiuk I., Skibińska E. (red.). Fauna Polski. Charakterystyka i wykaz gatunków, t. 3. Muzeum i Instytut Zoologii PAN Warszawa, 64-93.

[104] Niklewski B., 1936. Nawozy wytwarzane w gospodarstwie (obornik, kompost, nawozy zielone). Wyd. „Książnicy dla rolników" Warszawa.
[105] Niżnikowski R., Kowalski Z.M., Strzelec E., 2007. Chów kóz. Oficyna Wyd. „HOŻA" Warszawa.
[106] Nowicki B., Chrzanowska J., Jamroz D., Pawlina E., 1999. Kozy. Chów, hodowla i użytkowanie. PWN Warszawa.
[107] Ocetkiewicz J., 1963. Chów kóz. PWRiL Warszawa.
[108] Odum E.P., 1982. Podstawy ekologii. PWRiL Warszawa.
[109] Okruszko H., 1986. Przyrodniczo-techniczne podstawy melioracji terenów dolinowych. [W:] Prochal P. (red.) Podstawy melioracji rolnych. PWRiL Warszawa, 43-80.
[110] Olszanowski Z., Rajski A., Niedbała W., 1996. Roztocze Acari – Mechowce Oribatida. Katalog fauny polskiej. Wydawnictwo Sorus Poznań, cz. XXXIV, t. 9.
[111] Ostrowska A., Gawliński S., Szczubiałka Z., 1991. Metody analizy i oceny właściwości gleb i roślin. Instytut Ochrony Środowiska, Warszawa.
[112] Parker R.E., 1978. Wprowadzenie do statystyki dla biologów. PWN Warszawa.
[113] Pawłowski B., 1972. Skład i budowa zbiorowisk roślinnych oraz metody ich badania. [W:] Szafer W. (red.) Szata roślinna Polski. PWN Warszawa, 1, 237-269.
[114] Pfotzer G.H., Schüler C., 1997. Effects of different compost amendments on soil biotic and faunal feeding activity in an organic farming system. Biol. Agric. Hortic. 15, 177-183.
[115] Polskie Towarzystwo Gleboznawcze, 1989. Systematyka Gleb Polski. Rocz. Gleb. XL, 3/4, 1-56.
[116] Purvis G., Curry J.P., 1984. The influence of weeds and farmyard manure on the activity of carabidae and other ground-dwelling arthropods in a suger-beet crop. J. Appl. Ecol. 21, 271-283.
[117] Rajski A., 1959. Mechowce (Acari: Oribatei) jako żywiciele pośredni tasiemców (Cestodes: Anoplocephalata) w świetle literatury. Zesz. Nauk. UAM 2, 163-192.
[118] Rajski A., 1961. Faunistic-ecological investigations on moss mites (Acari, Oribatei) in several plant associations. I. Ecology. Bull. Soc. Amis. Sc. Lettr. Poznań, ser. B. 25(2), 123-283.
[119] Rajski A., 1968. Autecological-zoogeographical analysis of moss mites (Acari, Oribatei) of the basis of fauna in the Poznań environs. Part II. Fragm. Faun. 14(12), 277-402.
[120] Rekiel A. (red.), 2005. Chów i hodowla trzody chlewnej. SGGW Warszawa.
[121] Renkonen O., 1938. Statistisch-ökologische Untersuchungen über die terrestische Käferwelt der finnischen Bruchmoore. Ann. Zool. Soc. Zool-Bot. 6, 1-231.
[122] Richards B. N., 1979. Wstęp do ekologii gleby. PWN Warszawa.

[123] Richter K., 1973. Praktyczne żywienie zwierząt: bydło, owce, konie, świnie. PWRiL Warszawa.
[124] Rogalski M. (red.), 2004. Łąkarstwo. Wyd. Kurpisz Poznań.
[125] Roguski W., 1972. Proces grądowienia i różnicowania się bagiennych łąk w dorzeczu Noteci. Maszyn. IMUZ Bydgoszcz.
[126] Rozwadowska M., Kuźniewicz J., 1995. Podstawy chowu kóz. Heifer Project International, Międzynarodowa Fundacja Rozwoju Drobnotowarowej Produkcji Zwierzęcej w Warszawie, Wojewódzki Ośrodek Doradztwa Rolniczego w Starej Łubiance.
[127] Russel S., 1974. Drobnoustroje a życie gleby. PWN Warszawa.
[128] Rutkowska L., Socha J., 2005. Statystyczna analiza danych z wykorzystaniem programu STATISTICA, Skrypt akademicki AR w Krakowie.
[129] Sengbusch H.G., 1951. Notes on some New York Oribatid Mites. Zoologica: New York Zoological Society 10, 155-162.
[130] Seniczak A., 2006. The influence of heavy metals on the soil mites. [W:] Advances in Polish Acarology, G. Gabryś, S. Ignatowicz (red.). SGGW w Warszawie, 293-303.
[131] Seniczak S., 1975. Revision the family Oppiidae Grandjean 1953 (Acarina, Oribatei). Acarologia 17, 331-345.
[132] Seniczak S., 1978a. The morphology of juvenile forms of soil mites of the family Achipteriidae (Acari: Oribatei), I. Ann. Zool. 34(5), 89-99.
[133] Seniczak S., 1978b. Stadia młodociane mechowców (Acari, Oribatei) jako istotny składnik zgrupowań tych roztoczy przetwarzających glebową substancję organiczną. Rozpr. hab., UMK w Toruniu, 1-171.
[134] Seniczak S., 1980. The morphology of the juvenile stages of moss mites of the family Scheloribatidae Grandjean, 1953 (Acari, Oribatei), I. Acta Zool. Cracov. 24(11), 487-500.
[135] Seniczak S., 1988. The morphology of juvenile stages of moss mites of the family Pelopidae Ewing (Acarida: Oribatida), II. Ann. Zool. 41(10), 383-393.
[136] Seniczak S., 1990. The morphology of juvenile stages of moss mites of the family Scheloribatidae (Acarida, Oribatida), II. Ann. Zool. 43, 299-308.
[137] Seniczak S., 1991. The morphology of juvenile stages of moss mites of the family Nanhermanniidae (Acari: Oribatida). I. Zool. Anz. 227, 319-300.
[138] Seniczak S., 1992a. The morphology of juvenile stages of moss mites of the family Nothridae (Acari: Oribatida). I. Zool. Anz. 229(3/4), 134-148.
[139] Seniczak S., 1992b. The morphology of juvenile stages of moss mites of the family Trhypochthoniidae (Acari: Oribatida), I. Zool. Jahrbucher 229, 413-423.
[140] Seniczak S., 1993. The morphology of juvenile stages of moss mites of the family Malaconothridae (Acari, Oribatida). I. Zool. Anz. 231(1/2), 59-72.

[141] Seniczak S., Chachaj B., Wasińska B., Graczyk R., Kwiatkowski J., Waldon B., Kobierski M., 2005a. Wpływ nawożenia łąki wodą amoniakalną z oczyszczalni ścieków na roztocze glebowe (Acari). Zesz. Nauk. ATR w Bydgoszczy, Zootechnika 35, 17-26.
[142] Seniczak S., Chachaj B., Wasińska B., Graczyk R., 2005b. Wpływ nawożenia łąki wodą amoniakalną na dynamikę sezonową roztoczy glebowych (Acari). Zesz. Nauk. ATR w Bydgoszczy, Zootechnika 35, 27-35.
[143] Seniczak S., Dąbrowski J., Dąbrowska B., Gackowski G., 1993. Wpływ aerozoli ścieków pochodzących z Zakładów Chemicznych „Organika – Zachem" w Bydgoszczy na akarofaunę łąkową, ze szczególnym uwzględnieniem Oribatida (Acari). Zesz. Nauk. ATR w Bydgoszczy, Zootechnika 23, 121-132.
[144] Seniczak S., Dąbrowski J., Kaczmarek S., Górniak G., 1991. Wpływ deszczowania na akarofaunę (Acari) upraw traw w okolicach Bydgoszczy. Zesz. Nauk. ATR w Bydgoszczy, Zootechnika 22, 167-181.
[145] Seniczak S., Górniak G., Kaczmarek S., 1985. Fauna roztoczy wybranych gleb słonych w rejonie oddziaływania Janikowskich Zakładów Sodowych. Zesz. Nauk. ATR w Bydgoszczy, Zootechnika 10, 101-111.
[146] Seniczak S., Górniak G., Kaczmarek S., 1987. Zróżnicowanie akarofauny glebowej (Acari) w wybranych ekosystemach okolic Turwi. Zesz. Nauk. ATR w Bydgoszczy, Zootechnika 15, 123-136.
[147] Seniczak S., Gulvik M.E., Seniczak A., Chachaj B., 2007. The soil oribatida (Acari) of wooded hay meadow in Sogn, Norway. [W:] Tajovsky, K., Schlaghamersky, J. & Pizl, V. (Red.) Contributions to Soil Zoology in Central Europe II. Ceske Budejovice, 139-142.
[148] Seniczak S., Norton R. A., Seniczak A., 2009. Morphology of *Eniochthonius minutissimus* (Berlese, 1904) and *Hypochthonius rufulus* C.L. Koch, 1835 (Acari: Oribatida: Hypochthonioidea). Ann. Zool. 59, 3, 373-386.
[149] Seniczak S., Seniczak A., 2007. Morphology of juvenile stages of *Parachipteria bella* (Sellnick, 1928) and *P. willmanni* Hammen, 1952 (Acari: Oribatida: Achipteriidae). Ann. Zool. 57, 3, 533-540.
[150] Seniczak S., Seniczak A., 2008. Oribatid mites (Acari, Oribatida) as bioidicators of forest habitats. [W:] Selected problems of acarological research in forests, D.J. Gwiazdowicz (red.). UP w Poznaniu, 41-58.
[151] Seniczak S., Seniczak A., 2013. Morphology of juvenile stages and ontogeny of three species of Damaeidae (Acari: Oribatida). Int. J. Acarol. Vol. 39, No. 2, 160-179.
[152] Seniczak S., Słowikowska M., 1993. Wpływ herbicydów i nawozów azotowych na akarofaunę glebową uprawy sosnowej zachwaszczonej trzcinnikiem, ze szczególnym uwzględnieniem Oribatida (Acari). Zesz. Nauk. ATR w Bydgoszczy, Zootechnika 23, 87-98.

[153] Skubała P., 2002. Rozwój fauny roztoczy na hałdach, czyli jak przyroda walczy z przemysłem. Kosmos 51, 195-204.
[154] Skubała P., Madej G., Krajczyk A., 1999. Mites (Acari: Oribatida, Mesostigmata) of agrocenoses subjected to pollution. Materiały XXVI Sympozjum Akarologicznego „Akarologia Polska u progu Nowego Tysiąclecia", Kazimierz Dolny, 1999.
[155] Sokołowska L., 2005. Wpływ nawożenia przemiennego użytku zielonego gnojówką bydlęcą na wybrane grupy mezofauny glebowej. Rozpr. dokt., ATR w Bydgoszczy.
[156] Sokołowska L., Seniczak S., 2005a. The effect of cattle liquid manure fertilization on alternating grassland and some groups of soil mesofauna. Folia Biol. 53, 133-137.
[157] Sokołowska L., Seniczak S., 2005b. Wpływ nawożenia gnojówką bydlęcą na wydajność przemiennego użytku zielonego i liczebność wybranych grup mezofauny glebowej. Zesz. Nauk. ATR w Bydgoszczy, Zootechnika 35, 55-67.
[158] Sokołowska L., Seniczak S., Kaczmarek S., Bukowski G., 2006. Preliminary studies on the effect of cattle slurry fertilization on some soil mesofauna groups. [W:] Gabrys G., Ignatowicz S. (red.) Postępy Polskiej Akarologii. SGG Warszawa, 399-409.
[159] Stanisz A., 1998. Podstawy statystyki dla prowadzących nadania naukowe, Odcinek 2: Rodzaje cech statystycznych. Statystyki opisowe – miary położenia. Medycyna praktyczna.
WEB: http://www.mp.pl/artykuly/index.php?aid=10766
[160] Stanisz A., 2000. Przystępny kurs statystyki z wykorzystaniem programu STATISTICA PL na przykładach z medycyny II, StatSoft Polska, Kraków.
[161] Stanisz A., 2005. Biostatystyka. UJ Kraków.
[162] Stanisz A., 2006a. Przystępny kurs statystyki z zastosowaniem Statistica PL na przykładach z medycyny 1. Statystyki podstawowe. StatSoft Polska, Kraków.
[163] Stanisz A., 2006b. Przystępny kurs statystyki z zastosowaniem Statistica PL na przykładach z medycyny 2. Modele liniowe i nieliniowe. StatSoft Polska, Kraków.
[164] StatSoft, 2006. Elektroniczny Podręcznik Statystyki PL, Kraków, WEB: http://www.statsoft.pl/textbook/stathome.html
[165] Strenzke K., 1952. Untersuchungen über die Tiergemeinschaften des Bodens: Die Oribatiden und ihre Synusien in den Böden Norddeutschlands, Zoologica 104, 1-173.
[166] Szeliga W., Pieniak-Lendzion K., 1995. Kozy, podstawowe wiadomości z zakresu chowu i hodowli. WSRP Siedlce.
[167] Tabor S., Kmita W., 2007. Wykorzystanie potencjalnych zdolności produkcyjnych parku maszynowego w gospodarstwach ekologicznych. Inżynieria Rolnicza, 9(97), 239-245.

[168] Tarras-Wahlberg N., 1961. The Oribatei of a central swedish bog and their environment. Oikos, suppl., 4, 1-56.
[169] Tomaszewski J., 1969. Gleby łąkowe. PWRiL Warszawa.
[170] Travé J., 1963. Écologie et biologie des Oribates (Acariens) saxicoles et arboricoles. Vie et Milieu, 11(2), 1-267.
[171] Trojanowski H., Baluk A., 1992. Wpływ nawożenia azotowego na drobne bezkręgowce glebowe – roztocze (Acarina) i skoczogonki (Collembola). Rocz. Nauk. Roln. Seria E 22, 1-2, 83-90.
[172] Tyszka Z.J., 1994. Kozy. Poradnik Chowu. PWRiL Warszawa.
[173] Uggla H., 1979. Gleboznawstwo rolnicze. PWN Warszawa.
[174] Wallwork J.A., 1959. The distribution and dynamics of some forest soil mites. Ecology, 40(4), 557-563.
[175] Walter D.E., Proctor H., 1999. Mites. Ecology, evolution and behaviour. University of New South Wales Press and CAB International, 1-322.
[176] Wasińska-Graczyk B., 2010. Wpływ gnojówki świńskiej na roztocze glebowe łąk. Rozpr. dokt., UTP w Bydgoszczy.
[177] Weigmann G., 2006. Die Tierwelt Deutschlands, Hornmilben (Oribatida). Verlag Goecke & Evers, Keltern – Deutschland.
[178] Wesołowski P., 2008. Nawożenie łąk nawozami naturalnymi w świetle doświadczeń Zachodniopomorskiego Ośrodka Badawczego IMUZ w Szczecinie. IMUZ Falenty – Szczecin.
[179] Wesołowski P., Łyduch L., 1963. Wpływ nawożenia mineralnego i organicznego na użytki zielone na glebach torfowych. Nowe Rol. 10, 19-20.
[180] Wysocki Cz., Sikorski P., 2002. Fitosocjologia stosowana. SGGW Warszawa.
[181] Zabrocka E., Seniczak S., Seniczak A., Bukowski G., Dudek S., 2006. Wpływ nawadniania i nawożenia mineralnego na jakość plonu trawy i roztocze (Acari) glebowe. Zesz. Nauk. UTP w Bydgoszczy, Zootechnika 36, 51-58.
[182] Zarzycki J., Burczyk H., 1972. Nawożenie łąk azotem w świetle wyników doświadczeń przeprowadzonych na zlecenie Agrochem przez Zakład Doświadczalnictwa Terenowego IUNG w latach 1966-1968. PWRiL Warszawa.
[183] Zieliński R., Zieliński W., 1990. Tablice statystyczne. II. PWN Warszawa.
[184] Żyromska-Rudzka H., 1976. The effect of mineral fertilization of a meadow on the Oribatid mites and other soil mesofauna. Pol. Ecol. Stud. 2, 4, 157-182.