

WYBRANE WŁAŚCIWOŚCI GLEBY POD TRWAŁYM UŻYTKIEM
ZIELONYM ORAZ AKTYWNOŚĆ OWADOBÓJCZYCH NICIENI
I GRZYBÓW

Krzysztof Gondek¹, Dariusz Ropek²

¹Katedra Chemii Rolnej, Akademia Rolnicza

²Katedra Ochrony Środowiska Rolniczego, Akademia Rolnicza
Al. Mickiewicza 21, 31-120 Kraków
e-mail: rrgondek@cyf-kr.edu.pl

Streszczenie. Celem przeprowadzonych badań było określenie wpływu nawożenia mineralnego i wapnowania na wybrane właściwości gleby i aktywność owadobójczych nicieni i grzybów. Zabieg wapnowania stosowany w trzech kolejnych latach badań, nie spowodował istotnych zmian w wartości pH i kwasowości hydrolitycznej gleby z poszczególnych obiektów. W porównaniu do zawartości węgla organicznego oznaczonego w próbce gleby pobranej przed rozpoczęciem badań stwierdzono znaczny przyrost zawartości tego składnika w glebie (głównie w warstwie 0-10 cm), co wskazuje na akumulację materii organicznej. Na podstawie uzyskanych wyników stwierdzono mniejszą zawartość mobilnych form ołowiu, miedzi i kadmu (w warstwie 0-10 cm) obiektów nawożonych. Nawożenie mineralne NPK i Mikrovitem na tle wapnowania sprzyjało większej aktywności nicieni w porażaniu owadów pułapkowych. Większą aktywność grzybów owadobójczych stwierdzono w wierzchniej warstwie gleby, a nawożenie mineralne nie wpłynęło na patogeniczność owadobójczych nicieni i grzybów. W wyniku zastosowanego nawożenia może nastąpić zmniejszenie rozrodczości nicieni, czego symptomy zaobserwowano na podstawie uzyskanych wyników.

Słowa kluczowe: łąka, gleba, nawożenie, nicienie owadobójcze, grzyby

WSTĘP

Zmiany żyzności gleby rozpatruje się najczęściej w odniesieniu do jej właściwości fizycznych i chemicznych oraz zawartości i przemian składników pokarmowych, a także materii organicznej.

Problem zmian zachodzących w glebie pod wpływem nawożenia mineralnego nie jest problemem nowym, jednak ciągle aktualnym. W wyniku nawożenia w glebach uprawnych zachodzą ciągle przemiany, w tym również straty, głównie

przyswajalnych dla roślin składników pokarmowych (White i in. 2003). Coroczne odprowadzenie składników pokarmowych z plonami roślin rodzi potrzebę nawożenia. Nawożeniem reguluje się, bowiem ilość niezbędnych dla roślin składników pokarmowych, a ponadto stan żyzności gleby. Współczesne rolnictwo gospodarując racjonalnie składnikami pokarmowymi może nie tylko utrzymywać, ale stopniowo zwiększać potencjał plonotwórczy gleb użytkowanych rolniczo. Badania Ellenberga (1977) wskazują, że największy wpływ na plonowanie roślin uprawnych, a także zawartość substancji organicznej ma nawożenie mineralne, w tym głównie azotowe (Keulen 1996).

Owadobójcze grzyby i nicienie powszechnie występują w środowisku glebowym naturalnych biocenoz oraz wykorzystywanych do celów rolniczych agrocenoz (Jaworska i Dudek 1992, Miętkiewski i in. 1992). Właściwości fizyczne i chemiczne gleby mają nie tylko duże znaczenie dla roślin, ale kształtują również ilość i rodzaj mikroflory glebowej. Badania prowadzone przez Smyka i in. (1975), wykazały, że nawożenie mineralne ma olbrzymi wpływ na kształtowanie się liczebności drobnoustrojów oraz selekcję całych zespołów mikroorganizmów glebowych, w tym powoduje zwiększenie liczebności nicieni roślinożernych (Kozłowska i Domurat 1977, Wasilewska 1979), a zmniejszenie zagęszczenia nicieni owadobójczych w glebie ograniczając dodatkowo ich reprodukcję w żywicielu (Bednarek 1990). Dla porównania nawożenie organiczne może wpływać niekorzystnie na zagęszczenie populacji nicieni owadobójczych (Ishibashi i Kondo 1986), ale może zwiększać trwałość populacji nicieni entomopatogenicznych w agrocenozie (Bednarek i Gaugler 1997).

Ze względu na dążenie do uzyskania optymalnych plonów roślin o odpowiedniej jakości nieodzowne staje się monitorowanie wskaźników żyzności gleby oraz nagromadzenia czynników toksycznych, a także stanu ilościowego mikroorganizmów glebowych, mających coraz większy wpływ na plonowanie roślin zwłaszcza w uprawach monokulturowych. Dlatego celem przeprowadzonych badań było określenie wpływu nawożenia mineralnego i wapnowania na wybrane właściwości gleby i aktywność owadobójczych nicieni i grzybów.

MATERIAŁ i METODY

Badania właściwości fizycznych i chemicznych gleby oraz przeżywalności nicieni przeprowadzono na materiale glebowym pochodzącym z łąki trwałej użytkowanej kośnie. Obiekt badań zlokalizowany był ok. 10 km na zachód od Krakowa. Doświadczenie prowadzono na madzie ciężkiej próchnicznej. Odczyn gleby przed rozpoczęciem badań (próbka pobrana z warstwy 0-20 cm), mierzony w zawiesinie KCl o stężeniu $1 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}$, wynosił 3,82. Pojemność sorpcyjna oznaczona metodą Kappen wynosiła $172,0 \text{ mmol}(+) \cdot \text{kg}^{-1}$, a kwasowość hydroliz-

tyczna $83,2 \text{ mmol}(+)\cdot\text{kg}^{-1}$ suchej masy gleby. Gleba zawierała $25,2 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$ węgla organicznego oznaczonego metodą Tiurina oraz azotu ogólnego $3,90 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$ oznaczonego metodą Kjeldahla.

Wyniki badań przedstawione w pracy dotyczą czwartego roku nawozowego doświadczenia polowego (rok 2002). Wiosną przed ruszeniem wegetacji zastosowano wapnowanie wapnem tlenkowym według 0,1 wartości kwasowości hydrolytycznej. Następnie wprowadzono nawożenie mineralne, stosując saletrę amonową (34% N), superfosfat pojedynczy granulowany (20% P_2O_5) i sól potasową (60% K_2O). W drugim i trzecim pokosie zastosowano nawożenie mikroelementami, wykorzystując preparat o nazwie handlowej „Mikrovit 1” (tab. 1).

Tabela 1. Dawka składników nawozowych pod poszczególne pokosy
Table 1. Dose of fertiliser component under cuts

Pokos Cut	N	P	K	„Mikrovit 1”*
	$\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$			$\text{dm}^3\cdot\text{ha}^{-1}$
I	25,0	8,5	15,3	-
II	20,0	-	15,3	2,0
III	20,0	-	15,3	2,0
Σ	65,0	8,5	45,9	4,0

* roztwór wodny – aqueous solution.

Preparat „Mikrovit 1” wykonany jest na bazie siarczanu magnezowego i zawiera: MgO 2,33%; Cu 0,25%; Mn 0,17%; Zn 0,18%; B 0,015%; Fe 0,23%; Mo 0,01%.

Doświadczenie obejmowało trzy obiekty doświadczalne: kontrolny bez nawożenia (A), nawożony NPK na tle wapnowania (B), nawożony NPK i „Mikrovitem” na tle wapnowania (C) (wprowadzony po I pokosie).

Powierzchnia poletek wynosiła 100 m^2 . Próbki glebowe do analiz chemicznych i oznaczeń fitopatologicznych pobrano po zbiorze trzeciego pokosu z dwóch warstw 0-10 cm i 10-20 cm. Zbioru poszczególnych pokosów dokonano: I pokos 20.05; II pokos 08.07; III pokos 02.09.2002 roku.

W próbkach glebowych wysuszonych i przesianych przez sito o średnicy 1 mm oznaczono: odczyn potencjometrycznie w zawiesinie KCl o stężeniu $1 \text{ mol}\cdot\text{dm}^{-3}$; kwasowość hydrolytyczną oznaczono po ekstrakcji CH_3COONa o stężeniu $1 \text{ mol}\cdot\text{dm}^{-3}$. Zawartość form (zwanymi ogólnymi) niektórych metali ciężkich (Cr, Cd, Zn, Pb, Cu i Ni) w próbce glebowej, pobranej przed rozpoczęciem badań, oznaczono po uprzednim spopieleniu substancji organicznej (temp. 500°C przez 8 h) i mineralizacji próbki w stężonych kwasach azotowym i nadchlorowym (2:1), metodą atomowej spektrometrii absorpcyjnej (ASA). Oznaczone zawartości metali ciężkich

odpowiadały naturalnej zawartości tych pierwiastków w glebie. Zawartość węgla organicznego oznaczono metodą Tiurina. Analizy chemiczne w materiale glebowym wykonano metodami opracowanymi przez Ostrowską i in. (1991). Mobilne formy metali ciężkich ekstrahowano z gleby (przez 24 h) roztworem NH_4NO_3 o stężeniu $1 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}$ (Zeien i Brümmer 1989). Zawartość metali ciężkich w uzyskanych ekstraktach oznaczono metodą ICP-AES z wykorzystaniem aparatu JY 238 Ultrace.

W pobranych świeżych próbkach gleby (o masie 0,5 kg) z warstwy 0-10 cm i 10-20 cm badano występowanie owadobójczych grzybów i nicieni. Doświadczenie przeprowadzono w czterech powtórzeniach i w trzech seriach: serię (I) prowadzono w celu wyizolowania nicieni do oznaczenia przynależności systematycznej, serię (II) – dla określenia intensywności porażenia owadów pułapkowych, a serię (III) dla izolacji grzybów. Przez okres 14 dni badano śmiertelność owadów. Martwe gąsienice z widocznymi objawami porażenia przez nicienie przenoszono do osobnych szalek ze szkiełkiem zegarkowym wyłożonych wilgotną bibułą filtracyjną w celu określenia reprodukcji larw inwazyjnych nicieni i oznaczenia przynależności systematycznej. W oparciu o uzyskane wyniki oznaczeń obliczono procent owadów testowych porażonych przez owadobójcze grzyby i nicienie. Martwe owady pochodzące z (II) serii przenoszono do osobnych szalek ze szkiełkiem zegarkowym wyłożonych wilgotną bibułą filtracyjną i umieszczano w termostacie w temp. 25°C . Po dwóch dniach gąsienice sekcjonowano pod lupą binokularną w celu określenia ilości nicieni, która była zdolna wnikać czynnie do wnętrza ich ciała. Gąsienice porażone przez grzyby przenoszono do szalek z wilgotną bibułą filtracyjną, a następnie przeszczepiano na podłoże glukozowo-ziemniaczane w celu oznaczenia patogena (Kaya i Stock 1976, Goetel i Inglis 1997). W przeprowadzonych badaniach porównywano również aktywność owadobójczą wyizolowanych grzybów i nicieni. W przypadku nicieni był to gatunek *S. feltiae*. Spośród wyizolowanych grzybów owadobójczych wybrano *M. anisopliae*. Test na patogeniczność wykonano na gąsienicach *Galleria mellonella*.

WYNIKI I DYSKUSJA

Zabieg wapnowania (według 0,1 wartości kwasowości hydrolitycznej) stosowany w trzech kolejnych latach badań (2000, 01, 02) spowodował podwyższenie odczynu gleby w warstwie 0-10 cm o 0,1 jednostki pH w stosunku do gleby obiektu kontrolnego, jednak nie była to zmiana istotna statystycznie (tab. 2). Korzystny wpływ powtarzania zabiegu wapnowania na stabilizację pH gleby potwierdzają inni autorzy (Thurston i in. 1976, Poulton i Johnston 1993). Wartości pH gleby z warstwy 10-20 cm były mniejsze od oznaczonych w warstwie 0-10 cm, nie wykazując różnicowania w glebie poszczególnych obiektów. Jak stwierdził Dechnik (1987) oraz Myśkow i Stąsień (1976) wieloletnie stosowanie nawozów mineralnych, w szczególności zakwaszających środowisko, powoduje obni-

zenie żyzności gleby, aktywności biologicznej oraz ilościową i jakościową degradację próchnicy. W przeprowadzonych badaniach odczyn gleby (z warstwy 0-10 cm) z obiektów wapnowanych i nawożonych mineralnie oraz „Mikrowitem” utrzymywał się na poziomie wartości oznaczonej w glebie przed rozpoczęciem badań (3,82). Obniżenie o 0,1 jednostki pH stwierdzono w glebie obiektu kontrolnego.

Wyraźne różnice stwierdzono w wartości kwasowości hydrolitycznej badanej gleby, ale z poszczególnych warstw. Nie stwierdzono natomiast istotnego wpływu zastosowanego nawożenia mineralnego i wapnowania na wartość tego parametru (tab. 2).

Tabela 2. Wybrane właściwości fizyczne i chemiczne gleby
Table 2. Some physical and chemical properties of the soil

Obiekty – Treatment	pH _(KCl)	Kwasowość hydrolityczna Hydrolytic acidity	C organiczny Organic C
		mmol(+) \cdot kg ⁻¹	g \cdot kg ⁻¹
s.m. gleby – d. m. of soil			
Warstwa – Layer 0-10 cm			
A. Kontrola – Control	3,71	127,7	33,9
B. NPK + Ca	3,81	119,7	33,5
C. NPK + Ca + Mikrovit	3,81	121,3	36,3
NRI – LSD _{p<0,05}	0,103	n.i. – n.s.	n.i. – n.s.
Warstwa – Layer 10-20 cm			
A. Kontrola – Control	3,67	133,6	25,8
B. NPK + Ca	3,62	141,8	28,1
C. NPK + Ca + Mikrovit	3,63	138,3	23,2
NRI–LSD _{p<0,05}	n.i. – n.s.	n.i. – n.s.	2,448

n.i. nie istotne – n.s. not significant.

W analizowanych próbkach gleby z warstwy 0-10 cm zawartość węgla organicznego była o 5,39 g do 13,11 g \cdot kg⁻¹ większa w porównaniu do zawartości oznaczonej w glebie z warstwy głębszej (tab. 2). W porównaniu do zawartości węgla organicznego oznaczonego w próbce gleby pobranej przed rozpoczęciem badań stwierdzono znaczny przyrost zawartości tego składnika zwłaszcza w warstwie korzeniowej, co wskazuje na postępującą akumulację materii organicznej w glebie obiektu doświadczalnego. W badaniach Wołoszyka i Nowak (1993) dotyczących m.in. zmian zawartości węgla organicznego w glebie lekkiej pod

wpływem nawożenia mineralnego traw w uprawie polowej stwierdzono zmniejszenie zawartości węgla organicznego w glebie po trzech latach, zaś po pięciu latach zwiększenie zawartości tego składnika. Większa zawartość substancji organicznej w warstwie 0-10 cm również może sprzyjać większej aktywności owadobójczych grzybów, które były najczęściej izolowane z tej warstwy gleby.

Zawartość cynku wyekstrahowanego azotanem amonu z gleby (warstwa 0-10 cm) zawierała się w przedziale 7,03-7,92 mg·kg⁻¹ suchej masy, a zastosowane nawożenie nie różnicowało istotnie zawartości tego pierwiastka. Mniej mobilnych form cynku stwierdzono w glebie z warstwy 10-20 cm, przy braku istotnego zróżnicowania pomiędzy poszczególnymi obiektami (tab. 3).

Tabela 3. Zawartość mobilnych form metali ciężkich w glebie

Table 3. Contents of mobile forms of heavy metals in soil

Obiekt – Treatment	Zn	Pb	Cu	Cd
	mg·kg ⁻¹ s.m. gleby – d. m. of soil			
Warstwa – Layer 0-10 cm				
A. Kontrola – Control	7,03	1,07	0,28	0,28
B. NPK + Ca	7,92	0,67	0,09	0,26
C. NPK + Ca + Mikrovit	7,29	0,58	0,05	0,18
NRI – LSD _{p<0,05}	1,681	0,290	0,083	0,036
Warstwa – Layer 10-20 cm				
A. Kontrola – Control	5,71	0,68	0,13	0,13
B. NPK + Ca	6,27	0,90	0,10	0,12
C. NPK + Ca + Mikrovit	7,17	0,93	0,12	0,13
NRI – LSD _{p<0,05}	2,246	0,148	n.i. – n.s.	0,071

Zawartość mobilnych form ołowiu w glebie z warstwy 0-10 cm była największa w obiekcie kontrolnym (1,07 mg·kg⁻¹ suchej masy gleby). Zawartość ołowiu w glebie tego samego obiektu kontrolnego, ale z warstwy 10-20 cm była mniejsza o 57%. W glebie z pozostałych obiektów z warstwy 10-20 cm stwierdzono większą zawartość ołowiu wyekstrahowanego azotanem amonu (tab. 3).

Zawartość mobilnych form miedzi była największa w glebie obiektu kontrolnego (w obu warstwach). W przypadku gleby z obiektów nawożonych, stwierdzono zwiększenie zawartości mobilnych form tego metalu w warstwie 10-20 cm w stosunku do warstwy 0-10 cm (tab. 3).

Zawartość mobilnych form kadmu była mniejsza w glebie pobranej z warstwy 10-20 cm, niezależnie od zastosowanego nawożenia (tab. 3). Stwierdzono również zmniejszenie zawartości mobilnych form tego pierwiastka w glebie obiektów nawożonych (warstwa 0-10 cm), w stosunku do obiektu kontrolnego.

Cynk i kadm należą do bardziej mobilnych pierwiastków w glebie (Kabata-Pendias i Pendias 1993, Niemyska-Łukaszuk 1995, Gambuś i Rak 2000). Ich dostępność maleje proporcjonalnie do zwiększania się wartości pH gleby. W przeprowadzonych badaniach odczyn gleby sprzyjał rozpuszczalności związków cynku i kadmu. Istotną zależność pomiędzy odczynem i zawartością frakcji mobilnej cynku wykazała w swoich badaniach Jakubus i in. (1996), natomiast w przypadku kadmu Gambuś i Rak (2000). Na zawartość mobilnych form kadmu mogła wpływać również zawartość substancji organicznej w stosunku, do której kadm wykazuje duże powinowactwo (Li i in. 2001). Duży wpływ substancji organicznej na desorpcję kadmu stwierdzili również Gorlach i Gambuś (1991).

Ołów podobnie jak miedź w glebie wykazuje mniejszą mobilność w porównaniu do cynku i kadmu. Oba te pierwiastki wykazują duże powinowactwo do tworzenia jonów kompleksowych, które regulują procesy ich sorpcji i desorpcji. Ołów i miedź są bardzo silnie wiązane przez minerały ilaste, materię organiczną, a także konkrecje żelaza i manganu (Kabata-Pendias i Pendias 1993, Mocek i Owczarzak 1993). W przeprowadzonych badaniach zawartość mobilnych form ołowiu i miedzi w glebie obiektu kontrolnego z warstwy 0-10 cm była zdecydowanie większa niż w glebie pozostałych obiektów gdzie stosowano wapnowanie. Odczyn, który jak twierdzi Kabata-Pendias i Pendias (1993) ma duży wpływ na rozpuszczalność związków ołowiu nie spowodował większych zmian w mobilności tego pierwiastka w glebie z warstwy 10-20 cm. Brak zwiększania zawartości form mobilnych ołowiu mógł być spowodowany rodzajem gleby, której składniki silnie sorbowały ten pierwiastek. W badaniach Jakubus i in. (1996) nad wpływem wieloletniego nawożenia mineralnego i organicznego na frakcje pierwiastków śladowych w glebie stwierdzono, że zastosowane nawożenie nie spowodowało nadmiernej kumulacji miedzi w glebie, przy czym nawożenie obornikiem zmniejszyło udział frakcji mobilnych tego pierwiastka, a nawożenie mineralne ten udział zwiększyło.

W badanych próbkach gleby stwierdzono obecność owadobójczych grzybów i nicieni (tab. 4). Wprowadzenie owadów pułapkowych *G. mellonella* pozwoliło wyizolować jeden gatunek nicienia *Steinernema feltiae*, którego obecność stwierdzono w glebie wszystkich obiektów z obu warstw gleby. Na podstawie uzyskanych wyników stwierdzono różnice w intensywności porażenia owadów testowych przez nicienie w glebie z poszczególnych obiektów doświadczenia (tab. 5). Najwięcej porażonych przez nicienie gąsienic pułapkowych obserwowano w obiekcie nawożonym NPK i Mikrowitem na tle wapnowania (C) w warstwie 0-10 cm.

Nicienie owadobójcze powszechnie występują w środowisku glebowym, a jednym z częściej izolowanych gatunków w warunkach Polski jest *S. feltiae*, co znalazło potwierdzenie w przeprowadzonych badaniach. Gatunek ten jest powszechnie wykorzystywany w ochronie roślin. Zastosowane nawożenie mineralne nie wpłynęło w istotny sposób na występowanie owadobójczych nicieni, co nie znalazło potwierdze-

nia w wynikach Bednarka (1990). Na podstawie uzyskanych wyników stwierdzono większą aktywność nicieni w porażaniu owadów pułapkowych w obiekcie nawożonym mineralnie NPK i Mikrovitem (C).

Tabela 4. Występowanie owadobójczych nicieni i grzybów w glebie
Table 4. Occurrence of entomopathogenic nematodes and fungi in soil

Objekt – Treatment	Nicienie – Nematodes	Grzyby – Fungi
Warstwa – Layer 0-10 cm		
A. Kontrola – Control	<i>S. feltiae</i>	<i>M. anisopliae</i> , <i>P. farinosus</i>
B. NPK + Ca	<i>S. feltiae</i>	<i>M. anisopliae</i>
C. NPK + Ca + Mikrovit	<i>S. feltiae</i>	<i>M. anisopliae</i> , <i>P. farinosus</i>
Warstwa – Layer 10-20 cm		
A. Kontrola – Control	<i>S. feltiae</i>	<i>M. anisopliae</i>
B. NPK + Ca	<i>S. feltiae</i>	<i>M. anisopliae</i>
C. NPK + Ca + Mikrovit	<i>S. feltiae</i>	<i>M. anisopliae</i>

Z gleby pochodzącej z poszczególnych obiektów doświadczenia najczęściej izolowano grzyba owadobójczego *M. anisopliae* (tab. 4), którego obecność stwierdzono w próbkach ze wszystkich obiektów i obu warstw gleby. W wierzchniej warstwie gleby obiektu kontrolnego (A) oraz nawożonego NPK i Mikrovitem na tle wapnowania (C) występował także inny gatunek grzyba *Paecilomyces farinosus*. Grzyby owadobójcze częściej występowały w wierzchniej warstwie gleby 0-10 cm, w której zainfekowanych przez te organizmy było od 10 do 20% owadów pułapkowych, podczas gdy w warstwie 10-20 cm stwierdzono od 5 do 10% zainfekowanych owadów pułapkowych (tab. 5).

Zastosowane nawożenie nie wpłynęło na skład gatunkowy izolowanych grzybów owadobójczych. Według Jaworskiej i współpracowników (Jaworska i in. 2002) występowanie grzybów owadobójczych zależy od rodzaju zastosowanego nawożenia i dawek nawozów. Szczególnie niekorzystnie, na ich występowanie może wpływać nawożenie nieprzetworzonymi osadami ściekowymi. Jak podaje Miętkiewski i in. (1992) w glebach trwałych użytków zielonych jednym z najczęściej występujących gatunków grzybów owadobójczych jest *M. anisopliae*, który był izolowany z gleby badanych obiektów doświadczenia.

Na występowanie i aktywność owadobójczych nicieni i grzybów wpływają czynniki środowiskowe m.in. pH gleby, rodzaj i wilgotność gleby oraz nawożenie i zanieczyszczenie środowiska (Womersley 1990, Bednarek i Gaugler 1997, Jarmał i Kamionek 2000, Kung i in. 2001). Mniejsze wartości pH w głębszej warstwie gleby (10-20 cm) mogły być jedną z przyczyn mniejszej intensywności porażenia owadów pułapkowych przez grzyby owadobójcze. Nicienie owadobój-

cze, które są mniej wrażliwe na pH gleby porażały gąsienice pułapkowe z podobną intensywnością w obu warstwach gleby (Kung i in. 1991). W wierzchniej warstwie gleby zawartość substancji organicznej była większa niż w warstwie głębszej, co może stwarzać lepsze warunki dla występowania owadobójczych grzybów.

Tabela 5. Procent owadów pułapkowych porażonych przez owadobójcze nicienie i grzyby
Table 5. Percentage of trap insects infected with entomopathogenic nematodes and fungi

Obiekt – Treatment	Nicienie – Nematodes	Grzyby – Fungi
Warstwa – Layer 0-10 cm		
A. Kontrola – Control	75,0	20,0
B. NPK + Ca	70,0	15,0
C. NPK + Ca + Mikrovit	95,0	20,0
NRI – LSD $p<0,05$	9,3	6,6
Warstwa – Layer 10-20 cm		
A. Kontrola – Control	75,0	10,0
B. NPK + Ca	85,0	10,0
C. NPK + Ca + Mikrovit	85,0	5,0
NRI – LSD $p<0,05$	11,4	6,6

Na podstawie uzyskanych wyników stwierdzono istotne różnice w intensywności porażenia owadów pułapkowych przez nicienie owadobójcze (tab. 6). Najwięcej larw inwazyjnych nicieni wniknęło do ciała gąsienic pułapkowych w serii gdzie zastosowano nawożenie mineralne NPK i Mikrovitem na tle wapnowania (C).

Obliczona wartość wskaźnika reprodukcji larw inwazyjnych izolowanych nicieni owadobójczych (tab. 6), wykazała, że największe wartości tego parametru uzyskano w glebie obiektu kontrolnego (A) oraz nawożonego mineralnie NPK i Mikrovitem na tle wapnowania (C). Mniejszą reprodukcję nicieni stwierdzono w obiekcie, gdzie zastosowano nawożenie mineralne NPK na tle wapnowania (B).

Metale ciężkie mogą niekorzystnie wpływać na aktywność owadobójczych grzybów i nicieni (Bajan i in. 1998), a do najbardziej toksycznych dla tych organizmów zalicza się ołów i kadm (Jarmuł i Kamionek 2000). Większa zawartość mobilnych form kadmu stwierdzona w wierzchniej warstwie gleby (0-10 cm), nie ograniczała aktywności owadobójczych grzybów. Świadczy to o małej wrażliwości występujących tam szczepów grzyba *M. anisopliae* na ten pierwiastek. Aktywność izolowanych nicieni była najmniejsza w glebie kontrolnej w warstwie 0-10 cm, co wynikało z małej intensywności porażenia owadów pułapkowych przez larwy inwazyjne nicieni. Parametr ten jest dobrym wskaźnikiem aktywności ni-

cieni owadobójczych (Bednarek 1990). Mniejsza aktywność nicieni w tym obiekcie może być związana z większą zawartością mobilnych form Pb i Cu w porównaniu do innych obiektów. Jony miedzi oprócz jonów Pb i Cd w największym stopniu ograniczają patogeniczność owadobójczych nicieni (Para i Ropek 2000). Uśmiercenie żywiciela jest pierwszym etapem rozwoju nicieni w owadzie. Potem następuje namnażanie nicieni w ciele żywiciela i migracja larw inwazyjnych do środowiska (Poinar 1979), co ma istotne znaczenia dla podtrzymania populacji tych organizmów w środowisku glebowym. Obniżenie rozrodczości nicieni w obiektach z nawożeniem mineralnym NPK na tle wapnowania (B) jest z tego względu zjawiskiem niekorzystnym, co stwierdzono również w badaniach Bednarka (1990).

Tabela 6. Intensywność porażenie gąsienic *G. mellonella* nicieniami izolowanymi z gleby i płodność nicieni

Table 6. Intensity of *G. mellonella* larvae infestation by nematodes isolated from soil and their fertility

Obiekt – Treatment	Średnia liczba izolowanych nicieni z larw <i>G. mellonella</i> Mean number of nematodes isolated from <i>G. mellonella</i> larvae	Płodność nicieni (tys./larwa pułapkowa) Fertility of nematodes (thou./trap larvae)
Warstwa – Layer 0-10 cm		
A. Kontrola – Control	9,75	21,70
B. NPK + Ca	13,50	17,50
C. NPK + Ca + Mikrovit	15,25	22,02
NRI – LSD $p<0,05$	2,99	3,41
Warstwa – Layer 10-20 cm		
A. Kontrola – Control	12,0	22,67
B. NPK + Ca	14,0	14,72
C. NPK + Ca + Mikrovit	13,5	26,95
NRI – LSD $p<0,05$	2,37	3,77

Zastosowane nawożenie nie miało istotnego wpływu na patogeniczność izolowanych grzybów i nicieni owadobójczych (tab. 7), co świadczy o zdolności tych organizmów do przystosowania się do różnych warunków środowiska. Niezależnie od zastosowanego nawożenia nicienie *S. feltiae* uśmiercały owady żywicielskie prawie dwukrotnie szybciej niż grzyb *P. farinosus*. Różnice w owadobójczej aktywności zależą nie tylko od gatunku grzyba czy nicienia, ale także od jego rasy oraz gatunku żywiciela (Kmitowa i Bajan 1982). Poszukiwanie nowych szczepów owadobójczych grzybów i nicieni lepiej przystosowanych do zwalczania szkodników w agrocenozach ma istotne znaczenie dla ich praktycznego wykorzystania w ochronie roślin przed szkodnikami.

Tabela 7. Patogeniczność owadobójczych grzybów i nicieni izolowanych z gleby (owad testowy – gąsienice *G. mellonella*)

Table 7. Pathogenicity of entomopathogenic nematodes and fungi isolated from soil (test insect – *G. mellonella* larvae)

Obiekt – Treatment	Średni czas do uśmiercenia owadów (dni) Time to insect killing (days)	
	<i>S. feltiae</i>	<i>M. anisopliae</i>
Warstwa – Layer 0-10 cm		
A. Kontrola – Control	2,52	4,62
B. NPK + Ca	2,42	4,47
C. NPK + Ca + Mikrovit	2,25	4,70
NRI – LSD $p<0,05$	0,31	0,27
Warstwa – Layer 10-20 cm		
A. Kontrola – Control	2,35	4,75
B. NPK + Ca	2,55	4,55
C. NPK + Ca + Mikrovit	2,50	4,50
NRI – LSD $p<0,05$	0,26	0,34

WNIOSKI

1. Zabieg wapnowania stosowany w trzech kolejnych latach badań, nie spowodował istotnych zmian w odczynie i wartości kwasowości hydrolitycznej gleby z poszczególnych obiektów.

2. Na podstawie uzyskanych wyników stwierdzono mniejszą zawartość mobilnych form ołowiu, miedzi i kadmu (w warstwie 0-10 cm) obiektów nawożonych w porównaniu do zawartości oznaczonej w glebie obiektu kontrolnego.

3. Nawożenie mineralne NPK i Mikrovitem na tle wapnowania sprzyjało większej aktywności nicieni w porażaniu owadów pułapkowych.

4. Większą aktywność grzybów owadobójczych stwierdzono w wierzchniej warstwie gleby, a nawożenie mineralne nie wpłynęło na patogeniczność owadobójczych nicieni i grzybów. W wyniku zastosowanego nawożenia może nastąpić zmniejszenie rozrodczości nicieni, czego symptomy zaobserwowano na podstawie uzyskanych wyników.

PIŚMIENNICTWO

Bajan C., Tyrawska D., Popowska-Nowak E., Bieńkowski P., 1998. Reakcje szczepów *Bauveria bassiana* (Bals.) Vuill. na skażenie podłoża metalami ciężkimi (Pb, Cu, Zn) i ich zdolności kumulacyjne. Chem. Inż. Ekol., 5, 8-9, 685-692.

- Bednarek A., 1990. Ekologiczne uwarunkowania aktywności biologicznej nicienie entomofilnych w środowisku glebowym agrocenoz. Wyd. PWN, Warszawa.
- Bednarek A., Gaugler R., 1997. Compatibility of soil amendments with entomopathogenic nematodes. *Nematol. J.* 29, 2, 220-227.
- Dechnik I., 1987. Wpływ nawożenia na właściwości gleby. *Zesz. Probl. Post. Nauk Roln.*, 324, 81-106.
- Ellenberg H., 1977. Stickstoff als Standortsfaktor, insbesondere für mitteleuropäische pflanzengesellschaften. *Oecologia Plantarum*, 12, 1-22.
- Gambuś F., Rak M., 2000. Wpływ właściwości gleby na rozpuszczalność związków kadmu. *Zesz. Probl. Post. Nauk Roln.*, 472, 251-257.
- Goettel M. S., Inglis G. D., 1997. Fungi: Hyphomycetales. [In:] *Manual of Techniques in Insect Pathology*, 213-249.
- Gorlach E., Gambuś F., 1991. Desorpcja i fitotoksyczność metali ciężkich zależnie od właściwości gleby. *Roczn. Glebozn.*, XLII, 3/4, 207-214.
- Ishibashi N., Kondo E., 1986. *Steinernema feltiae* (DD 136) and *S. glaseri* in soil land bark compost and their influence on native nematodes. *Nematol. J.*, 18, 310-316.
- Jakubus M., Czekąła J., Blecharczyk A., 1996. Wpływ wieloletniego nawożenia na frakcje mikroelementów w glebie. *Zesz. Probl. Post. Nauk Roln.*, 434, 443-448.
- Jarmuż J., Kamionek M., 2000. Effect of Pb(II) ions on mortality of IJs *Steinernema feltiae* Filipjev and *Heterorhabditis megidis* Poinar. *Chem. Inż. Ekol.*, 7, 10, 1023-1030.
- Jaworska M., Dudek B., 1992. Występowanie owadobójczych nicieni w glebach wybranych upraw. *Zesz. Nauk. AR w Krakowie*, 267, 20, 131-147.
- Jaworska M., Ropek J., Ropek D., Kopeć M., 2002. Effect of diversified organic fertilization with sludge from tannery sewage treatment plant on the occurrence and pathogenicity of entomopathogenic fungi and nematodes. *Chem Inż. Ekol.*, 9, 4, 407-412.
- Kabata-Pendias A., Pendias H., 1993. *Biogeochemia pierwiastków śladowych*. Wyd. PWN Warszawa.
- Kaya H. K., Stock S. P., 1976. Techniques in insect nematology. [In:] *Manual of Techniques in Insect Pathology*, 281-324.
- Keulen H., 1996. Simulation of long-term dynamics of soil organic matter and nutrients: quantification of sustainability inductors. [In:] *Proc. IV Inter. Symp. „European Society for Agronomy”*. Wageningen, 7-11.06.1996, 278-279.
- Kmitowa K., Bajan C., 1982. Pathogenicity level of various strains of *Bauveria bassiana* (Bals.) Vuill. *Pol. Ecol. Stud.*, 8, 3-4, 409-417.
- Kozłowska J., Domurat K., 1977. The effect of Basic mineral fertilizers on nematode communities in sun flower cultivation. *Pol. Ecol. Stud.*, 3, 15-22.
- Kung S. P., Gaugler R., Kaya H. K., 1991. Effect of soil temperature, moisture and relative humidity on entomopathogenic nematode persistence. *Invertebr. Pathol. J.*, 57, 242-249.
- Li Z., James A. R., Chen J-L., Al-Abed S. R., 2001. Adsorption of cadmium on biosolids-amended soils. *Environ. Qual. J.*, 30, 903-911.
- Miętkiewski R., Tkaczuk C., Zasada L., 1992. Występowanie grzybów entomopatogennych w glebie ornej i łąkowej. *Acta Mycologica*, XXVII, 2, 197-203.
- Mocek A., Owczarzak W., 1993. Wiązanie Cu, Pb, Zn przez próchnicę w glebach zanieczyszczonych emisjami hut miedzi. *Zesz. Probl. Post. Nauk Roln.*, 411, 293-298.
- Mysłow W., Stąsień S., 1976. Wpływ wieloletniego nawożenia na aktywność biologiczną i substancje organiczne gleby. *Symp. Nauk. „Skutki wieloletniego stosowania nawozów”*, Puławy, 1976, Cz. II, 49-56.

- Niemyska-Łukaszuk J., 1995. Wpływ składu granulometrycznego i odczynu gleby na zawartość przyswajalnych form metali ciężkich. *Zesz. Probl. Post. Nauk Roln.*, 418, 459-464.
- Ostrowska A., Gawliński S., Szczubiałka Z., 1991. *Metody analizy i oceny właściwości gleb i roślin*. Wyd. Ochr. Środ., Warszawa.
- Para A., Ropek D., 2000. Starch dialdehyde as novel complexons protecting entomopathogenic nematodes from heavy metals. *Chem. Inż. Ekol.*, 7, 11, 1213-1220.
- Poinar G. O., 1979. *Nematodes for biological control of insects*. CRC Press. Inc., Boca Raton, Fla., 277.
- Poulton P. R., Johnston A E., 1993. The Rothamsted long-term experiments – their relevance to modern agriculture. [In:] *Proc. Int. Symp. "Long-term experiments static fertilizer experiments"* Warszawa – Kraków, 15-18 June 1993, Part 1, 5-30.
- Smyk B., Różycki E., Kopeć S., 1975. Wpływ nawożenia mineralnego na aktywność mikrobiologiczną gleb i produktywności wybranych górskich ekosystemów trawiastych. *Zesz. Probl. Post. Nauk Roln.*, 162, 203-218.
- Thurston J., Williams E. D., Johnston A., 1976. Modern developments in an experiment on permanent grassland started in 1856: effect of fertilizers and lime on botanical composition and crop and soil analyses. *Ann. Agron.*, 27, 5-6, 1043-1082.
- Wasilewska L., 1979. The structure and function of soil nematode communities in natural ecosystems and agrocenoses. *Pol. Ecol. Stud.*, 5, 97-145.
- White S. K., Brummer J. E., Leininger W. C., Frasier G. W., Waskom R. M., Bauder T. A., 2003. Irrigated mountain meadow fertilizer application timing effect on overland flow water quality. *Environ. Qual. J.*, 32, 1802-1808.
- Wołoszyk Cz., Nowak W., 1993. Zmiany zawartości węgla organicznego oraz azotu ogółem w glebie lekkiej pod wpływem nawożenia mineralnego traw w uprawie polowej. *Zesz. Probl. Post. Nauk Roln.*, 411, 85-90.
- Womersley C., 1990. Dehydration survival and anhydrobiotic potential. [In:] *Entomopathogenic nematodes in Biological Control*, Gaugler R., Kaya H.K. Eds., CRC Press, Boca Raton, Fl, 117-137.
- Zeien H., Brümmer G. W., 1989. Chemische extraction zur bestimmung von schwermetallbindungsformen in boden. *Mitteilgn. Dtsch. Bodenkundl. Gesellsch.*, 59/1, 505-510.

SELECTED PROPERTIES OF SOILS UNDER PERMANENT GRASSLANDS AND ACTIVITY OF ENTOMOPATHOGENIC NEMATODES AND FUNGI

Krzysztof Gonddek¹, Dariusz Ropek²

¹Department of Agriculture Chemistry, Agricultural University

²Department of Agricultural Environment Protection, Agricultural University

Al. Mickiewicza 21, 31-120 Kraków

e-mail: kgonddek@ar.krakow.pl

Abstract. The investigations were conducted to determine the effect of mineral fertilization and liming on selected soil properties and activity of entomopathogenic nematodes and fungi. Liming applied in three subsequent years of investigations did not cause any significant changes in soil reaction or hydrolytic acidity value in individual treatments. In comparison with organic carbon content determined in a soil sample collected prior to the experiment outset a considerable increase in this component soil concentration was found (mainly in the 0-10 cm layer), which points to accumulation of organic matter in the soil of the experimental treatment. On the basis of obtained

results a lesser content of mobile forms of lead, copper and cadmium were found (in the 0-10 cm layer) on the fertilized objects. NPK and Mikrovit treatment, against the background of liming, favoured better nematode activity in trap insect infesting. A greater activity of entomopathogenic fungi was registered in the topsoil, while mineral fertilization did not affect entomopathogenic nematodes and fungi pathogenicity. The applied fertilization may lead to weaker reproduction of nematodes, the symptoms of which were already observed on the basis of the obtained results.

Key words: meadow, soil, fertilisation, entomopathogenic nematodes, fungi