

DYNAMIKA MINERALIZACJI, NITRYFIKACJI ORAZ PRZYSWAJALNOŚCI MIKROELEMENTÓW W GLEBIE INKUBOWANEJ Z KOMPOSTEM I ZE SŁOMĄ

Monika Jakubus[✉]

Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu

Streszczenie. Praca prezentuje wyniki z doświadczenia inkubacyjnego założonego na glebie lekkiej z dodatkiem kompostu i słomy, trwającego 180 dni. Celem jest ocena tempa mineralizacji wprowadzonych substancji organicznych do gleby i ich wpływ na ilości mikroelementów przyswajalnych dla roślin. Podczas trwania inkubacji systematycznie monitorowano ilości wydzielanego CO₂, zmiany ilościowe węgla organicznego, azotu ogólnego, mineralnego (N-NH₄ i N-NO₃) oraz mikroelementów w formach przyswajalnych dla roślin. Na podstawie uzyskanych danych wyznaczono współczynnik mineralizacji C (WMC) oraz indeks nityfikacji (NI). Stwierdzono, że powyższe parametry w wyraźny sposób określały różnice w dynamice rozkładu słomy oraz kompostu, przy czym słoma była podatniejsza na przemiany. Ilości mikroelementów przyswajalnych dla roślin podczas inkubacji gleby z zastosowanymi substancjami organicznymi wzrosły w nieznacznym stopniu. Najwięcej wyekstrahowano Cu i Zn z gleby z dodatkiem słomy.

Słowa kluczowe: kompost, słoma, indeks nityfikacji, współczynnik mineralizacji C, mikroelementy

WSTĘP

Materia organiczna jest podstawowym wskaźnikiem żyzności gleby, a jej zawartość nie jest wartością stałą. Uprawa roślin w wyraźny sposób prowadzi do jej ubytku, który należy uzupełnić tak, aby utrzymać dodatni bilans. Jak podają Kopiński i Kuś [2011], bilans materii organicznej w przeważającej ilości gleb użytkowanych rolniczo w Polsce jest ujemny, co wynika z wielu czynników ekonomiczno-przyrodniczych. Na konieczność dbałości o odpowiedni poziom materii organicznej w glebach wskazują także

[✉]monja@up.poznan.pl

zapisy zawarte w „strategii tematycznej w dziedzinie ochrony gleby” [Strategia UE KOM (2006) 231], gdzie między innymi zwrócono uwagę na to, że spadek zawartości materii organicznej prowadzi do degradacji gleby. Zwiększenie poziomu materii organicznej nie tylko jest korzystne z punktu widzenia produkcyjnej wartości gleb, ale także ekologicznej. W praktyce ilość substancji organicznej efektywnie można zwiększyć poprzez regularną aplikację nawozów naturalnych, organicznych czy odpadów roślinnych [Coban i in. 2016]. W rejonach pozbawionych produkcji zwierzęcej, a co za tym idzie łatwego dostępu do nawozów naturalnych, znacznym zainteresowaniem rolników cieszy się stosowanie kompostu z osadów ściekowych czy przeoranie słomy. Na zasadność takiego postępowania wskazują wcześniejsze doniesienia Mazura i innych [2003]. Zaletą wprowadzenia materii organicznej do gleby pod postacią kompostu lub słomy jest nie tylko możliwość uzupełnienia węgla organicznego, ale także innych składników, w tym mikroelementów. Jednak tempo ich uruchamiania w środowisku glebowym będzie zdeterminowane szybkością zachodzenia między innymi procesu mineralizacji oraz rodzajem zastosowanej substancji organicznej [Jasiewicz i Baran 2009]. Ponadto jak podają Kim i inni [2015], materia organiczna może modyfikować nie tylko rozpuszczalność metali, ale także ich adsorpcję, co w głównej mierze zależy od typu wprowadzonej do gleby materii.

Celem pracy jest ocena dynamiki rozkładu kompostu z osadów ściekowych oraz słomy w glebie lekkiej dokonana na podstawie analizy szybkości mineralizacji i nityfikacji związków węgla i azotu. Ponadto uwzględniając specyfikę stworzonych warunków poprzez dodatek substancji organicznej, określono ilości mikroelementów przyswajalnych dla roślin.

MATERIAŁ I METODY

Do realizacji celu pracy wykorzystano próbki glebowe pochodzące z doświadczenia inkubacyjnego trwającego 180 dni. Gleba wykorzystana w doświadczeniu została pobrana z wierzchniej warstwy gruntów ornyczych o uziarnieniu piasku gliniastego i kategorii agronomicznej lekkiej. Glebę zakwalifikowano jako płową właściwą [Systematyka gleb Polski 2011], należąca do klasy bonitacyjnej IVb i kompleksu żytniego dobrego. Materiał do badań został wysuszony powietrznie i przesiany przez sito o średnicy oczek 2 mm. Tak przygotowana gleba została wymieszana z kompostem (KI) oraz ze słomą (pocięta na kawałki o długości 5 mm) (KII), doprowadzona do 60% PPW i przeniesiona do plastikowych, szczelnie zamkniętych pojemników umieszczonych w pomieszczeniu o stałej temperaturze około 25°C. Wartość 60% PPW dla gleby oraz przygotowanych mieszanin gleby z kompostem oraz gleby ze słomą określono na podstawie maksymalnej pojemności wodnej oznaczonej według procedury podanej przez Lityńskiego i innych [1976]. Kompost oraz słoma do gleby o masie 1 kg były dodane w ilościach równoważnych odpowiednio 30 oraz 6 t·ha⁻¹. Dodatkowo do słomy dodano mocznik (46% N) w ilości opowiadającej 12 kg N na każdą 1 t słomy. Wykorzystany w doświadczeniu kompost przygotowany został na bazie osadów ściekowych (40%), odpadów zielonych (40%) oraz słomy (20%). Z kolei zastosowana słoma pochodziła z pszenicy jarej, odmiany Ostka Smolicka o pustym źdźble. Charakterystyka chemiczna gleby, kompostu oraz słomy

została zaprezentowana w tabeli 1. Kontrolę doświadczenia stanowiła gleba bez nawożenia (K0). Doświadczenie założono w trzech powtórzeniach dla każdej kombinacji i każdego terminu pobrania. W celu oceny przemian mikrobiologicznych dodanych substancji organicznych dokonywano pomiaru wydzielonego CO₂. W związku z tym w każdym pojemniku umieszczono zlewkę wypełnioną 20 cm³ 0,5 mol·dm⁻³ NaOH. Nadmiar NaOH był miareczkowany 0,5 mol·dm⁻³ HCl po dodaniu BaCl₂ [Hernandez-Apaolaza i in. 2000]. W 1., 3., 7., 10., 14., 21., 35., 56., 84., 120., 150. i 180. dniu od założenia doświadczenia dokonywano pomiaru CO₂ oraz likwidacji powtórzeń z każdej kombinacji doświadczenia. Po likwidacji próbki glebowe zostały wysuszone w temperaturze pokojowej, a następnie poddane analizie chemicznej na oznaczenie C_{org}, N_{og}, N-NH₄, N-NO₃ oraz ilości przyswajalnych Cu, Zn, Mn i Fe ekstrahowanych 1 mol·dm⁻³ HCl przy stosunku gleby do roztworu wynoszącym 1 : 10. Analizy wykonano rutynowymi metodami stosowanymi w analizie chemiczno-rolniczej, które w szczegółowy sposób opisuje Jakubus [2013]. Na podstawie ilości wydzielonego CO₂ oraz C_{org} określono współczynnik mineralizacji węgla (*WMC*), a na podstawie ilości N-NH₄ oraz N-NO₃ obliczono indeks nityfikacji (*NI*) według wzorów podanych przez Hernandez-Apaolaza i innych [2000]:

$$WMC (\%) = \frac{C - CO_2}{C_{org}} \cdot 100$$

$$NI (\%) = \frac{N-NO_3}{N-NO_3 + N-NH_4} \cdot 100$$

Wszystkie oznaczenia analizowanych parametrów w próbkach glebowych wykonano w trzech powtórzeniach. Uzyskane dane zostały poddane analizie statystycznej w celu obliczenia NIR metodą Tukeya na poziomie istotności $\alpha = 0,05$ dla czynników doświadczalnych (A – zastosowane dodatki, $n = 3$; B – czas inkubacji, $n = 12$) oraz ich interakcji. Zależności liniowe między badanymi cechami określono za pomocą współczynnika korelacji liniowej Pearsona.

Tabela 1. Charakterystyka gleby, kompostu oraz słomy użytych w doświadczeniu

Table 1. Characteristic of soil, compost and wheat straw used at the experiment

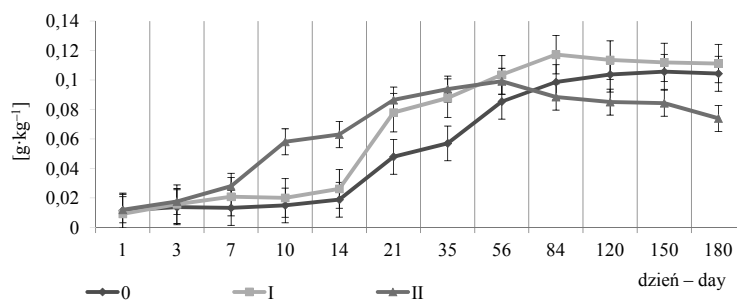
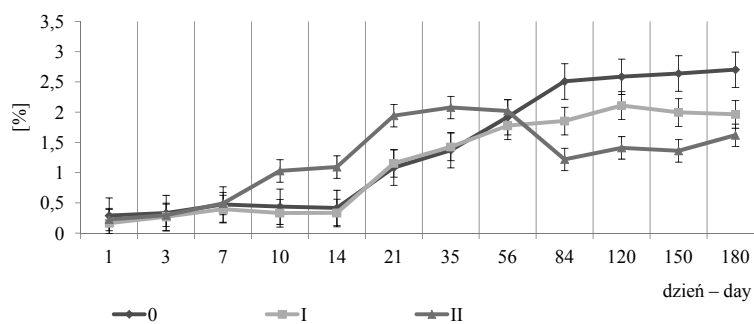
Właściwość – Property	Gleba – Soil	Kompost – Compost	Słoma – Straw
pH	6,66	7,2	–
C [g·kg ⁻¹]	4,92	250,4	432
N _{og} [g·kg ⁻¹]	0,62	24,35	7,1
Cu _{og} [g·kg ⁻¹]	5,55	119,4	1,55
Zn _{og} [g·kg ⁻¹]	15,45	479,2	6,46
Mn _{og} [g·kg ⁻¹]	164,01	273,45	18,7
Fe _{og} [g·kg ⁻¹]	799,03	5500	140

WYNIKI I DISKUSJA

Intensywna uprawa roli skutkuje wyczerpaniem większości składników pokarmowych oraz redukcją zawartości C w glebie, czego efektem jest obniżenie jej produktywności [Bustamante i in. 2010, Chen i in. 2014, Giannakis i in. 2014]. Materia organiczna odgrywa fundamentalną funkcję w środowisku glebowym [Diacono i Montemurro 2010], zatem uzupełnianie jej poziomu jest jednym z podstawowych elementów prawidłowej agrotechniki. W tym celu proponuje się wykorzystanie substancji organicznych, między innymi, takich jak: osady ściekowe, komposty z osadów ściekowych i odpadów biodegradowalnych, słomy [Jakubus 2009, Balcer i Wołoszyk 2012, Siubba i in. 2014, Weber i in. 2014]. Wprowadzana materia organiczna podlega mineralizacji w różnym tempie, co jest uzależnione od wielu czynników, wśród których typ i skład zastosowanej materii mają istotne znaczenie i decydują o przemianach składników obecnych w glebie, jak i do niej dostarczonych. W badaniach własnych tempo mineralizacji wprowadzonej substancji organicznej określono na podstawie ilości wydzielonego CO₂, wartości współczynnika mineralizacji węgla (WMC) czy indeksu nityfikacji (NI). Jak wynika z danych zawartych na rysunkach 1–3, w początkowych (1–3) oraz końcowych (150–180) dniach inkubacji wartości omawianych parametrów były porównywalne dla gleb z poszczególnych kombinacji doświadczenia. Wyraźne różnice spowodowane zastosowanymi dodatkami organicznymi można odnotować między 7. a 56. dniem doświadczenia. W tym okresie ilości wydzielonego CO₂, wartości NI czy WMC były 2–6 razy większe dla gleby kombinacji I i II w porównaniu z określonymi dla kontroli.

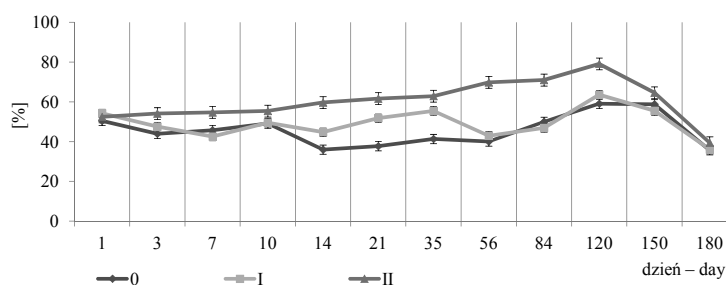
Przebieg krzywych na rysunkach 1–3 świadczy, że wartości omawianych parametrów podczas 180 dni inkubacji samej gleby, jak i z kompostem oraz ze słomą sukcesywnie wzrastały, osiągając swoje maksimum w różnych dniach. Największe ilości CO₂ przypadły na 56. (KII), 120. (KI) oraz 150. (K0) dzień doświadczenia, a WMC maksymalną wartość osiągał w 35. (KII), 120. (KI) oraz 180. (K0) dniu – rysunki 1–2.

Niezależnie od zastosowanej substancji organicznej indeks nityfikacji przyjmował maksymalne wartości w 120. dniu inkubacji, przy czym największe były dla gleby inkubowanej ze słomą i z mocznikiem (rys. 3). Wzrastające ilości wydzielonego CO₂ czy WMC podczas inkubacji gleby ze słomą lub z kompostowanym osadem ściekowym wykazują inni autorzy [Hernandez-Apaolaza i in. 2000, Chen i in. 2014], podkreślając istotną rolę dodatków organicznych w tym zjawisku. W tym kontekście warto podkreślić wyraźnie większe tempo rozkładu słomy, prawdopodobnie związane z jednoczesnym udziałem bakterii oraz grzybów w procesie. Na taką możliwość wskazują badania Chen i innych [2014], według których bakterie odpowiedzialne są za rozkład frakcji rozpuszczalnych, takich jak cukry proste i aminokwasy, natomiast grzyby za rozkład spolimerizowanych frakcji celulozy i lignin. W przypadku kompostu z osadów ściekowych nie mamy do czynienia, aż z tak szybkim tempem mineralizacji, ponieważ ilości związków łatwo rozkładalnych frakcji C stanowią mały procent. Wynika to z procesu kompostowania, podczas którego następuje obniżenie bardziej labilnej puli materii organicznej z jednoczesną stabilizacją substancji humusowych, które są mniej efektywnym źródłem C [Hernandez-Apaolaza i in. 2000, Bustamante i in. 2010, Giannakis i in. 2014]. O mniejszej podatności kompostu na rozkład mogą świadczyć uzyskane dla gleby wzbogaconej

Rys. 1. Ilość wydzielonego CO₂ podczas inkubacjiFig. 1. Amount of CO₂ evolved during incubation experiment

Rys. 2. Zmiany współczynnika mineralizacji C podczas inkubacji

Fig. 2. Changes of C mineralization coefficient during incubation experiment



Rys. 3. Zmiany indeksu nityfikacji podczas inkubacji

Fig. 3. Changes of nitrification index during incubation experiment

kompostem wartości NI, wahające się w zakresie od 36,1 do 63,6%. Większe wartości (od 52,5 do 79,1%) stwierdzono w warunkach gleby inkubowanej ze słomą, co sugerować może jej większą podatność na rozkład. Potwierdzają to Hernandez-Apaolaza i inych [2000], którzy podają że wartości NI mniejsze od 50% są charakterystyczne dla wolno rozkładających się nawozów.

Wprowadzając kompost i słomę do gleby, nie tylko dostarczamy źródła C, ale także innych składników, w tym także mikroelementów [Chen i in. 2014]. Uwaga ta szczególnie odnosi się do kompostów przygotowanych na bazie osadów ściekowych, gdzie koncentracja metali może być duża, mimo że utrzymana w zakresie dopuszczalnym prawem. Wielu autorów podnosi kwestie możliwości podwyższenia zawartości metali w glebach w wyniku regularnego, wieloletniego stosowania tego typu nawozów organicznych [Jakubus 2009, Balcer i Wołoszyk 2012, Giannakis i in. 2014, Sciubba i in. 2014, Weber i in. 2014], choć jak większość z nich przyznaje scenariusz taki ma miejsce przede wszystkim przy stosowaniu dużych dawek oraz kompostów, w których osady ściekowe stanowiły dominujący udział. Wyniki badań własnych jedynie częściowo wpisują się w tę narrację. Jak wskazują dane zamieszczone w tabeli 2, wraz z dawką kompostu do gleby wprowadzono więcej wszystkich mikroelementów, co szczególnie zauważalne było w przypadku Cu (2 razy) oraz Zn (o 49%). Dodatek słomy do gleby również spowodował istotny wzrost zawartości mikroelementów. W porównaniu do gleby kontrolnej, ilości w glebie z kombinacji II były większe o 40% (Cu), 18% (Zn), 10% (Fe) i o 4% (Mn). Analizując zmiany ilościowe mikroelementów w glebie podczas jej inkubacji, odnotować należy, że próbki glebowe reprezentujące koniec doświadczenia z poszczególnych kombinacji charakteryzowały się generalnie większymi ilościami, choć istotność różnic została potwierdzona tylko w przypadku cynku (tab. 2). W glebie wzbogaconej słomą maksymalne ilości Zn, Mn i Fe zostały określone w 84. dniu, a Cu w 21. dniu inkubacji. W warunkach gleby nawożonej kompostem największe ilości Cu i Fe przypadły natomiast na końcowe dni doświadczenia (120. i 150. dzień), a Zn i Mn na 84. i 35. dzień odpowiednio. O potencjalnym wpływie szybkości mineralizacji materii organicznej na tempo uwalniania się metali świadczyć mogą współczynniki korelacji zamieszczone w tabeli 3. Zawarte tam wartości współczynników korelacji dokumentują istotność zależności między zawartością mikroelementów przyswajalnych a WMC oraz wydzieloną ilością CO₂. Wspomniane parametry w znacznym stopniu wpływały na ilości Zn, Cu Mn i Fe w glebie wzbogaconej słomą, w mniejszym zaś stopniu w warunkach zastosowanego kompostu. Obliczone na podstawie wartości korelacji prostej współczynniki determinacji (R²·100%) dla gleby kombinacji II wskazują, że zmienność ilościowa Cu była w 52% spowodowana zmianami wartości WMC, a w 58% zmianami wydzielonego CO₂. Z kolei o zmienności zawartości Mn w omawianej glebie decydowały zmiany wartości WMC w 42% oraz wydzielonego CO₂ w 68% (tab. 3).

Większe ilości wyekstrahowanych Cu, Zn czy Fe z gleby wzbogaconej słomą należy interpretować poprzez pryzmat szybszego rozkładu słomy wraz z ewentualnie zachodzącym zjawiskiem *priming effect*. Na możliwość zaistnienia takiej sytuacji wskazują badania Dimassi i innych [2014], Chen i innych [2014] czy Coban i innych [2016]. Zdaniem cytowanych autorów w glebie po zastosowaniu słomy następuje dodatkowa mineralizacja glebowej materii organicznej wywołana dostarczeniem łatwo rozkładalnych związków C. Można przypuszczać, że jest to ważny bodziec uruchamiający w glebie mikroelementy z organicznych połączeń. Wyrazny wzrost ilości dotyczył Cu i Zn – metali łatwo tworzących połączenia ze związkami humusowymi. Kim i inni [2015] na podstawie doniesień innych autorów podają, że stabilność kompleksów metalo-organicznych, jakie tworzą Zn i Cu, jest mniejsza w przypadku kwasów fulwowych niż huminowych. Biorąc pod uwagę niskocząsteczkowy charakter kwasów fulwowych i ich podatność na procesy

Table 2. Ilości mikroelementów przyswajalnych dla roślin w zależności od czynników doświadczenia
 Table 2. Amounts of microelements available to plants in dependence on experiment factors

Gleba Soil	Dzień inkubacji – Incubation day													Średnio Mean
	1	3	7	10	14	21	35	56	84	120	150	180		
	Żelazo – Iron													
K0	662,2	666,6	660,6	644,4	633,3	666,6	659,5	663,6	650,3	634,9	647,2	669,5	654,9	
KI	677,8	677,8	677,7	666,6	666,6	698,2	767,8	771,6	766,6	776,9	775,5	775,7	724,9	
KII	697,1	662,9	658,6	640,7	652,1	681,6	729,2	770,1	782,1	781,7	773,4	754,8	715,4	
Średnio Mean	679,0	669,1	665,6	650,6	650,7	682,2	718,8	735,1	733,1	734,2	732,1	726,7		
	Mangan – Manganese													
	NIR – LSD: A – 15,369 B – 43,524 A × B – n.i. – n.s.													
K0	80,23	80,88	81,23	81,89	82,23	82,45	82,96	82,48	80,51	81,35	80,13	82,46	81,57	
KI	80,00	75,00	78,89	82,23	86,45	85,64	90,96	86,89	84,47	82,71	85,16	83,26	83,47	
KII	79,28	80,78	81,17	84,15	87,62	84,63	89,30	86,39	89,39	88,20	83,50	83,55	84,83	
Średnio Mean	79,84	78,89	80,43	82,76	85,44	84,24	87,74	85,26	84,79	84,09	82,93	83,09		
	NIR – LSD: A – 2,465 B – 6,981 A × B – n.i. – n.s.													
	Cynk – Zinc													
K0	9,39	9,42	8,89	8,6	9,39	8,78	9,78	8,14	9,93	9,86	8,77	8,99	9,17	
KI	13,12	13,78	13,29	12,34	12,07	15,18	14,70	14,26	15,37	14,38	13,18	12,35	13,67	
KII	9,61	10,2	9,48	9,05	9,66	10,38	11,48	12,38	13,67	11,66	12,16	10,85	10,87	
Średnio Mean	10,71	11,07	10,58	10,0	10,38	11,45	11,99	11,59	12,99	11,98	11,38	10,73		
	NIR – LSD: A – 0,596 B – 1,687 A × B – 2,064													
	Miedź – Copper													
K0	1,54	1,37	1,4	1,59	1,61	1,62	1,94	1,84	1,70	1,86	1,68	1,60	1,65	
KI	2,77	3,06	3,43	3,06	3,43	3,50	3,16	3,17	3,64	3,27	3,54	3,84	3,32	
KII	1,75	1,97	1,96	2,07	2,10	2,98	2,30	2,35	2,61	2,44	2,83	2,94	2,36	
Średnio Mean	2,02	2,13	2,27	2,24	2,38	2,70	2,47	2,45	2,65	2,52	2,68	2,79		
	NIR – LSD: A – 0,191 B – 0,540 A × B – n.i. – n.s.													

n.i. – nieistotne – n.s. – not significant.

Tabela 3. Współczynniki korelacji liniowej określone dla badanych cech

Table 3. Linear correlation coefficient obtained for analyzed factors

Metal Metal	K0			KI			KII		
	WMC	NI	CO ₂	WMC	NI	CO ₂	WMC	NI	CO ₂
Cu	–	–	–	0,565*	–	0,586*	0,721**	–	0,764**
Zn	–	–	–	–	–	–	0,559*	0,614*	0,652**
Mn	–	–	–	–	–	0,543*	0,625*	0,647**	0,817**
Fe	–	–	–	0,965**	–	0,953**	0,554*	–	0,660*

* $p < 0,05$; ** $p < 0,01$.

mikrobiologiczne, należy uwzględnić możliwość szybszego uruchamiania i zwiększonej ruchliwości właśnie tych mikroelementów. Odwołując się do powyższych informacji, duża stabilność kompleksów Cu z kwasami huminowymi dominującymi w kompoście mogła być przyczyną mniejszej ilości wyekstrahowanego metalu w porównaniu z warunkami panującymi w glebie KII.

Integralnie wiązało się to również z wolniejszą mineralizacją kompostu w glebie. Gleba wzbogacona kompostem charakteryzowała się największą wartością WMC i większą zawartością Cu (o 39%) i Fe (o 14%) w ostatnich dniach inkubacji. Zależności między wyekstrahowaną ilością Cu i Fe a WMC potwierdzają współczynniki korelacji prostej (tab. 3). W tym miejscu warto odnieść się do wcześniejszych badań Warman i innych [2004], którzy wzrost zawartości form przyswajalnych żelaza tłumaczyli faktem tworzenia przez żelazo połączeń z materią organiczną, które na ogół zwiększają jego mobilność w glebie, a tym samym ułatwiają dostępność dla roślin.

Spośród badanych mikroelementów mangan charakteryzował się najmniejszą czułością na zastosowane czynniki doświadczenia. Bez względu na zastosowane dodatki organiczne, jak i dzień inkubacji ilości manganu wyekstrahowanego $1 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}$ HCl były na porównywalnym poziomie. Wynik taki znajduje swoje uzasadnienie w geochemicznym charakterze tego pierwiastka, którego rozpuszczalność w glebie wzrasta wraz z obniżaniem się wartości pH. W związku z tym odczyn obojętny, jakim charakteryzowała się gleba w przeprowadzonym doświadczeniu, mógł kształtować małą ilość manganu przyswajalnego. Ponadto mangan tworzy stabilne połączenia z wodorotlenkami żelaza i glinu, czemu sprzyja większa wartość pH.

WNIOSKI

1. Współczynnik mineralizacji węgla oraz ilość wydzielonego CO₂ w satysfakcjonujący sposób pozwoliły ocenić różne tempo mineralizacji kompostu oraz słomy w glebie, przy czym słoma łatwiej podlegała rozkładowi.

2. Doglebowa aplikacja kompostu z osadów ściekowych oraz słomy spowodowała istotne zwiększenie ilości przyswajalnych mikroelementów, co bardziej widoczne było w przypadku nawożenia kompostem.

3. W warunkach gleby wzbogaconej słomą po 180 dniach inkubacji wyekstrahowano większe ilości Cu i Zn.

LITERATURA

- Balcer K., Wołoszyk Cz., 2012. Wpływ kompostów z odpadów biodegradowalnych na kształtowanie zawartości mikroskładników w roślinach i glebie. *Zesz. Nauk. UP Wroc.*, Rol. 103, 589, 23–32.
- Bustamante M.A., Said-Pullicino D., Paredes C., Cecilia J.A., Moral R., 2010. Influences of winery-distillery waste compost stability and soil type on soil carbon dynamic in amended soils. *Waste Manage.* 30, 1966–1975.
- Chen L., Zhang J-B., Zhao B-Z., Xin X-L., Zhou G-X., tan J-F., Zhao J-H., 2014. Carbon mineralization and microbial attributes in straw-amended soils as affected by moisture levels. *Pedosphere* 24 (2), 167–177.
- Coban H., Miltner A., Centler F., Kästner M., 2016. Effects of compost, biochar and manure on carbon mineralization of biogas residues applied to soil. *Eur. J. Soil Sci.* 67, 217–225.
- Diacono M., Montemurro F., 2010. Long-term effects of organic amendments on soil fertility. A review, *Agronomy for Sustainable Development*, 30, 401–422.
- Dimassi B., Mary B., Fontaine S., Perveen N., Revaillot S., Cohan J-P., 2014. Effect of nutrients availability and long-term tillage on priming effect and soil C mineralization. *Soil Biol. Biochem.* 78, 332–339.
- Giannakis G.V., Kourgialas N.N., Paranychianakis N.V., Nikolaidis N.P., Kalogerakis N., 2014. Effects of municipal solid waste compost on soil properties and vegetables growth. *Compost. Sci. Util.* 22, 116–131.
- Hernandez-Apaolaza L., Gascó J.M., Guerrero F., 2000. Initial organic matter transformation of soil amended with composted sewage sludge. *Biol. Fertil. Soils.* 32, 421–426.
- Jakubus M., 2009. Zawartości Fe i Mn w glebie ekstrahowanej roztworami o różnej sile jonowej podczas rozkładu kompostu. *ZPPNR* 541, 121–131.
- Jakubus M., 2013. Wybrane zagadnienia z gleboznawstwa i chemii rolnej. Wydanie II rozszerzone i uaktualnione. Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu, Poznań.
- Jasiewicz Cz., Baran A., 2009. Wpływ odpadów organicznych na przyswajalność mikroelementów w glebie lekkiej. *ZPPNR* 541, 147–156.
- Kim R.-Y., Yoon J.-K., Kim T.-S., Yang J., Owens G., Kim K.-R., 2015. Bioavailability of heavy metals in soil: definitions and practical implementation – a critical review. *Environ. Geochem. Health* 37, 1041–1061.
- Kopiński J., Kuś J., 2011. Wpływ zmian organizacyjnych w rolnictwie na gospodarkę glebową materia organiczną. *Probl. Inż. Roln.* 2, 47–53.
- Lityński T., Jurkowska H., Gorlach E., 1976. Analiza chemiczno-rolnicza. Przewodnik metodyczny do analizy gleby i nawozów. PWN, Warszawa.
- Mazur T., Sądej W., Mazur Z., 2003. Nawożenie organiczne w gospodarstwach bezinwentarзовych. *ZPPNR* 494, 287–293.
- Saviozzi A., Levi-Minzi R., Riffaldi R., Vanni G., 1997. Role of chemical constituents of wheat straw and pig slurry on their decomposition in soil. *Biol. Fertile. Soils* 25, 401–406.
- Strategia UE KOM (2006) 231. Bruksela 22.9.2006
- Sciubba L., Cavani L., Negroni A., Zanaroli G., Fava F., Ciavatta C., Marzadori C., 2014. Changes in the functional properties of a sandy loam soil amended with biosolids at different application rates. *Geoderma* 221–222, 40–49.
- Systematyka gleb Polski, 2011. Wydanie 5. *Rocz. Gleb / Soil Sci. Ann.* 62, 3, 1–193.

- Weber J., Kocowicz A., Bekier J., Jamroz E., Tyszka R., Debicka M., Parylak D., Kordas L., 2014. The effect of a sandy soil amendment with municipal solid waste (MSW0 compost on nitro gen uptake efficiency by plants. *European J. Agronomy* 54, 54–60.
- Warman P.R., Murphy C., Burnham J., Eaton L., 2004. Soil and plant response to MSW compost applications on low bush blueberry fields in 2000 and 2001. *Small Fruit Rev.* 3(1/2), 19–31.

DYNAMIC OF MINERALIZATION, NITRIFICATION AND AVAILABILITY OF MICROELEMENTS IN SOIL INCUBATED WITH COMPOST AND STRAW

Summary. The decline of soil organic matter, as a consequence of the application of intense soil cultivation practice, has been identified as one of the most important threats to soil quality. To reverse these impacts, application of organic substances has been employed. Organic substances as straw and sewage sludge compost increase the input carbon and nutrients, for example micronutrients. Therefore an incubation experiment lasting 180 days was carried out to evaluate the effect of the addition of two sources of organic C: wheat straw and sewage sludge compost to light soil on CO₂ evolved, carbon mineralization, nitrification process and availability of nutrients (Cu, Zn, Mn, Fe). The compost and straw were dosed into the soil at the rate equivalent to 30 (I object) and 6 t DM per ha (II object) respectively. Soil samples were mixed with compost and straw and placed in plastic pots in three replications for each object. The decomposition rate was determined by trapping the evolving CO₂ in NaOH. The nitrification index was defines as the relation between nitrate –N and N mineral. The C mineralization coefficient was described as the relation between evolved CO₂ and TOC. Moreover the microelements (Cu, Mn, Zn and Fe) available to plants were extracted by 1 M HCl. To perform these analysis soil samples were collected after 1, 3, 7, 10, 14, 21, 35, 56, 84, 120, 150 and 180 days of incubation. The addition compost and straw increased amounts of CO₂ evolved and C mineralization. During incubation process the changes of the values of nitrification index were comparable for investigated soils but significant higher in condition of straw applied. Also the rate of C mineralization was higher in soil amended with straw. Application of compost and straw to soil increased content of microelements, and this was more sharply indicated at the soil fertilized with compost. Straw mineralization was fast process and caused the higher amounts of Cu and Zn. Mineralization of composts undergone very slowly and at the end of incubation influenced increase content of Cu and Zn. Moreover high significant linear correlation was found between evolved CO₂, C mineralization coefficient and available amounts of microelements extracted from the soil fertilized with straw.

Key words: compost, straw, nitrification index, C mineralization coefficient, microelements