

STUDIA I RAPORTY IUNG-PIB

ZESZYT 54(8): 57-71

2017

Beata Feledyn-Szewczyk, Adam Kleofas Berbeć, Paweł Radzikowski*Instytut Uprawy Nawożenia i Gleboznawstwa – Państwowy Instytut Badawczy
w Puławach***ROLA DŹDŻOWNIC W KSZTAŁTOWANIU JAKOŚCI GLEB
ORAZ WPŁYW RÓŻNYCH ZABIEGÓW AGROTECHNICZNYCH
NA ICH WYSTĘPOWANIE*****Słowa kluczowe:** dżdżownice, jakość gleby, bioróżnorodność, systemy produkcji rolnej**Wstęp**

Jakość gleby jest definiowana jako zdolność danej gleby do funkcjonowania w obrębie naturalnych lub przekształconych rolniczo ekosystemów, do utrzymywania produktywności roślinnej i zwierzęcej, do zachowania lub polepszenia jakości wody i powietrza oraz do zapewnienia zdrowotności ludzi i ich środowiska (18). Nie można jej mierzyć bezpośrednio, natomiast ocenia się ją pośrednio, na podstawie cech samej gleby lub cech ekosystemu, którego jest częścią. Ocena jakości pozwala rejestrować zmiany stanu gleby powodowane przez czynniki naturalne i działalność człowieka (27). Pojęcie „jakość gleby” jest zatem pojęciem szerszym niż „urodzajność gleby”, czyli zespół fizycznych, chemicznych i biologicznych właściwości gleby zapewniający roślinom odpowiednie warunki wzrostu (składniki pokarmowe, wodę i powietrze glebowe) (24-25). Na jakość gleby wpływa szereg różnych czynników abiotycznych i biotycznych, w tym zasiedlenie jej przez mikroorganizmy i mezofaunę glebową. Organizmy te odgrywają główną rolę w takich procesach, jak: rozkład w glebie resztek organicznych (roślinnych i zwierzęcych) i udostępnianie roślinom zawartych w nich składników pokarmowych, powstawanie humusu glebowego, tworzenie gruzełkowatej struktury gleby, degradacja substancji zanieczyszczających (ksenobiotyki) środowisko glebowe, ograniczanie rozwoju fitopatogenów, wiązanie azotu atmosferycznego i inne (14).

Zabiegi agrotechniczne, jak uprawa roli, zmianowanie, uprawa międzyplonów, stosowanie nawozów mineralnych i pestycydów mają istotny wpływ na dzikie gatunki

* Opracowanie wykonano w ramach zadań 1.2 i 1.3 w programie wieloletnim IUNG-PIB.

flory i fauny występujące w krajobrazie rolniczym oraz organizmy zasiedlające glebę (13, 36, 38). Niektóre spośród zabiegów agrotechnicznych, w szczególności uprawa roli, ale także melioracje, powodują silne zmiany siedliska glebowego. Zabiegi te często prowadzą do znaczących zmian w składzie gatunkowym organizmów glebowych (26). Dżdżownice mogą uczestniczyć w różny sposób w kształtowaniu żyzności i biologicznej aktywności gleby. Spełniają wiele kluczowych funkcji, przez co zwiększają stopień zrównoważenia ekosystemów rolniczych. Pośrednio wpływają na lepszą adaptację systemów rolniczych do zmian klimatu (3).

Mimo wieloletnich badań dżdżownice nie należą do zwierząt dobrze poznanych (19). Istnieje coraz większe zainteresowanie rolników znaczeniem dżdżownic w kształtowaniu żyzności i jakości gleby oraz ich rolą jako wskaźnika poprawnego gospodarowania rolniczego. Jednak z przeglądu literatury wynika, że do tej pory stosunkowo niewiele jest prac na temat wpływu dżdżownic na glebę, interakcji z innymi organizmami i oddziaływania zabiegów agrotechnicznych na ich występowanie (24-25, 29).

Celem pracy było określenie znaczenia dżdżownic w kształtowaniu jakości gleby, ocena wpływu różnych zabiegów agrotechnicznych i systemów produkcji rolnej na liczebność i biomasa dżdżownic na podstawie literatury i wyników badań własnych oraz zidentyfikowanie praktyk rolniczych sprzyjających występowaniu tej grupy organizmów.

Znaczenie dżdżownic w kształtowaniu żyzności i jakości gleby

Rodzina dżdżownice (*Lumbricidae*) należy do rzędu skąposzczetów (*Oligochaeta*), typu pierścienic (*Annelida*); (32). Jeszcze w XIX wieku dżdżownice były uważane za szkodniki gleby. Mimo, że wiedza na ich temat zmieniła się do dzisiejszych czasów, wciąż niewielu rolników świadomie stosuje praktyki rolnicze w celu zwiększenia zasiedlenia gleby przez dżdżownice (29).

Liczba, biomasa i różnorodność dżdżownic są uważane za ważne wskaźniki żyzności gleby i jej jakości. Chociaż na świecie znanych jest według Plisko (32) około 250 gatunków dżdżownic, a według Pfißnera (29) 3000 gatunków, tylko 40 występuje w Europie Środkowej (27), a około 32 w Polsce (32, 19). W glebach uprawnych Polski znajduje się zwykle od 4 do 11 gatunków (Tab. 1). Większość z nich to gatunki o szerokim zasięgu występowania i dużych zdolnościach adaptacyjnych. Do gatunków najczęstszych w Polsce należą: *Dendrobaena octaedra* (Sav.), *Lumbricus terrestris* L., *L. rubellus* Hoffm., *Aporrectodea caliginosa* (Sav.), *A. rosea* (Sav.), *Eiseniella tetraedra* (Sav.). Wiele gatunków jest rzadkich, znanych tylko z pojedynczych stanowisk (19). Bogatsze w gatunki dżdżownic są łąki i pastwiska niż gleby uprawne (Tab. 1). Według Pfißnera (29) na 1 ha żyznej gleby użytków zielonych może występować od 1 do 3 mln dżdżownic. Obserwuje się tendencję, że gatunki o niewielkich rozmiarach występują licznie, niż gatunki duże (32).

Tabela 1

Występowanie dżdżownic w różnych siedliskach rolniczych w Polsce

Lp.	Nazwa gatunku	Gleby uprawne	Łąki i pastwiska	Ugory
1.	<i>L. terrestris</i>	+	+	+
2.	<i>L. polyphemus</i>	-	+	-
3.	<i>L. baicalensis</i>	-	+	-
4.	<i>L. castaneus</i>	-	+	+
5.	<i>L. rubellus</i>	+	+	+
6.	<i>L. tetraedra</i>	+	+	+
7.	<i>A. caliginosa</i>	+	+	+
8.	<i>A. rosea</i>	+	+	+
9.	<i>A. chlorotica</i>	+	+	+
10.	<i>A. georgii</i>	+	+	-
11.	<i>A. antipai f. tuberculata</i>	-	+	-
12.	<i>E. tetraedra</i>	+	+	+
13.	<i>E. foetida</i>	+	+	+
14.	<i>D. octaedra</i>	-	+	+
15.	<i>D. rubrida f. typica</i>	-	+	-
16.	<i>D. rubrida f. subrubicunda</i>	+	+	+
17.	<i>D. rubrida f. tenuis</i>	-	+	-
18.	<i>D. platyura f. montana</i>	+	+	+
18.	<i>D. platyura f. depressa</i>	-	+	
20.	<i>O. lacteum</i>	+	+	+
21.	<i>O. cyaneum</i>	+	-	-
	ogółem	13	20	13

Źródło: opracowanie własne na podstawie Plisko, 1973 (32)

Dżdżownice można podzielić na 3 grupy ze względu na głębokość ich przemieszczania się w glebie oraz inne cechy morfologiczne i fizjologiczne (Tab. 2).

Tabela 2

Trzy ekofizjologiczne kategorie dżdżownic w klimacie umiarkowanym

Grupa	Gatunki ściółkowe	Gatunki drążące płytkie korytarze	Gatunki drążące głębokie korytarze
Występowanie	Żyją blisko powierzchni gleby, gatunki epigeiczne	Żyją płytko w glebie, endogeiczne, drążą poziome systemy tuneli	Żyją w glebie, anektyczne, drążą głębokie, pionowe tunele
Przykłady	<i>Eisenia fetida</i> <i>Lumbricus rubellus</i>	<i>Octolasion lacteum</i> <i>Aporrectodea caliginosa</i>	<i>Lumbricus terrestris</i> <i>Aporrectodea longa</i>
Kolor	Ciemny: brunatny, purpurowo-fioletowy	Błady: kremowy	Purpurowo-brunatny, zwłaszcza przednia część ciała
Siedlisko	Warstwa ściółki w środowisku łąk i lasów, także w przyzmacz kompostu i obornika. Na gruntach ornych występują nielicznie.	Wierzchnia warstwa (5-40 cm), w glebach próchniczno-mineralnych. Tworzą nietrwale, poziome tunele. Często znajduwane w strefie korzeniowej roślin.	Tworzą trwałe, pionowe tunele do głębokości kilku metrów, penetrując wszystkie warstwy gleby. Mają duże znaczenie na użytkach rolnych.
Wielkość	Małe, przeciętnie od 2 do 6 cm długości.	Średnie i małe, do 18 cm długości.	Przeważnie duże, od 15 do 45 cm długości.
Odżywianie	Odżywiają się martwą materią roślinną na powierzchni gleby	Żywią się resztkami roślinnymi w glebie	Wciągają duże fragmenty roślin do swoich tuneli
Rozmnażanie	Żywotne, produkują do 100 kokonów rocznie	Ograniczone, przeciętnie 8-12 kokonów rocznie.	Ograniczone, przeciętnie 8-12 kokonów rocznie.
Okres życia	Krótki, 1- 2 lata	Średni, 3-5 lat	Długi, 4-8 lat
Wrażliwość na światło	Mała	Duża	Zróznicowana

Źródło: opracowanie własne na podstawie Piffner (29)

Dżdżownice żyją, w zależności od gatunku, od 2 do 8 lat. Szczyt aktywności i reprodukcji w strefie klimatu umiarkowanego przypada na okresy marzec-kwiecień i wrzesień-październik. W okresie suszy i wysokich temperatur wiele dżdżownic migruje do głębszych warstw gleby, a w okresie zimy do niezamarzniętych warstw gleby, jednocześnie spowalniając metabolizm. Dżdżownice mogą przemieszczać się na pola z użytków ekologicznych, np. między sąsiadujących łąk, a *Lumbricus terrestris* może migrować na odległość nawet 20 m w ciągu roku. Nieprodukcyjne

elementy krajobrazu są szczególnie ważnym refugium dla dżdżownic, pozwalającym im przetrwać i ponownie zasiedlić sąsiadujące grunty orne (21, 29).

Dżdżownice żywią się szczątkami organicznymi głównie pochodzenia roślinnego, zmieszanych z cząstkami gleby (32). Gatunki dużych, drążących głębokie tunele dżdżownic, takich jak *L. terrestris* w nocy żerują między innymi na glonach, które rosną na powierzchni gleby. W ciągu dnia wciągają duże fragmenty martwej roślinności, np. liście drzew do wydrążonych korytarzy w celu ich wstępnego przetrawienia przez mikroorganizmy glebowe, co trwa 2-4 tygodni.

Zawartość i rodzaj humusu w glebie jest jednym z najważniejszych czynników warunkujących występowanie dżdżownic. *L. terrestris* ma wyraźną tendencję do występowania w glebie bogatej w węgiel organiczny, podczas gdy *A. caliginiosa* występuje nawet w glebach bardzo ubogich w węgiel (33). Wszystkie gatunki wykazują selektywność pokarmową. Na gruntach ornych szczególnie preferowane są bogate w białko resztki roślin bobowatych (*Fabaceae*). Także gatunki żyjące w glebach mineralnych koncentrują się w miejscach, gdzie zawartość materii organicznej jest większa. Dżdżownice chętnie zjadają obornik i kompost stosowane jako nawozy (32, 19). Dla dobrej kondycji dżdżownic potrzebny jest pokarm wysokiej jakości (22, 29). Zmiany ciężaru zwierzęcia, jego rozwój i osiągnięcie dojrzałości płciowej są ściśle uwarunkowane ilością i jakością pożywienia. Dżdżownice mają zdolność znoszenia dużych wahań zawartości wody w glebie, mimo to długotrwałe przesuszenia mogą zabić znaczną część ich populacji (40). Długotrwała susza może także przerwać następstwo pokoleń, co utrudni odbudowę populacji w następnym roku (34). Poprzez nabłonek skórny łatwo wymieniają one wodę ze środowiskiem, będąc ważnym jej nośnikiem w pionowej strukturze gleby (32). W przypadku zachwiania równowagi ekologicznej, wywołanego przez zmianę czynników zewnętrznych, może nastąpić odpowiednie przystosowanie się osobników lub całych populacji do nowych warunków, np. w postaci diapauzy fakultatywnej (zahamowania rozwoju), kończącej się z chwilą, gdy bodźce wywołujące ją przestają działać (32).

Znaczenie dżdżownic w rolnictwie i gospodarce człowieka jest znane od dawna. Odgrywają dużą rolę w procesie użyźniania gleb, wpływając na ich właściwości fizykochemiczne. Specyfika poruszania się dżdżownic w glebie wymaga od nich połykania i przepuszczania przez przewód pokarmowy ogromnych ilości ziemi. Dzięki temu gleba zostaje spulchniona, kanaliki ułatwiają przenikanie tlenu i wody, poprawia się struktura, wilgotność i aeracja gleby. Ponadto dżdżownice uczestniczą w przemieszczaniu warstw gleby, dzięki czemu transportują materię organiczną i składniki pokarmowe z głębszych warstw gleby do wierzchnich, zwiększając ich żyzność. Wprowadzając do swoich korytarzy martwy materiał organiczny przyspieszają jego rozkład i zamianę w próchnicę.

Dżdżownice mają zdolność wprowadzania do gleb uprawnych do 6 t martwej materii organicznej na 1 ha w ciągu roku. W glebie spotyka się nawet 900 mb korytarzy na 1 m² i 1 m głębokości gleby nieoranej. Pionowe korytarze stabilizowane przez śluz mogą mieć głębokość do 3 m w glebach lessowych i do 6 m w czarnych ziemiach. Oddziałuje to na proces infiltracji wody w glebie, ogranicza spływy powierzchniowe i erozję (29). Dżdżownice mają zdolność penetrowania nawet bardzo zbitych

i zwięzłych gleb, co poprawia ich drenaż. Korytarze wydrążone przez dżdżownice są wykorzystywane przez korzenie roślin, które dzięki temu mogą penetrować głębsze warstwy gleby.

Dzięki swym fizjologicznym zdolnościom dżdżownice zdolne są do koncentrowania w swych ekskrementach wielu składników mineralnych i organicznych, korzystnych dla wzrostu i rozwoju roślin. Ekskrementy dżdżownic (koprolity) w porównaniu z otaczającą je glebą zawierają o wiele więcej substancji organicznej, 5 razy więcej azotu, 7 razy więcej fosforu i 11 razy więcej potasu (32, 29). Gleba, która przechodzi przez układ pokarmowy dżdżownic, zostaje wzbogacona w pożyteczne mikroorganizmy wiążące wolny azot oraz aktywujące fosfor, który staje się dostępny dla roślin. Zarówno wydaliny, jak i wydzieliny (woda metaboliczna, śluz) dżdżownic zawierają stymulatory wzrostu roślin (auksyny, gibereliny i cytokiny), wpływając na jakość i wielkość plonu (35). Koprolity produkowane w ilości $40-100 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{rok}^{-1}$ tworzą stabilne agregaty glebowe (gruzelki), przez co pełnią rolę strukturotwórczą (29).

Dżdżownice sprzyjają zasiedleniu gleby przez pożyteczne bakterie i grzyby. Poprzez wciąganie porażonych liści do gleby, degradują patogeny i szkodniki. Natomiast zarodniki patogenów mogą przetrwać proces trawienia w przewodzie pokarmowym dżdżownic (wydalane w ekskrementach). Dżdżownice pobierają resztki organiczne o różnym stosunku C:N i przetwarzają na produkty o węższym stosunku C:N, przez co uczestniczą w sekwestracji węgla, a pośrednio przeciwdziałają zmianom klimatu (29). Wrażliwość tych organizmów na niekorzystne zmiany w agrocenozach czyni z nich dobry bioindykator dla dobrych i złych praktyk rolniczych oraz dobry wskaźnik zrównoważenia produkcji rolniczej (28).

Wpływ zabiegów agrotechnicznych na zasiedlenie gleby przez dżdżownice

Uprawa roli

Uprawa roli ma silny wpływ zarówno na liczebność, jak też skład gatunkowy dżdżownic w glebie. Spadek liczebności dżdżownic w wyniku uprawy gleby spowodowany jest najczęściej niekorzystnymi zmianami środowiska glebowego w wyniku zbyt intensywnej uprawy. Orka wykonywana pod uprawę zbóż na glebie gliniastej w Szwajcarii uszkadzała od 27% do 41% osobników oraz zabijała od 18% do 28% dżdżownic, w dodatku eksponując je na drapieżnictwo ptaków (5). Duże znaczenie ma także czas wykonania zabiegu. Orka wykonana latem, w czasie suszy jest szczególnie niekorzystna dla populacji dżdżownic. Według różnych danych od 29% do 50% osobników ginie bezpośrednio na skutek wykonania zabiegu, natomiast dodatkowe 39% na skutek przesuszenia gleby (39-40). Gatunki dżdżownic które głęboko penetrują glebę, reagują silnym spadkiem populacji w wyniku uprawy płużnej, szczególnie przy głębokiej uprawie. Z drugiej strony gatunki bytujące bliżej powierzchni gleby mogą nawet zwiększyć swoją liczebność w wyniku uprawy gleby, szczególnie jeśli do gleby trafi duża ilość materii organicznej (4). Pozostawienie gleby pozbawionej okrywy roślinnej na czas zimy może spowodować wymarzenie znacznej części populacji (19).

Głównym celem uprawy roli jest nadanie jej możliwie najkorzystniejszych właściwości produkcyjnych (fizycznych, biologicznych, chemicznych) oraz zwiększenie biologicznej aktywności gleby. Według Pffnera (29) uprawa pługiem odkładnicowym oraz broną talerzową powinna być stosowana tylko wtedy, kiedy jest to niezbędne, ponieważ może zniszczyć od 25 do 70% populacji dżdżownic. Należy jej unikać zwłaszcza w okresie największej wiosennej i jesiennej aktywności dżdżownic. Intensywna uprawa roli prowadzi do znacznej degradacji środowiska glebowego, co wymusza poszukiwanie nowych technik uprawy, które sprzyjają ochronie gleby i jej bioróżnorodności (14). Dżdżownice odgrywają istotną rolę szczególnie w uproszczonych systemach uprawy roli. W systemach tych, w porównaniu do tradycyjnego systemu płuznego, dżdżownice odpowiadają w większym stopniu za nadanie odpowiedniej fizycznej struktury gleby, a także za obieg składników pokarmowych (4). Według Kuntza i in. (20) stosowanie uproszczonej uprawy roli zwiększało liczebność i biomasę dżdżownic odpowiednio o 67 i 48%, a liczbę kokonów aż o 438% w porównaniu do konwencjonalnej uprawy orkowej. Wyniki badań Crittenden i in. (6) nad krótko- i długoterminowym wpływem uprawy płuznej i uproszczonej na populację dżdżownic w systemie ekologicznym i konwencjonalnym wykazały spadek liczebności dżdżownic w czasie do 3 tygodni po przeprowadzeniu jesiennego zabiegu (orki) w obu systemach gospodarowania. Populacja dżdżownic została jednak odbudowana już wiosną następnego roku i nie obserwowano statystycznie istotnych różnic między systemem płuznym a uproszczonym.

Stosowanie pestycydów

Stosowanie pestycydów oddziałuje na dżdżownice w trojaki sposób: wpływa na ekspresję genów i procesy fizjologiczne, zmniejsza liczebność populacji, powoduje zmiany w biomasie. Pestycydy mogą zakłócać procesy enzymatyczne, zwiększać śmiertelność osobników, zmniejszać płodność i wzrost lub powodować zmiany w zachowaniu, np. w procesie odżywiania, wpływając na zmniejszenie liczebności i biomasy osobników Pffner (29).

Dżdżownice głęboko penetrujące glebę, jak *Lumbricus terrestris*, są bardziej wrażliwe na pestycydy stosowane na powierzchni gleby. Gatunek ten formuje stałe korytarze w glebie, nie wchodzi w kontakt z podpowierzchniową warstwą gleby. Natomiast endogeniczne gatunki dżdżownic, penetrujące glebę średnio głęboko, np. *A. caliginosa*, stale powiększające zasięg swoich korytarzy, są bardziej narażone na pestycydy obecne w glebie (29). Według badań Irmlera (17) zmiana sposobu gospodarowania z konwencjonalnego na ekologiczny wpłynęła pozytywnie głównie na gatunki tworzące głębokie tunele, takie jak *L. terrestris*. Na gatunki drążące płytkie, poziome tunele, takie jak *A. caliginosa* i *A. rosea* zmiana systemu produkcji rolnej nie wpłynęła znacząco.

Większość herbicydów prawdopodobnie nie zabija dżdżownic bezpośrednio. Jeśli są one stosowane w zalecanych dawkach, wykazują małą toksyczność. Mogą jednak ograniczać liczebność populacji dżdżownic przez zmniejszanie liczebności chwastów, a przez to dostępności materii organicznej na powierzchni gleby (29).

Według niektórych autorów fauna glebowa jest bardziej zagrożona stosowaniem insektycydów niż herbicydów. Substancje aktywne, takie jak karbofuran, forat i terbufos, stosowane do zwalczania szkodników żyjących w glebie są także wyjątkowo toksyczne wobec dżdżownic (Tomlin i Gore cyt. za McLaughlin i Mineau (26)).

Nawożenie

Niektóre nawozy mineralne, szczególnie siarczan amonu, mogą wpływać szkodliwie na populacje dżdżownic, prawdopodobnie ze względu na efekt zakwaszający (29). Stwierdzono, że grunty nawożone nawozami organicznymi cechują się wyższą aktywnością mikroorganizmów (2). Co więcej, stosowanie obornika zwiększa zarówno liczebność, jak też biomasę dżdżownic w glebach gruntów ornych (8). Potwierdzają to badania Pfi ffnera i Madera (30), które wykazały, że na polach konwencjonalnych, gdzie stosowano nawożenie mineralne i integrowaną ochronę roślin, liczebność i biomasa dżdżownic były o około 40% mniejsze w porównaniu do obiektów, w których stosowano nawożenie mineralno-organiczne i integrowaną ochronę roślin. Natomiast w systemie ekologicznym (nawożenie organiczne i wykluczenie syntetycznych pestycydów) liczebność dżdżownic była dodatkowo o 80% większa, a biomasa o 40% większa w porównaniu do obiektu z nawożeniem mineralno-organicznym i integrowaną ochroną roślin.

Lekko rozłożony kompost zawiera więcej pokarmu dla dżdżownic i jest lepszy dla nich niż dojrzały kompost. Zaleca się, aby nawozy organiczne były płytko przyorywane. Głęboko przyorane są szkodliwe dla dżdżownic, ponieważ mogą wystąpić tam warunki beztlenowe (29).

Amoniak w płynnych nawozach naturalnych jest szkodliwy dla dżdżownic, zwłaszcza żyjących na powierzchni gleby, dlatego nawozy te powinny być wymieszane (a przez to napowietrzone) i rozcieńczone przed zastosowaniem. Nie należy przekraczać dawki 25 m³ na 1 ha. Rolnicy powinni dbać także o odpowiedni odczyn gleby, w razie potrzeby przeprowadzając wapnowanie, ponieważ pH gleby poniżej 5,5 jest szkodliwe dla dżdżownic (29).

Zmianowanie

Urozmaicone zmianowanie, z udziałem roślin głęboko korzeniących się i międzyplonów, w tym koniczyny, sprzyja zasiedleniu gleby przez dżdżownice (fot. 1). Według Schmidt i Curry (34) po okresie dwuletniej uprawy traw z koniczyną na gruntach ornych populacja dżdżownic osiągnęła liczebność i skład gatunkowy taki, jak na naturalnych łąkach. Podobne działanie ma pozostawianie resztek roślinnych na polu, szczególnie w okresie zimy i mulczowanie (29, 34). Resztki poźniwne są istotnym źródłem substancji organicznej, wpływają też na właściwości mikroklimatyczne gleby. Gleby, na których stosuje się mulczowanie, charakteryzują się licznymi populacjami dżdżownic żerujących blisko powierzchni gleby. Dodatkowo gleby takie są bardziej odporne na zamarzanie niż gleby pozbawione okrywy z resztek roślinnych, co ma wpływ na śmiertelność dżdżownic w okresach zamarzania gleby (7, 17, 37).



Fot. 1. Koniczyny z trawami sprzyjają występowaniu dżdżownic

Źródło: fot. Beata Feledyn-Szewczyk

Wpływ różnych systemów produkcji rolnej na występowanie dżdżownic

Według Pfiiffnera (29) w Europie Środkowej za zadowalające zasiedlenie dżdżownic w glebie ornej przyjmuje się około 120-140 dżdżownic na 1 m². W badaniach własnych prowadzonych w roślinach uprawianych w różnych systemach produkcji rolnej zarejestrowano mniejszą liczbę dżdżownic w warstwie ornej gleby, przy czym zawierała się ona w szerokim przedziale od 96 szt.·m⁻² w systemie ekologicznym do 8 szt.·m⁻² w miskancie uprawianym na cele energetyczne (Tab. 3, Rys.1).

Doświadczenie prowadzone było w Stacji Doświadczalnej IUNG-PIB w Osinach (woj. lubelskie) (51°28' N, 22°04' E), na glebie płowej wytworzonej z piasku gliniastego, o odczynie lekko kwaśnym (pH_{KCl} = 5,6), średniej zawartości fosforu (43,6 mg · kg⁻¹ P), niskim poziomie potasu (63,1 mg · kg⁻¹ K) i zawartości próchnicy 1,6%. Powierzchnia każdego pola pszenicy ozimej wynosiła 1 ha, a roślin wieloletnich na cele energetyczne - 200-700 m².

Ocena występowania dżdżownic została przeprowadzona w kwietniu 2014 i 2015 roku. Na każdym polu wykopano po 5 bloków gleby o wielkości 25 cm x 25 cm x 25 cm. Gleba została rozłożona na arkuszu foliowym. Dżdżownice były ręcznie wybierane z gleby, transportowane do laboratorium, liczone, myte na sicie i ważone. Liczbę i świeżą masę dżdżownic przeliczono na 1 m².

Tabela 3

Zabiegi agrotechniczne w pszenicy ozimej uprawianej w różnych systemach produkcji rolnej (1996-2015) i roślinach uprawianych na cele energetyczne (2004-2015)

Wyszczególnienie	Systemy produkcji rolnej				
	Ekologiczny	Integrowany	Konwencjonalny	Konwencjonalny monokultura	Rośliny na cele energetyczne
Rośliny uprawne	zmianowanie: ziemniak pszenica jara + wsiewka koniczyn z trawami (1 rok) koniczyny z trawami (2 rok) <u>pszenica ozima</u>	zmianowanie: ziemniak pszenica jara+ międzyplon bobik lub łubin <u>pszenica ozima</u>	zmianowanie: rzepak <u>pszenica ozima</u> pszenica jara	<u>pszenica ozima</u> (od 1994)	wierzba miskant ślazowiec pensylwański
Nawożenie organiczne	kompost (30 t·ha ⁻¹) pod ziemniak + międzyplon	kompost (30 t·ha ⁻¹) pod ziemniak + 2 × międzyplon	słoma rzepaku, słoma pszenicy ozimej	słoma pszenicy ozimej (co 2 lata)	-
Nawożenie mineralne (kg·ha ⁻¹)	Dozwolone nawozy fosforowe i potasowe: 75 kg K ₂ O, 42 kg P ₂ O ₅	NPK (85+55+65)	NPK (140+60+80)		NPK (80+60+80)
Fungicydy	-	2 x	2 – 3 x		-
Retardanty	-	1 – 2 x	2 x		-
Regulacja zachwaszczenia	brona chwastownik 2-3 x	brona chwastownik 1x herbicydy 1-2 x	herbicydy 2-3 x		-

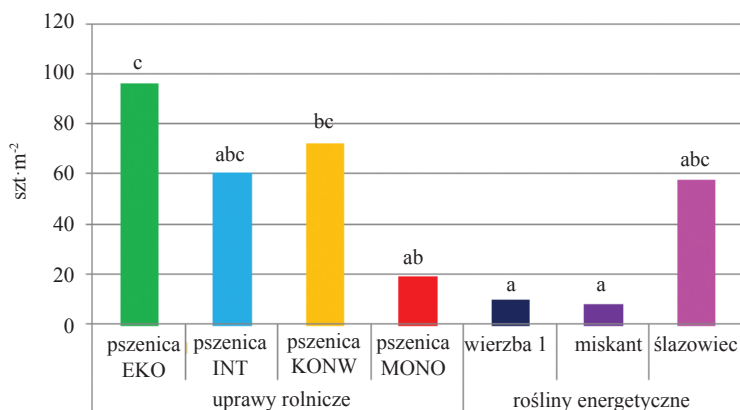
Źródło: opracowanie własne

Wyniki badań własnych (11) oraz zagranicznych (31) wykazały, że system ekologiczny sprzyja większej liczebności i biomase dżdżownic w porównaniu do systemu konwencjonalnego i integrowanego (różnice na korzyść systemu ekologicznego od 25 do 79%) (Rys.1 A-B i 2). W pszenicy ozimej uprawianej w warunkach Polski w systemie ekologicznym stwierdzono około 5 razy większą liczbę i biomasę dżdżownic w porównaniu do wieloletniej monokultury pszenicy ozimej (Rys. 1 A i B).

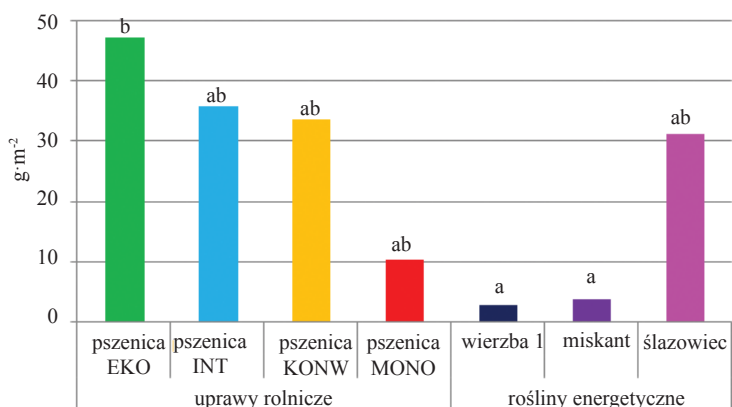
W konwencjonalnym systemie gospodarowania z uproszczoną uprawą roli średnia liczebność dżdżownic (153 osobniki·m⁻²) nie różniła się istotnie od uprawy płuźnej (130 osobników·m⁻²). Z drugiej strony, w systemie ekologicznym całkowita liczebność dżdżownic była o około 45% mniejsza w warunkach uproszczonej uprawy gleby (297 szt.·m⁻²) niż w przypadku uprawy płuźnej (430 osobników·m⁻²). Różnice te wynikały prawdopodobnie ze zwiększonej dostępności przyorywanej materii organicznej w systemie płuźnym w porównaniu do systemu uproszczonego (6).

Zagęszczenie dżdżownic w roślinach wieloletnich uprawianych na cele energetyczne zależało od gatunku uprawianych roślin (Rys. 1A).

A – liczba dżdżownic



B – biomasa dżdżownic

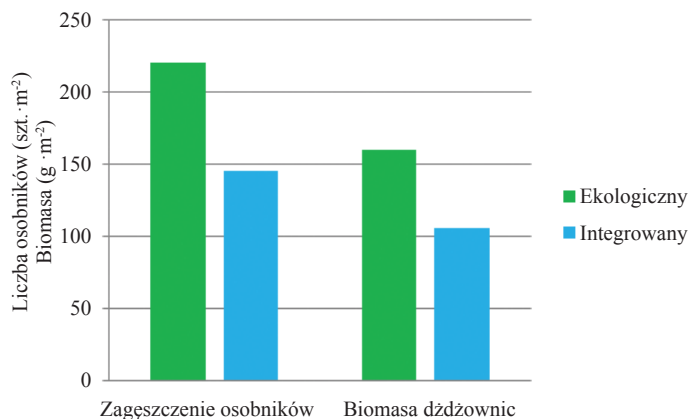


Rys. 1. Zagęszczenie (A) i biomasa (B) dżdżownic w roślinach uprawianych w różnych systemach produkcji rolnej (średnia z lat 2014-2015)

(EKO – system ekologiczny, INT – system integrowany, KONW – system konwencjonalny, MONO – monokultura pszenicy ozimej, wierzba 1 – wierzba zbierana co roku)

Źródło: Feledyn-Szewczyk i Stalenga, 2016 (11)

Wskaźniki bioróżnorodności dżdżownic były 10 razy mniejsze w glebie pod uprawą wierzby i miskanta w porównaniu do zbóż w systemie ekologicznym, co wskazuje, że uprawa takich roślin może negatywnie wpłynąć na niektóre usługi ekosystemowe związane z funkcjami produkcyjnymi i retencyjnymi gleby. Korzystniejszą ocenę wpływu miskanta na występowanie dżdżownic pokazują wyniki badań Felten i Emmerlinga (12), w których bioróżnorodność dżdżownic w uprawie miskanta była pośrednia między intensywnie uprawianym rzepakiem, zbożami i kukurydzą, a łąkami i gruntami odłogowanymi i nie różniła się istotnie od tych obiektów. Całkowita liczebność dżdżownic wahała się od 62 (± 49) osobników na 1 m² w kukurydzy do 355 (± 132) osobników na 1 m² w gruntach odłogowanych.



Rys. 2. Oddziaływanie systemu produkcji na liczebność i biomasa dżdżownic w uprawie zbóż
 Źródło: Pfiffner i Luka, 2007 (31)

Według autorów tych badań uprawa miskanta może sprzyjać tworzeniu się zróżnicowanych zbiorowisk fauny glebowej nawet w glebach intensywnie użytkowanych. Badania Hedde i in. (15) wykazały, że zmiana użytkowania gruntów z uprawy roślin jednorocznych na wieloletnie rośliny energetyczne powodowała zwiększenie liczebności bezkręgowców w glebie, co może być spowodowane mniejszą ilością stosowanych syntetycznych nawozów mineralnych i chemicznych środków ochrony roślin, przy czym nie zaobserwowano znaczących zmian bogactwa i składu gatunkowego badanych bezkręgowców.

Spośród wieloletnich roślin energetycznych największą liczbę i biomasa dżdżownic zaobserwowano w ślazowcu pensylwańskim (Rys. 1). Uprawa wieloletnich roślin na cele energetyczne może ponadto wpływać pozytywnie na sekwestrację dwutlenku węgla i ochronę gleby przed erozją (10).

Badania innych autorów potwierdzają, że intensywne rolnictwo powoduje zmniejszenie różnorodności biologicznej różnych grup organizmów: mikroorganizmów glebowych, chwastów, dżdżownic, owadów, pajaków, ptaków i ssaków (9, 13, 16, 38) co może mieć wpływ na ważne świadczenia ekosystemów: funkcje gleby, obieg składników pokarmowych, biologiczną ochronę roślin, zapylenie i inne (23).

Jednym z celów zrównoważonego rolnictwa jest ochrona bioróżnorodności funkcjonalnej krajobrazu rolniczego (1). Poszukiwanie wydajnego, a jednocześnie niskonakładowego, zróżnicowanego i zrównoważonego systemu gospodarowania rolniczego jest obecnie ważnym zadaniem rolników, naukowców i polityków (2). Właściwe sterowanie bioróżnorodnością ekosystemów rolniczych, z uwzględnieniem dostarczanych przez nią usług ekosystemowych, prowadzi do stworzenia samoregulującego się agroekosystemu, w którym żyzność i jakość gleby, ale także produktywność roślin utrzymywane są stale na wysokim poziomie. Bioróżnorodność może być wspierana przez właściwy płodozmian, siew roślin

okrywowych oraz międzyplonów, wdrożenie idei agroleśnictwa itp. Utrzymanie wysokiej bioróżnorodności leży u podstaw skutecznej biologicznej ochrony upraw przed szkodnikami oraz chorobami, przyczynia się do poprawy obiegu składników pokarmowych, a także jest podstawą ochrony jakości gleby dzięki wspomaganianiu różnorodności organizmów glebowych, w tym dżdżownic.

Podsumowanie

Dżdżownice są bardzo ważną grupą organizmów glebowych, które w wieloraki sposób oddziałują na jakość gleby. System produkcji rolnej może sprzyjać bioróżnorodności i zasiedleniu gleby przez dżdżownice lub ograniczać populacje tych organizmów. Badania wykazały, że różne systemy rolnicze (ekologiczny, konwencjonalny, integrowany, rośliny energetyczne) w odmienny sposób oddziałują na różnorodność biologiczną dżdżownic. System ekologiczny w większym stopniu sprzyja zachowaniu bioróżnorodności niż system konwencjonalny i integrowany i może zwiększać poziom usług ekosystemowych niezbędnych dla człowieka (utrzymanie prawidłowej struktury gleby, obieg składników pokarmowych, ograniczenie erozji, biologiczna ochrona upraw). Bioróżnorodność gleb zajętych pod uprawę roślin wieloletnich wykorzystywanych na cele energetyczne zależy od uprawianego gatunku. W badaniach własnych wierzba i miskant miały negatywny wpływ na liczebność i biomasę dżdżownic, co może ograniczać funkcje produkcyjne i retencyjne gleby, ale sprzyja sekwestracji dwutlenku węgla i ochronie gleby przed erozją.

Praktyki rolnicze sprzyjające występowaniu dżdżownic to: dostarczanie odpowiedniej ilości pokarmu roślinnego, odejście od stosowania pestycydów szkodliwych dla dżdżownic, stosowanie konserwujących systemów uprawy roli, jak uprawa uproszczona i zerowa, przeciwdziałanie zagęszczeniu gleby, stosowanie zbilansowanego nawożenia z udziałem nawozów organicznych i naturalnych, odpowiednie zmianowanie dostarczające do gleby dużo materii organicznej.

Bogactwo dżdżownic jest kluczem do poprawnego gospodarowania glebą, utrzymania jej wysokiej jakości, zabezpieczenia przed degradacją i sprzyja świadczeniu przez glebę różnych usług ekosystemowych niezbędnych dla zdrowia i gospodarki człowieka.

Literatura:

1. Altieri M. A. Biodiversity and Pest Management in Agroecosystems. Haworth Press, New York, 1994, ss. 185.
2. Altieri M. A. The ecological role of biodiversity in agroecosystems. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 1999, **74**: 19-31.
3. Blouin M., Hodson M.E., Delgado E.A., Baker G., Brussaard L., Butt K.R., Dai J., Dendooven L., Peres G., Tondoh J.E., Cluzeau D., Brun J.-J. A review of earthworm impact on soil function and ecosystem services. *European Journal of Soil Science* 2013, **64**: 161-182.
4. Chan, K.Y.,. An overview of some tillage impacts on earthworm population abundance and diversity—implications for functioning in soils. *Soil and Tillage Research*, 2001, **57(4)**: 179-191.

5. Cuendet G. Predation on earthworms by the Black-headed gull (*Larus ridibundus* L.). Za: Satchell, J.E. (ed) Earthworm ecology: From Darwin to vermiculture. Chapman and Hall, London, 1983: 415-424.
6. Crittenden S.J., Eswaramurthy T., De Goede R.G.M., Brussaard L. and Pulleman M.M. Effect of tillage on earthworms over short- and medium-term in conventional and organic farming. *Applied Soil Ecology*, 2014, **83**: 140-148.
7. Davies N. A Guide to the Study of Soil Ecology. Andrews, William A. (Ed.), Prentice Hall, Englewood Cliffs, NJ, 1973, ss. 198.
8. Doran J.W., Werner M.R. Management and soil biology. In: Francis, C.A., Flora, C.B., King, L.D. (Eds.), Sustainable Agriculture in Temperate Zones. Wiley, New York, 1990: 205–230.
9. Ewald J.A., Aebischer N.J. Pesticide use, avian food resources and bird densities in Sussex. Joint Nature Conservation Committee, Peterborough, JNCC Report, 1999, **296**, ss. 71.
10. Faber A. Przyrodnicze skutki uprawy roślin energetycznych. *Studia i Raporty IUNG-PIB*, Puławy 2008, **11**: 43-54.
11. Feledyn-Szewczyk B., Stalenga J. Biodiversity as an ecosystem service and methods of its evaluation. *Intercathedra* 2016, **32/1**: 14-24.
12. Felten D., Emmerling Ch. Effects of bioenergy crop cultivation on earthworm communities – A comparative study of perennial (*Miscanthus*) and annual crops with consideration of graded land-use intensity. *Applied Soil Ecology*, 2011, **49**: 167-177.
13. Flohre A., Rudnick M., Traser G., Tscharncke T., Eggers T. Does soil biota benefit from organic farming in complex vs. simple landscape? *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 2011, **141(1-2)**: 210-214.
14. Gałązka A., Łyszcz M., Abramczyk B., Furtak K., Grządziel J., Czaban J., Pikulicka A. Bioróżnorodność środowiska glebowego - przegląd parametrów i metod w analizach różnorodności biologicznej gleby. *Monografie i rozprawy naukowe*, Wyd. IUNG-PIB, Puławy, 2016, **49**, ss. 100.
15. Hedde, M., van Oort, F., Renouf, E., Thénard, J. and Lamy, I. Dynamics of soil fauna after plantation of perennial energy crops on polluted soils. *Applied soil ecology*, 2013, **66**, 29-39.
16. Hyvönen, T., Ketoja, E., Salonen, J., Jalli, H. and Tiainen, J. Weed species diversity and community composition in organic and conventional cropping of spring cereals. *Agriculture, ecosystems & environment*, 2003, **97(1)**: 131-149.
17. Irmiler, U. Changes in earthworm populations during conversion from conventional to organic farming. *Agriculture, ecosystems & environment*, 2010, **135(3)**: 194-198.
18. Karlen, D.L., Mausbach, M.J., Doran, J.W., Cline, R.G., Harris, R.F. and Schuman, G.E. Soil quality: a concept, definition, and framework for evaluation (a guest editorial). *Soil Science Society of America Journal*, 1997, **61(1)**: 4-10.
19. Kasprzak K. Skomposzczety glebowe, III. Rodzina: dżdżownice (Lumbricidae). Klucze do oznaczania bezkręgowców Polski. Tom 6, Wyd. PAN, Instytut Zoologii, Warszawa 1986, ss. 186.
20. Kuntz M., Berner A., Gattinger A., Mader P., Pfiffner L. Influence of reduced tillage on earthworm and microbial communities under organic arable farming. *Pedobiologia*, 2013, **56**: 251-260.
21. Lagerlöf, J., Goffre, B., & Vincent, C.. The importance of field boundaries for earthworms (*Lumbricidae*) in the Swedish agricultural landscape. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 2002, **89(1)**: 91-103.
22. Lee K.E. Earthworms. Their ecology and relations with soils and land use. Academic Press, Sydney, 1985, ss. 410.
23. Mace G.M., Norris K., Fitter A.H. Biodiversity and ecosystem services: a multilayered relationship. *Trends in Ecology and Evolution*, 2012, **27(1)**: 19-26.
24. Makulec G. Biologia, ekologia i wpływ dżdżownic na urodzajność gleby. W: Fauna gleb użytkowanych rolniczo a ich urodzajność (red. J. Tyburski, G. Makulec). UWM w Olsztynie, 2013: 35-68.
25. Makulec G., Ilieva-Makulec K. Ogólna charakterystyka fauny glebowej. W: Fauna gleb użytkowanych rolniczo a ich urodzajność (red. J. Tyburski, G. Makulec). UWM w Olsztynie, 2013: 10-34.

26. McLaughlin A., Mineau P. The impact of agricultural practices on biodiversity. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 1995, **55**: 201-212
27. Paluszek J. Kryteria oceny jakości fizycznej gleb uprawnych Polski. *Rozprawy i Monografie*, Wyd. Instytut Agrofizyki PAN, Lublin, 2011, **2**, ss. 139.
28. Paoletti, M. G. The role of earthworms for assessment of sustainability and as bioindicators. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 1999, **74(1)**: 137-155.
29. Pfiffner L. Earthworms – architects of fertile soils. Their significance and recommendations for their promotion in agriculture. Technical Guide on Earthworms, Order no 1629, international edition, Wyd. Research Institute of Organic Agriculture, FIBL, Szwajcaria and TILMAN-ORG project Consortium, 2014, ss. 9. <https://shop.fibl.org/chde/mwdownloads/download/link/id/624/> (dostęp 21.07.2017)
30. Pfiffner L., Mader P. Effects of biodynamic, organic and conventional systems on earthworm populations. *Biological Agriculture and Horticulture*, 1997, **15**: 3-10.
31. Pfiffner L., Luka H. Earthworm populations in two low-input cereal farming systems. *Applied Soil Ecology*, 2007, **37**: 184-191.
32. Plisko J. D. Lumbricidae. Dżdżownice (Annelida: Oligochaeta). *Fauna Polski*, Nr 1, Wyd. PAN, Instytut Zoologiczny, 1973, ss. 156.
33. Poier K. R., Richter J. Spatial distribution of earthworms and soil properties in an arable loess soil. *Soil Biology and Biochemistry*, 1992, **24(12)**: 1601-1608.
34. Schmidt O., Curry J. P. Population dynamics of earthworms (*Lumbricidae*) and their role in nitrogen turnover in wheat and wheat clover cropping systems. *Pedobiologia*, 2001, **45(2)**: 174-187.
35. Sinha, R. K., Valani, D., Chauhan, K., & Agarwal, S. Embarking on a second green revolution for sustainable agriculture by vermiculture biotechnology using earthworms: reviving the dreams of Sir Charles Darwin. *Journal of Agricultural Biotechnology and Sustainable Development*, 2010, **2(7)**: 113-128.
36. Stalenga i in. Kodeks dobrych praktyk rolniczych sprzyjających bioróżnorodności. Monografia. Wyd. II popr., IUNG-PIB, Puławy, 2016, ss. 293.
37. Teotia, S. P., Duley, F. L., & McCalla, T. M. Effect of stubble mulching on number and activity of earthworms. *Historical Research Bulletins of the Nebraska Agricultural Experiment Station (1913-1993)*. 1950, **165**: 1-20.
38. Urmler U. Changes in earthworm populations during conversion from conventional to organic farming. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 2010, **135(3)**: 194-198.
39. Westernacher-Dotzler, E. Earthworms in arable land taken out of cultivation. *Soil Biology and Biochemistry*, 1992, **24**: 1673-1675.
40. Zicsi, A. Einfluß der Trockenheit und der Bodenbearbeitung auf das Leben der Regenwürmer in Ackerböden. *Acta Agronomica Academiae Scientiarum Hungaricae*, 1958, **8**: 67-75.

Adres do korespondencji:

dr hab. Beata Feledyn-Szewczyk, prof. nadzw.
Zakład Systemów i Ekonomiki Produkcji Roślinnej
IUNG-PIB
ul. Czartoryskich 8, 24-100 Puławy
tel. 81 47 86 803
e-mail: bszewczyk@iung.pulawy.pl

